

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**CONSTRUCCIÓN DE FACILIDADES EN EL TERMINAL  
PORTUARIO DE SALAVERRY PARA EMBARCAR 2'500,000  
TONELADAS DE CONCENTRADO DE COBRE.  
DISEÑO DE PAVIMENTO**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**CARLOS ALBERTO CHUQUIMANTARI DAVILA**

**Lima- Perú**

**2011**

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>3</b>
<b>LISTA DE CUADROS Y FIGURAS</b>	<b>4</b>
<b>LISTAS DE SÍMBOLOS Y SIGLAS</b>	<b>5</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>6</b>
<b>CAPÍTULO I: PERFIL DE PROYECTO</b>	<b>8</b>
1.1. ANTECEDENTES	8
1.2. UBICACIÓN	9
1.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO	10
1.3.1. Objetivo General	10
1.3.2. Objetivos Específicos	10
1.4. DESCRIPCION DEL PROYECTO	10
1.5. CARACTERISTICAS	11
1.5.1. Geomorfología	11
1.5.2. Geología	12
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>	<b>14</b>
2.1. TIPO DE PAVIMENTO	14
2.1.1. Pavimento rigidos	14
2.1.2. Pavimentos flexibles	14
2.1.3. Componentes estructurales del pavimento	15
2.2. MÉTODOS DE DISEÑO DE PAVIMENTOS	17
2.2.1. Metodos empiricos	17
2.2.2. Métodos analíticos, mecanicisticos y racionales	17
2.2.3. Métodos de análisis de elementos finitos	18
<b>CAPÍTULO III: DISEÑO DEL PAVIMENTO</b>	<b>19</b>
3.1. ESTUDIO DE SUELOS	19
3.1.1. Ensayos de mecánica de suelos	19
3.1.2. Resumen de ensayos de laboratorio	24
3.1.3. Características climáticas	24
3.1.4. Precipitación	25
3.1.5. Temperatura	26
3.2. DISEÑO DEL PAVIMENTO	27
3.2.1. Análisis de tráfico	27
3.2.2. Proyección del tráfico	27
3.2.3. Diseño del pavimento	29

3.2.4. Variables de diseño	29
3.2.3. Diseño del sistema multicapa	38
3.3. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL	40
<b>CAPÍTULO IV: EXPEDIENTE TECNICO</b>	<b>41</b>
4.1. MEMORIA DESCRIPTIVA	41
4.1.1. Antecedentes	41
4.1.2. Objetivo	42
4.1.3. Ubicación	42
4.1.4. Trabajos a realizar	42
4.1.5. Monto referencial	42
4.2. ESPECIFICACIONES TECNICAS	42
4.3. COSTOS Y PRESUPUESTO	51
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>52</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>53</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>54</b>
<b>ANEXOS</b>	

## RESUMEN

El Proyecto Construcción de facilidades en el puerto de Salaverry para el embarque mecanizado de 2'500,000 toneladas de concentrado de cobre al año, en la que se plantea un conjunto de obras dentro del puerto para poder cumplir con la demanda requerida.

La cual consiste en implementar un sistema de recepción, almacenamiento y embarque de concentrado de cobre en el Terminal Portuario de Salaverry. El conjunto de obras que se planteó en la propuesta; está en implementar un camino de acceso a los almacenes que se plantea construir, la cual es el tema del presente informe.

El objetivo del presente informe es determinar los espesores del pavimento para las solicitudes de carga requerida.

Para el diseño de la estructura del pavimento se tomó los datos de un estudio realizado en la ciudad de Pacasmayo, ya que no se contó con datos exactos de Salaverry. En cuanto al valor de CBR se tomó un valor promedio para suelos arena pobremente gradada con limo y gravas de 20% de CBR.

Para el análisis de tráfico también se tuvo que realizar un cálculo aproximado de vehículos que tendrían que circular para poder embarcar 2'500,000 ton/año de concentrado de cobre. Para el cálculo se considera que el vehículo que transporta los minerales tiene una capacidad de 15 toneladas.

Para el diseño de la estructura de pavimento se utiliza el Método AASHTO 93, ya que es uno de los métodos que recomienda el MTC para el diseño de nuestras carreteras, dando como resultado una carpeta asfáltica de 0.075m., la base de 0.15m. y la sub-base de 0.20m.

El Presupuesto calculado del proyecto es de S/.257,232.16(doscientos cincuentisiete mil doscientos treinta y seis y 16/100 nuevos soles).

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro N° 1.01:</b>	Ubicación del Proyecto	9
<b>Cuadro N° 3.01:</b>	Los valores referenciales de CBR y suelos	24
<b>Cuadro N° 3.02:</b>	Resumen de ensayos de laboratorio	25
<b>Cuadro N° 3.03:</b>	Distribución por vehículo de diseño (IMD)	28
<b>Cuadro N° 3.04:</b>	Numero de ejes equivalentes por vehículo	30
<b>Cuadro N° 3.05:</b>	Niveles de confianza sugeridos para diferentes carreteras	31
<b>Cuadro N° 3.06:</b>	Valores de desviación estándar normal	31
<b>Cuadro N° 3.07:</b>	Resumen de la capacidad soporte de la subrasante	32
<b>Cuadro N° 3.08:</b>	Valores de coeficiente de drenaje	33
<b>Cuadro N° 3.09:</b>	Datos para cálculo de SN	36
<b>Cuadro N° 3.09:</b>	Cálculo de los espesores de la estructura	39

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura N° 1.01:</b>	Plano de ubicación del Proyecto	9
<b>Figura N° 1.02:</b>	Mapa Geológico Local	13
<b>Figura N° 2.01:</b>	Estructura de pavimento rígido	14
<b>Figura N° 2.02:</b>	Estructura de pavimento flexible	15
<b>Figura N° 2.03:</b>	Sub base	16
<b>Figura N° 2.04:</b>	Base	16
<b>Figura N° 2.05:</b>	Carpeta de rodadura	17
<b>Figura N° 3.01:</b>	Precipitación promedio mensual	26
<b>Figura N° 3.02:</b>	Temperatura promedio mensual	27
<b>Figura N° 3.03:</b>	Carta para estimar coeficiente estructural a1 a partir del módulo elástico (carpeta asfáltica)	34
<b>Figura N° 3.04:</b>	Nomograma para estimar coeficiente estructural a2 para una base granular.	35
<b>Figura N° 3.05:</b>	Nomograma para estimar coeficiente estructural a3 para una sub-base granular.	35
<b>Figura N° 3.06:</b>	Cálculo de Número Estructural (SN)	37
<b>Figura N° 3.07:</b>	Carta de diseño AASHTO 93	37
<b>Figura N° 3.08:</b>	Procedimiento para determinar espesores de las capas de pavimento	38
<b>Figura N° 3.09:</b>	Paquete estructural	39

## LISTAS DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

<b>AASHTO</b>	: American Association of State Highway and Transportation Officials
<b>ASTM</b>	: American Society for Testing and Materials
<b>CBR</b>	: California Bearing Ratio
<b>ENAPU</b>	: Empresa Nacional de Puertos
<b>F.D.</b>	: Factor destructivo
<b>INGEMMET</b>	: Instituto geológico Minero y Metalúrgico
<b>Km</b>	: Kilómetros
<b>m</b>	: Metro
<b>MTC</b>	Ministerio de Transporte y Comunicaciones
<b>m.s.n.m.</b>	: Metros sobre el nivel del mar
<b>PSI</b>	: Índice de Serviciabilidad del Pavimento
<b>SUCS</b>	: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
<b>TPS</b>	: Terminal Portuario Salaverry

## INTRODUCCIÓN

La Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, como parte del Curso de Titulación del año 2010, programo el Proyecto Planificación y Diseño de Obras Portuarios en la que se desarrollo el estudio del perfil: Construcción de facilidades en el puerto de Salaverry para el embarque mecanizado de 2'500,000 toneladas de concentrado de cobre al año, en la que se plantea un conjunto de obras dentro del puerto para poder cumplir con la demanda requerida.

El desarrollo del presente informe tiene por finalidad principal poder determinar el diseño del pavimento para las solicitaciones de carga requeridas para el embarque de 2'500,000 toneladas de concentrado de cobre.

También se tiene por objetivos específicos, caracterizar los suelos subyacentes en la vía, definiendo las características físico mecánicas de los mismos, con la finalidad de definir los parámetros de resistencia necesarios, que permitan efectuar el diseño del pavimento, a ser construidos para la carretera, propuesta en el presente estudio y establecer la capacidad de soporte del terreno, definiendo el valor de soporte CBR o CBRs de diseño, especificando así la condición de diseño que permita calcular los espesores de la estructura del pavimento.

Para alcanzar los objetivos señalados en el presente informe se divide en cuatro capítulos, los cuales se detallan a continuación:

Capítulo 1, se hace mención del perfil del proyecto haciendo referencia a la localización del proyecto.

Capítulo 2, en este capítulo se desarrolla el fundamento teórico y/o conceptual que se requieren para el desarrollo del presente informe.

Capítulo 3, se hace un planteamiento inicial de los espesores del pavimento que caracteriza a los materiales mediante un coeficiente estructural asignado a cada una de las capas del pavimento. Este coeficiente estructural fue desarrollado en forma empírica usando el método de diseño AASHTO 1993, con el objetivo de

simplificar el procedimiento de diseño, esta simplificación en las características de los materiales era necesaria ante la dificultad de implementar en la práctica el uso de modelos mecanicísticos en el proceso de diseño.

Capítulo 4, se presenta Memoria descriptiva, especificaciones técnicas, análisis de precios unitarios y presupuesto de obra para la estructura diseñada en el capítulo 3.

Finalmente se presenta las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos respectivos.

## CAPÍTULO I: PERFIL DE PROYECTO

### 1.1. ANTECEDENTES

La Empresa Nacional de Puertos S.A. se creó como organismo público Descentralizado del Sector Transportes y Comunicaciones, mediante Decretos Leyes N° 17526 y N° 18027.

Mediante Ley N° 27943, Ley del Sistema Portuario Nacional, publicada en el diario oficial El Peruano, el 01 de Marzo de 2003, la Empresa Nacional de Puertos S.A. es el administrador que desarrolla actividades y servicios portuarios en los puertos de titularidad pública.

La Empresa Nacional de Puertos S.A. mediante un convenio con la Compañía Minera Gold Fields La Cima S.A., cuyas operaciones de explotación están centradas en Cajamarca, pusieron en marcha un proyecto de ampliación de la capacidad de TPS para el embarque de concentrados de cobre a los mercados de Europa y Asia (Alemania, Japón y Corea). Por lo que dicha compañía ensambló un cargador móvil articulado de minerales que permitirá embarcar el concentrado de cobre con una capacidad nominal de 250 toneladas métricas por hora.

Por lo que actualmente el embarque de concentrado de cobre en el TPS es de 200,000 toneladas/año. Visto el rendimiento de dicho cargador móvil se prevé que no se lograría cubrir la demanda de 2'500,000 toneladas de concentrados de cobre con la actual infraestructura.

Por lo mencionado se ha identificado como una necesidad la elaboración de un proyecto consistente en la implementación de un sistema de recepción, almacenamiento y embarque de concentrados de cobre (infraestructura y equipamiento).

## 1.2. UBICACIÓN

El TPS se encuentra ubicado, en el departamento La Libertad, provincia de Trujillo, distrito de Salaverry aproximadamente a 14 Km. al sur de la ciudad de Trujillo en la costa norte del Perú.

Las coordenadas de ubicación del TPS se detallan en el cuadro N° 1.01.

Cuadro N° 1.01: Ubicación del proyecto.

Coordenadas Geográficas	
Longitud Oeste	78°58'52''
Latitud Sur	08°13'27''

Fuente: Enapu

En la figura N° 1.01: "Plano de ubicación del proyecto", se presenta el plano satelital de la zona en estudio.

Figura N° 1.01: Plano de ubicación del proyecto.



Fuente: Google Earth

### **1.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

#### **1.3.1. Objetivo Principal:**

El objetivo principal del presente proyecto es poder determinar el diseño del pavimento para las solicitaciones de carga requeridas para el embarque de 2'500,000 toneladas de concentrado de cobre.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos:**

- Caracterizar los suelos subyacentes en la vía, definiendo las características físico mecánicas de los mismos, con la finalidad de definir los parámetros de resistencia necesarios, que permitan efectuar el diseño del pavimento y su posterior construcción en armonía con la geometría de la carretera, propuesta en el presente estudio.

### **1.4. DESCRIPCION DEL PROYECTO**

El proyecto Construcción de facilidades en el puerto de Salaverry para embarcar 2'500,000 toneladas de concentrados de cobre. Diseño de Pavimento, es un proyecto que se quiere determinar la estructura de pavimento dentro del TPS, como parte de la alternativa ganadora.

Consiste en la implementación de un sistema de recepción, almacenamiento y embarque de concentrado de cobre, generando mejoras a la infraestructura del TPS y la calidad ambiental de la zona afectada. Así como mejorar el nivel y calidad de vida de los pobladores, permitiendo la apertura de nuevos puestos de trabajos que generarán nuevos ingresos económicos a las familias, así como también aumentar la recaudación de ENAPU y del gobierno local a través de la revalorización de los predios, lo que permitirá seguir rehabilitando y manteniendo las instalaciones del puerto, un factor de sostenibilidad muy importante de señalar.

El proyecto consta con las siguientes características:

## **Dimensiones**

La vía abarca una longitud de 460 m., con dos carriles para el fácil tránsito de los vehículos con una calzada de 7.2 m. y berma de 0.5 m. para ambos lados de la carretera. Ver Anexo ST-01.

## **Topografía**

El tramo a desarrollar se encuentra dentro del TPS la cual la topografía es llana, la cual pertenece a la terraza marina.

## **Accesos**

El único acceso que se tiene al área de proyecto es la carretera Dv- Salaverry, que se divide de la panamericana norte la cual se encuentra a 8 km. del distrito de Salaverry.

## **1.5. CARACTERÍSTICAS**

### **1.5.1. Geomorfología**

Desde el punto de vista geomorfológico, el terreno del TPS se encuentra en una extensa terraza marina del litoral (en línea recta).

#### **a. Unidades geomorfológicas (fisiográficas)**

Las unidades geomorfológicas definidas en el área están constituidas por el cordón litoral y las terrazas marinas recientes, los cerros costeros, el valle aluvial y las zonas desérticas adyacentes.

#### **b. Proceso geomorfológicos**

Las modificaciones del relieve se deben a los siguientes procesos:

- o Acción de las aguas superficiales,
- o Acción de las aguas marinas,

- o Acción de la gravedad y
- o La actividad antrópica.

