



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMON
DIRECCION DE PLANIFICACION ACADEMICA
PROGRAMA DE TITULACION DE ALUMNOS ANTIGUOS NO GRADUADOS



FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

**RE-DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO, MEDIANTE LA
ESTABILIZACIÓN DE LA BASE CON SUELO CEMENTO,
PARA EL “ACCESO VIAL DE LA PLANTA SEPARADORA
DE LIQUIDOS GRAN CHACO-YACUIBA”**

**TRABAJO DIRIGIDO INTERDISCIPLINARIO
PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE
LICENCIATURA EN INGENIERIA CIVIL**

PARTICIPANTES: BAREA MAGNE JAIRO RENE
 BUSTOS JIMENEZ ALEX ESTEBAN
 SOLARES RIVERO RENE ALVARO

TUTOR: M.Sc. Ing. CAMACHO QUIROGA ROGER ORLANDO

TEC27TD017

COCHABAMBA – BOLIVIA

2016

DEDICATORIA

Alex:

Quiero dedicar este proyecto muy especialmente a mis padres, Esteban Bustos Gutiérrez y María Lourdes Jiménez García, por todo el sacrificio que brindaron de sí mismos para que pueda lograr mis metas y sobre todo a la compañía y paciencia que me dieron durante la elaboración del proyecto.

A mis hermanos Marcos y Yeshid Nicole que día a día supieron entenderme y darme fuerzas en todos los momentos que más necesité.

A todos mis familiares y amigos que confiaron en mí y me apoyaron con sus consejos en los momentos más necesarios.

Rene Álvaro:

Llega la culminación de una etapa en vida con la conclusión del diseño de este proyecto, no habría sido posible sin mi esposa Adriana Torrico y mi pequeña Luciana, son el motor de mi vida, las personas que me impulsan y me dan fuerzas para seguir adelante gracias por su paciencia y apoyo.

A mi madre Nilda Rivero gracias por todo el sacrificio, el apoyo y el amor incondicional.

A mis hermanos Tania y Raúl, sé que un logro mío ustedes lo disfrutan como si fuera suyo, gracias por sus consejos e impulso que le dan a mi vida.

Jairo Rene:

Agradecimiento muy especial a nuestro padre celestial, por haberme dado la oportunidad de nacer y vivir en esta familia que me toco.

A mis padres, hermanos, familiares y amigos muchas gracias.

AGRADECIMIENTOS

- *En primer lugar a Dios por darnos la luz y guía espiritual para nuestro crecimiento tanto intelectual como moral.*
- *A nuestros padres y hermanos por su ayuda, apoyo y paciencia durante el tiempo que duro la elaboración del proyecto.*
- *Al M. Sc. Ing. Camacho Quiroga Roger Orlando por brindarse a ser nuestro Tutor y aconsejarnos en el contenido del proyecto.*
- *A Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos por la contribución prestada en especial al Ing. Raúl Solares por la ayuda brindada en el desarrollo de este proyecto.*
- *A la Universidad Mayor de San Simón por abrirnos las puertas y cobijarnos hasta la culminación de nuestros estudios y habernos otorgado conocimientos por medio de nuestros docentes.*
- *Y a todos nuestros familiares y amigos que nos ayudaron y apoyaron con sus consejos en los momentos más necesarios.*

¡Muchas Gracias!

INDICE DE CONTENIDO

CAPITULO 1

1. ASPECTOS GENERALES

1.1.	INTRODUCCION	1
1.2.	ANTECEDENTES.....	1
1.3.	UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	3
1.4.	DESCRIPCION DEL PROBLEMA	5
1.5.	OBJETIVOS	5
1.5.1.	Objetivo general.....	5
1.5.2.	Objetivos específicos	6
1.6.	JUSTIFICACION DEL PROYECTO.....	6
1.7.	ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS	7
1.7.1.	Demografía	7
1.7.1.1.	<i>Población por sexo</i>	7
1.7.1.2.	<i>Densidad poblacional</i>	7
1.7.1.3.	<i>Población económicamente activa</i>	7
1.7.1.4.	<i>Ocupación y empleo</i>	7
1.7.2.	Crecimiento poblacional	8
1.7.3.	Transporte	8
1.7.3.1.	<i>Red vial</i>	8
1.7.3.2.	<i>Parque automotor del municipio</i>	8
1.7.3.3.	<i>Transporte publico</i>	8
1.8.	ASPECTOS CLIMÁTICOS	9
1.9.	ASPECTOS GENERALES DE LA PLANTA SEPARADORA DE LÍQUIDOS ..	9

CAPITULO 2

2. ESTUDIO TOPOGRAFICO

2.1.	INTRODUCCION	12
2.2.	CLASES DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS	12
2.3.	PLANIFICACIÓN DE TAREAS TOPOGRÁFICAS	13
2.4.	RECONOCIMIENTO TERRESTRE DE LA ZONA DEL PROYECTO.....	13
2.5.	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO	14

2.6. TRABAJOS DE GABINETE	14
---------------------------------	----

CAPITULO 3

3. ESTUDIO DE TRÁFICO

3.1. INTRODUCCIÓN	16
3.2. METODOS DE DETERMINACION VOLUMENES DE TRAFICO.....	16
3.2.1. Aforos vehiculares	16
3.2.2. Encuestas de origen y destino.....	17
3.3. VOLUMENES DE TRANSITO	17
3.3.1. Volúmenes de tráfico diario.....	18
3.3.2. Volúmenes de tráfico promedio diario (TPD)	19
3.3.3. Tráfico promedio diario anual (TPDA)	19
3.4. PROYECCIÓN DE TRÁFICO VEHÍCULAR.....	20
3.5.1. Peso por eje vehículo	24
3.5.2. Factores equivalentes de carga	25
3.5.3. Factor de camión.....	26
3.5.4. Factor de crecimiento.....	27
3.5.5. Tránsito de diseño	30
3.5.6. Conversión del tránsito en ESALs	31
3.5.7. Factor de distribución por dirección	32
3.5.8. Factor de distribución por carril.....	32
3.5.9. Transito equivalente.....	33

CAPITULO 4

4. ESTUDIO DE SUELOS

4.1. INTRODUCCION	35
4.2. OBJETIVO DEL ESTUDIO DE SUELOS	35
4.3. OBTENCION DE MUESTRAS	35
4.4. METODOLOGÍA EMPLEADA EN EL ESTUDIO DE SUELOS.....	36
4.4.1. Trabajo de campo.....	36
4.4.2. Trabajo en laboratorio.....	37
4.4.2.1. Análisis granulométrico	37
4.4.2.1.1. Equipo utilizado	38

4.4.2.1.2. <i>Procedimiento</i>	38
4.4.2.2. <i>Límites de Atterberg</i>	39
4.4.2.2.1. <i>Límite líquido (LL)</i>	39
4.4.2.2.2. <i>Límite plástico (LP)</i>	40
4.4.2.2.3. <i>Índice de plasticidad (IP)</i>	41
4.4.2.2.4. <i>Límite de contracción (LC)</i>	41
4.4.2.3. <i>Ensayo de compactación (Proctor modificado)</i>	41
4.4.2.4. <i>Ensayo de CBR en laboratorio</i>	42
4.4.3. Resultados del estudio de suelos sub-rasante	44
4.4.3.1. <i>Clasificación de suelos AASTHO</i>	44
4.4.3.2. <i>Clasificación de suelos SUCS</i>	45
4.4.3.3. <i>Ensayo de compactación T-180 (PROCTOR MODIFICADO)</i>	45
4.4.3.4. <i>Ensayo CBR (Índice de Soporte de California)</i>	46
4.5. ANALISIS DE BANCOS DE PRESTAMOS – CANTERAS	47
4.5.1. Banco de préstamo ojo de agua	47
4.5.2. Banco de préstamo Carapari	48
4.5.3. Banco de préstamo cantera Lozano	49

CAPITULO 5

5. DISEÑO GEOMÉTRICO

5.1. INTRODUCCIÓN	52
5.2. DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERISTICAS ACTUALES DEL CAMINO .	52
5.3. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	52
5.4. DISEÑO GEOMETRICO	53
5.4.1. Generalidades.....	53
5.4.2. Parámetros de diseño	54
5.4.2.1. <i>Elección de la categoría de vía según su función</i>	54
5.4.2.2. <i>Caminos colectores (II)</i>	55
5.4.2.3. <i>Tránsito y sus características</i>	55
5.4.2.4. <i>Velocidad de proyecto (Vp)</i>	55
5.4.2.5. <i>Velocidad percentil</i>	56
5.4.2.6. <i>Velocidad V</i>	56
5.4.2.7. <i>Vehículo tipo de diseño</i>	56

5.4.3.	Alineamiento horizontal	59
5.4.4.	Alineamiento vertical.....	60
5.4.5.	Resumen de parámetros de diseño.....	61

CAPITULO 6

6. ESTUDIO HIDROLÓGICO Y DRENAJE

6.1.	INTRODUCCIÓN	63
6.2.	ASPECTOS GENERALES	63
6.3.	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	63
6.4.	METODOLOGÍA	64
6.5.	INFORMACIÓN DISPONIBLE	65
6.6.	DETERMINACIÓN DEL PERIODO DE RETORNO (T)	66
6.7.	PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA.....	68
6.7.1.	Relaciones precipitación-duración-frecuencia (PDF).....	68
6.7.2.	Curvas intensidad, duración y frecuencia (IDF)	69
6.7.3.	Resumen de las intensidades del proyecto.....	69
6.8.	CÁLCULO DE ÁREAS Y PENDIENTES DE APORTE	70
6.9.	DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)	70
6.10.	RESUMEN DE DATOS PARA EL DISEÑO DE DRENAJES.....	71
6.11.	DRENAJE TRANSVERSAL.....	71
6.11.1.	Diseño de alcantarillas	72
6.12.	DRENAJE DE LA PLATAFORMA.....	73
6.12.1.	Diseño de cunetas longitudinales.....	73

CAPITULO 7

7. DISEÑO DEL PAVIMENTO

7.1.	INTRODUCCION	75
7.2.	SUB-RASANTE	76
7.2.1.	Cambio de material de la sub-rasante (Estabilización suelo-cemento)	76
7.2.2.	Propiedades	78
7.2.2.1.	<i>Densidad</i>	78
7.2.2.2.	<i>Resistencia a la compresión simple</i>	78
7.2.2.3.	<i>Resistencia a la flexión</i>	79

7.2.2.4. <i>Módulo de elasticidad</i>	79
7.2.2.5. <i>Permeabilidad</i>	80
7.2.3. <i>Calculo del espesor suelo-cemento</i>	80
7.2.3.2. <i>Determinación del periodo de diseño del suelo-cemento</i>	82
7.2.3.3. <i>Calculo del factor de fatiga</i>	82
7.2.3.4. <i>Calculo del espesor suelo-cemento</i>	84
7.3. TERRAPLÉN	85
7.4. CAPA SUB – BASE	86
7.5. DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO MÉTODO AASHTO 93	86
7.5.1. <i>Parámetros de diseño</i>	86
7.5.1.1. <i>Variables de tiempo</i>	86
7.5.1.2. <i>Nivel de confianza (R)</i>	87
7.5.1.3. <i>Desviación estándar (So)</i>	87
7.5.1.4. <i>Factor de desviación normal (Z_R)</i>	88
7.5.1.5. <i>Índice de serviciabilidad</i>	88
7.5.1.5.1. <i>Índice de serviciabilidad inicial (P_o)</i>	89
7.5.1.5.2. <i>Índice de serviciabilidad inicial (P_t)</i>	89
7.5.1.5.3. <i>Perdida o disminución del índice de serviciabilidad</i>	89
7.5.1.6. <i>Tráfico vehicular (W_{18})</i>	90
7.5.1.7. <i>Módulo de reacción de la sub-rasante (K)</i>	90
7.5.1.8. <i>Efecto de la calidad de sub-base en el valor (K)</i>	91
7.5.1.9. <i>Propiedades del hormigón</i>	92
7.5.1.9.1. <i>Módulo elástico del pavimento (E_c)</i>	92
7.5.1.9.2. <i>Módulo de rotura ($S'c$)</i>	93
7.5.1.10. <i>Coeficiente global de drenaje (C_d)</i>	94
7.5.1.11. <i>Coeficiente de transferencia de carga (J)</i>	95
7.5.2. <i>Calculo de espesores del pavimento rígido</i>	96
7.5.2.1. <i>Ecuación para el cálculo de espesor de pavimento rígido</i>	96
7.5.2.2. <i>Datos de entrada para el cálculo del pavimento rígido</i>	97
7.5.3. <i>Geometría de la losa</i>	99
7.5.4. <i>Diseño de pasajuntas transversales</i>	100
7.5.5. <i>Barras longitudinales de amarre</i>	101
7.5.5.1. <i>Ancho de carril</i>	101

7.5.5.2.	<i>Factor de fricción</i>	101
7.5.5.3.	<i>Tensión de trabajo del acero</i>	102
7.5.5.4.	<i>Diámetro de barras</i>	102
7.5.5.5.	<i>Porcentaje de acero</i>	102
7.5.5.6.	<i>Espaciamiento de barras</i>	103
7.5.5.7.	<i>Longitud de barras</i>	103
7.5.6.	Diseño de reservorio para el sellador	103
7.5.6.1.	<i>Coeficiente de expansión térmica del hormigón</i>	104
7.5.6.2.	<i>Rango de temperatura de la colocación del hormigón a una temperatura mínima</i>	104
7.5.6.3.	<i>Coeficiente de retracción por secado de la losa de hormigón</i>	104
7.5.6.4.	<i>Factor de ajuste para la fricción entre la losa y la sub-base</i>	105
7.5.6.5.	<i>Tipo de sellador</i>	105
7.5.6.6.	<i>Deformación admisible del sellador</i>	105
7.5.6.7.	<i>Factor de forma del sellador</i>	106
7.5.6.8.	<i>Ancho calculado para el reservorio de junta</i>	106
7.5.6.9.	<i>Profundidad calculada para el sellador de la junta</i>	107

CAPITULO 8

8. SEÑALIZACION

8.1.	INTRODUCCIÓN	108
8.2.	FUNCIÓN DE LAS SEÑALES.....	108
8.3.	CRITERIOS GENERALES PARA SU INSTALACIÓN	108
8.4.	CLASIFICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁNSITO	108
8.5.	SEÑALIZACIÓN VERTICAL.....	109
8.5.1.	Emplazamiento	109
8.5.1.1.	<i>Ubicación longitudinal</i>	109
8.5.1.2.	<i>Ubicación lateral y altura</i>	110
8.5.2.	Señales preventivas.....	111
8.5.2.1.	<i>Ubicación de las señales preventivas</i>	112
8.5.3.	Señales restrictivas o reglamentarias	113
8.5.3.1.	<i>Ubicación de las señales Reglamentarias</i>	113
8.5.4.	Señales informativas	114

8.5.4.1. <i>Ubicación de las señales informativas</i>	114
8.6. SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL.....	115
8.6.1. Función y clasificación	115
8.6.2. Color y retroreflectancia	116
8.6.2.1. <i>Visibilidad nocturna (Retroflectancia)</i>	116
8.6.2.2. <i>Visibilidad diurna</i>	117
8.6.3. Líneas longitudinales	117
8.6.3.1. <i>Líneas longitudinales utilizadas en el diseño</i>	117
8.6.4. Símbolos y leyendas	118
8.6.4.1. <i>Símbolos y leyendas utilizadas en el diseño</i>	118

CAPITULO 9

9. IMPACTO AMBIENTAL

9.1. INTRODUCCIÓN	119
9.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	119
9.3. FICHA DE IMPACTO AMBIENTAL.....	119
9.4. LLENADO DE FICHA IMPACTO AMBIENTAL	120
9.5. MATRIZ DE EVALUACION DE IMPACTOS	132
9.6. CATEGORIZACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.....	134

CAPITULO 10

10. PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA

10.1. INTRODUCCION.....	135
10.2. CONSIDERACIONES GENERALES	135
10.3. METODOLOGIA.....	135
10.4. ITEM'S DEL PROYECTO	135
10.5. ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS.....	137
10.5.1. Costos directos	138
10.5.1.1. <i>Materiales</i>	138
10.5.1.2. <i>Mano de obra</i>	138
10.5.1.2.1. <i>Cargas sociales</i>	138
10.5.1.2.1.1. <i>Incidencia por aporte a entidades (patronal)</i>	139
10.5.1.2.1.2. <i>Incidencia por subsidio</i>	139

<i>10.5.1.2.1.3. Incidencia de antigüedad</i>	140
<i>10.5.1.2.1.4. Incidencia de seguridad industrial e higiene</i>	140
<i>10.5.1.2.1.5. Incidencia por inactividad.....</i>	141
<i>10.5.1.2.1.6. Incidencia de los beneficios</i>	141
<i>10.5.1.2.1.7. Resumen de cargas sociales</i>	142
<i>10.5.1.3. Herramientas, maquinaria y equipo.....</i>	142
10.5.2. Costos indirectos.....	143
<i>10.5.2.1. Gastos generales y administrativos</i>	143
<i>10.5.2.2. Utilidades.....</i>	143
<i>10.5.2.3. Impuestos</i>	143
10.6. RESUMEN GENERAL DE INCIDENCIAS ASUMIDAS EN EL PROYECTO	
143	
10.7. PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN	145
10.8. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN	151

CAPITULO 11

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

11.1. CONCLUSIONES.....	152
11.2. RECOMENDACIONES	153

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	154
--	------------

ANEXOS

INDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1 Encuesta de volúmenes de tráfico diario generado por la planta.....	18
Cuadro 3.2 Proyección trafico promedio diario anual futuro de la planta separadora de líquidos.....	23
Cuadro 3.3 Pesos por ejes para cada tipo de vehículo del proyecto	24
Cuadro 3.4 Factores de carga para cada tipo de vehículo del proyecto	26
Cuadro 3.5 Factor de camión para cada tipo de vehículo del proyecto.....	27
Cuadro 3.6 Factor de crecimiento para cada tipo de vehículo del proyecto.....	29
Cuadro 3.7 Transito de diseño para cada tipo de vehículos del proyecto	30
Cuadro 3.8 ESALs para cada tipo de vehículos del proyecto	31
Cuadro 3.9 ESALs de diseño del proyecto.....	34
Cuadro 4.1 Humedad óptima y densidad máxima.....	42
Cuadro 4.2 Valores de CBR	44
Cuadro 4.3 Clasificación de suelos AASTHO para el proyecto	44
Cuadro 4.4 Clasificación de suelos SUCS del proyecto.....	45
Cuadro 4.5 Resultados ensayo CBR del proyecto	46
Cuadro 4.6 CBRs para cada tramo del proyecto	46
Cuadro 6.1 Registros de precipitaciones	65
Cuadro 6.2 Precipitación duración y frecuencia.....	68
Cuadro 6.3 Intensidad para diferentes tipos de periodos de retorno	69
Cuadro 6.4 Resumen de las intensidades para el proyecto.....	70
Cuadro 6.5 Datos de las características físicas de cada cuenca.....	70
Cuadro 6.6 Tiempos de concentración para el proyecto	71
Cuadro 6.7 Resumen de datos hidrológicos	71
Cuadro 7.1 Factor de fatiga para el presente proyecto	83
Cuadro 7.2 Variable de la ecuación AASTHO 93 para el cálculo del espesor del pavimento rígido	97
Cuadro 7.3 Datos de entrada para el cálculo del pavimento rígido	97
Cuadro 9.1 Matriz de identificación de impactos.....	133
Cuadro 10.1 Lista de Ítems del proyecto.....	136
Cuadro 10.2 Incidencia por aporte a entidades	139

Cuadro 10.3 Salario mensual.....	139
Cuadro 10.4 Subsidio	140
Cuadro 10.5 Implementos de seguridad	141
Cuadro 10.6 Días de inactividad laboral	141
Cuadro 10.7 Días de inactividad laboral	141
Cuadro 10.8 Carga Social.....	142
Cuadro 10.9 Resumen general de las incidencias asumidas en el proyecto.....	144

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Criterio de elección de fórmula de proyección estadística	21
Tabla 3.2 Factores de crecimiento método AASTHO	29
Tabla 3.3 Factor de distribución por carril.....	33
Tabla 4.1 Valores de carga unitaria	43
Tabla 4.2 Resultados ensayo de compactación Proctor modificado	45
Tabla 5.1 Clasificación funcional de carreteras	55
Tabla 5.2 Velocidad de proyecto “Vp”, según tipo de terreno y categoría de la vía	56
Tabla 5.3 Clasificación de tipos de vehículos.....	57
Tabla 6.1 Valores de periodo de retorno requeridos para el diseño de las obras de arte	67
Tabla 7.1 Resistencia a compresión simple para diferentes tipos de suelo	78
Tabla 7.2 Relaciones entre Tipos de Suelos y Valores de Soporte.....	81
Tabla 7.3 Coeficientes de Consumo de Fatiga.....	83
Tabla 7.4 Niveles de confiabilidad recomendadas por AASHTO	87
Tabla 7.5 Desviación estándar pavimentos rígidos.....	87
Tabla 7.6 Factores de desviación normal.....	88
Tabla 7.7 Índice de serviciabilidad	89
Tabla 7.8 Serviciabilidad Final	89
Tabla 7.9 Efecto de sub-base de suelo mejorado con cemento en el valor de k	92
Tabla 7.10 Capacidad de drenaje	94
Tabla 7.11 Coeficiente de drenaje para pavimentos rígidos	94
Tabla 7.12 Coeficiente de transferencia de carga	95
Tabla 7.13 Dimensiones de pasajuntas en pavimentos urbanos	101
Tabla 7.14 Factor de fricción barras longitudinales de amarre.....	102
Tabla 7.15 Coeficiente de expansión térmico del hormigón	104
Tabla 7.16 Coeficiente de retracción por secado de la losa de hormigón.....	105
Tabla 8.1 Distancia mínima (m) entre señales verticales	110
Tabla 8.2 Ubicación transversal de señales verticales (distancia y altura)	111
Tabla 8.3 Ubicación de las señales preventivas	112
Tabla 8.4 Ubicación de las señales reglamentarias	113
Tabla 8.5 Ubicación de las señales informativas	115

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1.1 Mapa geográfico de la provincia Gran Chaco del departamento de Tarija	4
Figura N° 1.2 Mapa político de la provincia Gran Chaco del departamento de Tarija	4
Figura N° 1.3 Ubicación zona del proyecto Acceso vial Planta Separadora de Líquidos Gran Chaco	5
Figura N° 1.4 Planta Separadora de Líquidos Gran Chaco	10
Figura N° 1.5 Camión tipo CRS	10
Figura N° 1.6 Esquema de la Planta Separadora de Líquidos Gran Chaco	11
Figura N° 2.1 Tramo de reconocimiento del terreno	13
Figura N° 2.2 Curvas de nivel generadas de una imagen satelital	15
Figura N° 2.3 Comparación de las curvas de nivel de los dos modelos topográficos	15
Figura N° 4.1 Extracción de calicatas.....	37
Figura N° 4.2 Tamizado de las muestras de suelo	38
Figura N° 4.3 Pesado del material retenido en cada tamiz	39
Figura N° 4.4 Límites de atterberg	39
Figura N° 4.5 Ensayo de Casagrande	40
Figura N° 4.6 Instrumento para el ensayo proctor en laboratorio.....	42
Figura N° 4.7 Ubicación del banco de préstamo Ojo de Agua	47
Figura N° 4.8 Vista de la cantera explotada con maquinaria.....	48
Figura N° 4.9 Ubicación Banco de Préstamo Caraparí.....	49
Figura N° 4.10 Vista General Banco de Préstamo Caraparí	49
Figura N° 4.11 Ubicación Banco de préstamo Lozano.....	50
Figura N° 4.12 Extracción de Agregados con maquinaria	50
Figura N° 4.13 Selección de agregados con maquinaria	51
Figura N° 5.1 Vehículo tipo camión semirremolque simple	58
Figura N° 5.2 Diseño horizontal	59
Figura N° 5.3 Elementos curvas circulares.....	60
Figura N° 5.4 Perfil longitudinal	61
Figura N° 6.1 Áreas de influencia de la cuenca de aporte	64
Figura N° 6.2 Vista en planta del diseño de alcantarilla Tipo	72
Figura N° 6.3 Vista frontal del diseño de alcantarilla Tipo	73

Figura N° 6.4 Diseño de cuneta tipo A	74
Figura N° 6.5 Diseño de cuneta tipo B	74
Figura N° 7.1 Comportamiento en la estructura de pavimentos Flexibles y Rígidos.....	75
Figura N° 7.2 Estado de distribución de esfuerzos	77
Figura N° 7.3 Resultados de ensayos de compresión simple en países del mundo	79
Figura N° 7.4 Grafica para el cálculo del espesor de suelo-cemento con suelo granular....	85
Figura N° 7.5 Posiciones de la carga al centro de la losa	96
Figura N° 7.6 Calculo del espesor de la losa del pavimento rígido AASHTO 93.....	98
Figura N° 7.7 Conformación del paquete estructural del pavimento.....	99
Figura N° 8.1 Señales verticales	109
Figura N° 8.2 Ángulo de entrada y observación.....	110
Figura N° 8.3 Ubicación transversal de las señales verticales-distancia y altura	111
Figura N° 8.4 Señales preventivas	112
Figura N° 8.5 Señales restrictivas o reglamentarias	113
Figura N° 8.6 Composición de una señal informativo tipo mapa.....	114
Figura N° 8.7 Señales informativas	114
Figura N° 8.8 Señales informativas	116
Figura N° 8.9 Flechas sobre las vías	118
Figura N° 9.1 Categorización de impacto ambiental	134
Figura N° 10.1 APU pavimento de hormigón Esp. 28 cm, colocado y curado	145
Figura N° 10.2 Cronograma general de la obra	151

FICHA RESUMEN

GRADO:	Licenciatura
TIPO DE TRABAJO:	Trabajo dirigido interdisciplinario
FACULTAD:	Ciencias y Tecnología
CARRERA:	Ingeniería Civil
TITULO DEL TRABAJO:	Re-diseño del pavimento rígido, mediante la estabilización de la base con suelo cemento, para el “acceso vial de la planta separadora de líquidos Gran Chaco-Yacuiba”
AUTORES:	Barea Magne Jairo Rene
TUTOR:	Bustos Jiménez Alex Esteban Solares Rivero Rene Álvaro M.Sc.Ing. Camacho Quiroga Roger Orlando

RESUMEN: En el presente proyecto se realizó en un tramo vial, el cual tiene una longitud de 4.330 Kilómetros, el tramo empieza en el ingreso a la planta separadora de líquidos Gran Chaco prog. Km 0+000 finalizando en la prog. Km 4+330 donde el acceso vial se conecta con la Ruta F09 Yacuiba-Villamontes.

Se obtuvo la información de estudios y diseños previos realizados por la empresa consultora GUSOG S.R.L. Para la validez y confiabilidad de esta información, se realizó ensayos propios, obteniendo información propia y realizando la comparación con los datos realizados en el primer diseño de pavimento.

El diseño geométrico y el diseño de drenaje realizados previamente, no serán modificados, debido a que no influirá en el re-diseño del pavimento rígido, sino al contrario ayudara en el cálculo de volúmenes y elaboración de planos del nuevo diseño de pavimento.

Se realizó el re-diseño del pavimento rígido donde se determinó la estructura del pavimento conformado por una capa de suelo-cemento de 20 cm de espesor en la base (para la mejora y estabilizando la sub-rasante, debido a que el suelo de la zona del proyecto es muy plástico), un terraplén encima de la capa de suelo-cemento de 0.6 m (para evitar inundaciones en épocas de lluvias en la zona), una capa sub-base de material seleccionado de 15 cm de espesor y una capa hormigón de 28 cm de espesor.

Se realizó el análisis de precios unitarios determinando un presupuesto general de la obra de 38'621.223,84 Bs. También se determinó un cronograma de actividades para la ejecución de la obra de 330 días calendario. El resultado final del proyecto se ve reflejado en el trazado de los planos de construcción del nuevo diseño de pavimento rígido.

Palabras claves: *Suelo-cemento, estabilización, pavimento rígido.*

CAPITULO 1

1. ASPECTOS GENERALES

1.1. INTRODUCCION

El transporte desempeña un papel muy importante para el desarrollo de una región determinada que puede ser evaluada como el grado de comunicación a su alrededor en las actividades diarias de orden económico, social y político de una población.

El crecimiento en la producción de hidrocarburos en el departamento de Tarija, pone en primer plano el desarrollo de las plantas hidrocarburiferas (infraestructuras, vías de acceso, equipamiento, etc.), una de las principales plantas hidrocarburiferas del país es la planta separadora de líquidos Gran Chaco, esta planta ubicada a 4,33 km de la carretera que une Yacuiba con Villamontes genera una gran cantidad de hidrocarburos que son distribuidos a todo el país.

El acceso vial a la planta separador de líquidos Gran Chaco es un camino de terracería (camino de tierra), no cuenta con un diseño de pavimento que cumpla con las necesidades del tipo de suelo (arenoso-arcilloso) y la demanda del volumen de tráfico vehicular que generara esta planta. El diseño existente de la estructura de pavimento rígido del acceso vial (estabilizado con pedraplen), ha sido descartado por YPFB debido a los diferentes problemas de logística y el elevado costo de la ejecución, por tal motivo se debe realizar un re-diseño del pavimento rígido, para tal fin se propone la estabilización de la base (sub-rasante) mediante su mejoramiento con una capa de suelo-cemento (implementación de cemento en la sub-rasante), siendo una de las técnicas que son adecuadas al tipo de suelo, clima, topografía y costo.

1.2. ANTECEDENTES

La palabra carretera es un término que se usa frecuentemente en el idioma castellano para designar a la vía pública pavimentada que se encuentra especialmente designada para que por ella transiten los vehículos (Administración Boliviana de Carreteras ABC, 2011).

La difícil situación actual tanto económica como social, hace notar, que el ingeniero vial debe definir la solución más viable técnica y económicamente a problemas de carreteras que estén compuestas por suelos de mala calidad (arenoso-arcilloso).

En el mundo se han desarrollado varios métodos en el campo de la estabilización de suelos en carreteras primarias y secundarias de acuerdo a las características de los materiales de construcción locales, como la estabilización con material granular que se conoce desde tiempos antiguos, estabilización suelo-cemento estudiado en Filadelfia entre los años 1914 y 1920 por el ingeniero Joseph Amies y posteriormente utilizado en Inglaterra y la URRS, estabilización con emulsiones asfálticas, estabilización con cloruro de sodio (sal) y estabilización con cal, todos estos métodos desarrollados durante la primera mitad del siglo veinte, y finalmente la estabilización electroquímica (con agente químico) por regado o inyección surge a partir de mediados de la década de los setenta (De la Fuente, 1995).

En Bolivia se han aplicado algunos de estos métodos, los más tradicionales como la estabilización granulométrica aplicada en la mayoría de las obras viales en el país, estabilización suelo-cemento aplicada en su mayoría en el departamento de Santa Cruz y la estabilización con emulsiones asfálticas aplicada en el departamento de La Paz.

Bolivia cuenta con diversas zonas geográficas, climáticas, topográficas, etc. razón por la cual se requieren distintos métodos constructivos para las distintas situaciones que se presentan en los diferentes proyectos viales en Bolivia, tal es el caso del acceso vial Planta Separadora de Líquidos Gran Chaco- Yacuiba.

El proyecto acceso vial planta separadora de líquidos Gran Chaco - Yacuiba está ubicado en la provincia Gran Chaco en el departamento de Tarija y abarca una longitud de 4,33 km, contempla un carril de circulación de 3,5 m de ancho por sentido de tráfico, totalizando un ancho de calzada de 7 m y bermas de 1,8 m de ancho a ambos lados de la vía, atraviesa una zona interurbana, cuyo objetivo es el transporte de productos hidrocarburíferos desde la Planta Separadora de Líquidos Gran Chaco hacia el resto del país.

Considerando los estudios de suelo, tráfico y topografía del acceso vial realizados por la empresa consultora GUSOG S.R.L. a finales en la gestión 2014, propuso inicialmente un diseño de estabilización de la sub-rasante mediante el método constructivo de pedraplén

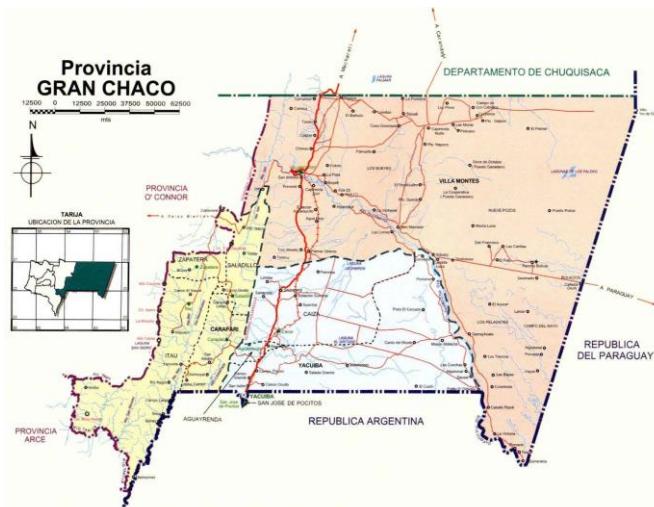
(terraplén con roca maciza), descartándolo posteriormente por YPFB por el elevado costo que implica la ejecución de este diseño y la falta de un banco de préstamo cercano que cumpla con el volumen requerido. YPFB vio por conveniente la implementación del re-diseño del pavimento del acceso vial de la planta separadora de líquidos Gran Chaco, que permita la continua circulación de los vehículos pesados que en su mayoría tendrán cargas bastante elevadas por el transporte de diferentes hidrocarburos que serán producidos en la planta separadora de líquidos.

El suelo cemento se usa prácticamente en todos los países del mundo. A principios de 1935 la Portland Cement Association de los Estados Unidos inicio un programa de investigación al que se sumó la labor de muchos ingenieros viales, en el que se alcanzó un completo éxito, desarrollando los principios básicos que permiten construir calzadas de suelo cemento de comportamiento predecible. Habiéndose iniciado en el año 1939 su construcción en la Argentina, contando en la actualidad una cantidad apreciable de kilometraje de este tipo de pavimentos, siendo el primer país sudamericano en implementar este tipo de técnicas en la construcción de pavimentos.

La técnica de Suelo Cemento ha sido muy poco utilizada en Bolivia, por lo que es un material interesante, permitiendo un mejor aprovechamiento ambiental en el cual se utiliza menos grava, menos arena, las capas son más delgadas y se transportan menos material, este método fue puesto a prueba en la carretera Santa Cruz- Puerto Suárez en los tramos de pavimentos rígidos, logrando buenos resultados a la fecha. (Ing. Marcelo Alfaro representante del Instituto Boliviano del Cemento y Hormigón).

1.3. UBICACIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto se ubica en el departamento de Tarija, en el Municipio de Yacuiba perteneciente a la primera sección de la provincia Gran Chaco. La planta separadora de líquidos Gran Chaco se encuentra a 3 km del centro del municipio de Yacuiba, en el **Anexo A.1** se muestra el plano urbano del municipio de Yacuiba.



*Figura N° 1.1 Mapa geográfico de la provincia Gran Chaco del departamento de Tarija
Fuente: imágenes Google, 2015*



*Figura N° 1.2 Mapa político de la provincia Gran Chaco del departamento de Tarija
Fuente: Imágenes Google, 2015*

La zona donde se desarrolla el presente proyecto se caracteriza por ser plana, con alturas de 640 a 660 m.s.n.m. se encuentra localizado en los paralelos latitud sur $21^{\circ} 57' 08.84''$ y longitud oeste $63^{\circ} 38' 36.13''$.



*Figura N° 1.3 Ubicación zona del proyecto Acceso vial Planta Separadora de Líquidos Gran Chaco
Fuente: Imagen Google Earth, 2015*

1.4. DESCRIPCION DEL PROBLEMA

YPFB cuenta con una de las principales plantas de producción de hidrocarburos como es la planta separadora de líquidos Gran Chaco, que en la actualidad no tiene un diseño adecuado para su ejecución del tramo que une la planta con la carretera Yacuiba – Villamontes.

Este acceso vial se encuentra en una zona pantanosa (suelo de alta plasticidad) donde se dificulta la construcción de una estructura de pavimento convencional, además no se cuenta con bancos de préstamo cercanos con volúmenes de material necesario que cumpla el requerimiento del diseño inicial (pavimento rígido estabilizado con pedraplén), por lo que se requiere el re-diseño del pavimento rígido utilizando un método de mejor costo y facilidad constructiva como es la estabilización de la base mediante “suelo cemento”.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo general

- Realizar el re-diseño del pavimento rígido, mediante la estabilización de la base con suelo-cemento, para el “Acceso Vial de la Planta Separadora de Líquidos Gran Chaco-Yacuiba” para el mejoramiento del transporte de los productos hidrocarburíferos de la planta brindando comodidad, seguridad y adecuada transitabilidad.

1.5.2. Objetivos específicos

- Obtener los estudios previos de tráfico, geotecnia, topográfico y diseños previos geométrico y de drenaje del acceso vial de la planta separadora de líquidos Gran Chaco – Yacuiba.
- Verificar la fidelidad y validez de los informes obtenidos de los diversos estudios previos.
- Procesar la información obtenida de todos los estudios previos realizados.
- Determinar los parámetros de diseño método PCA suelo cemento y método AASHTO-93 de pavimento rígido.
- Calcular la estructura del pavimento rígido con la estabilización de la base con suelo-cemento.
- Realizar la señalización vertical y horizontal adecuada en todo el tramo de la vía.
- Realizar la categorización de impacto ambiental para la determinación de la necesidad de un estudio de impacto ambiental.
- Realizar el presupuesto general del nuevo diseño de pavimento propuesto.
- Elaborar cronograma de actividades de la ejecución de la obra.
- Elaborar los planos constructivos del proyecto de re-diseño del pavimento rígido del acceso vial de la planta.

1.6. JUSTIFICACION DEL PROYECTO

Teniendo en cuenta el primer diseño de pavimento descartado por YPFB, que no reúne las condiciones técnicas y económicas para su ejecución, se ve la necesidad de proponer un re-diseño del pavimento estabilizando la base (sub-rasante), mediante el mejoramiento de la sub-rasante implementando una capa de suelo cemento en el acceso vial de la planta

separadora de líquidos Gran Chaco – Yacuiba. Se determinó optar por este tipo de método de estabilización por las siguientes razones:

- La carencia en general de materiales granulares en la zona del proyecto y el progresivo agotamiento por su explotación intensiva de los yacimientos de los materiales adecuados en otras zonas.
- Los altos costos de los agregados triturados comerciales, por la gran necesidad de cantidad de volúmenes requeridos en el diseño inicial.
- Los largos y costosos transportes del lugar de origen de estos materiales (Banco de préstamo) hasta la zona del proyecto.

1.7. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

1.7.1. Demografía

1.7.1.1. Población por sexo

De acuerdo a los resultados finales del Censo Nacional de Población y Vivienda 2012 (CNPV), difundidos por el Instituto Nacional de Estadística (INE). El municipio de Yacuiba cuenta con un total de 92245 habitantes, conformado por 46112 hombres equivalentes a 49.99% y 46133 mujeres equivalentes a 50.01% de la población total.

1.7.1.2. Densidad poblacional

La superficie del municipio de Yacuiba es de 5267 Km², concentrado aproximadamente al 77.36% de la población total del municipio de Yacuiba vive en área urbana, y un 22.64% vive en área rural. La densidad poblacional promediada corresponde al 8.46 habitantes / km² (INE).

1.7.1.3. Población económicamente activa

La población económicamente activa se ocupa en la construcción, transporte público, agricultura, comercio, agricultura, ganadería y minería. La población económicamente activa es de 41750 habitantes que representa el 45.26% de la población de los cuales trabajan en los diferentes rubros mencionados.

1.7.1.4. Ocupación y empleo

En el área urbana las principales actividades económicas, son la ocupación o trabajo asalariado en instituciones públicas y privadas, o relacionado al patrimonio como tenencia de edificios (comercio), trabajo informal, etc.

Las zonas rurales tienen como principal actividad la agricultura pero alteran con el comercio, o el transporte para la comercialización de sus productos. También existe un ingreso de las remesas de los parientes que migraron a Europa, EE.UU o Argentina.

