

CAPÍTULO I

1. Introducción.

En el mundo cada vez más demandante del día de hoy, nos es necesario tener la garantía de que estamos optimizando nuestro tiempo de la mejor manera posible, si consideramos a una persona que en promedio invierte 30 minutos en llegar a su fuente de trabajo y otros 30 minutos en volver a su hogar, ésta ha invertido una hora viajando en un día, en una semana serán 6 horas de viaje, en un mes 150 horas al finalizar un año esta persona ha estado viajando 1800 horas equivalente a 75 días, desde este punto de vista la apertura de caminos nuevos podrá en el mejor de los casos acortar esta distancia por la mitad y para las ciudades saturadas de vehículos se deben tomar en cuenta nuevas alternativas de transporte como ser trenes subterráneos, teleféricos, etc.

Los caminos vecinales constituyen una necesidad básica para la sociedad, proveyendo un flujo de mercaderías y servicios a lo largo de un área, permitiendo el desarrollo de la misma, el mejoramiento en la calidad de vida y ayudan a cubrir las necesidades básicas de las comunidades aledañas.

El estudio de un camino de comunicación cualquiera sea su naturaleza, es un proceso complejo. En efecto, la decisión de construirlo no es generalmente consecuencia de un deseo personal ni satisfacción de una necesidad aislada, tal decisión surge como conjunto de los propósitos de desarrollo de la región.

Estos caminos deben construirse de acuerdo a normas, para cubrir las necesidades de corto y largo plazo de las poblaciones y los usuarios, pero a la vez no deberían estar sobredimensionados, lo que significa que deberían construirse los caminos duraderos, eficientes en costos y con impactos ambientales reducidos al mínimo; requieren de una combinación de normas apropiadas de diseño, drenaje superficial adecuado, rellenos y cortes estables y medidas de control de erosión, además de un mantenimiento adecuado y eficiente así como de un costo moderado. Esto podría

aumentar el costo de construcción, pero probablemente reduciría los costos de reparación, mantenimiento y reconstrucción.

El estudio o Proyecto a Diseño Final Apertura De Camino Entre Saladillo y Rujero surge con la necesidad de comunicar ambas comunidades, cuyos habitantes hasta el momento se ven obligados a pasar por el Valle de Concepción.

“Una de las ventajas más importantes que proporcionan las carreteras, es la unión entre poblaciones logrando así una integración en el desarrollo social, cultural y comercial.”

1.1. Antecedentes.

Las pequeñas comunidades como Saladillo y Rujero tienen un gran potencial desde el punto de vista turístico así también agrícola, la gran deficiencia es en cuanto al mantenimiento de su vía principal en el sector de Saladillo, también el tramo actual desde la comunidad de La Compañía hasta Rujero se encuentra en mal estado debido a la falta de mantenimiento.

El potencial turístico de estas comunidades se debe a que las mismas se encuentran adyacentes a la llamada ruta del vino.

1.2. Ubicación.

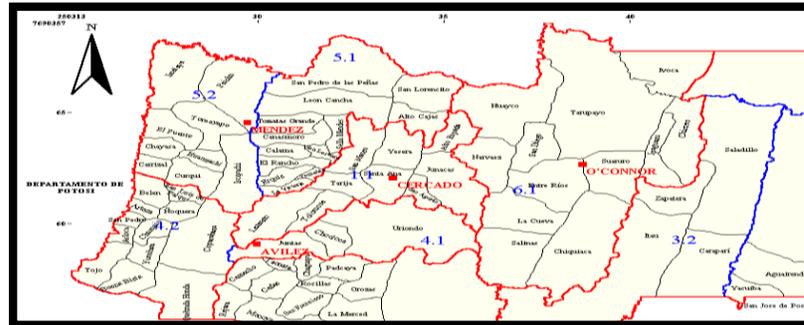
1.2.1. Ubicación geográfica.

Geográficamente las comunidades se encuentran entre los paralelos $64^{\circ}42'31.683''$ longitud Oeste y $21^{\circ}43'28.520''$ latitud Sur.

Política y Administrativamente el proyecto se localiza en las Comunidades de Rujero y Saladillo, 1ra Sección Municipal de la Provincia Avilés Provincia Cercado del Departamento de Tarija, Bolivia.

La imagen 1.1, muestra un mapa referencial donde se ubica la zona de influencia directa del proyecto ZID en el contexto departamental. La zona de Influencia Indirecta se define por la Provincia Avilés y Cercado del Departamento de Tarija.

Fig. 1: Ubicación geográfica



Fuente: Elaboración propia

1.2.2. Localización.

La comunidades de Saladillo y Rujero forman parte del Valle central de Tarija, dentro del municipio de Uriondo y pertenecen a la provincia Avilés.

Ambas comunidades Saladillo – Rujero se encuentran situadas al Sudeste de la ciudad de Tarija a una distancia aproximada de 30 km.

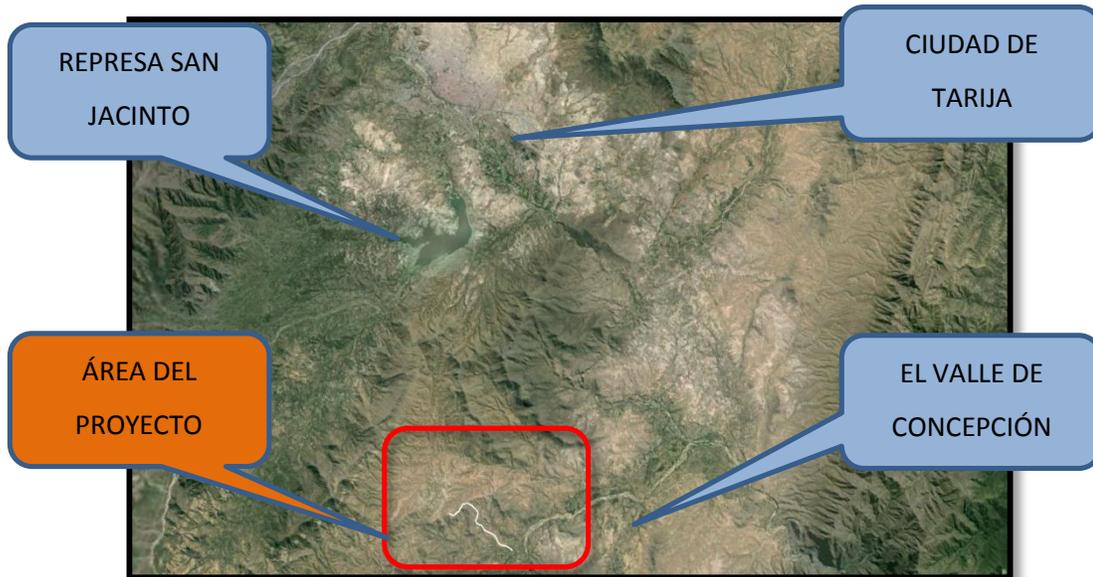
1.2.2.1. Coordenadas UTM. y ubicación satelital.

El alineamiento de camino inicia en: E323271.3734 N7596692.9486 cota 1.726,886 m. termina: E319692.3825 N7599272.0222 cota 1.952,936m.

La imagen siguiente obtenida por el Google Earth muestra la ubicación del área de estudio, la ciudad de Tarija y otros puntos que sirven como referencia para así poder ubicar el área de estudio. Google Earth es un programa informático q muestra un globo virtual que permite visualizar múltiple cartografía, con base en la fotografía

satelital. El mapa de Google Earth está compuesto por una superposición de imágenes obtenidas por imagen satelital, la información geográfica proveniente de modelos de datos SIG de todo el mundo y modelos creados por ordenador. Es mediante esta herramienta que una vez terminado el diseño geométrico (con el Autodesk Civil 3d) se puede obtener una base de datos con extensión .kmz y emplazarlo en el Google Earth para apreciar la ubicación de manera satelital.

Fig. 2: Ubicación Satelital del Proyecto



Fuente: Google earth

1.3. Objetivos.

1.3.1 Objetivo General.

Realizar el Proyecto Final De Ingeniería Apertura De Camino “Saladillo – Rujero” de acuerdo a las exigencias y demandas actuales de la región tomando en cuenta las normas vigentes en nuestro país, generando los parámetros para el diseño geométrico y estructural especialmente considerando las condiciones topográficas.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- ✓ Analizar los aspectos técnicos de los criterios, normas y manuales de nuestro país relacionados al diseño geométrico, estructural proporcionando la base fundamental para realizar este proyecto.
- ✓ Obtener los parámetros para el diseño geométrico y estructural que se exigen según las normas de diseño.
- ✓ Elaborar un croquis del tramo “SALADILLO - RUJERO” haciendo un reconocimiento visual de todas las características del terreno.
- ✓ Efectuar un levantamiento topográfico a lo largo del eje preliminar que en este caso será el camino de herradura con el fin de obtener las coordenadas y elevaciones del terreno y por ende las curvas de nivel del terreno.
- ✓ Hacer una exploración del suelo a lo largo del tramo, extrayendo a través de calicatas muestras de la sub-rasante para luego analizarla en el laboratorio aplicando diferentes procedimientos que se exigen para el diseño estructural de carreteras.
- ✓ Realizar el diseño geométrico del tramo “SALADILLO - RUJERO” realizando trazos preliminares y seleccionando la mejor alternativa desde el punto de vista económico y social.
- ✓ Realizar el cálculo del movimiento de tierras para lo cual se tendrá que efectuar un cálculo de volúmenes tanto de corte como de relleno y que se representará en el diagrama de masas
- ✓ Realizar el cálculo de las obras de drenaje a lo largo del tramo que facilitará el escurrimiento superficial del agua.
- ✓ Realizar el diseño estructural del tramo; es decir, calcular los espesores de cada capa de la nueva carretera que estará compuesto por: Capa Sub-base, Capa Base, Capa de rodamiento o de rodadura.
- ✓ Analizar el cálculo del paquete estructural por el método CBR e ÍNDICE DE GRUPO y escoger el más óptimo para este tipo de carretera.

- ✓ Realizar los cálculos de los cómputos métricos y los precios unitarios de los diferentes ítems de la carretera.
- ✓ Establecer las especificaciones técnicas de cada uno de los ítems que compone la carretera.

1.4. Alcance del estudio.

El alcance que se pretende, pone énfasis en el análisis técnico, financiero y organizacional, en cada uno de estos aspectos la calidad de la solución, y el factor medioambiental.

Se pretende enfocar el trabajo de estudio de acuerdo a las siguientes etapas:

- ✓ Estudios topográficos.
- ✓ Estudios hidrológicos e hidráulicos.
- ✓ Estudio de suelos.
- ✓ Diseño geométrico y alternativa definitiva.
- ✓ Volúmenes de obra y análisis de precios unitarios.
- ✓ Presupuesto general del proyecto.
- ✓ Cronograma de ejecución de obras.
- ✓ Determinación del derecho de vía.

Se empezará a realizar el análisis comparativo tanto técnico, económico, hidráulico, y el análisis de obras de arte importantes entre los trazos realizados; una vez elegida la alternativa definitiva se respaldará por los siguientes puntos:

- ✓ Estudio del alineamiento Horizontal.
- ✓ Estudio del alineamiento vertical rasante.
- ✓ Estudio hidráulico.

El capítulo de ingeniería del proyecto es la parte fundamental de este proyecto se recopilarán datos de campo como también se generarán parámetros de diseño de acuerdo a las normas y manuales de nuestro país, esto estará fundamentado y respaldado por la teoría que caracteriza cada concepto fundamental.

1.5. Justificación del Proyecto.

Los actuales problemas se verían mitigados con la apertura y construcción de este tramo conectando las comunidades Saladillo-Rujero, las ventajas más importantes y directas que el proyecto generaría son:

- ✓ Se acortará considerablemente la distancia que une actualmente a ambos poblados y por ende a poblados adyacentes.
- ✓ La comunicación entre ambos poblados será mucho más fluida.
- ✓ Los pobladores podrán movilizarse hacia otros poblados adyacentes accediendo a servicios de salud de manera oportuna.
- ✓ Las comunidades beneficiadas con la apertura de camino Saladillo-Rujero agilizará la comunicación con los poblados adyacentes mitigará los problemas de marginamiento, reducirá tiempos de viaje, ayudará a la integración con ciudades capitales.

1.5.1 Identificación del problema.

Este estudio surge por la necesidad de brindar a los pobladores de Saladillo y Rujero mejores condiciones de vida, habilitar extensas zonas para cultivo y que ambas comunidades puedan llegar directamente una a la otra sin tener que pasar obligadamente por el valle de Concepción.

En cuanto a la apertura de camino Saladillo-Rujero su realización permitirá un flujo vehicular constante y de confort favoreciendo a la actividad productiva y turística de la región, aumentando la producción de las familias beneficiadas y otras adyacentes.

En el tramo de estudio actualmente se cuenta con una franja de terreno o camino de herradura no transitable para vehículos, y que en época de lluvias tampoco es transitable a las personas, perjudicando la comunicación, actividades económicas y productivas de estas dos comunidades como son Saladillo-Rujero.

CAPÍTULO II

2. Estudios previos.

A lo largo de la franja de estudio se estableció 5 puntos técnicos, el puente Saladillo, el punto de intersección de inicio; es decir, donde se planea que comience el trazo de la vía, el punto de intersección final que está **al lado de** la comunidad de Rujero, un canal de riego y una pequeña quebrada de cauce intermitente.

Se puede distinguir viviendas al inicio del tramo, postes de electrificación, pequeñas parcelas a lo largo del tramo, cercos de piedra y espinos, y el cementerio de saladillo.

La poligonal de estudio es la poligonal abierta conformada por los puntos de estación donde se colocaron estacas registrándolos como puntos de estación, en función de esta poligonal se realizó el levantamiento de la franja de terreno (la planilla se muestra en los anexos).

2.1. Topografía.

2.1.1. Trabajo de campo.

La primera etapa en la elaboración de un proyecto vial consiste en el estudio de las rutas.

Por ruta se entiende la faja de terreno, de ancho variable que se extiende entre los puntos terminales e intermedios por donde el camino debe obligatoriamente pasar, y dentro de la cual podrá localizarse el trazado de la vía; el trazado definitivo será aquella que reúna las condiciones óptimas para el desenvolvimiento del trazado.

Para realizar el reconocimiento del terreno se estudió primero las imágenes satelitales mediante Google Earth donde es notorio y se puede apreciar un camino de herradura

que no abarca la longitud total del tramo propuesto, pero que sirve como referencia y para establecer algunos puntos obligados.

El reconocimiento preliminar se realizó con GPS y un clisímetro, los puntos obtenidos del GPS los importamos al programa AutoCAD, con esto obtenemos una idea de la longitud de la franja de terreno. En este reconocimiento también estudiamos posibles puntos para colocar la estación total con la idea de tener el menor cambio de estaciones.

Los instrumentos utilizados en el levantamiento se mencionan a continuación:

- ✓ Estación total y sus componentes (tripo D, bastones y prismas, intercomunicadores).
- ✓ GPS
- ✓ Brújula
- ✓ Material complementario (cinta métrica, libreta de anotaciones, clavos, estacas, pintura, marcador metálico y pincel).

El levantamiento topográfico definitivo y a detalle, es la franja de terreno que se considera la más óptima para realizar el diseño, estos puntos topográficos son la base de datos para poder obtener un modelo digital de la superficie de terreno (DEM).

Empezamos estableciendo un punto de partida con el GPS, nuestro punto 1 está ubicado en la acera del puente saladillo, esta lectura nos da las coordenadas X,Y,Z cabe recordar que la aproximación del GPS en sus coordenadas X, Y es hasta de 10 cm, pero para la elevación o coordenada Z varía hasta 5 metros, para orientar el levantamiento topográfico se obtuvo el punto 2 ubicado en medio de la quebrada saladillo rescatando las coordenadas X, Y de este pero la elevación está en relación al punto 1. En esta parte de la quebrada el levantamiento topográfico fue más exhaustivo y a detalle debido a dos motivos importantes. Uno es que la crecida de la quebrada podría afectar la integridad de la vía en este tramo inicial, lo cual se

comprobó que no será así, mediante el cálculo de la curva de descarga se garantiza esta situación; y dos, que el empalme al camino existente “Saladillo – Chaguaya” también está muy próximo y a la vez que existe un puente muy cerca se debe considerar una distancia prudente entre **la intersección** y este tramo inicial.

2.1.2. Trabajo de gabinete

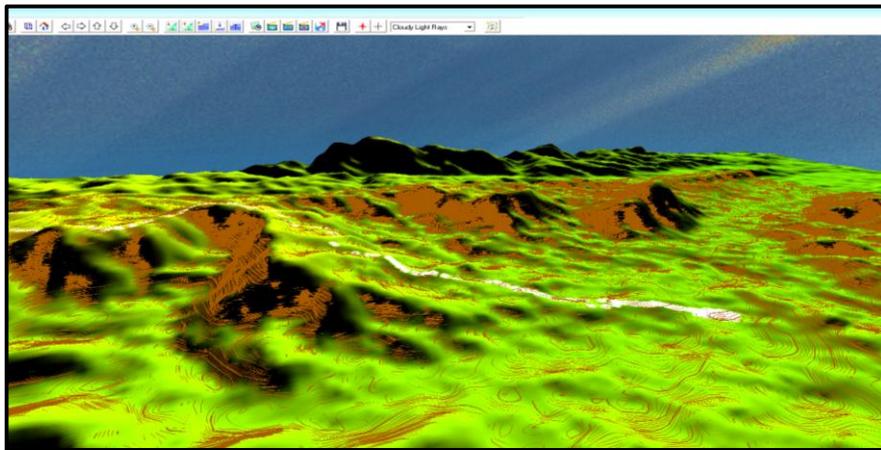
El trabajo de gabinete consiste primero en transportar los datos de la estación total a la computadora a través de cualquier software compatible con la estación total Leica (se utilizó el programa Leica Survey Office) este programa permite guardar en varios formatos el archivo nativo para la estación Leica es .GSI. otra extensión más universal es .IDX que también es compatible con el Excel de Microsoft office, este archivo debe guardarse con extensión .csv o .txt, el orden estándar de las columnas de datos es: número de punto, coordenada este, coordenada norte, elevación y descripción (#, E, N, ELEV, D), una vez que tenemos este archivo podemos elegir entre muchos programas de ingeniería civil para el diseño geométrico de carreteras como por ejemplo AutoCAD civil 3d land, desktop companion 2009, Eagle point, civilcad o el más popular en este momento civil 3d versión 2015 que es la que se utilizó. Las funciones o áreas en las que civil 3d trabaja son las siguientes:

- ✓ Loteos y parcelaciones.
- ✓ Modelos tridimensionales de terreno (DEM) (BIM)
- ✓ Curvas de nivel.
- ✓ Obtención de cortes del terreno.
- ✓ Cálculo de volúmenes producidos por proyectos, tales como excavaciones, plataformas, terrazas, pilas, botaderos, etc.
- ✓ Informes de cubicación de los proyectos antes expuestos.
- ✓ Diseño en planta de caminos, canales, presas o de cualquier otro proyecto que se desarrolle a lo largo de un eje.

- ✓ Los archivos que se generán son de extensión .dwg a diferencia del AutoCAD land toda la base de datos se almacena en un único archivo.

Las alternativas de diseño son en sí tres líneas de pelo trazadas sobre la franja de terreno levantada, Se encontró que no existen cambios de consideración en las alternativas de diseño puesto que gran parte de la franja de terreno se ve restringida en muchas partes o sectores por casas, alambrados, cercos y la misma topografía con sus depresiones o sectores afectados por la erosión.

Fig. 3 Análisis de la superficie DEM vista 3d



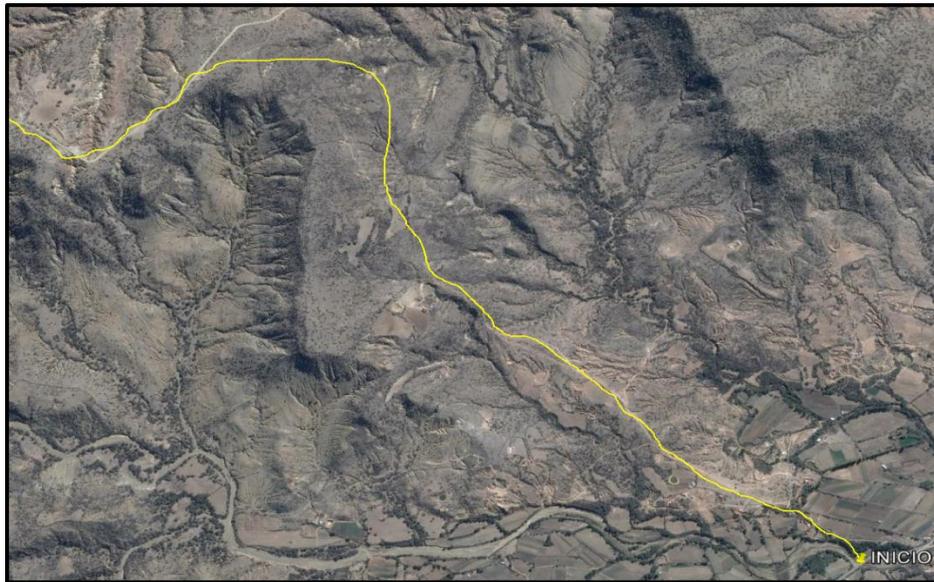
Fuente: Elaboración Propia

Fig. 4 alternativa 1



Fuente: Elaboración propia

Fig. 5 Alternativa 2



Fuente: Elaboración Propia

Fig. 6 Alternativa 3



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 1: Resumen de alternativas

| ALTERNATIVA | LONGITUD |
|-------------|---------------|
| 1 | 5670.500 mts. |
| 2 | 5710.100 mts. |
| 3 | 5381.394 mts. |

Fuente: Elaboración Propia

Esta alternativa presenta un alineamiento de menor longitud y la opción más directa de un punto a otro no presentando restricciones de tipo técnico, como consecuencia se tendrá un alineamiento óptimo.

Se ve por conveniente la elección de esta alternativa que cuenta con una longitud de 5405.071 mts, representa la longitud intermedia entre el principio y fin del tramo, brindando esta alternativa: seguridad, comodidad, estética y respetando los puntos técnicos (quedando el alineamiento dentro de la faja topográfica levantada y puntos singulares como los pasos de quebradas y acequias) y sociales (el alineamiento respeta casi en su totalidad la propiedad privada y adyacente) que podría ocurrir durante su construcción que además podría aumentar considerablemente el costo por afectación de terrenos.

2.1.3 Alineamiento horizontal.

Generado el modelo de terreno digital, sobre éste se puede trazar la línea de pelo, seguidamente determinar las tangentes horizontales, estas tangentes se enlazan con curvas que pueden ser en el mejor de los casos curvas de transición, a este conjunto de elementos (curvas y rectas) le llamamos **Alineamiento Horizontal:**

La definición del alineamiento horizontal está diseñado mediante el software civil 3d, cabe recalcar que aunque esta herramienta es sumamente dinámica y posee la cualidad de actualizar los gráficos como perfiles o secciones, no se obvió el uso de líneas de pelo o la interpretación de las curvas de nivel en sectores con depresiones

topográficas significativas, con esto puede afirmarse que los criterios para un buen trazo o alineamiento horizontal no resultan de las herramientas de última tecnología sino de un adecuado y juicioso criterio de diseñador vial y el poder echar mano de estas herramientas que ahora son indispensables en estudios de diseño geométrico.

2.1.4 Alineamiento vertical.

El eje vertical dentro del programa civil 3d se obtiene mediante el comando del programa: **AeccCreateProfileFromSurface**, dentro del entorno del programa ya se realiza la interpretación de elevaciones por medio de las caras 3d que genera el programa al crear el terreno digital. El resultado de utilizar este comando es un bloque dinámico con una variedad de configuraciones de estilo de visualización.

Para dibujar la rasante dentro del perfil creado anteriormente se necesita habilitar las herramientas de dibujo en perfiles con el comando: **AeccCreateProfileLayout** con estas herramientas podemos definir lo que es la altimetría (tangentes y curvas verticales).

2.1.5 Secciones transversales.

Para obtener las secciones transversales debemos establecer los intervalos de cada cuanto se requieren los cortes transversales, en el programa, estos intervalos es según las líneas de muestreo (sample lines en inglés) cada corte transversal obtenido resulta de estas líneas de muestreo pudiendo de igual manera que en los perfiles longitudinales definir una variedad amplia de estilos visuales. La secuencia a seguir sería con los siguientes comandos: **AeccCreateSampleLines** con este comando definimos los intervalos de secciones transversales.

Con el comando **AeccCreateMultipleSectionView** le pedimos al programa que grafique los cortes transversales.

2.1.3. Planillas de puntos topográficos.

Las planillas de coordenadas que son el resultado del levantamiento topográfico además de los puntos designados como BMS. Se muestran en los ANEXOS, específicamente en el anexo 1.