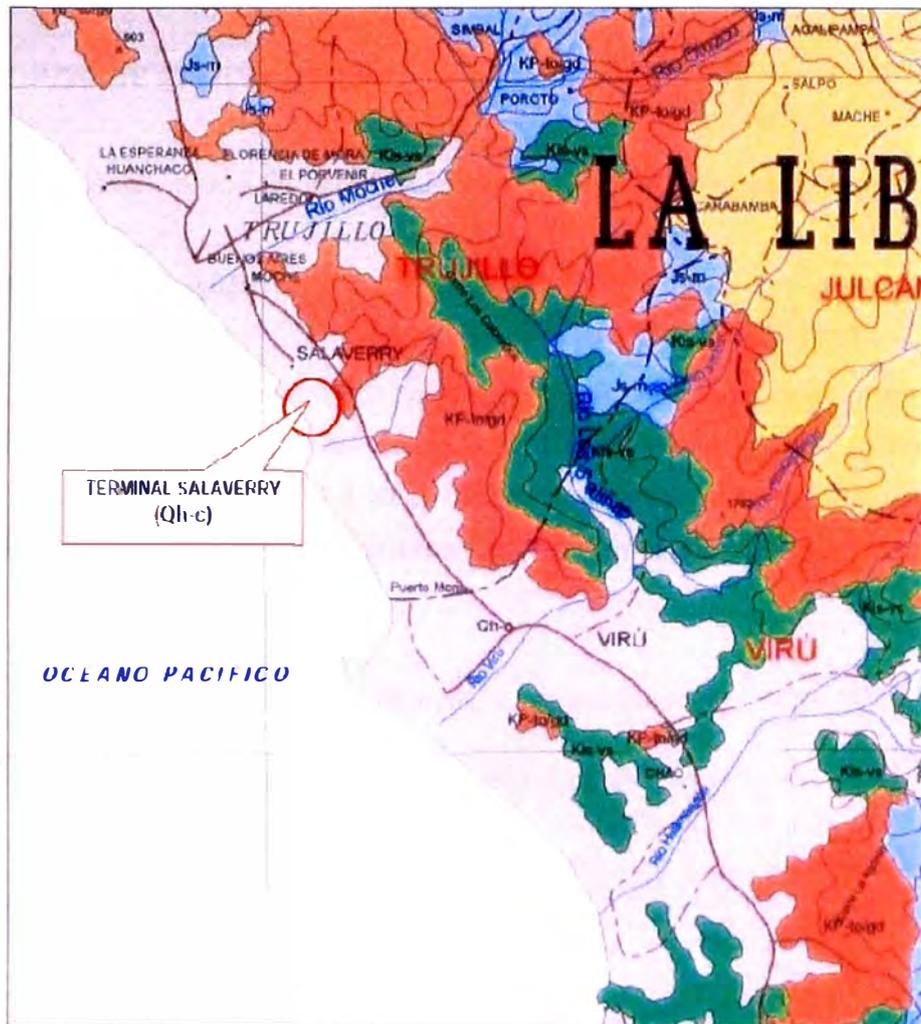
### **1.5.2. Geología**

Geológicamente la zona presenta una terraza de sedimentos del Cuaternario Reciente, constituidos por depósitos eólicos, fluvio-aluviales y marinos. Esta terraza se encuentra cubriendo un basamento de rocas intrusivas del Cretáceo Superior - Terciario Inferior, pertenecientes al Batolito de la Costa, cuyos afloramientos pueden ser reconocidos al Sur de Salaverry. Específicamente, la planta se ubica sobre la terraza referida cubierta con depósitos eólicos recientes.

Terciario Inferior está representado por roca granodiorita. Otro grupo importante son los sedimentarios del Cretacio Inferior de la formación Casma. Los coluviales de estas rocas han conformado los sedimentos aluviales de los pequeños valles locales existentes en la zona, salvo la presencia de la cuenca del Moche.

En la zona predomina material cuaternario sedimentario de origen aluvial conformado normalmente por arenas finas limpias no graduadas e intercalando con arenas finas y arenas fina limosas. Al este del Terminal y a poca distancia se encuentran depósitos de arenas eólicas ubicados al pie de los intrusivos. Los sedimentos más recientes están conformados por arena fina limpia, mal graduada; a mayor profundidad se encuentra arena semi fina, mal graduada. Los materiales depositados corresponden a los coluviales de los intrusivos que se encuentran hacia el Este del Terminal. En su mayor parte son rocas intrusivas del Cretacio Terciario Inferior, así como antiguas rocas sedimentadas del Jurásico perteneciente a la formación Chicama y del Cretacio inferior de la formación Casma. Ver Figura N° 1.02.

Figura N° 1.02: Mapa Geológico Local



Fuente: INGEMMET

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

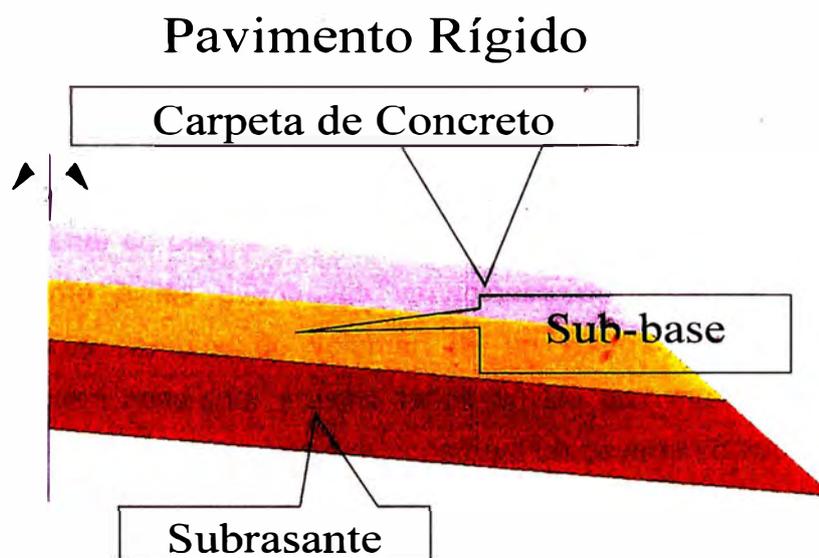
### 2.1. TIPOS DE PAVIMENTOS

Básicamente existen dos tipos de pavimentos: rígidos y flexibles.

#### 2.1.1. Pavimento rígido

Se compone de losas de concreto hidráulico que en algunas ocasiones presenta un armado de acero, tiene un costo inicial más elevado que el flexible, su periodo de vida varía entre 20 a 40 años; el mantenimiento que requiere es mínimo y solo se efectúa (comúnmente) en las juntas de las losas. Ver figura N° 2.01.

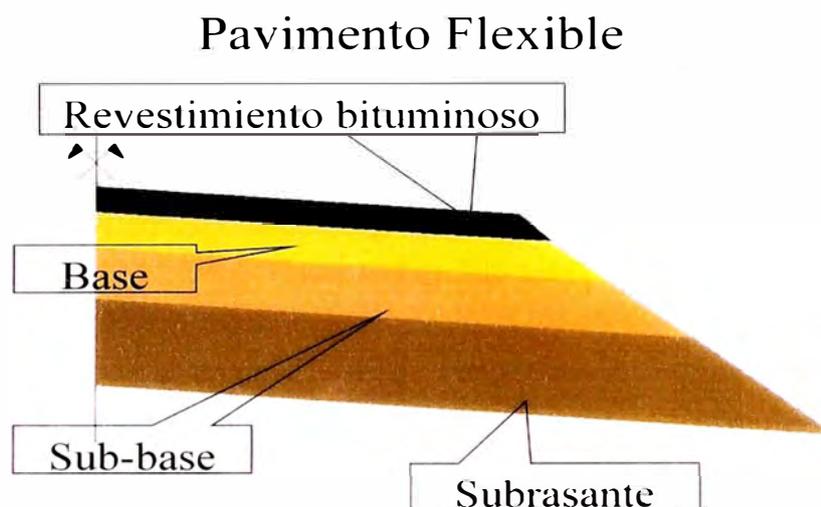
Figura N° 2.01: Estructura de pavimento rígido



#### 2.1.2. Pavimento flexible

Resulta más económico en su construcción inicial, tiene un periodo de vida de entre 10 a 15 años, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su vida útil. Este tipo de pavimento está compuesto principalmente de una carpeta asfáltica, de la base y de la sub-base. Ver figura N° 2.02.

Figura N° 2.02: Estructura de pavimento flexible



### 2.1.3. COMPONENTES ESTRUCTURALES DEL PAVIMENTO

#### SUBRASANTE

De la calidad de esta capa depende el espesor que debe tener el pavimento. Como parámetro de evaluación de esta capa se emplea la capacidad de soporte o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas de tránsito. Es necesario tener en cuenta la sensibilidad del suelo a la humedad, tanto en la resistencia como a las eventuales variaciones de volumen (hinchamiento-contracción). Los cambios de volumen de un suelo de subrasante de tipo expansivo pueden ocasionar graves daños en las estructuras que se apoyen sobre éste, por esta razón cuando se construya un pavimento sobre este tipo de suelos deberá tomarse la precaución de impedir las variaciones de humedad del suelo para lo cual habrá que pensar en la impermeabilización de la estructura. Otra forma de enfrentar el problema es mediante la estabilización del suelo con algún aditivo o con cal.

#### SUB-BASE

Es una capa, generalmente constituida por agregados pétreos convenientemente graduados y compactados, construida sobre la sub-rasante, y sobre la cual puede construirse la base cuando sea necesaria. Sus funciones son:

- Servir de drenaje al pavimento.
- Controlar o eliminar en lo posible, los cambios de volumen de elasticidad y plasticidad perjudiciales que pudiera tener el material de la sub - rasante.
- Controlar la ascensión capilar del agua proveniente de las capas freáticas cercanas o de otras fuentes, protegiendo así el pavimento contra los hinchamientos en épocas de helada. Ver figura N° 2.03.

Figura N° 2.03: Sub-Base



Fuente: Elaboración propia

## BASE

Esta capa tiene por finalidad, la de absorber los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos y, además, repartir uniformemente Estos esfuerzos a la sub - base y por medio de esta al terreno de fundación. Por lo general en la capa base se emplea piedra triturada o chancada, grava o mezclas estabilizadas. Las bases pueden ser granulares, o bien estar constituidas por mezclas bituminosas o mezclas estabilizadas con cemento u otro ligante. Ver figura N° 2.04.

Figura N° 2.04: Base

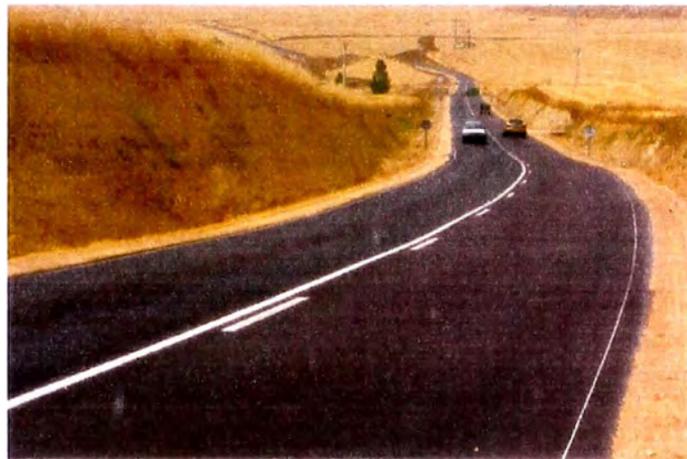


Fuente: Elaboración propia

## CAPA DE RODADURA

Su función primordial será proteger la base impermeabilizando la superficie, para evitar así posibles infiltraciones del agua de lluvia que podría saturar total o parcialmente las capas inferiores. Además evita que se desgaste o se desintegre la base a causa del tránsito de los vehículos. Ver figura N° 2.05.

Figura N° 2.05: Carpeta de rodadura



Fuente: Elaboración propia

## 2.2. MÉTODOS DE DISEÑO DE PAVIMENTOS

### 2.2.1. Método de diseño empírico

Los métodos empíricos se correlacionan el comportamiento de los pavimentos in situ, a través de observaciones y mediciones de campo, con los factores que causan los mecanismos de degradación en estas estructuras. Los factores más importantes son las cargas impuestas por el tránsito, las condiciones ambientales (principalmente temperatura y precipitación) a las cuales se encuentra sometida la estructura, el tipo de suelo o terreno de fundación (subrasante), la calidad de los materiales.

- Método de diseño AASHTO 93

### **2.2.2. Métodos de diseños analíticos, mecanicistas o racionales**

Los métodos analíticos tienen en cuenta como el estado de esfuerzo y deformación que experimentan las capas que conforman la estructura del pavimento influyen en el comportamiento del mismo. Para el cálculo de esfuerzos y deformaciones. En estos programas se introducen la carga, la presión de contacto, las propiedades mecánicas de los materiales (por lo general el módulo elástico y la relación de Poisson) y el espesor de las capas del pavimento con el fin de obtener los estados de esfuerzo y deformación. Una vez calculados estos estados, se comparan con aquellos que admite el pavimento para la vida útil proyectada, y en un procedimiento de ensayo y error (aumentando o disminuyendo por lo general los espesores de capas) se dimensionan las capas que conformarán la estructura de pavimento.

- Teoría de Elasticidad (Boussinesq, Burmister)
- Módulos Elásticos

### **2.2.3. Métodos de análisis de elementos finitos**

Actualmente se ha venido desarrollando una nueva metodología para el estudio y análisis de pavimentos la cual emplea programas de elementos finitos para la determinación de esfuerzos y deformaciones. Estos programas emplean ecuaciones constitutivas para el cálculo de esfuerzos y deformaciones las cuales suponen que el material es un continuo (no se tiene en cuenta el comportamiento individual de los componentes del material, sino su comportamiento global a nivel macromecánico).

Para el caso de los pavimentos, algunas de las ventajas del empleo de programas de elementos finitos radica en que pueden llegar a tener en cuenta que los materiales granulares no tratados que conforman pavimentos exhiben un comportamiento no lineal, dependiente de la condición de esfuerzos, y comportamiento viscoso en las capas asfálticas y en la subrasante. Son capaces de modelar diferentes geometrías, condiciones de frontera, criterios de falla y carga cíclica.

## CAPÍTULO III: DISEÑO DE PAVIMENTO

### 3.1. ESTUDIO DE SUELOS

Los resultados considerados en el presente informe, es del estudio realizado en la ciudad de Pacasmayo, la cual se tomo en consideración por tener dicha ciudad y el área en estudio las mismas características geotécnicas y ubicarse en el litoral de la costa norte.

#### 3.1.1. Ensayo de mecánica de suelos

Fueron objeto de ensayos en conformidad con las normas vigentes descritas en el manual de ensayos de materiales para carreteras del MTC (EM 2000), o sus equivalentes de ASTM y AASHTO.

El programa de ensayos comprendió en lo siguiente:

• Contenido de humedad	MTC E 108 (AASHTO T-265)
• Análisis granulométrico por tamizado	MTC E 107 (AASHTO T-88)
• Límite líquido	MTC E 110 (AASHTO T-89)
• Límite plástico	MTC E 111 (AASHTO T-90)
• Próctor Modificado	MTC E 115 (AASHTO T-180)
• California Bearing Ratio (CBR)	MTC E 132 (AASHTO T-193)
• Clasificación SUCS	ASTM D-2487
• Clasificación AASHTO	ASTM D-3282

#### a. Propiedades físicas

A continuación se describe brevemente los ensayos y los objetivos que se persigue con la ejecución de cada uno de ellos.