1.7.2. Crecimiento poblacional

Este indicador expresa en número de personas que se agregan anualmente a la población por cada 1000 habitantes, debido al aumento natural (nacimiento menos defunciones) y la tasa de migración neta.

El crecimiento poblacional del municipio de Yacuiba en el área urbana del año 2012 es 71361 habitantes y la tasa de crecimiento alcanza aproximadamente un valor de 2.1% anual.

1.7.3. Transporte

1.7.3.1. Red vial

El acceso vial comunicara a la planta separadora de líquidos Gran Chaco con la red fundamental F009 de esta forma con el resto del país.

En la actualidad no existen caminos secundarios que comuniquen la zona del proyecto con otras regiones aledañas; estas vías se encuentran en planificación futura aunque no se encuentran aperturadas.

1.7.3.2. Parque automotor del municipio

El parque automotor del municipio de Yacuiba está dividido en tres grandes grupos: vehículos oficiales o de instituciones del estado, vehículos particulares o de uso privado y vehículos de transporte público.

1.7.3.3. Transporte publico

El servicio que presta el transporte público en el municipio de Yacuiba, permite la conectividad de actividades con otros municipios y departamentos. Sin embargo no se cuenta

con una línea de transporte público cuyo destino sea las instalaciones de la planta separadora de líquidos.

1.8. ASPECTOS CLIMÁTICOS

Por su morfología el municipio de Yacuiba presenta condiciones heterogéneas de clima, caracterizadas por microclimas definidos por sus precipitaciones pluviales, las cuales se dan entre los meses de noviembre a marzo, período en el que ocurren alrededor del 85% de lluvias.

El clima del municipio de Yacuiba por lo general es seco y caluroso, con una evaporación intensiva. Alcanza altas temperaturas en verano desde 20°C hasta más de 40°C, y un frío penetrante en invierno en especial el mes de junio que llega hasta los 0°C. La precipitación media anual en el municipio es de 1136.6 mm (Datos obtenidos de SENAMHI).

1.9. ASPECTOS GENERALES DE LA PLANTA SEPARADORA DE LÍQUIDOS

Planta Separadora de Líquidos de Gran Chaco, perteneciente a Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (YPFB), denominada “Carlos Villegas”, inicio operaciones y comenzó a funcionar desde el día jueves 23 de julio del 2015, realizando las pruebas correspondientes de cada uno de los sistemas de la planta, comenzando sus operaciones comerciales el 24 de octubre de 2015, con dos mercados asegurados para el gas licuado de petróleo (GLP) Paraguay y Perú.

Esta Planta que procesará hidrocarburos, requirió de una inversión de 690 millones de dólares, puede tratar hasta 32,2 millones de metros cúbicos diarios de gas natural, convirtiendo a esta planta en uno de los tres complejos más grandes de Sudamérica.



*Figura N° 1.4 Planta Separadora de Líquidos Gran Chaco
Fuente: Imagen periódico Los Tiempos, 2015*

La producción de la planta tras separar los licuables de la corriente de gas natural, es de 3.144 toneladas métricas diarias (TMD) de etano, insumo principal para el proceso de industrialización de los hidrocarburos, 2.247 toneladas métricas diarias (TMD) de gas licuado de petróleo (GLP), 1.658 barriles por día (BPD) de gasolina natural y 1.044 barriles por día (BPD) de isopentano, esta producción de la planta generará un volumen de tráfico de aproximadamente 80 camiones diarios (camiones C3 y CRS), adicional al tráfico generado por el transporte de logística y personal de la planta.



*Figura N° 1.5 Camión tipo CRS
Fuente: Imagen periódico los tiempos, 2015*

El 80% del GLP producido en la Planta Separadora de Líquidos Gran Chaco será comercializado en el mercado externo y el restante 20% garantizará el abastecimiento interno del país.

Inicialmente y hasta la fecha la planta opera al 50% de su capacidad instalada, con uno de los trenes funcionando de los dos trenes que cuenta la planta, los dos trenes están disponibles

según la función que se tenga y también de la venta del producto (GLP), además de los contratos internacionales que se tengan, la producción será más o menos.

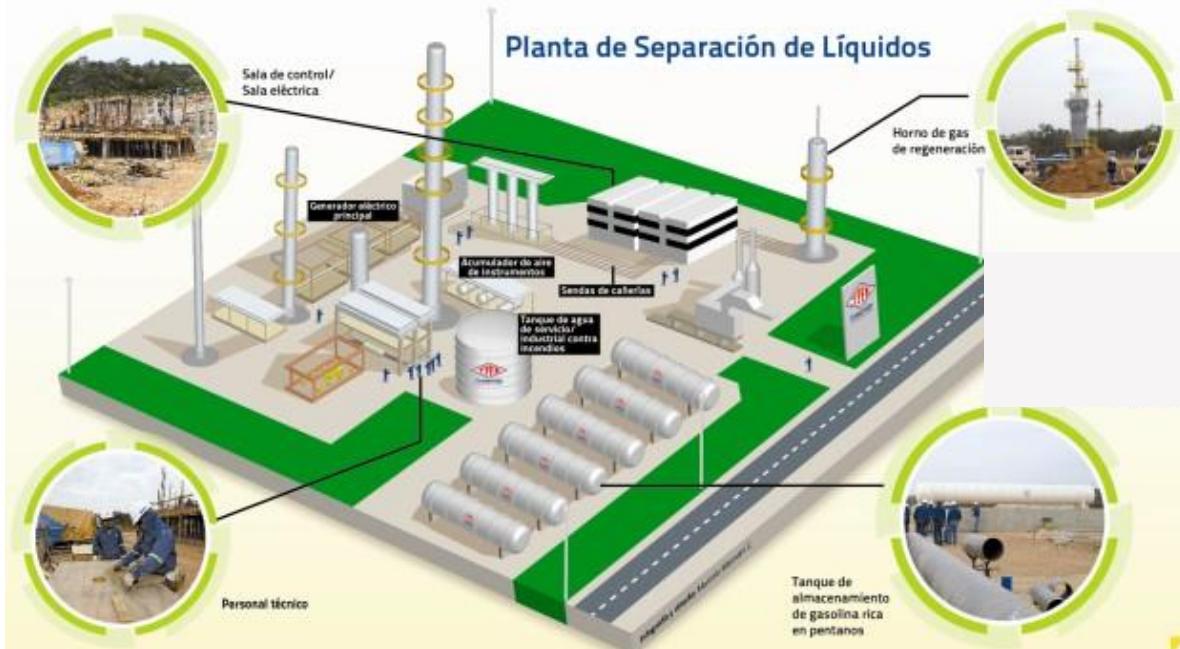


Figura N° 1.6 Esquema de la Planta Separadora de Líquidos Gran Chaco
Fuente: Imagen periódico Los Tiempos, 2015

El tiempo de vida útil de la planta está previsto para 25 años, en función de la disponibilidad de gas de exploración que se encuentre en los yacimientos permitirá que se alargue el tiempo de vida de la planta, lo que no quiere decir que cumpliendo los 25 años la planta dejara de funcionar, sino que se puede hacer un pequeño mantenimiento y seguir continuando siempre que haya materia prima.

CAPITULO 2

2. ESTUDIO TOPOGRAFICO

2.1. INTRODUCCION

La topografía es la parte de la geodesia que tiene por objeto representar en un plano, con expresión de todos sus detalles de la superficie de un terreno o región, es decir consiste en medir y situar alineaciones, ángulos y alturas sobre la superficie de la tierra.

Todo trabajo de topografía comprende la planimetría o reproducción a una escala determinada de los accidentes de la superficie, la nivelación o altimetría del terreno y el dibujo que representa convencionalmente este último.

A menudo es difícil para los que comienzan y a veces también para profesionales con experiencia, comprender qué proporción de la topografía es una ciencia el cual es un arte, porque ambas surgen de una misma función y pertenecen a un proceso técnico y profesional.

Como se indicado el concepto de topografía no ha variado con el tiempo, pero si se ha visto ampliamente modificadas las técnicas, los instrumentos de medida y los métodos a aplicar.

2.2. CLASES DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

De acuerdo con la finalidad de los trabajos topográficos existen varios tipos de levantamientos, que aunque se aplican los mismos principios, cada uno de ellos tiene procedimientos específicos para facilitar el cumplimiento de las exigencias y requerimientos propios.

Entre los levantamientos más utilizados están los siguientes:

- Levantamientos de tipo general (lotes y parcelas)
- Levantamiento longitudinal (vías de comunicación)
- Levantamiento de minas.
- Levantamientos hidrográficos.
- Levantamientos catastrales y urbanos.

En el caso del presente proyecto se cuenta con un levantamiento longitudinal realizado para el primer diseño del pavimento rígido del acceso vial a la planta, del cual se obtuvo el plano digital de la zona del proyecto.

2.3. PLANIFICACIÓN DE TAREAS TOPOGRÁFICAS

Los trabajos se iniciaron con la recopilación de información, obteniendo el plano topográfico utilizado para el primer diseño realizado por la consultora GUSOG S.R.L. (ver **Anexo B.1**), para la validez de los datos del plano topográfico proporcionado por esta empresa consultora, se debe realizar el recorrido, descripción y comparación con imágenes satelitales, de esta forma verificar la confiabilidad de los datos del plano topográfico utilizado en el diseño anterior.

2.4. RECONOCIMIENTO TERRESTRE DE LA ZONA DEL PROYECTO

Se realizó el reconocimiento del terreno del tramo trazado en las cartas geográficas, mapas satelitales de la región (Google Earth), mostrada en la **figura N° 2.1**.



*Figura N° 2.1 Tramo de reconocimiento del terreno
Fuente: Imagen Google Earth, 2015*

Una vez elaborado el croquis se realiza el trabajo de reconocimiento, este reconocimiento es el examen general de la zona del terreno, su finalidad es la de descubrir las características del trazado, sirve para obtener datos complementarios del lugar, tener una idea del posible zonas geotécnicamente inestables, desniveles del terreno, cursos de agua, anticipar los efectos potenciales de la vía en el desarrollo económico de los terrenos que atraviesa y estimar los efectos destructivos que pudiera tener el paisaje natural, además el reconocimiento debe de carácter general, realizando el reconocimiento de la ruta a pie.

2.5. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO

La topografía del área del proyecto se desarrolla íntegramente en sectores planos a llanos con un incremento en la pendiente del 3% hacia la planta separadora de líquidos. La vía se ubica a partir de la intersección con la Ruta 09 que comunica a las Ciudades de Yacuiba con Villamontes.

2.6. TRABAJOS DE GABINETE

Una vez finalizados los trabajos de campo de reconocimiento, se realiza el análisis e interpretación de los datos obtenidos.

El trabajo de gabinete para el presente proyecto se elaboró mediante los software google earth, Global mapper y AutoCAD Civil 3D. Estos programas facilitan el poder determinar a partir de una imagen satelital un modelo digital del terreno.

Utilizando la imagen obtenida en el google earth de la zona del proyecto, se utiliza el programa global mapper para obtener sus coordenadas y poder introducirlas en el programa AutoCAD Civil 3D donde se determina el relieve de la zona de proyecto con la generación de curvas de nivel, como se puede observar en la **Figura N°2.2.**

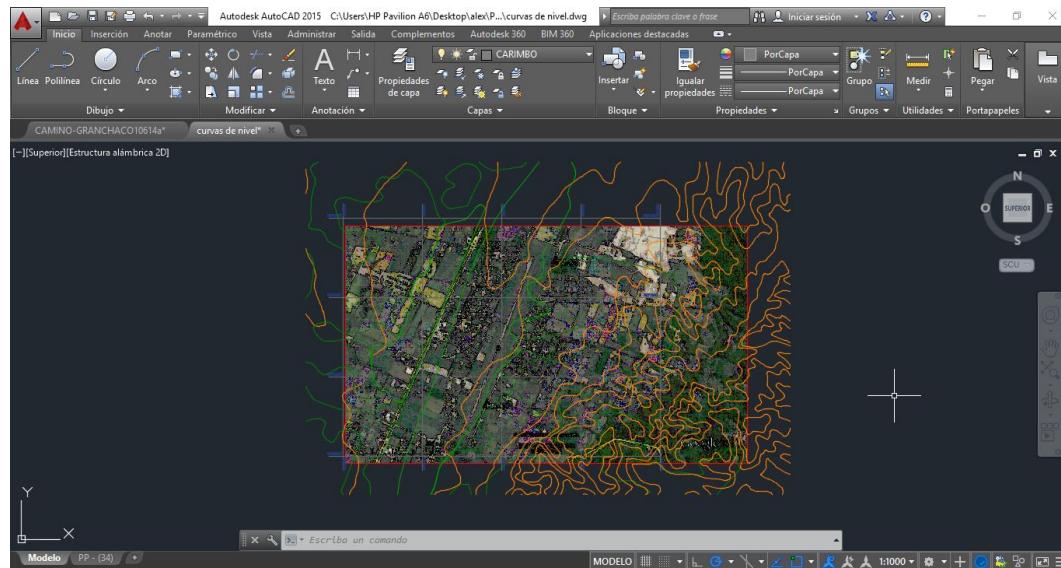


Figura N° 2.2 Curvas de nivel generadas de una imagen satelital

Fuente: Elaboración propia AutoCAD, 2015

Una vez realizado la modelación del terreno, se realiza un análisis y comparación con el plano topográfico empleado en el primer diseño de pavimento (**Figura N°2.3**), determinando que los dos modelos del relieve topográfico de la zona del proyecto son similares, razón por la que se puede establecer que los datos topográficos utilizados en el primer diseño de pavimento son correctos.

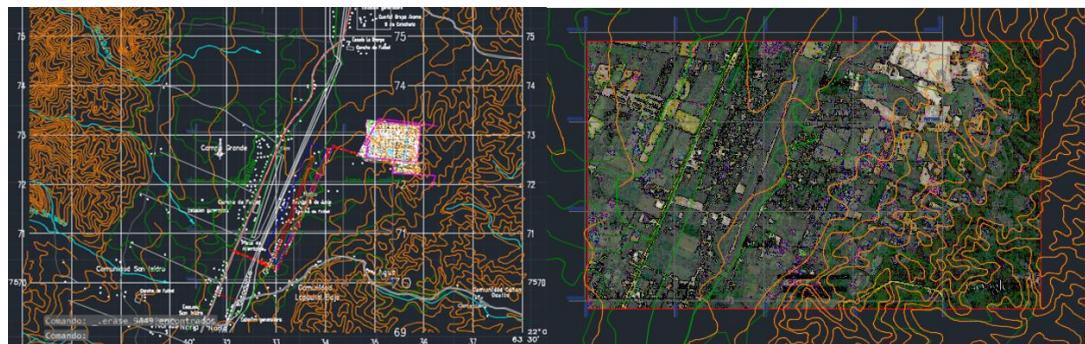


Figura N° 2.3 Comparación de las curvas de nivel de los dos modelos topográficos

Fuente: Elaboración propia AutoCAD, 2015

CAPITULO 3

3. ESTUDIO DE TRÁFICO

3.1. INTRODUCCIÓN

Uno de los factores importantes a tomar en cuenta es el volumen de tráfico o demanda que circulará durante un intervalo de tiempo, los estudios sobre volumen de tráfico son realizados con el propósito de obtener datos sobre el número de vehículos, composición vehicular y volúmenes de tráfico que permitirá la justificación del diseño de pavimento del camino, relacionado con el movimiento de vehículos sobre puntos o secciones específicas que circulará la vía a proyectarse, estos datos de volúmenes de tráfico son expresados con respecto al tiempo y de su conocimiento se hace posible el desarrollo de estimaciones razonables de la calidad del servicio prestado a los usuarios.

3.2. METODOS DE DETERMINACION VOLUMENES DE TRAFICO

Para la determinación de los volúmenes de tráfico de una vía existen varios métodos, la aplicación de uno de estos métodos dependen de las situaciones particulares de cada proyecto, los más comunes son:

3.2.1. Aforos vehiculares

Se define como la manera cuantitativa de obtener un recuento de los volúmenes de tráfico que circulan por un punto o calle en particular, esta actividad permite determinar las características de los flujos de transito como volúmenes totales, composición vehicular y las variaciones horarias de la demanda, este método puede realizarse de forma general de todo un sistema vial o de acuerdo a estudio que se quiera realizar.

Existen varios métodos de aforo vehicular, los cuales dependen de los medios que se cuentan para la medición de los volúmenes de tránsito, de esta manera podemos agruparlos en tres grandes grupos:

- Aforos manuales que están a cargo de las personas.
- Aforos por combinación de métodos manuales-mecánicos.
- Aforos mediante el uso de dispositivos mecánicos o vehículo en movimiento.

Cuando se lleva a cabo un aforo de tránsito en un camino nuevo de bajo volumen de tráfico se coloca las estaciones de aforo en una vía adyacente, donde los volúmenes de tráfico son óptimos para poder utilizarlos en el diseño estructural de la vía nueva.

En la actualidad el acceso vial a la planta separadora de líquidos Gran Chaco no cuenta con un volumen de tráfico vehicular considerable, debido a que la planta aún no está totalmente en funcionamiento, además no se cuenta con una vía adyacente al acceso vial a la planta donde se pueda realizar un aforo vehicular, por estas distintas características no se puede realizar ninguno de los métodos de aforos vehiculares anteriormente mencionados.

3.2.2. Encuestas de origen y destino

Este método es utilizado en proyectos nuevos donde no existe camino o el volumen de tráfico no es un dato conocido. Mediante encuestas, se puede encontrar la demanda de servicios de transporte, las líneas de rutas deseadas, el tipo de carga a ser transportada en el tramo, y las cuantificaciones normales de número de pasajeros, toneladas de transporte, así como el número de vehículos necesarios para el transporte.

El método de las encuestas de origen y destino pueden ser: encuestas domiciliarias en la zona de influencia del proyecto o bien encuestas en rutas próximas a los puntos del proyecto con los usuarios potenciales.

Por lo tanto para obtener los volúmenes de tránsito vehicular para el presente proyecto se obtuvo la cantidad de vehículos que circularan por el acceso vial en función a la producción y despacho de la planta separadora de líquidos, utilizando la tasa de crecimiento anual, ajustado al crecimiento promedio de la economía de la zona y proyectando este volumen de tráfico para un periodo de diseño de 20 años.

3.3. VOLUMENES DE TRANSITO

Se define como volumen de tránsito, como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal, de un carril o de una calzada, durante un periodo determinado. Se expresa como:

$$Q = \frac{N}{T}$$

Dónde:

Q: Vehículos que pasan por unidad de tiempo (vehículos/periodo)

N: Número total de vehículos que pasan (vehículos)

T: Periodo determinado (unidades de tiempo)

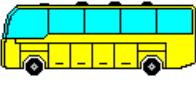
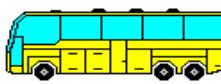
3.3.1. Volúmenes de tráfico diario

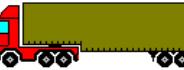
Los estudios sobre los volúmenes de tráfico diario es el número de vehículos que pasan durante un día, con el propósito de obtener información relacionada con el movimiento de vehículos sobre puntos o secciones específicas dentro de un sistema vial.

Debido a la dificultad existente en la realización de un aforo vehicular para determinar volúmenes de tráfico diarios, se realizó el conteo de los vehículos existentes en la planta separadora de líquidos, según el tipo de vehículo y función que desempeña en la planta, de esta forma se estimó el volumen de tráfico diario en función a la producción futura de hidrocarburos.

La encuesta y determinación de los volúmenes de tráfico diario realizado en la planta separadora de líquidos se muestra en la **Cuadro N°3.1**.

Cuadro 3.1 Encuesta de volúmenes de tráfico diario generado por la planta

Código	Vehículo	Función vehículo en la planta	Volúmenes de tráfico diario
1		Automóviles, vagonetas y jeeps	Transporte privado del personal de la planta 21
2 y 3	 	Camionetas y minibuses	Transporte del personal en sus funciones de la planta 27
B2		Buses medianos de 22 a 36 pasajeros	transporte del personal de la planta 32
B3		Buses grandes mayor a 36 pasajeros	transporte del personal de la planta 2

C2		Camiones pequeños ejes simples máximo 6 ruedas	Transporte de producción de hidrocarburos	16
C3		Camiones grandes ejes tandem mínimo 10 ruedas	Transporte de producción de hidrocarburos	265
CSR		Camiones grandes articulados mínimo 18 ruedas	Transporte de producción de hidrocarburos	53
Volumen de tráfico diario total				416

Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Volúmenes de tráfico promedio diario (TPD)

Se define el volumen de tráfico promedio diario (TPD), como el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del periodo.

De acuerdo al número de días de este periodo, se presentan los siguientes volúmenes de tráfico promedios diarios, dados en vehículos por día:

- **Tráfico promedio diario anual (TPDA)**

$$TPDA = \frac{TA}{365}$$

TA: Es el número total de vehículos que pasan durante un año.

- **Tráfico promedio diario mensual (TPDM)**

$$TPDM = \frac{TM}{30}$$

TM: Es el número total de vehículos que pasan durante un mes.

- **Tráfico promedio diario semanal (TPDS)**

$$TPDS = \frac{TS}{7}$$

TS: Es el número total de vehículos que pasa durante una semana.

3.3.3. Tráfico promedio diario anual (TPDA)

Para obtener el tráfico promedio diario anual (TPDA), es necesario disponer del número total de vehículos que pasan durante un año por el punto de referencia, mediante aforos continuos a lo largo de todo el año, en la mayoría de los proyectos viales esta información anual es difícil de obtener ya que sería demasiado moroso y costoso. Por esta razón la determinación del TPDA, se lo realiza en base a la medida de muestra o tráfico promedio diario semanal TPDS.

Debido a que en el presente proyecto solamente se cuenta con los volúmenes de tráfico según los tipos de vehículos en función a la producción y despacho de la planta, se determina que el volumen de tráfico diario será igual para cada día de la semana de producción de la planta durante todo el año, por lo que el tráfico promedio diario semanal y anual serán los mismos que el tráfico promedio diario.

$$TPDS = TPDA = TPD$$

Donde:

TPDS: Trafico promedio diario semanal

TPDA: Trafico promedio diario anual

TPD: Trafico promedio diario

Esta ecuación solo es válida exclusivamente para el caso del proyecto, debido a que el mayor uso del acceso vial será para el transporte de hidrocarburos cuando la planta entre en total funcionamiento, por lo que el valor del tráfico promedio diario anual para el presente proyecto será el mismo que el transito promedio diario de 418 vehículos/día.

$$TPDA = 416 \text{ Vehiculos/dia}$$

3.4. PROYECCIÓN DE TRÁFICO VEHÍCULAR

Para un proyecto de diseño o mejoramiento de un camino, una parte muy importante es el estudio de proyección del tráfico a futuro, el poder pronosticar como se irán incrementando los volúmenes de tráfico de acuerdo al periodo de diseño es fundamental para la eficiencia del proyecto a futuro.

El término periodo de diseño se define como, el tiempo en el cual la obra que fue construida alcanza el tope de su vida útil, sin que deje de cumplir sus funciones para los cuales fue diseñado, pero ya no con la misma capacidad con la entro en funcionamiento. El periodo de retorno de diseño de acuerdo con la bibliografía consultada y la norma AASHTO debe oscilar entre los 20 a 30 años, debido que al estimar el tránsito más allá de ese periodo no se justifica ya que para ese entonces surgirán los cambios en el desarrollo económico y social de la región, también se podrá ver de igual manera el desarrollo del lugar y los sistemas de transporte.

Para el presente proyecto, de acuerdo con la magnitud de las obras que deben construirse se determinó que el tiempo en el cual quede completamente terminada la vía y en funcionamiento la planta será de 1 año, para lo cual se obtuvo los volúmenes de tráfico promedio diario anual (TPDA₂₀₁₅), tomando en consideración el periodo de diseño de 20 años, el tiempo total de proyección será de 21 años, con los cuales se podrá obtener los volúmenes de tráfico promedio diario anual futuros requeridos (TPDA₂₀₃₆).

Para realizar la proyección del volumen de tráfico futuro del proyecto no se podrá utilizar las ecuaciones que propone la norma AASHTO, debido a que no se cuenta con un registro histórico del parque automotriz de la planta separadora de líquidos, esto a razón que la planta entrara en funcionamiento total el año 2016, por lo que no se puede realizar una regresión lineal para la proyección del tráfico futuro.

Por estas razones para realizar la proyección del volumen de tráfico futuro del proyecto se utilizaran las fórmulas de proyección estadística de crecimiento como ser: la proyección aritmética, geométrica y exponencial, empleando el que mejor represente la proyección en base al criterio que se muestra en la **Tabla N°3.1**.

Tabla 3.1 Criterio de elección de fórmula de proyección estadística

Cantidad vehículos/día	Formula
0	200
>	200
>	1000

Fuente: Elaboración propia

En el presente proyecto el tráfico promedio diario anual es mayor a 200 vehículos/día por lo que el método de proyección que mejor se adapta es el método geométrico, cuya fórmula es:

$$TPDA_{futuro} = TPDA_{actual} \times (1 + i)^n$$

Donde:

TPDA_{futuro}: tráfico promedio diario anual futuro

TPDA_{actual}: tráfico promedio diario anual actual

i: tasa de crecimiento anual

n: número de años de proyección

Se determinó la tasa de crecimiento anual del 6 % para todos los tipos de vehículos, este porcentaje se obtuvo de los datos estadísticos del RUAT, es el valor que mejor se ajusta al crecimiento promedio vehicular de la zona.

Utilizando las funciones que contiene el programa Excel se programó una planilla donde se puede proyectar los TPDA futuros utilizando la ecuación anterior (**Anexo C.2**). En el **Cuadro N°3.2** se muestra los resultados de la proyección del tráfico promedio diario anual futuro para el año del alcance de la vida útil del pavimento para cada tipo de vehículo de la planta.

Cuadro 3.2 Proyección trafico promedio diario anual futuro de la planta separadora de líquidos

AÑO	VEHICULOS LIVIANOS	CAMIONETAS MINIBUSES	1RS-1RD		1RS-2RD		1RS-2RD-3RD	TOTAL
	TIPO 1	TIPO 2 y TIPO 3	TIPO 4 B2	TIPO 6 C2	TIPO 5 B3	TIPO 7 C3	TIPO 8 CRS	
2016	21	27	32	16	2	265	53	416
2017	22	29	34	17	2	281	56	441
2018	24	30	36	18	2	298	60	468
2019	25	32	38	19	2	316	63	496
2020	27	34	40	20	3	335	67	525
2021	28	36	43	21	3	355	71	556
2022	30	38	45	23	3	376	75	590
2023	32	41	48	24	3	398	80	626
2024	33	43	51	26	3	422	84	663
2025	35	46	54	27	3	448	90	703
2026	38	48	57	29	4	475	95	745
2027	40	51	61	30	4	503	101	789
2028	42	54	64	32	4	533	107	837
2029	45	58	68	34	4	565	113	888
2030	47	61	72	36	5	599	120	940
2031	50	65	77	38	5	635	127	997
2032	53	69	81	41	5	673	135	1057
2033	57	73	86	43	5	714	143	1121
2034	60	77	91	46	6	756	151	1187
2035	64	82	97	48	6	802	160	1259
2036	67	87	103	51	6	850	170	1335

3.5. CÁLCULO DE EJES EQUIVALENTES

Las diversas cargas por eje ejercidas por los diferentes tipos de vehículos producen sobre el pavimento un efecto destructivo cuya magnitud crece geométricamente en función de la intensidad de la carga. En el método AASHTO – 93, esas cargas de distinta magnitud se llevan a cargar equivalentes de eje simple de 8,2 ton. (18,000 libras) para finalmente transformarlas en un número representativo del conjunto.

3.5.1. Peso por eje vehículo

Uno de los principales factores para la determinación de los ejes equivalentes de diseño, es el peso que ejerce cada uno de los tipos de vehículos que transitan por el camino o carretera, estos pesos deben ajustarse a los valores tipo de cada región o país dadas las diferentes reglamentaciones de cargas máximas, grados de control ejercido y características del parque automotor.

En el país existe el reglamento de ley N° 1769 sobre pesos y dimensiones permisibles para la circulación en carreteras de vehículos automotores, el cual es utilizado por el Servicio Nacional de Caminos para la determinación del peso de ejes según el tipo de vehículos y el tipo de ejes (simple, tandem y tridem). Los valores utilizados de este reglamento se ven detallados en el **Anexo C.3**, y los resultados obtenidos se muestran en una planilla Excel en el **Cuadro N°3.3**.

Cuadro 3.3 Pesos por ejes para cada tipo de vehículo del proyecto

Tipo de vehículo		TPDA	Tasa de Crecimiento	Tipo de eje/peso por eje (kips)		
				Simple	Tándem	Tridem
Vehículos pequeños	TIPO1	111	6	4		
	TIPO2					
1RS-1RS	TIPO 3 MB	43	6	14		
				14		
1RS-1RD	TIPO 4 B2	154	6	14		

	TIPO 6 C2			22		
1RS-2RD	TIPO 5 B3	856	6	14		
	TIPO 7 C3				36	
1RS- 2RD- 3RD	TIPO 8 CRS	170	6	14		
					36	
						50

Fuente: Elaboración propia

3.5.2. Factores equivalentes de carga

Estos factores fueron determinados por el Road Test de la AASHTO, donde se cargaron pavimentos similares con diferentes configuraciones y pesos de ejes, para analizar el daño producido.

El factor equivalente de carga LEF es un valor numérico que se expresa la relación entre la perdida de serviciabilidad ocasionada por una determinada carga de un tipo de eje y la producción por el eje patrón de 18 Kips.

Debido que el pavimento responde de una manera diferente a una carga, los LEFs cambian de acuerdo al tipo de pavimento, por esa razón pavimentos flexibles y rígidos tienen factores diferentes, los pavimentos flexibles cambian de acuerdo al valor del SN y según el espesor de la losa en pavimentos rígidos, también habrá una variación según el nivel del índice de serviciabilidad final.

El método de diseño AASHTO para contrarrestar esta variación propone tablas donde se puede determinar los factores equivalentes de carga en función al tipo de pavimento, tipo de eje, carga por eje, índice de serviciabilidad y espesor de la losa.

Para el caso del proyecto se utilizará las tablas para pavimento rígido, para lo cual se asumirá un espesor de losa comúnmente usado en este tipo de proyectos de 11 pulgadas y se utilizará un índice de serviciabilidad de 2.5 valor usado en la mayoría de los proyectos viales. Estas tablas se aprecian en mayor detalle en el **Anexo C.4**, y los resultados obtenidos se muestran en una planilla Excel en el **Cuadro N°3.4**.

Cuadro 3.4 Factores de carga para cada tipo de vehículo del proyecto

Tipo de vehículo	TPDA	Tasa de Crecimiento	Tipo de eje/peso por eje (kips)			LEFs	
			Simple	Tándem	Tridem		
Vehículos pequeños	TIPO1 TIPO2	111	6	4			0.002
1RS-1RS	TIPO 3 MB	43	6	14			0.337
				14			0.337
1RS-1RD	TIPO 4 B2 TIPO 6 C2	154	6	14			0.337
				22			2.40
1RS-2RD	TIPO 5 B3 TIPO 7 C3	856	6	14			0.337
					36		2.51
1RS-2RD-3RD	TIPO 8 CRS	170	6	14			0.337
					36		2.51
						50	3.07

Fuente: Elaboración propia

3.5.3. Factor de camión

Para expresar el daño en términos del deterioro que produce un vehículo en particular, hay que considerar la suma de los daños producidos por cada eje de ese tipo de vehículo, de este concepto nace el concepto de Factor de Camión, que se define como el número de ESALs por vehículo, este valor puede ser calculado para un camión en particular, para cada clasificación de camiones comerciales como promedio de una determinada configuración de tráfico. El cálculo del factor de camión no es más que la sumatoria de los LEFs de los ejes de cada tipo de vehículo, expresado en la siguiente ecuación:

$$TF = \sum N^o LEFs$$

Donde:

TF: Factor de camión

Nº LEFs: Número de factor de carga por eje

Los resultados obtenidos utilizando la ecuación anterior se muestran en una planilla Excel en el **Cuadro N°3.5.**

Cuadro 3.5 Factor de camión para cada tipo de vehículo del proyecto

Tipo de vehículo	TPDA	Tasa de Crecimiento	Tipo de eje/peso por eje (kips)			LEFs	T.F.
			Simple	Tándem	Tridem		
Vehículos pequeños	TIPO1	111	6	4		0.002	0.004
	TIPO2						
1RS-1RS	TIPO 3 MB	43	6	14		0.337	0.674
				14		0.337	
1RS-1RD	TIPO 4 B2	154	6	14		0.337	2.737
	TIPO 6 C2			22		2.40	
1RS-2RD	TIPO 5 B3	856	6	14		0.337	2.847
	TIPO 7 C3				36	2.51	
1RS-2RD-3RD	TIPO 8 CRS	170	6	14		0.337	5.917
					36	2.51	
					50	3.07	

Fuente: Elaboración propia

3.5.4. Factor de crecimiento

Es un factor que representa el crecimiento del tráfico durante el periodo de diseño, para su cálculo se presentan diferentes expresiones matemáticas, que depende de la curva de diseño adoptada, todas ellas están en función del periodo de diseño y de su tasa de crecimiento anual:

$$FC = 0.5 [1 + (1 + r)^p]$$

La Asociación de Cemento Portland utiliza el tráfico a la mitad del periodo de diseño:

$$FC = (1 + r)^{0.5p}$$

La AASHTO recomienda calcular el factor de crecimiento para el tráfico de todo el periodo de diseño:

$$FC = \frac{(1 + r)^p - 1}{r}$$

Donde:

r: tasa de crecimiento anual en decimales

p: periodo de diseño en años

Los valores del factor de crecimiento para diferentes tasas anuales y periodos de diseño, de acuerdo a la ecuación desarrollada por la AASTHO, se muestra detallado en la **Tabla N°3.2** donde introduciendo como datos el periodo de diseño y la tasa de crecimiento anual se determina el factor de crecimiento para cada tipo de vehículo. Los resultados obtenidos se muestran en una planilla Excel en el **Cuadro N°3.6**.

Tabla 3.2 Factores de crecimiento método AASTHO

Período de diseño, años (n)	Tasa de crecimiento anual [r] en porcentaje							
	Sin crecimiento	2	4	5	6	7	8	10
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.0	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.0	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.0	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.0	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.0	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.0	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.0	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.0	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.0	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.0	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.0	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.0	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.0	15.97	18.29	19.18	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.0	17.29	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.0	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.0	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.0	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.0	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.0	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
25	25.0	32.03	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	98.35
30	30.0	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	164.49
35	35.0	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

Fuente: Guía para diseño de pavimentos Ayllon Jaime, 2011

Cuadro 3.6 Factor de crecimiento para cada tipo de vehículo del proyecto

Tipo de vehículo	TPDA	Tasa de Crecimiento	Tipo de eje/peso por eje (kips)			LEFs	T.F.	F.C.
			Simple	Tándem	Tridem			
Vehículos pequeños	TIPO1	111	6	4		0.002	0.004	36.79
	TIPO2							
1RS-1RS	TIPO 3 MB	43	6	14		0.337	0.674	36.79
				14				
1RS-1RD	TIPO 4 B2	154	6	14		0.337	2.737	36.79
				22				

1RS-2RD	TIPO 5 B3	856	6	14			0.337	2.847	36.79
	TIPO 7 C3				36		2.51		
1RS- 2RD- 3RD	TIPO 8 CRS	170	6	14			0.337	5.917	36.79
					36		2.51		
						50	3.07		

Fuente: Elaboración propia

3.5.5. Tránsito de diseño

El tráfico de diseño para el cálculo de los ejes equivalentes para cada tipo de vehículo, se define como la cantidad de veces que un vehículo circulara por el pavimento durante todo el periodo de diseño de dicho pavimento, se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Trafico de diseño} = 365 \times FC \times TPD$$

Donde:

FC: Factor de crecimiento

TPDA: transito promedio diario vehículos/día

Los resultados obtenidos mediante esta ecuación se muestran en una planilla Excel en el **Cuadro N°3.7.**

Cuadro 3.7 Transito de diseño para cada tipo de vehículos del proyecto

Tipo de vehículo	TPDA	Tasa de Crecimiento	Tipo de eje/peso por eje (kips)			LEFs	T.F.	F.C.	Tránsito de diseño
			Simple	Tándem	Tridem				
Vehículos pequeños	TIPO1	111	6	4			0.002	0.004	36.79
	TIPO2								
1RS-1RS	TIPO 3 MB	43	6	14			0.337	0.674	36.79
				14			0.337		
1RS-1RD	TIPO 4 B2	154	6	14			0.337	2.737	36.79
	TIPO 6 C2			22			2.40		

1RS-2RD	TIPO 5 B3	856	6	14			0.337	2.847	36.79	11,494,668
	TIPO 7 C3				36		2.51			
1RS- 2RD- 3RD	TIPO 8 CRS	170	6	14			0.337	5.917	36.79	2,282,820
					36		2.51			
						50	3.07			

Fuente: Elaboración propia

3.5.6. Conversión del tránsito en ESALs

Las cargas que actúan sobre el pavimento producen diferentes tensiones y deformaciones en el mismo. Los diferentes espesores de pavimento y las diferentes calidades de materiales responden de distinta manera a una misma carga, las fallas que producen también serán distintas, de acuerdo a la intensidad de las cargas y las características del pavimento.

Por esta razón el tránsito es convertido a un número equivalente de ejes de una determinada carga que producirán el mismo daño que la composición del tráfico. La conversión se realiza a través del factor de camiones que a su vez depende de los factores equivalentes de carga denominados LEFs por sus siglas en inglés (load equivalent factor), expresado en la siguiente ecuación:

$$ESALs = TF \times Transito\ de\ diseño$$

Donde:

ESALs: Número de ejes sencillos equivalentes

TF: Factor de camión

Los resultados obtenidos mediante esta ecuación se muestran en una planilla Excel en el **Cuadro N°3.8.**

Cuadro 3.8 ESALs para cada tipo de vehículos del proyecto

Tipo de vehículo	TPDA	Tasa de Crecimiento	Tipo de eje/peso por eje (kips)			LEFs	T.F.	F.C.	Tránsito de diseño	Nº ESALs
			Simple	Tándem	Tridem					
TIPO1	111	6	4			0.002	0.004	36.79	1,490,547	5,962

Vehículos pequeños	TIPO2									
1RS-1RS	TIPO 3 MB	43	6	14			0.337	0.674	36.79	577,419
				14			0.337			
1RS-1RD	TIPO 4 B2	154	6	14			0.337	2.737	36.79	2,067,966
				22			2.40			
1RS-2RD	TIPO 5 B3	856	6	14			0.337	2.847	36.79	11,494,668
					36		2.51			
1RS-2RD-3RD	TIPO 8 CRS	170	6	14			0.337	5.917	36.79	2,282,820
					36		2.51			
						50	3.07			
Total ESALs										52,287,927

Fuente: Elaboración propia

3.5.7. Factor de distribución por dirección

En general tiene un valor de 0.50 del flujo vehicular registrado, eso significara que el 50% transitara en cada dirección. En alguno de los casos puede ser mayor en una de las direcciones, si se considera el peso de los camiones, por ejemplo accesos fábricas, bancos de préstamo, etc. Donde los vehículos de ida transitan cargados y los de retorno vacío. En este caso el carril de diseño es el de ida, porque soportara un mayor nivel de cargas.

Al no disponer de un estudio de pesaje de los camiones que circularan por esta vía y sobre la base de los volúmenes correspondientes a la proyección de transito total para ambas direcciones (TPDA), se realiza el cálculo del trafico equivalente considerando el **50%** del tráfico total en el carril de diseño.