2.2 Geotecnia.

Como resultado del estudio de suelos, se preparará el documento de trabajo respectivo que detallará los siguientes elementos:

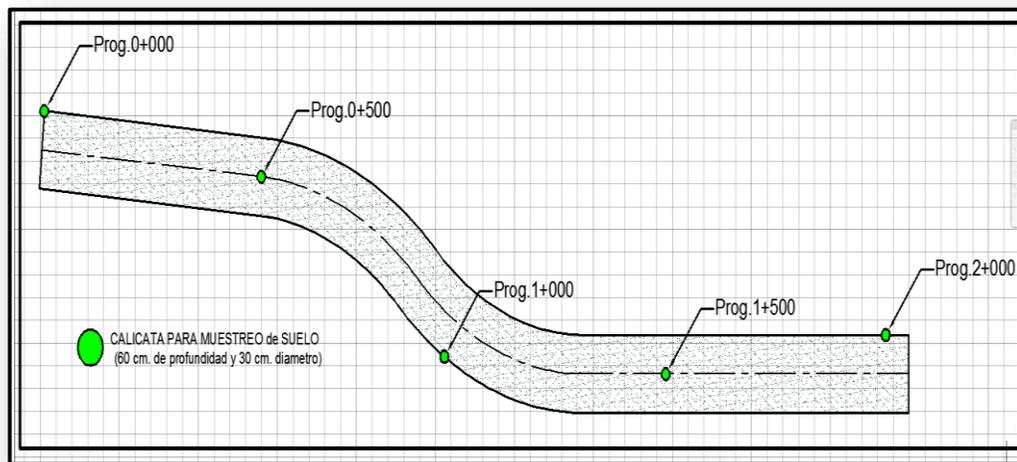
- ✓ Recolección y ordenamiento de la información producida durante la campaña de campo y ensayos en laboratorio.
- ✓ Se procederá a la tabulación y confección de cuadros con los resultados de laboratorio, presentándose también el análisis de los ensayos y resultados producidos.
- ✓ Se preparará y mostrará en planos, la localización de los pozos estudiados con respecto al emplazamiento del proyecto.
- ✓ **Capacidad de soporte** del suelo.
- ✓ Se recomendará la utilización de los mejores materiales encontrados durante el estudio.

2.2.1 Trabajo de campo.

Consiste en la obtención de una porción del material con el que se pretende construir una estructura o bien del material que ya forma parte de la misma, de tal manera que las características de la porción obtenida sean representativas del conjunto. El muestreo, además, incluye las operaciones de envase, identificación y transporte de las muestras.

El muestreo de suelo se realizó a lo largo de la franja de levantamiento topográfico. Y la obtención de muestras mediante la perforación de calicatas con 60 cm. de profundidad y 30 cm. de diámetro, las muestras se tomaron cada 500 metros de forma alterna en forma de sig – sag primero en un borde de calzada el siguiente punto será en el eje de camino y el tercero al otro extremo de la calzada. Para cada toma de muestra se separó una pequeña cantidad para hallar su humedad natural.

Fig. 7: Muestreo de suelos



Fuente: Elaboración propia

2.2.2 Trabajo de laboratorio.

2.2.2.1 Granulometría.

Se utilizó el método mecánico que consiste en separar por tamaños las partículas de suelos gruesos y finos que componen la muestra de suelo en estudio y en función de lo anterior clasificar el suelo de acuerdo a su graduación. Las planillas y gráficas de las granulometrías se encuentran en el anexo 2, los tamices a utilizar según AASHTO T88 son:

Tabla 2: dimensiones de tamices

| Tamices | Tamaño (mm) | Tamices | Tamaño (mm) |
|---------|-------------|---------|-------------|
| 3" | 75 | 3/8" | 9.5 |
| 2 1/2" | 63.5 | Nº4 | 4.75 |
| 2" | 50 | Nº10 | 2 |
| 1 1/2" | 37.5 | Nº40 | 0.425 |
| 1" | 25 | Nº200 | 0.075 |
| 3/4" | 19 | | |

Fuente: Elaboración propia

2.2.2.2 Límites.

Los límites de Atterberg o límites de consistencia se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos, se basa en el concepto de que en un suelo de grano fino solo pueden existir cuatro estados de consistencia según su humedad. Así un suelo se encuentra en estado sólido cuando está seco. Al agregársele agua poco a poco va pasando a semisólido, plástico y finalmente líquido, los contenidos de humedad en los puntos de transición de un estado al otro son los denominados límites de Atterberg.

Los límites de Atterberg límite líquido (ASTM D4318-AASHTO T89) y el límite plástico (ASTM D4318-AASHTO T90) se lo obtuvo apartando una muestra de suelo que pasa el tamiz Nº40. Una vez determinado el límite líquido y límite plástico se obtuvo el índice de plasticidad (IP) que viene a ser la diferencia entre el límite líquido y límite plástico.

$$I_p = LL - LP$$

Dónde:

LL: Límite líquido

LP: Límite plástico

Tabla 3: Resumen Límites de Atterberg

| | SITIO | L L | L P | I P |
|----|------------------------------|-------------|-------------|-------|
| 1 | 0+080 | NO PLÁSTICO | NO PLÁSTICO | 0 |
| 2 | 0+500 | 45.08 | 25.79 | 19.28 |
| 3 | 1+000 | 21.7 | 17.10 | 4.600 |
| 4 | 1+500 | 21.3 | 18.3 | 2.96 |
| 5 | 2+000 | 31.5 | 24.4 | 7.08 |
| 6 | 2+500 | NO PLÁSTICO | NO PLÁSTICO | 0 |
| 7 | 3+000 | NO PLÁSTICO | NO PLÁSTICO | 0 |
| 8 | 3+500 | NO PLÁSTICO | NO PLÁSTICO | 0 |
| 9 | 4+000 | 24.4 | 11.804 | 12.60 |
| 10 | 4+500 | 20.01 | 11.95 | 8.06 |
| 11 | Banco de préstamo 1 sub base | NO PLÁSTICO | NO PLÁSTICO | 0.00 |

Fuente: Elaboración Propia

2.2.2.3. Clasificación.

Para la clasificación de suelos se recopiló la información de laboratorio correspondiente a la: granulometría, límite líquido y límite plástico, para poder realizar un análisis de todos los resultados que corresponden a las 12 muestras extraídas de campo, permitiendo así diferenciar las características físicas y mecánicas de cada una de las muestras por separado.

Se ha elaborado las planillas correspondientes a la clasificación junto a la humedad natural del suelo, la tabla 7 muestra un resumen de la clasificación de suelos obtenida a lo largo del alineamiento, las planillas completas a que se hace referencia en este subtítulo se encuentran en el apartado de los anexos específicamente en el anexo 8.

Clasificación aashto:

La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes es un órgano que establece normas, públicas especificaciones y hace pruebas de protocolos y guías usadas en el diseño y construcción de carreteras.

Tabla 4: Clasificación general por AASHTO

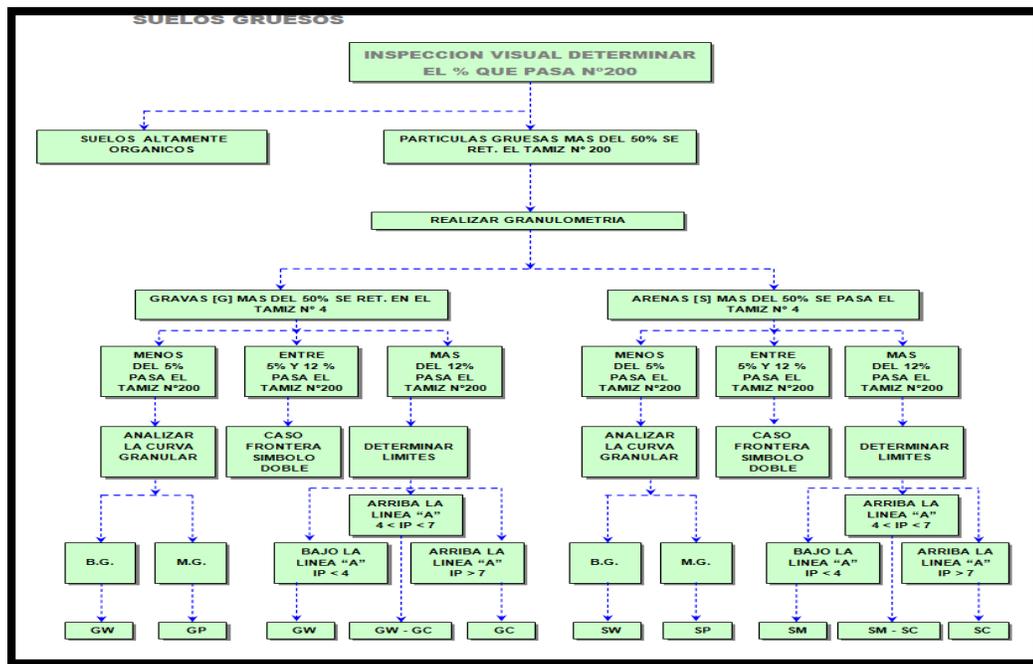
| CLASIFICACION GENERAL | MATERIALES GRANULARES [35%, o menos, pasa el tamiz N° 200] | | | | | | MATERIALES LIMO-ARCILLOSOS [más del 35% pasa el tamiz N° 200] | | | | |
|---|---|-------|------------|----------------------------------|--------|-------|--|----------------|-------|-------------------|---------|
| | A-1 | | A-3 | A-2 | | | | A-4 | A-5 | A-6 | A-7 |
| Subgrupos | A-1-a | A-1-b | | A-2-4 | A-2-5 | A-2-6 | A-2-7 | | | | A-7-5 |
| % que pasa el Tamiz | | | | | | | | | | | |
| N° 10 [2,000 mm] | 50max | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| N° 40 [0,425 mm] | 30max | 50max | 51min | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| N° 200 [0,075 mm] | 15max | 25max | 10max | 35max | 35max | 35max | 35max | 36min | 36min | 36 min | |
| Características del material que pasa el tamiz N° 40 : | | | | | | | | | | | |
| Límite Líquido | ----- | | 40max | 40max | 41 min | 40max | 41min | 40max | 41min | 40max | 41min |
| Índice de Plásticidad | 0max | | N.P. | 10max | 10max | 11min | 11min | 10max | 10max | 11min | 11min * |
| Índice de Grupo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4max | 4max | 8max | 12max | 16max | 20max |
| Tipos de Materiales | Fragmentos de piedra, grava y arena | | Arena Fina | Grava Arena Limosas y Arcillosas | | | | Suelos Limosos | | Suelos Arcillosos | |
| Terreno de Fundación | Excelente - Bueno | | | | | | Regular - Malo | | | | |
| - El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6, es igual, o menor, a LL - 30 - El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL - 30 | | | | | | | | | | | |

Fuente: Página web apuntes de suelos

Clasificación SUCS:

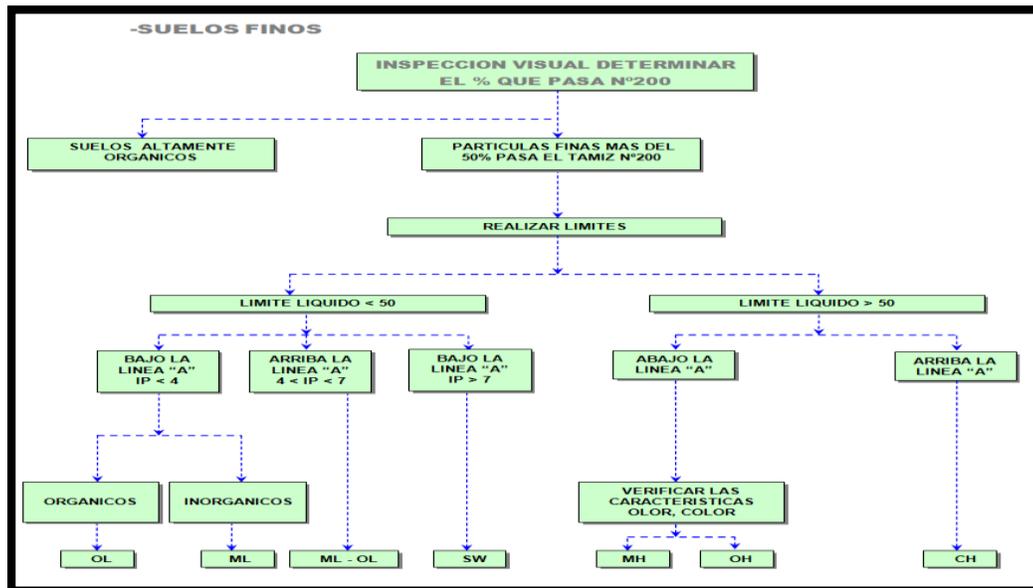
La clasificación fue en base a un organigrama que para su uso se basa en la granulometría, límite líquido y el índice de plasticidad en algunos casos inspección visual obteniendo así la clasificación de las 12 muestras.

Fig. 8: clasificación general por SUCS



Fuente: Página web slideshare.net

Fig. 9: clasificación general por SUCS suelos finos



Fuente: Página web weslideshare.net

Tabla 5: Toma de muestras y Clasificación con respecto al alineamiento

| | SITIO | AASTHO | SUCS | DESCRIPCIÓN |
|----|------------------------------|-----------|---------|--------------------|
| 1 | 0+80 | A-2-6 | SM | SUELO GRANULAR |
| 2 | 0+200 | A-7-6 | CL | ARCILLA INORGÁNICA |
| 3 | 1+000 | A-4 | ML | ARCILLA O LIMO |
| 4 | 1+500 | A-4 | SC | ARCILLA O LIMO |
| 5 | 2+000 | A-2-7 | SC | ARCILLA O LIMO |
| 6 | 2+500 | A-2-4 | SM | SUELO GRANULAR |
| 7 | 3+000 | A-2-6 | SM | SUELO GRANULAR |
| 8 | 3+500 | A-2-6 | SM | SUELO GRANULAR |
| 9 | 4+000 | A-4 | ML | ARCILLA O LIMO |
| 10 | 4+500 | A-4 | SM | ARCILLA O LIMO |
| 11 | Banco de préstamo 1 sub base | A - 1 - a | GP - GM | SUELO GRANULAR |
| 12 | Banco de préstamo 1 base | A-1-a | GP - GM | SUELO GRANULAR |

Fuente: Elaboración propia

2.2.2.4. Compactación.

La compactación realizada a las diferentes muestras bajo el método dinámico proctor T-180 o conocido como Proctor Modificado (ASTM D422 AASHTO T180), consiste en la determinación de la densidad máxima seca del suelo bajo cierto contenido de humedad obteniéndose así diferentes tipos de densidades en función al tipo de suelo presente identificada con su clasificación.

Como en este caso particular que en las diez muestras existen suelos similares el ensayo se realiza a tres de las muestras suelos.

Tabla 6: Resultado de compactación

| TIPO DE SUELO | | %W Óp. | δ_{max} | MUESTRA |
|---------------|-------------|--------|----------------|----------|
| A - 4 | Prog. 1+000 | 9.56 | 1.90 | 3 |
| A - 4 | Prog. 1+500 | 9.70 | 1.80 | 4 |
| A - 2 - 6 | Prog. 3+500 | 6.78 | 2.18 | 8 |
| A - 1 - b | Banco 1 | 7.55 | 2.29 | SUB BASE |
| A - 1 - a | Banco 1 | 3.89 | 2.17 | BASE |

Fuente: Elaboración propia

2.2.2.5. CBR

Relación de Soporte California (ASTM D1883 AASHTO T-193) para realizar este ensayo en el laboratorio se utiliza como complemento la compactación T-180, realizando así tres ensayos de CBR con una humedad óptima pero bajo diferentes número de golpes correspondiendo a 12, 25, 56 golpes para posteriormente sumergirlo en agua durante 4 días obteniendo su expansión, se hace correr los CBR lecturando el extensómetro que lee la deformación del anillo para diferentes penetraciones siendo las más importantes 0,1” y 0,2” para cada tipo de suelo que pertenecen a la subrasante y a los materiales de banco (*río Camacho*).

El CBR que se considerará en este proyecto para el diseño del paquete estructural será el 95 % de la densidad máxima al que le corresponderá cierto valor CBR.

Ecuación del anillo de 6000 lb de capacidad usada en el laboratorio de suelos:

$$y = 7,33 \cdot x + 25,1$$

Donde:

y= Carga de ensayo (lb)

x= Deformación (mm)

$$q = 0,07031 \cdot \frac{y}{A} \quad \text{Donde:}$$

q= Esfuerzo de ensayo (/cm²)

y= Carga de ensayo o ecuación del anillo (lb)

A=Área del pistón 3 pulg² (cm²)

$$CBR_{0,1} = \frac{q}{70,31} \cdot 100 \quad CBR_{0,2} = \frac{q}{105,4} \cdot 100$$

Donde:

CBR_{0,1}: Relación de soporte califonia para 0,1” de penetración (%)

CBR_{0,2}: Relación de soporte califonia para 0,2” de penetración (%)

q: Esfuerzo de ensayo (kg/cm²)

$$Exp = \frac{|Lf - Li|}{h} \cdot 100 \quad \text{Ec. 1.5.5}$$

Donde:

Exp: expansión (%)

Lf.= Lectura final (mm)

Li= Lectura inicial (mm)

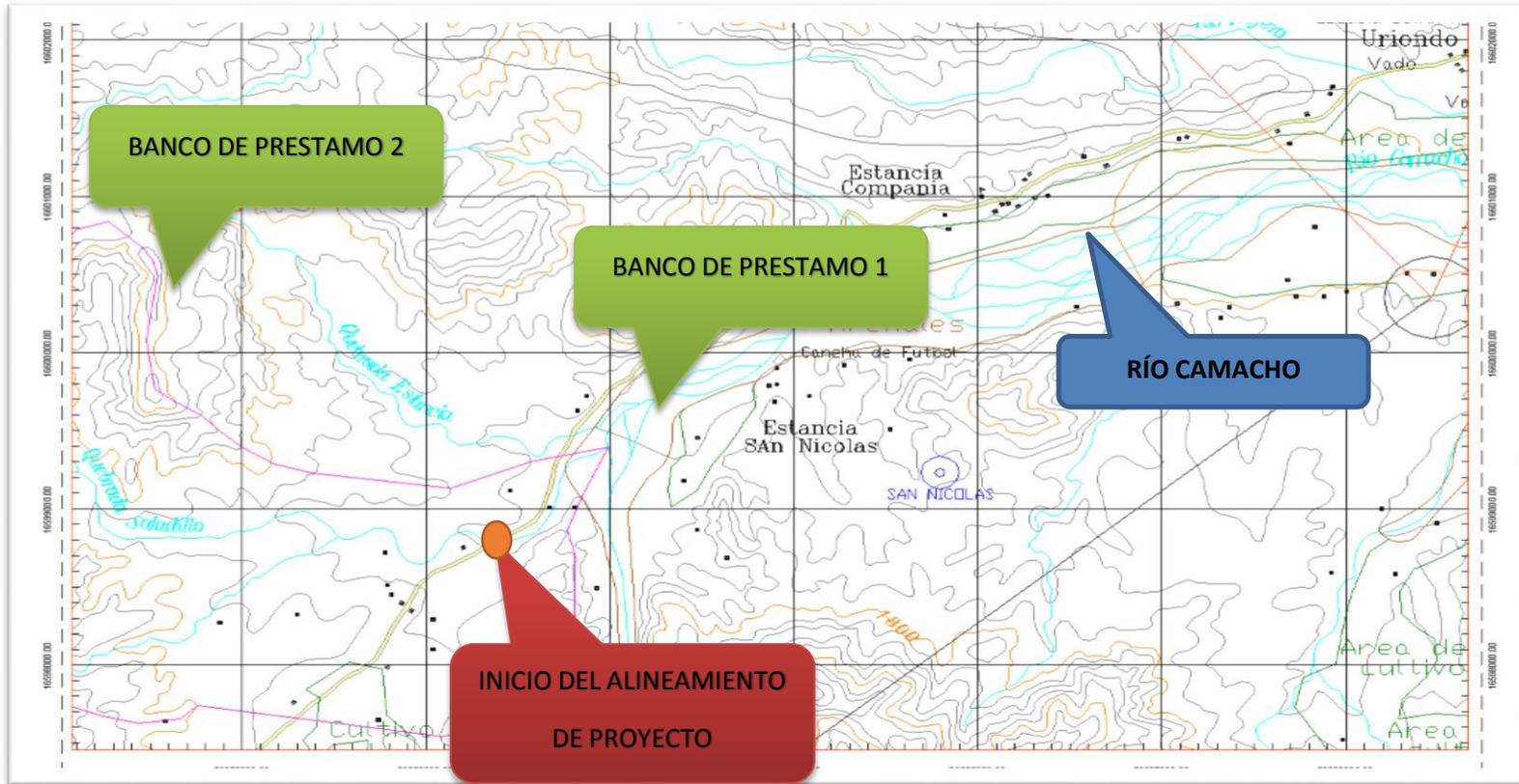
h=altura del espécimen (mm)

Tabla 7: Resultado de CBR's

| FUNCION | CLASIFICACION | CBR (%) | MUESTRA |
|------------|---------------|---------|---------|
| SUBRASANTE | A - 4 | 9 | 3 |
| | | | |
| SUBRASANTE | A- 2 - 6 | 5 | 8 |
| | | | |
| sub base | A - 1 - b | 39 | banco 1 |
| | | | |
| base | A - 1 - a | 74 | banco 1 |

Fuente: Elaboración Propia

FIGURA 9: UBICACIÓN BANCOS DE MATERIAL



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

2.2.2.6. Materiales de préstamo.

Para la construcción de la plataforma del camino será necesario la utilización de materiales de préstamo, constituido por grava, arena y cantos rodados, que se pueden extraer en zonas cercanas al camino en actual diseño.

Se ha identificado el banco de préstamo 2, compuesta de material rocoso y con características apropiadas para un trabajo de ripiado. Este banco de préstamo se encuentra **en la progresiva 3+500.**

Adicionalmente, está el río Camacho que reúne condiciones tanto de calidad como de cantidad para ser utilizados en la construcción del camino.

2.2.2.7. Planillas de resultados.

Las planillas y el resultado de los ensayos de suelos se encuentran en los anexos (Anexo 8)

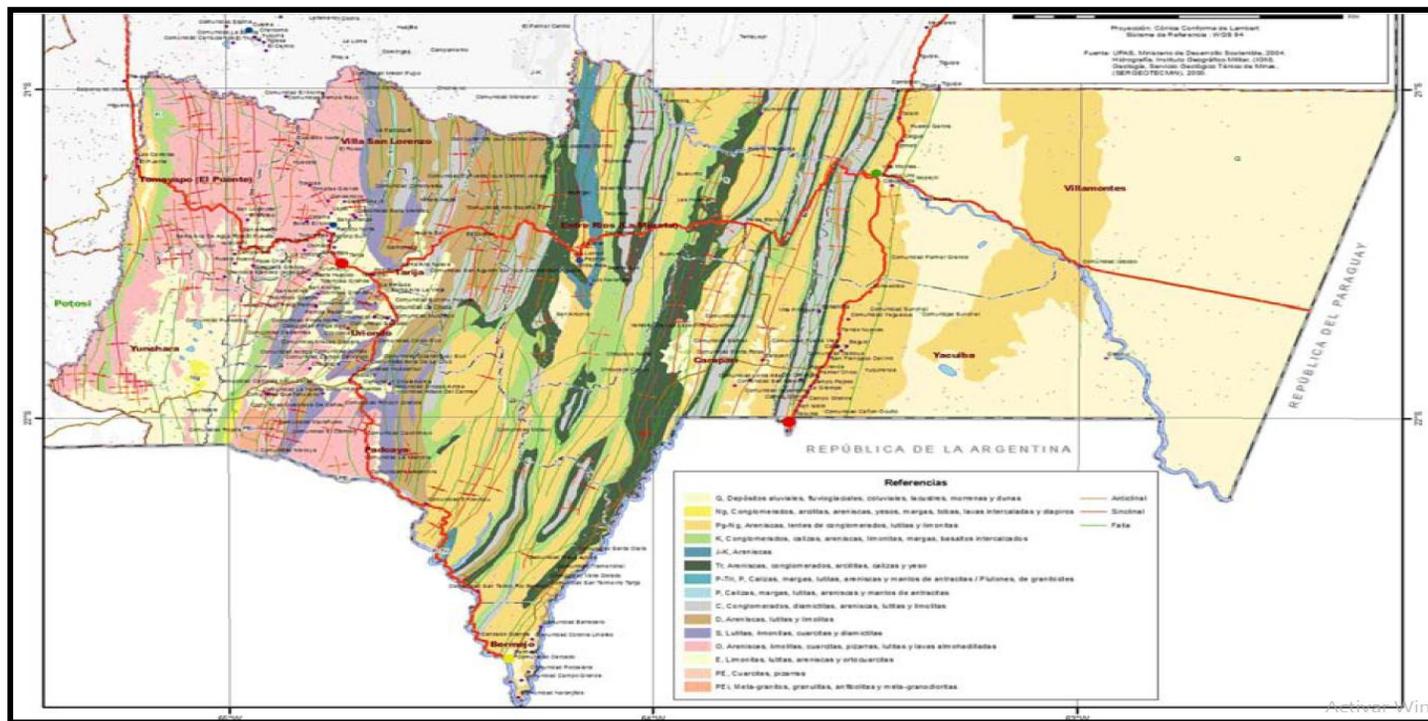
2.3. Geología.

