

PROYECTO DE PAVIMENTACIÓN

AMPLIACION ANTEPUERTO E.P.A.

ARICA

MEMORIA DE CÁLCULO DE PAVIMENTO ESTABILIZADO QUIMICO

CLIENTE



Por :Carlos Barboza Panire,
Ingeniero Civil

Rev.	Descripción	Por	Fecha	Aprobado	Fecha
A	Para revisión	CBP	MAR / 2022		

INDICE

1	INTRODUCCIÓN	3
1.1	GENERALIDADES	3
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
2	DISEÑO DEL PERFIL DE LA CARPETA DE RODADO.....	5
2.1	GENERALIDADES	5
2.2	NORMATIVAS Y REGLAMENTOS.....	7
2.3	BASE DE CÁLCULO PAVIMENTO ESTABILIZADO QUIMICO.....	7
2.3.1	ANTECEDENTES PRELIMINARES	7
	• MECANICA DE SUELOS DE SUELO NATURAL (SUB BASE/SUB RASANTE).....	7
	• VOLUMEN DE TRÁNSITO.....	8
2.3.2	CARACTERIZACIÓN Y DISEÑO DEL PERFIL DE SUELO PARA PAVIMENTO ESTABILIZADO QUIMICO (BISCHOFITA).....	9
	• INDICE ESTRUCTURAL.....	9
	• ESPESOR MINIMO DE LA CAPA NO TRATADA	9
	• ESTRUCTURACION	10
2.4	PERFIL DE DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO ESTABILIZADO QUIMICO	12

1 INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

La Empresa Portuaria Arica, desde el año 2014, se encuentra desarrollando las obras que contemplan la construcción de una plataforma logística de administración de carga proveniente y hacia el puerto de Arica, denominado zona de expansión de la actividad portuaria (ZEAP), la cual se ubica en las afueras del radio urbano, a un costado de la ruta internacional 11-CH, en el kilómetro 1,0; en el loteo denominado la libanesa.

Esta zona de expansión de la actividad portuaria contempla áreas de estacionamiento (parqueo de camiones de carga), áreas de acopio de contenedores, área de acopio primario, barrio cívico y oficinas de administración, áreas de servicios sanitarios y áreas de casino, todo lo anterior, para gestionar el tránsito de camiones que ingresa al radio urbano, específicamente al puerto de la ciudad de Arica, además de dar estricto cumplimiento al tratado de paz y amistad de 1904 entre Chile y Bolivia.

Para continuar con el desarrollo del proyecto global, se contempla la ampliación del antepuerto en 2 has, area que se proyecta con carpeta de bischofita, la cual es capaz de albergar más de 150 camiones de manera simultánea, aumentando en un 30% la capacidad actual del antepuerto propiamente tal, considerando la zona de respaldo, la cual pese a ser utilizada como anexo al antepuerto, en su génesis su diseño y construcción obedecen exclusivamente al acopio de carga.

La imagen N°1, muestra el área donde se emplaza esta importante área de inversión

Imagen N°1, AREA DEL PROYECTO

Loteo La Libanesa, km 1,0 Valle de Lluta Acceso Ruta 11CH

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Específicamente se requieren las bases de construcción de una plataforma de pavimentos , basada en criterios de diseño de ingeniería que permita asegurar la estabilidad de la plataforma de manera segura, para el resguardo del tránsito y parqueo de camiones de carga provenientes del puerto o provenientes de Bolivia, en el área de proyecto, ubicada en

el valle de lluta, km 1,0 ruta 11-CH, área destinada para la gestión de carga y distribución del acceso controlado a las dependencias del puerto de Arica en el radio urbano.