3.5.8. Factor de distribución por carril

El carril de diseño es aquel que soporta la mayor cantidad de ejes equivalentes, en el caso de una carretera de dos carriles, cualquiera de ellos puede ser el carril de diseño, porque los vehículos forzosamente tienen que transitar por ese carril ($F_c = 1$). En cambio, si el camino tiene dos carriles o más, el carril de diseño será el externo, debido a que los camiones más

pesados usaran ese carril. En este caso, de acuerdo al número de carriles, el factor de distribución por carril puede variar de 1 a 0.5 como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 3.3 Factor de distribución por carril

Nº de carriles en cada dirección	Porcentaje de ejes simples equivalentes de 18 Kips en el carril de diseño (Fc)
1	1
2	0.8 - 1
3	0.6 – 0.8
4 o mas	0.5 – 0.75

Fuente: Guía para diseño de pavimentos Aylón Jaime, 2011

Para el caso del proyecto el número de carriles en cada dirección es de 1 por lo que el factor de distribución de carril será de 1, valor que se encuentra dentro de lo establecido en la **Tabla N°3.3.**

3.5.9. Transito equivalente

Para el cálculo del tránsito equivalente, el método AASHTO considera los ejes equivalentes de 18 Kips acumulados durante el periodo de diseño, en el carril de diseño, utilizando la ecuación siguiente:

$$W18 = Fd \times Fc \times w18$$

Donde:

W₁₈: Ejes equivalentes sencillos en el carril de diseño (ESALs de diseño)

F_d: Factor de distribución direccional

F_c: Factor de distribución de carril

w₁₈: Ejes equivalentes acumulados en ambas direcciones (Total ESALs)

$$W18 = 0.5 \times 1 \times 52'287,927$$

$$\mathbf{W18 = 23'529,567}$$

Los ESALs de diseño que será utilizado como dato para los cálculos de los espesores del nuevo diseño de pavimento serán de **23'529,567**. Los resultados obtenidos en el estudio de tráfico se muestran en una planilla Excel en el **Cuadro N°3.9.**

Cuadro 3.9 ESALs de diseño del proyecto

Tipo de vehículo	TPDA	Tasa de Crecimiento	Tipo de eje/peso por eje (kips)			LEFs	T.F.	F.C.	Tránsito de diseño	Nº ESALs					
			Simple	Tándem	Tridem										
Vehículos pequeños	TIPO1 TIPO2	111	6	4		0.002	0.004	36.79	1,490,547	5,962					
1RS-1RS	TIPO 3 MB	43	6	14		0.337	0.674	36.79	577,419	389,180					
				14		0.337									
1RS-1RD	TIPO 4 B2 TIPO 6 C2	154	6	14		0.337	2.737	36.79	2,067,966	5,660,023					
				22		2.40									
1RS-2RD	TIPO 5 B3 TIPO 7 C3	856	6	14		0.337	2.847	36.79	11,494,668	32,725,319					
					36	2.51									
1RS-2RD-3RD	TIPO 8 CRS	170	6	14		0.337	5.917	36.79	2,282,820	13,507,443					
					36	2.51									
					50	3.07									
Total ESALs										52'287,927					
ESALs de diseño										23'529,567					

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO 4

4. ESTUDIO DE SUELOS

4.1. INTRODUCCION

Para la elaboración del proyecto que se encuentra alrededor del área urbana del municipio de Yacuiba, es de vital importancia realizar el estudio geotécnico, para determinar las características físico mecánicas, tanto en la superficie como en el subsuelo, mediante el muestreo sistemático de los distintos niveles de los pozos excavados; para luego ser analizados en el laboratorio, con equipo adecuado se conoce las características de los suelos, el resultado de estos ensayos descansa en el éxito de las obras.

La empresa consultora GUSOG S.R.L. en su primer diseño de pavimento para el acceso vial de la planta separadora de líquidos Gran Chaco, realizó un estudio de suelos tanto de la sub-rasante del eje de la vía y de los yacimientos o canteras cercanas a la zona del proyecto, como resultado de ese estudio se obtuvo un informe detallado de los ensayos realizados y de los resultados obtenidos (ver **Anexo D.1**).

4.2. OBJETIVO DEL ESTUDIO DE SUELOS

El objetivo principal del estudio de suelos, está orientado a conocer las características y la calidad de los suelos que constituyen el perfil de la sub-rasante natural existente, basándose en el conocimiento del tipo de suelos sobre el eje del alineamiento del camino proyectado y obtener los parámetros de diseño.

Mediante el análisis de los materiales componentes de la sub-rasante se determinan las características de los suelos obteniendo sus propiedades físico-mecánicas a partir de las muestras de campo y ensayos de laboratorio para la determinación de los parámetros de resistencia y deformación de cada tramo específico.

4.3. OBTENCION DE MUESTRAS

Para la validez de los datos obtenidos en el estudio de suelos realizado por la empresa consultora GUSOG S.R.L. es necesario obtener muestras propias para poder realizar ensayos de laboratorio y obtener resultados, de esta manera comparar ambos resultados obtenidos y

poder confirmar la exactitud de los datos que se muestran en el informe de laboratorio de la consultora GUSOG S.R.L.

4.4. METODOLOGÍA EMPLEADA EN EL ESTUDIO DE SUELOS

La metodología adoptada en el presente proyecto fue convencionalmente dividida en las siguientes etapas:

- Trabajo de campo
- Trabajo de laboratorio

4.4.1. Trabajo de campo

La metodología empleada para determinar las características geotécnicas del terreno considerado de estudio, fue en base a la excavación de calicatas. Estas excavaciones realizadas mediante medios mecánicos convencionales y manuales, que permiten la observación directa del terreno a cierta profundidad, así como la toma de muestras con las siguientes características.

Para la realizar los trabajos de campo de los materiales que constituyen la sub-rasante se consideraron las siguientes tareas:

- Los trabajos se iniciaron a partir de la recopilación de información del lugar y el recorrido del mismo, realizando la revisión de la información obtenida del anterior estudio.
- Concluyendo con el reconocimiento de la vía, se realizó la toma de muestras en el terreno, para esto se consideró la realización de 4 pozos a cielo abierto, uno por cada tramo propuesto en el estudio previo.
- Las calicatas cuentan con una variación en profundidad dependiendo de las características de ubicación en el terreno, puesto que estas excavaciones se realizaron a profundidades de 2 m (**Figura N°4.1**).



Figura N° 4.I Extracción de calicatas
Fuente: Elaboración propia

4.4.2. Trabajo en laboratorio

El procedimiento de laboratorio tiende a complementar las labores de campo, es en este sentido que las muestras obtenidas fueron clasificadas y seleccionadas siguiendo el procedimiento descrito en ASTM D-2488 “práctica recomendada para la descripción de suelos”.

Las muestras fueron sometidas a los siguientes ensayos:

- **Ensayos estándar:** Análisis granulométrico por tamizado, límites de atterberg (límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad) y contenido de humedad.
- **Ensayos especiales:** Compactación proctor modificado y determinación de la relación de soporte california (CBR).

4.4.2.1. Análisis granulométrico

Este método tiene por objeto determinar cuantitativamente el tamaño de las partículas de los agregados finos y gruesos de un material por medio de tamices con aberturas. Se llama también análisis mecánico y consiste en la determinación de los porcentajes de piedra, grava, arena, limo y arcilla, que hay en una cierta masa de suelo. Para un material granular los porcentajes de grava y arena pueden determinarse mediante el empleo de tamices; en cambio para material fino (pasa el tamiz N° 200), se tendrá que realizar un análisis hidrométrico basados en los principios de sedimentación. Para el presente proyecto se realizó el análisis según la especificación SUCS y AASHTO T-11 y T-27.

4.4.2.1.1. *Equipo utilizado*

Los equipos utilizados fueron los siguientes:

- Cuarteador.
- Tamices: 3”, 2½”, 2”, 1½”, 1”, 3/4, 3/8, 4, 10, 40 y 200.
- Balanza digital.
- Recipientes.

4.4.2.1.2. *Procedimiento*

Inicialmente, se procedió a cuartear la muestra hasta obtener un tipo representativo de aproximadamente 2000 gr (material granular), luego de pesar la muestra se tamizó, para separar el grano grueso y el grano fino, seguidamente extraer una fracción de suelo que pasa en el tamiz N°4, de aproximadamente 500gr. Así sucesivamente se procedió con las siguientes muestras hasta llegar al tamiz N° 200.



Figura N° 4.2 Tamizado de las muestras de suelo
Fuente: Elaboración propia

Determinar el contenido de humedad extrayendo una fracción de suelo que pasa el tamiz N°4.

Lavar el de grano grueso en el tamiz N°4, y la fracción de grano fino en el tamiz N°200, para luego secarlo. Una vez secado las muestras, se procedió a tamizar el de grano grueso en los tamices: 3”, 2½”, 2”, 1½”, 1”, 3/4”, 3/8”, N°4. N°10; la fracción de grano fino en los tamices: 40 y 200. Posteriormente se procedió a pesar lo retenido en cada tamiz.



Figura N° 4.3 Pesado del material retenido en cada tamiz

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la granulometría de las muestras extraídas del terreno (ver **Anexo D.2**), muestran suelos finos compuestos por limos y arcillas principalmente con menor cantidad de arenas limosas, las muestras cuentan con materiales pobemente gradados debido al lavado de finos en el terreno por cursos de río de sectores superiores en el terreno.

4.4.2.2. Límites de Atterberg

También denominados límites de consistencia se basan en el concepto de que los suelos finos presentes en la naturaleza pueden encontrarse en diferentes estados, dependiendo de su propia naturaleza y la cantidad de agua que contengan, así, un suelo se puede encontrar en un estado sólido, semisólido, plástico y líquido o viscoso (ver **figura N°4.4**).

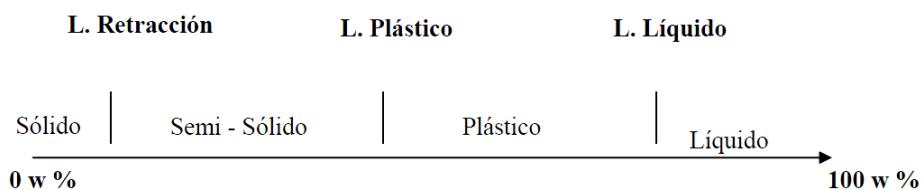


Figura N° 4.4 Límites de atterberg

Fuente: Elaboración propia

Por tanto están representados por contenidos de humedad y son los siguientes:

- Límite líquido (AASHTO T-89)
- Límite plástico (AASHTO T-90)
- Índice de plasticidad (AASHTO T-90)
- Límite de contracción (AASHTO T-89)

4.4.2.2.1. Límite líquido (LL)

El límite líquido se define como el contenido de humedad el cual el suelo se comporta como un material plástico. Para la determinación del límite líquido se emplea el aparato estandarizado de Casagrande.

El ensayo se realiza sobre una muestra cortada de una pasta de suelo, con una herramienta normalizada de 12 mm de ancho, se cerrará cuando se someta a 25 impactos, dados en la parte inferior de un recipiente normalizado, que contiene la pasta y que hace parte de un aparato mecánico también normalizado. Si la masa de suelo se cierra con menos de 25 golpes, el suelo tiene una humedad correspondiente a un estado semilíquido, si lo hace en más de 25 golpes el suelo tiene una humedad correspondiente a un estado plástico (**Figura N° 4.5**).



Figura N° 4.5 Ensayo de Casagrande
Fuente: Elaboración propia

4.4.2.2.2. Límite plástico (LP)

Es el contenido de humedad que tiene un suelo en el momento de pasar del estado plástico al estado semisólido. Para la determinación del límite plástico se utiliza la misma muestra en la que se utilizó para el límite líquido en una porción de aproximadamente 20 gr, Previo se debe pesar las cápsulas donde se colocará la muestra para secarlo en el horno. Secar la muestra con un secador manual hasta obtener una masa más o menos plástica; con la palma de la mano hacer rollos de forma cilíndrica, en una superficie lisa (vidrio) hasta obtener un diámetro de 1/8" (3.2mm) en un tiempo más o menos de 2 min; simultáneamente en el espécimen deberá aparecer pequeñas grietas, entonces la muestra ensayado habrá alcanzado el límite líquido.

Introducir el espécimen ensayado en la cápsula, pesarlo y colocar al horno. Se repetirá el procedimiento tres veces para posteriormente sacar el promedio de los tres ensayos.

Una vez secado la muestra volver a pesar y determinar el contenido de humedad, este valor será el límite plástico.

4.4.2.2.3. Índice de plasticidad (IP)

Este es el valor numérico es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico. Para determinarlo se utiliza la siguiente ecuación:

$$IP = LL - LP$$

Donde:

IP: Índice de plasticidad

LL: Límite líquido

LP: Límite plástico

Un índice de plasticidad elevado, indica mayor plasticidad. En casos donde no se puede determinar cualquiera de los factores, se reporta el índice de plasticidad como NO PLASTICO (NP).

4.4.2.2.4. Límite de contracción (LC)

Se define como el contenido de agua con el cual el suelo no sufre ningún cambio adicional de volumen con la pérdida de agua (Designación de Prueba D-4318 de la ASTM). De todos los límites, este es el único que no está fijado arbitrariamente, dado que se reconoce por un cambio de color del suelo, de oscuro a claro.

4.4.2.3. Ensayo de compactación (Proctor modificado)

El ensayo de proctor modificado (AASHTO T-180), es un método dinámico empleado para la determinación de la relación entre el contenido de humedad y la densidad de los suelos compactados en un molde de dimensiones estándar utilizando un martillo de 4.54 Kg. Que se deja caer desde una altura de 45 cm. compactando esta muestra en 5 capas mediante 25 golpes por capa, para el molde de 4" y 56 golpes por capa, para el molde de 6" (**Figura N° 4.4**).



Figura N° 4.6 Instrumento para el ensayo proctor en laboratorio

Fuente: Imágenes Google, 2015

La densidad máxima del suelo se obtiene de la gráfica entre el contenido de humedad y la densidad de suelo seco.

El ensayo se lo efectuó de una fracción de la misma muestra de donde se determinó la clasificación; esta fracción se sometió al ensayo como lo indica la especificación AASHTO T-99 ó T-180 según el tipo de material.

Los resultados de los ensayos de compactación se tienen en el siguiente **Cuadro N° 4.1**.

Cuadro 4.1 Humedad óptima y densidad máxima

Tipo de suelo	Humedad óptima (%)	Densidad máxima (g/cm³)
A-6 (6)		
A-6 (9)		
A-4 (5)	14.6	1.509
A-6 (5)		

Fuente: Elaboración propia

4.4.2.4. Ensayo de CBR en laboratorio

La finalidad de este ensayo, es determinar la capacidad de soporte (CBR) de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables.

El ensayo mide la resistencia al corte (punzonamiento) de un suelo bajo condiciones de humedad y densidades controladas, permitiendo obtener un (%) de la relación de soporte. El (%) CBR, está definido como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada, expresada en porcentaje de fuerza necesaria para que el pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad, en una probeta normalizada constituida por una muestra patrón de material. Este porcentaje obtenido mediante el método

AASHTO T-193 toma como dato la densidad máxima de la muestra determinada por el ensayo T-180 MET.A.

La ecuación que define al CBR, es la siguiente:

$$CBR = \frac{\sigma_{suelo\ ensayado}}{\sigma_{suelo\ patron}} \times 100$$

De esta ecuación se puede ver que el número CBR, es un porcentaje de la carga unitaria patrón. El símbolo de (%) se quita y la relación se presenta simplemente por el número entero.

Los valores en la carga unitaria patrón que deben utilizarse en la **Tabla N°4.1**.

Tabla 4.1 Valores de carga unitaria

Penetración		Carga unitaria patrón		
mm	Pulgada	Mpa	Kg/cm²	psi
2.54	0.1	6.90	70.00	1000
5.08	0.2	10.30	105.00	1500
7.62	0.3	13.10	133.00	1900
10.16	0.4	15.80	162.00	2300
12.70	0.5	17.90	183.00	2600

Fuente: Elaboración propia

El CBR se define para la penetración de 0.25 cm (0.1") sin embargo si el valor de CBR a una penetración de 5 cm (0.2") es mayor, el ensayo debe repetirse. Si en un segundo ensayo se produce nuevamente un valor de CBR mayor de 5 mm de penetración, dicho valor será aceptado como valor de ensayo. Los ensayos de CBR se hacen sobre muestras compactadas con un contenido de humedad óptimo, obtenido del ensayo de compactación proctor.

Antes de determinar la resistencia a la penetración, las probetas se saturan durante 96 horas para simular las condiciones de trabajo más desfavorables y para determinar su posible expansión.

En general se confeccionan 3 probetas como mínimo, las que poseen distintas energías de compactación (con 56, 25 y 12 golpes). El suelo al cual se aplica el ensayo, debe contener una pequeña cantidad de material que pase por el tamiz de ¾" y quede retenido en el tamiz N° 4.

De los ensayos CBR se muestran los resultados en el **Cuadro N°4.2**.

Cuadro 4.2 Valores de CBR

Tipo de suelo	CBR 100%	CBR 95%
A-6 (6)	5%	3%
A-6 (9)		
A-4 (5)		
A-6 (5)		

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de CBR obtenidos se presentan con mayor detalle en el **Anexo D.2**.

4.4.3. Resultados del estudio de suelos sub-rasante

Una vez finalizado los ensayos de laboratorio de las muestras suelo propias, se analiza los resultados y se compara con la información obtenida del estudio de suelos previo. Se observa que los resultados obtenidos por cuenta propia son similares a los obtenidos por la empresa consultora GUSOG S.R.L. motivo por el cual se determina usar los datos del estudio de suelo realizado para el primer diseño de pavimento.

4.4.3.1. Clasificación de suelos AASTHO

La clasificación de suelos se la realizó mediante el sistema AASHTO tradicional para el análisis de carreteras. La clasificación de suelos se obtuvieron diferentes características de los materiales componentes de la sub-rasante, estos materiales según las características de plasticidad y tamaño de las partículas se sub-dividen en 5 grupos principales, que a su vez se sub-dividen en sub grupos menores como se observa en el **Cuadro N°4.3**.

Cuadro 4.3 Clasificación de suelos AASTHO para el proyecto

Tipo de suelo	Grupo	Sub-grupo	Numero de muestras	Porcentaje grupos
Granular	A-2	A-2-4	17	14
	A-3	A-3	3	3
Fino	A-4	A-4	54	45
	A-6	A-6	36	30
	A-7	A-7-6	10	8
TOTAL			120	100

Fuente: Elaboración propia

Los tipos de suelos encontrados en la zona del proyecto son en su mayoría suelos finos obteniendo un 83% de suelos del tipo A-4, A-6 y A-7, siendo los restantes materiales constituidos por suelos “gruesos” (arenas) que no presentan plasticidad, la presencia de

suelos granulares (arenas) como material de fundación representa un 17% del total de calicatas.

4.4.3.2. Clasificación de suelos SUCS

Además de emplear el sistema de clasificación AASHTO se realiza clasificación Unificada de Suelos. En esta clasificación, se obtuvieron seis clases de suelos como se muestra en el **Cuadro N°4.4.**

Cuadro 4.4 Clasificación de suelos SUCS del proyecto

Tipo de suelo	SUELOS GRUESOS			SUELOS FINOS			TOTAL
	SM	SP-SM	SP	CL	ML	CL-ML	
Cantidad de muestras	32	2	1	60	16	9	120
Porcentaje	26.67	1.67	0.83	50	13.33	7.50	100
	29.17			70.83			

Fuente: Elaboración propia

4.4.3.3. Ensayo de compactación T-180 (PROCTOR MODIFICADO)

Concluidos los ensayos de clasificación de suelos se procedió a la realización de la agrupación de suelos de acuerdo a las características particulares de cada tramo, tomando en cuenta la siguiente agrupación de suelos:

Tabla 4.2 Resultados ensayo de compactación Proctor modificado

Tramo	Suelos plásticos			Valor de compactación Sub-rasante	
	Índice de grupo				
	0 – 5	6 – 9	10 - 20		
1	x			$V = 1.692 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ $H = 9.5 \%$	
2		x		$V = 1.509 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ $H = 14.6 \%$	
3	x			$V = 1.752 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ $H = 10.3 \%$	
4			x	$V = 1.526 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ $H = 14.2 \%$	
Nota	Los ensayos fueron realizados para los materiales de la sub-rasante natural identificado para cada tramo				

Fuente: Elaboración propia

Esta agrupación fue realizada tomando en cuenta suelos con características geotécnicas similares como ser el tipo de suelo (según clasificación), el porcentaje de material fino (arcilla

y/o limo), los límites de consistencia (LL, LP, IP) y el índice de grupo además de su ubicación en el terreno.

Los resultados muestran materiales al con bajas características de resistencia presentan valores de densidad máxima seca inferior a 1,800g/cm³, a la vez los porcentajes de humedad obtenidos de los ensayos de compactación varían desde 9% hasta 15% debido a las características de los suelos A-4, A-6 y A-7-6.

4.4.3.4. Ensayo CBR (Índice de Soporte de California)

A partir de las compactaciones realizadas, se procedió a los ensayos CBR (Índice de Soporte de California) de los distintos tipos de suelos de acuerdo a la norma AASHTO T-193, los valores de CBR fueron obtenidos para el 100% y 95% de la densidad seca máxima encontrando los valores que se muestran en el **Cuadro Nº4.5**.

Cuadro 4.5 Resultados ensayo CBR del proyecto

Tramo	CBR al 100% de la densidad seca máxima	CBR al 95% de la densidad seca máxima
1	11%	6%
2	5%	3%
3	10%	6%
4	4%	3%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la agrupación de suelos y realizados los ensayos de compactación y CBR's se obtuvieron los resultados que se muestran en el **Cuadro Nº4.6**.

Cuadro 4.6 CBRs para cada tramo del proyecto

Tramo	CBR de diseño
1	6%
2	3%
3	6%
4	3%

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, los resultados obtenidos presentan valores bajos debido a las características de los tipos de suelo presentes A-4 y A-6 con menor proporción de suelos A-2-4 (Limos, arcillas y arenas), para estos la variación de módulos resilientes de la sub-rasante son reducidos en magnitud donde se considera necesario un cambio de material conformando un terraplén a partir del cual se realizará la construcción del paquete estructural con iguales características para los 4 tramos analizados.

4.5. ANALISIS DE BANCOS DE PRESTAMOS – CANTERAS

El estudio de Bancos de Préstamo fue desarrollado a partir de sectores identificados por personal de YPFB y reconocido por la empresa consultora GUSOG S.R.L. para la ubicación de sectores para la toma de muestras y los posteriores ensayos de laboratorio para obtener las características de los materiales para su utilización como agregados y materiales componentes de terraplenes y la carpeta estructural.

Para esto fueron identificados 3 sectores para análisis ubicados en cercanías de la zona de estudio, la toma de muestras fue realizada en cada sector donde ya se contaba con materiales dispuestos para ser utilizados como suelos para capa base, sub base y cambio de material para terraplén.

La metodología empleada para el trabajo de bancos de préstamos es la misma que en el caso del estudio de los materiales de la sub-rasante.

4.5.1. Banco de préstamo ojo de agua

Este constituye el banco más cercano al sector. El mismo se encuentra ubicado entre las coordenadas 431829E – 7580380N y 431960E – 7580753N, a una distancia aproximada de la planta de 16.8km.

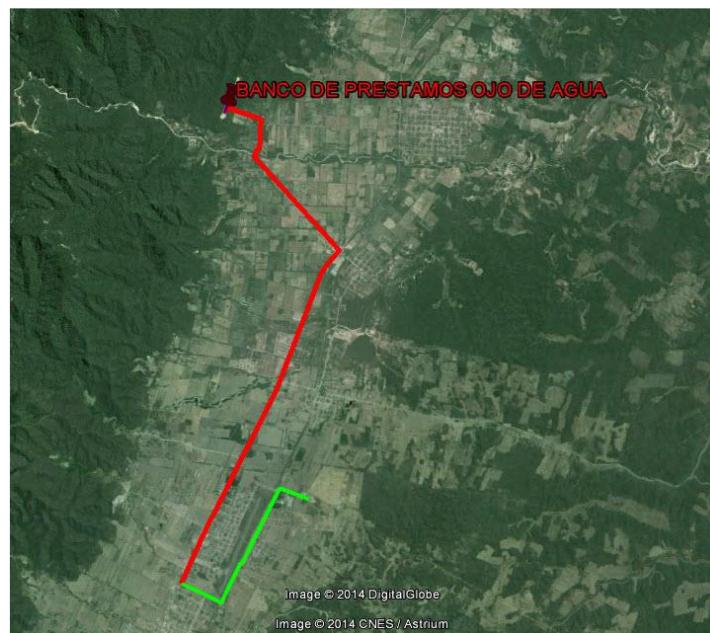


Figura N° 4.7 Ubicación del banco de préstamo Ojo de Agua
Fuente: Imagen Google Earth, 2014



Figura N° 4.8 Vista de la cantera explotada con maquinaria.

Fuente: Imágenes consultora GUSOG S.R.L., 2014

Este yacimiento puede ser empleado para su uso como terraplén para la ubicación del paquete estructural y está ubicado sobre un cambio de material en la parte inferior del mismo.

Realizados los ensayos de compactación AASHTO T-180, se obtuvo un valor de densidad máxima seca media igual a 1.950g/cm³ para un porcentaje de humedad óptima media de 7.2%. Con estos valores se realizaron los ensayos CBR obteniendo un valor medio para el 100% de la densidad máxima igual a 38%.

El valor del desgaste de los ángeles para este material cuenta con un valor medio de 28,9% y mediante ensayo de durabilidad con sulfato de sodio realizado a 5 ciclos se observa una perdida media igual a 2.7% para agregados gruesos y 2.4% para agregados finos.

4.5.2. Banco de préstamo Carapari

Este Banco de préstamo se ubica en el camino que comunica con la localidad de Caraparí, de donde proviene el nombre de la Cantera, este se ubica entre las coordenadas 426817E – 7580580N a 426852E – 7580891N con una longitud aproximada hasta el sector de la Planta Separadora igual a 25.4km.

El sector se caracteriza por contar con materiales de resistencia media a alta como se pudo observar con los ensayos realizados en el sector.



Figura N° 4.9 Ubicación Banco de Préstamo Caraparí

Fuente: Imagen Google Earth, 2014



Figura N° 4.10 Vista General Banco de Préstamo Caraparí

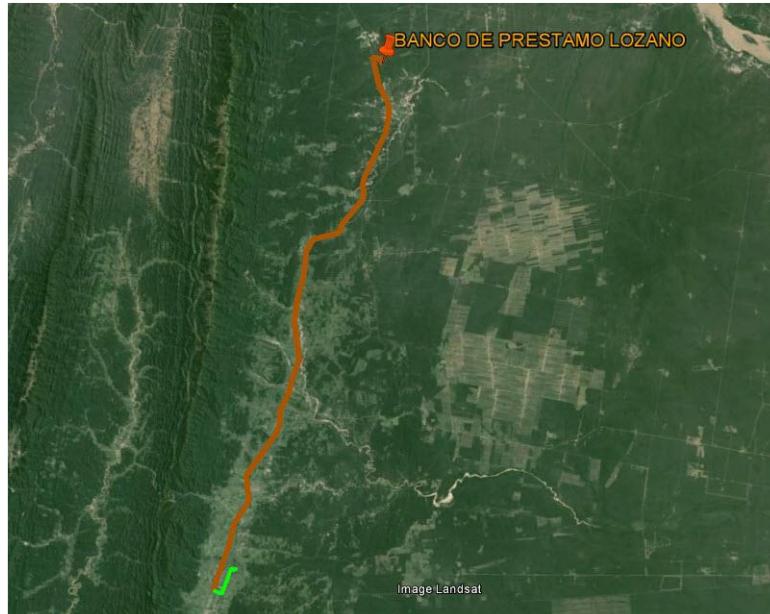
Fuente: Imágenes consultora GUSOG S.R.L., 2014

Realizados los ensayos de compactación AASHTO T-180, se obtuvo un valor de densidad máxima seca media igual a 2,234 g/cm³ para un porcentaje de humedad óptima media de 4.6%. Con estos valores se realizaron los ensayos CBR obteniendo un valor medio para el 95% de la densidad máxima igual a 77%.

El valor del desgaste de los ángeles par este material cuenta con un valor medio de 24.8% y mediante ensaye de durabilidad con sulfato de sodio realizado a 5 ciclos se observa una perdida media igual a 0.2% para agregado grueso y 1.9% para la fracción fina.

4.5.3. Banco de préstamo cantera Lozano

Esta cantera se encuentra ubicada en dirección hacia la Ciudad de Villamontes con una distancia media a partir de la planta igual a 66.6km entre coordenadas 452428E – 7623250N a 452473E – 7623279N.



*Figura N° 4.11 Ubicación Banco de préstamo Lozano
Fuente: Imagen Google Earth, 2014*



*Figura N° 4.12 Extracción de Agregados con maquinaria
Fuente: Imágenes consultora GUSOG S.R.L., 2014*



*Figura N° 4.13 Selección de agregados con maquinaria
Fuente: Imágenes consultora GUSOG S.R.L., 2014*

El material producto del triturado no cuenta con plasticidad, los ensayos de compactación muestran valores para la densidad seca máxima medios, igual a $2,207\text{g/cm}^3$ para una humedad óptima de 6.1%, a partir de los cuales se desarrollaron ensayos CBR considerando un valor igual al 95% de la densidad máxima seca, obteniendo un valor igual a 60%.

Mediante ensayos de desgaste de los Ángeles se obtuvo una valor de 14.7% para un valor de perdida igual a 3% realizando el ensayo de durabilidad con sulfato de sodio a cinco ciclos.

CAPITULO 5

5. DISEÑO GEOMÉTRICO

5.1. INTRODUCCIÓN

El diseño geométrico es la parte más importante dentro de un proyecto de una carretera o camino, que trata de la ordenación de sus elementos físicos: Alineamiento horizontal y vertical, distancias de visibilidad, peralte, ancho de la calzada, etc., determinando su configuración tridimensional, es decir, la localización de puntos o sectores deficientes y la forma geométrica definida para los elementos del camino, para satisfacer el máximo los objetivos de funcionalidad, seguridad, comodidad, armónica o estética, económica y compatible con el medio ambiente de la vía, así como también de los peatones.

5.2. DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERISTICAS ACTUALES DEL CAMINO

Actualmente la geometría del acceso vial a la planta separadora de líquidos Gran Chaco, no se encuentra en las condiciones óptimas requeridas para el tránsito vehicular que generara la planta. En la actualidad este acceso vial es un camino de tierra, donde se necesita el mejoramiento de la vía mediante la pavimentación adecuada de la vía.

La topografía a lo largo de la vía es llana ó plana, con algunas variaciones mínimas de pendiente, por tales motivos la topografía en la vía en el análisis se describe en su totalidad una zona plana.

En general la vía en actual uso presenta las siguientes características:

- Pendientes longitudinales que alcanzan valores desde el 0.23% hasta el 3% con un promedio del 0.89%.
- Calzada simple de ancho uniforme.
- Obras de drenaje escasas o en mal estado.
- Superficie de rodadura de tierra.

5.3. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Para el diseño de una carretera es necesario desarrollar una serie de alternativas de solución de acuerdo al tipo de problema que se puede presentar. La magnitud de este, depende si se encuentra dentro de un sistema vial o es un caso aislado. Con el fin de plantear alternativas de solución se observa las limitaciones que tiene la zona donde se va a realizar el proyecto y la necesidad de adecuar una solución viable que refleje las características socioeconómicas de la zona. El planteamiento de alternativas parte de la caracterización de la zona de proyecto, principalmente la topografía y geometría de la misma.

En la actualidad existe un diseño geométrico realizado por la empresa consultora GUSOG S.R.L., este diseño contiene el alineamiento horizontal y vertical de la vía de acceso a la planta separadora de líquidos, las mismas que responden a los requisitos de vía de acuerdo a lo estipulado en la norma para el diseño geométrico de carreteras de la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC).

Realizar cambios severos en los alineamientos existentes, afectarían directamente a la propiedad por las zonas cercanas al ancho de vía, lo cual generara costos de indemnización por afectaciones a la propiedad privada, motivo por el que prevalecerá el trazo actual resultando ser la solución más factible.

5.4. DISEÑO GEOMETRICO

5.4.1. Generalidades

El diseño geométrico se encarga de determinar las características geométricas de una vía a partir de factores como la función, topografía, volumen de tráfico, velocidades, tipo de vehículo, seguridad, confort y costo de operación, en función a las condiciones presentes, permitiendo un enlace balanceado entre sus elementos físicos (Alineamiento horizontal, vertical, pendientes, distancias de visibilidad, peralte, ancho de carril, etc.), características de operación, facilidades de frenado, aceleración, condiciones de seguridad, etc.

Para el presente proyecto se utilizara el diseño geométrico realizado por la empresa consultora GUSOG S.R.L., el cual fue realizado previamente para el primer diseño de pavimento para el acceso vial a la planta separadora de líquidos.

Los parámetros del diseño geométrico y otros aspectos técnicos, están regidos por la norma para el diseño geométrico de carreteras de la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC) 2008.

Para el diseño geométrico de la vía, se utilizó la aplicación del software AutoCAD Civil 3D, desarrollado principalmente para el diseño geométrico de carreteras.

Las principales áreas en las que el software fue aplicado para el diseño geométrico son:

- Ingreso de datos de campo.
- Generación del modelo del terreno.
- Planimetria (Diseño en alineamiento en planta).
- Altimetría (Diseño en alineamiento vertical).
- Secciones transversales (peraltes, bombeos, ensanches, etc.).
- Cálculos de volúmenes producidos por el proyecto (cortes, terraplenes, etc.).

5.4.2. Parámetros de diseño

Los criterios a aplicar en los distintos casos se establecen mediante límites normativos y recomendaciones que el proyectista deberá respetar, dentro los límites económicos, para lograr el trazado que satisfaga las necesidades del tránsito y brinde seguridad y calidad de servicio, según la categoría asignada.

5.4.2.1. Elección de la categoría de vía según su función

La clasificación funcional se basa en dos conceptos:

- Movilidad que se refiere a la facilidad de moverse sin interrupciones
- Accesibilidad que se refiere a la facilidad para entrar y salir a la vía

El acceso vial a la planta separadora de líquidos, corresponde la categoría de camino COLECTOR según clasificación de la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC), categoría (II), que presenta una sección transversal de una calzada con dos carriles uno en cada dirección.

Se puede observar en la **Tabla N° 5.1**, el cual se dan los criterios de clasificación según la categoría del camino.

Tabla 5.1 Clasificación funcional de carreteras

CATEGORIA		SECCION TRANSVERSAL	VELOCIDADES DE PROYECTO (km/h)	CODIGO TIPO
		Nº CARRILES	Nº CALZADAS	
AUTOPISTA	(I)	4 ó + UD	2	120 - 100 - 80
AUTORUTA	(I.A)	4 ó + UD	2	100 - 90 - 80
PRIMARIO	(I.B)	4 ó + UD	2 (1)	100 - 90 - 80
		2 BD	1	100 - 90 - 80
COLECTOR	(II)	4 ó + UD	2 (1)	80 - 70 - 60
		2 BD	1	80 - 70 - 60
LOCAL	(III)	2 BD	1	70 - 60 - 50 - 40
DESARROLLO		2 BD	1	50 - 40 - 30*

(n) Número Total de Carriles

- xx Velocidad de Proyecto (km/h)

* Menor que 30 km/h en sectores puntuales conflictivos

Fuente: Manual técnico de la ABC Volumen I, 2008

5.4.2.2. *Caminos colectores (II)*

Son caminos que sirven para tránsitos de mediana y corta distancia, a los cuales acceden numerosos caminos locales o de desarrollo. Podrán circular por ellos toda clase de vehículos motorizados. Su sección transversal normalmente, es de dos carriles bidireccionales.

5.4.2.3. *Tránsito y sus características*

Es un importante factor para el diseño geométrico de una carretera, cuantifica y califica a la demanda que hará uso de la carretera, a través de diversas formas de medición o evaluación. Para el presente proyecto se establece un Transito Promedio Diario Anual **TPDA₂₀₃₆ = 1335 vehículos mixtos/día/ambas direcciones**.

5.4.2.4. *Velocidad de proyecto (Vp)*

Es la velocidad que permite definir las características geométricas mínimas de los elementos del trazado bajo condiciones de seguridad y comodidad. Una velocidad de proyecto ó directriz elevada requiere características físicas de mayor nivel principalmente en lo que respecta a las curvas verticales y horizontales anchos de calzada y a las bermas; por tanto mayor costo de construcción.

Las velocidades de proyecto consideradas por el manual de diseño geométrico de la (ABC), dependen básicamente de la topografía de la zona de proyecto y se muestran en la **Tabla N°5.2.**

Tabla 5.2 Velocidad de proyecto “Vp”, según tipo de terreno y categoría de la vía

TIPO DE TERRENO	COLECTOR (II) (km/h)
Llano a ondulado medio	80
Ondulado fuerte	70
Montañoso	60

Fuente: Manual técnico de la ABC Volumen I, 2008

De acuerdo a la **Tabla N° 5.2**, para una categoría de camino colector la velocidad de proyecto estará en un rango de 60 a 80 km/h. Para el presente proyecto, por tratarse de terreno llano a ondulado medio considerando su ubicación de acuerdo a la clasificación y categorización de la vía se adoptó una velocidad de proyecto de **80 km/h**.

5.4.2.5. Velocidad percentil

Se denomina velocidad percentil ($V_{85\%}$) a aquella velocidad que no es superada por el 85% de los usuarios en un tramo de características homogéneas, bajo las condiciones de transito prevalecientes, estado del pavimento, meteorológica y grado de relación de este con otras vías y con la propiedad adyacente. Cuando dichas condiciones no imponen restricciones, la $V_{85\%}$ suele ser mayor que la velocidad de proyecto.

5.4.2.6. Velocidad V

Es aquella velocidad considerada para verificar la visibilidad de frenado a la hora de realizar el diseño del alineamiento vertical, la misma que también suele tener, valores mayores a la velocidad de proyecto “ V_p ”.

Tanto la $V_{85\%}$ como la V sirven para aumentar la seguridad en las vías, aumentando los parámetros mínimos establecidos por la V_p , pero la misma norma cita que son aplicables siempre y cuando exista los espacios suficientes y no se afecte a la propiedad adyacente.

Debido a que el tramo tiene en todo su recorrido limitaciones espaciales por la presencia de propiedades adyacentes, la velocidad 85% para el diseño en planta, así como de la velocidad V para el diseño altimétrico, no resultan aplicables al camino en estudio por las limitaciones antes descritas, por tanto se adopta:

$$V_{85\%} = V = V_p = 80Km/h$$

5.4.2.7. Vehículo tipo de diseño

La elección del tipo de vehículo tiene importancia prácticamente en todos los elementos del diseño geométrico. Se debe realizar la identificación más representativa del tránsito que circulará por el tramo del camino en estudio; en otros elementos del proyecto deben utilizarse los parámetros más críticos de los vehículos que circulan en el futuro.

En la **Tabla N° 5.3**, se muestra la clasificación de los tipos de vehículos de acuerdo a sus características físicas y dimensiones, de acuerdo a la norma AASHTO (American Association of States Highways and Transportation Officials), que han sido verificados con la norma ABC (Administradora Boliviana de Carreteras).

El vehículo tipo de diseño, definirá el diseño geométrico en función a las dimensiones con las que cuenta, influyendo de manera directa en los parámetros de los radios de giro y longitud de las curvas horizontales como verticales.

Tabla 5.3 Clasificación de tipos de vehículos

Tipo de Vehículo	Simbología de diseño		Características del vehículo (metros)				
	AASHTO	ABC	Ancho total	Largo total	Radio mínimo de rueda externa delantera	Radio mínimo de la rueda interna trasera	
Automóviles pequeños, taxis trufis	P	VP	2.1	5.8	7.8	4.7	
Omnibuses pequeños, camión simple	SU	CO	2.6	9.1	12.8	8.7	
Omnibuses grande, camión semirremolque simple	WB-12	O	2.6	12.2	12.8	7.1	
Cisternas, Camión Semirremolque Grande	WB-15	SR	2.6	16.8	13.7	6.0	

Fuente: Manual técnico de la ABC Volumen I, 2008

VP: Vehículos livianos, operativamente asimilables a automóviles.