2.3.1 Geomorfología.

La geología está representada por secuencias del paleozoico superior y mesozoico las rocas paleozoicas llegan a formar las serranías del Subandino alineadas en dirección Norte – Sur, también podemos observar rocas paleozoicas con intercalaciones de lutitas, areniscas, cuarcitas que van desde el cámbrico hasta el devónico.

Fig.10 Geología del departamento de Tarija

fuelle: Atlas - Tarija



2.4 Tráfico.

La demanda del tráfico es un aspecto esencial que el ingeniero necesita conocer con relativa y suficiente precisión, para planificar y diseñar con éxito muchos aspectos de la vialidad, entre ellos el diseño del pavimento y el de la plataforma del camino.

La información levantada servirá de un lado como base para el estudio de la proyección de la demanda para el periodo de análisis, y en este contexto establecer el número de ejes equivalentes.

2.4.1 Trabajo de campo.

El estudio de tráfico para el tramo Saladillo - Rujero tiene como objetivo determinar el volumen de tráfico que se espera circulará a lo largo del nuevo tramo.

Se cuenta con dos estaciones de aforo uno al inicio del tramo ubicado en el puente Saladillo, y el otro punto en la que será la intersección al camino La Compañía- Rujero, se eligió la siguiente metodología.

El objetivo principal es conocer las variaciones diarias en el lapso de 7 días para establecer la posible demanda de tránsito cuando se aperture el nuevo tramo. Para obtener estos datos se aforó una semana completa, en ellas se obtienen información sobre variaciones diarias.

Fig. 10: Estación de Aforo 1



Fuente: Elaboración propia

Fig. 11: Estaciones de Aforo



Fuente: Elaboración propia

Fig. 12: Estaciones de Aforo



Fuente: Elaboración propia

2.4.2. Trabajo de gabinete.

La proyección de tránsito de un sistema de transporte se puede estimar con anticipación bajo ciertas hipótesis, la magnitud del tráfico durante un período determinado que considera dos aspectos importantes técnicos y económicos.

Crecimiento geométrico:

$$V_n = \left(V_o + \frac{i}{100} \right)^n$$

Donde:

Vn: Volumen futuro (Veh/día)

Vo: Volumen inicial (Veh/día)

i: Tasa de crecimiento del parque automotor (%)

n: Período de diseño (años)

2.4.2.1. Volumen de diseño.

Se realizó el aforo durante siete días (una semana) consecutivos las 10 horas del día de 7:00 am a 17:00 pm, realizándolo de manera personal el llenando de tablas de aforo separando los vehículos según su peso: tráfico liviano (Automóviles, camionetas pequeñas, vagonetas), mediano (pasajeros: ómnibus, carga: camionetas medianas) y pesado (camiones).

Se realizará la predicción del tráfico futuro bajo la tasa de crecimiento del parque automotor de la ciudad de Tarija tomando en cuenta los diferentes tipos de tránsito.

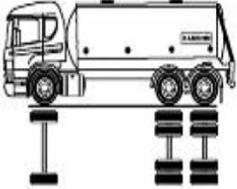
b) Tránsito actual.- Es el volumen de tránsito que normalmente circula por la vía antes de su refacción.

c) Tránsito desviado o inducido.- Es la parte del volumen de tránsito que circulaba antes por otra carretera y cambia su itinerario para pasar por la que se construye o se mejora. Para generar este tráfico será en base al método gravitacional.

2.4.2.2. Cargas del proyecto:

Las cargas de proyecto son de vital importancia para el diseño de pavimentos, que están expresados en el cálculo de los ejes equivalentes de esta manera, las cargas que se estiman según el servicio nacional de caminos son los de la tabla siguiente:

Tabla 8: Configuración vehicular por tipo de ejes.

| VEHÍCULO LIVIANO | | | | |
|---|------------------------------|----------------|--------------|---------|
|  | Longitud (m) | Peso máx. (tn) | Peso por eje | |
| | | | Delantero | Trasero |
| | 3,35 | 0,9 | 0,45 | 0,45 |
| | Servicio Nacional de Caminos | | | |
| | Longitud | Peso máx. | Delantero | Trasero |
| 3,35 | 0,9 | 0,45 | 0,45 | |
| VEHÍCULO MEDIANO | | | | |
|  | Longitud (m) | Peso máx. (tn) | Peso por eje | |
| | | | Delantero | Trasero |
| | 5,5 | 2 | 1,00 | 1,00 |
| | Servicio Nacional de Caminos | | | |
| | Longitud | Peso máx. | Delantero | Trasero |
| 5,5 | 2 | 1 | 1 | |
| VEHÍCULO PESADO (1RS-2RD) | | | | |
|  | Longitud (m) | Peso máx. (tn) | Peso por eje | |
| | | | Delantero | Trasero |
| | 10 | 20 | 4 | 16 |
| | Servicio Nacional de Caminos | | | |
| | Longitud | Peso máx. | Delantero | Trasero |
| 12.25 | 25 | 7 | 18 | |

2.4.2.3. Volumen de diseño.

Se realizó el aforo durante siete días (una semana) consecutivos las 10 horas al día de 7:00 am a 17:00 pm, realizándolo de manera personal el llenado de tablas de aforo separando los

vehículos según su peso: tráfico liviano (Automóviles, camionetas pequeñas, vagonetas), mediano (pasajeros: ómnibus, carga: camionetas medianas) y pesado (camiones).

2.4.2.4 Cálculo de ejes equivalentes.

El flujo vehicular se clasifica en livianos, medianos y pesados debido al daño que estos producen al pavimento, el cálculo de ejes equivalentes denominado ESALs (Equivalent Simple Axial Load), se obtuvo a través de los aforos realizados de acuerdo a su peso, se transforman los ejes de diferentes pesos a un número equivalente de ejes tipo de 80 KN o 18 Kips.

Este parámetro de diseño denominado ESALs es de vital importancia en el método propuesto por la AASHTO de diseño de pavimentos.

$$N_{repEE} = \sum (EE_{dia\ carril} * F_{ca} * 365)$$

$$EE_{dia - carril} = IMDp * F_d * F_c * F_{vp} * F_p$$

Dónde:

- ✓ IMDA: Es el índice medio diario anual.
- ✓ F_d : es el factor direccional expresado como una relación, que corresponde al número de vehículos pesados que circulan en una dirección o sentido de tráfico, normalmente corresponde a la mitad del total de tránsito circulante en ambas direcciones, pero en algunos casos puede ser mayor en un sentido que en otra.
- ✓ F_c : El factor carril está expresado como una relación que corresponde al carril que recibe el mayor número de EE, donde el tránsito por dirección mayormente se canaliza por ese carril.
- ✓ F_{vp} : Factor vehículo pesado, se define como el número de ejes equivalentes promedio por tipo de vehículo pesado (bus o camión) y el promedio se obtiene dividiendo la sumatoria de ejes equivalentes de un determinado tipo de vehículo pesado.

- ✓ Fp: Factor de ajuste por presión, para computar el efecto adicional de deterioro que producen las presiones de los neumáticos sobre el pavimento flexible.
- ✓ Nrep EE8.2 t: Número de repeticiones de ejes Equivalentes de 8.2 tn.
- ✓ EEdia-carril: Ejes equivalentes por cada tipo de vehículo tipo pesado, por día para el carril de diseño, resulta del IMD por cada tipo de vehículo pesado, por el factor direccional por factor carril de diseño, por el factor vehículo pesado del tipo seleccionado y por el factor de presión de neumáticos.
- ✓ Fca: Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo pesado

Tabla 9: Factor equivalente de carga

Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tándem, Pt = 2,0

| Carga p/eje (kips) | Número estructural SN | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 4 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0002 |
| 6 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| 8 | 0.003 | 0.003 | 0.003 | 0.003 | 0.003 | 0.002 |
| 10 | 0.007 | 0.008 | 0.008 | 0.007 | 0.008 | 0.008 |
| 12 | 0.013 | 0.016 | 0.016 | 0.014 | 0.013 | 0.012 |
| 14 | 0.024 | 0.029 | 0.029 | 0.026 | 0.024 | 0.023 |
| 16 | 0.041 | 0.048 | 0.050 | 0.046 | 0.042 | 0.040 |
| 18 | 0.068 | 0.077 | 0.081 | 0.075 | 0.069 | 0.066 |
| 20 | 0.103 | 0.117 | 0.124 | 0.117 | 0.109 | 0.105 |
| 22 | 0.158 | 0.171 | 0.183 | 0.174 | 0.164 | 0.158 |
| 24 | 0.227 | 0.244 | 0.260 | 0.252 | 0.239 | 0.231 |
| 26 | 0.322 | 0.340 | 0.360 | 0.353 | 0.338 | 0.329 |
| 28 | 0.447 | 0.466 | 0.487 | 0.481 | 0.466 | 0.455 |
| 30 | 0.607 | 0.623 | 0.646 | 0.643 | 0.627 | 0.617 |
| 32 | 0.810 | 0.823 | 0.843 | 0.842 | 0.829 | 0.819 |
| 34 | 1.08 | 1.07 | 1.08 | 1.08 | 1.08 | 1.07 |
| 36 | 1.38 | 1.38 | 1.38 | 1.38 | 1.38 | 1.38 |
| 38 | 1.76 | 1.75 | 1.73 | 1.72 | 1.73 | 1.74 |
| 40 | 2.22 | 2.19 | 2.15 | 2.13 | 2.16 | 2.18 |
| 42 | 2.77 | 2.73 | 2.64 | 2.62 | 2.66 | 2.70 |
| 44 | 3.42 | 3.36 | 3.23 | 3.18 | 3.24 | 3.31 |
| 46 | 4.20 | 4.11 | 3.92 | 3.83 | 3.91 | 4.02 |
| 48 | 5.10 | 4.98 | 4.72 | 4.58 | 4.68 | 4.83 |
| 50 | 6.15 | 5.99 | 5.64 | 5.44 | 5.56 | 5.77 |
| 52 | 7.37 | 7.16 | 6.71 | 6.43 | 6.56 | 6.83 |
| 54 | 8.77 | 8.51 | 7.93 | 7.55 | 7.69 | 8.03 |
| 56 | 10.4 | 10.1 | 9.3 | 8.8 | 9.0 | 9.4 |
| 58 | 12.2 | 11.8 | 10.9 | 10.3 | 10.4 | 10.9 |
| 60 | 14.3 | 13.8 | 12.7 | 11.9 | 12.0 | 12.6 |
| 62 | 16.6 | 16.0 | 14.7 | 13.7 | 13.8 | 14.5 |
| 64 | 19.3 | 18.6 | 17.0 | 15.8 | 15.9 | 16.6 |
| 66 | 22.2 | 21.4 | 19.6 | 18.0 | 18.0 | 18.9 |
| 68 | 25.5 | 24.6 | 22.4 | 20.6 | 20.5 | 21.5 |
| 70 | 29.2 | 28.1 | 25.6 | 23.4 | 23.2 | 24.3 |
| 72 | 33.3 | 32.0 | 29.1 | 26.5 | 26.2 | 27.4 |
| 74 | 37.8 | 36.4 | 33.0 | 30.0 | 29.4 | 30.8 |
| 76 | 42.8 | 41.2 | 37.3 | 33.8 | 33.1 | 34.5 |
| 78 | 48.4 | 46.5 | 42.0 | 38.0 | 37.0 | 38.6 |
| 80 | 54.4 | 52.3 | 47.2 | 42.5 | 41.3 | 43.0 |
| 82 | 61.1 | 58.7 | 52.9 | 47.6 | 46.0 | 47.8 |
| 84 | 68.4 | 65.7 | 59.2 | 53.0 | 51.2 | 53.0 |
| 86 | 76.3 | 73.3 | 66.0 | 59.0 | 56.8 | 58.6 |
| 88 | 85.0 | 81.6 | 73.4 | 65.5 | 62.8 | 64.7 |
| 90 | 94.4 | 90.6 | 81.5 | 72.6 | 69.4 | 71.3 |

Fuente: Manual de Carreteras Suelos y Pavimentos

Tabla 10: Factor de crecimiento de tránsito**Factores de crecimiento de tránsito**

| Período de análisis (años) | Factor sin Crecimiento | Tasa de crecimiento anual (g) (en %) | | | | | | |
|----------------------------|------------------------|--|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| | | 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 | 19.16 | 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 |

Tabla D-20 AASHTO Guía para el diseño de estructuras de pavimento, 1,993

Fuente: Manual de Carreteras Suelos y Pavimentos**Tabla 11: Factores de Distribución y de Carril**

| Número de calzadas | Número de sentidos | Número de carriles por sentido | Factor Direccional (Fd) | Factor Carril (Fc) | Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño |
|--|--------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------|--|
| 1 calzada (para IMDa total de la calzada) | 1 sentido | 1 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| | 1 sentido | 2 | 1.00 | 0.80 | 0.80 |
| | 1 sentido | 3 | 1.00 | 0.60 | 0.60 |
| | 1 sentido | 4 | 1.00 | 0.50 | 0.50 |
| | 2 sentidos | 1 | 0.50 | 1.00 | 0.50 |
| | 2 sentidos | 2 | 0.50 | 0.80 | 0.40 |
| 2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas) | 2 sentidos | 1 | 0.50 | 1.00 | 0.50 |
| | 2 sentidos | 2 | 0.50 | 0.80 | 0.40 |
| | 2 sentidos | 3 | 0.50 | 0.60 | 0.30 |
| | 2 sentidos | 4 | 0.50 | 0.50 | 0.25 |

Fuente: Manual de Carreteras Suelos y Pavimentos

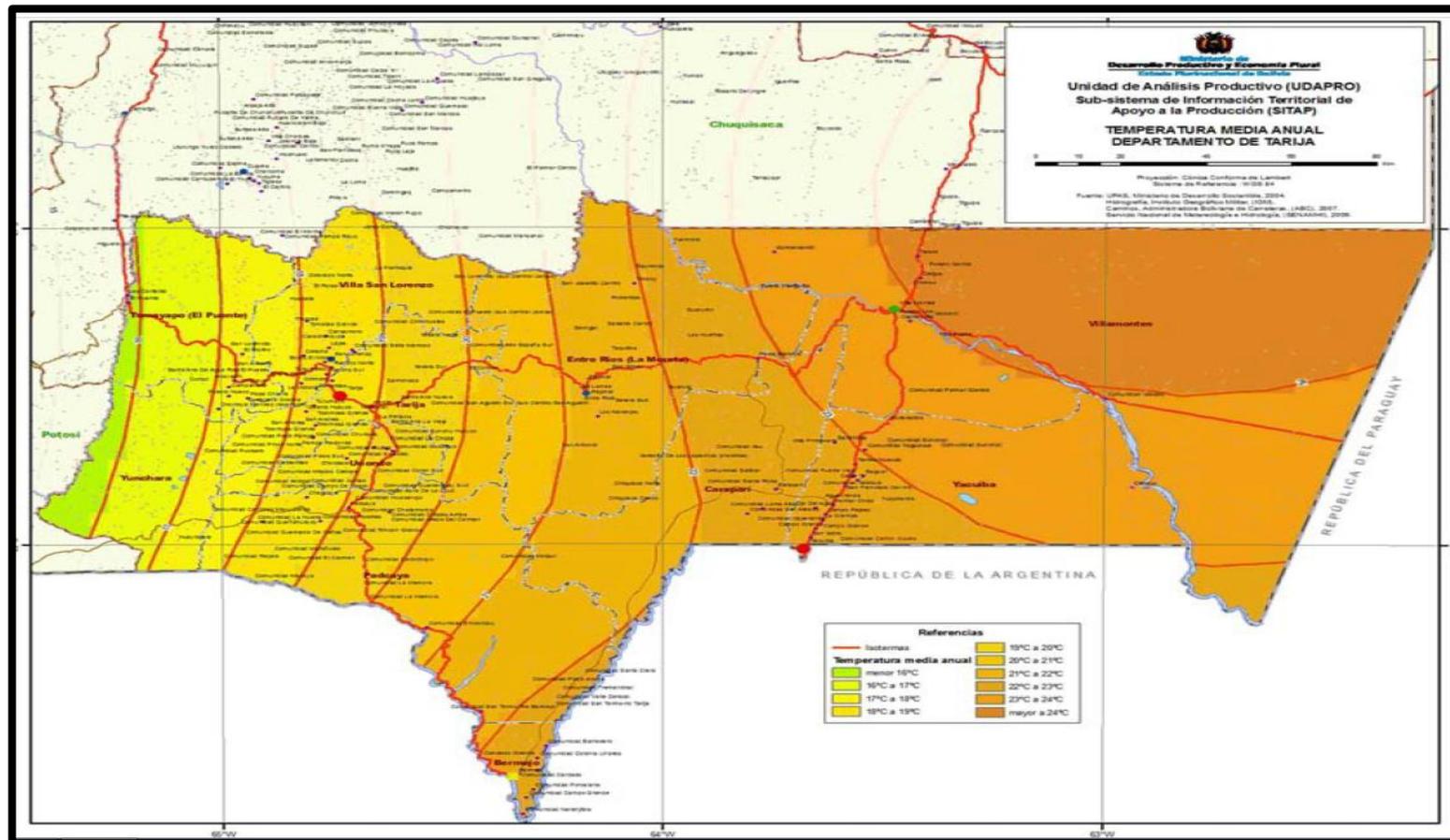
2.5 Datos hidrológicos y climatológicos.

2.5.1 Temperatura.

Interpretando el plano de isotermas podemos deducir que la temperatura media anual es 21 a 20 ° C.

Fig. 13 Temperatura media anual en el departamento de Tarija

fuelle: Atlas Tarija

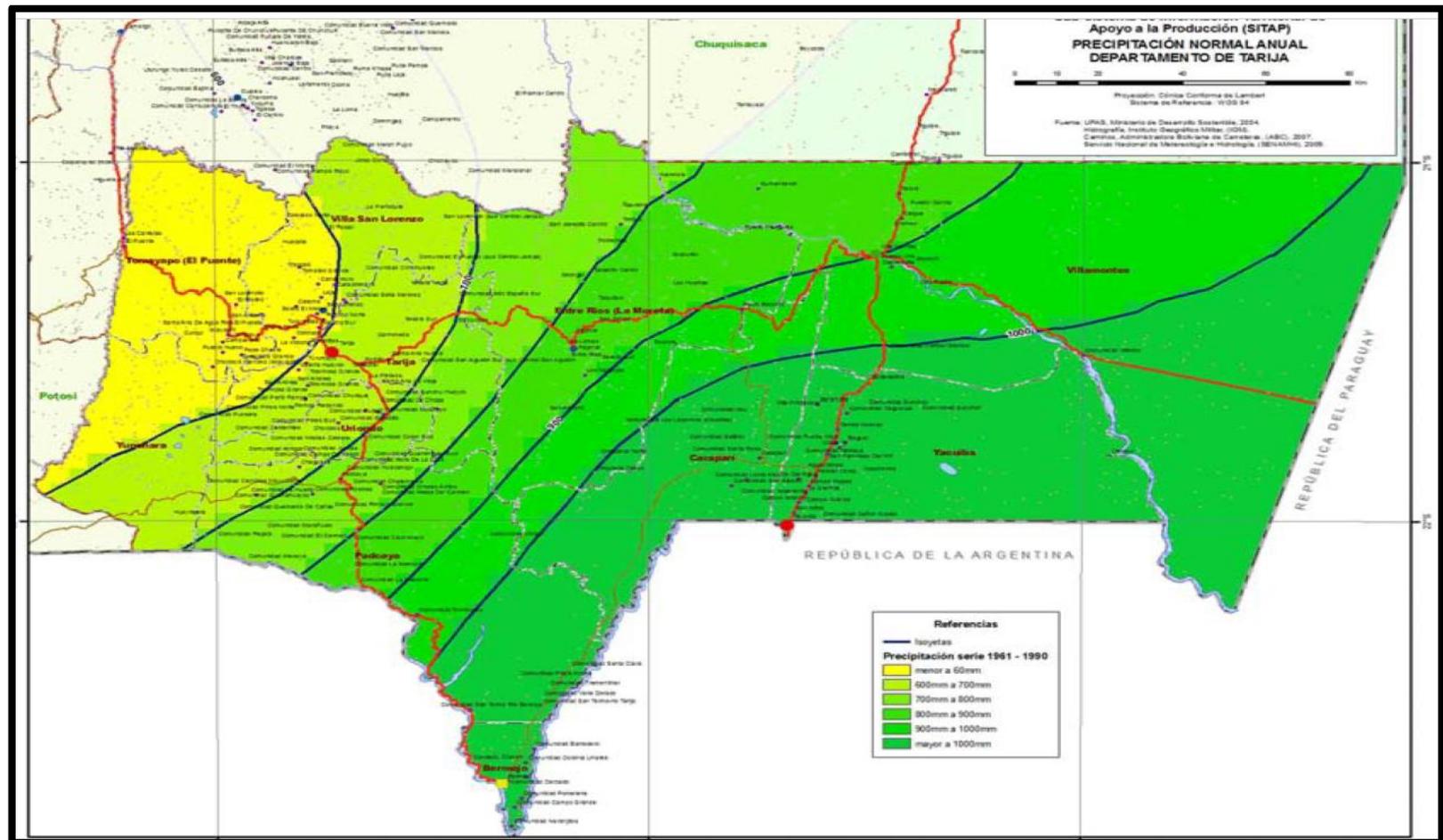


2.5.2 Precipitación.

Interpretando el plano de isotermas podemos deducir que la temperatura media anual es 21 a 20 ° C.

Fig. 15 Precipitación media anual en el departamento de Tarija

fuelle: Atlas Tarija



CAPÍTULO III

3. Ingeniería de diseño.

El trazado óptimo es probablemente aquel que se adapta económicamente a la topografía del terreno, sin embargo la selección de un trazado y su adaptabilidad al terreno depende de los criterios de diseño geométricos adoptados, estos criterios a su vez dependen del tipo e intensidad del tráfico futuro y la velocidad de proyecto.

3.1 Categoría de las vías

Para definir la categoría se consideró la demanda o necesidad que satisfará la misma, considerando que no es necesario un camino de primer nivel y observando que, la topografía presenta una característica de terreno ondulado medio al inicio del tramo **y un tipo de terreno montañoso al final, la mejor pendiente longitudinal que se adapta al mismo es 9 % como máximo; por estas consideraciones se adoptó un camino de tipo de desarrollo.**

3.1.1. Terreno llano.

Entre las progresivas 0+000 hasta la progresiva 0+800 se puede catalogar el terreno como llano debido a las pendientes del orden $\pm 3\%$ que predominan en este tramo. También existen viviendas adyacentes que marcan y restringen el alineamiento horizontal.

3.1.2. Terreno ondulado

Desde la progresiva 0+800 a 1+800 se puede observar un cambio gradual de la pendiente de la rasante de manera ascendente, obligando a asumir pendientes más pronunciadas del camino del orden de 3 a 6%

3.1.3. Terreno montañoso

Ya casi en la cima, más exactamente desde la progresiva 1+800 a 3+400 siendo las pendientes encontradas respecto al terreno natural del orden 7% y mayores al 12%.

3.2 Diseño geométrico.

3.2.1 Planimetría.

En esta fase se trata de analizar la ubicación de la proyección del eje longitudinal que es una sucesión de rectas (tangentes) y curvas, que conforma una geometría particular, su análisis es en un espacio cartesiano de dos dimensiones. Se suele admitir que representan a la trayectoria de vehículos en planta.

La geometría en planta o planimetría está restringida por puntos obligados, estos puntos obligados para el tramo en estudio son: punto de empalme con la carretera El Valle – Chocloca, un pequeño tramo bordea la quebrada Rujero, casas, colindancias con propiedades, existe también un cementerio, etc.

3.2.1.1 Parámetros de diseño geométrico.

Los parámetros de diseño geométrico son valores numéricos adoptados del manual de diseño geométrico de la ABC como ser: radio mínimo, velocidad de proyecto, pendientes de taludes, etc.

3.2.1.2. Criterios utilizados.

3.2.1.2.1 Derecho de vía.

El derecho de vía es la faja de terreno dentro de la cual se alojan el camino o carretera y sus servicios auxiliares, la anchura mínima absoluta es de 25m a cada lado del eje de la vía.