#### **Análisis Granulométrico por tamizado (MTC E 107)-(AASHTO T-88)**

La distribución del tamaño de las partículas para los suelos estudiados ha sido hallada mecánicamente mediante la realización del Análisis Granulométrico por Tamizado, el ensayo ha sido efectuado para todos los suelos encontrados, el

tamizado es el paso del suelo por mallas de distinto diámetro hasta el tamiz N° 200 (de diámetro 0.074 milímetros), considerándose el material que pasa dicha malla en forma global, para conocer la distribución granulométrica por debajo de ese tamiz se hace el ensayo de sedimentación, en el presente estudio no se ha efectuado ningún ensayo de sedimentación.

El análisis granulométrico deriva en una curva granulométrica, donde se plotea el diámetro de tamiz versus porcentaje acumulado que pasa o que retiene el mismo, esta curva representa gráficamente la distribución del grano del suelo estudiado.

### **Límite líquido (MTC E 110)-(AASHTO T-89) y Límite plástico (MTC E 111)-(AASHTO T-90)**

Se conoce como plasticidad de un suelo a la capacidad de este de ser moldeable. Esta depende de la cantidad de arcilla que contiene el material que pasa la malla N° 200, porque es este material el que actúa como ligante.

Un material, de acuerdo al contenido de humedad que tenga, pasa por tres estados definidos: líquido, plástico y seco. Cuando el agregado tiene determinado contenido de humedad en la cual se encuentra húmedo de modo que no puede ser moldeable, se dice que está en estado semilíquido, conforme se le va quitando agua, llega un momento en el que el suelo, sin dejar de estar húmedo, comienza a adquirir una consistencia que permite moldearlo o hacerlo trabajable, entonces se dice que está en estado plástico, al seguir quitando agua, llega un momento en el que el material pierde su trabajabilidad y se cuartea al tratar de moldearlo, entonces se dice que está en estado semi seco. Al contenido de humedad en el cual el agregado pasa del estado semilíquido al plástico se le denomina *Límite Líquido* (MTC E 110), el contenido de humedad para el que el suelo pasa del estado plástico al semi seco se denomina *Límite Plástico* (MTC E 111).

## **Contenido de Humedad (MTC E 108)-(AASHTO T-265)**

El contenido de humedad de una muestra de suelo, indica la cantidad de agua que esta contiene en su estado natural, expresándola como el porcentaje del peso de agua entre el peso del material seco. En cierto modo este valor es relativo, porque depende de las condiciones atmosféricas que pueden ser variables.

De este modo lo conveniente es realizar este ensayo y trabajar casi inmediatamente con este resultado, para evitar distorsiones al momento de los cálculos.

Los valores hallados permiten establecer una calificación de la sub rasante, así contenidos de humedad próximos al Límite Líquido refieren un suelo muy sensitivo y de limitadas condiciones como sub rasante, mientras un contenido de humedad próximo al Límite Plástico refieren un buen comportamiento como sub rasante, del mismo modo altos contenidos de humedad implican suelos de absorción alta o retención alta y sin evacuación de las aguas que pudieran discurrir por dichos suelos.

## **Clasificación de Suelos por el Método SUCS y por el Método AASHTO**

Los diferentes tipos de suelos encontrados y estudiados son definidos por el tamaño de las partículas así como por su condición de plasticidad en función del contenido de humedad natural del suelo. Frecuentemente son encontrados en combinación de dos o más tipos de suelos diferentes, como por ejemplo: arenas, gravas, limo, arcillas y limo arcilloso, etc.

Uno de los más usuales sistemas de clasificación de suelos es el SUCS, el cual clasifica al suelo en 15 grupos identificados por nombre y por términos simbólicos.

Del mismo modo el sistema de clasificación para Construcción de Carreteras AASHTO, es mayormente usado de manera general para este fin (identificación

de suelos confines de uso en construcción de carreteras) y es el solicitado en el actual proyecto con mayor énfasis que el sistema SUCS.

Los suelos pueden ser también clasificados en grandes grupos, pueden ser porosos, de grano grueso o grano fino, granular o no, cohesivo, semi cohesivo y no cohesivo.

#### **b. Propiedades mecánicas**

Los ensayos que permiten definir las propiedades mecánicas del suelo frente a sollicitaciones mecánicas, determinando su condición de resistencia, en este caso para el diseño de espesores de pavimentos son: el CBR, las densidades naturales y el ensayo de Densidad – Humedad (Próctor) de Suelos los cuales se describen brevemente:

#### **Densidad de campo-Método Cono de Arena (MTC E-117)**

La densidad es una de las propiedades físicas más importantes del suelo inherente a él en su condición natural, de este modo se precisa conocer aproximadamente dicha propiedad para los suelos estudiados.

La norma MTC E -117, establece el procedimiento regular para hallar la densidad de un suelo en el campo, está basado en relaciones sencillas de peso y volumen para un material cuya densidad es conocida y esta adecuadamente calibrada, originalmente arena de Ottawa, el procedimiento se realiza mediante el empleo del balón de plástico y el cono para arena. El Cono de Densidad de Arena constituye un método práctico para determinar la densidad in situ de los suelos.

El ensayo sirve regularmente, además de conocer la densidad natural del suelo, para comprobar el grado de compactación en rellenos compactados artificialmente. Es muy útil en el caso de suelos sin cohesión (gravas y arenas), los cuales, por lo general no permiten obtener muestras inalteradas, y por medio de la densidad in situ se puede reproducir en el suelo trabajado la densidad natural a partir de una muestra alterada.

En este caso el ensayo permite establecer la calidad de los materiales encontrados en la exploración.

### **Próctor modificado (MTC E 115)-(AASHTO T-180)**

El ensayo de Próctor permite establecer las relaciones entre la humedad del suelo estudiado y la compactación asociada a dicho contenido de humedad, de este modo podemos establecer “teóricamente” un óptimo contenido de humedad (OCH), para la cual se consigue una máxima densidad seca del suelo (MDS) para una energía de compactación determinada. Con fines prácticos este ensayo se debe realizar antes de usar el suelo o agregado sobre el terreno, para establecer la cantidad aproximada de agua se le debe agregar para obtener un mejor nivel o estado de compactación.

La compactación apropiada del suelo va a reducir hasta un mínimo el asentamiento y el cambio volumétrico subsecuentes, asociados a las sollicitaciones mecánicas generadas por la operación de la vía o terraplén, la compactación en campo se logra mediante el uso de apisonadoras o rodillos mecánicas hasta valores cercanos a los establecidos en laboratorio determinados por el ensayo Próctor.

La resistencia del suelo compactado se relaciona directamente con la densidad máxima en seco que se alcanza mediante la compactación.

El ensayo permite establecer la condición de los suelos para su uso como material de construcción de carreteras o su condición para establecer los valores requeridos para el diseño de espesores de vías.

### **California Bearing Ratio-CBR (MTC E 132)-(AASHTO T-193)**

La Relación de Soporte California, Índice de California o Índice CBR es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante que ofrece el suelo, bajo condiciones de densidad y humedad, cuidadosamente controladas y que permiten caracterizar dicho suelo.

Se usa en el proyecto de pavimentos flexibles auxiliándose de curvas empíricas. Se expresa en porcentaje como la razón de la carga unitaria que se requiere para introducir un pistón a la misma profundidad en una muestra de tipo piedra triturada, los valores de carga unitaria para las diferentes profundidades de penetración dentro de la muestra patrón están determinados.

El CBR que se usa para proyectar, es el valor que se obtiene para una profundidad de 0.1 pulgadas. Como el CBR de un agregado varía de acuerdo a su grado de compactación y el contenido de humedad, se debe repetir cuidadosamente en el laboratorio las condiciones del campo, para lo que se requiere un control minucioso.

A menos que sea seguro que el suelo no acumulara humedad después de la construcción, los ensayos CBR se llevan a cabo sobre muestras saturadas.

Las características mecánicas de los suelos provenientes del ensayo de Próctor y con estos valores se han calculado la capacidad de soporte que permitirá el diseño de la estructura de pavimento, el cuadro referido caracteriza los suelos hallados en función de este valor para su uso como fundación del pavimento a proyectar.

Para el estudio se va considerar el valor referencial para el tipo de suelo de la zona en estudio, la cual se toma como referencia la tabla de CBR de Manual de ensayos de laboratorio de Joseph Bowles. Ver cuadro N° 3.01.

**El cuadro N° 3.01: "Los valores referenciales de CBR y suelos"**

		<b>Sistema de Clasificación</b>	
<b>CBR</b>	<b>Clasificación general</b>	<b>Unificado</b>	<b>AASHTO</b>
0-3	Muy Pobre	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3-7	Muy Pobre a regular	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7-20	Regular	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7

continua cuadro N° 3.01			
		Sistema de Clasificación	
CBR	Clasificación general	Unificado	AASHTO
20-50	Bueno	GM,GC,SW,SP,SM, GP	A-1b, A2-5, A-3, A2-6
>50	Excelente	GW, GM	A-1a,A2-4,A-3

Fuente: Manual de laboratorio Joseph Bowles

### 3.1.2. Resumen de datos de laboratorio

El cuadro N° 3.02: "Resumen de ensayos de laboratorio", se presenta los resultados a los ensayos realizados de un estudio en la ciudad de Pacasmayo, para ello se tomo los resultados a una muestra de dicho estudio, se toma en consideración estos datos ya que las dos zonas se encuentra con las mismas características geotécnicas y están ubicado en el litoral.

Cuadro N° 3.02: Resumen de ensayos de laboratorio

TIPO DE SUELO	NOMBRE	Arena pobremente gradada con limo y grava
	CLASIFICACIÓN	SP - SM
Humedad (%)		0.6
Limite Liquido LL (%)		NT
Limite Plástico (%)		NP
Índice Plástico IP (%)		-
Máxima densidad seca M.D.S. (gr/cm <sup>3</sup> )		2.175
Optimo contenido de humedad O.C.H. (%)		7.30
CBR	(0.1") 95%*	20

Fuente: Elaboración propia

\*El valor de CBR se ha considerado como un valor promedio para este tipo de suelo de cuadro N° 3.01

### 3.1.3. Características climáticas

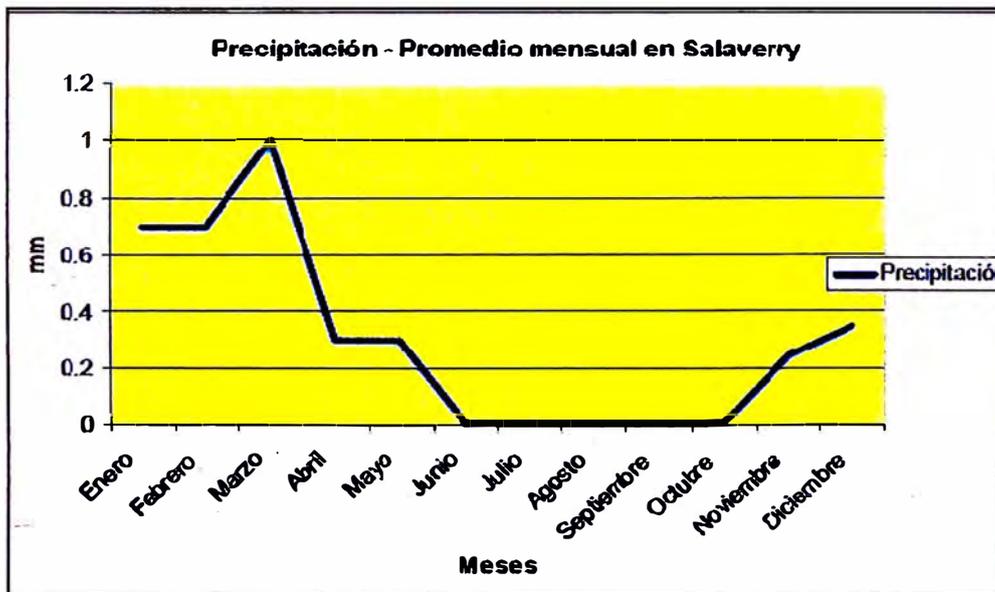
La caracterización climática comprende básicamente al análisis de las variables climatológicas como son la precipitación y la temperatura, con énfasis en la precipitación media, temperatura media y sus componentes: máximas y mínimas. Factor que puede afectar el comportamiento del pavimento, su resistencia, durabilidad y capacidad de carga del sistema estructural.

### 3.1.4. Precipitación

En el terminal la precipitación máxima es de 0.9 mm en el mes de Marzo y una mínima de 0.0 mm en los meses de Junio a Octubre.

Las lluvias y lloviznas se concentran entre los meses de verano (ciclo anual de 3 meses húmedos y 9 meses secos). La causa de la deficiencia de precipitaciones en todas las estaciones del año se debe a la acción de la Corriente Oceánica Peruana de aguas frías, la cual, transmite su acción refrigerante al litoral costero. Ver figura N° 3.01.

Figura N° 3.01: Precipitación promedio mensual

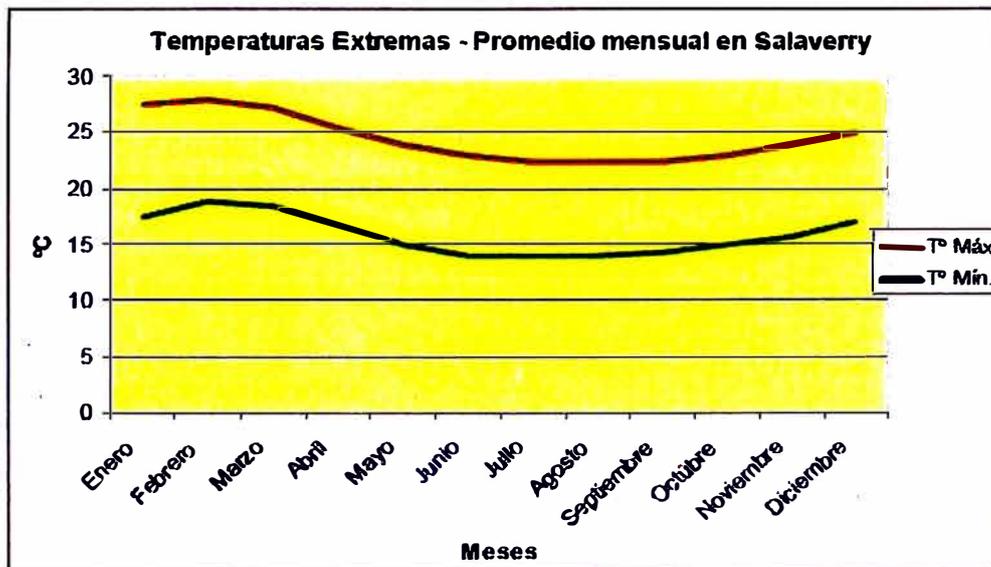


Fuente: <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dgaae/publicaciones/resumen/salaverry/03-A.pdf>

### 3.1.5. Temperatura

La temperatura media anual en Salaverry, según el Instituto Geográfico Nacional es de 21°C. Se registra una temperatura mínima en invierno de 15 °C y una temperatura máxima en verano de 28 °C. Ocasionalmente se experimentan temperaturas máximas diarias de 33°C. Ver figura N° 3.02.