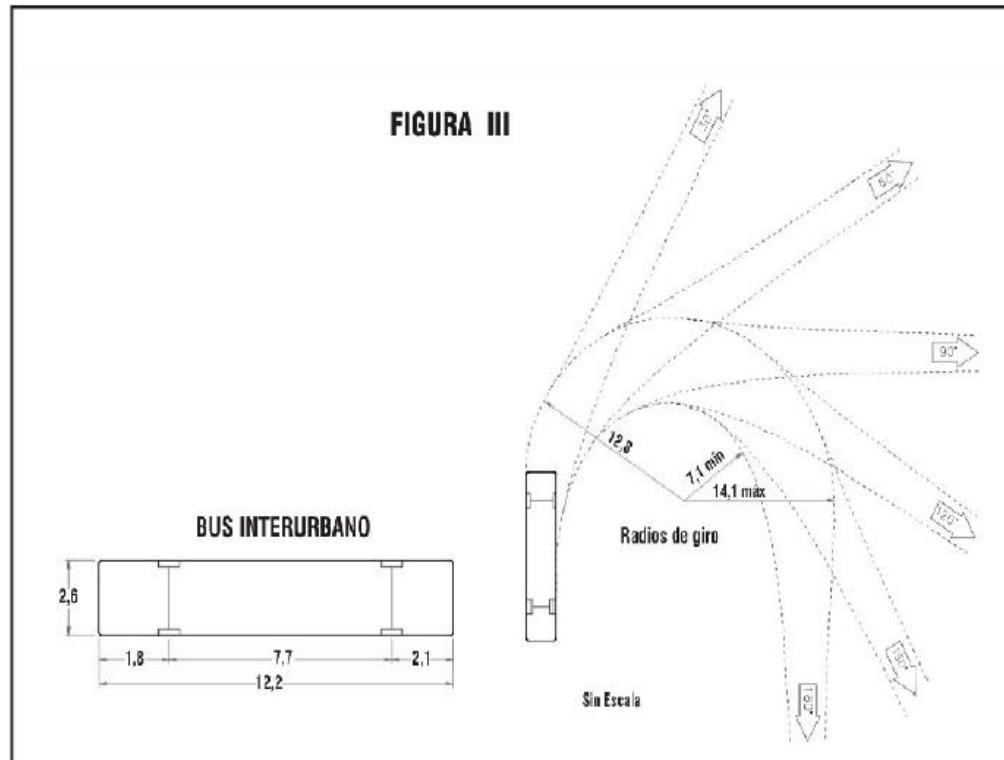
CO: Vehículos comerciales rígidos, abarcan a los camiones y ómnibus comerciales normalmente de 2 ejes y 6 ruedas.

- O: Ómnibus de mayores dimensiones, empleado generalmente para larga distancia y turismo; sirven también de referencia para considerar la existencia de camiones rígidos de mayor longitud que los CO y que pueden contar con 3 ejes.
- SR: Vehículo comercial articulado, compuesto normalmente de unidad tractora y un semirremolque de dos ejes.

Por tanto, se considera como vehículo tipo de diseño al más crítico que es el camión semirremolque simple O, que posee las siguientes características:

- Ancho total: 2.60 m
- Largo total: 12.2 m
- Radio mínimo de la rueda externa delantera: 12.8 m
- Radio mínimo de la rueda interna trasera: 7.1 m

Dichas características se expone de manera gráfica en la **Figura N° 5.1**, en la que se representan las dimensiones y radios mínimos de giro del vehículo tipo.



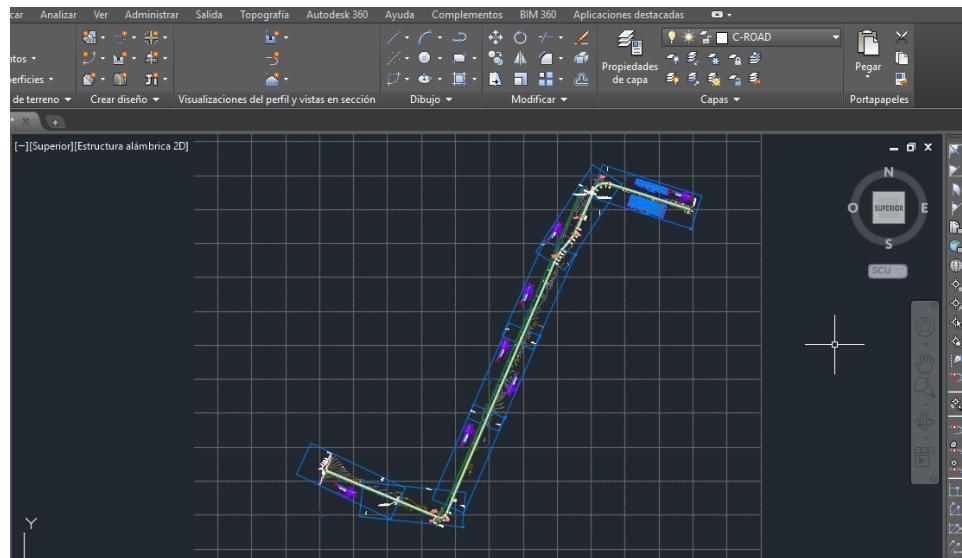
*Figura N° 5.1 Vehículo tipo camión semirremolque simple
Fuente: Volumen I “Manual de Diseño Geométrico” (ABC), 2008*

5.4.3. Alineamiento horizontal

El alineamiento horizontal también llamado trazado en planta, es la proyección sobre un plano horizontal del eje de la vía, el cual debe estar compuesto de suaves curvas que se adapten al terreno. Está compuesta por líneas rectas o tangentes, curvas circulares simples, cuyos elementos geométricos están relacionados a una velocidad de proyecto para así lograr un diseño adecuado seguro y que garantice el buen funcionamiento del camino.

Las curvas horizontales en el presente proyecto solo están compuesto por curvas circulares simples. También en el diseño horizontal se toma especial consideración en la definición del radio mínimo de proyecto, el peralte en las curvas y el sobreancho que no existen por limitaciones, se acomodó a las características del terreno para que cortes y terraplenes se reduzcan al camino.

Para el trazado del alineamiento horizontal y el perfil del tramo, se utilizó el programa computacional “Autocad Civil 3D 2015”.



*Figura N° 5.2 Diseño horizontal
Fuente: Elaboración propia AutoCAD, 2015*

El diseño está provisto de curvas circulares simples en su totalidad, obteniendo los siguientes elementos de las curvas circulares en su diseño geométrico (**Figura N°5.3**).

Curve Table: Alignments								
Curve #	Radius	Length	Chord Direction	Start Point	End Point	EC	CE	A
C1	90.00	99.63	S65° 24' 54.90"W	(433562.63,7572593.77)	(433476.58,7572554.40)	0+639.34	0+738.96	63°25'33"
C2	1000.00	3.02	S23° 35' 59.27"W	(433386.96,7572350.44)	(433385.76,7572347.68)	0+961.85	0+964.87	0°10'23"
C3	300.00	53.98	S31° 55' 31.96"W	(433335.86,7572236.72)	(433307.36,7572190.97)	1+086.53	1+140.51	10°18'34"
C4	300.00	57.48	S31° 35' 30.34"W	(433220.51,7572085.46)	(433190.45,7572036.58)	1+277.17	1+334.65	10°58'38"
C5	50.00	46.43	S67° 07' 55.17"W	(432375.60,7570147.95)	(432334.34,7570130.54)	3+391.88	3+438.31	53°12'33"

Figura N° 5.3 Elementos curvas circulares

Fuente: Elaboración propia AutoCAD, 2015

5.4.4. Alineamiento vertical

Se define como alineamiento vertical a la proyección sobre un plano vertical de la vía, describiendo la trayectoria que tiene la vía dentro el diseño geométrico. El alineamiento vertical, está formado por una serie de rectas que son tangentes verticales consecutivas, unidas o enlazadas por curvas verticales. La inclinación de las tangentes verticales y la longitud de las curvas dependen principalmente de la topografía de la zona, del alineamiento horizontal, de la visibilidad, de la velocidad de proyecto, de los costos de construcción, etc.

Para el diseño del alineamiento vertical al igual que con el alineamiento horizontal, se usó del programa computacional “Autocad Civil 3D 2015”, utilizando los siguientes criterios de aplicación:

- Deben evitarse alteraciones frecuentes en el diseño de pendientes.
- En pendientes de mucha longitud, es conveniente diseñar una pendiente más fuerte al principio de la subida y más suave al final.
- El alineamiento vertical será ajustado a la topografía del terreno.
- El trazado vertical debe proporcionar, en todos sus puntos la distancia mínima de visibilidad de frenado, ya que sea que se trate de calzadas bidireccionales o unidireccionales.
- Siempre que resulte posible, deben evitarse las curvas verticales del mismo sentido, separadas por una pequeña sección de pendiente uniforme.
- En zonas de intersecciones debe tratarse, que la rasante tenga la menor pendiente longitudinal posible.

- Por razones de seguridad y de estética, en lo posible se debe utilizar curvas verticales de parámetros superiores a los mínimos absolutos.

El diseño del perfil longitudinal correspondiente al eje de diseño, tal como se muestra en la **Figura N°5.4**, resultado de la aplicación del programa Autocad Civil 3D 2015.

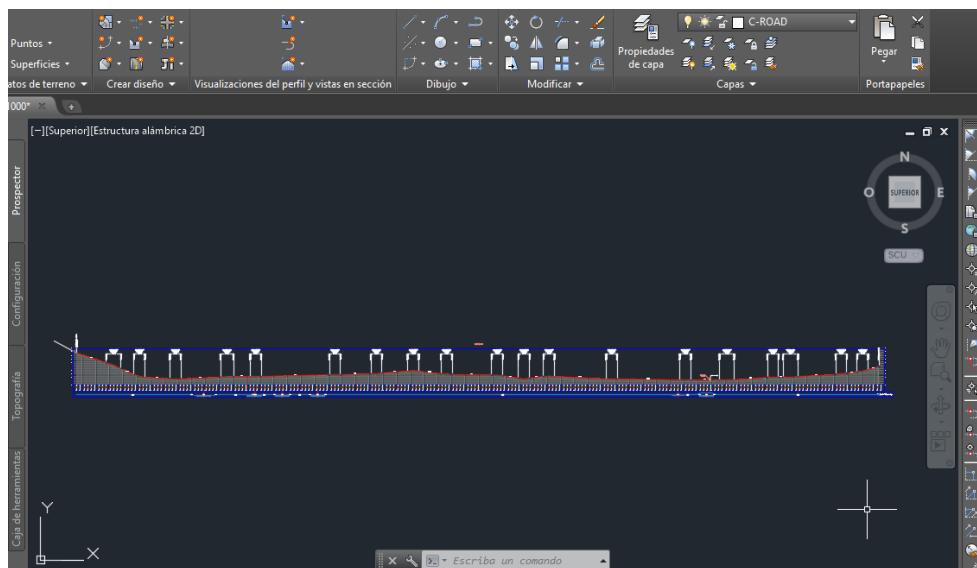


Figura N° 5.4 Perfil longitudinal
Fuente: Elaboración propia AutoCAD, 2015

5.4.5. Resumen de parámetros de diseño

A continuación se muestra los parámetros de diseño geométrico del acceso vial a la planta separadora de líquidos Gran Chaco - Yacuiba:

- Camino suburbano de dos calzadas con dos carriles por sentido y un cantero central
- Tipo de terreno Plano
- Velocidad de proyecto 80 Km/h
- Periodo de diseño 20 años
- Longitud a pavimentar 4330 m
- Sección transversal total 10.6 m
- Numero de calzadas 1
- Bombeo transversal unidireccional 2%
- Número de carriles 2 (1 por sentido)

➤ Ancho de carril	3.50 m.
➤ Transito promedio diario actual (2015)	416 veh/dia/ ambos sentidos
➤ Transito promedio diario futuro (2036)	1335 veh/dia/ ambos sentidos
➤ Ancho de calzada con pavimento rígido	25 cm.
➤ Espesor capa sub base granular	15 cm.
➤ Radio mínimo de curvatura	180 m.
➤ Pendiente máxima	4.49%
➤ Long. mínima curvas convexas	42 m.
➤ Long. mínima curvas cóncavas	42 m.

Estos parámetros fueron utilizados para el diseño geométrico del acceso vial, obteniendo como resultado final los planos de alineamiento horizontal y vertical detallada en el **Anexo E.1.**

CAPITULO 6

6. ESTUDIO HIDROLÓGICO Y DRENAJE

6.1. INTRODUCCIÓN

El estudio hidrológico de una carretera o camino tiene por objetivo principal eliminar el exceso de agua superficial y transversal en la plataforma proveniente de las precipitaciones pluviales y conocer los caudales máximos que aportan las sub-cuencas (áreas de aporte) con diferentes periodos de recurrencia. De esta manera se convierte en un soporte importante para la protección de la estructura del pavimento, permitiendo la rápida evacuación del agua que además de afectar la estructura, afecta la seguridad de los usuarios.

6.2. ASPECTOS GENERALES

El objetivo fundamental del estudio hidrológico es el de obtener los caudales de diseño para el cálculo y dimensionamiento de las obras de drenaje de dicho camino ya sea transversal y superficial.

En drenaje de caminos, el estudio está basado en parámetros de precipitación pluvial, escurrimiento superficial, relieve, cobertura vegetal y textura que presenta el terreno, así se podrá identificar las obras idóneas para la evacuación rápida del acceso vial a la planta separadora de líquidos.

6.3. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El área de influencia en la zona del proyecto está comprendida por 1 cuenca de aporte dividida en 6 áreas que influyen sobre el tramo vial de acceso a la planta, estas áreas se ven detalladas en el plano de cuencas de aportes (**Anexo F.1**), que se muestra en la **Figura N°6.1**.

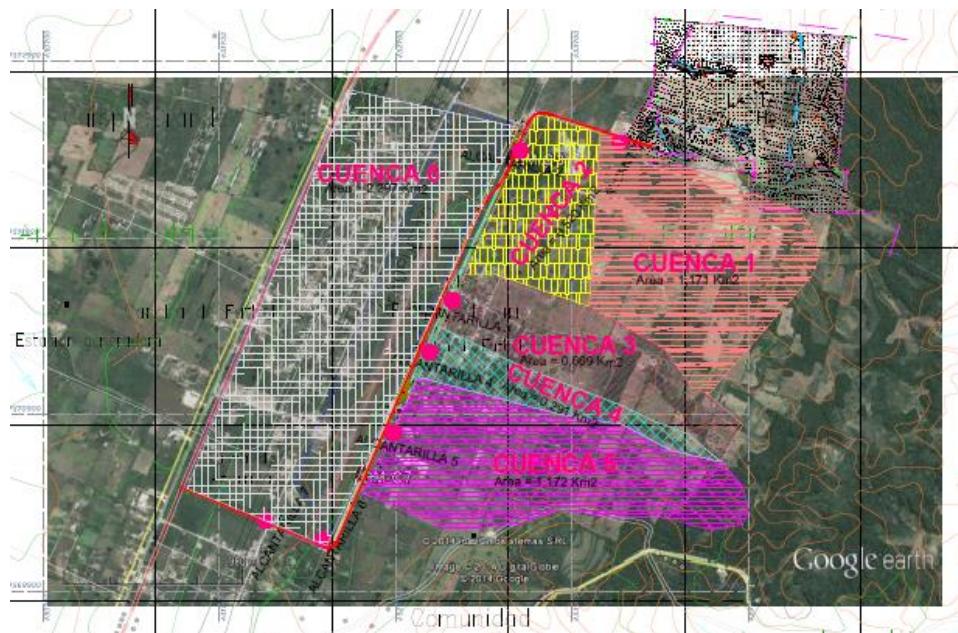


Figura N° 6.1 Áreas de influencia de la cuenca de aporte
Fuente: Elaboración propia

La función de los drenajes superficiales de una carretera o camino es la de proveer las facilidades necesarias para el paso de aguas de un lado a otro de la vía, y para el drenaje de las aguas que caen directamente encima de la plataforma y de otras áreas desagüen en ella. En el orden enunciado, esta función es cumplida por las alcantarillas y cunetas.

Para el presente proyecto la empresa consultora GUSOG S.R.L. procedió al análisis hidrológico y al cálculo hidráulico mediante la utilización de software especializado, estos programas permitieron la obtención y cálculo de todos los aspectos necesarios para obtener el caudal de diseño y las dimensiones necesarias para las alcantarillas.

6.4. METODOLOGÍA

Se define un procedimiento basado en etapas de análisis hidrológicos, siguiendo una metodología descrita a continuación:

- Recopilación de datos meteorológicos.
- Determinación del nivel de confiabilidad de las estaciones de estudio.
- Análisis de los datos hidrológicos verificando las precipitaciones anuales máximas.
- Elección del periodo de retorno.
- Obtención de las curvas P.D.F. e I.D.F.

- Caracterización hidrográfica del área de estudio.
- Estimación de caudales de diseño.

6.5. INFORMACIÓN DISPONIBLE

La información hidrológica disponible para la zona del proyecto es abundante, debido a que planta separadora de líquidos se encuentra ubicada en cercanías del aeropuerto de Yacuiba (AASANA), donde existe una estación pluviométrica. Los datos pluviométricos, que fueron obtenidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI),

De esta estación mencionada se obtuvieron datos de precipitaciones anuales (mm) y precipitaciones máximas diarias en 24 horas. Se ha elegido la estación meteorológica del aeropuerto de Yacuiba (AASANA), por su proximidad a la zona del proyecto ya que tiene años de registros de la precipitación y se lo considera como datos más confiables.

Cuadro 6.1 Registros de precipitaciones

Año	Precipitaciones anuales (mm)	Precipitaciones máximas diarias en 24 horas (mm)
1966	1082,40	115,00
1967	878,60	71,00
1968	808,80	65,00
1969	767,60	60,00
1970	928,10	79,50
1971	935,40	66,00
1972	783,30	64,10
1973	1124,60	73,00
1974	1100,80	75,00
1975	607,50	60,00
1976	725,10	64,00
1977	1134,50	85,00
1978	921,40	79,50
1979	1889,90	230,00
1980	1459,50	104,00
1981	1593,50	144,00
1982	1660,40	108,00
1983	1687,70	110,00
1984	2747,60	212,50
1985	2046,80	178,00

1986	1443,10	154,00
1987	1374,40	91,00
1988	1540,80	130,00
1989	1204,80	81,00
1990	1258,10	99,00
1991	1368,60	106,00
1992	****	****
1993	774,40	104,00
1994	1042,50	98,00
1995	859,50	140,00
1996	937,00	119,30
1997	825,40	77,00
1998	636,40	50,20
1999	742,00	48,00
2000	871,30	115,30
2001	639,00	45,10
2002	871,70	82,40
2003	1128,40	102,80
2004	983,70	87,00
2005	1306,40	137,30
2006	1656,40	136,70
2007	1056,00	120,80
2008	879,70	57,00
2009	1061,40	106,00
2010	913,30	142,00
2011	1129,50	93,20
2012	1235,40	133,20
2013	1095,40	235,10
2014	1323,60	160,40
2015	1341,90	87,30

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología “SENAMHI”, 2015

6.6. DETERMINACIÓN DEL PERÍODO DE RETORNO (T)

En la determinación del periodo de retorno, frecuencia o probabilidad a utilizar en el diseño de una obra, es necesario considerar la relación existente entre la probabilidad de excedencia de un evento en la vida útil de la estructura y el riesgo de falla aceptable, dependiendo este ultimo de factores económicos, técnicos y otros.

Conforme a lo establecido por los manuales técnicos para diseño de carreteras volumen II “Diseño de Obras Hidráulicas y de Drenaje” de la Administradora Boliviana de Carreteras

(ABC). El periodo de retorno va relacionado con la vida útil y el riesgo de falla que se le quiera dar al proyecto. La ecuación expresa el riesgo de falla en función al periodo de retorno se presenta a continuación:

$$R = 1 - \left(1 + \frac{1}{T}\right)^n$$

Dónde:

T: Periodo de diseño (años)

n: vida útil

R: riesgo de falla (%)

El periodo de retorno (T) para diseños de drenaje de la plataforma, el valor que se tomará en cuenta para el proyecto de **5 años** para canales paralelos a la vía y para Alcantarillas un periodo de retorno de **25 años** (de acuerdo a la **Tabla N° 6.1**).

Tabla 6.1 Valores de periodo de retorno requeridos para el diseño de las obras de arte

Tipo de Obra	Tipo de Ruta	Período de Retorno (T años)		Vida útil Supuesta (n; años)	Riesgo de Falla (%)	
		Diseño (3)	Verificación (4)		Diseño	Verificación
Puentes y Viaductos (1)	Carretera	200	300	50	22	15
	Camino	100	150	50	40	28
Alcantarillas ($S > 1,75 \text{ m}^2$) o $H_{terep} \geq 10 \text{ m}$ y Estructuras Enterradas (2)	Carretera	100	150	50	40	28
	Camino	50	100	30	45	26
Alcantarillas ($S < 1,75 \text{ m}^2$)	Carretera	50	100	50	64	40
	Camino	25	50	30	71	45
Drenaje de la Plataforma	Carretera	10	25	10	65	34
	Camino	5	10	5	67	41
Defensas de Ribera	Carretera	100	-	20	18	-
	Camino	100	-	20	18	-

- (1) En el caso de Viaductos, el cálculo de caudales en crecida esta destinado a calcular la socavación en las fundaciones de las Pilas. Igualmente T se empleará para el cálculo de socavaciones en puentes.
- (2) Las Alcantarillas de drenaje construidas bajo terraplenes de altura $\geq 10 \text{ m}$ deben diseñarse para estos Periodos de Retorno, cualquiera sea su Sección. En esta misma categoría se clasificarán las estructuras proyectadas bajo el nivel del terreno natural circundante, destinadas al cruce desnivelado de dos vías.
- (3) Para la etapa de diseño de puentes y defensas de ribera, la revancha mínima asociada a la cota de aguas máximas para el periodo de retorno de diseño debe ser de 1,0 m.
- (4) Para la verificación hidráulica de Puentes se considerará que la revancha asociada a la cota de aguas máximas para el periodo de retorno de verificación puede reducirse a 0,30 m.

Fuente: Manual técnico de diseño volumen II (ABC), 2008

Por tanto se tendrá un riesgo de falla es:

$$R = 1 - \left(1 + \frac{1}{5}\right)^5$$

$$R = \mathbf{0.67}$$

$$R = 1 - \left(1 + \frac{1}{25}\right)^{25}$$

$$R = \mathbf{0.64}$$

Este resultado indica que para un valor de diseño del periodo de retorno de 5 años, existe una probabilidad de ser igualado o superado del 67% y para un periodo de retorno de 25 años, existe una probabilidad de ser igualado o superado del 64%. Lo que indicaría que para periodos de retorno cortos el riesgo de falla es alto, pero en realidad estos valores son netamente referenciales y variables.

6.7. PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA

Los datos de precipitación máxima diaria para distintos años permitirán obtener patrones hidrológicos aplicando factores de desagregación, como son las curvas IDF (intensidad duración y frecuencia), con los cuales se podrá determinar caudales de diseño para las obras de arte del proyecto.

6.7.1. Relaciones precipitación-duración-frecuencia (PDF)

Para obtener las curvas (PDF) se empleará sobre la base la metodología de los índices de desagregación, el cual define las relaciones de precipitación duración y frecuencia para distintas duraciones de tormenta a partir de registros de precipitación máxima diaria.

En el presente proyecto para la estimación de índice de desagregación se adoptaron los valores promedio proporcionados por AASANA ya que es el más confiable. Aplicando la función de distribución Gumbel se halla la precipitación máxima en un día y la desagregación de ella para diferentes duraciones de lluvia. Los resultados se muestra en el **Cuadro N°6.2.**

Cuadro 6.2 Precipitación duración y frecuencia

Duración (min)	Periodo de retorno							
	2	5	10	15	20	25	50	100
5	4,78	6,06	6,91	7,39	7,72	7,98	8,78	9,57
10	6,76	8,57	9,77	10,45	10,92	11,29	12,41	13,53
15	8,27	10,49	11,96	12,79	13,37	13,82	15,20	16,56
20	9,56	12,12	13,82	14,77	15,44	15,96	17,55	19,13

25	10,60	13,45	15,33	16,40	17,14	17,71	19,48	21,23
30	11,65	14,78	16,85	18,02	18,83	19,46	21,40	23,33
60	15,54	19,71	22,47	24,02	25,11	25,95	28,54	31,11

Fuente: Elaboración propia

6.7.2. Curvas intensidad, duración y frecuencia (IDF)

Las curvas intensidad – duración – frecuencia (IDF) son curvas que resultan de unir los puntos representativos de la intensidad media en intervalos de diferente duración, y todos ellos a una misma frecuencia o periodo de retorno (Témez, 1978).

Usualmente los datos se presentan en forma gráfica, con la duración en el eje horizontal y la intensidad en el eje vertical, mostrando una serie de curvas, para cada uno de los periodos de retorno de diseño.

Las curvas IDF se construyen en la mayoría de los casos a partir de datos de precipitación de por lo menos 10 años de registro, estos datos se obtienen por medio de la medición pluviográfica o pluviométrica. Para nuestro caso se utilizarán los datos pluviométricos de la estación “AASANA”, proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

Se han obtenido las curvas I.D.F., para diferentes períodos de retorno representadas en la siguiente **Cuadro N°6.3**.

Cuadro 6.3 Intensidad para diferentes tipos de períodos de retorno

Duración (min)	Período de retorno							
	2	5	10	15	20	25	50	100
5	59,72	75,74	86,35	92,34	96,53	99,75	109,70	119,57
10	39,76	50,42	57,48	61,47	64,26	66,41	73,03	79,60
15	33,09	41,97	47,85	51,17	53,49	55,28	60,79	66,26
20	28,96	36,72	41,87	44,77	46,80	48,37	53,19	57,97
25	25,25	32,02	36,51	39,04	40,81	42,17	46,38	50,55
30	23,31	29,56	33,70	36,03	37,67	38,93	42,81	46,66
60	15,54	19,71	22,47	24,02	25,11	25,95	28,54	31,11

Fuente: Elaboración propia

6.7.3. Resumen de las intensidades del proyecto

En la siguiente **Cuadro N°6.4**, se muestra un resumen de los datos de intensidades para el presente proyecto.

Cuadro 6.4 Resumen de las intensidades para el proyecto

Descripción	Intensidad (mm/h)
Alcantarillas	25.95
Cunetas	19.51

Fuente: Elaboración propia

6.8. CÁLCULO DE ÁREAS Y PENDIENTES DE APORTE

Para el cálculo de áreas y pendientes de drenaje se utilizó la visualización del Google Earth, y mediante el programa Autocad, por el método de fotogrametría, se hizo una aproximación dando como resultado la identificación del área en estudio se ha determinado sobre la base de las cartas del Instituto Geográfico Militar (IGM), los valores obtenidos de las superficies de aporte y pendiente de cada sub-cuenca se encuentran en la siguiente **Cuadro N°6.5.**

Cuadro 6.5 Datos de las características físicas de cada cuenca

Nro. de área	Área de aporte (Km ²)	Longitud (Km)	Pendiente (%)
1	1.171	2.65	1.254
2	0.520	1.39	0.895
3	0.669	1.58	0.956
4	0.291	0.98	0.974
5	1.172	2.17	1.159
6	2.297	4.35	1.287

Fuente: Elaboración propia

6.9. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

El tiempo de concentración se define como el lapso de tiempo, bajo precipitación constante, que tarda el agua en ir desde el punto más distante – hidráulicamente definido dentro la cuenca hasta el punto de evacuación o control en este proyecto sería desde la sub-cuenca (Áreas de aporte) hasta evacuar.

Para la determinación del tiempo de concentración se utilizó el método de Kirpich que se basa en la siguiente ecuación:

$$tc = 0.06626 \times \left(\frac{L^2}{S} \right)^{0.385}$$

Dónde:

Tc: Tiempo de concentración (min.).

L: Longitud del curso de agua (Km.).

S: Pendiente del cauce principal.

Como norma general los valores de crecidas para cursos de agua menores con tiempos de concentración $t_c < 10$ minutos, asume un tiempo de concentración de $t_c \text{ min.} = 10$ minutos, (Manual de Hidrología y Drenaje de la A.B.C.), la ecuación de Kirpich es la más utilizada y recomendada en nuestro medio y ha sido calibrada para cuencas pequeñas. Por tanto el tiempo de concentración que se tiene para la estimación del caudal máximo es de **18.65 minutos**. El **Cuadro N°6.6** corresponde al tiempo de concentración para el drenaje del área de proyecto.

Cuadro 6.6 Tiempos de concentración para el proyecto

Nro. de área	Área de aporte (Km ²)	Longitud (Km)	Pendiente (%)	Tc asumido (Min)
1	1.171	2.65	1.254	12.86
2	0.520	1.39	0.895	8.91
3	0.669	1.58	0.956	9.59
4	0.291	0.98	0.974	6.59
5	1.172	2.17	1.159	11.37
6	2.297	4.35	1.287	18.65

Fuente: Elaboración propia

6.10. RESUMEN DE DATOS PARA EL DISEÑO DE DRENAJES

La siguiente **Cuadro N°6.7**. Se define el resumen de datos para el diseño de alcantarillas y cunetas.

Cuadro 6.7 Resumen de datos hidrológicos

Tipo	Tiempo de concentración	Intensidad mm/hr
	Minutos	
Alcantarilla	18.65	25.95
Cuneta		19.71

Fuente: Elaboración propia

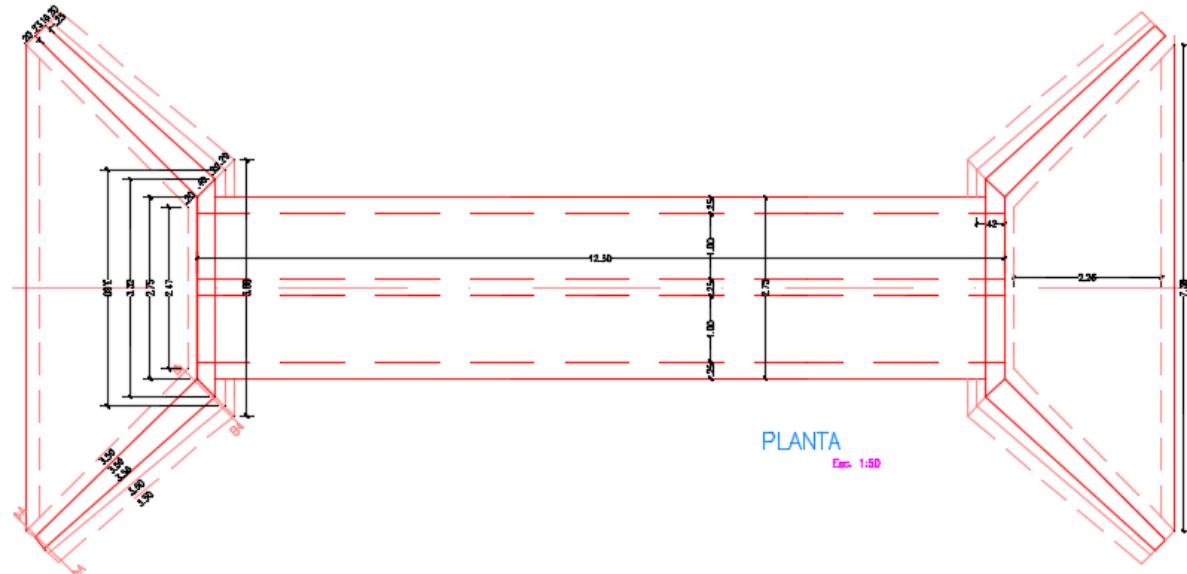
Una vez obtenido los datos para el diseño de drenaje, se puede constatar que son los mismos datos con los cuales se realizó el primer diseño realizado por la empresa consultora GUSOG S.R.L. motivo por el cual se mantendrá el primer diseño realizado de drenajes.

6.11. DRENAJE TRANSVERSAL

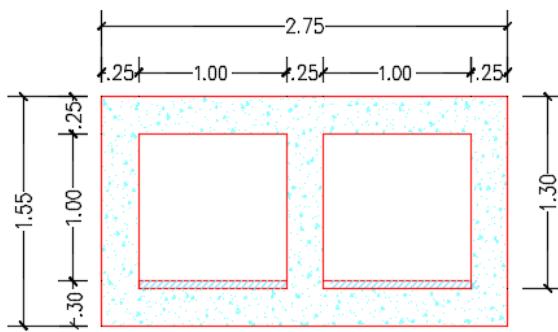
Los sistemas de drenaje transversal de una carretera o camino son aquellos elementos que transportan agua cruzando el eje del camino. Por lo general, el cruce se realiza de manera perpendicular al eje y transportan el área aporte que se encuentra aguas arriba de la vía en dirección aguas abajo.

6.11.1. Diseño de alcantarillas

Para el presente proyecto se utilizara el diseño de alcantarillas realizado por la consultora GUSOG S.R.L., para un tiempo de concentración de 18.65 minutos y una intensidad de 25.95 mm/hr, el cual fue realizado previamente para el primer diseño de pavimento rígido para el acceso vial a la planta, del cual se cuenta con los planos en formato digital en formato DWG y PDF (**Anexo F.2**), como se muestra en las **Figuras N°6.2 y N°6.3**.



*Figura N° 6.2 Vista en planta del diseño de alcantarilla Tipo
Fuente: Elaboración propia basado en el diseño consultora GUSOG S.R.L.*



VISTA FRONTAL

Esc. 1:50

Figura N° 6.3 Vista frontal del diseño de alcantarilla Tipo

Fuente: Elaboración propia basado en el diseño consultora GUSOG S.R.L.

6.12. DRENAJE DE LA PLATAFORMA

El objetivo del diseño de obras de drenaje de la plataforma es mantener las pistas de tránsito libres de inundación para la probabilidad de la precipitación de diseño. Existen distintos tipos de obras de drenaje necesarias para recoger y eliminar las aguas que se acumulan en la plataforma de la carretera, siendo el más utilizado el de cunetas longitudinales.

Las cunetas son canales que se hacen a ambos lados del camino y cuya función es interceptar el agua que transcurre sobre la plataforma, que esta agua viene del terreno natural adyacente, con las cunetas se conducirá el agua hasta una corriente natural u obra transversal y así alejarla lo más pronto posible de la zona que ocupa el camino.

6.12.1. Diseño de cunetas longitudinales

Para el presente proyecto se utilizará el diseño de cunetas realizado por la consultora GUSOG S.R.L., el cual fue realizado previamente para el primer diseño de pavimento rígido para el acceso vial a la planta, para un tiempo de concentración de 18.65 minutos y una intensidad de 19.51 mm/hr, del cual se cuenta con los planos en formato digital en formato DWG y PDF (**Anexo F.3**), como se muestra en las **Figuras N°6.4 y N°6.5**.

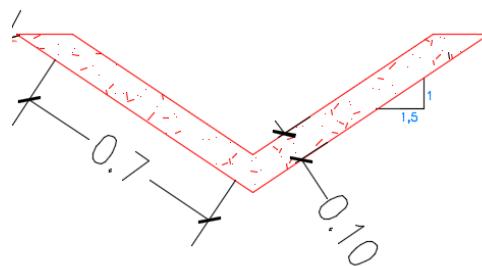


Figura N° 6.4 Diseño de cuneta tipo A

Fuente: Elaboración propia basado en el diseño consultora GUSOG S.R.L.

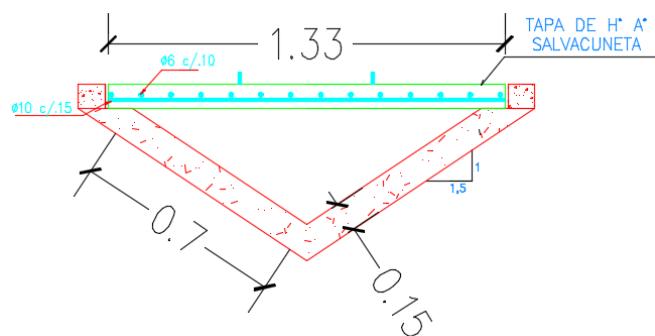


Figura N° 6.5 Diseño de cuneta tipo B

Fuente: Elaboración propia basado en el diseño consultora GUSOG S.R.L.

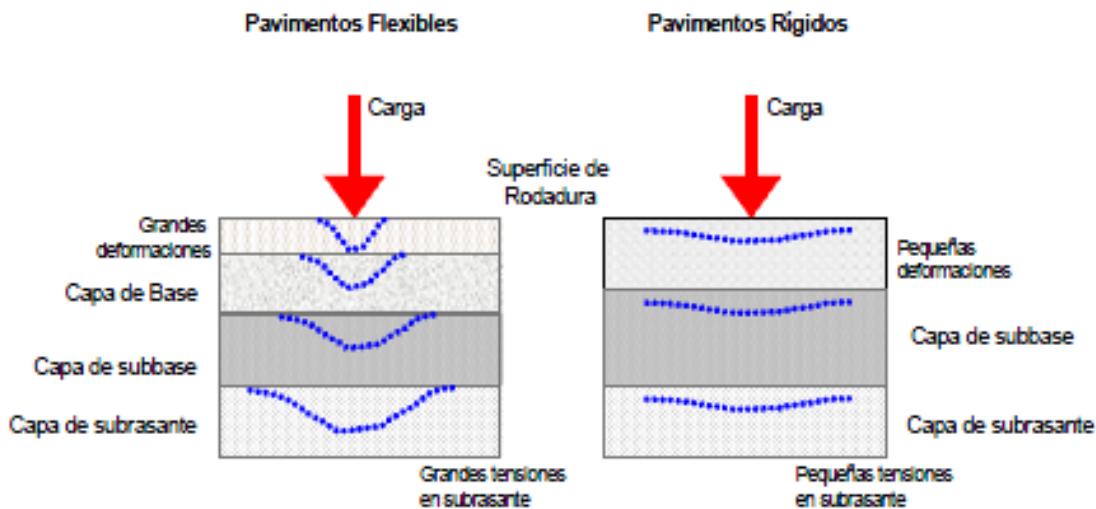
CAPITULO 7

7. DISEÑO DEL PAVIMENTO

7.1. INTRODUCCION

El diseño de la estructura del pavimento de una vía consiste en determinar los espesores de un cierto número de capas superpuestas de distintas materiales destinadas a distribuir y transmitir las cargas aplicadas de ruedas que circulan sobre la superficie, por el tránsito al cuerpo del terraplén, de forma que no se sobrepase la capacidad de soporte del terreno que conforma la sub-rasante, sobre la cual descansa la estructura.

Los pavimentos generalmente se dividen en flexibles y rígidos, teniendo comportamientos diferentes al aplicarles las cargas. En el caso del pavimento flexible la superficie de rodadura, al tener menos rigidez se deforma más, y se producen tensiones mucho mayores en la capa de sub-rasante, para el caso de pavimento rígido, debido a la rigidez de la losa de hormigón, se produce una buena distribución de las cargas en cada una de las capas, dando como resultados tensiones muy bajas en la capa de sub-rasante. El comportamiento de los mismos es muy diferente tal como se puede ver en la **figura N°7.1**



*Figura N° 7.1 Comportamiento en la estructura de pavimentos Flexibles y Rígidos
Fuente: Manual centroamericano para diseño de pavimentos, 2011*

En la figura anterior se puede observar que en la estructura de pavimento flexible además de capa de rodadura, se encuentran también la capa base, sub-base y sub-rasante, mientras que

en la estructura de pavimento rígido solo está las capas de sub-base y sub-rasante por debajo de la losa de hormigón.

Para el presente proyecto se diseñara un pavimento rígido

El cálculo del paquete estructural se lo realiza por el método de diseño de pavimentos rígidos AASHTO-93, que es considerado el más confiable y utilizado por la ABC (Administración Boliviana de Carreteras), principalmente por las simplificaciones técnicas y empíricas aplicables al diseño de carreteras.

7.2. SUB-RASANTE

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura del pavimento y sirve de asiento o fundación del paquete estructural que se encuentra sobre ella después de hacer corte y relleno donde corresponda.

Los estudios de suelos de la sub-rasante se realizaron a partir de la excavación de 20 pozos con una profundidad de 10m cada una, consiguiendo como resultado 5 tipos de suelos clasificados a partir de las normas ASSHTO como suelos A-2-4, A-3, A-4, A-6, y A-7-6, donde se observa que el material predominante corresponde a suelos A-4 con un 45%, seguido de suelos tipo A-6 con un porcentaje de 30%, donde la presencia de suelos gruesos es inferior con un total de 17%.

Considerando la Clasificación de suelos SUCS se cuenta con materiales tipo SM, SP – SM, y SP como materiales granulares con un porcentaje igual a 29,17% con mayor predominancia de limos en su composición; Suelos arcillosos CL con 50%, Limos ML con 13,33% y arcillas limosas CL- ML con un porcentaje de 7.5%.

Los valores de la capacidad de soporte admisible presentan magnitudes regulares a bajas con resultados por debajo de 1kg/cm² para muestras en estado saturado hasta los 5m de profundidad.