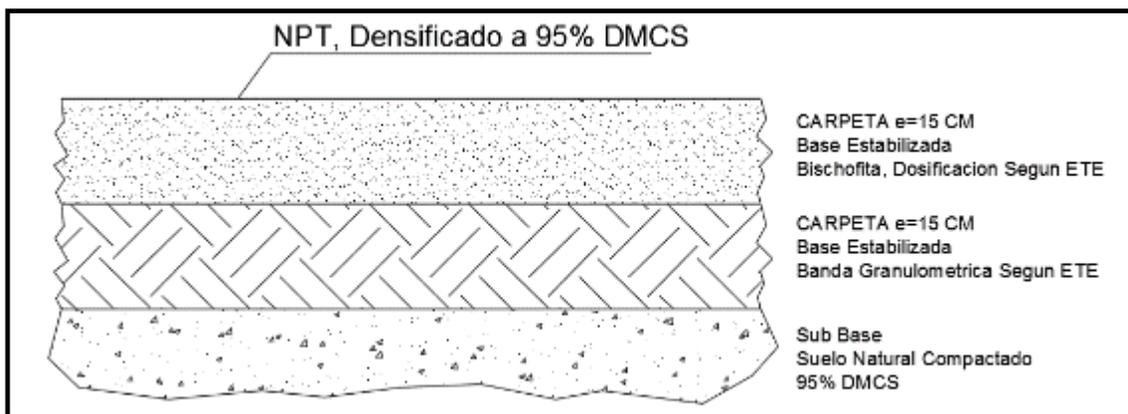
2 DISEÑO DEL PERFIL DE LA CARPETA DE RODADO

2.1 GENERALIDADES

La presente memoria de cálculo corresponde al diseño del proyecto de pavimentación, el cual asegure la estabilidad de la carpeta de tránsito, basada en pavimento de Carpeta de Bischofita (Cloruro de Magnesio Hexahidratado), basado en un criterio económico y que permita su correcta construcción y estabilidad en el mediano y largo plazo.

La carpeta de rodado a diseñar posee el siguiente tipo de perfil

Figura N°1, Perfil Típico Pavimento Bischofita



El pavimento con base de Bischofita, es un pavimento del tipo Estabilizado Químico. Es un pavimento para tránsito liviano, se usará como solución propuesta, debido a que la carpeta de rodadura será utilizada solo para parqueo y no para tránsito en velocidad.

La estabilización se producirá, mediante estabilización mecánica, utilizando la compactación. Su método de funcionamiento mediante la alta higroscopicidad, permite atraer y retener humedad, evitando la pérdida de partículas finas del suelo y controlando la emisión de polvo. Además, aumenta la vida útil de los caminos aminorando los efectos de la acción abrasiva del tránsito o "tracción" debido a la formación de una estructura resistente en la superficie producida por su cristalización.

De las propiedades de las bases químicas basadas en sal de Bischofita, se tienen:

- Fortalece los enlaces entre las partículas finas y gruesas del suelo.
- Aglomera las partículas finas de suelos plásticos y no plásticos.
- Cristaliza en la superficie, formando una película resistente a la abrasión de los neumáticos.
- Capta y retiene humedad ambiental sobre 32%, emulando un riego sobre el camino.
- Mantiene la humedad óptima en las carpetas.
- Reduce la tasa de evaporación del agua 3,1 veces.
- Baja la temperatura de congelamiento del agua hasta -33°C (T° eutéctica).
- PH : 4,7 a 25°C .
- Toxicidad: Cumple Test TCLP – método EPA 1311
- Reactividad: Cumple Método EPA 1001 y 1002
- Corrosividad: Cumple Método EPA 1110 A. Clasificación No Corrosivo.

2.2 **NORMATIVAS Y REGLAMENTOS**

La normativa y marco de referencias utilizados para la propuesta de diseño de pavimento articulado se detalla a continuación:

- MANUAL DE CARRETERAS VOL 7, REQUISITOS PARA CAMINOS BASICOS POR CONSERVACION, SECCION 7.208, Version 2021

2.3 **BASE DE CÁLCULO PAVIMENTO ESTABILIZADO QUIMICO**

2.3.1 **ANTECEDENTES PRELIMINARES**

- **MECANICA DE SUELOS DE SUELO NATURAL (SUB BASE/SUB RASANTE)**

Existen diversos métodos para calcular las características del perfil de diseño de la carpeta de soportación del pavimento, sin embargo, este criterio aún no está unificado para nuestro país (salvo las sugeridas por el MOP), utilizándose experiencias de otros países y sus métodos de diseño. En general, las características del perfil de diseño se basan en dos criterios, el primero, evitar la falla estructural de la sub rasante y el segundo, es el tipo de uso de la carpeta de pavimento.