Figura N° 3.02: Temperatura promedio mensual



Fuente: <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dgaae/publicaciones/resumen/salaverry/03-A.pdf>

## 3.2. DISEÑO DEL PAVIMENTO

### 3.2.1. Análisis de tráfico

El análisis de tráfico, determina el tránsito actual, sus características y proyecciones para el periodo de vida útil, en número acumulados de repeticiones de carga de eje equivalente de 8.2 toneladas, dato necesario para el diseño de la estructura del pavimento.

Se determina con la cantidad de concentrado de cobre que se quiere embarcar para lo cual es 2'500,000 toneladas de cobre anual, la cual es constante a lo largo del periodo de diseño ya que la producción de concentrado en las mineras se mantienen constantes. Y la vía que se plantea es exclusivo para el embarque de concentrado de cobre por lo que prácticamente los únicos vehículos que se

van a transitar por esta vía son los vehículos que se trasladan el concentrado de cobre.

En el cuadro N° 3.03: "Distribución por vehículo de diseño (IMD)", este cálculo se determino por la cantidad de repeticiones de carga que se solicita a la estructura, por fines de estudio se estima que los volquetes trasladan por viaje 15 toneladas de concentrado de cobre.

$$IMD = \frac{\text{Concentrado de cobre(ton/año)}}{365 \times \text{Volumen de Camión}} = \frac{2500000}{365 \times 15} = 457(\text{veh/día})$$

**Cuadro N° 3.03:** Distribución por vehículo de diseño (IMD)

TIPO DE VEHICULO	IMD
Camiones	457

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.2. Proyección del tráfico

#### a. Metodología

Existen dos procedimientos que generalmente son utilizados para proyectar el tráfico en vías de características similares a la carretera en estudio:

- Con información histórica de los Índice Medios Diarios Anuales (IMDA) del tráfico existente en la carretera en estudio.
- Con los indicadores macroeconómicos, expresados en tasas de crecimiento y otros parámetros relacionados, que permiten determinar las tasas de crecimiento del tráfico.

El presente estudio considera para las proyecciones de tráfico el segundo procedimiento.

#### b. Proyección del tráfico normal

Para el proyecto del tráfico normal será desde el 2013, se utilizara los indicadores macro-económicos que establecen el Ministerio de Transportes y

Comunicaciones, correspondiente a la tasa de crecimiento camión de carga de 4.5% que servirá para la proyección del tráfico hasta el 2023.

Cálculo de los Ejes Equivalentes (EAL)

$$EAL = 365x \sum (FD_i x IMDA_i)x \left[ \frac{(1 + r)^n - 1}{r} \right]$$

Para el cálculo de los EAL se requiere la siguiente información:

1. El volumen de la clasificación del tráfico, el número de camiones y la composición de los ejes de estos, para cada sentido del tráfico.
2. El crecimiento del tráfico, para lo cual es necesario conocer las tasas de crecimiento de los vehículos pesados y aplicar la siguiente fórmula:

Factor de crecimiento =  $((1+r)^n - 1)/r$ , donde r=tasa de crecimiento y n=números de años.

Para el presente informe, camión de carga de 4.5%, según fuente del MTC.

El EAL se calcula multiplicando, el número de vehículos de cada clase por 365 días del año, por el factor de crecimiento anual, por el factor de carga correspondiente y luego sumando todos estos productos.

Los factores de carga se considera de DS 058 – 2003 normas de pesos y dimensiones para circulación en las carreteras de la red vial nacional (FD=2.282949)

En el cuadro N° 3.04: "Número de ejes equivalentes", se presenta los ejes equivalentes para el periodo de diseño de 10 años.

$$EAL = 365x \sum (FD_i x IMDA_i)x \left[ \frac{(1 + r)^n - 1}{r} \right]$$

$$EAL = 365x(2.282949x457)x \left[ \frac{(1 + 0.045)^{10} - 1}{0.045} \right]$$

$$EAL = 365 \times (1043.30) \times [12.29]$$

**Cuadro N° 3.04:** Número de ejes equivalentes

Vehículo	EAL 10 años
Camión	4.68E+06

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.3. Diseño del Pavimento

Para el diseño de pavimentos se ha considerado utilizar el método AASHTO 1993, ya que el MTC recomienda la utilización de este método para el diseño de nuestras carretas en el país, para efectos de determinar el espesor del refuerzo del pavimento requerido. Los parámetros de diseño que se consideran son las propiedades de los materiales, tipo de tránsito, condiciones ambientales, etc.

La fórmula general que gobierna el número estructural de diseño, presenta la expresión siguiente:

$$\log W_{X,2} = Z_R * S_o + 9.36 * \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right] + 2.30 * \log M_R - 8.07}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}}$$

### 3.2.4. Variables de diseño

El método AASHTO-93 incluye entre otros los siguientes parámetros:

#### a) Nivel de confianza

Básicamente, es una forma de incorporar cierto grado de certeza en el proceso de diseño, para garantizar que la sección del pavimento proyectado se comportara satisfactoriamente bajo las condiciones de tráfico y medio ambiental durante el periodo de diseño.

El nivel de confianza tiene como función garantizar que las alternativas adoptadas perduren durante el periodo de diseño.

En el cuadro N° 3.05: "Niveles de Confianza sugeridos para Diferentes Carreteras", indican los rangos de confiabilidad sugeridas para distintos tipos de carreteras, clasificadas según su funcionalidad.

**Cuadro N° 3.05:** Niveles de confianza sugeridos para diferentes carreteras

ITEM	DESCRIPCION	URBANO		RURAL	
		RANGO	PROM.	RANGO	PROM.
1	AUTOPOISTAS Y CARRETERAS INTERESTATALES	85 - 99.9	92	80 - 99.9	90
2	OTRAS ARTERIAS PRINCIPALES	80 - 99	90	75 - 95	85
3	COLECTORAS	80 - 95	88	75 - 95	85

Fuente: Guía para pavimentos flexibles de la AASHTO

En base a la confiabilidad de los datos estudiados y a las características de la vía se le asigna una confiabilidad de 80% como promedio.

En el cuadro N° 3.06: "Valores de Desviación Estándar Normal", muestra los valores de Desviación Estándar Normal que se adopta en base al Nivel de Confianza. Según la Guía de Diseño AASHTO, resulta un ZR de -0.841

**Cuadro N° 3.06:** Valores de desviación estándar normal

Niveles de Confiabilidad	Desviación Estándar Normal
-	-
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
-	-

Fuente: Guía para pavimentos flexibles de la AASHTO

### Factor de corrección desviación estándar (So)

Los valores recomendados por la guía por AASHTO para pavimentos flexibles se encuentra dentro del rango  $0.40 < So < 0.50$ , pero se recomienda tomar el valor promedio en este caso es **So = 0.45**.

### Módulo de resiliencia efectivo del suelo de fundación (Mr)

En el método AASHTO de 1993, el modulo de resiliencia reemplaza al CBR como variable para caracterizar la subrasante, subbase y base.

El modulo de resiliencia es una medida de la propiedad elástica de los suelos que reemplaza a su vez las características no lineales de su comportamiento.

Este parámetro se puede determinar a través de los ensayos dinámicos y de repeticiones de carga, sin embargo la guía de AASHTO reconoce que muchas agencias no poseen los equipos para determinar el Mr y propone el uso de la conocida correlación con el CBR:

$$MR \text{ (psi)} = 3000 \times CBR^{0.65} \quad \text{para CBR de 7.2 a 20\% (dado por Sudáfrica)}$$

En el cuadro N° 3.07: "Resumen de la capacidad soporte de la subrasante", se muestra el CBR acompañado con su respectivo Modulo de Resiliencia.

Cuadro N° 3.07: Resumen de la capacidad soporte de la subrasante

Tipo de Suelo	PROMEDIO		DISEÑO	
	CBR (%)	Mr (psi)	CBR (%)	Mr (psi)
SM	20.0	21 027	20.0	21 027

Fuente: Elaboración propia

#### b) Variación total del índice de serviciabilidad

El índice de serviciabilidad presente (PSI), varia de 0 (carretera imposible) hasta 5 (carretera perfecta). En el ensayo de AASHTO, se obtuvo una serviciabilidad inicial (Po) de 4.2 para pavimentos flexibles y el índice de serviciabilidad más bajo (Pt) es de 2.2, que puede tolerar antes que sea necesario un refuerzo o una rehabilitación para las carreteras.

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.2 = 2.0$$

**c) Coeficiente de drenaje  $m_i$**

Representa el porcentaje del tiempo durante el Periodo de Diseño, que las capas granulares, estarán expuestas a niveles de humedad cercanas a la saturación.

En el cuadro N° 3.08: "Valores de Coeficiente de Drenaje", muestra los valores recomendados para modificar los coeficientes de capas de base y subbase granular, frente a condiciones de humedad.

**Cuadro N° 3.08:** Valores de coeficiente de drenaje

Calidad de drenaje	Termino Remoción de Agua	% de tiempo de exposición de la estructura del pavimento a nivel de humedad próximo a la saturación			
		<1%	1 -5%	5-25%	>25%
Excelente	2 horas	1.40 – 1.35	1.35 -1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1 día	1.35 -1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Aceptable	1 semana	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1 mes	1.15– 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy Pobre	El agua no drena	<b>1.05 – 0.95</b>	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

Fuente: Guía para pavimentos flexibles de la AASHTO

En base a las condiciones particulares del proyecto, las precipitaciones pluviales anuales medias del orden de 0.45 mm/año, y suelo de alta permeabilidad, se estima que el tiempo de exposición de la estructura a nivel de humedad próximo a la saturación es de orden de <1% es así que los coeficientes de drenaje considerado son  $m_2=1.00$  y  $m_3=1.00$ , para considerar el caso más desfavorable.

**d) Periodo de diseño (N)**

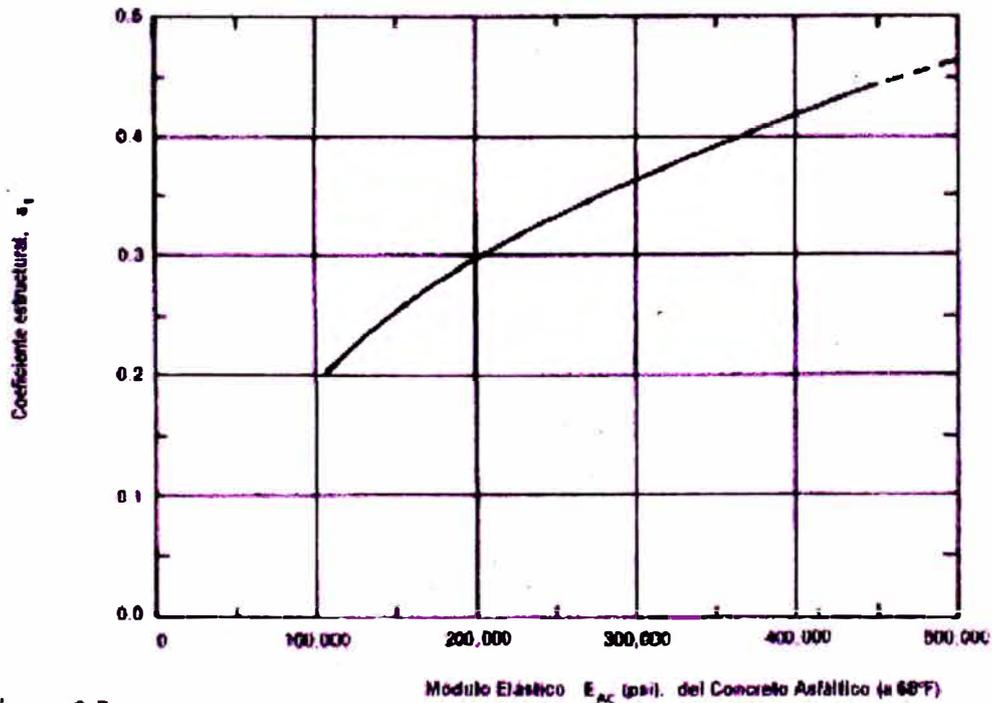
El periodo de diseño empleado para la obtención de la estructura del pavimento es de 10 años.

### e) Índices estructurales

Se considera que el paquete estructural estará conformado, por tres tipos de materiales:

**Primera Capa:** Corresponde a la Mezcla Asfáltica en Caliente con un Modulo de Resilencia de 400,000 lb/pulg<sup>2</sup> y coeficiente estructural  $a_1$  de 0.165/cm. Ver figura N° 3.03

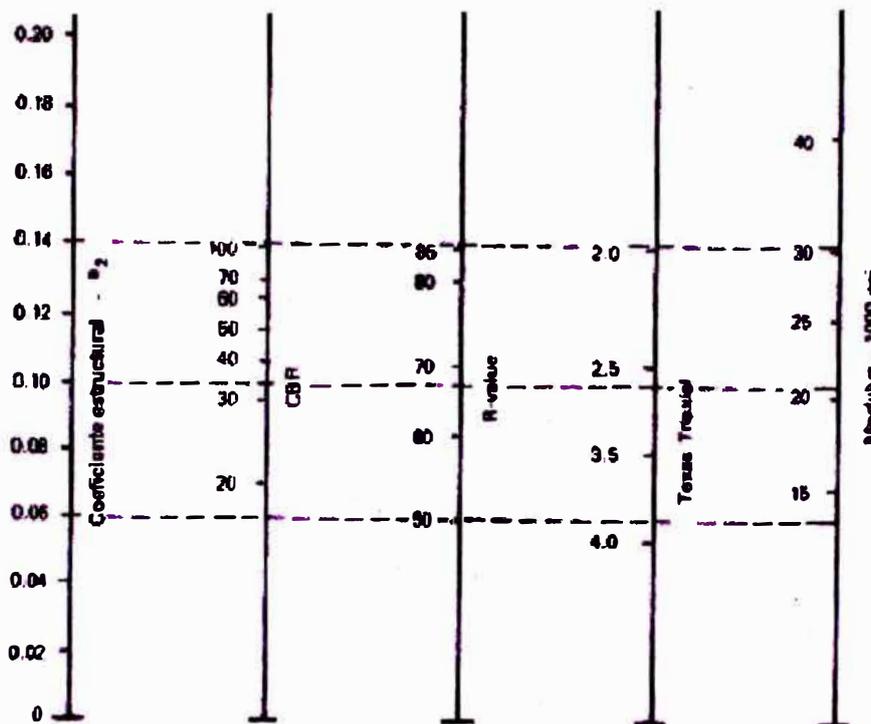
Figura N° 3.03: Carta para estimar coeficiente estructural  $a_1$  a partir del módulo elástico (carpeta asfáltica)



Fuente: Guía para pavimentos flexibles de la AASHTO

**Segunda Capa:** Correspondiente a la Base Granular, con CBR mínimo de 80% y coeficiente estructural  $a_2$  de 0.06/cm. Ver Figura N° 3.04.