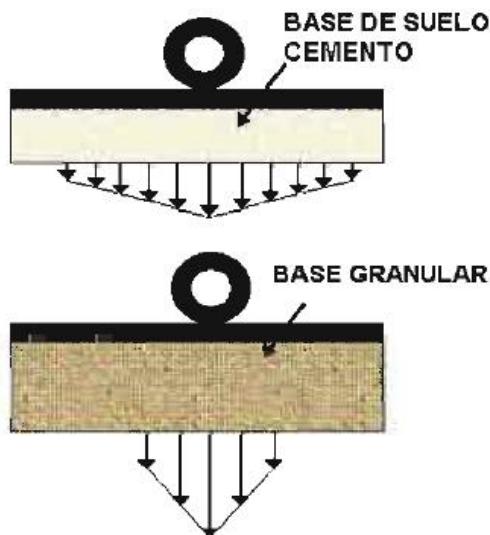
Las características de los suelos de la sub-rasante natural proporcionan valores de **CBR al 95% es de 4%**, para los cuales es necesario un cambio de material por una capa conformada de suelo-cemento.

7.2.1. Cambio de material de la sub-rasante (Estabilización suelo-cemento)

Bajo el criterio de brindar una sub-rasante uniforme libre de acolchonamientos, que permita la compactación del terraplén, que además provea un apoyo homogéneo a la losa que conformara el pavimento, recomienda cambiar el material de la sub-rasante, una capa de suelo-cemento constituida por un material granular que también será utilizada en la conformación de la capa sub-base, con la que será posible materializar un “puenteo” sobre aquel material inorgánico que tiene alta expansión.

Existen diversas razones que actualmente determinan un mayor uso del suelo – cemento en la construcción de estructuras de pavimentos, siendo una de las principales razones mayor durabilidad de los materiales de estructuras de pavimentos, para esto se requiere que la estructura del pavimento tenga capas de elevada capacidad de soporte y resistencia a los agentes atmosféricos, además de una mejor distribución de los esfuerzos sobre el pavimento

Figura N°7.2.



*Figura N° 7.2 Estado de distribución de esfuerzos
Fuente: PCA, 2011*

A lo largo de los años el término “suelo – cemento” se ha considerado y definido desde distintos puntos de vista. Las modificaciones realizadas en los materiales, el contenido de cemento y tipo de suelo, han generado diferentes definiciones.

Se define al “suelo – cemento” como un material elaborado a partir de una mezcla de suelos finos y/o granulares, cemento y agua, la cual se compacta y se cura para formar un material

endurecido con propiedades mecánicas específicas. El “suelo – cemento” se puede fabricar en planta central o bien ejecutarse in situ.

7.2.2. Propiedades

7.2.2.1. Densidad

La densidad del suelo – cemento se mide usualmente en términos de peso volumétrico seco máximo, el cual se utiliza como uno de los parámetros de control de campo. La relación humedad optima – densidad máxima puede variar para un mismo tipo de suelo y contenido de cemento si se cambia la energía de compactación.

7.2.2.2. Resistencia a la compresión simple

La resistencia a la compresión simple en las mezclas de suelo - cemento es un indicador del grado de reacción del suelo con el cemento y el agua. La resistencia a la compresión simple aumenta progresivamente con el tiempo.

De acuerdo con la ACI 230.1R, los rangos típicos de resistencia a compresión simple a los 7 y 28 días varía de acuerdo a lo mostrado en las **Tablas N°7.1**.

Tabla 7.1 Resistencia a compresión simple para diferentes tipos de suelo

Tipos de suelos USCS	F'c a los 7 días (Kg/cm ²)	F'c a los 28 días (Kg/cm ²)
GW, GC, GP, GM, SW, SC, SP, SM	21.09 – 42.18	28.12 – 70.3
ML, CL	17.58 – 35.15	21.09 – 63.28
MH, CH	14.06 – 28.12	17.58 – 42.18

Fuente: ACI 230.1R utilizado por el IBCH, 2011

Estos valores irán aumentando con el paso del tiempo elevando tres veces su valor a los 90 días y aumentando aún más con el transcurso de los años, esta afirmación proviene de los diferentes ensayos realizado por los años en diferentes partes del mundo tal como se muestra en la **Figura N° 7.3**.

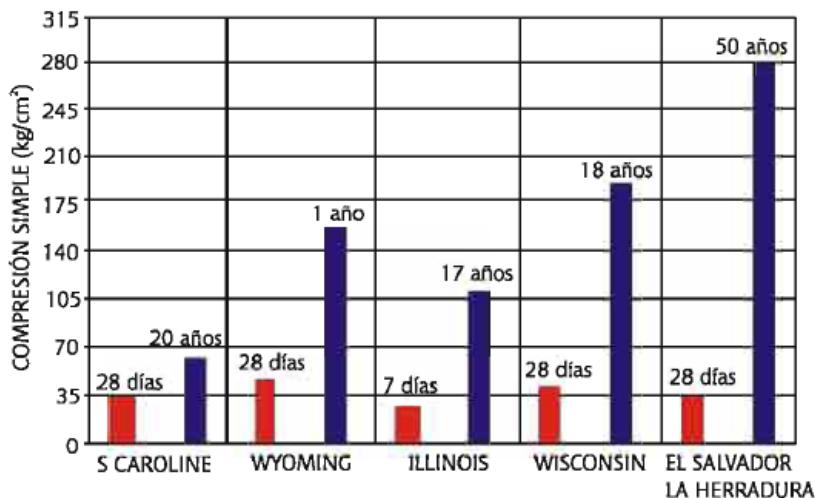


Figura N° 7.3 Resultados de ensayos de compresión simple en países del mundo

Fuente: ACI 130.1R utilizado por el IBCH, 2011

Para el presente proyecto se mejorara la base con suelo-cemento utilizando materiales del Banco de préstamo Caraparí o Lozano pudiendo ser suelos GW, GC, GP, GM, SW, SC, SP y SM. Para este tipo de suelos la resistencia a la compresión simple a los 28 días se encuentra en un rango de 28.12 – 70.3 Kg/cm² como se muestra en la **Tabla N°7.1**, se adoptara un valor medio de 49.21 Kg/cm² que equivale a **4.9 MPa**.

7.2.2.3. Resistencia a la flexión

El comportamiento del suelo – cemento respecto a su resistencia a la flexión se ha conocido directa e indirecta a través de los diversos ensayos o bien mediante ensayos de tracción indirecta. En general se conoce dos grupos o conjunto de valores: los correspondientes a los suelos finos y los obtenidos con mezclas de suelos granulares.

La resistencia a la flexión varía directamente con la resistencia a la compresión simple, muchos autores afirman que la resistencia a la flexión varia 1/3 a 1/5 de la resistencia a la compresión simple del suelo – cemento.

Para el presente proyecto, debido a que la resistencia a la compresión simple del suelo-cemento es alrededor de 4.9MPa la resistencia a la flexión estará entre el rango de **0.98 a 1.63 MPa**.

7.2.2.4. Módulo de elasticidad

El tratamiento de suelos con cemento eleva considerablemente los módulos de elasticidad, generando una rigidez tal que puede ser aprovechada en beneficio de una conveniente distribución de carga y un buen desempeño de la estructura del pavimento durante la vida de diseño.

En general dichos valores de los módulos son bajos comparados con los del concreto y muy altos con respecto a los de los suelos naturales compactados. Los valores típicos a 28 días del módulo de elasticidad estático en mezclas de suelo – cemento elaboradas con suelos con una cierta proporción de elementos granulares varían entre 4000 y 7000 MPa.

En el presente proyecto para la construcción de la capa de suelo-cemento, se utilizará suelo granular razón por la que se espera que el módulo de elasticidad variara entre **4000 a 7000 MPa** a los 28 días.

7.2.2.5. Permeabilidad

En general la permeabilidad de la mayoría de suelos se disminuye con la adición de cemento portland. Dicha reducción de la permeabilidad, depende principalmente del tipo de suelo, contenido de cemento y de una compactación adecuada.

Cuando se diseña mezclas de suelo – cemento con fines de impermeabilización, es muy importante evitar en lo posible contracciones que generen fisuras generalizadas en la superficie del suelo – cemento.

Los valores típicos del coeficiente de permeabilidad K de las mezclas de suelo – cemento elaborados con suelos arenosos, varían entre 0.4×10^{-6} y 3×10^{-6} cm/s. el porcentaje de cemento en estos casos suele ser inferior al 5% en peso.

En el caso del presente proyecto al utilizarse material granular para la construcción de la capa de suelo-cemento el **porcentaje de cemento en peso** deberá ser superior al **5%**.

7.2.3. Calculo del espesor suelo-cemento

Los fundamentos de los principales métodos de diseño de espesores de suelo – cemento son diferentes, algunos están basados en criterios obtenidos mediante la observación del comportamiento real de diversos pavimentos durante su periodo de servicio, mientras otros métodos se fundamentan en conceptos de fatiga y esfuerzos admisibles.

De acuerdo con el procedimiento particular de cada método de diseño se han generado ecuaciones, gráficas y programas computarizados, que permitan proporcionar un resultado confiable del espesor de suelo – cemento a colocar. Uno de los métodos más utilizados en varios países donde la implementación del suelo – cemento es cada vez más frecuente, es el método del PCA.

Como en la mayoría de los métodos de diseño de pavimento, para el cálculo de espesor de suelo – cemento por el método PCA, se precisa los siguientes pasos generales:

- Determinación de la resistencia del suelo.
- Determinación del periodo de diseño del suelo-cemento.
- Calculo del factor de fatiga (dependiente del tráfico, incluyendo volumen y distribución de pesos por eje).
- Calculo espesor de la capa de suelo-cemento.

7.2.3.1. Determinación de la resistencia del suelo

El soporte proporcionado por el suelo a la capa de suelo-cemento es el elemento más importante en el procedimiento de diseño. El soporte del suelo es medido en términos del módulo de Westergaard de reacción del suelo k , el cual se determina mediante ensayos de placa sobre el terreno. En caso que no esté disponible el equipo para la determinación del valor k mediante el ensayo de placa, las relaciones aproximadas listadas en la **Tabla N°7.2** pueden ser utilizadas a modo de guía.

Tabla 7.2 Relaciones entre Tipos de Suelos y Valores de Soporte

Tipo de suelo	Resistencia del Suelo	Rango de CBR (%)	Rango del Valor R	Rango del Módulo k (lb/pulg³)
Suelos de grano fino en los cuales predominan los tamaños de partículas de limo y arcilla	Baja	3 – 6	8 - 27	100 - 150
Arenas pobemente graduadas y suelos que son predominantemente arenosos con cantidades moderadas de limo y arcilla	Media	6 – 10	27 - 45	150 - 200

Suelos gravosos, arenas bien graduadas, y mezclas de arenas y gravas, relativamente libres de finos plásticos	Alta	Mas de 10	50 o mas	200 o mas
---	------	-----------	----------	-----------

Fuente: Guía de diseño de pavimentos de la Portland Cement Association (PCA), 2011

De acuerdo con la **Tabla N°7.2** y los resultados obtenidos en el estudio de suelos la resistencia del suelo es **Baja**, con un módulo k de **130lb/pulg³** para un **CBR de 4%**.

7.2.3.2. Determinación del periodo de diseño del suelo-cemento

El periodo de diseño seleccionado convencionalmente por el procedimiento es de 20 años. Sin embargo este valor no hay que confundirlo con la vida de servicio de los pavimentos.

Debido a que la selección del periodo de diseño es algo arbitrario y que la formulación del diseño no es particularmente sensible a las variaciones en el periodo de diseño, para el diseño del presente proyecto se utilizara el periodo de diseño recomendado por el método el cual es de **20 años**.

7.2.3.3. Calculo del factor de fatiga

Este procedimiento de diseño denomina como factor de fatiga al valor individual que expresa los efectos del consumo total de fatiga, producido por los volúmenes y pesos de cargas de ejes simples y tandem, para un problema de diseño dado. Este factor se basa en coeficientes que muestran el consumo relativo de fatiga de las diferentes magnitudes de cargas por eje, denominados “Coeficientes de Consumo de Fatiga”, los cuales se listan en la **Tabla N°7.3**

Tabla 7.3 Coeficientes de Consumo de Fatiga

Carga por Eje (Miles de libras)	Suelo-Cemento Granular	Suelo-Cemento Gradación Fina
Ejes Simples		
30	12,500,000.	3,530.
28	1,270,000.	1,130.
26	113,000.	337.
24	8,650.	93.
22	544.	23.3
20	27.	5.2
18	1.0000	1.0000
16	0.0250	0.1600
14	0.0004	0.0200
12	0.0000	0.0018
Ejes Tándem		
50	12,500,000.	3,530.
48	3,210,000.	1,790.
46	792,000.	890.
44	186,000.	431.
42	41,400.	203.
40	8,650.	93.
38	1,690.	41.1
36	305.	17.5
34	50.4	7.1
32	7.5	2.74
30	1.0000	1.0000
28	0.1200	0.3410
26	0.0120	0.1070
24	0.0010	0.0310
22	0.0000	0.0081
20	0.0000	0.0018

Fuente: Guía de diseño de pavimentos de la Portland Cement Association (PCA), 2011

Los Coeficientes de consumo de fatiga son multiplicados por los números (en miles) de ejes de cada intervalo de carga y luego sumados para dar un valor simple de factor de fatiga, como se ilustra en el Cuadro N°7.1.

Cuadro 7.1 Factor de fatiga para el presente proyecto

Carga por eje (miles de libras)	Ejes por 1,000 camiones	Cargas por eje en el periodo de diseño	Cargas por Eje en el Periodo de Diseño	Coeficientes de Consumo de Fatiga	Efectos de Fatiga
Ejes simples					
4	25.5	600,004	600.0	0	0
14	141.6	3'331,787	3,331.8	0.0004	1.33
22	18.0	423,532	423.5	544	230,384.00
Ejes Tándem					

36	113.1	2'661,194	2,661.2	305	811,666.00
			Total Factor de Fatiga	1'042,051.33	
			Total Factor de Fatiga	1'042,000	

Fuente: Elaboración propia

7.2.3.4. Calculo del espesor suelo-cemento

El espesor de la capa de suelo-cemento se determina empleando las gráficas realizadas por la PCA, para suelo-cemento granular. El espesor de suelo-cemento se lee con una aproximación de un décimo (0.1) de pulgada empleando el valor de diseño del coeficiente de reacción k y el factor de fatiga.

Utilizando la **Figura N°7.4** propuesta por la PCA, se determina el espesor de la capa de suelo-cemento, obteniendo un valor de **8 pulgadas** equivalente a **20 cm**, utilizando como datos de entrada el coeficiente de reacción K=130 Pci para un valor de CBR de 4%, intersectando con el factor de fatiga de 1'042,000.

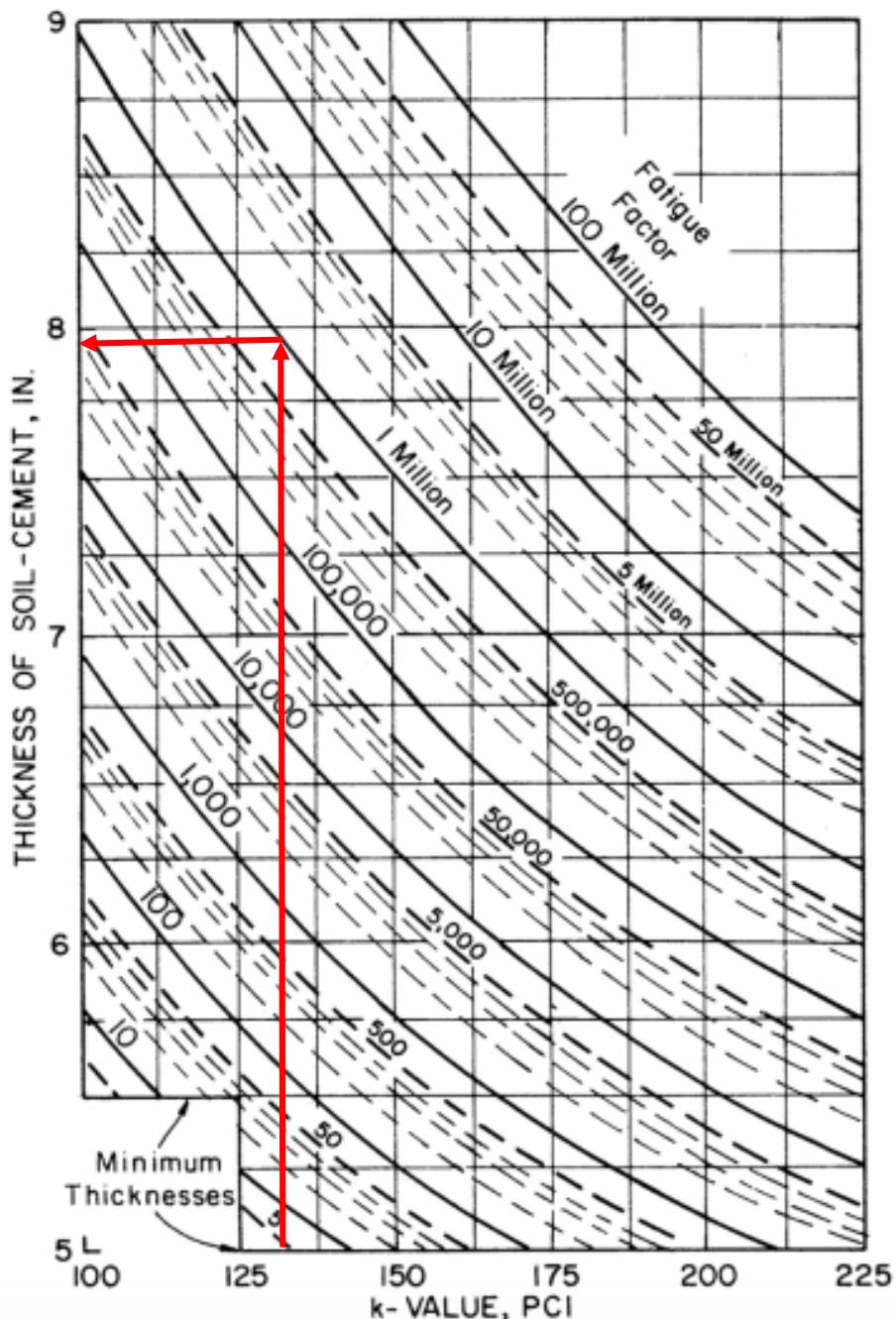


Figura N° 7.4 Grafica para el cálculo del espesor de suelo-cemento con suelo granular
Fuente: Guía de diseño de pavimentos de la Portland Cement Association (PCA), 2011

7.3. TERRAPLÉN

Se denomina terraplén al suelo con que se rellena un terreno para levantar su nivel y formar un plano de apoyo adecuado para la estructura del pavimento. De acuerdo con el estudio hidrológico de la zona del proyecto para evitar inundaciones en la estructura de pavimento, es necesario la conformación de un terraplén.

El terraplén estará situado sobre la capa de sub-rasante estabilizada con suelo cemento, con una altura de **0.6m**, el material de los 3 Bancos de préstamo analizados (Ojo de Agua, Caraparí y Lozano) son adecuados para la conformación del terraplén.

7.4. CAPA SUB – BASE

Es la capa de la estructura de pavimento destinada a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas por la losa de hormigón y transmitir estos esfuerzos a la sub-rasante o terraplén.

Realizado el análisis de los materiales de bancos de préstamos, se empleara los suelos tipo A-1 de Caraparí o Lozano, en la conformación de esta capa, siendo los de mejor características, pero ubicado a mayor distancia.

Para realizar el cálculo del espesor de la losa de hormigón se asumió un espesor de **0.15m** para la capa sub-base, siendo este espesor el valor más utilizado en los diseños de pavimento rígido.

7.5. DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO METODO AASHTO 93

Un pavimento de concreto o pavimento rígido consiste básicamente en lasas de concreto simple o reforzado, apoyadas directamente sobre una capa-base o sub-base. La losa debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, absorbe gran parte de los esfuerzos que se ejercen sobre el pavimento lo que produce una buena distribución de las cargas de rueda dando como resultado tensiones muy bajas en la sub-rasante.

Este método de diseño tienen la finalidad de calcular un espesor de la losa en función al tipo de tráfico que circulará durante el periodo de diseño, el método AASHTO convierte el tráfico en un tráfico equivalente denominado número de ESAL's (Equivalent Single Axis Loads).

Los parámetros que utiliza este método sirven de manera directa como datos de entrada para el cálculo del espesor de las lasas de hormigón, los cuales se reemplazan en una ecuación general de diseño.

7.5.1. Parámetros de diseño

7.5.1.1. Variables de tiempo

La vida útil del proyecto es el periodo que media entre la construcción o rehabilitación del pavimento y el momento que este alcanza un grado de serviciabilidad mínima. Para el caso del presente proyecto la vida útil del proyecto será de **20 años**.

7.5.1.2. Nivel de confianza (*R*)

Confiabilidad es la posibilidad de que el sistema estructural que forma el pavimento cumpla su función prevista durante su vida útil, bajo las condiciones de carga e intemperismo que tienen lugar en ese lapso de tiempo.

Es un índice que se constituye en un factor de seguridad, para resguardar la varianza que ocurre entre los valores que se asignan a los parámetros de diseño y los que realmente se consiguen en el desempeño del pavimento durante su vida de servicio.

Tabla 7.4 Niveles de confiabilidad recomendadas por AASHTO

Tipo de camino	Confiabilidad Recomendada	
	Zona urbana	Zona rural
Rutas Inter estatales y autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9
Arterias principales	80 – 99	75 – 99
Colectores	89 – 95	75 – 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: Guía para el diseño de pavimentos rígidos Ayllón Jaime, 2011

Para el presente proyecto se adopta un valor de **85%** de confianza, por ser una carretera de alta importancia y que permite el abastecimiento de hidrocarburos dentro del territorio nacional, de acuerdo a la **Tabla N°7.4**.

7.5.1.3. Desviación estándar (*So*)

El comportamiento de un pavimento diseñado con un nivel de confiabilidad predeterminado va a tener una varianza (*SD*)² con respecto al tránsito estimado en el periodo de diseño, este valor puede ser determinado para cada diseño en particular si se dispone de suficiente información.

Si no se dispone de información se pueden utilizar los valores desarrollados en el ensayo vial AASTHO Road Test, considerando las predicciones del tráfico, de acuerdo a la **tabla N°7.5**.

Tabla 7.5 Desviación estándar pavimentos rígidos

Condiciones de diseño	Desviación Estándar
Variación en la predicción del comportamiento del	0.34

pavimento sin errores en el tráfico	
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tráfico	0.39

Fuente: Instituto Boliviano de Cemento y Hormigón

Tomando en cuenta todos los errores o variabilidad asociada con los datos de diseño y construcción, incluyendo la variabilidad en las propiedades de los materiales, suelo de fundación, estimación de tráfico, condiciones climáticas y calidad de construcción, para el caso donde se considera la variación del tráfico futuro proyectado, la guía de diseño AASTHO recomienda un valor de 0.35. El presente proyecto que no cuenta con datos de pesaje razón por la que se adopta un valor de **0.39**.

7.5.1.4. Factor de desviación normal (Z_R)

La curva de comportamiento real del pavimento y la curva de diseño propuesto por la AASTHO, de acuerdo a los resultados obtenidos en el ensayo vial, tienen la misma forma pero coinciden, para ajustar estas dos curvas en base a criterios estadísticos se adoptó un enfoque regresional, donde las varianzas se representan mediante una desviación estándar y el factor de ajuste entre las dos curvas se define como el producto de la desviación normal Z_R , por la desviación estándar S_o . Los factores de desviación normal se muestran en la **tabla N° 7.6**.

Tabla 7.6 Factores de desviación normal

Confiabilidad	Z_R	Confiabilidad	Z_R
50	0	92	-1.405
60	-0.253	94	-1.555
70	-0.524	95	-1.645
75	-0.674	96	-1.751
80	-0.841	97	-1.881
85	-1.037	98	-2.054
90	-1.282	99	-2.327

Fuente: Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos Ing. Salazar, 1998.

Para el caso del presente proyecto para un porcentaje de confiabilidad del 85% la desviación normal será de **-1.037**.

7.5.1.5. Índice de serviciabilidad

Se define el índice de serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento. Inicialmente esta condición se cuantificó a través de la opinión de los conductores, cuyas respuestas se tabularon en una escala de 5 a 1, como se muestra en la **tabla N° 7.7**.

Tabla 7.7 Índice de serviciabilidad

Índice de Serviciabilidad	Calificación
5 – 4	Muy buena
4 – 3	Buena
3 – 2	Regular
2 – 1	Mala
1 – 0	Muy mala

Fuente: Guía para diseño de pavimentos rígidos Ayllón Jaime, 2011.

7.5.1.5.1. Índice de serviciabilidad inicial (P_o)

Es una medida de la suavidad del pavimento o facilidad de conducción inmediata después de la construcción. El valor recomendado por la AASHTO para pavimentos rígidos carreteros nuevos es de **4.5**, valor que será utilizado en el presente proyecto.

7.5.1.5.2. Índice de serviciabilidad inicial (P_t)

Es la serviciabilidad mínima tolerable del pavimento, cuando la serviciabilidad del pavimento alcanza su valor terminal este requiere una rehabilitación. Valores típicos de serviciabilidad final están entre 2 y 3, dependiendo de la clasificación funcional de la carretera, las recomendaciones de la AASHTO para la selección de la serviciabilidad final se muestra en la **Tabla N° 7.8**.

Tabla 7.8 Serviciabilidad Final

Volumen TPDA	Tipo de tráfico	Serviciabilidad Final
Volumen Alto (mayor a 10.000)	Camiones muy importantes	3.0
Volumen Medio (3.000 a 10.000)	Camiones de tráfico mediano	2.5
Volumen Bajo (menor a 3.000)	Camiones de menor tráfico	2.0

Fuente: Guía para el diseño de pavimentos rígidos Ayllón Jaime, 2011

Para el presente proyecto, se adopta el valor de índice de serviciabilidad final de **2.5** considerando la importancia de la carretera y las recomendaciones de la AASTHO.

7.5.1.5.3. Perdida o disminución del índice de serviciabilidad

La pérdida del índice de serviciabilidad inicial representa una pérdida gradual de la calidad de rodaje de la carretera, causada por el deterioro del pavimento, representa la diferencia entre los índices de serviciabilidad inicial y final.

$$\Delta PSI = Po - Pt$$

Donde:

ΔPSI : Diferencia entre los índices de servicio inicial y final

P_o : Índice de servicio inicial

P_t : Índice de servicio final

$$\Delta PSI = 4.5 - 2.5$$

$$\Delta PSI = 2$$

7.5.1.6. Tráfico vehicular (W_{18})

Es el número acumulado de ejes equivalentes de 18.000 lb (80 KN o 18 Kips), que se espera que el pavimento pueda soportar en su periodo de desempeño (20 años). Para la determinación de los ESALs, se aplica el cálculo de los factores de carga, según las ecuaciones y tablas desarrollados por la AASTHO.

El cálculo del número de ejes equivalentes, para el diseño del pavimento rígido del presente proyecto se lo realizo en el capítulo 3, obteniendo un valor de **23'529,567**.

7.5.1.7. Módulo de reacción de la sub-rasante (K)

Este factor nos da la idea de cuánto se asienta la sub-rasante cuando se aplica un esfuerzo de compresión, esta resistencia de las sub-rasante o terraplén se presenta en términos de módulo de Westergaard de reacción k, que está definido como la medida o estimación de la resistencia en el extremo superior del suelo de fundación del camino sobre el cual será construida la sub-base y la losa.

Se puede obtener este valor haciendo la prueba de soporte de placa de acuerdo con la designación T222 de la AASHTO, con una placa de 30 pulgadas de diámetro. Debido a que la prueba de placa es costosa y consume mucho tiempo, usualmente, el valor de K se estima

generalmente por correlación con otros ensayos simples, tal como la razón soporte california (CBR) o las pruebas de valores R, utilizando ábacos y formulas en función a CBR. El resultado es válido ya que no requiere una determinación exacta del valor de K, las variaciones normales para un valor estimado no afectarán apreciablemente el espesor requerido del pavimento.

La AASTHO recomienda para la determinación del valor K una formula en función al CBR de la sub-rasante:

$$K = \left(\frac{1500 \times CBR}{26} \right)^{0.7788}$$

$$K = \left(\frac{1500 \times 4}{26} \right)^{0.7788}$$

$$\mathbf{K = 69 Pci}$$

7.5.1.8. Efecto de la calidad de sub-base en el valor (K)

La presencia de una sub-base conformada por materiales de buena calidad, produce un aumento del módulo de reacción de la sub-rasante, los valores de este incremento, para diferentes tipos de sub-bases, han sido establecidos por el Ing. Marció Rocha Pitta de la Asociación Brasileña de Cemento Portland, estos valores se muestran en las tablas propuestas por la PCA y la AASTHO (**Anexo G.2**).

Tabla 7.9 Efecto de sub-base de suelo mejorado con cemento en el valor de k

CBR (%)	Valor Soporte de Subrasante K (Mpa/m)	K subbase (MPa./m)		
		10 cm.	15 cm.	20 cm.
2	16	36	54	69
3	24	50	72	91
4	30	60	84	107
5	34	66	92	117
6	38	73	99	126
7	41	77	105	133
8	44	82	110	140
9	47	86	115	146
10	49	89	119	151
11	51	92	122	155
12	53	95	125	159
13	54	96	127	162
14	56	99	130	166
15	57	101	132	168
16	59	103	135	172
17	60	105	137	174
18	61	106	139	176
19	62	108	140	178
20	63	109	141	180

Fuente: Guía para el diseño de pavimentos de concreto rígido. Ayllon Jaime, 2011.

Para el caso del presente proyecto se utiliza la tabla propuesta por la PCA de efecto de sub-base de suelo mejorado con cemento en el valor de K (**Figura N°7.9**), donde se ingresa con un valor del CBR de la sub-rasante de 4% y se obtiene un valor de **84 MPa/m** para un espesor de la sub base de 15 cm, siendo este espesor el mínimo óptimo para el método constructivo.

7.5.1.9. Propiedades del hormigón

En el diseño de la losa del pavimento se debe tomar en cuenta diferentes propiedades del hormigón, que deben cumplir con las necesidades para su implementación de una obra vial, para tal efecto se considera las siguientes propiedades:

- Módulo elástico del pavimento.
- Módulo de rotura.

7.5.1.9.1. Módulo elástico del pavimento (Ec)

El módulo elástico es un parámetro que representa la rigidez y la capacidad de distribuir las cargas que tienen las losas de hormigón del pavimento. Es un valor que representa la relación entre la tensión y la deformación, por lo cual las deflexiones, curvaturas y tensiones están directamente relacionadas con el módulo elástico del hormigón.

El modulo elástico del hormigón está relacionado con su módulo de rotura, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Ec = 57000 \times f'c^{0.5}$$

Donde:

E_c : Módulo elástico del hormigón (psi)

f'_c : Resistencia a la compresión simple del hormigón (psi)

Para el presente proyecto se utilizó una resistencia característica del hormigón de 250 kg/cm².

$$f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'c = 3556 \text{ psi}$$

Para el diseño, el módulo elástico del concreto que se utiliza corresponde a:

$$Ec = 57000 \times 3556^{0.5}$$

$$Ec = 3399036 \text{ psi}$$

7.5.1.9.2. *Módulo de rotura ($S'c$)*

Es la resistencia media a la flexo tracción del hormigón a los 28 días (S'_c). Esta propiedad del concreto se expresa en función de la resistencia a la flexión. Esta resistencia, que se va a usar en la construcción, se debe determinar mediante una prueba de carga en tres puntos (carga al tercio), como se especifica en la norma AASHTO T-97 o mediante la relación:

$$S'c = K \times f'c^{0.5}$$

Donde:

S'_c : Módulo de rotura (psi)

f'_c : Resistencia a la compresión simple del hormigón (psi)

K: Constante de la ecuación (varia de 7 a 12) normalmente se utiliza un valor de 11.

$$S'c = 11 \times 3556^{0.5}$$

$$S'c = 652 \text{ psi}$$

Este valor del módulo de rotura según la experiencia en proyectos realizados en Bolivia normalmente se fija en 4.5 Mpa que equivale a un valor de 656 psi.

$$S'c = 656 \text{ psi}$$

7.5.1.10. Coeficiente global de drenaje (Cd)

El valor de este coeficiente depende de dos parámetros:

- La capacidad de drenaje, que se determina de acuerdo al tiempo que tarda el agua en ser evacuada del pavimento.
- El porcentaje de tiempo durante el cual el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación en el transcurso del año. Dicho porcentaje depende de la precipitación media anual y de las condiciones de drenaje.

La norma AASTHO recomienda cinco capacidades de drenaje, que se muestran en la **Tabla N° 7.10:**

Tabla 7.10 Capacidad de drenaje

Calidad de drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser evacuada
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	El agua no drena

Fuente: Guía para el diseño de pavimentos de concreto rígido Ayllón Jaime, 2011.

De acuerdo a esta capacidad de drenaje la AASTHO establece los factores de drenaje para pavimentos rígidos (Cd), los cuales se registran en la **Tabla N° 7.11.**

Tabla 7.11 Coeficiente de drenaje para pavimentos rígidos

Calidad de drenaje	% de tiempo que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	<1%	1 – 5%	5 – 25%	>25%
Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Regular	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Pobre	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy pobre	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

Fuente: Guía para el diseño de pavimentos de concreto rígido Ayllón Jaime, 2011.

Las condiciones hidrológicas del terreno y de los suelos primordialmente arenosos, indican un drenaje entre regular a bueno y las características de precipitación de la zona muestran que entre el 5 al 25 % del tiempo, el pavimento estará en niveles cercanos a la saturación, por lo tanto el valor adoptado corresponderá a **1.00**.

7.5.1.11. Coeficiente de transferencia de carga (J)

La transferencia de cargas en las juntas transversales, se refiere a la capacidad de una losa de trasferir una parte de su carga a la losa adyacente; una junta con una capacidad de transferencia del 100% será aquella que transfiera la mitad de su carga a la losa vecina, reduciendo las tensiones que se presentan en el borde.

Para lograr una efectiva transferencia de cargas, especialmente en vías de tráfico pesado, es necesario utilizar pasa juntas en todas las juntas transversales, por otra parte, para el control de cargas en los bordes longitudinales del pavimento, es conveniente utilizar bermas de hormigón ligadas o losas con sobre ancho, que producirán una disminución notable de los esfuerzos de tensión en bordes y esquinas, además de optimizar el diseño, reduciendo los espesores del pavimento.

La influencia de las pasa juntas y de bermas ligadas o de losas de sobre anchos, se considera en el diseño mediante el “Coeficiente de transferencia de cargas” (J). Como criterio general, se deben utilizar coeficientes de transferencia altos para suelos con módulos de reacción bajos, de igual manera para diferenciarlas térmicos elevados. En la **Tabla N° 7.12** se presentan los valores de (J) para diferentes condiciones de transferencia de cargas.

Tabla 7.12 Coeficiente de transferencia de carga

Tipo de pavimento	Bermas de asfalto		Bermas de Ho ligadas	
	Dispositivos de transferencia		Dispositivos de transferencia	
	Si	No	Si	No
Junta sencilla y junta reforzada	3.2	3.8 – 4.4	2.5 – 3.1	3.6 – 4.2
Con refuerzo continuo	2.9 – 3.2	-----	2.3 – 2.9	-----

Fuente: Guía para el diseño de pavimentos de concreto rígido Ayllon Jaime, 2011.

El uso de bermas de hormigón vinculadas a la calzada o de losas ensanchadas reduce las tensiones y deformaciones en la losa, lo cual permite utilizar menores valores de “J”, debido a que los vehículos no transitan sobre las bermas.

Se ha establecido el uso de una berma de hormigón que será vaciada de forma monolítica mediante el sistema de losas cortas, según se muestra en los planos de la geometría propuesta. En este sentido, considerando una berma fundada sobre material granular, se establece para el presente proyecto el uso de un coeficiente de transferencia de carga de **3.2**.

7.5.2. Calculo de espesores del pavimento rígido

El espesor será determinado considerando la carga aplicada al medio de la losa, como se muestra en la **figura N° 7.5**, en pavimentos con pasajuntas esta ubicación es crítica para el diseño por fatiga, la mayor parte de las fisuras empezarán al borde de la losa como resultados de los esfuerzos de tensión ocasionados por esta carga en la parte inferior.

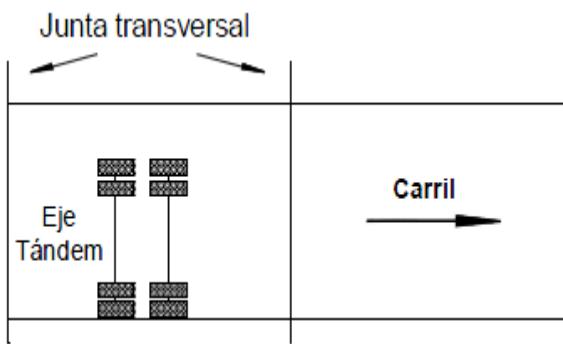


Figura N° 7.5 Posiciones de la carga al centro de la losa
Fuente: Elaboración propia

Con esta ubicación de la carga se calculará el espesor del diseño de losa con pasajuntas en las juntas transversales, si las juntas no tienen pasajuntas, es necesario revisar el diseño para cargas aplicadas en las juntas, con el fin de verificar la ubicación de la carga en la junta causa una tensión mayor en la cara superior de la losa, también se efectuará una revisión del diseño de juntas con transferencias a la falla (fisura).

7.5.2.1. Ecuación para el cálculo de espesor de pavimento rígido

Para el cálculo del espesor del pavimento rígido por el método AASTHO 93, se utiliza la ecuación propuesta por la AASTHO:

$$\log W18 = Zr \times So + 7.35 \log(D + 1) - 0.06 + \frac{\log \left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.625 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} \\ + (4.22 - 0.32 Pt) \log \left[\frac{Sc \times Cd (D^{0.75} - 1.32)}{215.63 J \left[D^{0.75} - 18.42 \left(\frac{K}{Ec} \right)^{0.25} \right]} \right]$$

Donde el significado de cada variable se muestra en el **Cuadro N°7.2.**

Cuadro 7.2 Variable de la ecuación AASTHO 93 para el cálculo del espesor del pavimento rígido

NOMBRE DE LA VARIABLE	SIMBOLO
Periodo de Diseño	P
Índice de serviciabilidad inicial	P ₀
Índice de serviciabilidad final	P _t
Diferencia de índice serv. final-inicial	ΔPSI
Confiabilidad	R
Desviación estándar	S ₀
Desviación normal	Z _r
Resistencia a compresión del Hº	f'c
Módulo de Reacción de la Sub-rasante	K
Módulo de elasticidad del hormigón	E _c
Módulo de Rotura del Hormigón	S'c
Coeficiente de transferencia de carga	J
Coeficiente de drenaje	C _d
Espesor de la Sub-base granular	D
Espesor de losa	D
K subbase-subrasante	K

Fuente: Elaboración propia

7.5.2.2. Datos de entrada para el cálculo del pavimento rígido

Para el cálculo del espesor del pavimento rígido utilizando la ecuación propuesta por el método AASTHO 93, es necesario una calculadora de alta capacidad o de uno de los muchos programas para computadora con el desarrollo de este método. Para cualquiera de los casos se utiliza como datos de entrada los valores que se muestran en el **Cuadro N°7.3**

Cuadro 7.3 Datos de entrada para el cálculo del pavimento rígido

NOMBRE DE LA VARIABLE	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
Periodo de Diseño	P	20	Años
Índice de serviciabilidad inicial	P ₀	4.5	-

Índice de serviciabilidad final	Pt	2.5	-
Diferencia de índice serv. final-inicial	ΔPSI	2	-
Confiabilidad	R	85	%
Desviación estándar	So	0.39	-
Desviación normal	Zr	-1.037	-
Resistencia a compresión del H°	f'c	3556	psi
Módulo de Reacción de la Sub-rasante	K	69	pci
Módulo de elasticidad del hormigón	Ec	3399036	psi
Módulo de Rotura del Hormigón	S'c	656	psi
Coeficiente de transferencia de carga	J	3.2	-
Coeficiente de drenaje	Cd	1	-
Espesor de la Sub-base granular	d	6	Pulg.
Espesor de losa adoptado	D	10	Pulg.
K subbase-subrasante	K	84	MPa/m

Fuente: Elaboración propia

Para el presente proyecto el cálculo del espesor de la losa se lo realizó con la ayuda del programa para computadora generado por el Ing. Luis Ricardo Vásquez, para la resolución de las ecuaciones propuestas por la AASHTO 93 (**Figura N°7.6**).