De acuerdo a la mecánica de suelos, la sub rasante (suelo natural) consiste en un perfil de gravas y arenas bien graduadas en una importante área y gravas y arenas limosas pobremente graduadas, cuyas características principales son las siguientes:

D.M.C.S.:	1.85 T/M3
CLASIFICACIÓN	SW, SM, SP / A1-b (0) A-2-4 (0)
CBR:	SOBRE 50%
PROCTOR:	Indica Humedad óptima de 7.5%

- **VOLUMEN DE TRÁNSITO**

Por otro lado, para definir el perfil de la estructura de la carpeta para el pavimento, es necesario estimar en volumen de tránsito a la cual estará sujeta. Para ello, se debe conocer el número de ejes equivalentes de diseño.

De acuerdo al uso y propósito de la construcción del antepuerto, esta obra alberga el tránsito de vehículos de carga provenientes de Bolivia.

Chile, a través del tratado de 1904, el cual otorga al país boliviano el libre tránsito comercial, junto con lo anterior y sumado a la convención de tráfico comercial de 1912, en donde Chile acordó con Bolivia el privilegio de almacenar gratuitamente en el puerto de Arica sus importaciones durante un periodo de 12 meses y sus exportaciones por 60 días, realiza periódicamente estadísticas de tránsito en la ruta internacional 11CH, de acuerdo a lo siguiente, se tiene el siguiente cuadro que indica el volumen de tránsito en la ruta.

TABLA N°1 EE/Día RUTA 11-CH

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
TRAFICO EN EE/día	2445,6	2580,1	2722	2871,7	3029,7	3196,3	3372,1	3557,2

Fuente: COSTOS PARA LA REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA INCURRIDOS POR EL CUMPLIMIENTO DEL TRATADO DE PAZ Y AMISTAD DE 1904 Y OTRAS FACILIDADES CONCEDIDAS POR CHILE A BOLIVIA 2015.

La estimación estadística mostrada en la tabla N°1, muestra una tendencia creciente casi lineal, por lo que es posible estimar que para el 2022, el número de EE/día para la ruta 11-CH corresponde a unos 4944,2.

2.3.2 CARACTERIZACIÓN Y DISEÑO DEL PERFIL DE SUELO PARA PAVIMENTO ESTABILIZADO QUIMICO (BISCHOFITA)

De acuerdo al MC-V3, seccion 3.604.3 Tratamiento superficial de pavimentos, este tipo de solucion estructural, se permite para:

$$EE < 750.000 \text{ (Para nuestro caso, OK)}$$

- **INDICE ESTRUCTURAL**

El indice estructural, se puede calcular de acuerdo a la siguiente expresion

$$IE(\text{mm}) = 1024 v^{0,354} \left[\frac{9,56}{11,49 - \log EE} - 1 \right]$$

La Direccion de Vialidad, recomienda para el v(Coeficiente de variacion, utilizar 0,25). De acuerdo a lo anterior, se tiene:

$$IE(\text{mm}) = 141 \text{ (mm)}$$

- **ESPESOR MINIMO DE LA CAPA NO TRATADA**

El espesor minimo del recubrimiento, se puede calcular en funcion de la capacidad de soporte de la subrasante (suelo natural), expresado en funcion del CBR. Para garantizar que cada capa pueda aceptar, sin deteriorarse a las solicitudes previstas, se establece un espesor minimo de capa no tratada, de acuerdo ala siguiente expresion:

$$e \text{ mín (mm)} = 592 - 308 \log (\text{CBR})$$

De acuerdo al certificado de laboratorio Test Control N°14.619-TC, el CBR del suelo natural, para 0,2" de penetración, es 54 (CBR mas desfavorable), se tiene:

$$e \text{ min(mm)} = 60 \text{ mm}$$

Se adopta un valor de 150 mm como espesor mínimo (caso desfavorable).