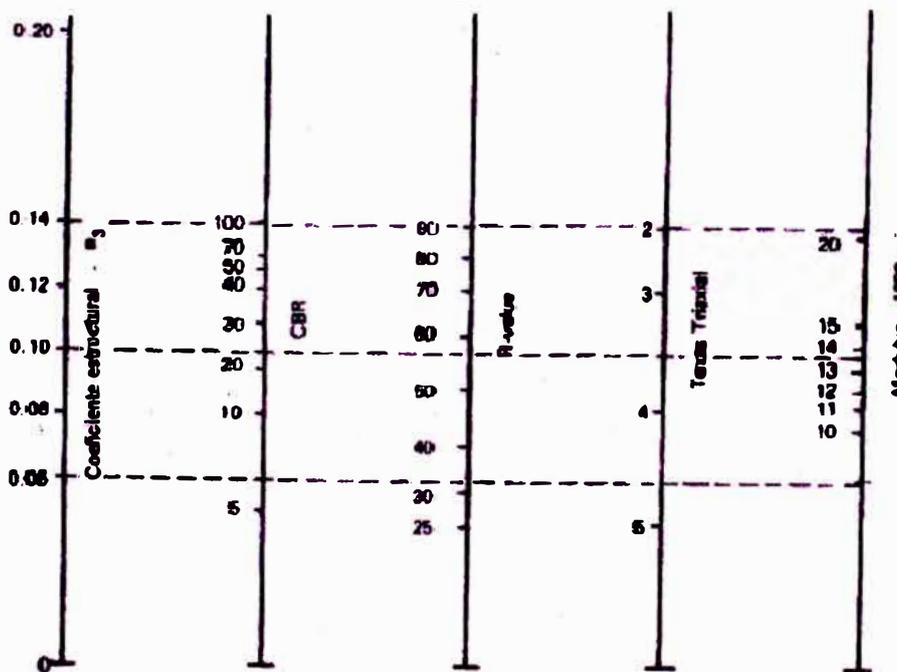
Figura N° 3.04: Nomograma para estimar coeficiente estructural  $a_2$  para una base granular.



Fuente: Guía para pavimentos flexibles de la AASHTO

**Tercera Capa:** Corresponde a la Sub-base Granular, con un CBR mínimo de 40% y coeficiente estructura  $a_3$  de 0.05/cm. Ver figura N° 3.05.

Figura N° 3.05: Nomograma para estimar coeficiente estructural  $a_3$  para una sub-base granular.



Fuente: Guía para pavimentos flexibles de la AASHTO

En el cuadro 3.09: "Datos para el cálculo de SN", se presenta el resumen de los datos necesarios para su cálculo.

Cuadro N° 3.09: Datos para cálculo de SN

<b>PARAMETROS DE DISEÑO</b>	<b>AASHTO</b>
Periodo de diseño	10 años
Numero de eje equivalentes	4.68E x 10 <sup>6</sup>
Modulo resiliente de la subrasante (Psi)	21 027
Nivel de confianza	80%
Factor de confiabilidad	-0.841
Desviación estándar	0.45
Serviciabilidad inicial	4.2
Serviciabilidad final	2.2
Índice de serviciabilidad	2.0

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de SN se realizo con la ayuda de un programa de cómputo la cual es Ecuación AASHTO 93, con la que se obtiene SN de 2.76. Ver figura N° 3.06.

Carta de diseño AASHTO 93 para pavimentos flexible, con la que se obtiene SN de 2.80. Ver figura N° 3.07.



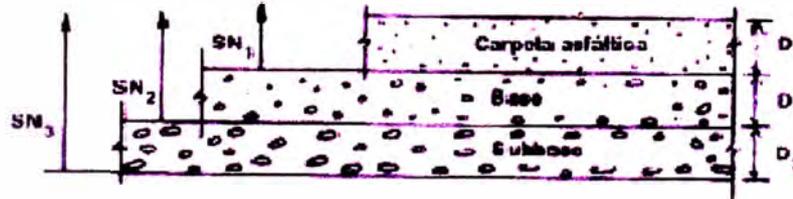
### 3.2.5. Diseño del sistema multicapa

Este paso consiste en determinar la diferentes capas de la estructura del pavimento, las que de acuerdo a sus características estructurales satisfagan el Numero Estructural calculado. La estructuración no tiene solución única, en la elección de las capas se deben considerar los materiales disponibles y su costo. Para la determinación del Numero Estructural del pavimento, se emplea la siguiente ecuación:

$$SN' = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

Con la ecuación anterior se obtiene el SN para diferentes grupos de espesores de capas de pavimentos que combinados proporcionan la capacidad de carga requerida capaz de soportar el transito previsto durante el periodo de diseño. Ver figura N° 3.08.

Figura N° 3.08: Procedimiento para determinar espesores de las capas de pavimento.



$$D^*_1 \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$SN^*_1 = a_1 D^*_1 \geq SN_1$$

$$D^*_2 \geq \frac{SN_2 - SN^*_1}{a_2 m_2}$$

$$SN^*_1 + SN^*_2 \geq SN_2$$

$$D^*_3 \geq \frac{SN_3 - (SN^*_1 + SN^*_2)}{a_3 m_3}$$

Fuente: Guía para pavimentos flexibles de la AASHTO

En el cuadro N° 3.10: "Cálculo de los espesores de la estructura", se realiza el proceso iterativamente hasta llegar el valor más conveniente, tanto estructural, como económico.

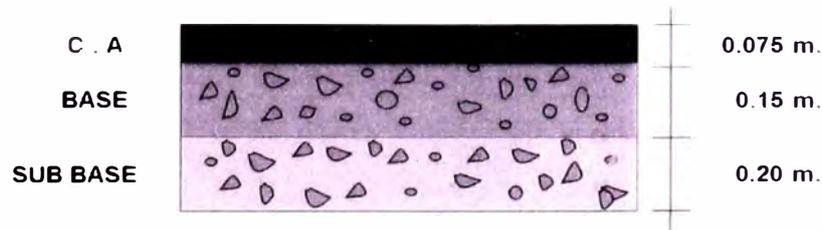
Cuadro N° 3.10: Cálculo de los espesores de la estructura

<b>Numero estructural</b>					<b>SN<sub>DISEÑO</sub></b>	<b>2.76</b>
C. A.			a <sub>1</sub>	0.165	D <sub>1</sub> (m.)	0.075
Base	m <sub>2</sub>	1.00	a <sub>2</sub>	0.06	D <sub>2</sub> (m.)	0.150
Sub-base	m <sub>3</sub>	1.00	a <sub>3</sub>	0.05	D <sub>3</sub> (m.)	0.200
Espesor total de pavimento					(m.)	0.425
<b>Numero estructural</b>					<b>SN'<sub>UTILIZADO</sub></b>	<b>3.04</b>
<b>Observación</b>					<b>SN'<sub>UTILIZADO</sub> &gt; SN<sub>DISEÑO</sub></b>	

Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 3.09: "Paquete Estructural", se muestra los espesores de la estructura propuesta, en la vía de estudio.

Figura N° 3.09: Paquete estructural



### 3.3. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

#### ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

##### TRANSPORTE DE MATERIALES

Para el traslado del material para conformar subbases y bases al lugar de obra, se deberá humedecer adecuadamente los materiales y cubrirlos con una lona para evitar emisiones de material particulado, a fin de evitar que afecte a los trabajadores y poblaciones aledañas de males alérgicos, respiratorios y oculares. Los montículos de material almacenados temporalmente en las canteras y plantas se cubrirán con lonas impermeables, para evitar el arrastre de partículas

a la atmósfera y a cuerpos de agua cercanos y protegerlos de excesiva humedad cuando llueve.

#### **EQUIPO:**

Es conveniente que los equipos disponibles en la construcción de la carretera este en buenas condiciones:

Se debe evitar fugas de aceite, combustible sino se contaminaría el suelo.

Se debe evitar los ruidos molestos que perjudique a las personas que se encuentren a los alrededores y también evitar la migración de aves que se encuentra en la zona.

### **ETAPA DE FUNCIONAMIENTO**

#### **TRANSPORTE DE CONCENTRADO**

Para el traslado de los minerales es conveniente cubrir con lona para evitar que se derrame por la carretera, y contaminar el ambiente.

#### **EQUIPO:**

Los vehículos que trasladen el mineral estén en buenas condiciones para evitar contaminación de CO<sub>2</sub>, también algún derrame de aceites o combustible.

## **CAPÍTULO IV: EXPEDIENTE TÉCNICO**

### **4.1. MEMORIA DESCRIPTIVA**

Obra: Construcción de Facilidades en el Terminal Portuario de Salaverry para embarcar 2'500,000 toneladas de concentrado de cobre. Diseño de Pavimento

#### **4.1.1. Generalidades**

El proyecto Construcción de facilidades en el puerto de Salaverry para embarcar 2'500,000 toneladas de concentrados de cobre. Diseño de Pavimento, es un proyecto que se quiere determinar la estructura de pavimento dentro del TPS, como parte de la alternativa ganadora.

El proyecto consta con las siguientes características:

#### **Dimensiones**

La vía abarca una longitud de 460 m., con dos carriles para el fácil tránsito de los vehículos con una calzada de 7.2 m. y berma de 0.5 m. para ambos lados de la carretera. Ver sección típica del pavimento ST-01.

#### **Topografía**

El tramo a desarrollar se encuentra dentro del TPS la cual la topografía es llana, la cual pertenece a la terraza marina.

#### **Accesos**

El único acceso que se tiene al área de proyecto es la carretera Dv- Salaverry, que se divide de la panamericana norte la cual se encuentra a 8 km. del distrito de Salaverry.

#### **4.1.2. Ubicación**

El TPS se encuentra ubicado, en el departamento La Libertad, provincia de Trujillo, distrito de Salaverry aproximadamente a 14 Km. al sur de la ciudad de Trujillo en la costa norte del Perú.

#### **4.1.3. Objetivo**

El proyecto tiene por objeto primordial el de construir la infraestructura del Pavimento, para poder dotar de facilidades en el Terminal Portuario de Salaverry para el embarque de 2'500,000 toneladas de cobre.

#### **4.1.4. Trabajos a realizar**

Los trabajos a realizar son:

- Colocación de la Sub Base Granular
- Colocación de la Base Granular
- Imprimación
- Riego de Liga
- Colocación de carpeta asfáltica en caliente de 0.075m. de espesor.

#### **4.1.5. Monto Referencial**

El monto referencial para la ejecución de la obra asciende a la suma de S/. 257,232.16 (doscientos cincuentisiete mil doscientos treintidos y 16/100 nuevos soles). Incluido Impuesto de Ley.

### **4.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

#### **SUBRASANTE**

Conformado por arena pobremente gradada con limo y grava que deberá ser descalificar en un espesor de 0.15m para luego compactar al 95% de la máxima densidad seca del próctor modificado.

## **SUBBASE GRANULAR**

La sub-base será conformado en un espesor de 0.20m con una compactación mayor o igual al 98% de la máxima densidad seca del ensayo próctor modificado.

### **Descripción:**

Este trabajo consiste en el suministro, colocación y compactación de material de subbase granular aprobado sobre una superficie preparada, en una o varias capas, de conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos del proyecto o establecidos por el Supervisor.

### **Material:**

Los agregados para la construcción de la subbase granular deberán satisfacer los requisitos; las partículas de los agregados serán duras, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, blandas o desintegrables y sin materia orgánica, terrones de arcilla u otras sustancias perjudiciales. Sus condiciones de limpieza dependerán del uso que se vaya a dar al material.

Las características mecánicas y físicas de los materiales se encuentran detalladas en [1].

### **Equipo:**

Todos los equipos deberán ser compatibles con los procedimientos de construcción adoptados y requieren la aprobación previa del Supervisor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de las obra.

El equipo será el más adecuado, equipo de carga, descarga, transporte, extendido (esparcidora mecánica), mezcla, homogenización, humedecimiento y compactación del material, así como herramientas menores.

### **Método de construcción:**

Los trabajos a efectuarse serán de acuerdo a [1].

### **Método de Medición**

La unidad de medida será el metro cúbico ( $m^3$ ), aproximado al entero, de material o mezcla suministrada, colocada y compactada, a satisfacción del Supervisor, de acuerdo con lo que exija la especificación respectiva, las dimensiones que se indican en el Proyecto o las modificaciones ordenadas por el Supervisor.

El volumen se determinará por el sistema promedio de áreas extremas, utilizando las secciones transversales y la longitud real, medida a lo largo del eje del proyecto.

### **Bases de Pago:**

El pago se hará por metro cúbico al respectivo precio unitario del contrato.

### **BASE GRANULAR**

La base será conformado en un espesor de 0.15m con una compactación mayor o igual al 100% de la máxima densidad seca del ensayo próctor modificado.

### **Descripción:**

Este trabajo consiste en el suministro, colocación y compactación de material de base granular aprobado sobre una superficie preparada, en una o varias capas, de conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos del proyecto o establecidos por el Supervisor.

### **Material:**

Los agregados para la construcción de la base granular deberán satisfacer los requisitos; las partículas de los agregados serán duras, resistentes y durables,

sin exceso de partículas planas, blandas o desintegrables y sin materia orgánica, terrones de arcilla u otras sustancias perjudiciales.

Los materiales para base granular solo provendrán de canteras autorizadas y será obligatorio el empleo de un agregado que contenga una fracción producto de trituración mecánica.

Las características mecánicas y físicas de los materiales se encuentran detalladas en [2].

### **Equipo:**

Todos los equipos deberán ser compatibles con los procedimientos de construcción adoptados y requieren la aprobación previa del Supervisor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de las obra.

El equipo será el más adecuado, equipo de carga, descarga, transporte, extendido (esparcidora mecánica), mezcla, homogenización, humedecimiento y compactación del material, así como herramientas menores.

### **Método de construcción:**

Los trabajos a efectuarse serán de acuerdo a [2].

### **Método de Medición**

La unidad de medida será el metro cúbico ( $m^3$ ), aproximado al entero, de material o mezcla suministrada, colocada y compactada, a satisfacción del supervisor, de acuerdo con lo que exija la especificación respectiva, las dimensiones que se indican en el proyecto o las modificaciones ordenadas por el supervisor.

El volumen se determinará por el sistema promedio de áreas extremas, utilizando las secciones transversales y la longitud real, medida a lo largo del eje del proyecto.

### **Bases de Pago:**

El pago se hará por metro cúbico al respectivo precio unitario del contrato.

### **IMPRIMACION ASFALTICA**

#### **Descripción:**

Consiste en la incorporación de asfalto a la superficie de una Base, a fin de prepararla para recibir una capa de pavimento asfáltico.

#### **Materiales:**

El material bituminoso a aplicar tendrá las siguientes características, lo encontraremos con más detalle en [3].

#### **Método de Medición:**

La unidad de medida será el metro cuadrado (m<sup>2</sup>).

El área se determinará multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje del trabajo, por el ancho especificado en los planos u ordenado por el supervisor.

El material bituminoso se medirá de acuerdo a lo indicado en la especificación respectiva.

### **Bases de Pago:**

El pago se efectuará por metro cuadrado (m<sup>2</sup>) y según el precio unitario del contrato, entendiéndose que dicho precio y pago consistirá compensación total por mano de obra, herramientas e imprevistos necesarios para la realización de esta partida.

## CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE

### Descripción:

Este trabajo consistirá en la colocación de una capa asfáltica bituminosa fabricada en caliente de Tipo PEN 60-70, construida sobre una superficie debidamente preparada e imprimada, de acuerdo con la presente especificación.

Las mezclas bituminosas para empleo en pavimentación en caliente se compondrán de agregados minerales gruesos, finos, filler mineral y material bituminoso.