Ecuación AASHTO 93

CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)

Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004.

Tipo de Pavimento Pavimento flexible Pavimento rígido Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So) So

Serviciabilidad inicial y final PSI inicial PSI final Módulo de reacción de la subrasante pci

Información adicional para pavimentos rígidos Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J) Módulo de rotura del concreto - Sc (psi) Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis Calcular D Espesor de losa (plg) Calcular W18

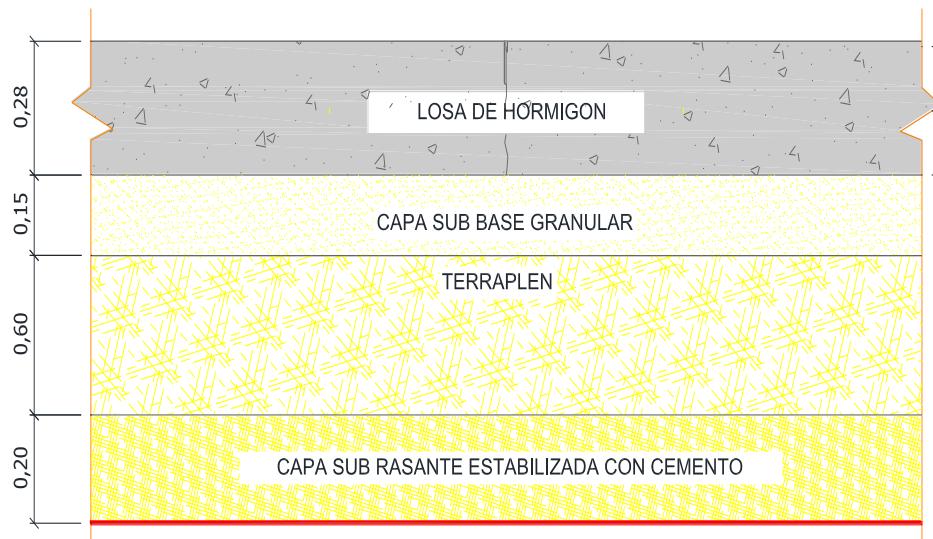
Observaciones

Figura N° 7.6 Calculo del espesor de la losa del pavimento rígido AASHTO 93
Fuente: Elaboración propia

Espesor Adoptado: D= 10 pulg = 25.4 cm

Espesor Calculado: D= 11 pulg = 27.94 cm

El espesor de la losa será de **11 pulgadas** que equivale a **28 cm** aproximadamente. Adicionalmente se puede calcular el espesor de la losa con las gráficas propuestas por la guía AASHTO 93, estas graficas se muestran en el **Anexo G.3**.



*Figura N° 7.7 Conformación del paquete estructural del pavimento
Fuente: Elaboración propia*

7.5.3. Geometría de la losa

Las dimensiones de la losa corresponderán al criterio de las losas cortas donde se busca que una losa sea solicitada por un solo conjunto de llantas de vehículos pesados a la vez. Con este criterio se busca dar mayor vida útil al pavimento en su conjunto reduciendo significativamente las tensiones por cargas en bordes alabeados en las losas.

El proyecto contempla dos carriles (2 x 3.5 m) más bermas (2 x 1.8 m), con un ancho total de plataforma de 10.6 m. estudios del IBCH basados en modelos de elementos finitos demuestra una notable reducción de tensiones cuando se utilizan losas de medio carril de ancho, lo que lleva a una mayor durabilidad en este tipo de pavimentos.

El espaciamiento entre juntas de contracción de pavimentos de hormigón simple, depende de los factores principalmente locales, como la calidad de los materiales y condiciones climáticas.

La AASHTO recomienda que el espaciamiento entre juntas no debe ser superior a 24 veces el espesor de la losa, además no debe ser mayor a 1.25 veces el ancho de la losa, se debe adoptar el menor valor de ambos.

$$24 \text{ espesor losa} \geq \text{espaciamiento} \geq 1.25 \text{ espesor losa}$$

$$24 \times 25 \geq \text{espaciamiento} \geq 1.25 \times 25$$

$$\mathbf{600 \text{ cm} \geq \text{espaciamiento} \geq 31.25 \text{ cm}}$$

Las juntas longitudinales que generalmente coinciden con las marcas de carril preferentemente deben ser diseñadas con separaciones de 2.5 a 3.7 metros.

Bajo estas condiciones se define la geometría de las losas dividiendo los carriles con losas de **1.75 m x 2.8 m**, con 28 cm de espesor, siendo dimensiones recomendadas por la IBCH coincidiendo las juntas longitudinales con las marcas de carril y cumpliendo el rango de espaciamiento de juntas longitudinales recomendado por la AASTHO.

En lugares donde la losa de pavimento no se pueda realizar con las dimensiones de la geometría establecida, se colocara una malla de refuerzo de 16 mm de diámetro para compensar los esfuerzos de la losa al ser de geometría asimétrica.

En los sectores donde el pavimento rígido se conecte con el pavimento flexible antiguo o tierra (intersección con otras vías o principio y final del pavimento), se recomienda realizar un engrosamiento de la última losa desde los 28 cm de diseño hasta alcanzar un espesor total de 35 cm. Este engrosamiento se realizaría entre la última junta transversal hasta la parte que se encuentra en contacto con el otro material y mínimamente en una longitud de 2 m.

7.5.4. Diseño de pasajuntas transversales

Las barras pasajuntas longitudinales se diseñan en función de la losa. A pesar de su importancia para evitar los fenómenos de escalonamiento y bombeo de finos, la guía de diseño AASTHO, no prevé un procedimiento tensional para su dimensionamiento.

La AASHTO recomienda que las pasajuntas debe colocarse a la mitad del espesor de losa y deben tener un diámetro mayor o igual a 1/8 del espesor de la losa.

$$Diametro \geq \frac{1}{8} \text{ espesor de losa}$$

$$Diametro \geq \frac{1}{8} \times 28$$

$$\boxed{Diametro \geq 3.5 \text{ cm}}$$

Tendrán una longitud de 40 a 45 cm y se colocarán con un espaciamiento entre barras de 30 cm. En la siguiente **Tabla N° 7.14** se puede verificar las dimensiones de las pasajuntas para los pavimentos.

Tabla 7.13 Dimensiones de pasajuntas en pavimentos urbanos

Espesor de losa (cm)	Diámetro de la pasajunta		Longitud (cm)	Espaciamiento (cm)
	mm	pulg		
10-15	16	5/8	30	45
15-18	19	3/4	38	38
18-20	25	1	38	30
20-25	32	1 1/4	38	30

Fuente: Guía para el diseño de pavimentos rígidos Allyon Jaime, 2011

Bajo estos conceptos para el presente proyecto se recomienda utilizar pasajuntas de diámetro comercial de **3.2 cm (1 ¼")**, utilizando la longitud estandarizada de la AASTHO de 45 cm y el espaciamiento cada 30 cm.

7.5.5. Barras longitudinales de amarre

Estas barras de colocan para impedir una apertura excesiva de la junta longitudinal, para su diseño se consideran los siguientes factores:

7.5.5.1. Ancho de carril

El ancho considerado es de 7 m, por lo que se ha previsto dividir el ancho en un total de 4 losas para la implementación de la alternativa de losas cortas. Las losas serán de 1.75 m, totalizando los 7 m de ancho de calzada pavimentada.

7.5.5.2. Factor de fricción

Es una medida de la resistencia de la fricción entre la parte inferior de la losa y la parte superior de la base subyacente o capa sub-rasante. Los valores recomendados para la sub-rasante y una variedad de materiales de base se presentan en la **Tabla N° 7.15**.

Tabla 7.14 Factor de fricción barras longitudinales de amarre

Material bajo la losa	Factor de fricción
Tratamiento superficial	2.2
Estabilización de cal	1.8
Estabilización asfáltica	1.8
Estabilización con cemento	1.8
Grava de rio	1.5
Piedra partida	1.5
Arenisca	1.2
Sub-rasante natural	0.9

Fuente: Guía de diseño AASTHO, 1993

En el caso del presente proyecto se adoptara el valor de **1.5** considerando una sub-base granular.

7.5.5.3. Tensión de trabajo del acero

Se requiere un criterio limitante en el esfuerzo de acero para prevenir su ruptura o deformación permanente excesiva. El esfuerzo último de tensión del acero (comúnmente referido como el grado del acero), se usa como un dato en el proceso de diseño de las barras de amarre. Para establecer el esfuerzo de trabajo último del acero se recomienda considerar el 75% de la tensión de rotura. En el caso del proyecto la AASTHO recomienda un acero deformado en frio de 400 MPa de resistencia característica.

7.5.5.4. Diámetro de barras

Normalmente se utilizan barras de diámetro de 12 mm (1/2'') o 16 mm (5/8''), considerando que entre carriles también se presenta el fenómeno de transferencia de cargas entre líneas, especialmente si se realiza la construcción carril por carril, motivo por el cual para el caso del presente proyecto se utilizara barras de **12 mm**.

7.5.5.5. Porcentaje de acero

La cuantía de acero hacer empleada se basa en la siguiente ecuación:

$$P_s = \frac{11.31 \times L \times F}{f_s} \times 100$$

Donde:

Ps: porcentaje de acero

L: distancia entre bordes libres (cm)

F: Factor de fricción de la losa

fs: tensión de trabajo del acero (KPa)

$$P_s = \frac{11.31 \times 350 \times 1.5}{400000} \times 100$$

$$\boldsymbol{P_s = 1.48\%}$$

7.5.5.6. Espaciamiento de barras

Se calcula con el porcentaje de acero requerido y el diámetro de la barra, obteniendo un valor de espaciamiento máximo de 1 m, por geometría el espaciamiento adoptado para el caso del presente proyecto será de **0.7 m**, considerando el caso de la losa corta (2.8 m), el espaciamiento proporciona cuatro barras por losa para la junta central.

7.5.5.7. Longitud de barras

La longitud máxima se define mediante la siguiente formula:

$$t = 0.5 \times \frac{f_s \times d}{2413}$$

Donde:

t: longitud de la barra de amarre (mm)

fs: tensión de trabajo del acero (KPa)

d: diámetro de la barra de amarre (mm)

$$t = 0.5 \times \frac{400000 \times 12}{2413}$$

$$\boldsymbol{t = 994.61 \text{ mm}}$$

Utilizando la ecuación anterior se determinó una longitud de **100 cm**.

7.5.6. Diseño de reservorio para el sellador

Para el correcto comportamiento del sellador, es importante definir las dimensiones de la caja que alojara al mismo, a fin de que los esfuerzos de tracción admisibles del material de sellado no sean superados. En este sentido, se han definido las siguientes variables:

7.5.6.1. Coeficiente de expansión térmica del hormigón

El coeficiente de expansión térmica del hormigón es una medida del cambio de las dimensiones del material debido a cambios en la temperatura. El coeficiente de expansión térmica varía con factores como la relación agua cemento, la edad del hormigón, el contenido de cemento y humedad relativa. Sin embargo, el tipo de agregado grueso en la mezcla tiene el mayor impacto en el coeficiente de expansión térmico. Una estimación del coeficiente puede obtenerse a través de la **Tabla N° 7.16.**

Tabla 7.15 Coeficiente de expansión térmico del hormigón

Tipo de agregado grueso	Coeficiente de expansión térmica 10^{-6} mm/mm/$^{\circ}$C (10^{-6} pg/pg/$^{\circ}$F)
Cuarzo	11.91 (6.6)
Arenisca	11.7 (13.5)
Grava	10.8 (6.0)
Granito	9.5 (5.3)
Basalto	8.6 (4.8)
Caliza	6.8 (3.8)

Fuente: Guía de diseño AASHTO, 1993

Para el presente diseño, el valor del coeficiente térmico adoptado es de **10.8×10^{-6}
mm/mm/ $^{\circ}$ C.**

7.5.6.2. Rango de temperatura de la colocación del hormigón a una temperatura mínima

El rango de temperatura de interés en el cálculo de la apertura de juntas es la diferencia entre la temperatura el momento de la colocación del hormigón y la temperatura mínima promedio en la ubicación bajo evaluación. Este rango de temperatura ayuda a definir el cambio esperado en la longitud de la losa que será causada por el ciclo de temperatura. En este caso se utiliza un rango de **20° C.**

7.5.6.3. Coeficiente de retracción por secado de la losa de hormigón

La retracción por secado del hormigón necesita ser considerada en el diseño de reservorios de juntas. La retracción es afectada por el contenido de cemento, los tipos de mezclas usadas, el método de curado, los agregados y las condiciones de curado. Un dato de la retracción a

los 28 días se usa para el valor de diseño de retracción y un estimado del valor de la retracción basado en el esfuerzo de tensión indirecto puede obtenerse de la **Tabla N° 7.17**.

Tabla 7.16 Coeficiente de retracción por secado de la losa de hormigón

Tensión indirecta 28 días esfuerzo en KPa (psi)	Retracción mm/mm o pg/pg
Menor a 2100 (300)	0.0008
2800 (400)	0.0006
3400 (500)	0.00045
4100 (600)	0.0003
Mayores a 4800 (700)	0.0002

Fuente: Guía de diseño de la AASHTO, 1993

Para el presente diseño, el valor de retracción adoptado es de **0.00045 mm/mm**.

7.5.6.4. Factor de ajuste para la fricción entre la losa y la sub-base

Este factor se usa en el cálculo de movimiento en la junta transversal para tomar en cuenta la resistencia a la fricción de este movimiento entre la losa de hormigón y diferentes tipos de bases. Un valor de 0.65 recomienda la guía AASHTO 93 para una base estabilizada (como ser una base tratada con cemento o concreto pobre).

7.5.6.5. Tipo de sellador

Los materiales normalmente usados para el sellado de juntas son:

- Bituminosos
- Silicona
- Materiales preformados

Todos los materiales normalmente usados caen en una de estas tres categorías. Para el presente proyecto se determinó utilizar por especificaciones de YPFB **un sellador de silicona**, debido a que su aplicación es en frio, si bien actualmente no existen especificaciones ASTM gobernando las propiedades de los selladores de silicona, las experiencias de varios países permiten establecer periodos de garantía mayores a 10 años.

7.5.6.6. Deformación admisible del sellador

La deformación admisible del sellador es un valor especificado por el fabricante que toma en cuenta las características específicas del sellador. Un valor típico para selladores de silicona es de **0.50**.

7.5.6.7. Factor de forma del sellador

La abertura calculada de la junta es la abertura máxima esperada en una junta de contracción que ocurre a la temperatura mínima promedio. Puede ser calculado con la siguiente formula:

$$\Delta L = \frac{C \times L \times (\alpha c \times DT_d + Z)}{S}$$

Donde:

ΔL : abertura de la junta (mm)

C: factor de ajuste para la sub-base/ restricción por fricción de losa

L: espaciamiento entre juntas (mm)

α : coeficiente de contracción termino de hormigón ($1/^{\circ}\text{C}$)

DT_d : rango de temperatura ($^{\circ}\text{C}$)

Z: coeficiente de retracción por secado del hormigón (mm/mm)

S: deformación disponible para el material de sellado de juntas

$$\Delta L = \frac{0.65 \times 2800 \times (0.0000108 \times 20 + 0.00045)}{0.50}$$

$$\Delta L = 2.42 \text{ mm} \approx 3 \text{ mm}$$

7.5.6.8. Ancho calculado para el reservorio de junta

El ancho recomendado del reservorio de la junta es una función de la abertura calculada de la junta y de la deformación admisible para un sellador específico.

$$Ancho\ reservorio = \frac{3}{0.5}$$

$$Ancho\ reservorio = 6 \text{ mm}$$

7.5.6.9. Profundidad calculada para el sellador de la junta

La profundidad del sellador de las juntas se calcula al multiplicar el ancho del reservorio de la junta por el factor de forma del sellador. Para juntas transversales, una profundidad mínima es de 25 mm, para juntas longitudinales la profundidad mínima es de 10 mm. La AASHTO recomienda una profundidad de 1/3 del espesor de la losa, que en el caso del proyecto será una profundidad aproximada de **80 mm**.

CAPITULO 8

8. SEÑALIZACION

8.1. INTRODUCCIÓN

Debido al desarrollo económico social en el país, se dio un crecimiento acelerado del parque automotor en los últimos años, que ha creado un incremento significativo de accidentes de tráfico vehicular tanto en ciudades y carreteras existentes, por lo que es pertinente cumplir las normas de señalización.

Para el presente proyecto se considera la señalización vertical y horizontal en la zona del acceso vial, cumpliendo los límites y disposiciones establecidas en el manual de dispositivos de control de tránsito en carreteras (ABC), para un buen funcionamiento y de esa manera conseguir un tráfico más ordenado y seguro.

Las señales son símbolos, figuras y palabras pintadas en la calzada, tableros colocados en postes, que transmiten un mensaje visual a los conductores de los vehículos destinados a advertir, reglamentar o informar al usuario de una determinada vía con la debida anticipación de determinadas circunstancias de la propia vía o de la circulación.

8.2. FUNCIÓN DE LAS SEÑALES

Los dispositivos del tránsito constituyen los elementos físicos que tienen la función de prevenir a todos los usuarios sobre la existencia de peligros y su naturaleza, reglamentar las prohibiciones o restricciones respecto del uso de las vías, así como brindar la información necesaria para guiar a los usuarios de las mismas.

8.3. CRITERIOS GENERALES PARA SU INSTALACIÓN

Para que una señal cumpla su objetivo debe reunir condiciones tales que los conductores puedan comprender más rápido el mensaje que se quiere transmitir. Todos los sistemas de señalización deberán ser lo más sencillo posible y al mismo tiempo, tanto el color, la forma, acorten el tiempo necesario para comprender lo que con ellas se indica.

8.4. CLASIFICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁNSITO

De acuerdo al manual de la ABC, la aplicación y la ubicación de los dispositivos para la regulación del tránsito, se clasifican en:

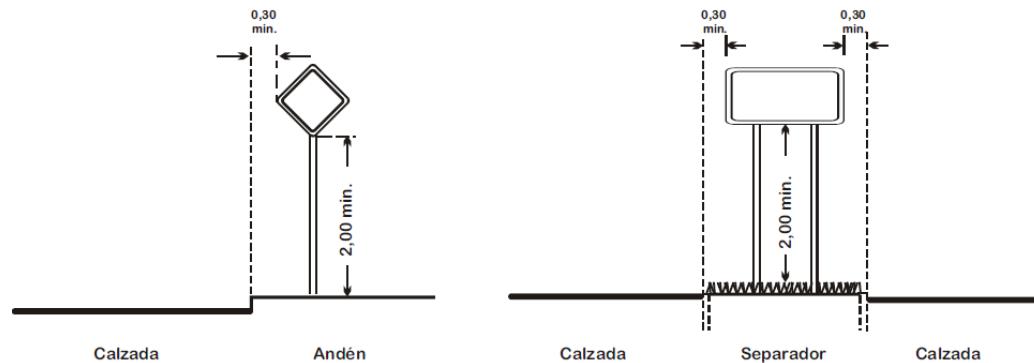
- Señalización vertical
 - Señales preventivas
 - Señales reglamentarias
 - Señales informativas

- Señalización horizontal

8.5. SEÑALIZACIÓN VERTICAL

Se entiende por señalización vertical al conjunto de dispositivos instalados a nivel de la vía o a los costados, destinados a reglamentar el tránsito y a advertir o informar a los conductores mediante palabras o símbolos determinados. A este grupo pertenecen las señales preventivas o de prevención, reglamentarias e informativas.

Dependiendo del lugar, las señalizaciones verticales pueden ser ubicadas lateralmente en áreas urbanas, a una distancia como mínimo de 60.0 cm. Del borde de la acera y a una elevación sobre la acera de 2.0 m. de altura, tal como se indica en la **figura N°8.1**.



*Figura N° 8.1 Señales verticales
Fuente: Imagen Google, 2015*

8.5.1. Emplazamiento

8.5.1.1. Ubicación longitudinal

Las señales serán instaladas en postes individuales. Las distancias longitudinales correspondientes a la instalación de señales, serán definidas cuando se aborde la función de

cada una, debida a que se cuenta con diferentes criterios de ubicación de acuerdo a su utilidad. En cuanto a la separación entre cada tipo de señal en el sentido longitudinal, en la **Tabla N°8.1** se muestra distancias mínimas de separación entre diferentes tipos de señales:

Tabla 8.1 Distancia mínima (m) entre señales verticales

Orden en la que el conductor vera las señales	Velocidad (km/hr)			
	120-110	100-90	80-60	50-30
Reglamentaria o advertencia – Reglamentaria o advertencia	50	50	30	20
Reglamentaria o advertencia – Informativa	90	80	60	40
Informativa - Reglamentaria o advertencia	60	50	40	30
Informativa - Informativa	110	90	70	50

Fuente: Manual de técnico de dispositivos de control de tránsito (ABC), 2008

8.5.1.2. Ubicación lateral y altura

La ubicación lateral de una señal vertical, dependerá a la distancia, medida desde el borde de la calzada a la cual será instalada. Es importante tener presente que el conductor de un vehículo tiene una visibilidad en la forma de un cono de proyección, la cual tiene una apertura de 10° con respecto a su eje visual, por lo que debe asegurarse que la señal se encontrará instalada en la zona visual (**Figura N°8.3**). De la misma manera, se debe cuidar de no separar demasiado la señal de la calzada ya que resulta fundamental el efecto de retroflexión muy sensible a lo que se denomina el ángulo de entrada.

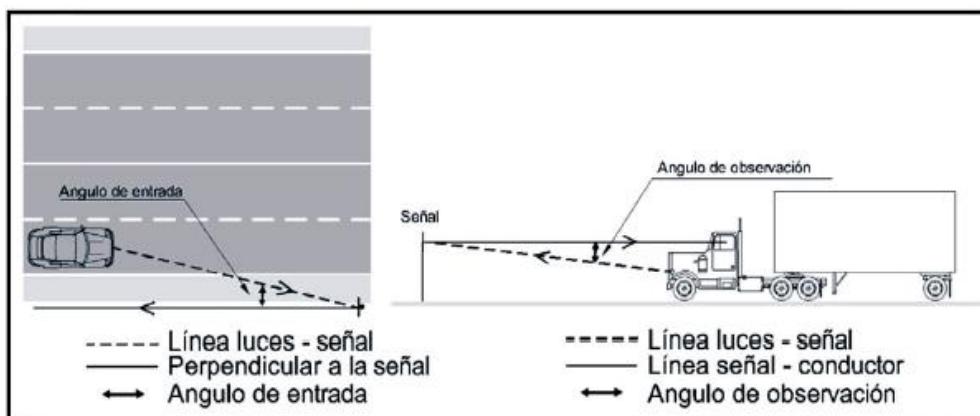


Figura N° 8.2 Ángulo de entrada y observación

Fuente: Manual de Carreteras V3, Dispositivos de control de Tránsito ABC, 2008

En vías de dos sentidos las señales se colocarán fuera de los carriles por donde no circula el tránsito a la derecha del sentido de avance de los vehículos y de cara al conductor para ser visible claramente. En vías de un solo sentido y con más de dos carriles, las señales se

colocarán a una altura que este dentro del ángulo de iluminación de las luces de los vehículos durante la noche, incluso cuando estos utilicen luces bajas. Para una mejor interpretación de la ubicación lateral de una señal vertical, tanto en distancia desde la calzada como la altura, se incluye a continuación la **figura N°8.4**.

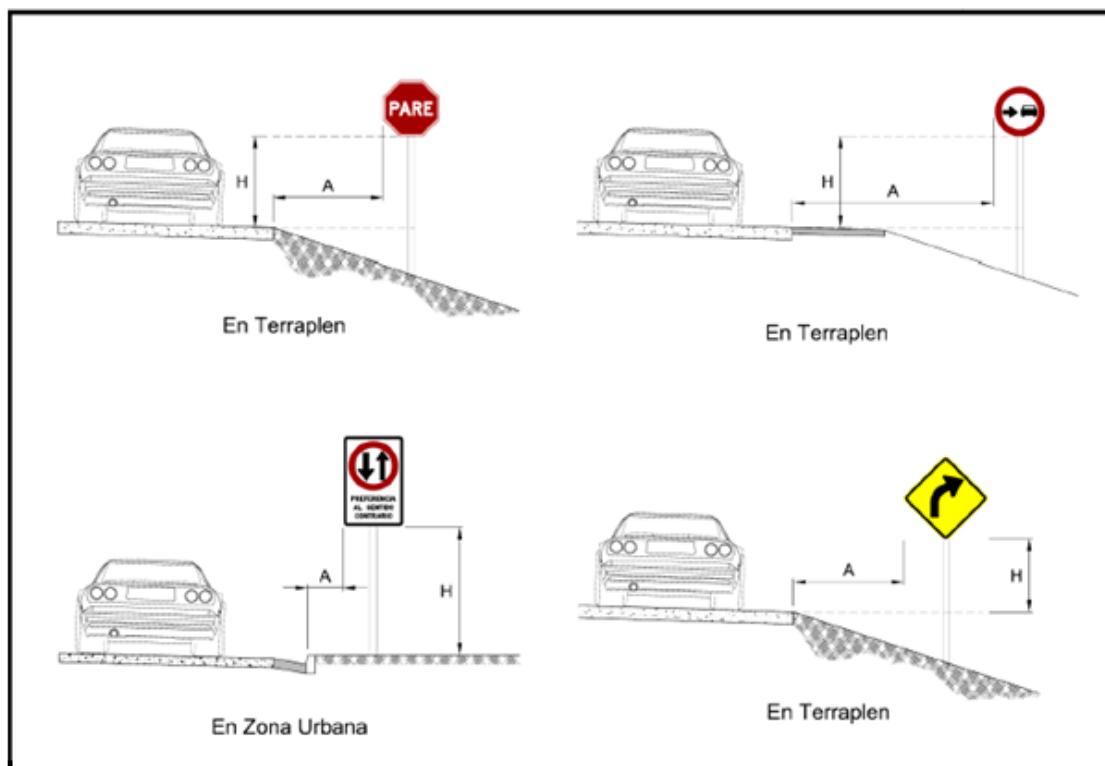


Figura N° 8.3 Ubicación transversal de las señales verticales-distancia y altura

Fuente: Manual de Carreteras V3, Dispositivos de control de Tránsito ABC, 2008

A continuación se presenta la **Tabla N°9.2**, para una mejor interpretación de la ubicación lateral y en altura de una señal vertical.

Tabla 8.2 Ubicación transversal de señales verticales (distancia y altura)

Tipo de vía	A (m)	H (m)	
	Mínimo	Mínimo	Máximo
Carreteras	2.0	1.5	2.2
Caminos	1.5	1.5	2.2
Vías urbanas	0.6	2.0	2.2

Fuente: Manual de técnico de dispositivos de control de tránsito (ABC), 2008

8.5.2. Señales preventivas

Son las que indican al conductor de las condiciones prevalecientes de una vía y su entorno las señales de advertencia de peligro llamadas también preventivas tienen como propósito

advertir a los usuarios la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones especiales presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal. Se identifican como base con el código SP según el manual de la Administradora Boliviana de Caminos (ABC) (**ver Anexo H.1**).

El propósito de estas señales es la de promover a que los conductores tomen precauciones del caso específico, ya sea reduciendo la velocidad o realizando las maniobras necesarias para su propia seguridad y la del resto de los usuarios de la vía.

Las distancias requeridas entre señal y situación queda determinado por la velocidad máxima de la vía y los tiempos de reacción adecuado por tipo de señal.

Las distancias calculadas en ningún caso no deberán ser menores a 50 metros, pudiéndose ajustar hasta un 20 % dependiendo de los factores tales como geometría de la vía, acceso, visibilidad, tránsito y otros.

Para el presente proyecto se tomó en cuenta las siguientes señales preventivas:



*Figura N° 8.4 Señales preventivas
Fuente: Manual de técnico de dispositivos de control de tránsito (ABC), 2008*

8.5.2.1. Ubicación de las señales preventivas

Tabla 8.3 Ubicación de las señales preventivas

Nº	Ubicación	Código	Detalle
Salida			
1	0+600	SP-3	Curva pronunciada a la izquierda
2	0+720	SP-20	Vía lateral a la derecha
3	1+060	SP-6	Curva y contra curva derecha
4	3+300	SP-4	Curva pronunciada a la derecha
5	3+360	SP-31	Cruce ferroviario a nivel sin banderas
6	3+750	SP-18	Intersección de vías

7	4+300	SP-21	Bifurcación en T
8	4+320	SP-35	Prevención de pare
Entrada			
1	3+810	SP-18	Intersección de vías
2	3+510	SP-3	Curva pronunciada a la izquierda
3	3+520	SP-31	Cruce ferroviario a nivel sin banderas
4	1+830	SP-20	Vía lateral a la derecha
5	1+540	SP-5	Curva y contra curva izquierda
6	1+360	SP-20	Vía lateral a la derecha
7	1+000	SP-4	Curva pronunciada a la derecha
8	0+820	SP-19	Vía lateral a la Izquierda

Fuente: Elaboración propia

8.5.3. Señales restrictivas o reglamentarias

Las señales reglamentarias tienen por finalidad de notificar a los usuarios de las vías las limitaciones, prohibiciones o restricciones sobre su uso, en caso de incumplir estas restricciones, constituye infracción a las normas de tránsito y acarrea las sanciones previstas en la ley. Estas señales se identifican por el código general SR (**ver Anexo H.2**).

Para el presente proyecto se utilizará las siguientes señales reglamentarias:



*Figura N° 8.5 Señales restrictivas o reglamentarias
Fuente: Manual de técnico de dispositivos de control de tránsito (ABC), 2008*

8.5.3.1. Ubicación de las señales Reglamentarias

Tabla 8.4 Ubicación de las señales reglamentarias

Nº	Ubicación	Código	Detalle
Salida			
1	0+020	SR-30	Velocidad máxima
2	0+320	SR-27	Permitido estacionar
3	1+740	SR-28	Prohibido estacionar
4	2+220	SR-27	Permitido estacionar
5	3+340	SR-30	Velocidad máxima
6	3+400	SR-1	Pare
7	4+040	SR-27	Permitido estacionar
Entrada			
1	4+300	SR-30	Velocidad máxima

2	3+960	SR-27	Permitido estacionar
3	3+500	SR-30	Velocidad máxima
4	3+460	SR-1	Pare
5	3+340	SR-33	Ancho máximo permitido
6	2+620	SR-28	Prohibido estacionar
7	1+830	SR-1	Pare
8	1+520	SR-1	Pare
9	0+840	SR-26	Prohibido adelantar
10	0+240	SR-27	Permitido estacionar

Fuente: Elaboración propia

8.5.4. Señales informativas

Las señales informativas o de información son muy importantes ya que tienen por objeto guiar al usuario de la vía suministrándole la información necesaria sobre identificación, destinos, direcciones, sitios de interés turístico, geográfica, intersecciones, cruces, distancias por recorrer, prestación de servicios, etc. (ver Anexo H.3).

Para el presente proyecto se toma en cuenta las siguientes señales Informativas:

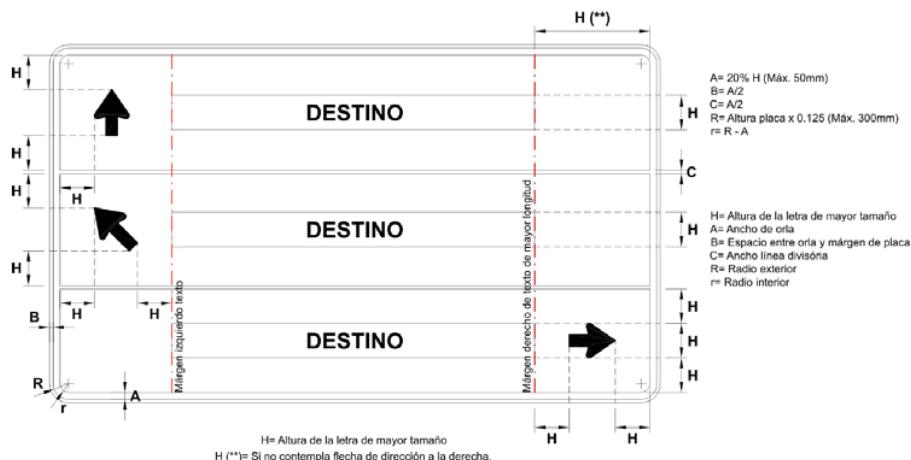


Figura N° 8.6 Composición de una señal informativo tipo mapa

Fuente: Manual de técnico de dispositivos de control de tránsito (ABC), 2008



Figura N° 8.7 Señales informativas
Fuente: Manual de técnico de dispositivos de control de tránsito (ABC), 2008

8.5.4.1. Ubicación de las señales informativas

Tabla 8.5 Ubicación de las señales informativas

Nº	Ubicación	Código	Detalle
Entrada			
1	4+330	ID-1	Planta separadora de líquidos Gran Chaco (Ruta F9 a Santa Cruz)
2	4+330	ID-2	Planta separadora de líquidos Gran Chaco (Ruta F9 a Yacuiba)

Fuente: Elaboración propia

8.6. SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL

La señalización horizontal corresponde a la aplicación de marcas viales pintadas sobre el pavimento de la calzada o vía de circulación vehicular, conformada o marcada por líneas, flechas, símbolos y letras cuyo fin es de restringir ordenar e indicar al tráfico vehicular dentro el desplazamiento que realizan sobre la vía, así como también para los peatones.

Todas las señales horizontales se la pueden encontrar en los bordillos de las aceras, sobre la superficie de la capa de rodadura, estas señales deben contar con las características muy singulares como ser la reflectividad para que sean visibles en horarios nocturnos.

La ventaja de estas señales es que no distraen su atención al conductor ya que la señal se encuentra sobre la pista que circula. Como desventaja de estas señales es la visibilidad que se ve afectada por variables ambientales tales como la nieve, polvo lluvia, alto tráfico y otros.

8.6.1. Función y clasificación

Este tipo de señalización mediante líneas en la vía, de eje y de borde, otorga un mensaje continuo al usuario, definiendo inequívocamente el espacio por el cual debe circular, otorgando al conductor la seguridad de estar transitando por el espacio destinado para tal efecto. Por el contrario, la ausencia de demarcación, genera comportamientos erráticos e inesperados en los conductores.

Las señales horizontales se clasifican según su función, de la siguiente manera:

- **Líneas longitudinales:** Las líneas longitudinales se emplean para determinar vías y calzadas, para indicar zonas con y sin prohibición de adelantar, zonas con prohibición de estacionar y para delimitar pistas de uso exclusivo de determinados tipos de vehículos.

- **Líneas transversales:** Tienen la función de definir puntos de detención o sendas de cruces de peatones y ciclistas, de las cuales hay dos tipos; líneas de detención y líneas de cruce.
- **Símbolos y leyendas:** Se emplean para indicar al conductor maniobras permitidas, regular la circulación y advertir sobre peligros.
- **Otras demarcaciones:** Corresponden a demarcaciones como achurados, demarcaciones de tránsito divergente y convergente, etc.

8.6.2. Color y retroreflectancia

8.6.2.1. Visibilidad nocturna (Retroflectancia)

- **Las demarcaciones planas;** deberán ser visibles en cualquier periodo del día y bajo condiciones adversas, para este cometido se utilizan materiales apropiados, como pinturas que junto a micro esferas de vidrio se someten a procedimientos que aseguran la retroflexión.
- **Las demarcaciones elevadas (Tachas);** deben de tener como mínimo una superficie retro reflectante de 10 cm^2 . Este tipo de señales debe ser ubicado adecuadamente (ángulo de entrada y observación) para que brinde una propiedad reflectante apropiada.

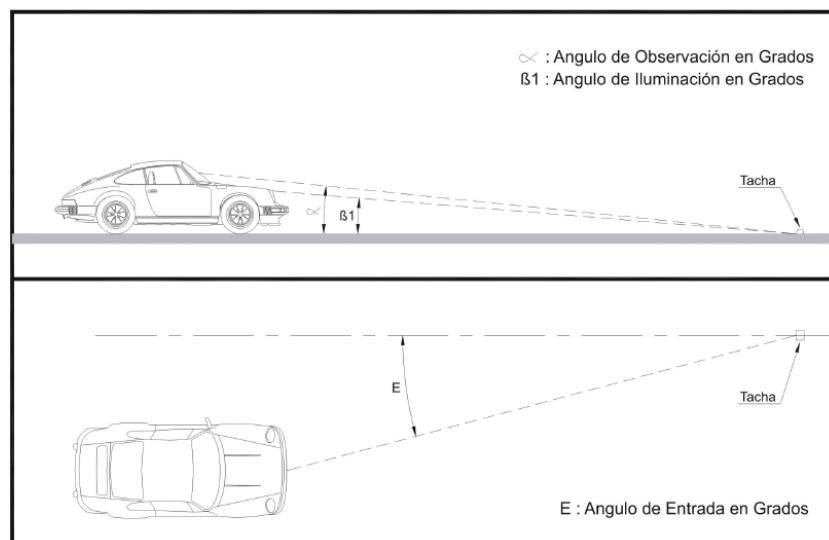


Figura N° 8.8 Señales informativas
Fuente: Manual de técnico de dispositivos de control de tránsito (ABC), 2008

Los colores más utilizados en las señalizaciones horizontales, es el blanco principalmente y también se utiliza lo que es el color amarillo en menores proporciones, estas señales se realizan con pinturas especiales porque deben reflejar la luz del vehículo para ser percibidos por el usuario.

8.6.2.2. Visibilidad diurna

Las líneas longitudinales y marcas deben de ser blancas o amarillas:

- **Amarillas:** El color amarillo define la separación de corrientes de tránsito de sentido opuesto en camino de doble sentido con calzadas de uno o varios carriles y líneas de barreras. Este color se utiliza también en las islas divisorias y en las marcas para prevenir el bloqueo de una intersección.
- **Blanco:** Este color define la separación entre el tránsito en el mismo sentido y la demarcación de borde de calzada, pasos peatonales y espacios de estacionamiento. Las flechas, símbolos y letras serán de color blanco.

Las demarcaciones elevadas (tachas) pueden ser blancas amarillas o rojas debiendo coincidir el color de las superficies o lámina retro reflectante con el cuerpo del elemento que la contiene con la excepción de tachas bicolor.

8.6.3. Líneas longitudinales

Una línea continua sobre la calzada, independiente de su color, significa que ningún conductor con su vehículo debe circular sobre ella o cruzarla. En cambio una línea discontinua sobre la calzada, independientemente de su color, significa que puede ser traspasada por cualquier conductor.

8.6.3.1. Líneas longitudinales utilizadas en el diseño

A continuación se detallará las características y función de las líneas longitudinales utilizadas en el diseño.

- **Líneas de borde:** Estas líneas nos definen el ancho de la calzada que va a tener la vía. Para el caso del proyecto se tiene una vía de dos calzadas cada calzada con un carril.

- **Líneas de carril:** La función principal de las líneas de pista es ordenar el tránsito y posibilitar un uso más seguro y eficiente de las vías, especialmente en zonas congestionadas. Estas líneas separan flujos de tránsito en la misma dirección y pueden ser de dos tipos: continuas y segmentadas.

8.6.4. Símbolos y leyendas

Se emplean para indicar al conductor maniobras permitidas, regular la circulación y advertir sobre peligros. Según el tipo estas señales se clasifican en: flechas, leyendas y otros símbolos.

Estas señales al estar ubicadas horizontalmente sobre el pavimento, el conductor percibe primero la parte inferior del símbolo, tanto las flechas como las leyendas deben ser más alargadas en el sentido longitudinal para que el conductor las perciba proporcionadas. Estas señales deben ser demarcadas en el centro de cada una de las pistas que se aplican, con la excepción de la advertencia inicio de línea de eje central continua, que se demarca en el costado izquierdo de la pista.

8.6.4.1. Símbolos y leyendas utilizadas en el diseño

Las flechas son marcas que se colocan sobre el pavimento o vía que se circula para indicar y advertir al conductor, la dirección y sentido que deben circular los vehículos que transitan por una pista de circulación, estas señales se encuentran antes de que se realice el movimiento direccional, son de color blanco en su totalidad.