TABLA 12: Parámetros de los tipos de carreteras

| CATEGORIA | CARRETERAS | | | CAMINOS | | |
|---|--|---|---|---|--|-------------------------------|
| | AUTOPISTAS | AUTORRUTAS | PRIMARIOS | COLECTORES | LOCAL | DESARROLLO |
| VELOCIDADES DE PROYECTO (km/h) | 120 - 100 - 80 | 100 - 90 - 80 | 100 - 90 - 80 | 80 - 70 - 60 | 70 - 60 - 50 - 40 | 50 - 40 - 30 |
| TIPO DE TERRENO | LL - O - M | LL - O - M | LL - O - M | LL - O - M | LL - O - M | LL - O - M |
| PISTAS DE TRANSITO | UNIDIRECCIONALES | UNIDIRECCIONALES | UNIDIRECCIONALES O BIDIRECCIONALES | BIDIRECCIONALES O (UNIDIRECCIONALES) | BIDIRECCIONALES | BIDIRECCIONALES |
| Funcion | <p>Servicio al Tránsito de paso</p> <p>Servicio a la propiedad adyacente</p> | <p>Prioridad absoluta</p> <p>Control total de acceso de autosos vehículos</p> | <p>Consideración principal</p> <p>Control parcial de acceso</p> | <p>Continuidad de tránsito y acceso a la propiedad de similar importancia</p> | <p>Continuidad de tránsito</p> <p>consideración secundaria</p> <p>Consideración primaria</p> | |
| CONEXIONES | Autopistas, Automultas Primarios (Colectores) | Autopistas, Automultas Primarios Colectores | Autopistas, Automultas Prim. y Colectores (Locales) | Todos | (Primarios) Colectores, Locales Desarrollo | Colectores Locales Desarrollo |
| CONEXIONES | Enlaces | Enlaces Accesos direccionales | Enlaces Intercambios (Acc. Directo) | Todos | (Intercambio) Acceso Directo | Acceso Directo |
| Nivel de Servicio (1) | A, B, C | B (2), C, (D) | B, C, (D) | C (2), (D) | No Aplicable | |
| Alto-Horizonte | Libre Estable | Libre (Prox. Instab.) Estable | (Libre) Estable (Prox. Instab.) | Estable con restricción (Proximo Instable) | Restringido por movimientos hacia y desde la propiedad | |
| Veloc. Operación (1) (2) Según demanda range probable | 115 - 95 km/h | 95 - 90 km/h | 95 - 85 km/h | 80 - 70 km/h | 70 - 60 km/h | 50 - 25 km/h |
| Volumenes Típicos de tránsito al año inicial TPDA | UD > 10 000 confirmar fact económica | UD > 5 000 | 80 > 1500 UD > 1000 | BD > 500 UD. Caso especial | Tránsito y composición variable según tipo de actividad: Agrícola, Minera, Turística | |
| Tipo de vehículo | Solo vehíc. diseñados para circular normalmente en carreteras | Vehículos motorizados y autorizaciones especiales | Vehículos motorizados y autorizaciones especiales | Todo tipo de vehículos | Vehículo liviano y camiones medianos | |

Letras o conceptos entre paréntesis indican situaciones límites en condiciones poco frecuentes.

Fuente: Manual de la ABC

3.2.1.2.2 Tipos de velocidades en el diseño.

Velocidad de proyecto (V_p).- Este tipo de velocidad permite definir las características mínimas de los elementos del trazado bajo condiciones de seguridad y comodidad.

Velocidad Específica (V_e).- Es la máxima velocidad a la cual se puede circular por un elemento de trazado considerado individualmente, en condiciones de seguridad y comodidad.

La **velocidad de proyecto adoptada es de 40 km/h** la cual garantiza un diseño que brindará seguridad y confort a los usuarios.

Tabla 13: Velocidad específica en curvas

FIGURA 2.3-3
VELOCIDAD ESPECÍFICA EN CURVAS HORIZONTALES SEGUN RADIO = PERALTE Y FRICCION TRANSVERSAL

| I CARRETERAS Autopistas - Autorrutas - Primarios | | | | II CAMINOS Colectores - Locales - Desarrollo | | | |
|---|-----|-----------|-------|---|-----|-----------|-------|
| R (m) | e % | Ve (km/h) | f | R (m) | e % | Ve (km/h) | f |
| 250 | 8,0 | 80,1 | 0,122 | 25 | 7,0 | 30,1 | 0,215 |
| 300 | 8,0 | 86,6 | 0,117 | 30 | 7,0 | 32,7 | 0,211 |
| 330 | 8,0 | 90,1 | 0,114 | 40 | 7,0 | 37,2 | 0,203 |
| 350 | 8,0 | 92,3 | 0,112 | 50 | 7,0 | 41,1 | 0,197 |
| 400 | 8,0 | 97,5 | 0,107 | 60 | 7,0 | 44,6 | 0,191 |
| 425 | 8,0 | 99,9 | 0,105 | 70 | 7,0 | 47,7 | 0,186 |
| 450 | 8,0 | 102,2 | 0,103 | 80 | 7,0 | 50,5 | 0,181 |
| 500 | 8,0 | 106,6 | 0,099 | 90 | 7,0 | 53,1 | 0,177 |
| 540 | 8,0 | 109,9 | 0,096 | 100 | 7,0 | 55,5 | 0,173 |
| 550 | 8,0 | 110,7 | 0,095 | 120 | 7,0 | 59,9 | 0,166 |
| 600 | 8,0 | 114,5 | 0,092 | 150 | 7,0 | 65,6 | 0,156 |
| 650 | 8,0 | 118,1 | 0,089 | 180 | 7,0 | 70,6 | 0,148 |
| 700 | 8,0 | 121,4 | 0,086 | 200 | 7,0 | 73,5 | 0,143 |
| 720 | 7,9 | 122,5 | 0,085 | 220 | 7,0 | 76,3 | 0,138 |
| 750 | 7,8 | 124,1 | 0,084 | 250 | 7,0 | 80,1 | 0,132 |
| 800 | 7,5 | 126,2 | 0,082 | 300 | 7,0 | 84,7 | 0,118 |
| 850 | 7,2 | 128,1 | 0,080 | 350 | 7,0 | 90,3 | 0,113 |
| 900 | 7,0 | 130,2 | 0,078 | 400 | 6,6 | 94,5 | 0,110 |
| 950 | 6,7 | >130 | 0,077 | 450 | 6,1 | 97,9 | 0,107 |
| 1000 | 6,5 | >130 | 0,075 | 500 | 5,7 | 101,1 | 0,104 |
| 1200 | 5,7 | >130 | 0,070 | 550 | 5,4 | 104,1 | 0,101 |
| 1500 | 4,8 | >130 | 0,064 | 600 | 5,1 | 106,8 | 0,099 |
| 1800 | 4,2 | >130 | 0,059 | 700 | 4,5 | >110 | 0,095 |
| 2000 | 3,8 | >130 | 0,056 | 800 | 4,1 | >110 | 0,091 |
| 2200 | 3,6 | >130 | 0,054 | 900 | 3,8 | >110 | 0,087 |
| 2500 | 3,2 | >130 | 0,050 | 1000 | 3,5 | >110 | 0,084 |
| 2800 | 3,0 | >130 | 0,047 | 1200 | 3,1 | >110 | 0,079 |
| 3000 | 2,8 | >130 | 0,045 | 1500 | 2,7 | >110 | 0,072 |
| 3500 | 2,5 | >130 | 0,041 | 1800 | 2,4 | >110 | 0,066 |
| 4000 | 2,3 | >130 | 0,038 | 2000 | 2,3 | >110 | 0,063 |
| 4500 | 2,1 | >130 | 0,035 | 2500 | 2,0 | >110 | 0,056 |
| 5000 | 2,0 | >130 | 0,032 | 3000 | 2,0 | >110 | 0,050 |
| 7000 | 2,0 | >130 | 0,022 | 3200 | 2,0 | >110 | 0,047 |

Fuente: Manual de la ABC

3.2.1.2.3 Pendiente.

La ABC distingue varios tipos de terrenos en función a la topografía como ser:
Terreno Llano, Terreno Ondulado, Terreno Montañoso

Tabla 14: Pendientes para identificar el tipo de terreno

| TERRENO | PENDIENTE | DESCRIPCIÓN |
|-----------|------------|---|
| LLANO | $\pm 3 \%$ | - Libres de obstáculos naturales - Poco uso de elementos de DG mínimo |
| ONDULADO | 3 - 6 % | - Relieve con frecuentes cambios de cota - uso de elementos de DG mínimo |
| MONTAÑOSO | 4 - 9 % | - Constituido por cordones montañosos - Puede obligar a usar curvas de retorno |

Fuente: Manual ABC

Por otra parte las pendientes longitudinales máximas para la rasante son:

Tabla 15: Pendientes máximas de la rasante

| CATEGORÍA | VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h) | | | | | | | | | |
|------------|------------------------------|------|----|----|----|----|----|-----|------|-----|
| | ≤ 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 |
| Desarrollo | 10-12 | 10-9 | 9 | - | - | - | - | - | (-1) | - |
| Local | - | 9 | 9 | 8 | 8 | - | - | - | - | - |
| Colector | - | - | - | 8 | 8 | 8 | - | - | - | - |
| Primario | - | - | - | - | - | 6 | 5 | 4,5 | - | - |
| Autorutas | - | - | - | - | - | 6 | 5 | 4,5 | - | - |
| Autopistas | - | - | - | - | - | 5 | - | 4,5 | - | 4 |

Fuente: Manual ABC

Considerando que la pendiente máxima del terreno es mayor a 12 %, la pendiente de rasante que más se ajusta a la topografía es 12 % que es la máxima permitida para

caminos, pero como es necesario ofrecer confort y una velocidad aceptable se adopta una pendiente longitudinal máxima de 10 %.

3.2.1.2.4 Longitud de rectas:

La norma boliviana de carreteras recomienda evitar longitudes muy extensas debido a que a los conductores les viene un cansancio visual e hipnótico cuando recorren dichas distancias.

a) *Longitudes máximas en rectas.*-

$$Lr = 20 \cdot Vp$$

$$Lr = 20 \cdot 50 = 1000 \text{ m.}$$

Donde:

Lr: Longitud máxima de recta en carreteras bidireccionales (m)

Vp: Velocidad de proyecto (km/h)

b) *Longitudes mínimas en rectas.*-

Las longitudes mínimas están asociadas a las curvas sucesivas en el mismo sentido o en "S"

-*Tramos rectos intermedios (Curvas en "S").*-

$$Lrmin = 1,4 \cdot Vp$$

$$Lrmin = 1,4 \cdot 50$$

$$Lrmin = 70 \text{ m.}$$

Donde:

Lrmin: Longitud de recta mínima en carreteras bidireccionales (m)

Vp: Velocidad de proyecto (km/h)

c) Tramo recto en curvas del mismo sentido:

Por condiciones de guiado óptico es necesario evitar las rectas excesivamente cortas en curvas del mismo sentido, para este proyecto se considera la siguiente tabla de la ABC.

Tabla 16: Longitud recta entre curvas del mismo sentido

| Vp (km/h) | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 |
|--------------------------|----|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Terreno Llano y Ondulado | - | 110/55 | 140/70 | 170/85 | 195/98 | 220/110 | 250/125 | 280/150 | 305/190 | 330/250 |
| Terreno Montañoso | 25 | 55/30 | 70/40 | 85/50 | 98/65 | 110/90 | | | | |

Los valores indicados corresponden a Deseables y Mínimos.

Fuente: Manual de la ABC

3.2.1.2.5 Distancia de visibilidad para parar, distancia de visibilidad de sobrepaso, distancia de visibilidad en curvas horizontales:

Distancia de Frenado.- Llamada también distancia para parar “Df” un vehículo en movimiento, ante la aparición de un obstáculo con 0,20m de alto que es percibido por el conductor sobre la superficie del camino necesita de una distancia suficiente para detenerse compuesto por dos factores: la distancia que recorre el vehículo desde el momento en que el conductor observa el obstáculo hasta que aplica los frenos, y la distancia recorrida durante el frenado.

$$Df = d' + d''$$

$$Df = \frac{V \cdot t}{3.6} + \frac{V^2}{254 \cdot (f_1 \pm i)} \quad Ec. 2.14$$

Donde:

Df = Distancia de frenado (m)

V = Velocidad de proyecto (km/h)

f₁ = Coeficiente de roce rodante, pavimento húmedo

i = pendiente longitudinal (m/m)

t = Tiempo de reacción y percepción (seg.)

Distancia de visibilidad de sobrepaso.- Llamada también distancia de adelantamiento “Da” referida a la distancia necesaria para que un vehículo pueda

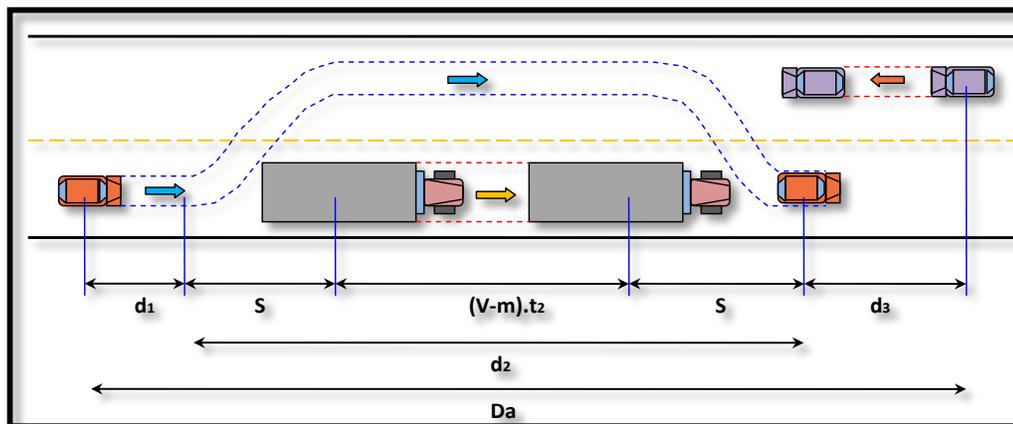
pasar a otro u otros que desplazan por el mismo carril a velocidad inferior a la de proyecto.

Tabla 17: Distancia de adelantamiento

Fuente: Manual ABC

| V_p (km/h) | Distancia mínima de adelantamiento (m) |
|--------------|--|
| 30 | 180 |
| 40 | 240 |
| 50 | 300 |
| 60 | 370 |
| 70 | 440 |
| 80 | 500 |
| 90 | 550 |
| 100 | 600 |

Fig.15: Gráfica de la distancia de adelantamiento



Fuente: página web apuntes

$$D_a = d_1 + d_2 + d_3$$

$$m = V_1 - V_2 \quad S = 0,189 \cdot (V_p - m) + 6$$

$$D_a = \frac{(V_p - m)}{3,6} \cdot t_1 + 2 \cdot S + \frac{(V_p - m)}{3,6} \cdot t_2 + \frac{V_p}{3,6} \cdot t_2$$

Donde:

D_a =Distancia de adelantamiento (m)

V_1 =Velocidad de proyecto (km/h)

m =Diferencia de velocidades entre los dos vehículos (km/h)

S =distancia mínima entre los dos vehículos (m)

t_1 =Tiempo de reacción y percepción para iniciar la maniobra (seg.)

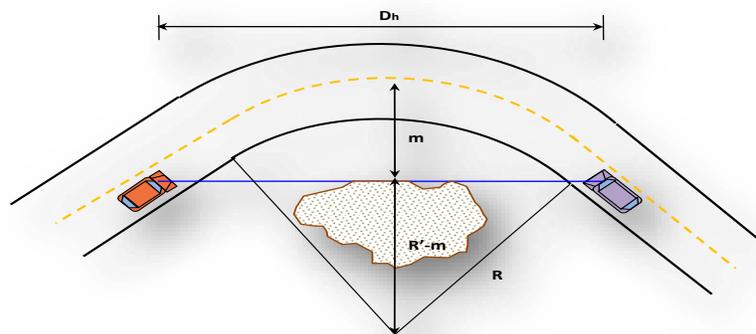
t_2 =Tiempo en el cual el vehículo sobrepasa (seg.).

Distancia de visibilidad en curvas horizontales:

Cuando un vehículo recorre una curva horizontal ocupando el carril interno, cualquier obstáculo que se encuentre cerca de la línea interna de la vía impide la visibilidad al conductor y por lo que la hace un tanto peligrosa, pudiendo ser los obstáculos el talud de corte, vegetación, cercos y edificios en el lado interno de la curva.

Fig.17: Grafica de la visibilidad en curvas horizontales

Fuente: Manual de carreteras



$$a_{max} = R \left(1 - \cos \left(\frac{100 \cdot Dv}{\pi \cdot R} \right) \right)$$

$$R' = R - \frac{a_c}{2}$$

$$Dh = 2 \cdot \sqrt{R'^2 - (R' - m)^2}$$

Donde:

amax: Despeje máximo

R: Radio de curvatura

Dv: Distancia de frenado o de adelantamiento

Dh: Distancia horizontal

R': Diferencia del radio de curvatura y la media de ancho de carril interior

3.2.1.2.6. Sección tipo.

La sección transversal de la vía describe las características geométricas, por lo tanto la sección transversal del camino en un punto cualquiera de este, es un corte vertical normal al alineamiento horizontal influyendo en el costo de la obra como en su capacidad de tránsito, una sección reducida será económica y de capacidad de tránsito reducida, por otro lado una sección transversal amplia tendrá una mayor capacidad de tránsito y el costo será mayor.

El ancho de la vía depende de las dimensiones máximas de los vehículos como la velocidad de los mismos, siendo el elemento más importante de la sección transversal la calzada.

Dimensiones Adoptadas:

a=3 mts. (Ancho carril)

Derecho de vía=25 mts.

Berma= 0,5 mts.

Tabla 18: Dimensiones de calzada

| NUMERO DE CALZADAS Y CATEGORIA | VELOCIDAD PROYECTO (km/h) | ANCHO PISTAS "s" (m) (1) | ANCHO BERMAS | | ANCHO SAP (3) | | ANCHO CANTERO CENTRAL - M (m) | | | ANCHO TOTAL DE PLATAFORMA A NIVEL DE RASANTE ⁽⁵⁾ ATP = na + 2ibe + Sa + M final | | | | |
|--------------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------|------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|----------------|--------------------------|---|----------|----------|------------|------------|
| | | | "bi" | "be" | "Si" | "Se" | INICIAL 4 PISTAS AMPLIABLE a 6 | FINAL 6 PISTAS | FINAL = INICIAL 4 PISTAS | 6 PISTAS Y 4 AMPLIABLE | 4 PISTAS | 2 PISTAS | | |
| | | | (m) | (m) | (m) | (m) | | | | | | | | |
| CALZADAS UNIDIRECCIONALES | AUTOPISTA | 120 | 3,5 | 1,2 | 2,5 | 0,5 - 0,8 | 1,5 | 13,0 | 6,0 | 6,0 | 35 | 28 | - | |
| | | 100 | 3,5 | 1,0 | 2,5 | 0,5 - 0,8 | 1,0 | 13,0 | 6,0 | 6,0 | 34 | 27 | - | |
| | | 80 | 3,5 | 1,0 | 2,5 | 0,5 - 0,8 | 0,8 | 11,0 | 4,0 | 4,0 | 31,6 | 24,6 | - | |
| | PRIMARIO Y AUTORRUTA | 100 | 3,5 | 1,0 | 2,5 | 0,5 - 0,8 | 1,0 | 13,0 | 6,0 | 6,0 | 34 | 27 | - | |
| | | 90 | 3,5 | 1,0 | 2,5 | 0,5 - 0,8 | 1,0 | 12,0 | 5,0 | 5,0 | 33 | 26 | - | |
| | | 80 | 3,5 | 1,0 | 2,0 | 0,5 - 0,8 | 0,5 - 0,8 ⁽⁴⁾ | 10,0 | 3,0 | 3,0 ⁽⁴⁾ | 29 | 22 | - | |
| | COLECTOR | 80 | 3,5 | 1,0 | 2,0 | 0,5 - 0,8 | 0,5 - 0,8 ⁽⁴⁾ | 10,0 | 3,0 | 3,0 ⁽⁴⁾ | 29 | 22 | - | |
| | | 70 | 3,5 | 0,6 - 0,70 | 1,5 | 0,5 - 0,8 | 0,5 - 0,8 ⁽⁴⁾ | 9,0 | 2,0 | 2,0 ⁽⁴⁾ | 27 | 20 | - | |
| | | 60 | 3,5 | 0,6 - 0,70 | 1,0 | 0,5 - 0,8 | 0,5 - 0,8 ⁽⁴⁾ | 9,0 | 2,0 | 2,0 ⁽⁴⁾ | 26 | 19 | - | |
| CALZADA BIDIRECCIONAL | PRIMARIO | 100 - 90 | 3,5 | - | 2,5 | - | 1,0 | - | - | - | - | - | 14,0 | |
| | | 80 | 3,5 | - | 2,0 | - | 0,5 - 0,8 | - | - | - | - | - | 12,0 | |
| | COLECTOR | 80 | 3,5 | - | 1,5 | - | 0,5 - 0,8 | - | - | - | - | - | 11,0 | |
| | | 70 | 3,5 | - | 1,0 - 1,5 ⁽²⁾ | - | 0,5 - 0,8 | - | - | - | - | - | 10 - 11,0 | |
| | LOCAL | 60 | 3,0 - 3,5 | - | 0,5 - 1,0 ⁽²⁾ | - | 0,5 - 0,8 | - | - | - | - | - | 8,0 - 10,0 | |
| | | DESARROLLO | 50 | 3,0 - 3,5 | - | 0,5 - 1,0 ⁽²⁾ | - | 0,5 | - | - | - | - | - | 8,0 - 10,0 |
| | | | 40 | 3,0 | - | 0,0 - 0,5 ⁽²⁾ | - | 0,5 | - | - | - | - | - | 7,0 - 8,0 |
| | | 30 | 2,0 - 3,0 | - | 0,0 - 0,5 ⁽²⁾ | - | 0,5 | - | - | - | - | - | 5,0 - 6,0 | |

(1) Pistas de menos de 3,5 m deberán ser autorizadas expresamente por la Administradora Boliviana de Carreteras.

(2) El ancho de las BERMAS de Locales y de Desarrollo se definirá en función del tránsito y dificultad del emplazamiento.

(3) La Tabla Especifica anchos de SAP en Terraplén; caso sin Barrera de Seguridad SAPe = 0,5 m; con Barrera SAPe = 0,8 m.

(4) Para Ancho Final de Cantero central de 3 y 2 m, los SAP interiores se juntan presentando un ancho conjunto de 1 m y 0,6 a 0,8 m respectivamente, espacio que servirá de base para una Barrera Rígida de Hormigón con anchos en la base de: Tipo F (0,56 m ó 0,82 m) o New Jersey (0,61 m).

(5) Ancho Total de Plataforma en Terraplén con SAP mínimo = 0,5 m. Para corte cerrado o Perfil Mixto agregar Ancho(s) Cunetas(s) y corregir Ancho del SAP exterior. Si cuneta es revestida Se = 0,0 m - Cuneta sin Revestir Se = 0,5 m. En Unidireccionales "bi" y "si" están comprendidos en el ancho del Cantero central.

Fuente: Manual de la ABC

3.2.1.2.7 Peralte y coeficiente de fricción:

El peralte constituye en una elevación de la calzada debido a esto el vehículo sigue una trayectoria de una recta o tangente y pasa a una curva, durante su trayectoria aparece la fuerza centrífuga que origina peligros de estabilidad del vehículo en movimiento.

Peraltes máximos para Caminos (ABC): $e=7\%$, $V_p=30-80\text{km/h}$

Ecuación para el cálculo del coeficiente de fricción lateral:

$$f = 0,265 - \frac{V}{602,4}$$

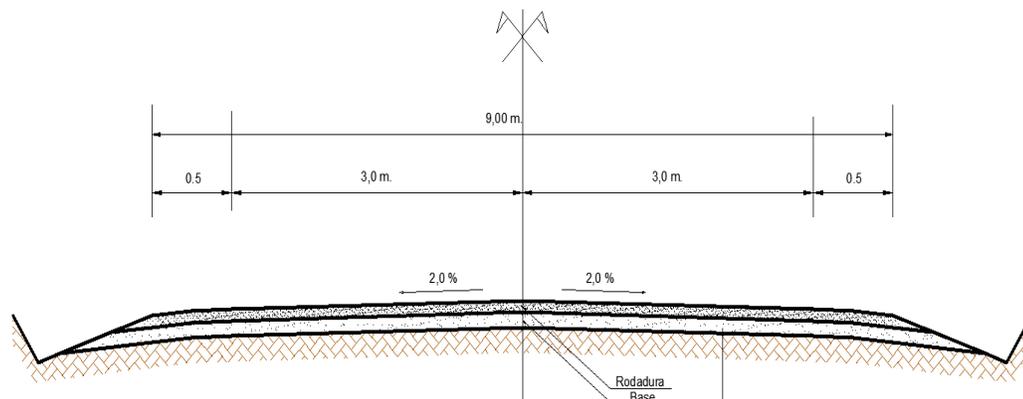
Donde:

f = Coeficiente de fricción

V : Velocidad de proyecto (km/h)

Peralte en curvas circulares simples.