- **ESTRUCTURACION**

Para verificar la estructuración, se debe obtener el índice estructural, se deb cumplir lo siguiente:

- Que el espesor de la base mas la subbase, sea igual o mayor que el valor resultante de aplicar la ecuación IE(mm)
- Que la suma de los productos de los espesores por los correspondientes coeficientes estructurales de cada una de las capas que conforman el pavimento y hasta 900 mm por debajo de la rasante, sea al menos igual al índice estructura (IE) antes determinado
- El espesor de la base mas la subbase, no debe ser inferior que el e min, determinado.
- Los coeficientes estructurales de las diferentes capas y materiales son los que se indican en la tabla N°2

Tabla N°2, Coeficientes Estructurales (Tabla 3.604.303.A)**COEFICIENTES ESTRUCTURALES**

BASES (0 a 250 mm de profundidad)	
- Piedras trituradas, graduación abierta	1,037
- Piedras trituradas, bien graduadas	1,394
- Tratadas con cemento	
Resistencia a la compresión cilíndrica a 7 días \geq 4,6 MPa	2,400
Resistencia a la compresión cilíndrica a 7 días \geq 2,8 MPa	2,100
Resistencia a la compresión cilíndrica a 7 días $<$ 2,8 MPa	1,600
- Tratadas con cal	1,400 – 1,600
- Gravas no tratadas	
CBR \geq 100 %	1,394
CBR = 90 %	1,232
CBR = 85 %	1,167
CBR = 80 %	1,102
CBR = 75 %	1,037
CBR = 70 %	0,940
CBR = 60 %	0,552
CBR = 50 % (mín)	0,383
SUBBASES (250 a 500 mm de profundidad)	
CBR \geq 40 %	0,576
CBR = 35 %	0,290
CBR = 30 %	0,205
CBR = 25 % (mín)	0,075
SUBRASANTE (500 a 900 mm de profundidad)	
CBR \geq 20 %	0,481
CBR = 15 %	0,357
CBR = 10 %	0,212
CBR = 9 %	0,183
CBR = 8 %	0,133
CBR = 7 %	0,084
CBR = 6 %	0,053
CBR = 5 %	0,033
CBR = 4 %	0,020
CBR = 3 %	0,015
CBR = 2 % (mín)	0,010

Para el caso del suelo natural existente utilizado como base y sub base, se tiene:

CBR = 54; Coeficiente Estructural 0.383, Espesor total de la carpeta $e=300$ mm, el índice estructural que se obtiene, es:

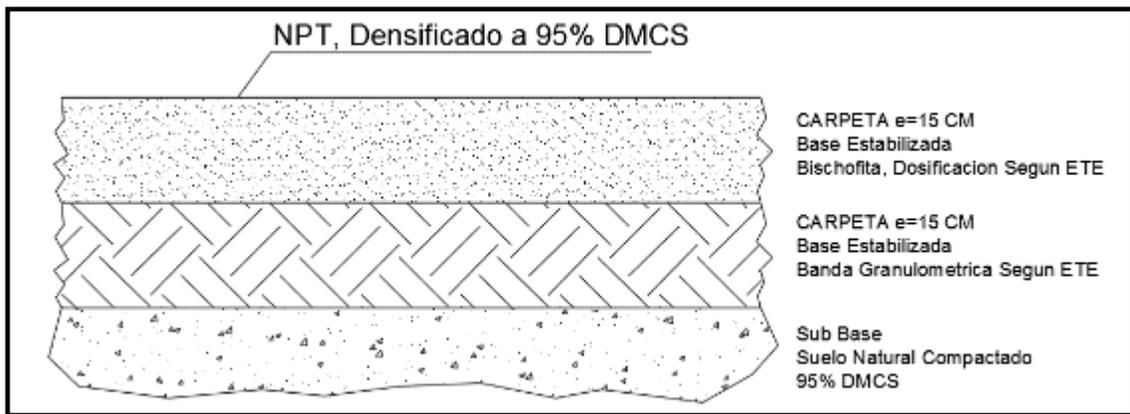
Indice Estructural (300 mm x 0.383) = 115 mm

Espesor de la Base y Sub Base = 300 mm > 150 mm (OK)

2.4 PERFIL DE DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO ESTABILIZADO QUIMICO

De acuerdo a los parámetros de diseño, el perfil estructural de la carpeta es:

Fig. N°4, PERFIL ESTRUCTURAL DE DISEÑO



**Carlos Barboza P.
Ingeniero Civil**

Andrés Gómez Errázuriz
Gerente de Concesiones y Desarrollo
Empresa Portuaria Arica