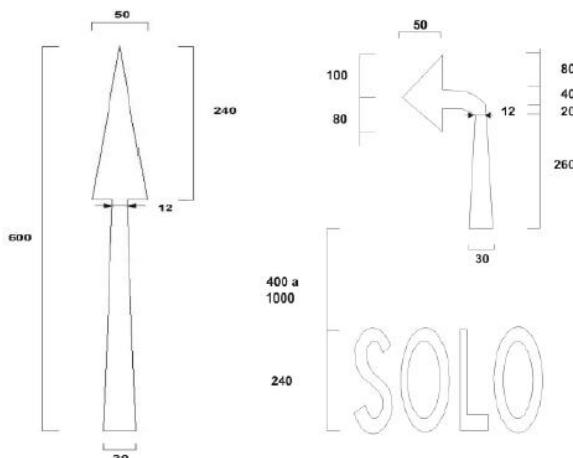


Figura N° 8.9 Flechas sobre las vías

Fuente: Manual de carreteras (ABC), 2008

CAPITULO 9

9. IMPACTO AMBIENTAL

9.1. INTRODUCCIÓN

En la década de los años 70, debido al agravamiento de los problemas ambientales, el medio ambiente cobra amplio reconocimiento y surge la necesidad de incorporar la variable ambiental como factor de garantía para mejorar la calidad de proyecto. En muchos casos mediante la EIA se introduce en el medio ambiente una nueva tecnología, la que podría solucionar problemas de deterioro que permita estimar, prever o identificar efectos o impactos ambientales de una obra o proyecto y evaluar los mismos.

La evaluación de impacto ambiental puede definirse como la identificación y valoración de los impactos (efectos que causan) potenciales del proyecto, tanto de una acción propuesta como de sus alternativas en los atributos físicos, biológicos, cultura y socioeconómicos de un área geográfica en particular.

Las actividades que se realizan durante la operación, ejecución y mantenimiento del proyecto ocasionan un impacto sobre el medio ambiente, según las categorías impactos positivos y negativos, estos a la vez se subdividen en reversibles e irreversibles.

9.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Para efectos de estudio de evaluación de impacto ambiental, el proyecto se describe en las siguientes partes:

- El proyecto consiste en el mejoramiento en el tramo longitud de 4+330 Km, que es de tierra.
- La tierra y otro material residual resultante, serán utilizados para llenar terrenos bajos de acuerdo a requerimientos.

9.3. FICHA DE IMPACTO AMBIENTAL

El Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Secretaría Nacional de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Subsecretaría de Medio Ambiente, Dirección de Evaluación

de Impacto Ambiental, nos presenta “Procedimientos computacionales para la evaluación de impactos ambientales (PCEIA)”.

El PCEIA representa un subsistema dentro el Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, y tiene como propósitos principales, el de facilitar y agilizar el proceso de registro de información de uno o varios proyectos, posteriormente en base a esta información establecer una categoría para cada etapa del proyecto. Esta categorización se la realiza de acuerdo al Artículo 25 de la Ley 1333 del medio Ambiente que establece:

Todas las obras, actividades públicas o privadas, con carácter previo a su fase de inversión, deben contar obligatoriamente con la identificación de la categoría de evaluación de impacto ambiental que deberá ser realizada de acuerdo a los siguientes niveles:

- Requiere de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) analítica integral.
- Requiere de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) analítica específica.
- No requiere de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) analítica específica pero puede ser aconsejable su revisión conceptual.
- No requiere de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).

9.4. LLENADO DE FICHA IMPACTO AMBIENTAL

**MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE
SECRETARIA NACIONAL DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE
SUBSECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE
DIRECCION DE EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL**

FORMULARIO: FICHA AMBIENTAL Nro.

1. INFORMACIÓN GENERAL

FECHA DE LLENADO: CBBA /02/02/2016 LUGAR: CERCADO

PROMOTOR: YACIMIENTO PETROLIFEROS FISCALES BOLIVIANOS

RESPONSABLE DEL LLENADO DE LA FICHA:

Nombre y Apellido: Barea Magne Jairo Rene

Bustos Jiménez Alex Esteban

Solares Rivero Rene Álvaro

Profesión: EGRESADOS DE INGENIERIA CIVIL

Cargo: TESISSTAS Nro. Reg. Consultor:

Departamento: COCHABAMBA Ciudad: COCHABAMBA

Domicilio: Zona Chacacollo **Telf.:** 4711606 **Casilla:** _____

2. DATOS DE LA UNIDAD PRODUCTIVA

EMPRESA O INSTITUCION: YACIMIENTOS PETROLIFEROS FISCALES BOLIVIANOS

PERSONERO (S) LEGAL (ES): LIC. GUILLERMO ACHA, PRESIDENTE EJECUTIVO YPFB

ACTIVIDAD PRINCIPAL: PLANIFICACION DESARROLLO HIDROCARBURIFERO

CAMARA O ASOCIACION A LA QUE PERTENECE: GOBIERNO PLURINACIONAL DE BOLIVIA

Nro. REGISTRO: _____ **FECHA/INGRESO:** _____ **Nro. NIT:** _____

DOMICILIO PRINCIPAL (Ciudad y/o Localidad): YACUIBA **Cantón:** _____

Provincia: GRAN CHACO **Dept.: TARIJA** **Calle.:** _____ **Nro.:** _____

Zona: _____ **Telf.:** _____ **Fax:** _____ **Casilla:** _____

Domicilio legal a objeto de notificación y/o notificación: _____

NOTA: En caso de personas colectivas acompañar Testimonio de Constitución.

3. IDENTIFICACIÓN Y UBICACIÓN DEL PROYECTO

NOMBRE DEL PROYECTO: RE-DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO, MEDIANTE LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE CON SUELO - CEMENTO, PARA EL “ACCESO VIAL DE LA PLANTA SEPARADORA DE LIQUIDOS GRAN CHACO-YACUIBA”

UBICACIÓN FISICA DEL PROYECTO:

Ciudad y/o Localidad: YACUIBA

Cantón: _____ **Provincia:** GRAN CHACO **Dept.: TARIJA**

Latitud: SUD 21° 57 08.84” **Longitud:** OESTE 63° 38 36.13” **Altitud:** 640 a 660 m.s.n.m.

Código Catastral del Predio _____ **Nro. Reg. Cat.:** _____

Reg. Derechos Reales:

Ptda.: _____ **Fs.:** _____ **Libro:** _____ **Año:** _____ **Dept.:** _____

COLINDANTES DEL PREDIO Y ACTIVIDADES QUE DESARROLLAN:

Norte: CON EL SECTOR DEL AEROPUERTO DE YACUIBA

Sur: CON CIUDAD DE YACUIBA

Este: CON ZONAS FORESTALES

Oeste: CON CIUDAD DE YACUIBA

USO DE SUELO.

Uso Actual: CAMINO DE TIERRA

Uso Potencial: CARRETERA PAVIMENTADA

Certificado Uso de Suelo:

Nro.: _____ **Expedido por:** _____ **En Fecha:** _____ / _____ / _____

NOTA: Anexar plano y ubicación del predio, certificado de uso de suelo, derecho propietario de inmueble y fotografías panorámicas del lugar.

4. DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO

SUPERFICIE A OCUPAR:

Total del Predio: Ocupada por el Proyecto

DESCRIPCION DEL TERRENO:

Topografía y pendientes: TERRENO CON PENDIENTE LLANO

Profundidad de capa freática:

Calidad del agua: BUENA APTA PARA RIEGO

Vegetación predominante: VEGETACIÓN NATIVA

Red de drenaje natural: DE ESTE A OESTE

Red de drenaje natural: DE ESTE A OESTE

Medio humano: POBLACIÓN URBANA CON DIVERSAS ACTIVIDADES

5 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

ACTIVIDAD: Sector: TRANSPORTE Subsector: CAMINOS
Actividad Específica: RE-DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO
MEDIANTE LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE CON SUELO - CEMENTO,
PARA EL “ACCESO VIAL DE LA PLANTA SEPARADORA DE LIQUIDOS
GRAN CHACO-YACUIBA” CIIU: ()

NATURALEZA DEL PROYECTO: Nuevo () Ampliatorio ()
Otros ()

Especificar otros: MEJORAMIENTO

ETAPA DEL PROYECTO: Exploración () Ejecución (X)

Operación (X)

Mantenimiento (X) Futuro inducido ()

Abandono ()

ÁMBITO DE ACCIÓN DEL PROYECTO: Urbano (X) Rural ()

OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO:

- Realizar el re-diseño del pavimento rígido, mediante la estabilización de la base con suelo-cemento, para el “Acceso Vial de la Planta Separadora de Líquidos Gran Chaco-Yacuiba” para el mejoramiento del transporte de los productos hidrocarburíferos de la planta brindando comodidad, seguridad y adecuada transitabilidad.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO:

- Obtener los estudios previos de tráfico, geotecnia, topográfico y diseño geométrico del acceso vial de la planta separadora de líquidos Gran Chaco – Yacuiba.
- Verificar la fidelidad y validez de los informes obtenidos de los diversos estudios previos.
- Procesar la información obtenida de todos los estudios previos realizados.
- Determinar las características y componentes de todas las capas de la estructura del nuevo diseño del pavimento.
- Determinar los parámetros de diseño método AASHTO-93 de pavimento rígido.
- Calcular la estructura del pavimento rígido con la estabilización de la base con suelo-cemento.
- Realizar la señalización vertical y horizontal adecuada en todo el tramo de la vía.
- Ejecutar la ficha ambiental
- Realizar el presupuesto general del nuevo diseño de pavimento propuesto.
- Elaborar cronograma de actividades de la ejecución de la obra.
- Elaborar los planos constructivos del proyecto de re-diseño del pavimento rígido del acceso vial de la planta.

RELACIÓN CON OTROS PROYECTOS:

Forma parte de: Un Plan (X) Programa(_____) Proyecto
Aislado (____)

Descripción del plan o programa: PLAN DE DESARROLLO YPFB

VIDA UTIL ESTIMADA DEL PROYECTO: Tiempo: 20 Años (X) Meses (____)

6. ALTERNATIVAS Y TECNOLOGÍAS

¿Se consideró o están consideradas alternativas de localización? Si (____) No (X)

Si la respuesta es afirmativa, indique cuales y porque fueron desestimadas las otras alternativas.

Describir las tecnologías (maquinaria, equipo, etc.) y los procesos que se aplicarán.

ETAPA DE EXPLORACIÓN: EN ESTA ETAPA SERÁ NECESARIO LOS SIGUIENTES

EQUIPOS:

- Estacas
- Estación total
- Miras
- Nivel de ingeniero

ETAPA DE EJECUCIÓN: EN ESTA ETAPA SERÁ NECESARIO LOS SIGUIENTES EQUIPOS:

- Excavadora de Oruga
- Retroexcavadora
- Cargador frontal
- Motoniveladora
- Camión volqueta
- Camión Cisterna
- Compactador pata de cabra
- Compactador vibro rodillo liso
- Tractor con topadora
- Planta de suelo-cemento
- Terminadora de suelo-cemento
- Pulvimer recuperador terrenos
- Tractor agrícola con arados
- Diluidor de asfalto
- Escoba mecánica
- Camión distribuidor de asfalto
- Compresor de aire
- Pavimentadora de Hormigón auto deslizante
- Planta de hormigón
- Cepillos texturizador
- Camión Mezclador de hormigón (Mixer)
- Extractor de núcleos
- Equipo de soldar
- Equipo Cortador de hormigón
- Hidrolavadora
- Bomba agua
- Distribuidor de agregados
- Compactadora rodillo neumático
- Planta diluidora de asfalto
- Planta seleccionadora de áridos
- Compactadora manual
- Vibrador de hormigón
- Grúa para izado de tubos

ETAPA DE MANTENIMIENTO: EN ESTA ETAPA SERÁ NECESARIO LOS SIGUIENTES EQUIPOS:

- Inspecciones periódicas de las cunetas del camino.

7. INVERSIÓN TOTAL

FASE DEL PROYECTO:	Pre factibilidad (X)	Factibilidad ()
Diseño Final ()		
INVERSIÓN DEL PROYECTO:	Costo total (Bs) :	
FUENTE DE FINANCIAMIENTO:		
Crédito FNDR: _____	\$us. _____	
Aporte Local: YPFB	\$us. _____	

8. ACTIVIDADES

ETAPA DE EJECUCIÓN:

Nº	Actividad
1	instalación de faenas
2	letrero identificatorio de obra de 4*6m (según diseño)
3	placa de entrega de obra 40 x 60 s/ diseño
4	movilización y desmovilización de equipo
5	replanteo y control topográfico
6	desbroce, desbosque, destronque y limpieza
7	excavación no clasificada
8	transporte de material de excavación no clasificada d>300m
9	preparación de terreno de fundación y nivelación
10	excavación de material p/mejoramiento sub-rasante (suelo cemento)
11	transporte de material p/mejoramiento sub-rasante (suelo cemento) d>300m
12	construcción de base de suelo - cemento
13	excavación de material p/suelo mejorado (terraplén)
14	transporte de material p/ suelo mejorado (terraplén) d>300m
15	conformación de terraplén
16	provisión y transporte de material granular p/sub-base d>300 m
17	provisión y conformación de sub- base granular
18	imprimación bituminosa sobre suelo cemento y sub-base
19	Pavimento de hormigón esp. 25 cm, colocado y curado
20	Pavimento de hormigón esp. 25 cm, reforzado colocado y curado
21	corte y sellado de juntas en pavimento
22	tratamiento superficial doble (bermas)
23	demolición y remoción de estructuras de hormigón existentes
24	trazado y replanteo de alcantarillas del acceso vial
25	excavación con maquinaria para alcantarillas
26	prov. mat. granular, relleno y compactado para alcantarillas cajón
27	alcantarilla cajón tipo 1 y 2 de hormigón armado h-25
28	alcantarilla cajón tipo 3 de hormigón armado h-25
29	carpeta de nivelación sobre losa mínimo e = 5cm
30	Cabezal de hormigón ciclópeo 50% inc. bordillo
31	empedrado y carpeta de nivelación mínimo e=5cm

32	prov. y colocado de junta de construcción incluye sello
33	prov. y colocado de cantoneras entre alcantarilla y pavimento
34	prov. y coloc. barandas metálicas tubo f°g°
35	trazado y replanteo de cunetas
36	excavación con maquinaria para cunetas
37	prov. mat. granular, relleno y compactado de cunetas
38	cunetas de pie de terraplén de H°S°
39	tapas de hormigón armado para salva cunetas
40	prov. y coloc. de geotextil para base de cunetas
41	trazado y replanteo de canales
42	movimiento de tierra con maquinaria para gaviones
43	prov. y colocado de gaviones tipo cajón
44	excavación con maquinaria para gaviones
45	prov. mat. granular, relleno y compactado para gaviones
46	trazado y replanteo de obras para cruce de vía férrea
47	excavación manual terreno semiduro 0-2 m
48	alcantarilla de hormigón armado h-25 para cruce de vía férrea
49	prov. mat. granular, relleno y compactado para alcantarillas cajón
50	mantenimiento de canal receptor de drenaje del acceso
51	prov. e inst. de señales verticales preventivas
52	prov. e inst. de señales verticales reglamentarias
53	prov. e inst. de señales verticales informativas
54	pintado de calzada línea continua blanca
55	pintado de calzada línea segmentada blanca
56	tachas reflectivas de bordes (ojo de gato)
57	tachas reflectivas centrales (ojo de gato)
58	losa de protección de ductos de gas (ypfb transporte)
59	prov. y colocado de semáforo para cruces

ETAPA DE OPERACIÓN:

Nº	Actividad
1	Limpieza de la carretera

ETAPA DE MANTENIMIENTO:

Nº	Actividad
1	Limpieza periódica de las instalaciones
2	Limpieza de cunetas
3	Reparación y cambio de estructuras deterioradas

9. RECURSOS HUMANOS (mano de obra)

CALIFICADA :	Permanente: 10	No permanente: 15
NO CALIFICADA :	Permanente: 10	No permanente: 20

10. RECURSOS NATURALES DEL AREA, QUE SERAN APROVECHADOS

Nº	Descripción	Unidad
1	Material granular	m ³
2	Agua	m ³
3	Material para terraplén	m ³
4	piedra	m ³

11. MATERIA PRIMA, INSUMOS Y PRODUCCIÓN DEL PROYECTO

MATERIA PRIMA INSUMOS:

Nº	Descripción	Origen	Unidad
1	Campamento para caminos	Nacional	Glb
2	Cemento	Nacional	kg
3	Clavos	Nacional	kg
4	Estacas	Nacional	Pza
5	Pintura	Nacional	Lt
6	Madera de construcción	Nacional	P ²
7	Alambre de amarre	Nacional	Kg
8	Cemento asfaltico	Nacional	m ³
9	Pintura de señalización	Nacional	Lt
10	Poste	Nacional	Pza
11	Placas de señalización	Nacional	Pza
12	Material de escritorio	Nacional	Glb

ENERGIA:

Nº	Descripción	Origen	Unidad
1	Diésel	Nacional	m ³
2	Generador	Nacional	m ³
3	Gas	Nacional	Garrafa

PRODUCCIÓN ANUAL ESTIMADA DEL PRODUCTO FINAL:

Producción anual estimada del producto final	4.330 km de carpeta que beneficiara a la planta separadora de líquidos Gran Chaco
--	---

12. PRODUCCIÓN DE RESIDUOS Y/O DESECHOS

ETAPA DE EJECUCIÓN:

TIPO	DESCRIPCIÓN	FUENTE
Solidos	Residuos sólidos doméstico	Campamento
Líquidos	Aguas residuales	Campamento
	Residuos lubricantes	Maquinaria pesada
Gaseosos	Gases de combustión	Maquinaria pesada

	Partículas suspendidas	Excavaciones
	Partículas suspendidas	Flujo vehicular

13. PRODUCCIÓN DE RUIDO (Indicar fuente y niveles)

TIPO	NIVEL (dB)	
	MINIMO	MAXIMO
Compresora de aire	80	85
Cargador frontal	75	85
Motoniveladora	75	85
Tractor oruga	80	85
Volquetas	70	80

14. INDICAR DONDE Y COMO SE ALMACENAN LOS INSUMOS

Los insumos serán almacenados en el campamento y en los sectores de trabajo.

- En el caso de combustibles (gasolina, diésel) se resguardarán en turries herméticos en un lugar impermeabilizado a una distancia no menor a 100 m de las áreas destinadas a dormitorios, comedores y oficinas y deben estar alejadas a los cursos de agua. Así mismo se manejarán con fichas técnicas presentadas con el documento para la obtención de la licencia para actividades con sustancias peligrosas (IASP). Estas áreas deberán contar con señalización de prohibición de fumar a una distancia de 30 metros.
- Los agregados se trasladan desde los bancos de préstamo locales hasta el sitio de las obras deben ser almacenados sobre el terreno , preferentemente una plataforma elevada con pretils de contención y en caso necesarios cubiertos mediante toldos impermeables para evitar su dispersión y transporte mediante agentes como el viento y la lluvia
- Para la maquinaria y equipo pesado y herramientas livianas se habilitan un espacio con cubierta.

15. INDICAR LOS PROCESOS DE TRANSPORTE Y MANIPULACIÓN DE INSUMOS

- Los agregados para la construcción y el ripio para la plataforma del camino se extraerán de los bancos de préstamo local y serán trasladados en volquetas hasta obra de acuerdo al requerimiento.
- El transporte de los materiales será de acuerdo a la accesibilidad a los sitios de obra.
- Los combustibles y lubricantes serán proveídos cuando sean necesarios y transportados en turries hasta el lugar designado para este fin en volquetas desde la estación de servicio más próximo.
- El cemento y otros insumos de construcción serán trasladados desde los puntos de venta hasta la obra en volqueta.
- Elementos de peso menor a los 50 kg se realizará de manera manual empleando herramientas adecuadas como carretillas, etc.

16. POSIBLES ACCIDENTES Y CONTINGENCIAS

- Se prevén accidentes como caídas de camiones, contactos con electricidad.
- Se prevén accidentes menores como golpes y magulladuras producto de la mala manipulación de herramientas y equipo.
- Se prevén posibles accidentes de tránsito durante el transporte de los materiales e insumos hasta la ubicación de las obras.
- Se prevén posibles contingencias de incendio en el transporte y manipuleo de combustible.
- Se prevé la capacitación de los comunarios y técnico para eventualidades de accidentes leves (torceduras, otros) en primeros auxilios.
- En caso de accidentes graves los responsables en primeros auxilios brindarán la atención necesaria para luego trasladar al afectado a un centro o posta de salud más próximo.
- Se prevé un control estricto sobre el empleo de ropa e implementos de seguridad (cascos, guantes, botas, protectores nasales, oculares y auditivos, etc.)

17. CONSIDERACIONES AMBIENTALES

RESUMEN DE IMPACTOS AMBIENTALES “CLAVE” (IMPORTANTE)

Considerar *impactos negativos y/o positivos; acumulativos; a corto y largo plazo; temporales y permanentes; directos o indirectos.*

EJECUCIÓN

- (-) RUIDO: Incremento de niveles sonoros por movimiento maquinaria, impacto directo localizado y temporal.
- (-) AIRE: Emisiones de polvo y partículas suspendidas en la atmósfera por movimiento de tierras, tránsito de vehículos y maquinaria, por los accesos desprovistos de capa de rodadura. Impacto directo localizado y temporal.
- (-) AIRE: Contaminación atmosférica como consecuencia de posible mala combustión de los automóviles y maquinaria utilizada. Impacto directo localizado y temporal.
- (-) SUELO: Desestructuración del suelo por las diferentes actividades como instalación de faenas, implementación de las obras y operatividad de la maquinaria en zonas adyacentes al camino, extracción de agregados de bancos de préstamo. Impacto directo localizado y temporal.
- (-) SUELO: Destrucción directa del suelo, por derrames de aceites y combustibles de maquinarias y movilidades, o posibles derrames de material de los vehículos que realizan el transporte de materiales a las obras. Impacto directo localizado y temporal.
- (-) SUELO: Posible compactación debido al flujo de las maquinarias en zonas adyacentes al camino. Impacto directo localizado y temporal.
- (-) SUELO: Posibles terrenos afectados debido al área necesaria para la operatividad de la maquinaria en zonas adyacentes al camino.
- (-) SUELO: Contaminación del suelo por vertidos de desechos sólidos y líquidos. Impacto a corto plazo, temporal y localizado.

- (-) AGUA: Contaminación de cuerpos de agua por el vertido de aguas residuales, sin tratamientos, provenientes del campamento; por sólidos arrojados directamente en los cursos de agua, por derrames de aceites o combustibles, en la superficie del suelo, provenientes de los vehículos y maquinarias, en mantenimiento, mismos que puedan encontrarse cerca de cursos de agua.
- (-) PAISAJE: Impacto visual sobre el área natural y deformación del paisaje. Impacto a corto plazo, permanente, directo y localizado
- (-) ECOLOGIA: Posible perturbación de la fauna silvestre, destrucción de hábitat natural y alteración de procesos migratorios
- (-) ECOLOGIA: Posible cobertura vegetal perturbada y degradación de lugares vegetales
- (+) SOCIOECONOMIA: Mejor infraestructura vial.
- (+) SOCIOECONOMIA: Generación de empleos temporales en obras e incremento de los recursos económicos a nivel familiar, impacto temporal a corto plazo y directo.
- (+) SOCIOECONOMIA: Participación comunal.

OPERACIÓN

(+) SOCIOECONOMIA: Con la mejora del camino, habrá un mayor flujo vehicular, por lo tanto existirá un mayor movimiento económico en la zona y un mejoramiento de la calidad de vida. Impacto temporal a corto plazo e indirecto.

MANTENIMIENTO

(+) SOCIOECONOMIA: Generación de empleos temporales en actividades de limpieza periódica de sedimentos y materiales escombros etc.; e incremento de los recursos económicos a nivel familiar, impacto temporal a corto plazo y directo.

MEDIDAS DE MITIGACIÓN PROPUESTAS PARA IMPACTOS NEGATIVOS

“CLAVE” (IMPORTANTE)

EJECUCIÓN

(-) RUIDO: Dotación de protectores auditivos correspondientes para el personal que trabaje o se encuentre frecuentemente cerca de la maquinaria o equipo que emita ruido.

(-) AIRE: Dotación de protectores buco nasales con filtros de aire adecuados para el personal de la empresa constructora, que eviten la inhalación de polvo durante las faenas de movimiento de tierras. Humedecer periódicamente las vías de acceso al área de estudio con una cantidad de 2 l/m², dicho humedecimiento deberá ser efectuado 2 veces al día, esto para evitar la contaminación atmosférica debido a partículas de polvo en suspensión. Este regado se realizará cerca de centros poblados en los que las viviendas se encuentran a menos de 50 m del eje del camino. En el caso que el transporte de material deba ser realizado a través de asentamientos humanos, las volquetas serán equipadas con coberturas de lona para evitar el polvo y los derrames de sobrantes durante estas tareas.

(-) AIRE: Mantenimiento periódico de los vehículos y maquinaria utilizada e incorporar filtros en los escapes de los vehículos, esto para cumplir con los límites de calidad de aire

No se permitirá la quema de combustibles, gomas de caucho, materiales asfálticos, aceites quemados de motores o cualquier material de esta índole.

(-) SUELO: Restringir al mínimo el área a ser afectada por la implementación de las obras. Para la instalación de faenas, en caso de ser posible, se recomienda utilizar áreas intervenidas previamente, evitando así afectar a nuevas áreas y los conflictos con la propiedad privada.

(-) SUELO: Selección de áreas especiales para el mantenimiento de las maquinarias y equipos.

Durante el transporte de material, se deberá controlar que los vehículos utilizados para el traslado se encuentren en buenas condiciones de manera que no existan derrames del material.

(-) SUELO: La estabilización de los sitios excavados para la obtención de materia de préstamo en áreas de pendientes superiores al 15 % (bancos y áreas laterales); deben restaurarse con obras biomecánicas de conservación de suelos (muros de contención, cortinas, barreras vivas y empalizadas) para el control de erosión en surcos y cárcavas existentes.

(-) SUELO: Antes del inicio de obras, concentrarse un acuerdo con los comunarios dueños de los terrenos que podrían ser afectados y reducir el área de operatividad de las excavaciones y actividades del proyecto.

(-) SUELO: Prohibir terminantemente el vertido de contaminantes al suelo, durante la descarga de materiales y desechos de construcción. Habilitar una fosa que cumpla con los requisitos de un relleno sanitario para la disposición de los residuos sólidos domésticos, considerando su ubicación, volumen, impermeabilización de sus paredes. Estas fosas no podrán estar ubicadas a menos de 1 Km de las áreas destinadas a los dormitorios, comedores, etc. Los residuos tóxicos y/o peligrosos como pilas, baterías descargadas y otros deben ser confinados en contenedores especiales. Se Instalará contenedores en diferentes secciones del campamento (cocina, comedor, habitaciones, baños, etc. de acuerdo al número de trabajadores en el campamento. Para el mantenimiento de vehículos y maquinarias se preparará un sitio en el área de proyecto que preferiblemente debe estar sin vegetación y no ser apto para uso agrícola. En este sitio se utilizarán lonas de protección adecuadas. Se deberá evitar el derrame de cemento, sobrantes de áridos, escombros y otros similares al suelo. Capacitar al personal para gestionar adecuadamente los residuos sólidos. Se implementará talleres de educación ambiental dirigidos a trabajadores y técnicos, para que tomen conciencia sobre la importancia del cuidado al medio ambiente y evitar la contaminación de las aguas. Los sectores habilitados para mantenimiento de vehículos y maquinarias, deberán estar ubicados a por lo menos 100 m de cualquier curso de agua.

(-) PAISAJE: Evitar la alteración de grandes extensiones, utilizando vegetación nativa y en lo posible insumos de la zona, y de esta manera evitar la instrucción de insumos externos que vayan a tener una repercusión negativa en el paisaje.

(-) ECOLOGÍA: Limitar los movimientos del personal a la zona donde se desarrollen los trabajos, y no se permitirá la emisión de ruidos fuertes con equipos de música y otros en horas de la noche. Minimizar la destrucción de la cobertura vegetal, en la

medida de las posibilidades, para evitar una mayor perturbación a la fauna por la destrucción del hábitat. Prohibir estrictamente el porte y el uso de armas de fuego en el área de trabajo. Implementar talleres de educación ambiental dirigidos a todos los trabajadores de manera que tomen conciencia sobre el cuidado y la protección conjunta de las reservas naturales de la zona, en cuanto a su biodiversidad.

18. DECLARACIÓN JURADA

Los suscritos; **YACIMIENTOS PETROLIFEROS FISCALES BOLIVIANOS** en calidad de Promotor, y los Ingenieros Egresados: Barea Magne Jairo Rene, Bustos Jiménez Alex Esteban y Solares Rivero Rene Álvaro, en calidad de Responsable Técnico de la elaboración de la Ficha Ambiental, denominada re-diseño del pavimento rígido mediante la estabilización de la base con suelo - cemento, para el “acceso vial de la planta separadora de líquidos gran Chaco-Yacuiba”. Damos fe, de la veracidad de la información detallada en el presente documento, y asumimos la responsabilidad en caso de no ser evidente el tenor de esta declaración que tiene calidad de Confesión Voluntaria.

PROMOTOR

RESPONSABLE TÉCNICO

9.5. MATRIZ DE EVALUACION DE IMPACTOS

Una vez concluido con el llenado de la ficha ambiental, se procede al llenado de la matriz de evaluación de impactos y de esta forma determinar la categorización del impacto ambiental. Es importante señalar que ese proceso de identificación y valoración de posibles problemas debe confluir, indefectiblemente, en la previsión de soluciones, viables y aplicables de forma específica en cada proyecto que sea analizado, constituyéndose éste en el mayor valor agregado de un EIA a la ingeniería de un proyecto, particularmente del sector carretero.

Cuadro 9.1 Matriz de identificación de impactos

MATRIZ DE IDENTIFICACION DE IMPACTOS

PROYECTO		RE-DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO, PARA EL “ACCESO VIAL DE LA PLANTA SEPARADORA DE LIQUIDOS GRAN CHACO-YACUIBA”																														
ATRIBUTOS AMBIENTALES		FACTORES AMBIENTALES										IMPACTOS																				
		“AIRE”				“AGUA”				“SUENO”				“ECOLOGIA”				“RUIDO”				“SOCIOECONOMIA”										
		F	P	O	M	T	P	V	A	S	N	C	S	M	V	A	P	E	C	R	E	S	N	I	P	R	O	P	I	D		
		A	A	X	X	O	O	R	A	E	O	I	O	A	I	E	R	E	O	O	E	S	E	I	G	N	R	O	P	I	D	
		R	I	I	I	N	N	D	D	O	O	D	D	O	D	O	D	O	D	D	O	S	S	I	S	G	R	E	S	O	P	I
		T	T	O	O	S	S	D	D	O	O	A	A	O	O	D	D	O	O	O	O	S	S	I	S	E	M	P	E	D	D	
		O	R	U	U	S	S	D	D	O	O	A	A	O	O	D	D	O	O	O	O	S	S	I	S	E	M	P	E	D	D	
		E	E	A	A	D	D	E	E	O	O	A	A	O	O	D	D	O	O	O	O	S	S	I	S	E	M	P	E	D	D	
		D	D	A	A	N	N	F	F	L	L	D	D	E	E	A	A	O	O	O	O	S	S	I	S	E	M	P	E	D	D	
		I	I	S	S	Z	Z	T	T	C	C	O	O	R	R	A	A	S	S	S	S	S	S	I	S	E	M	P	E	D	D	
		E	E	P	P	F	F	R	R	R	R	Q	Q	O	O	A	A	C	C	C	C	C	C	I	C	P	R	E	D	D		
		R	R	S	S	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
		E	E	R	R	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
		N	N	D	D	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
		I	I	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
		D	D	A	A	N	N	F	F	L	L	D	D	E	E	A	A	O	O	O	O	S	S	I	S	E	M	P	E	D	D	
		I	I	S	S	Z	Z	T	T	C	C	O	O	R	R	A	A	S	S	S	S	S	S	I	C	P	R	E	D	D		
		E	E	P	P	F	F	R	R	R	R	Q	Q	O	O	A	A	C	C	C	C	C	C	I	C	P	R	E	D	D		
		R	R	S	S	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
		E	E	R	R	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
		N	N	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
		I	I	S	S	Z	Z	T	T	C	C	O	O	R	R	A	A	S	S	S	S	S	S	I	C	P	R	E	D	D		
		E	E	P	P	F	F	R	R	R	R	Q	Q	O	O	A	A	C	C	C	C	C	C	I	C	P	R	E	D	D		
		R	R	S	S	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
		E	E	R	R	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
		N	N	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
		I	I	S	S	Z	Z	T	T	C	C	O	O	R	R	A	A	S	S	S	S	S	S	I	C	P	R	E	D	D		
		E	E	P	P	F	F	R	R	R	R	Q	Q	O	O	A	A	C	C	C	C	C	C	I	C	P	R	E	D	D		
		R	R	S	S	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
		E	E	R	R	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
		N	N	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
		I	I	S	S	Z	Z	T	T	C	C	O	O	R	R	A	A	S	S	S	S	S	S	I	C	P	R	E	D	D		
		E	E	P	P	F	F	R	R	R	R	Q	Q	O	O	A	A	C	C	C	C	C	C	I	C	P	R	E	D	D		
		R	R	S	S	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
		E	E	R	R	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
		N	N	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
		I	I	S	S	Z	Z	T	T	C	C	O	O	R	R	A	A	S	S	S	S	S	S	I	C	P	R	E	D	D		
		E	E	P	P	F	F	R	R	R	R	Q	Q	O	O	A	A	C	C	C	C	C	C	I	C	P	R	E	D	D		
		R	R	S	S	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
		E	E	R	R	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
		N	N	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
		I	I	S	S	Z	Z	T	T	C	C	O	O	R	R	A	A	S	S	S	S	S	S	I	C	P	R	E	D	D		
		E	E	P	P	F	F	R	R	R	R	Q	Q	O	O	A	A	C	C	C	C	C	C	I	C	P	R	E	D	D		
		R	R	S	S	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
		E	E	R	R	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
		N	N	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
		I	I	S	S	Z	Z	T	T	C	C	O	O	R	R	A	A	S	S	S	S	S	S	I	C	P	R	E	D	D		
		E	E	P	P	F	F	R	R	R	R	Q	Q	O	O	A	A	C	C	C	C	C	C	I	C	P	R	E	D	D		
		R	R	S	S	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
		E	E	R	R	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
		N	N	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
		I	I	S	S	Z	Z	T	T	C	C	O	O	R	R	A	A	S	S	S	S	S	S	I	C	P	R	E	D	D		
		E	E	P	P	F	F	R	R	R	R	Q	Q	O	O	A	A	C	C	C	C	C	C	I	C	P	R	E	D	D		
		R	R	S	S	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
		E	E	R	R	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
		N	N	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
		I	I	S	S	Z	Z	T	T	C	C	O	O	R	R	A	A	S	S	S	S	S	S	I	C	P	R	E	D	D		
		E	E	P	P	F	F	R	R	R	R	Q	Q	O	O	A	A	C	C	C	C	C	C	I	C	P	R	E	D	D		
		R	R	S	S	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
		E	E	R	R	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
		N	N	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
		I	I	S	S	Z	Z	T	T	C	C	O	O	R	R	A	A	S	S	S	S	S	S	I	C	P	R	E	D	D		
		E	E	P	P	F	F	R	R	R	R	Q	Q	O	O	A	A	C	C	C	C	C	C	I	C	P	R	E	D	D		
		R	R	S																												

9.6. CATEGORIZACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

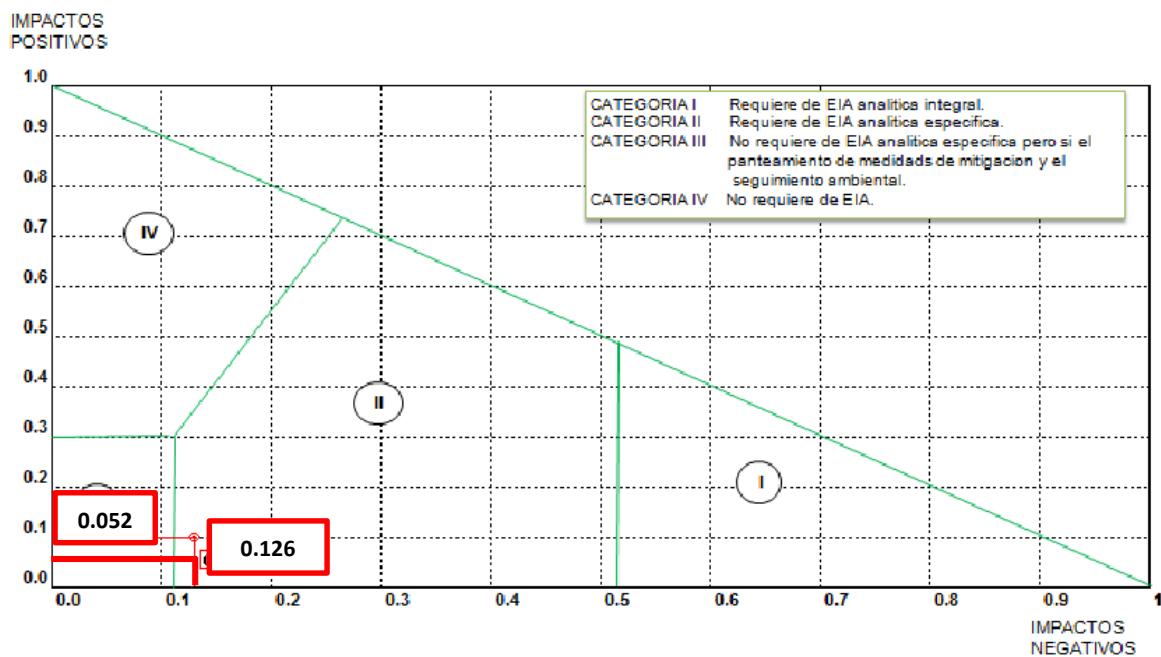


Figura N° 9.1 Categorización de impacto ambiental

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSION: Por el resultado del Impacto Ambiental, se obtuvo un valor y aplicado a la clasificación de proyectos, nos da como resultado un Impacto de Categoría Tipo: II

Por lo tanto: Requiere de EIA analítica y específica.

CAPITULO 10

10. PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA

10.1. INTRODUCCION

Una tarea fundamental dentro la elaboración de un proyecto es la determinación de costos y presupuesto de construcción, que tiene una relación directa con los cómputos métricos del proyecto. Una de las dificultades que generalmente se enfrenta en la elaboración de costos y presupuesto, es la disponibilidad de información actualizada y verídica. Ante esta situación, es frecuente la utilización de estimaciones para establecer los valores de presupuesto.

El presupuesto está elaborado a partir de los cómputos métricos obtenidos del diseño geométrico y de las diferentes obras que se realizan en la construcción de una carretera, para esto se calcula los precios unitarios para los diferentes ítems, estos precios se expresan en bolivianos (Bs).

10.2. CONSIDERACIONES GENERALES

El presupuesto está basado en las cantidades requeridas para la construcción del proyecto “Acceso Vial de la Planta Separadora de Líquidos Gran Chaco” que comprende toda la longitud del tramo del proyecto. Se tomará en cuenta todo el ítem necesario para la ejecución del proyecto que son considerados para la elaboración del presupuesto.

10.3. METODOLOGIA

Para el cálculo del presupuesto se sigue la siguiente metodología:

- Determinación de los Item's que componen a la ejecución del proyecto.
- Se procede a calcular los precios unitarios de los insumos requeridos para cada ítem que comprenda las tareas correspondientes para la puesta en obra del proyecto, considerando en costo horario de la mano de obra, materiales y equipo de construcción vigentes, los cuales fueron obtenidos de la Cámara Departamental de la Construcción (CADECO).

10.4. ITEM'S DEL PROYECTO

Se realiza en base a los cálculos, estimaciones y consultas a documentos de la Cámara de la Construcción. La cuantificación del proyecto muestra en el **Cuadro N°10.1**.