Fig. 17: Sección tipo



Fuente: Elaboración propia

Tabla 19: Valores admisibles de la pendiente relativa de borde $\Delta\%$

| V_p (km/h) | 30-50 | 60-70 | 80-90 | 100-120 |
|---------------------|-------|-------|-------|---------|
| Δ_{normal} | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,35 |
| $\Delta_{max\ n=1}$ | 1,5 | 1,3 | 0,9 | 0,8 |
| $\Delta_{max\ n>1}$ | 1,5 | 1,3 | 0,9 | 0,5 |

Fuente: Manual de la ABC

Tabla 20: Proporción del peralte a desarrollar en recta

| Mínimo | Normal | Máximo |
|-----------|--------------------|------------|
| $e < 4,5$ | $e = \text{Todos}$ | $e \leq 7$ |
| $0,5 e$ | $0,7 e$ | $0,8 e$ |

Fuente: Manual de la ABC

3.2.1.2.8 Longitud del desarrollo del peralte

$$l = \frac{n \cdot a \cdot \Delta p}{\Delta}$$

Tasa de giro

$$tg = \frac{n \cdot a}{\Delta}$$

Donde:

l: Longitud de desarrollo del peralte (m)

tg: Tasa de giro (m/1%)

n: Número de carriles entre el eje de giro del peralte y el borde de la calzada

a: Ancho normal de un carril (m)

Δp: Pendiente relativa del borde de la calzada (%)

Peralte en curvas de transición:

Desarrollo de peralte

$$l = l_o + L$$

Desarrollo en la recta

$$l_o = \frac{(n \cdot a \cdot b)}{\Delta}$$

Donde:

l_o: Desarrollo en la recta para pasar -b% a 0%

L: Desarrollo en la clotoide para pasar de 0% a e%

n: Número de carriles entre el eje de giro y el borde de la calzada a peraltar

a: Ancho normal de un carril (m.)

b: Bombeo o pendiente transversal normal en recta

Δ: Pendiente relativa del borde peraltado respecto del eje de giro.

3.2.1.2.9. Radio en curvas horizontales

El radio que se considera en el diseño en planta como un valor límite es el radio mínimo para la velocidad de proyecto dada, para un peralte máximo.

$$R_{min} = \frac{V_p^2}{127 \cdot (e_{max} + f)}$$

Donde:

V_p : Velocidad de proyecto (km/h)

e_{max} : Peralte máximo (%)

f : Coeficiente de roce rodante

3.2.1.2.10. Parámetro “a” y longitud de la clotoide en curvas de transición:

Cualquier vehículo automotor sigue una trayectoria de transición al entrar o salir de una curva horizontal circular. El cambio de la posición del volante y la consecuente ganancia o pérdida de fuerza centrífuga no puede efectuarse instantáneamente. En la mayoría de las curvas el conductor medio puede efectuar una adecuada trayectoria de transición dentro de los límites de ancho normal del carril, sin embargo con combinaciones de alta velocidad y fuerte curvatura, la más larga transición resultante puede ocasionar amontonamientos y a veces la ocupación de los carriles adyacentes. En tales casos las curvas de transición serían apropiadas porque facilitan al conductor confinar su vehículo en el propio carril.

La ecuación que se toma en cuenta para el cálculo del parámetro A es el criterio de la comodidad al usuario.

$$A = \sqrt{\left(\frac{Ve}{46,656 \cdot J} \cdot \left(\frac{Ve^2}{R} - 1,27 \cdot e \right) \right)}$$

Donde:

A: Parámetro de la clotoide

Ve: Velocidad específica de la curva (km/h)

J: Tasa de aceleración (m/s³)

R: Radio de la curva (m)

e: Peralte de la curva (%)

Tasa máxima de distribución de la aceleración transversal:

Tabla 21: Tasa de Aceleración Máxima

| Ve = Vp | 40-60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 120 |
|---------|-------|-----|-----------|-----|-----|-----|
| J máx. | 1,5 | 1,4 | 1,0 - 0,9 | 0,9 | 0,8 | 0,4 |

Fuente: Manual de la ABC

Tasa normal de distribución de la aceleración trasversal:

Tabla 22: Tasa de Aceleración Normal:

| Ve[km/h] | Ve < 80 | Ve ≥ 80 |
|------------------------------|---------|---------|
| J Normal [m/s ³] | 0,5 | 0,4 |

Fuente: Manual de la ABC

$$L = \frac{R}{A^2}$$

Donde:

L: Longitud de la espiral (m)

R: Radio de la curva (m)

A: Parámetro de la clotoide

3.2.1.2.11. Sobreancho.

A veces, las calzadas en curva se ensanchan para hacer las condiciones comparables con las de las rectas. Un motivo para ensanchar la calzada es que los vehículos ocupan un ancho mayor debido a que al girar sobre una curva, las ruedas traseras generalmente siguen una trayectoria interior a la de las delanteras.

Tabla 23: Ensanche de la calzada

| TABLA 2.3-12 ENSANCHE DE LA CALZADA EN CAMINOS CON $V_p \leq 60$ KM/H ALTERNATIVA CON CALZADA EN RECTA 7,0 M (N=2) Y H1 = 0,45 M; H2 0,05 0,35 M $\leq E \leq 3,0$ M | | | | | |
|--|---|--|------------------|------------------|--|
| TIPO DE VEHICULO (Lt en m) | PARÁMETRO DE CÁLCULO (m) | E (m) | e.int (m) | e.ext (m) | RADIOS LÍMITE (m) |
| Camión Unid. Simple Lt=11,0* Bus Corriente Lt=12,0 | Lo = 9,5 | $(Lo^2/R) - 0,85$ | 0,55 E | 0,45 E | $25 \leq R \leq 75$ |
| Bus de Turismo Lt=13,2* Bus de Turismo Lt=14,0* | Lo = 10,5 Lo = 10,6 | $(Lo^2/R) - 0,85$ | 0,55 E | 0,45 E | $30 \leq R \leq 95$ |
| Semitrailer Lt=16,4 Semitrailer Lt=18,6* | L1 = 5,6 L2 =10,0 L1 = 5,6 L2 = 12,2 | $((L1^2 + L2^2)/R) - 0,80$ $((L1^2 + L2^2)/R) - 0,80$ | 0,55 E 0,55 E | 0,45 E 0,45 E | $35 \leq R \leq 115$ $50 \leq R \leq 155$ |
| Semitrailer Lt=22,4* | No corresponde a Caminos con $V_p \leq 60$ Km/h | | | | |

Fuente: Manual de la ABC

3.2.1.2.12. Bermas:

Son fajas laterales a la superficie de rodadura de una carretera que en tramos en tangente tienen la misma inclinación que el bombeo y en tramos en curva el mismo peralte siendo estos elementos de seguridad para los vehículos, sirviendo de estacionamiento para los vehículos que se detienen como también facilitando el paso cuando hay vehículos en la calzada y dan protección lateral a la superficie de rodadura.

3.2.1.2.13. Sobreancho de plataforma (SAP):

El sobreancho de plataforma SAP mínimo es de 0,5 m que permite confinar las capas Subbase y base de tal manera que la parte exterior de la berma pueda alcanzar el nivel de compactación especificado.

Tabla 24: Pendiente transversal del SAP

| SIEMPRE | PENDIENTE TRANSVERSAL DEL SAP |
|---|--|
| En recta | $i_s = -10\%$ (siempre) |
| Zona transición peralte | para $b \leq e \leq 0$ $i_s = -10\%$ |
| Extremo alto de la plataforma | para $0 < e \leq 3\%$ $i_s = -(10-2e)\%$ para $e > 3\%$ $i_s = -4\%$ |
| Extremo alto de la plataforma | para todo e $i_s = -10$ |
| El i_s del SAP interior de las calzadas unidireccionales será de -8% , salvo para $e > -4\%$ en que $i_s = -4\%$ | |

Fuente: Manual de la ABC

3.2.1.2.14. Bombeo del camino.

El bombeo de una vía es la forma de la sección transversal del mismo que tiene como fin principal drenar hacia los lados el agua que cae sobre la calzada, el bombeo que debe emplearse depende de la intensidad de lluvia, clase de superficie, facilidad de circulación de los vehículos y aspecto del camino.

Tabla 25: Bombeos de la calzada

| TIPO DE SUPERFICIE | Pendiente Transversal | |
|----------------------------|-----------------------|---------------|
| | $I \leq 15$ mm/h | $I > 15$ mm/h |
| Pav. de Hormigón o Asfalto | 2% | 2,5% |
| Tratamiento Superficial | 3% | 3,5% |
| Tierra, Grava, Chancado | 3 - 3,5% | 3,5 - 4% |

Fuente: Manual de la ABC

Un criterio de diseño fundamental que plantea la ABC dice:

El buen diseño no resulta de una aplicación mecánica de los límites normativos que en general representan valores mínimos. Por el contrario el diseño requiere buen juicio y flexibilidad por parte del proyectista, para abordar con éxito la combinación de los elementos en planta y elevación, sin transgredir los límites normativos. El trazado debe ser homogéneo, es decir, sectores de éste que inducen velocidades a las del proyecto no deben ser seguidos de otros en los que las características geométricas se reducen bruscamente a los mínimos correspondientes a dicha Vp.

3.2.1.2.15. Elementos de curvas circulares simples:

Tangente:

$$T = R \cdot \operatorname{tang}\left(\frac{\omega}{2}\right)$$

Externa:

$$S = R \cdot \left(\sec\left(\frac{\omega}{2}\right) - 1\right)$$

Flecha:

$$M_c = R \cdot \left(1 - \cos\left(\frac{\omega}{2}\right)\right)$$

Desarrollo:

$$D = \frac{\pi \cdot R \cdot \omega}{180}$$

Longitud.

$$L = 2 \cdot R \cdot \operatorname{sen}\left(\frac{R}{2}\right)$$

$$Xp = L - \frac{L^3}{40 \cdot R^2}$$

$$Yp = \frac{L^2}{6 \cdot R}$$

$$Xc = Xp - R \cdot \text{sen}(\tau)$$

$$Yc = Yp + R \cdot \text{cos}(\tau)$$

Externa:

$$Ec = (R + \Delta R) \cdot \left(\sec\left(\frac{\omega}{2}\right) - 1 \right) + \Delta R$$

Tangente:

$$Ts = (R + \Delta R) \text{tang}\left(\frac{\omega}{2}\right) + Xc$$

Desarrollo:

$$Ds = 2L + \frac{\pi \cdot R \cdot \omega}{180}$$

Donde:

R: Radio de la curva (m)

ω : Angulo de deflexión (°)

τ : Angulo de la espiral (°)

El programa Civil 3d hace el cálculo de todos los elementos que componen cada curva horizontal; es decir, tangentes, longitud de curva, ángulo de deflexión, coordenadas X, Y de los puntos PI, flecha, etc. para conseguir el enlace entre las tangentes horizontales se debe introducir el valor del radio de la curva, decirle al programa si el ángulo de solución de empalme es decir el ángulo de deflexión entre las tangentes es menor a 180 grados.

| TABLA DE PARAMETROS DE LOS ELEMENTOS QUE COMPONEN EL ALINEAMIENTO HORIZONTAL | | | | | | | | | |
|--|-----------|---------|---------------------|-------------|------------|----------|------------|----------|---------------------------------|
| Numero | Radio | Valor A | ANGULO DE DEFLEXION | TANGENTE | EXTERNA | FLECHA | DESARROLLO | Longitud | PROGRESIVA |
| S1 | INFINITY | 48.99 | | | | | | 30.00 | |
| C1 | 80.00 m. | | 12.327 | T=8.639 m. | S=0.465 m. | 0.462 m. | 17.179 m. | 17.21 m. | INICIO 0+046.84 FIN 0+064.05 |
| S2 | 80.00 | 48.99 | | | | | | 30.00 | |
| C2 | 80.00 m. | | 15.138 | T=10.630 m. | S=0.703 m. | 0.697 m. | 21.075 m. | 21.14 m. | INICIO 0+175.40 FIN 0+196.54 |
| C3 | 200.00 m. | | 7.021 | T=12.269 m. | S=0.376 m. | 0.375 m. | 24.493 m. | 24.51 m. | INICIO 0+291.05 FIN 0+315.56 |
| C4 | 80.00 m. | | 23.533 | T=16.664 m. | S=1.717 m. | 1.681 m. | 32.628 m. | 32.86 m. | INICIO 0+430.93 FIN 0+463.79 |
| C5 | 300.00 m. | | 2.988 | T=7.825 m. | S=0.102 m. | 0.102 m. | 15.644 m. | 15.65 m. | INICIO 0+540.36 FIN 0+556.01 |
| C6 | 80.00 m. | | 25.544 | T=18.134 m. | S=2.030 m. | 1.979 m. | 35.371 m. | 35.67 m. | INICIO 0+806.02 FIN 0+841.69 |
| S3 | INFINITY | 67.08 | | | | | | 30.00 | |
| C7 | 150.00 m. | | 1.620 | T=2.121 m. | S=0.015 m. | 0.015 m. | 4.241 m. | 4.24 m. | INICIO 0+948.11 FIN 0+952.36 |
| S4 | 150.00 | 67.08 | | | | | | 30.00 | |
| C8 | 100.00 m. | | 10.220 | T=8.943 m. | S=0.399 m. | 0.397 m. | 17.814 m. | 17.84 m. | INICIO 0+996.39 FIN 1+014.23 |
| C9 | 80.00 m. | | 15.103 | T=10.605 m. | S=0.700 m. | 0.694 m. | 21.027 m. | 21.09 m. | INICIO 1+060.96 FIN 1+082.05 |
| C10 | 80.00 m. | | 22.963 | T=16.249 m. | S=1.634 m. | 1.601 m. | 31.848 m. | 32.06 m. | INICIO 1+100.51 FIN 1+132.57 |
| C11 | 100.00 m. | | 16.439 | T=14.445 m. | S=1.038 m. | 1.027 m. | 28.594 m. | 28.69 m. | INICIO 1+228.96 FIN 1+257.66 |

| TABLA DE PARAMETROS DE LOS ELEMENTOS QUE COMPONEN EL ALINEAMIENTO HORIZONTAL | | | | | | | | | |
|--|-----------|---------|---------------------|-------------|-------------|-----------|------------|-----------|---------------------------------|
| Numero | Radio | Valor A | ANGULO DE DEFLEXION | TANGENTE | EXTERNA | FLECHA | DESARROLLO | Longitud | PROGRESIVA |
| C12 | 80.00 m. | | 27.157 | T=19.322 m. | S=2.300 m. | 2.236 m. | 37.564 m. | 37.92 m. | INICIO 1+303.04 FIN 1+340.95 |
| C13 | 80.00 m. | | 41.684 | T=30.456 m. | S=5.801 m. | 5.235 m. | 56.926 m. | 58.20 m. | INICIO 1+425.51 FIN 1+483.71 |
| C14 | 80.00 m. | | 30.623 | T=21.903 m. | S=2.944 m. | 2.840 m. | 42.251 m. | 42.76 m. | INICIO 1+626.96 FIN 1+669.72 |
| C15 | 80.00 m. | | 29.066 | T=20.738 m. | S=2.644 m. | 2.560 m. | 40.150 m. | 40.58 m. | INICIO 1+686.43 FIN 1+727.01 |
| C16 | 80.00 m. | | 48.352 | T=35.913 m. | S=7.691 m. | 7.017 m. | 65.526 m. | 67.51 m. | INICIO 1+779.89 FIN 1+847.40 |
| C17 | 80.00 m. | | 25.987 | T=18.460 m. | S=2.102 m. | 2.048 m. | 35.975 m. | 36.29 m. | INICIO 1+939.83 FIN 1+976.11 |
| S5 | INFINITY | 67.08 | | | | | | 30.00 | |
| C18 | 150.00 m. | | 28.604 | T=38.240 m. | S=4.798 m. | 4.649 m. | 74.110 m. | 74.88 m. | INICIO 2+043.36 FIN 2+118.25 |
| S6 | 150.00 | 67.08 | | | | | | 30.00 | |
| C19 | 80.00 m. | | 73.857 | T=60.127 m. | S=20.077 m. | 16.049 m. | 96.130 m. | 103.12 m. | INICIO 2+273.59 FIN 2+376.71 |
| C20 | 80.00 m. | | 45.861 | T=33.844 m. | S=6.864 m. | 6.322 m. | 62.339 m. | 64.03 m. | INICIO 2+428.45 FIN 2+492.48 |
| C21 | 150.00 m. | | 8.582 | T=11.256 m. | S=0.422 m. | 0.421 m. | 22.448 m. | 22.47 m. | INICIO 2+590.10 FIN 2+612.57 |
| C22 | 50.00 m. | | 2.432 | T=1.061 m. | S=0.011 m. | 0.011 m. | 2.122 m. | 2.12 m. | INICIO 2+723.21 FIN 2+725.34 |
| C23 | 50.00 m. | | 23.955 | T=10.607 m. | S=1.113 m. | 1.089 m. | 20.752 m. | 20.90 m. | INICIO 2+780.39 FIN 2+801.29 |
| C24 | 80.00 m. | | 10.526 | T=7.369 m. | S=0.339 m. | 0.337 m. | 14.676 m. | 14.70 m. | INICIO 2+867.42 FIN 2+882.12 |

| TABLA DE DATOS DE LOS ELEMENTOS DE CURVAS DE AJUSTE HORIZONTAL | | | | | | | | | |
|--|-----------|---------|---------------------|-------------|-------------|-----------|------------|-----------|---------------------------------|
| Numero | Radio | Valor A | ANGULO DE DEFLEXION | TANGENTE | EXTERNA | FLECHA | DESARROLLO | Longitud | PROGRESIVA |
| C25 | 100.00 m. | | 3.887 | T=3.394 m. | S=0.058 m. | 0.058 m. | 6.783 m. | 6.78 m. | INICIO 3+007.02 FIN 3+013.80 |
| C26 | 80.00 m. | | 48.088 | T=35.692 m. | S=7.601 m. | 6.941 m. | 65.190 m. | 67.14 m. | INICIO 3+123.37 FIN 3+190.51 |
| C27 | 80.00 m. | | 36.112 | T=26.080 m. | S=4.144 m. | 3.940 m. | 49.592 m. | 50.42 m. | INICIO 3+299.76 FIN 3+350.18 |
| C28 | 100.00 m. | | 8.520 | T=7.449 m. | S=0.277 m. | 0.276 m. | 14.856 m. | 14.87 m. | INICIO 3+513.52 FIN 3+528.39 |
| C29 | 80.00 m. | | 90.111 | T=80.155 m. | S=33.246 m. | 23.486 m. | 113.246 m. | 125.82 m. | INICIO 3+763.23 FIN 3+889.05 |
| C30 | 80.00 m. | | 12.060 | T=8.451 m. | S=0.445 m. | 0.443 m. | 16.808 m. | 16.84 m. | INICIO 3+938.70 FIN 3+955.54 |
| C31 | 80.00 m. | | 30.383 | T=21.723 m. | S=2.897 m. | 2.796 m. | 41.928 m. | 42.42 m. | INICIO 4+037.62 FIN 4+080.04 |
| C32 | 80.00 m. | | 58.524 | T=44.824 m. | S=11.702 m. | 10.209 m. | 78.209 m. | 81.72 m. | INICIO 4+156.90 FIN 4+238.61 |
| C33 | 80.00 m. | | 43.004 | T=31.516 m. | S=5.984 m. | 5.568 m. | 58.645 m. | 60.04 m. | INICIO 4+270.42 FIN 4+330.47 |
| C34 | 80.00 m. | | 38.671 | T=28.071 m. | S=4.782 m. | 4.512 m. | 52.975 m. | 53.99 m. | INICIO 4+440.23 FIN 4+494.22 |
| C35 | 80.00 m. | | 69.922 | T=55.935 m. | S=17.615 m. | 14.437 m. | 91.683 m. | 97.63 m. | INICIO 4+530.73 FIN 4+628.36 |
| C36 | 300.00 m. | | 3.908 | T=10.234 m. | S=0.175 m. | 0.174 m. | 20.457 m. | 20.46 m. | INICIO 4+845.09 FIN 4+865.55 |
| C37 | 80.00 m. | | 63.616 | T=49.618 m. | S=14.138 m. | 12.015 m. | 84.332 m. | 88.83 m. | INICIO 4+981.76 FIN 5+070.58 |
| C38 | 80.00 m. | | 29.850 | T=21.324 m. | S=2.793 m. | 2.699 m. | 41.209 m. | 41.68 m. | INICIO 5+224.30 FIN 5+265.98 |

3.2.1.2.16. Planos y planillas.

El formato para los planos de diseño geométrico son bi modales (planta perfil) impresos a escala 1:1000 horizontal y escala vertical 1:100. en una lámina de dimensiones 1100 mm. X 770 mm.

Los planos y planillas de cálculo como así también los listados que se obtienen mediante el programa civil 3d están en el apartado de anexos.

3.2.2. Altimetría.

El diseño altimétrico se realiza sobre el perfil longitudinal del alineamiento horizontal. Este perfil muestra el terreno natural y sus elevaciones, en éste también se pueden apreciar depresiones topográficas importantes como ser quebradas ríos, sitios escarpados. El trazado del alineamiento vertical está controlado principalmente por la: categoría del camino, topografía, trazado horizontal, velocidad, distancias de visibilidad, drenaje, valores estéticos y costos de construcción.

3.2.2.1 Parámetros de diseño.

3.2.2.2 Sub-rasante, rasante:

La subrasante es el terreno o suelo natural de fundación y sobre este se apoya la subbase, base y capa de rodadura, para el diseño altimétrico se utiliza la rasante que es la parte superior de la capa de rodadura en otras palabras la que soporta el tránsito de los vehículos.

Las tangentes verticales para este proyecto no deben exceder el 9%, en tramos muy largos se debe incorporar lugares de descanso para el motorizado y verificar la línea de máxima pendiente, en las curvas horizontales la combinación del peralte con la pendiente longitudinal da origen a una línea de máxima pendiente, equivalente a:

$$q\% = (i\% + e\%) / \sqrt{2}$$

Para caminos “q” no debe ser mayor a 11%, en carreteras 10% si se sobrepasan estos valores se debe bajar la pendiente longitudinal.

3.2.2.3. Pendiente mínima de la rasante.

Las pendientes mínimas en el alineamiento vertical son de 0,35% con el fin de asegurar en cualquier punto de la calzada un buen drenaje, pero se puede aceptar con pendientes de 0,2%.

Si el bombeo es igual 2,5% se podrá aceptar una pendiente nula, en situaciones en que la pendiente transversal sea nula si la pendiente mínima aceptable es de 1,5%.

3.2.2.4. Longitud mínima en curvas verticales.

Por comodidad y estética el desarrollo mínimo de la curva vertical corresponde:

$$2 \cdot T \geq |V_p(km/h)|$$

Donde:

T: longitud de la curva (m)

Vp: Velocidad de proyecto (km/h)

3.2.2.5. Enlace con curvas verticales.

Después de haber definido la **subrasante** en el perfil longitudinal, corresponde el diseño de curvas verticales, que sirven para pasar gradualmente de un tramo a otro con diferente pendiente.

Ecuación paramétrica de la curva vertical:

$$Y = K \cdot X^2$$

$$Y = \frac{\theta}{2 \cdot (2T)} \cdot X^2$$

Donde:

Θ : Diferencia algebraica de las pendientes (m/m)

2T: Longitud de la curva (m)

X: Distancia parcial desde PCV o FCV (m)

Los parámetros mínimos por visibilidad de frenado para curvas convexas son:

$$K_v = Df^2 / 2 \cdot (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2$$

K_v = Parámetro Curva Vertical Convexa (m)

Df = Distancia de Frenado $f(V^*)$ m

h_1 = Altura Ojos del Conductor 1,10 m

h_2 = Altura Obstáculo Fijo 0,20 m

Luego:

$$K_v = Df^2 / 4,48$$

Para curvas cóncavas:

$$K_c = Df^2 / (1,2 + 0,035 Df)$$

Del cálculo mediante estos parámetros suele suceder que los coeficientes para calcular las **curvas verticales resultantes**, arrojan longitudes de curva vertical muy cortas, esto sucede sobre todo cuando se diseña con velocidades bajas. Si ocurre esta situación lo mejor será optar por otro criterio de dimensionamiento de curvas verticales.