### Material:

El material bituminoso que se usara en la preparación de la mezcla, será cemento asfáltico o asfalto sólido deben de cumplir ciertas características de se detallan mejor en [4].

### Equipo:

El equipo necesario para la ejecución de esta partida se encuentra más detallado en [4].

### Método de Medición:

La medición se efectuará midiendo el largo por el ancho. La unidad de medida será para esta partida el metro cuadrado (m<sup>2</sup>).

### Bases de Pago:

El pago se efectuará por metro cuadrado (m<sup>2</sup>) y según el precio unitario del contrato, entendiéndose que dicho precio y pago consistirá compensación total por mano de obra, herramientas e imprevistos necesarios para la realización de esta partida.

## **ASFALTO DILUIDO**

### **Descripción:**

Esta especificación se refiere al suministro de un asfalto diluido del tipo y características apropiadas en el sitio de aplicación de riegos de imprimación y tratamientos superficiales, según lo indique el proyecto o lo autorice el supervisor.

### **Materiales:**

El material por suministrar será un asfalto diluido de curado medio o rápido, cuyo tipo y característica dependerán del trabajo en el cual vaya a ser aplicado.

Deberá cumplir con los requisitos de calidad, la cual se encuentra con más detalle en [4].

### **Equipo:**

Todos los equipos empleados deberán ser compatibles con los procedimientos de construcción adoptados y requieren la aprobación previa del supervisor teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de las obras y al cumplimiento de las exigencias de calidad de la presente especificación y de la correspondiente a la respectiva partida de trabajo.

### **Método de Medición:**

La unidad de medición del asfalto diluido, según el tipo utilizado, será el litro (L), aproximado al litro completo de asfalto diluido incorporado en los riegos de imprimación y tratamientos superficiales ejecutados a satisfacción del supervisor.

### **Bases de Pago:**

El pago hará al precio unitario de contrato, por el asfalto diluido efectivamente

aplicado en los riegos de imprimación y de tratamientos superficiales recibidas a satisfacción por el supervisor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de suministro del asfalto diluido en obra, manejo, almacenamiento y transportes entre la planta de fabricación del asfalto diluido y el sitio de colocación final. Además deberá cubrir los costos por concepto de desperdicios y en general todo costo necesario para el correcto cumplimiento de esta especificación.

## **ADITIVO MEJORANTE DE ADHERENCIA**

### **Descripción:**

Esta especificación se refiere al suministro de mejoradores de adherencia en el sitio de colocación de tratamientos o mezclas asfálticas, elaboradas de conformidad con lo establecido en las Secciones correspondientes de estas especificaciones, a plena satisfacción del supervisor.

### **Materiales:**

Para el mejoramiento de la adherencia entre los productos bituminosos y los agregados pétreos se podrán emplear:

- Aditivos producidos comercialmente de calidad certificada.
- Cenizas (AASHTO M 295)
- Cal (AASHTO M 303)
- Base tipo amina

El mejorador seleccionado, previamente en el Expediente Técnico, deberá garantizar el grado de afinidad requerido entre el par asfalto-agregado, según el tratamiento o mezcla que se irá a ejecutar. En el caso de los aditivos el Contratista deberá adjuntar la documentación sobre la efectividad del producto ofrecido, bien sea en trabajos de campo o experiencias de laboratorio.

Debe entenderse que en la selección de los mejoradores de adherencia, primarán los factores inherentes en cada uno de los diseños de mezclas

asfálticas, es decir, el par asfalto-agregado deberá cumplir los requerimientos respectivos en cada especificación.

### **Equipos:**

Se deberá cumplir:

#### **(a) Empaque**

Para su traslado al sitio de las obras, el aditivo podrá empacarse en tambores y/o en bolsas. Las bolsas sólo podrán emplearse cuando el aditivo sea sólido.

#### **(b) Vehículos de transporte**

Si el suministro se hace en tambores o bolsas, el transporte podrá efectuarse en cualquier camión convencional. El vehículo deberá disponer de lonas o cobertores adecuados, debidamente asegurados a su carrocería, que protejan al aditivo durante su transporte.

En todos los casos, los vehículos deberán cumplir las disposiciones legales vigentes en relación con pesos, dimensiones y control de contaminación ambiental.

#### **(c) Depósitos de almacenamiento**

El depósito de los aditivos suministrados en tambores o bolsas deberá ser ventilado y cubierto y disponer de los elementos que aseguren la protección del producto contra los agentes atmosféricos, particularmente la humedad proveniente tanto del suelo como de las paredes del almacén.

### **Método de medición:**

No habrá lugar a medida, para efectos de pago separado, del aditivo mejorador de adherencia que se deba incorporar en los tratamientos o mezclas que lo requieran, para garantizar el cumplimiento de las exigencias de adhesividad de la respectiva especificación.

### **Forma de pago:**

No habrá pago separado por el mejorador de adherencia. Por lo tanto, los costos de suministro, patente, manejo, almacenamiento, desperdicios, carga, transporte, descarga, incorporación y cualquier otro costo requerido para la correcta ejecución de los trabajos, deberán incluirse en el precio unitario del tratamiento o mezcla respectivo.

### **4.3. COSTOS Y PRESUPUESTOS**

El presupuesto se ha desarrollado considerando que la estructura que se va a construir sobre una rasante completamente nivelada, sobre la cual se va a colocar los espesores de la estructura de pavimento diseñada en el capítulo 3.

En los anexos, se detallan el presupuesto, análisis de precios unitarios.

## CONCLUSIONES

1. La estructuración del pavimento del TPS para el embarque de 2'500,000 toneladas de cobre, diseñado con el método AASHTO, resultaron espesores para carpeta asfáltica de 0.075m., base de 0.15m. y la sub-base = 0.20m.; estos valores son razonables, no siendo necesaria la implementación de geosintéticos para reducir la estructura del pavimento.
2. En el procedimiento actual de diseño de pavimentos, la capacidad de soporte de suelo es caracterizado mediante el módulo de resiliencia. Este ensayo caracteriza de una manera más realista el comportamiento de los materiales ante las acciones de carga que los ensayos utilizados tradicionalmente con el método de CBR.
3. El diseño de pavimento involucra el análisis de diversos factores: Tráfico, clima, características de suelos, nivel de serviciabilidad deseada y el grado de confiabilidad el que se desea efectuar el diseño de acuerdo con el grado de importancia de la carretera. Dentro de los aspectos que influyen en la predicción de la respuesta futura del pavimento, uno de los más importantes es la caracterización es el terreno de fundación y los materiales que componen la estructura del pavimento.
4. Por lo anteriormente mencionado se puede indicar que la estructura presentada en el presente informe debe tomarse como referencial ya que como se manifiesta en el informe los datos tomados para la subrasante han sido consideradas del estudio en la ciudad de Pacasmayo.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que los valores obtenidos en el presente informe se tomen como referenciales para un futuro desarrollo del proyecto.
2. Para poder hacer un diseño más confiable se tendría que hacer un estudio de suelos para obtener valores reales del suelo.
3. Se debe hacer un estudio de licuación ya que el proyecto se encuentra en el litoral y es muy probable que el nivel freático este superficial.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **American Association of State Highway and Transportation officials** – AASHTO Guide for Design of Pavement Structures – American Association of State Highway and Transportation officials. Washington, D.C., USA, 1993.
2. **Juárez Badillo, Eulalio**; Mecánica de Suelos; Tomo I y II; Editorial Limusa, México, 2005.
3. **Vivar Romero, Germán**; “Diseño y Construcción de Pavimentos”; Colegio de Ingenieros del Perú, 1995.

### **Páginas Web Consultadas:**

4. <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dgaae/publicaciones/resumen/salaverry/03-A.pdf>
5. [www.proviasnac.gob.pe](http://www.proviasnac.gob.pe)
6. [www.ingemmet.gob.pe](http://www.ingemmet.gob.pe)

### **Referencias:**

- [1] Especificaciones técnicas generales de construcción de carreteras EG-2000, capítulo 3, sección 303.
- [2] Especificaciones técnicas generales de construcción de carreteras EG-2000, capítulo 3, sección 305.
- [3] Especificaciones técnicas generales de construcción de carreteras EG-2000, capítulo 4, sección 401.
- [4] Especificaciones técnicas generales de construcción de carreteras EG-2000, capítulo 4, sección 422.

# ANEXOS

**ANEXO N°1**

**(ENSAYOS DE LABORATORIO)**

 <b>CESEL INGENIEROS</b> LABORATORIO GEOTÉCNICO Y DE CONCRETO	<b>REGISTRO</b>	Código	LGC-P-01-G1-F5-S
	<b>INFORME DE RESULTADO DE ENSAYOS</b>	Versión	00
		Aprobado	CSGILGC
		Fecha	15/02/2008
		Página	1 de 1

Informe N°: LGC-08-080 Fecha de Emisión: 26/09/2008

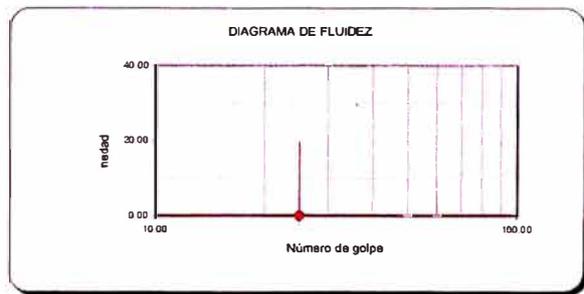
**ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN**

COD. PROY. : 083700  
 PROYECTO : Mejoramiento Integral de los Subsistemas de Almacenamiento y Distribución de Agua Potable y Sistema de Alcantarillado de la Ciudad de Pacasmayo.

UBICACIÓN : Pacasmayo - La Libertad.

F. de Recepción : 22/09/2008  
 F. de Ejecución : 23/09/2008

SONDAJE	C - 11A		
MUESTRA	M - 1		
PROFUNDIDAD (m)	0,00 - 1,20		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR ASTM PASA A (%) PORCENTAJE	Malla		% que pasa
	N°	Abertura (mm)	
	3 "	76.200	100.0
	2 "	50.800	100.0
	1 1/2 "	38.100	98.5
	1 "	25.400	84.9
	3/4 "	19.100	79.5
	3/8 "	9.520	65.2
	N° 4	4.760	56.0
	N° 10	2.000	45.1
	N° 20	0.840	42.0
	N° 40	0.425	40.2
	N° 60	0.250	19.8
N° 140	0.106	10.6	
N° 200	0.075	10.4	
Límite Líquido (LL)	ASTM-D4318 (%)	-	
Límite Plástico (LP)	ASTM-D4318 (%)	NP	
Índice Plástico (IP)	(%)	-	
Clasificación (S.U.C.S.)	ASTM-D2487	SP - SM	
Clasificación (AASHTO)	ASTM-D3282	A-1-b	
Índice de Grupo		0	

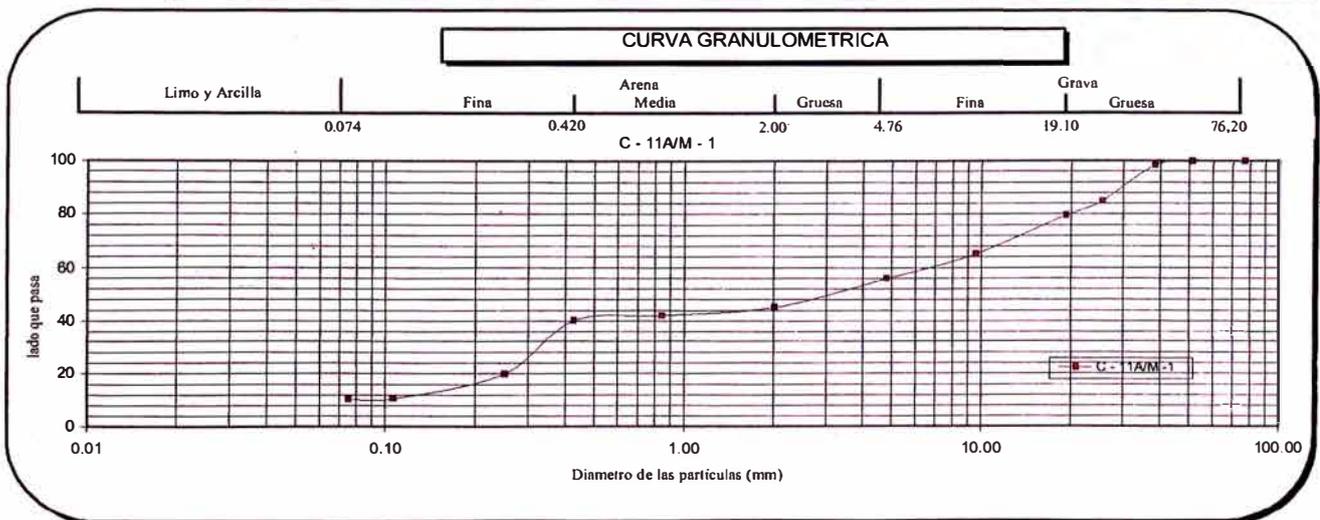


Distribución Granulométrica

% Grava	GG%	20.5
	GF%	23.5
% Arena	AG%	10.9
	AM%	4.9
	AF%	29.8
% Finos		10.40

Nombre de grupo : Arena pobremente gradada con limo y grava

Observaciones: - El peso de la muestra cumple con lo especificado en la Norma



Realizado : Téc. J.A.G.  
 Revisado : Ing. O.C.N.

Informe N°: LGC-08-080

Fecha de Emisión: 26/09/2008

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN

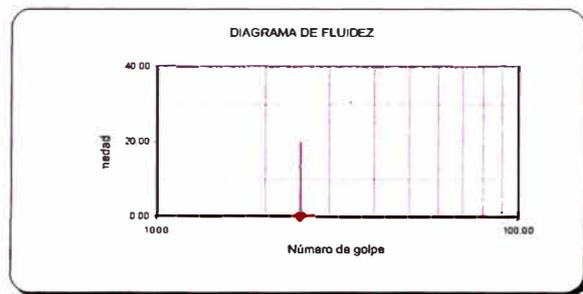
COD. PROY. : 083700  
PROYECTO : Mejoramiento Integral de los Subsistemas de Almacenamiento y Distribución de Agua Potable y Sistema de Alcantarillado de la Ciudad de Pacasmayo.

F. de Recepción : 22/09/2008

F. de Ejecución : 23/09/2008

UBICACIÓN : Pacasmayo - La Libertad.