Cuadro 10.1 Lista de Ítems del proyecto

Nº ÍTEM	DESCRIPCION POR ITEM'S	UND.
1	TRABAJOS PRELIMINARES	
1.1	INSTALACION DE FAENAS	GLB
1.2	LETRERO IDENTIFICATORIO DE OBRA DE 4*6M (SEGUN DISEÑO)	PZA
1.3	PLACA DE ENTREGA DE OBRA 40 X 60 S/ DISEÑO	PZA
1.4	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO	GLB
1.5	REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRAFICO	GLB
2	MOVIMIENTOS DE TIERRAS	
2.1	DESBROCE, DESBOSQUE, DESTRONQUE Y LIMPIEZA	HA
2.2	EXCAVACION NO CLASIFICADA	M3
2.3	TRANSPORTE DE MATERIAL DE EXCAVACION NO CLASIFICADA D>300M	M3/KM
3	MEJORAMIENTO DE SUB-RASANTE	
3.1	PREPARACION DE TERRENO DE FUNDACION Y NIVELACION	M2
3.2	EXCAVACION DE MATERIAL P/MEJORAMIENTO SUBRASANTE (SUELO CEMENTO)	M3
3.3	TRANSPORTE DE MATERIAL P/MEJORAMIENTO SUBRASANTE (SUELO CEMENTO) D>300M	M3/KM
3.4	CONSTRUCCION DE BASE DE SUELO - CEMENTO	M3
3.5	EXCAVACION DE MATERIAL P/SUELO MEJORADO (TERRAPLEN)	M3
3.6	TRANSPORTE DE MATERIAL P/ SUELO MEJORADO (TERRAPLEN) D>300M	M3/KM
3.7	CONFORMACION DE TERRAPLEN	M3
4	PAQUETE ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO	
4.1	PROVISION Y TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR P/SUBBASE D>300 M	M3/KM
4.2	PROVISION Y CONFORMACION DE SUB BASE GRANULAR	M3
4.3	IMPRIMACION BITUMINOSA SOBRE SUELO CEMENTO Y SUBBASE	M2
4.4	PAVIMENTO DE HORMIGON ESP 25 CM, COLOCADO Y CURADO	M3
4.5	PAVIMENTO DE HORMIGON ESP 25 CM, REFORZADO COLOCADO Y CURADO	M3
4.6	CORTE Y SELLADO DE JUNTAS EN PAVIMENTO	ML
4.7	TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE (BERMAS)	M2
5	DEMOLICIONES	
5.1	DEMOLICION Y REMOCION DE ESTRUCTURAS DE HORMIGON EXISTENTES	M3
6	ALCANTARILLAS CAJON	
6.1	TRAZADO Y REPLANTEO DE ALCANTARILLAS DEL ACCESO VIAL	ML
6.2	EXCAVACION CON MAQUINARIA PARA ALCANTARILLAS	M3
6.3	PROV. MAT. GRANULAR, RELLENO Y COMPACTADO PARA ALCANTARILLAS CAJON	M3
6.4	ALCANTARILLA CAJON TIPO 1 Y 2 DE HORMIGON ARMADO H-25	M3
6.5	ALCANTARILLA CAJON TIPO 3 DE HORMIGON ARMADO H-25	M3
6.6	CARPETA DE NIVELACION SOBRE LOSA MINIMO E = 5CM	M2
6.7	CABEZAL DE HORMIGON CICLOPEO 50% INC. BORDILLO	M3
6.8	EMPEDRADO Y CARPETA DE NIVELACION MINIMO E=5CM	M2
6.9	PROV. Y COLOCADO DE JUNTA DE CONSTRUCCIÓN INCLUYE SELLO	ML
6.10	PROV. Y COLOCADO DE CANTONERAS ENTRE ALCANTARILLA Y PAVIMENTO	ML

6.11	PROV Y COLOC. BARANDAS METALICAS TUBO F°G°	ML
7	CUNETAS	
7.1	TRAZADO Y REPLANTEO DE CUNETAS	ML
7.2	EXCAVACION CON MAQUINARIA PARA CUNETAS	M3
7.3	PROV. MAT. GRANULAR, RELLENO Y COMPACTADO DE CUNETAS	M3
7.4	CUNETAS DE PIE DE TERRAPLEN DE H°S°	ML
7.5	TAPAS DE HORMIGÓN ARMADO PARA SALVACUNETAS	ML
7.6	PROV. Y COLOC. DE GEOTEXTIL PARA BASE DE CUNETAS	M2
8	GAVIONES TIPO CAJON	
8.1	TRAZADO Y REPLANTEO DE CANALES	ML
8.2	MOVIMIENTO DE TIERRA CON MAQUINARIA PARA GAVIONES	M3
8.3	PROV. Y COLOCADO DE GAVIONES TIPO CAJON	M3
8.4	EXCAVACION CON MAQUINARIA PARA GAVIONES	M3
8.5	PROV. MAT. GRANULAR, RELLENO Y COMPACTADO PARA GAVIONES	M3
9	CANAL Y ALC.PARA CRUCE DE VIA FERREA	
9.1	TRAZADO Y REPLANTEO DE OBRAS PARA CRUCE DE VIA FERREA	ML
9.2	EXCAVACION MANUAL TERRENO SEMIDURO 0-2 M	M3
9.3	ALCANTARILLA DE HORMIGON ARMADO H-25 PARA CRUCE DE VIA FERREA	M3
9.4	PROV. MAT. GRANULAR, RELLENO Y COMPACTADO PARA ALCANTARILLAS CAJON	M3
9.5	MANTENIMIENTO DE CANAL RECEPTOR DE DRENAJE DEL ACCESO	M3
10	SENALIZACION Y SEGURIDAD VIAL	
10.1	PROV. E INST. DE SEÑALES VERTICALES PREVENTIVAS	PZA
10.2	PROV. E INST. DE SEÑALES VERTICALES REGLAMENTARIAS	PZA
10.3	PROV. E INST. DE SEÑALES VERTICALES INFORMATIVAS	PZA
10.4	PINTADO DE CALZADA LINEA CONTINUA BLANCA	ML
10.5	PINTADO DE CALZADA LINEA SEGMENTADA BLANCA	ML
10.6	TACHAS REFLECTIVAS DE BORDES (OJO DE GATO)	PZA
10.7	TACHAS REFLECTIVAS CENTRALES (OJO DE GATO)	PZA
11	OBRAS COMPLEMENTARIAS	
11.1	LOSA DE PROTECCION DE DUCTOS DE GAS (YPFB TRANPORTE)	M3
11.2	PROV. Y COLCADO DE SEMAFORO PARA CRUCES	PTO
12	MEDIDAS DE MITIGACIÓN AMBIENTAL	
12.1	ESTUDIO DEL PLAN DE DESMONTE	GLB
12.2	LIQUIDACION DE PATENTES POR HA DE LA SUPERFICIE A DEMONTAR	HA
12.3	MONITORES SOCIO AMBIENTAL	GLB
12.4	REVEGETACION Y CONTROL DE TALUDES	HA
12.5	GESTION DE RESIDUOS SOLIDOS Y LIQUIDOS	GLB

Fuente: Elaboración propia

10.5. ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Para el cálculo de los precios unitarios de los ítems de construcción se recurre a la ayuda del software Excel, donde se realiza la programación de planillas diseñadas especialmente, para el manejo de datos referidos a costos de materiales e insumos, mano de obra, maquinaria y equipo de construcción.

La mano de obra necesaria, el uso de herramientas y de los materiales e insumos se calcula e incluye en las planillas de bases de datos correspondientes, tomando en consideración los rendimientos típicos de construcción en base a la revista “Guía de Productos y Servicios Presupuesto & Construcción”, después se asignan porcentajes a los gastos generales, utilidades e impuestos, estos porcentajes que son uniformes para todo el proyecto.

La estructura de cada costo unitario está conformada por los costos directos, además de algunos porcentajes como ser gastos generales, impuestos y otros. La moneda de referencia utilizada es Bolivianos (Bs), expresable en su equivalente a dólares americanos (\$us), bajo la cotización de la fecha de elaboración de los precios.

10.5.1. Costos directos

Los costos directos contemplan los costos de los materiales, mano de obra, equipo de maquinaria y herramientas que realizando la sumatoria de todos los costos se tiene como resultado el costo directo de una determinada obra.

10.5.1.1. Materiales

Los precios de los materiales son los recursos que se utilizan en cada uno de los ítems de la obra. Se toma en cuenta los costos de los materiales que se encuentran en el mercado actual de la construcción recabada en moneda nacional mediante cotizaciones, los cuales fueron tomados de la Cámara Departamental de la Construcción (CADECO).

10.5.1.2. Mano de obra

La mano de obra se compone de diferentes categorías de personal como ser: capataces, albañiles, operadores de equipo pesado, choferes de vehículos pesados y liviano, mano de obra especializada, peones; el pago de los salarios debe ser asignado cuando participen en la ejecución del trabajo en forma directa.

10.5.1.2.1. Cargas sociales

Los aportes directos y gastos que intervienen en la determinación de cargas sociales sobre la mano de obra expresados en porcentaje se describen a continuación:

10.5.1.2.1.1. Incidencia por aporte a entidades (patronal)

Las disposiciones legales vigentes que regulan los aportes patronales se observan en el

Cuadro 10.2.:

Cuadro 10.2 Incidencia por aporte a entidades

Aporte patronal	Porcentaje
Aporte patronal solidario	3.00 %
Aportes a la caja nacional de seguridad social (C.N.S.S.)	10.00 %
Aporte a la administradora de fondo de pensiones (AFPs)	1.71 %
Aportes de los empresarios al (INFOCAL)	1.00 %
Vivienda	2.00 %
Sub Total	17.71 %

Fuente: Elaboración propia

10.5.1.2.1.2. Incidencia por subsidio

La estimación de la incidencia de los subsidios sobre los precios de la mano de obra, requiere determinar el costo mensual promedio ponderado del mismo. Por lo que se considera los precios vigentes en nuestro medio y el salario mínimo nacional que es de 1656 Bs.

Cuadro 10.3 Salario mensual

Nº	Descripción Unidad Precio Unitario	Salario diario (Bs)	Salario mínimo nacional (Bs)	Decreto supremo 18978 (%)	Monto anual (Bs)
1	Superintendente	217,00	6.510,00	25,00	1.627,50
2	Administrador	170,00	5.100,00	25,00	1.275,00
3	Topógrafo	160,00	4.800,00	25,00	1.200,00
4	Seccional	120,00	3.600,00	25,00	900,00
5	Especialista	144,00	4.320,00	25,00	1.080,00
6	Operador de equipo pesado	144,00	4.320,00	25,00	1.080,00
7	Operador	124,00	3.720,00	10,00	372,00
8	Capataz	160,00	4.800,00	10,00	480,00
9	Albañil	144,00	4.320,00	10,00	432,00
10	Encofrador	144,00	4.320,00	10,00	432,00
11	Armador	148,00	4.440,00	10,00	444,00
12	Chofer	144,00	4.320,00	10,00	432,00

13	Ayudante operador	80,00	2.400,00	10,00	240,00
14	Sereno	60,00	1.800,00	5,00	90,00
15	Alarife	80,00	2.400,00	5,00	120,00
16	Ayudante	80,00	2.400,00	5,00	120,00
17	Peón	64,00	1.920,00	5,00	96,00

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Salario mensual ponderado} = 3852 \text{ Bs.}$$

$$\text{Salario anual ponderado} = 46224 \text{ Bs.}$$

Considerando que la empresa cuenta con el siguiente personal eventual y permanente:

- Personal Permanente 25 %
- Personal eventual 75 %

Según la ley de seguridad social los subsidios que afectan los costos de la mano de obra en un año de trabajo son los siguientes:

Cuadro 10.4 Subsidio

Descripción	Periodo (meses)	Salario mínimo nacional (Bs)	%	Monto anual (Bs)
Pre natalidad	5	1.656	5	414
Natalidad	1	1.656	5	83
Lactancia	12	1.656	5	994
Sepelio	1	1.656	1	17
TOTAL				1.507

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Incidencia por subsidio} = \frac{1507}{46224} * 100 = 3.26\%$$

10.5.1.2.1.3. Incidencia de antigüedad

De acuerdo a lo establecido por el decreto Ley 21060 se considera la antigüedad de 2 a 4 años, con un porcentaje de 5% sobre el salario básico del trabajador. Asumiendo que en la empresa solo el 10 % de los trabajadores permanentes gozan de estas características se tiene que la incidencia por antigüedad.

$$\text{Incidencia de antigüedad} = 10\% \cdot 0.05 = 0.50\%$$

10.5.1.2.1.4. Incidencia de seguridad industrial e higiene

Para la seguridad del trabajador se considera los siguientes elementos básicos.

Cuadro 10.5 Implementos de seguridad

Descripción	Uso anual (%)	Precio unitario (Bs)	Monto anual (Bs)
Botas de goma	20	80,00	16,00
Guantes de cuero	200	30,00	60,00
Cascos	100	60,00	60,00
Botiquín	1	130,00	1,30
Guantes de goma	10	25,00	2,50
Botines de seguridad	100	195,00	195,00
Overol	100	140,00	140,00
Protectores auditivos	30	9,00	2,70
Cinturón de seguridad	5	650,00	32,50
Respirador	5	250,00	12,50
Antiparras	20	40,00	8,00
TOTAL			530,50

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Incidencia por seguridad industrial} = \frac{530.50}{46224} \times 100 = 1.15\%$$

10.5.1.2.1.5. Incidencia por inactividad

De acuerdo a la ley los trabajadores tienen derecho a descansar, gozando de un salario, los siguientes días mínimos al año.

Cuadro 10.6 Días de inactividad laboral

Descripción	Días/año
Domingos	53
Feriados	13
Enfermedad o accidentes	2
Ausencias justificadas	2
Lluvias y otros	2
TOTAL	72

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Incidencias por inactividad} = \frac{72}{365} \times 100 = 19.73\%$$

10.5.1.2.1.6. Incidencia de los beneficios

Cuadro 10.7 Días de inactividad laboral

Descripción	Días/año
Aguinaldo	30

Indemnización anual	30
Vacación	15
Desahucio	0
Prima	0
TOTAL	75

Fuente: Elaboración propia

$$I\text{ncidencias por beneficios} = \frac{75}{365} \times 100 = 20.55\%$$

10.5.1.2.1.7. Resumen de cargas sociales

Cuadro 10.8 Carga Social

Incidencia	Porcentaje %
Incidencia por inactividad	19,73
Incidencia por beneficios	20,55
Incidencia por subsidio	3,26
Incidencia por aportes	17,71
Incidencia por antigüedad	0,50
Incidencia por seguridad industrial e higiene	1,15
TOTAL	62,90

Fuente: Elaboración propia

Porcentaje de cargas sociales adoptado = 62.90 %

10.5.1.3. Herramientas, maquinaria y equipo

Las herramientas es el monto reservado para la reposición de desgaste de herramientas e incluso del equipo que es propiedad de la empresa constructora, se toma en cuenta un porcentaje de la mano de obra que varía entre 4 a 15% dependiendo de la dificultad del trabajo. Se considerará un **5 %** de la mano de obra para el presente proyecto.

La maquinaria y equipo de construcción será seleccionada de acuerdo a la disponibilidad del medio, la facilidad del mantenimiento y la asistencia técnica, además de los costos de adquisición del equipo.

Los costos de los materiales de operación abarcaran el combustible, lubricantes, grasa y filtros para las diferentes maquinas a manejarse en obra. El precio promedio de los lubricantes es 4 veces el precio del diésel, los filtros comprenden el 50% del costo total de lubricantes. En condiciones de trabajo promedio se adoptarán los consumos siguientes de diésel y lubricantes por cada HP de potencia del motor:

Para el análisis de los precios unitarios se debe tomar en cuenta el costo horario y el rendimiento de la maquinaria, equipo y herramientas, que fueron obtenidos de la Cámara de Construcción de Cochabamba (CADECO).

10.5.2. Costos indirectos

Los costos indirectos a una obra, son todos aquellos gastos generales que son aplicados a todos y cada uno de los conceptos de trabajo que forman parte de una obra determinada. Estos costos indirectos no son fácilmente cuantificables como para ser cobrados al cliente, que comprenden los gastos generales, utilidades y los impuestos.

10.5.2.1. Gastos generales y administrativos

El porcentaje de los gastos generales de una empresa en una determinada obra, es variable y depende de muchos factores como el presupuesto, magnitud de la obra además del tipo de la empresa y del pliego de especificaciones. En el presente proyecto se adopta un porcentaje incidencia de **12%** aconsejado por la Cámara de Construcción de Cochabamba (CADECO).

10.5.2.2. Utilidades

Se refiere al porcentaje que se asume como expectativa de ganancia que recibe cada empresa por el trabajo realizado, y depende de las expectativas de lucro y las dificultades que puedan presentarse en la construcción de una determinada obra.

Para el presente proyecto se asume un valor **10%** aconsejado por la Cámara de Construcción de Cochabamba (CADECO).

10.5.2.3. Impuestos

Se refiere al porcentaje que se asume como expectativa de ganancia que recibe cada empresa por el trabajo realizado, y depende de las expectativas de lucro y las dificultades que puedan presentarse en la construcción de una determinada obra.

Para el proyecto se asume un valor **3.09%** debido aconsejado por la Cámara de Construcción de Cochabamba (CADECO).

10.6. RESUMEN GENERAL DE INCIDENCIAS ASUMIDAS EN EL PROYECTO

En el **Cuadro N°10.9**, se observa los porcentajes del análisis de precios unitarios de acuerdo a la **Nueva Ley General Promulgada por el presente Gobierno** y las asumidas para el análisis de precios unitarios del proyecto, según se describieron con anterioridad en base a todas las incidencias que se presentan en la construcción.

Cuadro 10.9 Resumen general de las incidencias asumidas en el proyecto

Descripción	% Por Ley	% Asumido
Beneficios sociales	61.56	62.90
Maquinarias y herramientas	5	5
Gastos generales	12	12
Utilidad	10	10
Impuesto a la mano de obra	14.94	14.94
Impuestos a las transacciones	3.09	3.09

Fuente: Elaboración propia

El análisis de precio unitario se lo realiza para cada ítem con los datos obtenidos (ver **Anexo J.1**), como se muestra en la **Figura N° 10.1**.

FORMULARIO B-2 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO: Re-diseño Acceso Vial Planta Separadora de Líquidos Gran Chaco					
Item:	Pavimento de Hormigón Esp 28 cm, Colocado y Curado	Cantidad:	8.486,80		
Unidad:	M3	Moneda:	Bolivianos (Bs)		
DESCRIPCIÓN					
	Unidad	Cantidad	Costo Product.	Costo total	
1.- MATERIALES					
1 Cemento	Kg	380,00	1,16	440,80	
2 Arena común	M3	0,80	110,00	88,00	
3 Grava común	M3	0,90	120,00	108,00	
4 Plastimert h.e.	Kg	2,00	25,00	50,00	
5 Antisol normalizado blanco	Kg	0,20	25,00	5,00	
6 Acero estructural	Kg	18,75	8,15	152,81	
7 Pintura anticorrosiva	Lt	0,02	16,00	0,32	
8 Alambre de amarre	Kg	0,03	13,00	0,39	
9 Clavos	Kg	1,00	13,00	13,00	
10 Soldadura	Kg	0,10	25,00	2,50	
11 Agua	M3	0,04	12,00	0,48	
TOTAL MATERIALES					861,30
2.- MANO DE OBRA					
1 Capataz	Hr	0,02	20,00	0,40	
2 Operador de planta	Hr	0,05	25,00	1,25	
3 Operador de equipo pesado	Hr	0,50	18,00	9,00	
4 Operador de equipo liviano	Hr	0,50	18,00	9,00	
5 Albañil	Hr	5,00	18,00	90,00	
6 Chofer	Hr	0,15	18,00	2,70	
7 Ayudante	Hr	10,00	10,00	100,00	
8					
SUB - TOTAL MANO DE OBRA					212,35
62,90% DEL SUB TOTAL					133,57
IMPUESTOS IVA MANO DE OBRA 14,94% DE (M.O.+ C. S.)					51,68
TOTAL MANO DE OBRA					397,60
3.- EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS					
1 Pavimentadora de Hormigón autodeslizante	Hr	0,01	950,00	9,50	
2 Planta de hormigon	Hr	0,05	1420,00	71,00	
3 Cargador frontal	Hr	0,07	325,00	22,75	
4 Camión cistema	Hr	0,07	150,00	10,50	
5 Cepillos texturizador	Hr	0,04	8,00	0,32	
6 Camión Mezclador de hormigon (Mixer)	Hr	0,08	215,25	17,22	
7 Extractor de nucleos	Hr	0,01	20,00	0,20	
8 Equipo de soldar	Hr	0,01	18,50	0,19	
9 Eq.p/hormig. y ensayos completo(Mezcl.300lt,Vibrador lme	Equipo	0,01	20,00	0,20	
5% DEL TOTAL DE M. O.					19,88
TOTAL EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS					151,76
4.- GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS					
		12%	DE 1+2+3	169,28	
TOTAL GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS					169,28
5.- UTILIDAD					
	UTILIDAD	10%	DE 1+2+3+4	157,99	
TOTAL UTILIDAD					157,99
6.- IMPUESTOS					
	IMPUESTOS IT+ITF	3,09%	DE 1+2+3+4+5	53,70	
TOTAL IMPUESTOS					53,70
TOTAL PRECIO UNITARIO 1+2+3+4+5+6					1.791,63

Figura N° 10.1 APU pavimento de hormigón Esp. 28 cm, colocado y curado

Fuente: Elaboración propia

10.7. PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN

El presupuesto general significa el compromiso para la ejecución y conclusión de un proyecto el cual es necesario determinar con la mayor aproximación posible. Este tipo de cálculo es uno de los elementos más importante de la obra ya que no solamente se determina el costo probable sino que sirve de guía a la organización operativa de la obra y el control de su rendimiento económico.

En primera instancia se hizo un análisis de precios unitarios para cada ítem que interviene en la construcción, en las planillas reglamentadas por la Cámara de la Construcción CADECO, posteriormente se realizó el presupuesto general de la obra obteniendo un costo de **38'621,223.84 Bolivianos**, determinando el costo por kilómetro de **1'279,691.71 \$us/Km**, el resumen del presupuesto general se presenta a continuación:

FORMULARIO B-1					
FORMULARIO DE PRESUPUESTO GENERAL DE LA OBRA					
(En Bolivianos)					
RE-DISEÑO DEL ACCESO VIAL PLANTA SEPARADORA DE LIQUIDOS GRAN CHACO					
Nº ÍTEM	DESCRIPCION POR ITEM'S	UND.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL (Numeral)
1 TRABAJOS PRELIMINARES					
1.1	INSTALACION DE FAENAS	GLB	1	159.058,92	159.058,92
1.2	LETRERO IDENTIFICATORIO DE OBRA DE 4*6M (SEGUN DISEÑO)	PZA	1	6.968,37	6.968,37
1.3	PLACA DE ENTREGA DE OBRA 40 X 60 S/ DISEÑO	PZA	1	2.819,80	2.819,80
1.4	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO	GLB	1	280.023,81	280.023,81
1.5	REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRAFICO	GLB	1	138.398,90	138.398,90
SUBTOTAL PRELIMINARES					587.269,80
2 MOVIMIENTOS DE TIERRAS					
2.1	DESBROCE, DESBOSQUE, DESTRONQUE Y LIMPIEZA	HA	14,44	8.050,75	116.252,83
2.2	EXCAVACION NO CLASIFICADA	M3	49.174,29	34,78	1.710.281,81
2.3	TRANSPORTE DE MATERIAL DE EXCAVACION NO CLASIFICADA D>300M	M3/KM	98.348,58	6,93	681.555,66
SUBTOTAL MOVIMIENTOS DE TIERRAS					2.508.090,30
3 MEJORAMIENTO DE SUB-RASANTE					
3.1	PREPARACION DE TERRENO DE FUNDACION Y NIVELACION	M2	45.898,00	16,83	772.463,34
3.2	EXCAVACION DE MATERIAL P/MEJORAMIENTO SUB-RASANTE (SUELO CEMENTO)	M3	9.179,60	45,92	421.527,23
3.3	TRANSPORTE DE MATERIAL P/MEJORAMIENTO SUB-RASANTE (SUELO CEMENTO) D>300M	M3/KM	18.359,20	6,93	127.229,26
3.4	CONSTRUCCION DE BASE DE SUELO - CEMENTO	M3	9.179,60	299,88	2.752.778,45
3.5	EXCAVACION DE MATERIAL P/ TERRAPLEN D>300M	M3	27.538,80	45,92	1.264.581,70
3.6	TRANSPORTE DE MATERIAL P/TERRAPLEN D>300M	M3/KM	55.077,60	6,93	381.687,77

**RE-DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO, MEDIANTE LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE CON SUELO - CEMENTO,
PARA EL “ACCESO VIAL DE LA PLANTA SEPARADORA DE LIQUIDOS GRAN CHACO-YACUIBA”**

3.7	CONFORMACION DE TERRAPLEN	M3	27.538,80	30,37	836.353,36
SUBTOTAL MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE					5.784.157,77
4 PAQUETE ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO					
4.1	PROVISION Y TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR P/SUB-BASE D>300 M	M3/KM	13.769,40	6,93	95.421,94
4.2	CONFORMACION DE SUB-BASE GRANULAR	M3	6.884,70	159,23	1.096.250,78
4.3	IMPRIMACION BITUMINOSA SOBRE SUELO CEMENTO Y SUB-BASE	M2	45.898,00	33,68	1.545.844,64
4.4	PAVIMENTO DE HORMIGON ESP 28 CM, COLOCADO Y CURADO	M3	8.486,80	1.791,63	15.205.205,48
4.5	PAVIMENTO DE HORMIGON ESP 28 CM, REFORZADO COLOCADO Y CURADO	M3	836,21	1.791,63	1.498.178,92
4.6	CORTE Y SELLADO DE JUNTAS EN PAVIMENTO	ML	26.959,64	48,66	1.311.856,08
4.7	TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE (BERMAS)	M2	15.588,00	49,61	773.320,68
SUBTOTAL PAQUETE ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO					21.526.078,52
5 DEMOLICION					
5.1	DEMOLICION Y REMOCION DE ESTRUCTURAS DE HORMIGON EXISTENTES	M3	31,26	67,52	2.110,68
SUBTOTAL DEMOLICION					2.110,68
6 ALCANTARILLAS CAJON					
6.1	TRAZADO Y REPLANTEO DE ALCANTARILLAS DEL ACCESO VIAL	ML	102,1	6,58	671,82
6.2	EXCAVACION CON MAQUINARIA PARA ALCANTARILLAS	M3	425,82	32,20	13.711,40
6.3	PROV. MAT. GRANULAR, RELLENO Y COMPACTADO PARA ALCANTARILLAS CAJON	M3	155,2	131,31	20.379,31
6.4	ALCANTARILLA CAJON TIPO 1 Y 2 DE HORMIGON ARMADO H-25	M3	137,69	2.894,14	398.494,14
6.5	ALCANTARILLA CAJON TIPO 3 DE HORMIGON ARMADO H-25	M3	64,6	2.894,14	186.961,44
6.6	CARPETA DE NIVELACION SOBRE LOSA MINIMO E = 5CM	M2	9,88	141,45	1.397,53
6.7	CABEZAL DE HORMIGON CICLOPEO50% INC. BORDILLO	M3	105,05	1.499,42	157.514,07

**RE-DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO, MEDIANTE LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE CON SUELO - CEMENTO,
PARA EL “ACCESO VIAL DE LA PLANTA SEPARADORA DE LIQUIDOS GRAN CHACO-YACUIBA”**

6.8	EMPEDRADO Y CARPETA DE NIVELACION MINIMO E=5CM	M2	158,06	146,70	23.187,40
6.9	PROV. Y COLOCADO DE JUNTA DE CONSTRUCCIÓN INCLUYE SELLO	ML	222,6	619,50	137.900,70
6.10	PROV. Y COLOCADO DE CANTONERAS ENTRE ALCANTARILLA Y PAVIMENTO	ML	155,2	167,02	25.921,50
6.11	PROV Y COLOC. BARANDAS METALICAS TUBO F°G°	ML	40	1.463,34	58.533,60
SUBTOTAL ALCANTARILLAS CAJON					1.024.672,91
7 CUNETAS					
7.1	TRAZADO Y REPLANTEO DE CUNETAS	ML	8.700,00	6,58	57.246,00
7.2	EXCAVACION CON MAQUINARIA PARA CUNETAS	M3	4.350,00	32,20	140.070,00
7.3	PROV. MAT. GRANULAR, RELLENO Y COMPACTADO DE CUNETAS	M3	1.740,00	132,58	230.689,20
7.4	CUNETAS DE PIE DE TERRAPLEN DE H°S°	ML	8.700,00	423,39	3.683.493,00
7.5	TAPAS DE HORMIGÓN ARMADO PARA SALVACUNETAS	ML	390	1.121,54	437.400,60
7.6	PROV. Y COLOC. DE GEOTEXTIL PARA BASE DE CUNETAS	M2	4.627,80	36,60	169.377,48
SUBTOTAL CUNETAS					4.718.276,28
8 GAVIONES TIPO CAJON					
8.1	TRAZADO Y REPLANTEO DE CANALES	ML	700	6,58	4.606,00
8.2	MOVIMIENTO DE TIERRA CON MAQUINARIA PARA GAVIONES	M3	1.050,00	22,14	23.247,00
8.3	PROV. Y COLOCADO DE GAVIONES TIPO CAJON	M3	120	497,38	59.685,60
8.4	EXCAVACION CON MAQUINARIA PARA GAVIONES	M3	48	32,20	1.545,60
8.5	PROV. MAT. GRANULAR, RELLENO Y COMPACTADO PARA GAVIONES	M3	48	131,31	6.302,88
SUBTOTAL GAVIONES TIPO CAJON					95.387,08
9 CANAL Y ALC. PARA CRUCE DE VIA FERREA					
9.1	TRAZADO Y REPLANTEO PARA OBRAS DE CRUCE DE VIA FERREA	ML	1676,60	6,58	11.032,03

**RE-DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO, MEDIANTE LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE CON SUELO - CEMENTO,
PARA EL “ACCESO VIAL DE LA PLANTA SEPARADORA DE LIQUIDOS GRAN CHACO-YACUIBA”**

9.2	EXCAVACION MANUAL TERRENO SEMIDIURO 0-2 M	M3	202,05	49,94	10.090,38
9.3	ALCANTARILLA DE HORMIGON ARMADO H-25 PARA CRUCE DE VIA FERREA	M3	91,80	2.960,61	271.784,00
9.4	PROV. MAT. GRANULAR, RELLENO Y COMPACTADO PARA ALCANTARILLAS CAJON	M3	36,72	131,31	4.821,70
9.5	MANTENIMIENTO DE CANAL PROTECTOR DE DRENAGE DE ACCESO	M3	8275,00	22,14	183.208,50
SUBTOTAL CANAL Y ALC. PARA CRUCE DE VIA FERREA					480.936,61
10 SENALIZACION Y SEGURIDAD VIAL					
10.1	PROV. E INST. DE SEÑALES VERTICALES PREVENTIVAS	PZA	18	2.266,33	40.793,94
10.2	PROV. E INST. DE SEÑALES VERTICALES REGLAMENTARIAS	PZA	17	2.266,33	38.527,61
10.3	PROV. E INST. DE SEÑALES VERTICALES INFORMATIVAS	PZA	1	2.266,33	2.266,33
10.4	PINTADO DE CALZADA LINEA CONTINUA BLANCA	ML	9.628,00	31,23	300.682,44
10.5	PINTADO DE CALZADA LINEA SEGMENTADA BLANCA	ML	4.814,00	31,23	150.341,22
10.6	TACHAS REFLECTIVAS DE BORDES (OJO DE GATO)	PZA	602	20,83	12.539,66
10.7	TACHAS REFLECTIVAS CENTRALES (OJO DE GATO)	PZA	301	20,83	6.269,83
SUBTOTAL SENALIZACION Y SEGURIDAD VIAL					551.421,03
11 OBRAS COMPLEMENTARIAS					
11.1	LOSA DE PROTECCION DE DUCTO DE GAS (YPFB TRANSPORTE)	M3	151,50	2.868,23	434.536,85
11.2	PROV. Y COLOCADO DE SEMAFOROS PARA CRUCES	PTO	2,00	27.410,54	54.821,08
SUBTOTAL CANAL Y ALC. PARA CRUCE DE VIA FERREA					489.357,93
12 CANAL Y ALC. PARA CRUCE DE VIA FERREA					
12.1	ESTUDIO DE PLAN DE DESMONTE	GLB	1,00	59.675,66	59.675,66
12.2	LIQUIDACION Y PATENTES POR HA DE LA SUPERFICIE A DESMONTAR	HA	8,00	4.178,41	33.427,28
12.3	MONITORES SOCIO AMBIENTALES	GLB	1,00	150.262,19	150.262,19

12.4	REVEGETACION Y CONTROL DE TALUDES	HA	8,00	8.490,29	67.922,32
12.5	GESTION DE RESIDUOS SOLIDOS Y LIQUIDOS	GLB	1,00	155.945,81	155.945,81
SUBTOTAL CANAL Y ALC. PARA CRUCE DE VIA FERREA					467.233,26
TOTAL Bs.					38.621.223,84
Son: Trenta y Ocho Millon(es) Seiscientos Veinte Un Mil Doscientos Veinte y Tres con 84/100 Bolivianos					

10.8. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

Para la elaboración del cronograma de ejecución se calculó el número de días en función al material y la productividad de los equipos, determinando una ruta crítica y obteniendo un total de **330 días** calendario, utilizando el software de computadora Projetc profesional 2013 (ver **Figura N°10.2**), donde se detalla mejor en el **Anexo J.3**.

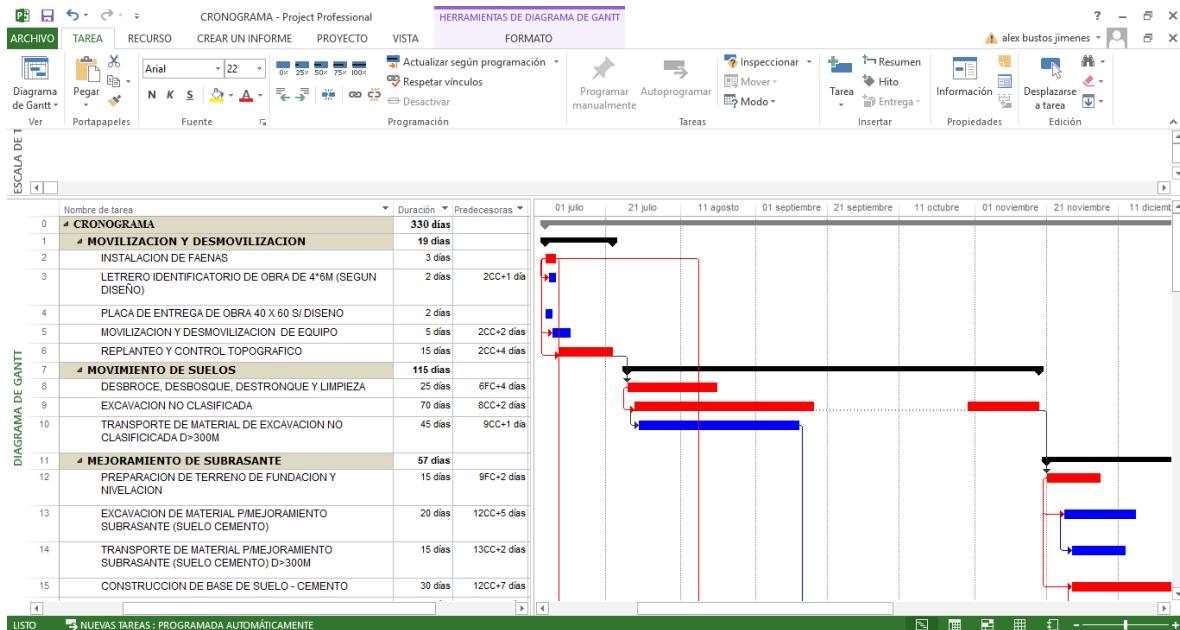


Figura N° 10.2 Cronograma general de la obra

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO 11

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

11.1. CONCLUSIONES

- Se obtuvo los estudios previos realizados por la empresa consultora GUSOG. S.R.L. como es el plano de la zona del proyecto (estudio topográfico), encuesta de vehículos que transitan en el acceso vial (tráfico generado por la planta separadora de líquidos), estudios de suelo y los datos de diseño geométricos y de drenaje que se utilizaron en el primer diseño realizado.
- Se verifico la fidelidad y validez de los datos obtenidos, mediante la realización de estudios y ensayos propios.
- Utilizando los datos obtenidos por cuenta propia de diferentes estudios y ensayos, se procesó estos datos para obtener valores de diseño, para determinar la confiabilidad de los estudios (topográfico, suelos) y diseños (geométrico, drenaje) realizados en el primer diseño de pavimento.
- Se analizó y determino las características y parámetros para el re-diseño del pavimento rígido, mediante la estabilización de la base (sub-rasante) con suelo-cemento.
- Se realizó el cálculo para re-diseño del pavimento (rígido), obteniendo un espesor de 28 cm para la losa de hormigón, una capa sub-base granular de 15 cm, un terraplén de 0.6 m de espesor (para evitar inundaciones) y una capa de suelo-cemento de 20 cm de espesor (cambio de material en la sub-rasante).
- La implementación de las señales de tránsito y un correcto entendimiento en el funcionamiento de las mismas es requisito indispensable e influyente para el usuario. Para el tramo de la vía se procederá a colocar la señalización y se dividió en dos grupos, señalización vertical y señalización horizontal, el total de señales verticales es 51 piezas, 16 señales preventivas, 17 señales reglamentarias y 2 señales informativas, para señales horizontales tenemos 4330 metros lineales, lo que llevará a regularizar y mejorar el tráfico vehicular.

- Se procedió al llenado de la ficha ambiental y la matriz de impacto ambiental, para la categorización de impacto ambiental, obteniendo como resultado que la obra será de categoría II, por lo que se requiere un estudio de impacto ambiental.
- La realización de un análisis de costos de construcción determinó que el presupuesto general para la construcción del pavimento rígido con base estabilizada con suelo cemento es 38'621.223,84 Bs.
- Despues del análisis de costos de construcción de la obra se realizó un cronograma de las actividades de todos los ítems durante la ejecución de la obra determinando una ruta crítica y obteniendo el tiempo que se tardara en la conclusión del proyecto que será de 330 días calendario.
- La conclusión final del presente proyecto se representa con el trazado de los planos constructivos del nuevo diseño de pavimento rígido (**Ver Anexo K.1**).

11.2. RECOMENDACIONES

- Para el estudio topográfico se marcó puntos de referencia en el tramo del proyecto por lo que Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos deberá prever que estos no sufran ninguna modificación por causas humanas y otros.
- Se debe realizar el mantenimiento de la superficie de rodadura del pavimento rígido, de esta forma garantizar que el pavimento alcance su vida útil de diseño.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Administradora Boliviana de Carreteras – (A.B.C.), “Manual de Diseño Geométrico de carreteras” Vol.1, Cochabamba-Bolivia, 2008.
- Administradora Boliviana de Carreteras - (A.B.C.), “Manual de Hidrología y Drenaje, Vol. 4” Cochabamba-Bolivia, 2008.
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), Guia for design of pavement structures, 1998.
- American Concrete Institute (ACI 318S-05), Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario, Producido por el comité 318.
- Arce Mario, “Bases estabilizadas con cemento”. Boletín técnico Programa de Infraestructura del Transporte PITRA, Costa Rica. Vol. 2, 2011.
- Ayllon Jaime, “Guía para el Diseño de Pavimentos de Carreteras y Vías Urbanas de Concreto Asfaltico y Cemento Portland”, Febrero del 2011.
- Ayllon Jaime, “Maquinaria y Equipo de Construcción”, Adscripción Febrero del 2012.
- Cárdenas James, Cal Rafael y Mayor R., “Ingeniería de Tránsito”, 7ma Edición, Editorial Alfaomega, Santafé de Bogotá. D.C-Colombia, 2000.
- De la Fuente Eduardo, “Suelo-Cemento sus usos propiedades y aplicaciones”. Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto, México, 1995.
- Escalera Armando, “Obras Hidráulicas Menores”, Edición 2004., Cochabamba- Bolivia 2004.
- Facultad de Ingeniería Civil, “Especificaciones Normas INV-07, articulo 341 – 07, Base estabilizada con cemento”, Universidad de Cauca. Colombia, 2007.
- Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón, Diseño de Pavimentos (A.A.S.H.T.O-97). Universidad Nacional de San Juan, Argentina.
- Salinas L. M., Campos J., Guardia G., “Fundamentos De Mecánica De Suelos”, Cochabamba-Bolivia, 2009.