TABLA 26: Coeficientes para calcular curvas verticales

| Velocidad de Proyecto Vp (km/h) | CURVAS CONVEXAS Kv | | | CURVAS CONCAVAS Kc |
|---------------------------------------|-----------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|
| | V* =Vp km/h | V* =Vp + 5 km/h | V* =Vp + 10 km/h | Vp km/h |
| 30 | 300 | 300 | 300 | 400 |
| 40 | 400 | 500 | 600 | 500 |
| 50 | 700 | 950 | 1100 | 1000 |
| 60 | 1200 | 1450 | 1800 | 1400 |
| 70 | 1800 | 2350 | 2850 | 1900 |
| 80 | 3000 | 3550 | 4400 | 2600 |
| 90 | 4700 | 5100 | 6000 | 3400 |
| 100 | 6850 | 7400 | 8200 | 4200 |
| 110 | 9850 | 10600 | 11000 | 5200 |
| 120 | 14000 | 15100 | 16000 | 6300 |

Fuente: Manual de la ABC

Para garantizar la comodidad y estética, la longitud mínima de las curvas verticales será:

$$2 \cdot T(m) \geq \left| V_p (km/h) \right|$$

3.2.2.6. Planilla de elementos.

Las planillas de cálculo como así también los listados que se obtienen mediante el programa civil 3d están en el apartado de anexos. (Anexo 5 cálculo de curvas verticales)

3.2.2.7. Movimiento de tierras.

Una de las principales metas durante la elaboración de un proyecto es lograr la combinación de alineamientos y pendientes que cumpliendo con las normas de trazado, permita la construcción de la carretera con el menor movimiento de tierras posible y con el mejor balance entre los volúmenes de excavación y relleno que se produzcan, pero la realidad es que este es un criterio básico muy ideal; la experiencia

dice que la comparación entre terraplenes y cortes desde el punto de vista económico son similares, pero entre las desventajas de hacer terraplenes es que estos pueden presentar fisuras si es que no se realizan adecuadamente, además que la conformación de terraplenes es bastante moroso, en lo posible cuando se trata de caminos de montaña se diseña en corte ladera.

3.2.2.8. Cálculo de áreas entre secciones.

Los principales métodos empleados son: método analítico, método gráfico, método del papel milimetrado. El método analítico consiste en el cómputo de las áreas por coordenadas; es decir, basados en coordenadas de los puntos que definen el contorno de la superficie usado cuando la sección es bastante irregular, es la base de los métodos computarizados y que es adoptado por *AutoCAD Civil 3D* y *Land Desktop Companion 2009*.

3.2.2.9. Determinación de los volúmenes de movimiento de tierra.

El cálculo de volúmenes se obtiene a partir de las áreas, existen varios métodos de los cuales los más utilizados son: el método de la semisuma o áreas medias y la de Simpson o prismoide que es adoptada por programas computarizados.

Método de Prismoide.

$$V = \frac{d}{6} \cdot (A_1 + A_2 + 4 \cdot A_m)$$

Método de la Áreas Medias:

Casos particulares

Volumen “CORTE-CORTE”

$$Vc = \frac{(Ac_1 + Ac_2) \cdot L}{2}$$

Volumen “RELLENO- RELLENO”

$$Vr = \frac{(Ar_1 + Ar_2) \cdot L}{2}$$

Volumen “RELLENO-CORTE”

$$Vc = \frac{Ac^2 \cdot L}{2 \cdot (Ar + Ac)}$$

$$Vr = \frac{Ar^2 \cdot L}{2 \cdot (Ar + Ac)}$$

Caso “CORTE o RELLENO”

$$S = \left(\frac{a_1 + a_2}{2} \right)^2$$

$$e = \frac{1}{3 \cdot A} \cdot (A + S) \cdot (\pm dd \pm di)$$

Caso “MIXTAS”

$$e = \frac{1}{3} \cdot (\pm x \pm a \pm d)$$

Coeficiente de curvatura

$$Cc = \frac{L}{2 \cdot R} \cdot (A_1 e_1 + A_2 e_2)$$

Volumen “CURVA”

$$V_{curva} = V_{recta} \pm Cc$$

Donde:

dd: Distancia del eje al borde derecho (m)

di: Distancia del eje al borde izquierdo (m)

S: Área de relleno sobre la calzada (m²)

x: longitud del eje a la intersección de la calzada con el terreno (m)

a: longitud del carril (m)

3.2.2.10. Diagrama de masas:

El diagrama de masas en el cual las abscisas representan a las progresivas del camino y las ordenadas a los volúmenes acumulativos de las terracerías, es en este diagrama donde se analizan los movimientos de tierra para obtener un resultado satisfactorio.

La distancia de libre acarreo es la distancia al que cada metro cúbico de material puede ser movido sin que se haga un pago adicional y corresponderá a 300 mts.

3.2.2.11. Contracción y expansión.

Tabla 27: Factor de abundamiento

| MATERIAL | FACTOR DE ABUNDAMIENTO |
|------------------|------------------------|
| Tierra Negra | 1,00 - 1,25 |
| Material Arenoso | 1,10 - 1,30 |
| Roca Suelta | 1,30 - 1,40 |
| Roca Fija | 1,40 - 1,65 |

Fuente: Manual de Carreteras Suelos y Pavimentos

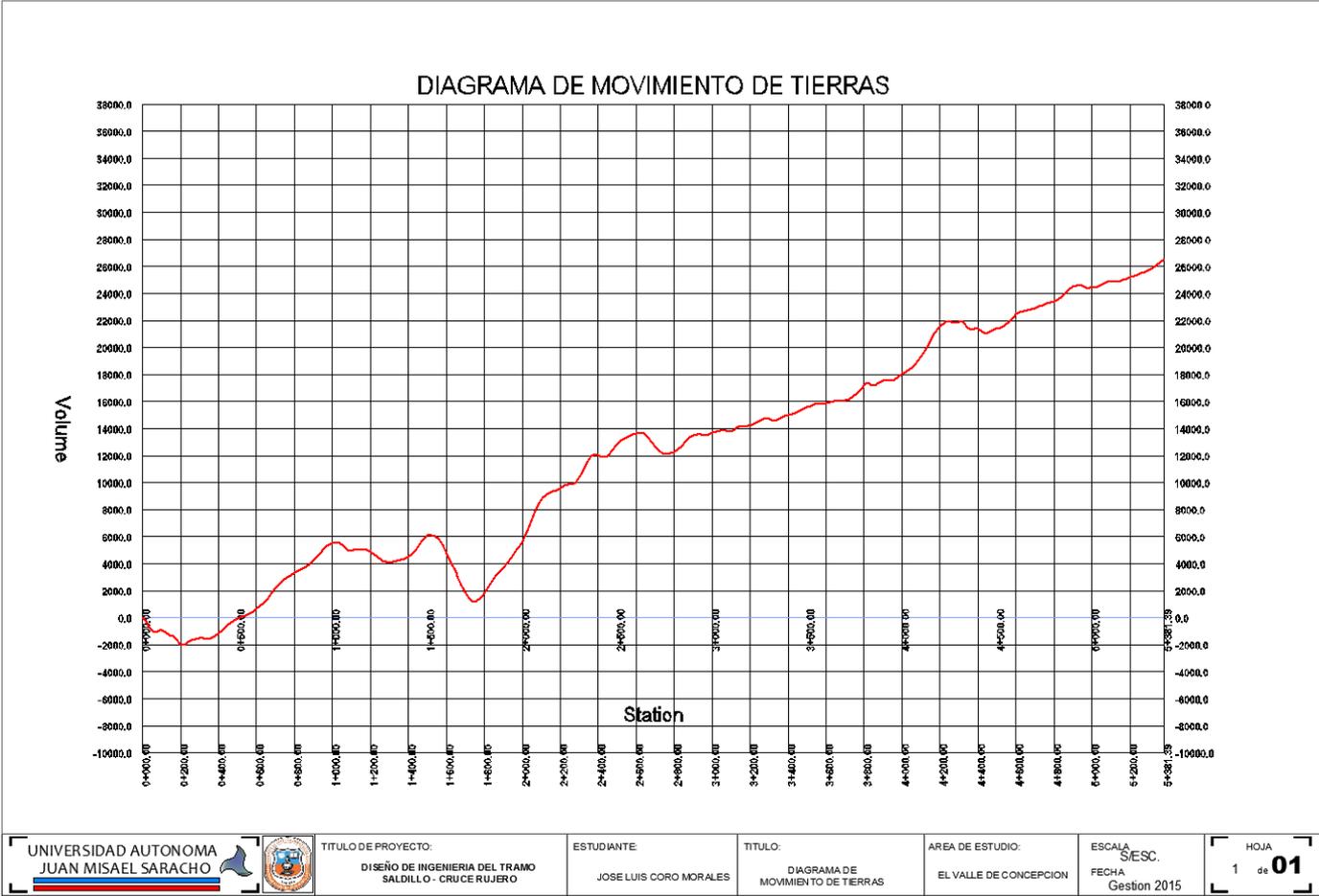
Tabla 24: Factor de reducción

| MATERIAL | FACTOR DE REDUCCIÓN |
|------------------|---------------------|
| Tierra Negra | 0,98 - 1,00 |
| Material Arenoso | 0,75 - 0,90 |
| Roca Suelta | 0,70 - 0,75 |
| Roca Fija | 0,60 - 0,70 |

Fuente: Manual de Carreteras Suelos y Pavimentos

fig. 20: Diagrama curva masa

Fuente: Elaboración propia



3.3 Diseño de drenajes.

El dato más importante al realizar el proyecto de una obra de arte para drenaje en general y para drenaje de vías de comunicación en particular, es el **caudal de diseño**, puesto que con base en él se definen muchos otros factores como las velocidades y áreas de escurrimiento, dimensiones y en algunos casos el método de construcción de la obra. (Monroy 1982).

El objetivo del estudio hidrológico es determinar el caudal que debe evacuar cada elemento del desagüe superficial ya sea longitudinal o transversal, el caudal se debe determinar para cada una de las cuencas que cruzan el eje de la vía.

3.3.1 Criterios utilizados.

Es el análisis de precipitaciones para determinar si una estación pluviométrica es consistente o inconsistente, las estaciones que se consideren deben ser representativas y la serie de datos debe ser suficientemente largos para permitir un ajuste estadístico, este análisis se hace mediante una representación gráfica llamada *curva doble másica*. Una curva doble másica se construye llevando en ordenadas, los valores acumulados de la estación en estudio y en abscisas los valores acumulados de un patrón, que consiste en el promedio de varias estaciones índices.

Para este análisis se consideran las estaciones más cercanas a la cuenca que son:

Tabla 29 Coordenadas de estaciones meteorológicas

| ESTACIONES A CONSIDERAR - COORDENADAS U.T.M. | | | |
|--|------------|-------------|---------|
| ESTACIÓN | ESTE | NORTE | P(mm) |
| CHOCLOCA | 321133.614 | 7595689.039 | 651.300 |
| SAN NICOLÁS | 325883.562 | 7597586.945 | 485.800 |
| CENAVIT | 328469.42 | 7600352.310 | 447.300 |
| SAN JACINTO SUD | 322292.085 | 7610466.150 | 588.000 |
| AEROPUERTO | 322831.229 | 7616377.683 | 601.000 |
| PAMPA REDONDA | 312067.256 | 7599276.375 | 905.300 |

Fuente: Elaboración Propia

Pero sólo las estaciones que son consistentes y más representativas son las que se utilizan y se corrigen. La siguiente tabla muestra estas estaciones.

Tabla 30: Coordenadas de estaciones y precipitación promedio

| ESTACIONES A CONSIDERAR - COORDENADAS U.T.M. | | | |
|--|------------|-------------|---------|
| ESTACION | ESTE | NORTE | P(mm) |
| CHOCLOCA | 321133.614 | 7595689.039 | 651.300 |
| CENAVIT | 328469.42 | 7600352.310 | 447.300 |
| SAN JACINTO SUD | 322292.085 | 7610466.150 | 588.000 |
| AEROPUERTO | 322831.229 | 7616377.683 | 601.000 |
| PAMPA REDONDA | 312067.256 | 7599276.375 | 905.300 |

Fuente: Elaboración Propia

Las características físicas se clasifican en dos grupos; las que controlan el volumen de escurrimiento tales como el área y el tipo de suelo y las que condicionan la velocidad de respuesta como son el relieve, la pendiente, distribución hidrográfica, etc. El área es la superficie de la proyección horizontal de la zona delimitada por la línea divisoria de aguas, el extremo paralelo al eje de la carretera en estudio y el lugar exacto de la obra.

3.3.1.1. Periodo de retorno.

Se denomina así al intervalo de tiempo promedio dentro de la cual un evento de magnitud “X” puede ser igualado o superado al menos una vez en promedio, asumiendo para este proyecto 20 años.

3.3.1.2. Tiempos de concentración.

Denotado por t_c , es el lapso bajo precipitación constante que tarda el agua en desplazarse desde el punto más distante hidráulicamente definido dentro de la cuenca

hasta el punto de control. Este parámetro naturalmente depende entre otras variables de la longitud máxima que debe recorrer el agua hasta la salida de la cuenca y de la velocidad promedio que adquiere en la misma la cual a su vez varía de acuerdo a la pendiente y la rugosidad de la superficie.

Para el análisis hidrológico se estableció un estudio probabilístico de las precipitaciones máximas diarias con las estaciones más cercanas al lugar en estudio para tal efecto se utilizó la ecuación de Gumbell que se la siguiente ecuación:

$$h_{dT} = Ed_p \cdot (1 + kd_p \cdot \log T)$$

h_{dT} = Altura de lluvia máxima diaria para un periodo de retorno T en mm.

Ed_p = Moda ponderada en mm.

kd_p = Característica ponderada

T = Periodo de retorno en años.

$$h_{tT} = Ed_p \cdot \left(\frac{tc}{\alpha}\right)^\beta \cdot (1 + kd_p \cdot \log T)$$

h_{tT} = Altura de lluvia máxima horaria.

Ed_p = Moda ponderada.

tc = Tiempo de concentración de la cuenca.

$\alpha = 2$ para cuencas $< 10\text{km}^2$.

$\alpha = 12$ para cuencas $> 10\text{km}^2$.

$\beta = 0.3$ para nuestra zona.

kd_p = Característica ponderada.

T = Periodo de retorno.

Media:

$$\bar{X} = \frac{\sum xi}{n}$$

Desviación:

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Varianza:

$$S = Sx^2$$

DONDE:

X_i = Dato lluvia máxima al año i

n = Número total de datos

Moda ponderada:

$$E = M - 0,45 * S$$

$$E_d \text{ pomd} = 47.16$$

Característica Ponderada:

$$K = \frac{S}{0,557 * E}$$

$$K_{dpond.} = 0.62$$

| 1.- CÁLCULO DE LAS MEDIDAS DE DISTRIBUCIÓN: | | | | | |
|---|---------|---------|--------|---------|---------|
| | | | | | |
| # de años= | 38.00 | 34.00 | 25.00 | 31.00 | 24.00 |
| Media (M)= | 50.52 | 54.40 | 37.85 | 54.79 | 75.77 |
| Desviación (S)= | 9.17 | 8.10 | 18.05 | 19.71 | 28.24 |
| Varianza= | 84.03 | 65.65 | 325.93 | 388.44 | 797.76 |
| MODA E = | 46.39 | 50.75 | 29.72 | 45.92 | 63.06 |
| E* Nro. = | 1762.90 | 1725.61 | 743.10 | 1423.59 | 1513.46 |
| CARACT. K = | 0.35 | 0.29 | 1.09 | 0.77 | 0.80 |
| K*Nro. = | 13.48 | 9.74 | 27.26 | 23.89 | 19.30 |

Lluvias máximas diarias en función de un periodo de retorno T.

$$\mathbf{hdt = E * (1 + K * L \log T)}$$

DONDE:

E= moda

K= característica

T= periodo de retorno en años

hdt= altura de lluvia máxima diaria en mm.

| PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T) | ALTURA DE LLUVIA MÁXIMA DIARIA (hdt) EN mm |
|--------------------------------|--|
| 2 | 55.91 |
| 5 | 67.48 |
| 20 | 84.23 |
| 50 | 96.54 |

Lluvias máximas a 24 horas y mayores a 2 horas.

$$\mathbf{h_{tT} = E d_p \cdot \left(\frac{tc}{\alpha}\right)^\beta \cdot (1 + k d_p \cdot \log T)}$$

tc = duración de lluvias en horas

T = periodo de retorno en años

$\beta = 0.2$ constante en nuestro medio se adopta 0,2

$\alpha = 12$ equivalente de lluvia diaria que depende de la magnitud de la cuenca:

3.3.1.3. Caudales máximos.

El caudal máximo de diseño, es la magnitud del gasto que se adopta para el proyecto de una estructura hidráulica, esta debe tomar en cuenta factores hidrológicos, fisiográficos y económicos. La determinación de la máxima crecida se efectúa de acuerdo a la cantidad y calidad de información hidrológica disponible, son numerosos los métodos para la determinación de estos se pueden citar los siguientes; métodos hidráulicos, como es el método de sección y pendiente, correlación hidrológica de cuencas, formulas empíricas como ser; área hidráulica de la sección de caudal, caudal máximo, intensidad de lluvia o curvas IDF, y basadas en el concepto de frecuencia. Métodos estadísticos, relaciones lluvia – escurrimiento y el método racional.

El método racional es el método más utilizado para calcular el caudal en cuencas pequeñas aunque adolece de una serie de limitaciones, los valores de escurrimiento obtenidos se encuentran generalmente por encima de los reales, cuando las suposiciones de aplicación se alejan de sus enunciados fundamentales, que son:

- a.- La lluvia se toma como una intensidad constante tanto en tiempo como en espacio
- b.- El coeficiente de escorrentía es constante durante la tormenta.
- c.- El almacenamiento temporal en depresiones y otros sitios es despreciable.
- d.- La duración de la lluvia debe ser igual o superior al tiempo de concentración de la cuenca, con lo que se alcanza el máximo caudal.

$$Q = 0.278 * C * i * A$$

Q= Aportación líquida de la cuenca (m³/s)

C= Coeficiente de escorrentía

i= intensidad media de lluvia mm/hr

Tabla 31: Vida Útil de estructuras

| 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 $H_{\text{enterr}} \geq 10 \text{ m}$ 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 Riberas | Carretera | 100 | | 20 | 18 | - |
| | Camino | 100 | - | 20 | 18 | - |

Fuente: Manual de Obras de Drenaje Superficial en vías de comunicación

3.3.2. Diseño hidráulico de las estructuras de drenaje:

Los elementos de este componente del sistema se ubican por lo general a los costados de la vía para llevar el agua pendiente debajo de la sección. Es muy común que estén vinculados a estructuras de disipación y canales de descenso; es decir, rápidas y caídas verticales.

El diseño hidráulico de las estructuras de drenaje corresponde en determinar la sección transversal, la carga hidráulica y garantizar su funcionamiento.

3.3.2.1. Caudales para cunetas.

Por ser obras de canalización y evacuación de aguas producidas por precipitación, las cunetas que se diseñan no serán en todo el tramo sino en lugares estratégicos donde sea insuficiente el escurrimiento propio por gravedad a los bordes del terreno.

La sección va revestida de un material impermeable y resistente a la acción del agua corriente cuando se tiene que evitar daños en la superficie de la solera y de las capas de cimentación, su diseño debe cumplir con la capacidad adecuada para captar el caudal de la lluvia de diseño, tomando en cuenta que puede producirse una precipitación de intensidad elevada.

La superficie de aporte a una obra de drenaje lineal está compuesta por dos zonas, el terreno natural de la ladera adyacente y la porción de la calzada pavimentada y la berma correspondiente.

El caudal se determina con la aplicación del método racional ponderando el valor del coeficiente de escorrentía de las zonas antes mencionadas, es decir.

Método Racional:

$$Q = 0.278 * C * i * A$$

Donde:

Q: Caudal (m³/s)

I: Intensidad de la lluvia (mm/h)

C: Coef. de escorrentía

B: Ancho de la calzada (m)

L: Longitud del tramo aportador (m)

Tabla 32: Coeficientes de Escorrentía

| <i>Coeficiente de Escorrentía "C"</i> | |
|---------------------------------------|-------------|
| Pavimentos Asfálticos | 0,75 – 0,95 |
| Pavimentos de Concreto | 0,70 – 0,90 |
| Suelos Impermeables | 0,40 – 0,65 |
| Suelos Ligeramente Permeables | 0,15 – 0,40 |
| Suelos Moderadamente Permeables | 0,05 – 0,20 |

Fuente: Manual de diseño hidráulico

$$Hdt = Edpond * \left(\frac{0.167}{12}\right)^{0.2} * (1 + Kdpond * \log 20) = 36.12 \text{ mm}$$

$$imax = hdt/tc = 36.12/0.167 = 216.28 \text{ mm/hr}$$

Determinación de la Sección Hidráulica:

$$Q = \frac{A}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S_o^{\frac{1}{2}}$$

Área de sección triangular:

$$A = \frac{(Za + Zb) \cdot h^2}{2}$$

Perímetro de sección triangular:

$$P = \left(\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2} \right) \cdot h$$

Donde:

Q: Caudal (m³/s)

A: Área de la cuenca (m²)

R: Radio hidráulico (m)

So: Pendiente de la cuneta (m/m)

Za:Zb: Talud de la cuneta

3.3.2.2. Caudal para alcantarillas de alivio.

Estos elementos van por lo general acompañados de estructuras adicionales como son los cabezales cuyo objetivo es brindar anclaje al conducto y resguardar el relleno de la vía evitando filtraciones que puedan afectar su estabilidad, además sirven como estructuras de encauzamiento de las aguas.

Las cabeceras de alcantarillas consisten en secciones, pre moldeadas o construidas in situ, de muros de cabecera y alas. Su propósito es sostener el relleno de tierra y prevenir la erosión donde el conducto de la alcantarilla emerge desde la plataforma del camino.

En diferentes tramos se emplazarán cunetas debido a que cuentan con longitudes grandes, estas conducirán el caudal hasta llegar a una alcantarilla, para esto es necesario aliviar la cuneta a una distancia de 100 – 150 m, para dimensionar la alcantarilla se considerará parcialmente llena proyectada a 0,75 de su sección y flujo uniforme.

$$Hdt = Edpond * \left(\frac{2}{12}\right)^{0.2} * (1 + Kdpond * \log 50) = 67.47 \text{ mm}$$

Donde:

Hdt = Precipitación máxima diaria para un determinado periodo de retorno (mm).

Tc = Tiempo de concentración, se adoptó el valor de 2 hr.

T = Periodo de retorno igual a 50 años.

$$imax = \left(\frac{hdt}{tc}\right) = \left(\frac{67.47}{2}\right) = 33.73 \text{ mm}$$

$$Q = \left(\frac{27.52 * C * i * A}{1000}\right)$$

Donde:

Q = Caudal máximo de escorrentía (m³/s)

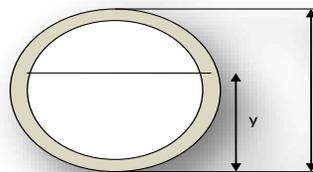
C = Coeficiente de escorrentía (adimensional)

i = Intensidad máxima de lluvia cm/hr

A = Área de aporte (Ha.)

Las alcantarillas se diseñan considerando su geometría, su disposición longitudinal y la altimetría. La alcantarilla se diseña calculando el diámetro del tubo con respecto al caudal calculado anteriormente.

Fig.21: Tubería parcialmente llena



Fuente: elaboración propia

Ecuaciones para tuberías parcialmente llenas:

$$A = \frac{D^2}{8} \cdot (\theta_r - \text{sen } \theta)$$

$$P = \frac{D \cdot \theta_r}{2}$$

$$\theta = 2 \cdot \arccos\left(\frac{D - 2 \cdot Y}{D}\right)$$

$$Q = \frac{0,31185392 \cdot D^{\frac{3}{8}} \cdot S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Donde:

Q: Caudal de diseño (m³/seg)

A: Área (m²)

P: Perímetro mojado (m)

n: Coeficiente de rugosidad

S: Pendiente de la tubería (m/m)

D: Diámetro de la tubería (m)

3.3.2.3. Caudal para alcantarillas de cruce.

Como se dijo anteriormente una de las funciones de los drenajes de una carretera es la de proveer las facilidades necesarias para dar paso a las aguas de un lado al otro del cuerpo de la vía función que es cumplida generalmente por las alcantarillas los pontones y los puentes, estructuras que reciben el nombre de drenajes transversales. La finalidad del diseño hidráulico de las alcantarillas es el encontrar el tamaño y el tipo que desagüen de la manera más económica la corriente originada por una lluvia de frecuencia establecida.