SONDAJE	C - 11A	
MUESTRA	M - 2	
PROFUNDIDAD (m)	1,20 - 2,00	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MÉTODO ELECTROFOTOMÉTRICO (ASTM) (ZANDI) T.M. N. 407 PORCENTAJE PASA (%)	Malla	
	N°	Abertura (mm)
	3"	76.200
	2"	50.800
	1 1/2"	38.100
	1"	25.400
	3/4"	19.100
	3/8"	9.520
	N° 4	4.760
	N° 10	2.000
	N° 20	0.840
	N° 40	0.425
	N° 60	0.250
N° 140	0.106	
N° 200	0.075	
Limite Líquido (LL)	ASTM-D4318 (%)	-
Limite Plástico (LP)	ASTM-D4318 (%)	NP
Índice Plástico (IP)	(%)	-
Clasificación (S.U.C.S.)	ASTM-D2487	SM
Clasificación (AASHTO)	ASTM-D3282	A-2-4
Índice de Grupo		0



Distribución Granulométrica

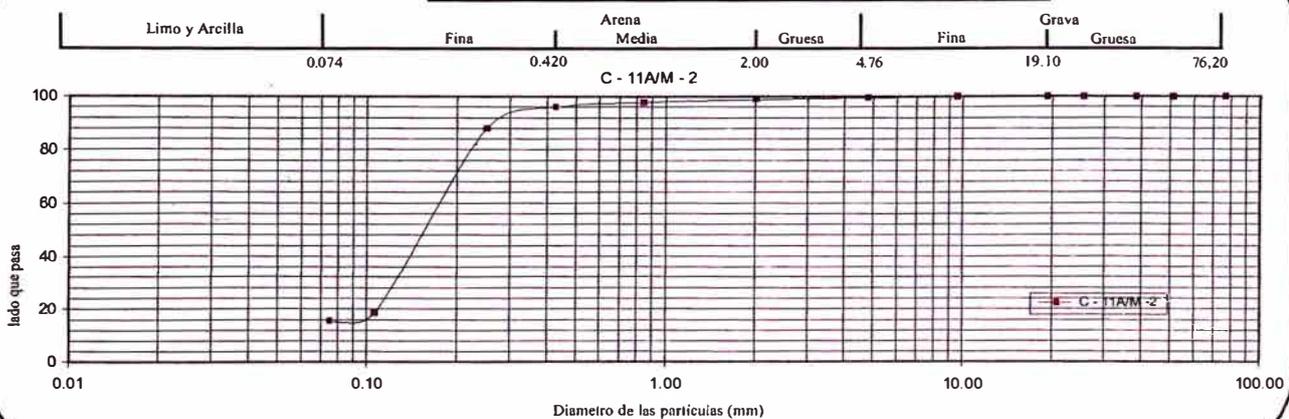
% Grava	GG%	0.0
	GF%	0.4
% Arena	AG%	0.7
	AM%	2.9
	AF%	80.5
% Finos		15.50

Nombre de grupo Arena limosa

Observaciones: - El peso de la muestra cumple con lo especificado en la Norma



CURVA GRANULOMÉTRICA



Realizado : Téc. J.A.G.

Revisado : Ing. O.C.N.

 <b>CESEL</b> <b>INGENIEROS</b> LABORATORIO GEOTÉCNICO Y DE CONCRETO	REGISTRO	Código : LGC-P-01-G1-F1-S
	INFORME DE RESULTADO DE ENSAYOS	Versión : 00 Aprobado : CSGILGC Fecha : 15/02/2008 Página : 1 de 1

Informe N°: LGC-08-080

Fecha de Emisión : 26/09/2008

CONTENIDO DE HUMEDAD  
NTP 339.127 / ASTM D-2216

SOLICITANTE : Cementos Pacasmayo

PROYECTO : Mejoramiento Integral de los Subsistemas de Almacenamiento y Distribución de Agua Potable y Sistema de Alcantarillado de la Ciudad de Pacasmayo.

CÓDIGO DEL PROYECTO: 083700

FECHA DE RECEPCIÓN: 22/09/2008

UBICACIÓN : Pacasmayo - La Libertad.

FECHA DE EJECUCIÓN: 24/09/2008

SONDAJE	C - 11A
MUESTRA	M - 1
PROFUNDIDAD (m)	0,00 - 1,20

Tamaño máximo	3"
---------------	----

Peso de tara	(g)	426.3	420.1	
Peso tara + muestra húmeda	(g)	6082.3	6123.3	
Peso tara + muestra seca	(g)	6047.8	6089	
Peso de agua	(g)	34.5	34.3	
Peso de suelo seco	(g)	5621.5	5668.9	
Contenido de humedad	(%)	0.6	0.6	
Contenido de humedad Promedio	(%)	0.6		

Comentarios del Ensayo:

El peso de la muestra cumple con lo especificado en la Norma



Observaciones: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Realizado : Téc. J.A.G.  
Revisado : Ing. O.C.N.

Informe N° : LGC-08-080

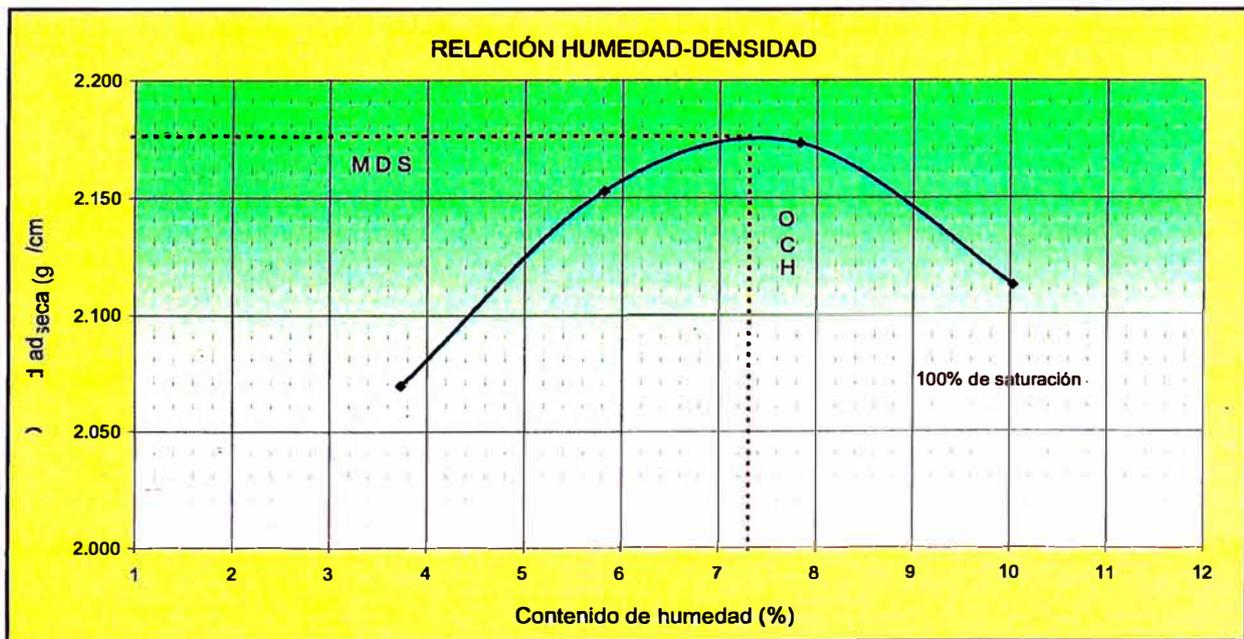
Fecha de Emisión: 26/09/2008

**PROCTOR MODIFICADO**  
NTP 339.141 / ASTM D-1557

SOLICITANTE : Cementos Pacasmayo CÓDIGO DE PROYECTO: 083700  
PROYECTO : Mejoramiento Integral de los Subsistemas de Almacenamiento y Distribución de Agua Potable y Sistema de Alcantarillado de la Ciudad de Pacasmayo. FECHA DE RECEPCIÓN: 22/09/2008  
UBICACIÓN : Pacasmayo - La Libertad. FECHA DE EJECUCIÓN: 24/09/08  
SONDAJE : C - 11A CLASIFICACIÓN SUCS: SP -SM  
MUESTRA : M - 1 CLASIFICACIÓN AASHTO: A-1-b  
PROF. (m) : 0,00 - 1,20 METODO DE COMPACTACION: " C "

Método de preparación : Seca Retenidos 3/4: 20.5  
Contenido de Humedad recibido (%) : 2% 3/8: 34.8  
Descripción del pisón : Manual N°: 44.0  
Gravedad específica : .....

Peso suelo compactado + molde (g)	11376.80	11653.30	11791.50	11751.70	
Peso molde (g)	6849.30	6849.30	6849.30	6849.30	
Peso suelo húmedo compactado (g)	4527.50	4804.00	4942.20	4902.40	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2109.00	2109.00	2109.00	2109.00	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.15	2.28	2.34	2.32	
Recipiente N°	A 84	A 78	A 145	A 168	
Peso muestra húmeda + tara (g)	1051.40	1098.30	1042.80	1195.30	
Peso muestra seca + tara (g)	1019.50	1047.80	980.00	1105.00	
Peso de tara (g)	163.70	178.90	177.40	204.20	
Peso de agua (g)	31.90	50.50	62.80	90.30	
Peso de la muestra seca (g)	855.80	868.90	802.60	900.80	
Contenido de humedad (%)	3.7	5.8	7.8	10.0	
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.070	2.153	2.173	2.113	
				Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	2.176
				Humedad óptima (%)	7.30



Observaciones :  
Realizado : Téc. J.A.G.  
Revisado : Ing. O.C.N.



**ANEXO N°2**

**(PRESUPUESTO DE OBRA, ANALISIS UNITARIO, METRADOS)**

**PRESUPUESTO DE OBRA**

## PRESUPUESTO DE OBRA

**PROYECTO:** CONSTRUCCIÓN DE FACILIDADES EN EL TERMINAL PORTUARIO SALAVERRY PARA EMBARCAR  
2'500,000 TONELADAS CONCENTRADO DE COBRE. DISEÑO DE PAVIMENTO

**LUGAR:** Salaverry, Trujillo

**FECHA:** Enero, 2011

<i>Item</i>	<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Metrados</i>	<i>P.U.</i>	<i>Parcial</i>
<b>300</b>	<b>Sub base y Base</b>				<b>55,921.00</b>
303.A	Sub Base Granular	m3	805.50	30.89	24,881.90
305.A	Base Granular	m3	568.69	54.58	31,039.10
<b>400</b>	<b>Pavimento Asfáltico</b>				<b>80,065.08</b>
401.A	Imprimación Asfáltica	m2	3,772.00	0.77	2,904.44
410.A	Carpeta Asfáltica en Caliente PEN 60-70 (e=0.075m)	m3	282.90	230.87	65,313.12
422.D	Asfalto Diluido tipo MC-30	gln	1,131.10	7.53	8,517.18
424.A	Aditivo Mejorador de Adherencia	Kg	211.45	15.75	3,330.34
<b>700</b>	<b>Transporte</b>				<b>32,890.08</b>
700.A	Transporte de Material Granular D <= 1 km	m3-Km	1,374.19	11.29	15,514.61
700.B	Transporte de Material Granular D > 1 km	m3-Km	6,444.94	1.38	8,894.02
700.C	Transporte de Material Asfáltico D <= 1 km	m3-Km	282.90	16.27	4,602.78
700.D	Transporte de Material Asfáltico D > 1 km	m3-Km	2,203.79	1.76	3,878.67
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>168,876.15</b>
<b>GASTOS GENERALES</b>				18.00%	30,397.71
<b>UTILIDAD</b>				10.00%	16,887.62
<b>SUB TOTAL</b>					<b>216,161.48</b>
<b>IGV</b>				19.00%	41,070.68
<b>TOTAL</b>					<b>257,232.16</b>

**SON: DOSCIENTOS CINCUENTISIETE MIL DOCIENTOS TRENTIDOS Y 16/100 NUEVOS SOLES**

## **ANALISIS UNITARIOS**

**Análisis de precios unitarios**

Presupuesto	0201002 CONSTRUCCION DE FACILIDADES EN EL TERMINAL PORTUARIO DE SALAVERRY PARA EMBARCAR 2'500,000 TONELADAS DE COBRE. DISEÑO DE PAVIMENTO				Fecha presupuesto	18/01/2011	
Partida	03.01.		SUB BASE GRANULAR				
Rendimiento	m3/DIA	MO. 450.0000	EQ. 450.0000	Costo unitario directo por : m3		30.89	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0147010001	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0178	16.44	0.29	
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.0178	13.70	0.24	
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.0178	11.25	0.20	
0147010004	PEON	hh	6.0000	0.1067	10.08	1.08	
<b>1.81</b>							
<b>Materiales</b>							
0205300040	MATERIAL GRANULAR - SUB BASE	m3		1.2500	17.32	21.65	
<b>21.65</b>							
<b>Equipos</b>							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.81	0.09	
0348040003	CAMION CISTERNA 4x2 (AGUA) 122 HP 2,000	hm	1.0000	0.0178	128.96	2.29	
0349030007	RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135HP 10-12TN	hm	1.0000	0.0178	136.62	2.43	
0349090000	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0178	147.39	2.62	
<b>7.43</b>							
Partida	03.02.		BASE GRANULAR				
Rendimiento	m3/DIA	MO. 360.0000	EQ. 350.0000	Costo unitario directo por : m3		54.58	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0147010001	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0229	16.44	0.38	
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.0229	13.70	0.31	
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.0229	11.25	0.26	
0147010004	PEON	hh	6.0000	0.1371	10.08	1.38	
<b>2.33</b>							
<b>Materiales</b>							
205300041	MATERIAL GRANULAR -BASE	m3		1.3000	30.91	40.18	
<b>40.18</b>							
<b>Equipos</b>							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	2.33	0.12	
0348040003	CAMION CISTERNA 4x2 (AGUA) 122 HP 2,000	hm	1.0000	0.0229	128.96	2.95	
0348040003	RODILLO NEUMATICO AUTOP 81-100HP 5.5-20TN	hm	1.0000	0.0229	109.84	2.51	
0349030007	RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135HP 10-12TN	hm	1.0000	0.0229	136.62	3.12	
0349090000	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0229	147.39	3.37	
<b>12.07</b>							
Partida	03.03.		IMPRIMACION ASFALTICA				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 4,000.0000	EQ. 4,000.0000	Costo unitario directo por : m2		0.77	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0147010001	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0020	16.44	0.03	
0147010004	PEON	hh	6.0000	0.0120	10.08	0.12	
<b>0.15</b>							
<b>Materiales</b>							
205300039	ARENA GRUESA	m3		0.0030	62.39	0.19	
<b>0.19</b>							
<b>Equipos</b>							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.15	0.01	
0349010090	BARREDORA MECANICA	hm	1.0000	0.0020	40.48	0.08	
0349030061	TRACTOR DE TIRO 80 HP	hm	1.0000	0.0020	65.25	0.13	
0349130004	CAMION IMPRIMIDOR 6 X 2 178 - 210 HP 2.000 gal	hm	1.0000	0.0020	111.36	0.22	
<b>0.43</b>							
Partida	03.04.		CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE PEN 60-70 (e=0.075m)				