3.3.2.3.1 Cálculo tiempo de concentración.

Este parámetro generalmente se calcula con fórmulas empíricas de las cuales la más usual en carreteras es la de la oficina de Obras Publicas de California

$$t_c = 0.95 * \left(\frac{L}{H}\right)^{0.385} = 0.95 * \left(\frac{9990}{2020-1721}\right)^{0.385} = 11.7 \text{ min}$$

Caudal de diseño

$$Q = 0.278 * C * i * A = 0.278 * 0.3 * 3.67 * 1.57 = 19.22 \text{ m}^3/\text{s}$$

1.- Asumimos una sección de 3 x 2.5

2.- Condiciones de regulación a la entrada. Utilizando la figura 20 para secciones rectangulares se tiene:

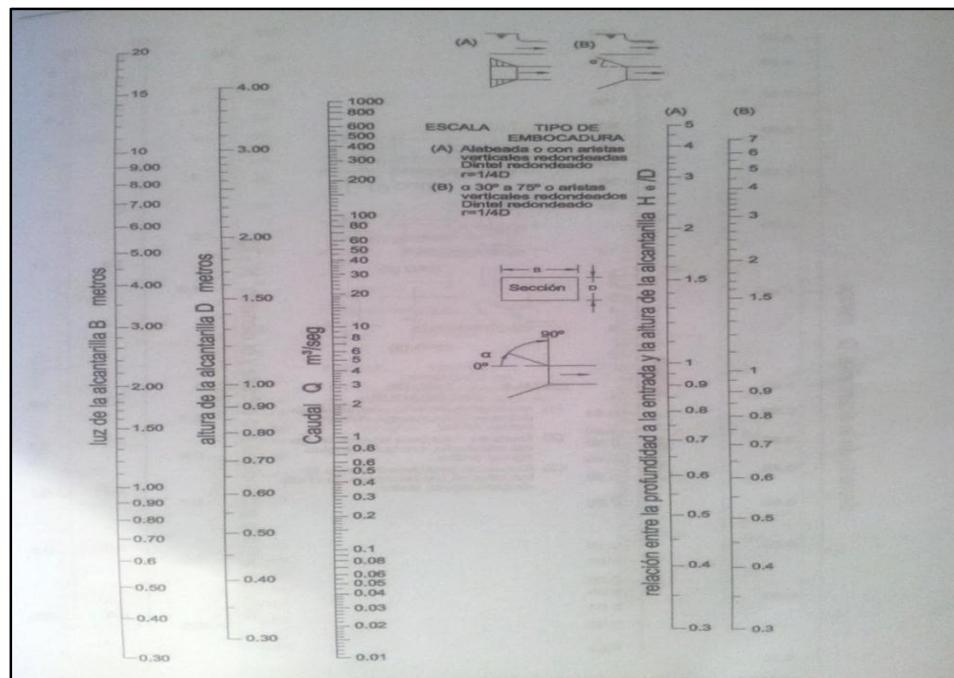
B= 3 m

Q = 19.22 m³/s

D = 2.5

He/ D = 0.8 = 2 (este valor sale del monograma de cálculo con control a la entrada y salida para secciones cajón de H°A°)

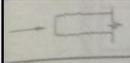
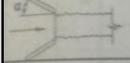
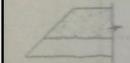
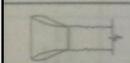
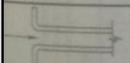
Fig. 23: Nomograma 1



Fuente: Manual de Obras de Drenaje Superficial en vías de comunicación

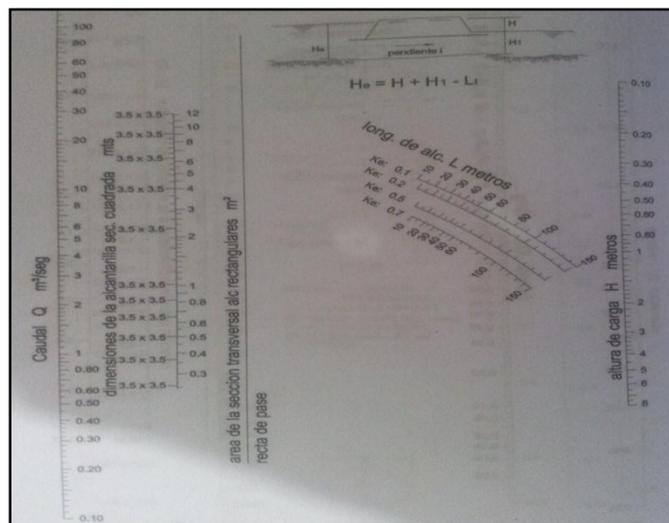
3.- carga hidráulica requerida, este coeficiente de pérdida de carga a la entrada se toma de la tabla 21 para una configuración de aletas de 30° a 75° y dintel superior redondeado ($r = 1/12 \cdot D$). La altura de energía H se obtiene del nomograma 2 para un coeficiente de rugosidad igual a 0.012.

Fig. 24: Coeficientes de pérdida de carga por entrada

| | | | |
|--|--|---|------------|
|  | EXTREMO SALIENTE | | 0.9 |
|  | CON ALETAS (α 0° a 90°) | | 0.5 |
|  | CHAFLANADO DE ACUERDO CON TALUD | | 0.7 |
|  | SECCION TERMINAL PREFABRICADA DE ACUERDO CON TALUD | | 0.5 |
|  | ALETAS O MUROS DE CABECERAS | $\alpha = 0^\circ$ $10^\circ < \alpha < 25^\circ$ | 0.7 0.5 |
|  | ARISTAS SIN REDONDEAR | $30^\circ < \alpha < 75^\circ$ $\alpha = 90^\circ$ | 0.4 0.5 |
|  | MURO DE CABECERA | | 0.2 |
|  | TRES ARISTAS REDONDEADAS (Radio= $\frac{1}{12}$ dimension cajon) | | |

Fuente: Diseño de alcantarillas para caminos

Fig. 25: Nomograma 2



Fuente: Diseño de alcantarillas para caminos

$$B \times D = 7.5 \text{ m}^2$$

$$K_e = 0.4$$

$$L = 20 \text{ m}$$

$$Q = 19.22 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H = 0.68 \text{ m.}$$

4.- Profundidad Equivalente, calculamos la profundidad crítica del flujo aplicando la siguiente ecuación.

$$Y_c = 0.467 \cdot (Q/B)^{2/3} = 1.61 \text{ m}$$

$$H_{eq} = \frac{1}{2} \cdot (y_c + D) = 0.5 \cdot (1.61 + 2.5) = 2.055$$

5.- Condiciones de regulación a la salida, para el cálculo de HE bajo supuesto control a la salida se debe resolver la expresión:

$$H_E = H + h_{eq} - L \cdot S = 0.68 + 2.055 - 20 \cdot 0.02 = 2.33 \text{ m.}$$

6.- Altura de remanso a la entrada, comparando los valores HE obtenidos se escoge como condición que rige el escurrimiento aquella que corresponde al valor mayor, es decir:

$$H_{Ee} > H_E \implies > 2.33 \text{ m}$$

3.3.3.1 Sección de la cuneta.

Las cunetas pueden tener diferentes tipos de sección transversal, siendo las más comunes las triangulares y trapezoidales, para este diseño sólo consideramos una sección triangular, esta sección está en función de la hidrología del proyecto y por la facilidad constructiva.

El dimensionamiento así como las planillas de cálculo de las cunetas se encuentran en el anexo 7.

Fig. 25: cuneta triangular



Fuente: www.construaprende.com

3.4. Diseño estructural alcantarilla de cruce

3.4.1. Método de análisis estructural.

El modelo de cálculo utilizado es por elementos finitos triangulares tipo lámina gruesa tridimensional, que considera la deformación por cortante. Están formados por seis nodos, en los vértices y en los puntos medios de los lados, con seis grados de libertad cada uno. Se realiza un mallado del marco en función de las dimensiones (espesores y luces). En cada nodo se obtienen, mediante un análisis elástico y lineal, ocho esfuerzos con los que se comprueba y dimensiona la sección de hormigón y el armado. A partir de los desplazamientos se comprueba la flecha, tensiones sobre el terreno, despegue de la losa de cimentación, etc.

COMPROBACIÓN

| Referencia: Aleta inicial izquierda | | |
|--|---|----------------------------|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Comprobación de estabilidad: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> Zapata: - Coeficiente de seguridad al vuelco: - Coeficiente de seguridad al deslizamiento: | Mínimo: 1.8 Calculado: 3 Mínimo: 1.5 Calculado: 1.63 | Cumple Cumple |
| Altura mínima: - Zapata: <i>Norma EHE. Artículo 59.8.1.</i> - Muro: <i>Jiménez Salas, J.A.. Geotecnia y Cimientos II, (Cap. 12)</i> | Mínimo: 25 cm Calculado: 30 cm Mínimo: 20 cm Calculado: 25 cm | Cumple Cumple |
| Separación libre mínima armaduras horizontales: <i>Norma EHE-98. Artículo 66.4.1</i> Muro: - Trasdós: - Intradós: | Mínimo: 3.1 cm Calculado: 19.2 cm Calculado: 19.2 cm | Cumple Cumple |
| Separación máxima armaduras horizontales: <i>Norma EHE, artículo 42.3.1</i> Muro: - Trasdós: - Intradós: | Máximo: 30 cm Calculado: 20 cm Calculado: 20 cm | Cumple Cumple |
| Cuantía mínima geométrica horizontal: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE</i> Muro: - Trasdós (0.00 m): - Intradós (0.00 m): | Mínimo: 0.001 Calculado: 0.001 Calculado: 0.001 | Cumple Cumple |
| Separación máxima entre barras: - Zapata: <i>Norma EHE. Artículo 42.3.1 (pag.149).</i> - Armadura longitudinal inferior: - Armadura longitudinal superior: - Armadura transversal inferior: | Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm Calculado: 30 cm Calculado: 30 cm | Cumple Cumple Cumple |

| Referencia: Aleta inicial izquierda | | |
|--|--|--------|
| Comprobación | Valores | Estado |
| - Armadura transversal superior: | Calculado: 30 cm | Cumple |
| - Muro: <i>Norma EHE, artículo 42.3.1</i> | | |
| - Armadura vertical Trasdós: | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armadura vertical Intradós: | Calculado: 30 cm | Cumple |
| Separación mínima entre barras: <i>J. Calavera, 'Cálculo de Estructuras de Cimentación' 4ª edición, INTEMAC. Apartado 3.16 (pag.129).</i> | Mínimo: 10 cm | |
| Zapata: | | |
| - Armadura longitudinal inferior: | Calculado: 30 cm | Cumple |
| - Armadura longitudinal superior: | Calculado: 30 cm | Cumple |
| - Armadura transversal inferior: | Calculado: 30 cm | Cumple |
| - Armadura transversal superior: | Calculado: 30 cm | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros.</i> | Mínimo: 0.001 | |
| Zapata: | | |
| - Armadura longitudinal inferior: | Calculado: 0.00125 | Cumple |
| - Armadura longitudinal superior: | Calculado: 0.00125 | Cumple |
| - Armadura transversal inferior: | Calculado: 0.00125 | Cumple |
| - Armadura transversal superior: | Calculado: 0.00125 | Cumple |
| Comprobación a rasante en arranque muro: | | |
| - Muro: | Máximo: 28.57 t/m Calculado: 3.22 t/m | Cumple |
| Cuantía mínima mecánica horizontal por cara: <i>Criterio J. Calavera. Muros de contención y muros de sótano. (Cuantía horizontal > 20% Cuantía vertical)</i> | Calculado: 0.001 | |
| Muro: | | |
| - Trasdós: | Mínimo: 0.00041 | Cumple |
| - Intradós: | Mínimo: 0.0002 | Cumple |
| Cuantía mínima geométrica vertical cara traccionada: | | |
| Muro: | | |
| - Trasdós (0.00 m): <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE</i> | Mínimo: 0.0012 Calculado: 0.00209 | Cumple |

| Referencia: Aleta inicial izquierda | | |
|--|--|------------------|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Cuantía mínima mecánica vertical cara traccionada: Muro: - Trasdós (0.00 m): <i>Norma EHE, artículo 42.3.2 (Flexión simple o compuesta)</i> | Mínimo: 0.00191 Calculado: 0.00209 | Cumple |
| Cuantía mínima geométrica vertical cara comprimida: Muro: - Intradós (0.00 m): <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE</i> | Mínimo: 0.00036 Calculado: 0.00104 | Cumple |
| Cuantía mínima mecánica vertical cara comprimida: Muro: - Intradós (0.00 m): <i>Norma EHE, artículo 42.3.2 (Flexión simple o compuesta)</i> | Mínimo: 0 Calculado: 0.00104 | Cumple |
| Cuantía máxima geométrica de armadura vertical total: Muro: - (2.85 m): <i>EC-2, art. 5.4.7.2</i> | Máximo: 0.04 Calculado: 0.00314 | Cumple |
| Separación libre mínima armaduras verticales: <i>Norma EHE-98. Artículo 66.4.1</i> Muro: - Trasdós: - Intradós: | Mínimo: 3.1 cm Calculado: 13 cm Calculado: 28 cm | Cumple Cumple |
| Comprobación a flexión compuesta: - Muro: <i>Comprobación realizada por unidad de longitud de muro</i> | | Cumple |
| Comprobación a cortante: - Muro: <i>Artículo 44.2.3.2.1 (EHE-98)</i> | Máximo: 9.58 t/m Calculado: 2.74 t/m | Cumple |
| Comprobación de fisuración: - Muro: <i>Artículo 49.2.4 de la norma EHE</i> | Máximo: 0.3 mm Calculado: 0.095 mm | Cumple |
| Longitud de empalme: <i>Norma EHE-98. Artículo 66.6.2</i> Muro: | | |

| Referencia: Aleta inicial izquierda | | |
|-------------------------------------|------------------------------------|--------|
| Comprobación | Valores | Estado |
| - Base trasdós: | Mínimo: 0.28 m Calculado: 0.3 m | Cumple |

La norma y materiales que se introdujeron al módulo de cypcad para cálculo de alcantarillas de cruce son:

Norma: EHE-98 (España)

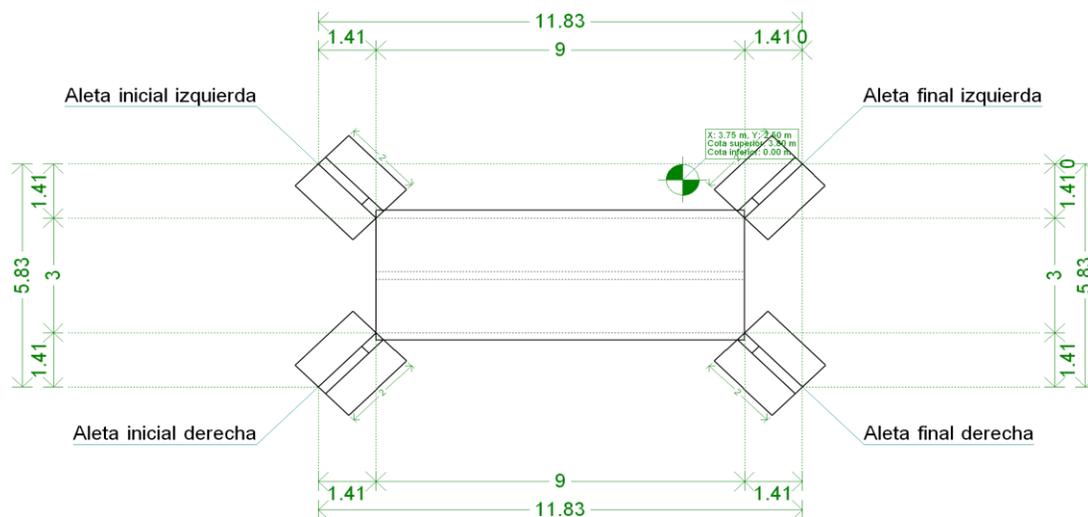
Hormigón: HA-25, Control Estadístico

Acero de barras: B 400 S, Control Normal

Recubrimiento exterior: 3.0 cm

Recubrimiento interior: 3.0 cm

3.4.2. Geometría alcantarilla de cruce.



Plano superior módulo: Por gálibo (2.50 m)

MÓDULO

| | |
|-----------------|--|
| Espeores | Estribos: 20 cm Losa superior: 35 cm Losa inferior: 30 cm |
| Celda 1 | Medida de la luz: Sobre la junta Luz libre inicial: 140 cm Luz libre final: 140 cm |
| Muro intermedio | Espesor: 20 cm |

ALETA INICIAL IZQUIERDA

| |
|--|
| <p>Longitud total: 2.00 m Longitud superior: 0.50 m Altura en el extremo: 0.40 m Sobrecarga del terreno en el trasdós: 0.71 t/m² Espesor del muro: 0.25 m Altura de la zapata: 0.30 m Vuelos zapata: - Trasdós: 0.80 m - Intradós: 0.80 m</p> |
|--|

ALETA INICIAL DERECHA

| |
|--|
| <p>Longitud total: 2.00 m Longitud superior: 0.50 m Altura en el extremo: 0.40 m Sobrecarga del terreno en el trasdós: 0.71 t/m² Espesor del muro: 0.25 m Altura de la zapata: 0.30 m Vuelos zapata: - Trasdós: 0.80 m - Intradós: 0.80 m</p> |
|--|

ALETA FINAL IZQUIERDA

| |
|--|
| <p>Longitud total: 2.00 m Longitud superior: 0.50 m Altura en el extremo: 0.40 m Sobrecarga del terreno en el trasdós: 0.71 t/m² Espesor del muro: 0.25 m Altura de la zapata: 0.30 m Vuelos zapata: - Trasdós: 0.80 m - Intradós: 0.80 m</p> |
|--|

ALETA FINAL DERECHA

Longitud total: 2.00 m
 Longitud superior: 0.50 m
 Altura en el extremo: 0.40 m
 Sobrecarga del terreno en el trasdós: 0.71 t/m²
 Espesor del muro: 0.25 m
 Altura de la zapata: 0.30 m
 Vuelos zapata:
 - Trasdós: 0.80 m
 - Intradós: 0.80 m

3.- TERRENOS

Tensión admisible base: 20.00 t/m²

Densidad aparente: 2.0 kg/dm³

Ángulo rozamiento interno: 38 grados

Cohesión: 0.00 t/m²

Porcentaje de rozamiento terreno-muro: 0 %

Ángulo de transmisión de las cargas: 45 grados

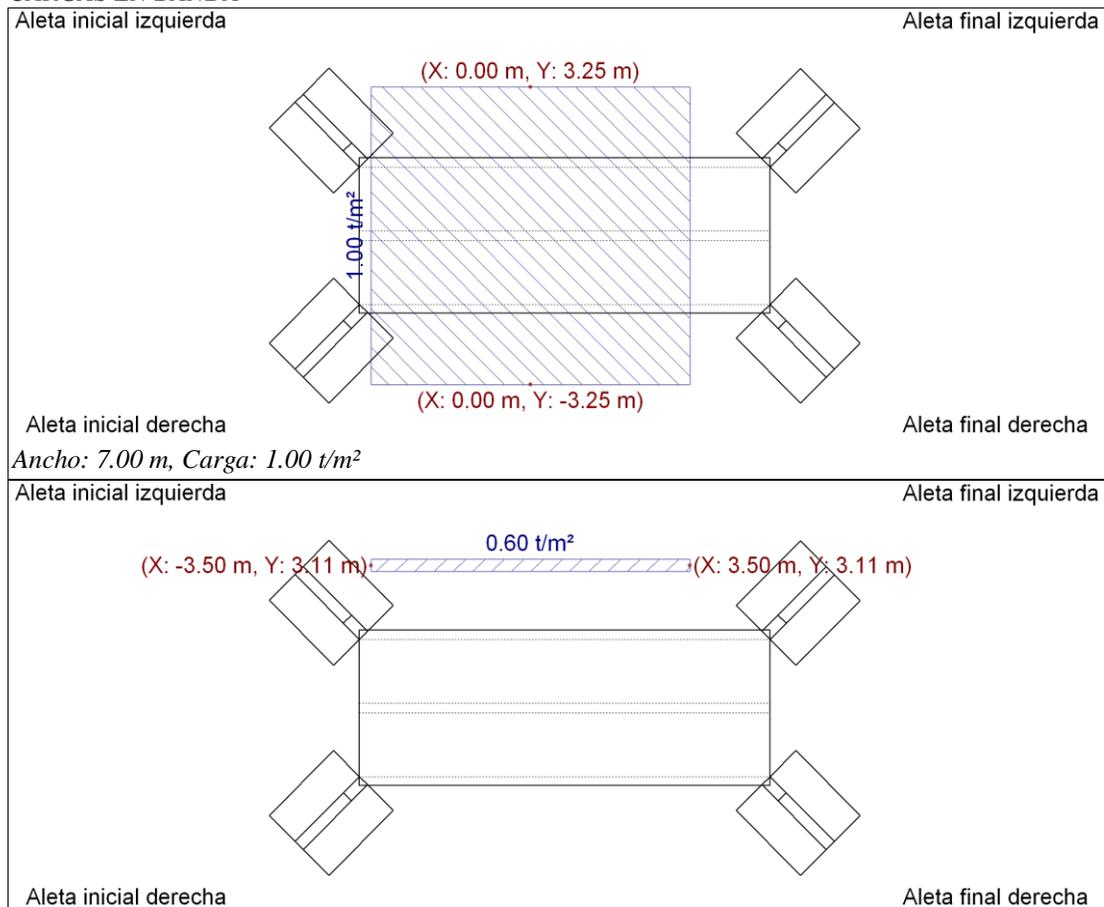
4.- ACCIONES

Sobrecarga uniforme superior: 0.10 t/m²

Sobrecarga uniforme inferior: 0.15 t/m²

Con sobrecarga hidráulica:

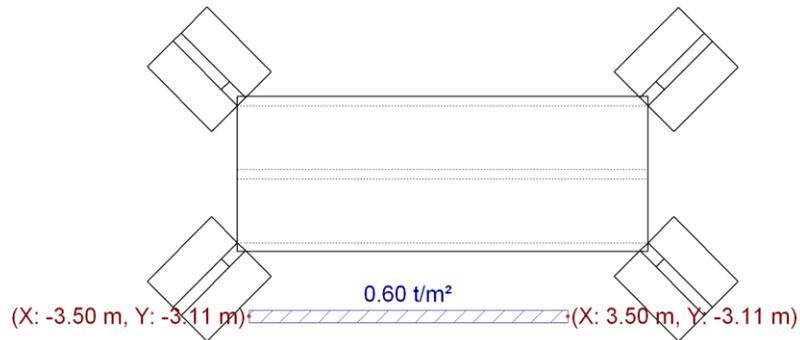
- Plano de la superficie libre del agua: Por calado (2.00 m)

CARGAS EN BANDA

Ancho: 0.27 m, Carga: 0.60 t/m²

Aleta inicial izquierda

Aleta final izquierda



Aleta inicial derecha

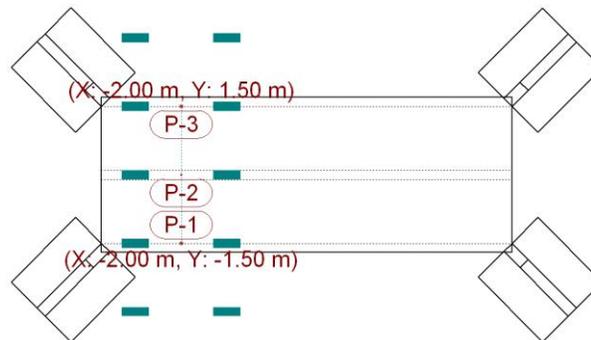
Aleta final derecha

Ancho: 0.27 m, Carga: 0.60 t/m²

CARROS DE CARGA

Aleta inicial izquierda

Aleta final izquierda



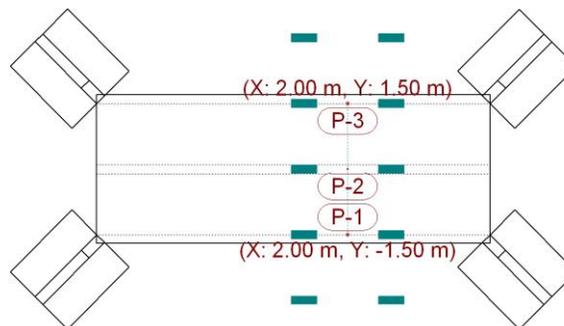
Aleta inicial derecha

Aleta final derecha

Carros IAP-98

Aleta inicial izquierda

Aleta final izquierda



Aleta inicial derecha

Aleta final derecha

3 Carros IAP-98

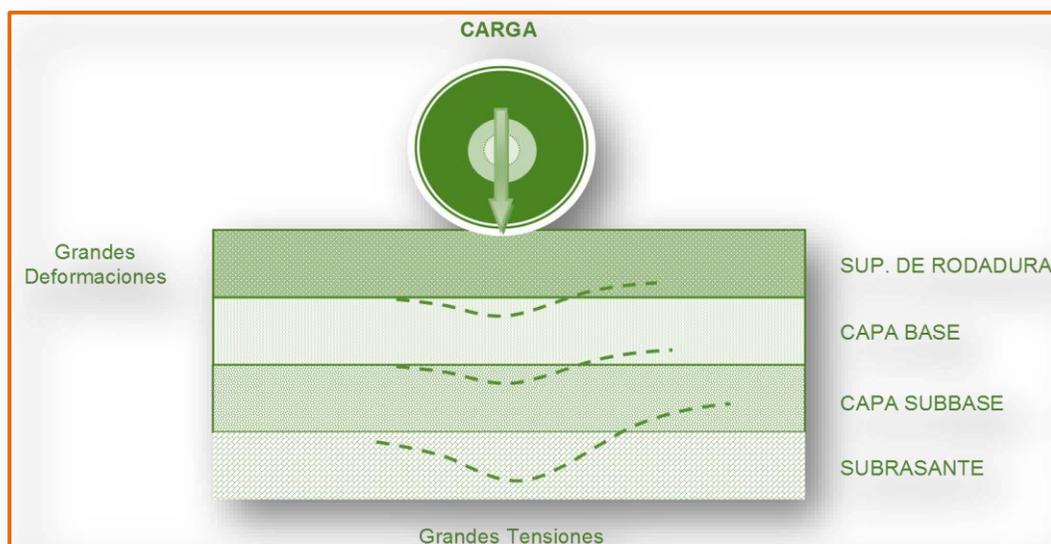
3.4.3. Diseño de pavimento flexible

3.4.3.1. Criterios utilizados.

El diseño es según los métodos tradicionales AASHTO Y CBR debido a que son métodos con prácticos, confiables y accesibles.