**Análisis de precios unitarios**

Presupuesto		0201002 CONSTRUCCION DE FACILIDADES EN EL TERMINAL PORTUARIO DE SALAVERRY PARA EMBARCAR 2'500,000 TONELADAS DE COBRE. DISEÑO DE PAVIMENTO					Fecha presupuesto	18/01/2011
Rendimiento	m3/DIA	MO. 250.0000	EQ. 260.0000	Costo unitario directo por : m3		230.87		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
		<b>Mano de Obra</b>						
0147010001	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0320	16.44	0.53		
0147010003	OFICIAL	hh	2.0000	0.0640	11.25	0.72		
0147010004	PEON	hh	8.0000	0.2560	10.08	2.58		
		<b>3.30</b>						
		<b>Materiales</b>						
0213020002	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE	m3		1.2500	159.28	199.10		
		<b>199.10</b>						
		<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	3.30	9.90		
0349030025	RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 81-100'	hm	1.0000	0.0320	109.84	3.51		
0349030043	RODILLO TANDEM ESTATIC AUT 58-70HP 8-10T	hm	1.0000	0.0320	51.42	1.65		
0349050008	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS 69 HP 10-16'	hm	1.0000	0.0320	419.07	13.41		
		<b>28.47</b>						
Partida	03.05.	<b>ASFALTO DILUIDO MC-30</b>						
Rendimiento	gln/DIA	MO.	EQ.	Costo unitario directo por : gln		7.53		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
		<b>Materiales</b>						
0213030014	ASFALTO MC-30	gln		1.0500	7.17	7.53		
		<b>7.53</b>						
Partida	03.05.	<b>ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA</b>						
Rendimiento	kg/DIA	MO.	EQ.	Costo unitario directo por : kg		15.75		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
		<b>Materiales</b>						
0229560005	ADITIVO MEJORAOR DE ADHERENCIA	kg		1.0000	15.75	15.75		
		<b>15.75</b>						
Partida	700.A	<b>TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR PARA D&lt;= 1KM</b>						
Rendimiento	m3k/DIA	MO. 228.09	EQ. 228.09	Costo unitario directo por : m3k		11.29		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
		<b>Mano de Obra</b>						
147010003	OFICIAL	hh	0.4400	0.0154	11.25	0.17		
		<b>0.17</b>						
		<b>Equipos</b>						
348040036	CAMION VOLQUETE 15 m3	hm	1.0000	0.0351	223.42	7.84		
349040012	CARGADOR SOBRE LLANTAS 200-250 HP 4-4.1 yd3	hm	0.4400	0.0154	212.39	3.28		
		<b>11.12</b>						
Partida	700.B	<b>TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR PARA D&gt; 1KM</b>						
Rendimiento	m3k/DIA	MO. 1297.81	EQ. 1297.81	Costo unitario directo por : m3k		1.38		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
		<b>Equipos</b>						
348040036	CAMION VOLQUETE 15 m3	hm	1.0000	0.0062	223.42	1.38		
		<b>1.38</b>						
Partida	700.D	<b>TRANSPORTE DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA D&lt;= 1KM</b>						
Rendimiento	m3k/DIA	MO. 115.38	EQ. 115.38	Costo unitario directo por : m3k		16.27		

**Análisis de precios unitarios**

Presupuesto 0201002 CONSTRUCCION DE FACILIDADES EN EL TERMINAL PORTUARIO DE SALAVERRY  
PARA EMBARCAR 2'500,000 TONELADAS DE COBRE. DISEÑO DE PAVIMENTO

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Fecha presupuesto 18/01/2011	
					Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.0693	11.25	0.78
	Equipos					0.78
348040036	CAMION VOLQUETE 15 m3	hm	1.0000	0.0693	223.42	15.49
						15.49

Partida 700.E TRANSPORTE DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA D> 1KM

Rendimiento m3k/DIA MO. 1,014.15 EQ. 1,014.15 Costo unitario directo por : m3k 1.76

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Equipos					
348040036	CAMION VOLQUETE 15 m3	hm	1.0000	0.0079	223.42	1.76
						1.76

**METRADOS**

## PLANILLA DE METRADO DE SUB BASE Y BASE

PROGRESIVA Km.	DIST. m.	SUPERFICIE RODADURA m	ANCHO A NIVEL DE IMPRIMACION m	PARTIDA N° 303.A				PARTIDA N° 305.A				
				SUB BASE e= 0.20 m				BASE e= 0.15 m				
				Ancho Sub Base	Ancho Subrasante	Area Transv.	Vol	Ancho Base	Ancho Sub Base	Area Transv.	Vol	
				m	m	m2	m3	m	m	m2	m3	
0+000		7.20	8.20	8.65	9.25			8.20	8.65			
0+020	20.00	7.20	8.20	8.65	9.25	1.79	17.90	8.20	8.65	1.26	12.64	
0+040	20.00	7.20	8.20	8.65	9.25	1.79	35.80	8.20	8.65	1.26	25.28	
0+060	20.00	7.20	8.20	8.65	9.25	1.79	35.80	8.20	8.65	1.26	25.28	
0+080	20.00	7.20	8.20	8.65	9.25	1.79	35.80	8.20	8.65	1.26	25.28	
0+100	20.00	7.20	8.20	8.65	9.25	1.79	35.80	8.20	8.65	1.26	25.28	
0+120	20.00	7.20	8.20	8.65	9.25	1.79	35.80	8.20	8.65	1.26	25.28	
0+140	20.00	7.20	8.20	8.65	9.25	1.79	35.80	8.20	8.65	1.26	25.28	
0+160	20.00	7.20	8.20	8.65	9.25	1.79	35.80	8.20	8.65	1.26	25.28	
0+180	20.00	7.20	8.20	8.65	9.25	1.79	35.80	8.20	8.65	1.26	25.28	
0+200	20.00	7.20	8.20	8.65	9.25	1.79	35.80	8.20	8.65	1.26	25.28	
0+220	20.00	7.20	8.20	8.65	9.25	1.79	35.80	8.20	8.65	1.26	25.28	
0+240	20.00	7.20	8.20	8.65	9.25	1.79	35.80	8.20	8.65	1.26	25.28	
0+260	20.00	7.20	8.20	8.65	9.25	1.79	35.80	8.20	8.65	1.26	25.28	
0+280	20.00	7.20	8.20	8.65	9.25	1.79	35.80	8.20	8.65	1.26	25.28	
0+300	20.00	7.20	8.20	8.65	9.25	1.79	35.80	8.20	8.65	1.26	25.28	
0+320	20.00	7.20	8.20	8.65	9.25	1.79	35.80	8.20	8.65	1.26	25.28	
0+340	20.00	7.20	8.20	8.65	9.25	1.79	35.80	8.20	8.65	1.26	25.28	
0+360	20.00	7.20	8.20	8.65	9.25	1.79	35.80	8.20	8.65	1.26	25.28	
0+380	20.00	7.20	8.20	8.65	9.25	1.79	35.80	8.20	8.65	1.26	25.28	
0+400	20.00	7.20	8.20	8.65	9.25	1.79	35.80	8.20	8.65	1.26	25.28	
0+420	20.00	7.20	8.20	8.65	9.25	1.79	35.80	8.20	8.65	1.26	25.28	
0+440	20.00	7.20	8.20	8.65	9.25	1.79	35.80	8.20	8.65	1.26	25.28	
0+460	20.00	7.20	8.20	8.65	9.25	1.79	35.80	8.20	8.65	1.26	25.28	
<b>KM 0+000 - KM 0+460</b>							<b>805.50</b>					<b>568.69</b>

## PLANILLA DE METRADOS DE PAVIMENTOS ASFALTICOS

SECCION TRANSVERSAL						Partida 401.A		Partida 410.A			Partida 422.A		Partida 420.D		Partida 424.A	
						IMPRIMACION ASFALTICA		CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE			ASFALTO LIQUIDO MC-30		CEMENTO ASFALTICO		MEJORADOR DE ADHERENCIA	
PROGRESIV A	DISTANCIA (m)	BERMA IZQ. (m)	ANCHO DE VIA (m)	BERMA DER. (m)	TOTAL. (m)	ANCHO (m)	AREA TOTAL	ANCHO (m)	Espesor (m)	VOL TOTAL (m3)	IMPRIMACION	Total litros	CARPETA ASFAL. (m3)	Total kg	CEMENTO ASFAL. (kg)	Total kg
		0.5	7.20	0.5	8.20						Tasa (l/m2)		Tasa (kg/m3)		Tasa (% PEN)	
0+000		0.50	7.20	0.50	8.20	8.20	164.00	8.20	0.075		1.20	196.80	149.50	1838.85	1838.85	9.19
0+020	20.00	0.50	7.20	0.50	8.20	8.20	164.00	8.20	0.075	12.30	196.80	196.80	12.30	1838.85	1838.85	9.19
0+040	20.00	0.50	7.20	0.50	8.20	8.20	164.00	8.20	0.075	12.30	196.80	196.80	12.30	1838.85	1838.85	9.19
0+060	20.00	0.50	7.20	0.50	8.20	8.20	164.00	8.20	0.075	12.30	196.80	196.80	12.30	1838.85	1838.85	9.19
0+080	20.00	0.50	7.20	0.50	8.20	8.20	164.00	8.20	0.075	12.30	196.80	196.80	12.30	1838.85	1838.85	9.19
0+100	20.00	0.50	7.20	0.50	8.20	8.20	164.00	8.20	0.075	12.30	196.80	196.80	12.30	1838.85	1838.85	9.19
0+120	20.00	0.50	7.20	0.50	8.20	8.20	164.00	8.20	0.075	12.30	196.80	196.80	12.30	1838.85	1838.85	9.19
0+140	20.00	0.50	7.20	0.50	8.20	8.20	164.00	8.20	0.075	12.30	196.80	196.80	12.30	1838.85	1838.85	9.19
0+160	20.00	0.50	7.20	0.50	8.20	8.20	164.00	8.20	0.075	12.30	196.80	196.80	12.30	1838.85	1838.85	9.19
0+180	20.00	0.50	7.20	0.50	8.20	8.20	164.00	8.20	0.075	12.30	196.80	196.80	12.30	1838.85	1838.85	9.19
0+200	20.00	0.50	7.20	0.50	8.20	8.20	164.00	8.20	0.075	12.30	196.80	196.80	12.30	1838.85	1838.85	9.19
0+220	20.00	0.50	7.20	0.50	8.20	8.20	164.00	8.20	0.075	12.30	196.80	196.80	12.30	1838.85	1838.85	9.19
0+240	20.00	0.50	7.20	0.50	8.20	8.20	164.00	8.20	0.075	12.30	196.80	196.80	12.30	1838.85	1838.85	9.19
0+260	20.00	0.50	7.20	0.50	8.20	8.20	164.00	8.20	0.075	12.30	196.80	196.80	12.30	1838.85	1838.85	9.19
0+280	20.00	0.50	7.20	0.50	8.20	8.20	164.00	8.20	0.075	12.30	196.80	196.80	12.30	1838.85	1838.85	9.19
0+300	20.00	0.50	7.20	0.50	8.20	8.20	164.00	8.20	0.075	12.30	196.80	196.80	12.30	1838.85	1838.85	9.19
0+320	20.00	0.50	7.20	0.50	8.20	8.20	164.00	8.20	0.075	12.30	196.80	196.80	12.30	1838.85	1838.85	9.19
0+340	20.00	0.50	7.20	0.50	8.20	8.20	164.00	8.20	0.075	12.30	196.80	196.80	12.30	1838.85	1838.85	9.19
0+360	20.00	0.50	7.20	0.50	8.20	8.20	164.00	8.20	0.075	12.30	196.80	196.80	12.30	1838.85	1838.85	9.19
0+380	20.00	0.50	7.20	0.50	8.20	8.20	164.00	8.20	0.075	12.30	196.80	196.80	12.30	1838.85	1838.85	9.19
0+400	20.00	0.50	7.20	0.50	8.20	8.20	164.00	8.20	0.075	12.30	196.80	196.80	12.30	1838.85	1838.85	9.19
0+420	20.00	0.50	7.20	0.50	8.20	8.20	164.00	8.20	0.075	12.30	196.80	196.80	12.30	1838.85	1838.85	9.19
0+440	20.00	0.50	7.20	0.50	8.20	8.20	164.00	8.20	0.075	12.30	196.80	196.80	12.30	1838.85	1838.85	9.19
0+460	20.00	0.50	7.20	0.50	8.20	8.20	164.00	8.20	0.075	12.30	196.80	196.80	12.30	1838.85	1838.85	9.19
KM 0+000 - KM 1+000							3772.00			282.90		4528.40		42293.55		211.47

### METRADOS DE TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR

DESCRIPCIÓN	MATERIAL TRANSPORTADO	DISTANCIA MEDIA KM	TRANSPORTE DE MATERIAL	
			D <= 1 KM	D > 1 KM
<b>SUB BASE</b>	805.50	<b>5.69</b>	805.50	3,777.80
<b>BASE</b>	568.69	<b>5.69</b>	568.69	2,667.14
<b>TOTAL</b>	<b>1,374.19</b>		<b>1,374.19</b>	<b>6,444.94</b>

### METRADOS DE TRANSPORTE DE CARPETA ASFALTICA

DESCRIPCIÓN	MATERIAL TRANSPORTADO	DISTANCIA MEDIA KM	TRANSPORTE DE MATERIAL	
			D <= 1 KM	D > 1 KM
<b>CARPETA ASFALTICA</b>	282.90	<b>8.79</b>	282.90	2,203.79
<b>TOTAL</b>	<b>282.90</b>		<b>282.90</b>	<b>2,203.79</b>

### RENDIMIENTO TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR

VELOCIDAD CARGADO	25 km/hr
VELOCIDAD DESCARGADO	35 km/hr
TIEMPO DE CARGA Y DESCARGA	5 min
TIEMPO DE RECORRIDO CARGADO	13.7 min.
TIEMPO DE RECORRIDO DESCARGADO	9.8 min.
CICLOS EFECTIVOS POR DIA (90%)	432 min.
CAPACIDAD DEL VOLQUETE	15
NUMERO DE CICLOS POR DIA	15.21
VOLUMEN TRANSPORTADO	228.09 m3/día
RENDIMIENTO <=1KM	228.09 m3-km
RENDIMIENTO > 1KM	1297.81 m3-km
DISTANCIA MEDIA	5.69 km

### RENDIMIENTO PARA TRANSPORTE MEZCLA ASFALTICA

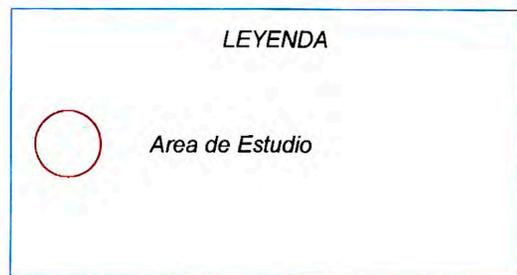
VELOCIDAD CARGADO	25 km/hr
VELOCIDAD DESCARGADO	35 km/hr
TIEMPO DE CARGA Y DESCARGA	20 min
TIEMPO DE RECORRIDO CARGADO	21.1 min.
TIEMPO DE RECORRIDO DESCARGADO	15.1 min.
CICLOS EFECTIVOS POR DIA (90%)	432 min.
CAPACIDAD DEL VOLQUETE	15
NUMERO DE CICLOS POR DIA	7.69
VOLUMEN TRANSPORTADO	115.38 m3/día
RENDIMIENTO <=1KM	115.38 m3-km
RENDIMIENTO > 1KM	1014.15 m3-km
DISTANCIA MEDIA	8.79 km

**ANEXO N°3**  
**(PLANOS DE OBRA)**

MAPA DE UBICACION NACIONAL



REPUBLICA DEL PERU  
- PERU -



MAPA DE UBICACION REGIONAL

LAMBAYEQUE



CAJAMARCA

SAN MARTIN

TRUJILLO

ANCASH

REVISIONES	
N°	FECHA

# SECCION TIPICA N° 01

## EN RELLENOS