El pavimento flexible es un sistema multicapa que trabaja distribuyendo las cargas hasta que llegue a un nivel aceptable a la subrasante.

Fig.26: Esquema del comportamiento de pavimento flexible



Fuente: Manual de Carreteras Suelos y Pavimentos

3.4.3.1.1 Método aashto:

Es un método empírico muy desarrollado basado en la ecuación original de AASHO, que depende de diversas variables, en función del tiempo y el tránsito, el diseño consiste en determinar el número estructural (SN) de las diferentes capas, en función al tipo de carga solicitado.

$$\log W_{18} = Z_R \cdot S_o + 9,36 \cdot \log(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log(\Delta PSI)}{0,4 + \frac{4,2-1,5}{1094} + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,32 \cdot \log(M_R) - 8,07$$

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

Fig. 27: Gráfica del diseño estructural



$$D_1 \geq \frac{SN_1}{a_1} \quad SN_1^* = a_1 \cdot D_1^* > SN_1$$

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 \cdot m_2} \quad SN_2^* = D_2^* \cdot a_2 \cdot m_2$$

$$D_3 = \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 \cdot m_3} \quad SN_3^* = D_3^* \cdot a_3 \cdot m_3$$

Donde:

$a_1 = a_2 = a_3$: Coeficiente de Capa

$m_1 = m_2 = m_3$: Coeficiente de drenaje

$SN_2 = SN_2 = SN_3$: Numero estructural

$SN_2^* = SN_2^* = SN_3^*$: Número estructural obtenido

$D_1 = D_2 = D_3$: Espesor del pavimento

$D_1^* = D_2^* = D_3^*$: Espesor del pavimento adoptado mayor al obtenido

Módulo resiliente (m_r)

El módulo resiliente reemplaza al *CBR* ya que es un ensayo mucho más sensible a las propiedades de los suelos, en nuestro medio no se cuenta con los equipos necesarios para determinar el módulo resiliente, es de esta manera que se recurre a ecuaciones que correlaciona al *CBR* con el *Módulo Resiliente (Mr.)*, se considera como módulo de concreto asfáltico 2070 Mpa para el asfalto, obteniendo este parámetro de suma importancia.

Ecuaciones del Laboratorio de investigación de transporte y carreteras (TRRL)

$$Mr_{(Mpa)} = 17,6 \cdot CBR \quad CBR < 12\%$$

$$Mr_{(Mpa)} = 22,1 \cdot CBR^{0,55} \quad 12\% \leq CBR < 80\%$$

Donde:

Mr: Módulo resiliente (Mpa)

CBR: Relación de soporte california (%)

Tabla 33: Módulo resiliente de la Subrasante

| SUBRASANTE | CBR (%) | MR (Mpa) |
|------------|---------|----------|
| A-2-6 | 5 | 88 |
| A-4 | 9 | 158.4 |

Tabla 34: Módulo resiliente de la capa base y subbase estabilizada

| CAPA | CBR (%) | MR (Mpa) |
|---------|---------|----------|
| BASE | 74 | 235.76 |
| SUBBASE | 39 | 170.38 |

Periodo de vida útil:

Es el período que está comprendida entre la construcción del pavimento hasta que alcance un grado de serviciabilidad mínimo.

Período de Diseño.-

Es el tiempo en el cual se diseña un pavimento rígido o flexible en función al tránsito

Tabla 35: Período de diseño

| TIPO DE CARRETERA | PERIODO DE DISEÑO |
|-----------------------|-------------------|
| Autopista Regional | 20 - 40 años |
| Troncales Suburbanas | 15 - 30 años |
| Troncales Rurales | |
| Colectores Suburbanas | 10 - 20 años |
| Colectores Rurales | |

Fuente: Instituto Boliviano del Cemento

Desvío Estándar (So):

El desvío estándar recomendable a utilizar es de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 36: Desvío estándar

| TIPO | So |
|-----------------------|-------------|
| Pavimento Flexible | 0,40 - 0,50 |
| En construcción nueva | 0,35 - 0,40 |
| En sobre capas | 0,5 |

Serviciabilidad (Po, Pf.):

Conocido también como índice de serviciabilidad, indica el grado de confort, que tiene la superficie de rodadura.

Los valores recomendados de acuerdo al tipo de pavimento:

Tabla 37: Índice de serviciabilidad

| TIPO DE CAMINO | Serviciabilidad Inicial P_o | Serviciabilidad Final P_f |
|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Pavimento Flexible | 4,2 | - |
| Pavimento Rígido | 4,5 | - |
| Caminos Principales | - | 2,5 |
| Caminos de Tránsito menor | - | 2 |

Pérdida de serviciabilidad (ΔP):

$$\Delta P = P_o - P_f$$

Donde:

ΔP : Pérdida de serviciabilidad

P_o : Serviciabilidad inicial

P_f : Serviciabilidad final

Confiabilidad (R).-

Se define como el grado de seguridad que el pavimento llegue al fin de su período de diseño en buenas condiciones.

Tabla 38: Confiabilidad

| TIPO DE CAMINO | CONFIABILIDAD "R" | |
|-----------------------------------|-------------------|------------|
| | ZONA URBANA | ZONA RURAL |
| Rutas Interestatales y Autopistas | 58 - 99,9 | 80 - 99,9 |
| Arterias Principales | 80 - 99 | 75 - 99 |
| Colectoras | 80 - 95 | 75 - 95 |
| Locales | 50 - 80 | 50 - 80 |

Factor de distribución por dirección (DD):

Denominado así a la distribución del tránsito que circula por cada carril, este valor es considerado generalmente 0,5.

Factor de distribución por carril (DL):

Este factor depende de la cantidad de carriles con los que cuente la calzada de diseño siendo su valor máximo 1.

Tabla 39: Distribución por carril

| Numero de carril | DL |
|------------------|------------|
| 1 | 1 |
| 2 | 0,8 - 1 |
| 3 | 0,6 - 0,8 |
| 4 | 0,5 - 0,75 |

Tránsito esperado (W_{18}):

$$W_{18} = ESAL's \cdot i \cdot DD \cdot DL$$

$$= 177552.125$$

Donde:

ESAL's: Ejes Equivalentes

i: Tasa de crecimiento del parque automotor (%)

DD: Factor de distribución direccional

DL: Factor de distribución por carril

Coefficientes de drenaje para pavimentos flexibles:**Tabla 40: Coeficientes de drenaje**

| CALIDAD DE DRENAJE | % de Tiempo en que el Pavimento está Expuesto a niveles de Humedad próximos a Saturación | | | |
|--------------------|--|-------------|-------------|-------|
| | < 1% | 1 - 5% | 5 - 25% | > 25% |
| Excelente | 1,4 - 1,35 | 1,35 - 1,30 | 1,30 - 1,20 | 1,20 |
| Bueno | 1,35 - 1,25 | 1,25 - 1,15 | 1,15 - 1,00 | 1,00 |
| Regular | 1,25 - 1,15 | 1,15 - 1,05 | 1,00 - 0,80 | 0,80 |
| Pobre | 1,15 - 1,05 | 1,05 - 0,80 | 0,80 - 0,60 | 0,60 |
| Muy Pobre | 1,05 - 0,95 | 0,95 - 0,75 | 0,75 - 0,40 | 0,40 |

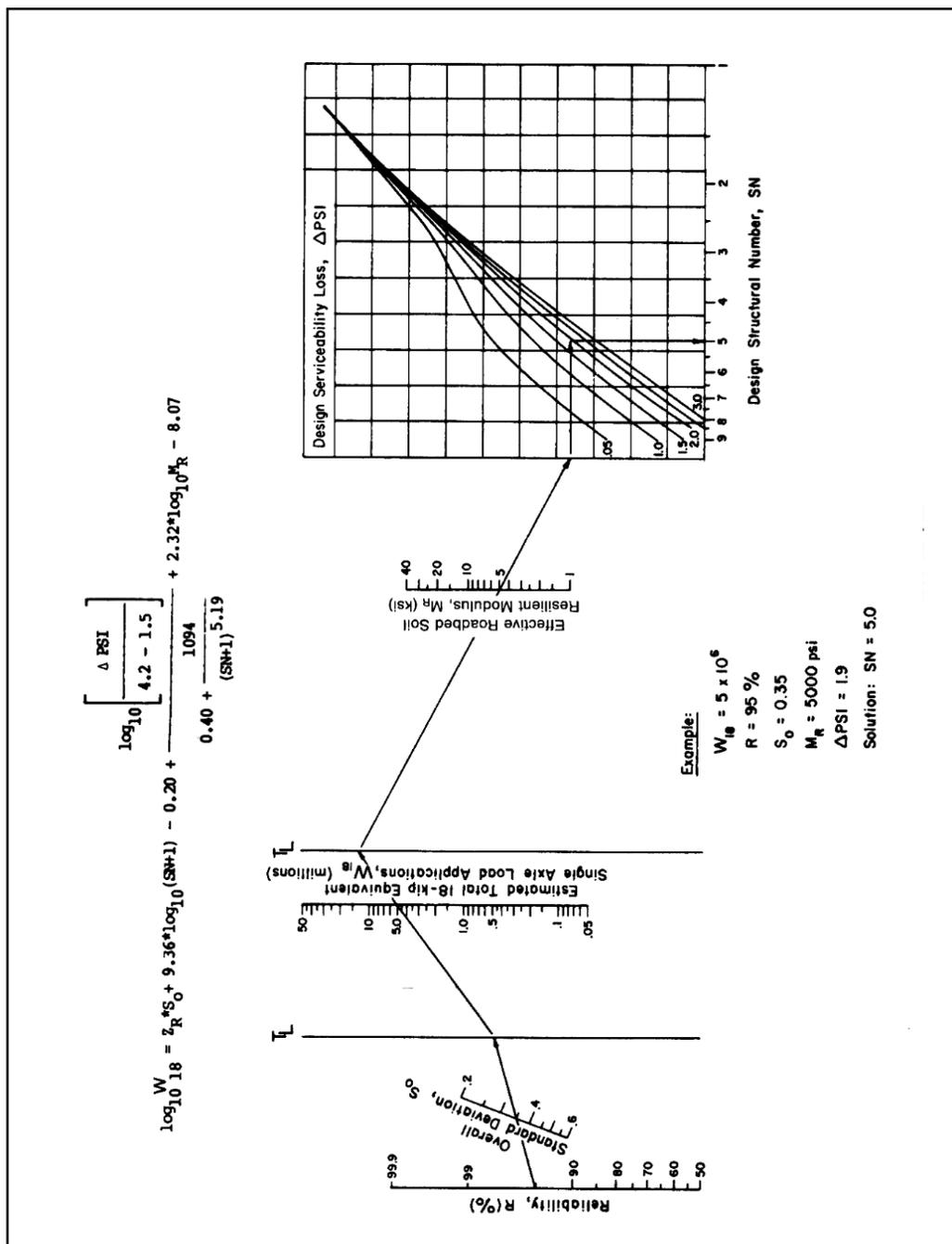
Fuente: Manual de Carreteras Suelos y Pavimentos

Por economía y estabilidad del paquete estructural no es recomendable colocar espesores menores a los mínimos sugeridos.

Tabla 41: Espesores mínimos

| ESAL's | CONCRETO ASFÁLTICO | BASE GRANULAR |
|------------------|-----------------------|---------------|
| < 50000 | 2,5 cm | 10 cm |
| 50000 - 150000 | 5,0 cm | 10 cm |
| 150000 - 500000 | 6,5 cm | 10 cm |
| 500000 - 2000000 | 7,5 cm | 15 cm |
| > 7000000 | 10,0 cm | 15 cm |

Fig.28 Ábaco de diseño AASHTO para pavimentos flexibles

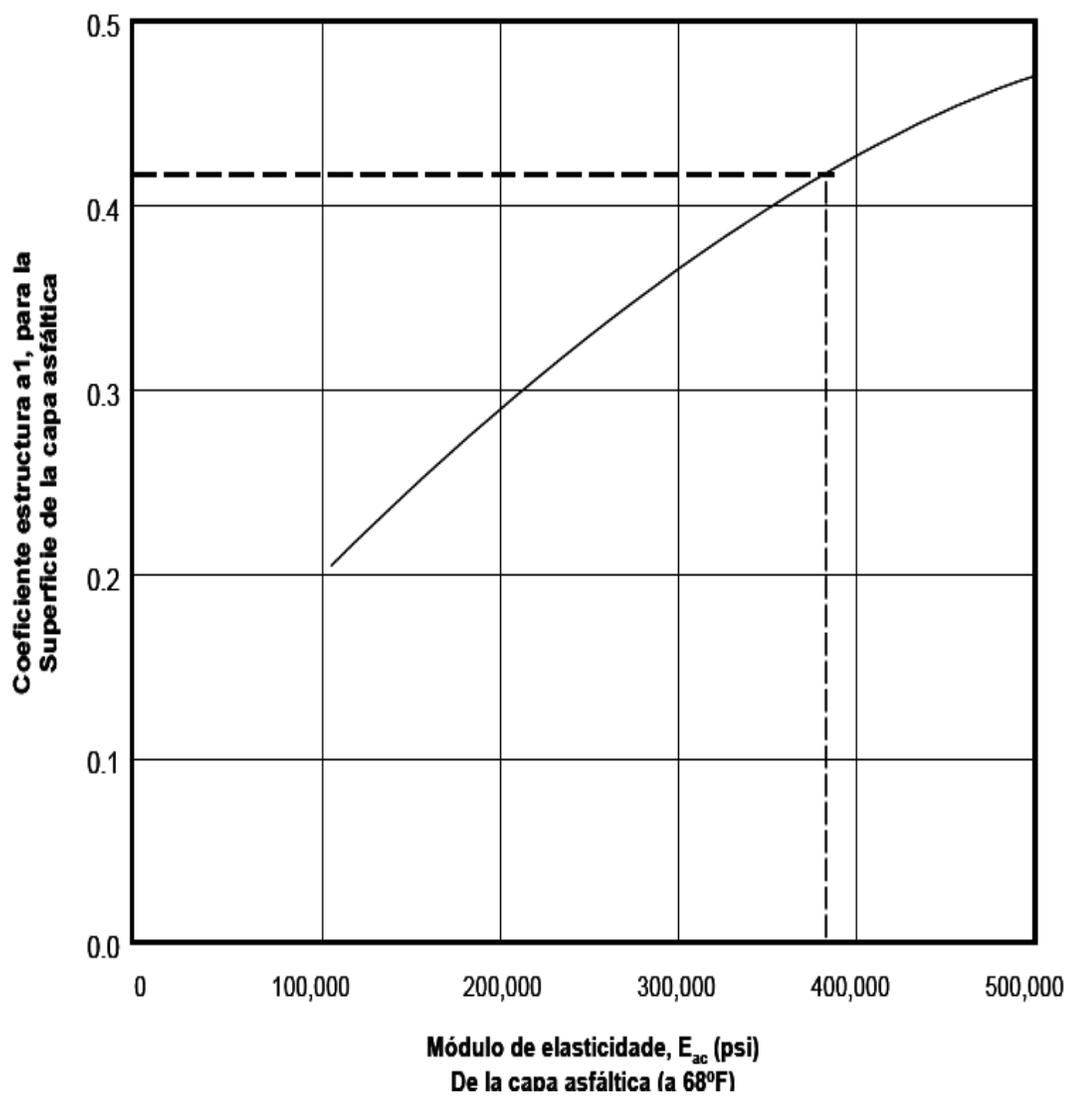


Fuente: Formulario para Carreteras

Coeficientes Estructurales O De Capa:

Coeficiente estructural de capa de Concreto Asfáltico “a1”

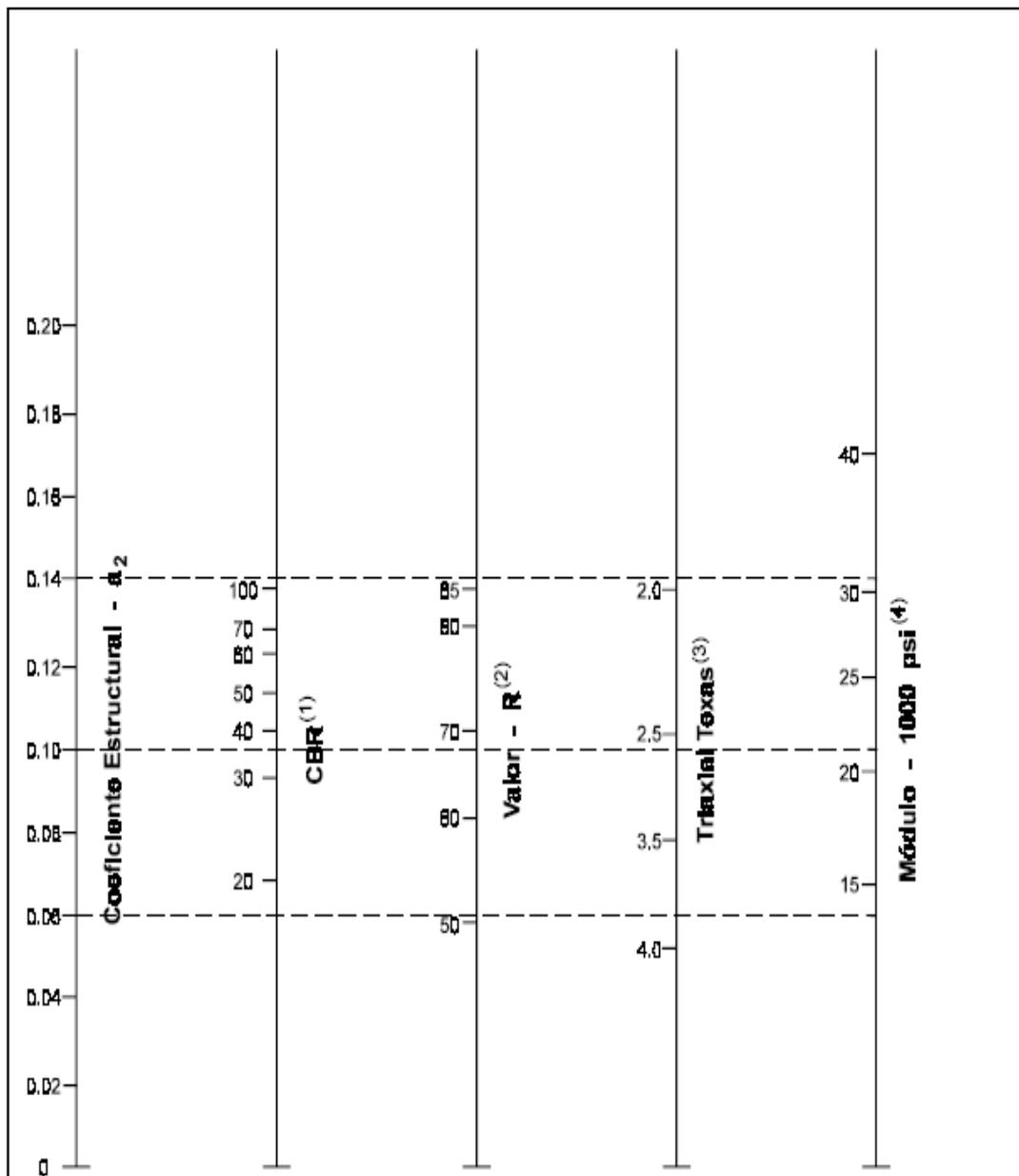
Fig.29 Ábaco para la determinación del coeficiente de capa para el concreto asfáltico



Fuente: Formulario para Carreteras

Coefficiente estructural de capa de la Base Granular "a2"

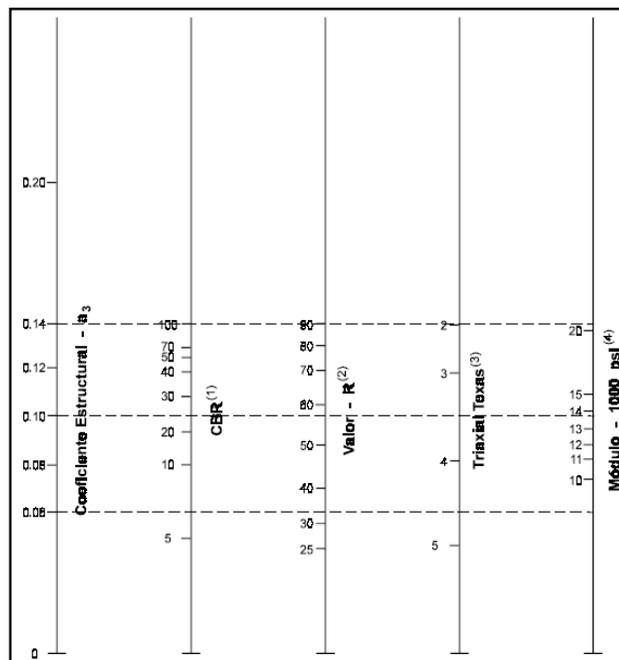
Fig.30: Ábaco para determinar el coeficiente estructural para base granular



Fuente: Formulario para Carreteras

Coefficiente estructural de capa de la Subbase Granular “a3”

Fig.31 Ábaco para determinación del coeficiente estructural para Subbase granular



Fuente: Formulario para Carreteras

Se obtuvieron los siguientes resultados.

| CAPA | CLASIFICACIÓN | CBR | Mr | CAPA | ESPESOR |
|------------|---------------|-----|--------|----------|---------|
| | | (%) | (Mpa) | | (cm) |
| Subrasante | A-4 | 9 | 158.4 | Rodadura | 5 |
| Sub Base | A-1-b | 39 | 210.39 | Subbase | 20 |
| Base | A-1-a | 74 | 241.20 | Base | 10 |

| CAPA | ESPESOR ADOPTADO |
|-----------------|------------------|
| Rodadura | 5 cm |
| Base + Rodadura | 30 cm |

3.4.3.1.2 Método CBR.

Este es un método empírico que para la determinación de los espesores utiliza el CBR (Relación de Soporte California) de la subrasante, subbase y la base, además teniendo en cuenta la carga por rueda o por eje conociendo estos parámetros se determinan los espesores en base ábacos o gráficos desarrollados a través de numerosas experiencias.

Tabla: Resultados de carga por eje, por rueda

| | | | |
|-------------------------|---|------|----|
| PESO POR RUEDA ADOPTADO | = | 3,5 | Tn |
| PESO POR RUEDA ADOPTADO | = | 7714 | Lb |

Tabla: Resultados del paquete estructural mediante el método CBR

| TRAMO : 0+000 – 5+405.071 | |
|---------------------------|------------------|
| CAPA | ESPESOR ADOPTADO |
| Rodadura | 5 cm |
| Base | 10 cm |

Capítulo IV

4. Presupuesto.

| COMPUTOS METRICOS | | | | | | | | | | | |
|-------------------|---|--------------------------------------|-------------------|-------|----------|-----------------|------|----------|-------|---------------|-------|
| | | | POR GEOMETRIA (m) | | | POR COMPUTADORA | | | | | |
| | # | ACTIVIDAD | UNIDAD | ANCHO | LARGO | BASE | PESO | CIVIL3D | CANT. | Total parcial | Total |
| ITEM | 1 | INSTALACION DE FAENAS | Glb. | | | | | | 1 | 1 | |
| ITEM | 2 | LETRERO DE OBRAS | Pza. | | | | | | 1 | 1 | |
| ITEM | 3 | LIMPIEZA Y DESBROCE | m2 | 10 | 100 | | | | 1 | 1000 | |
| ITEM | 4 | REPLANTEO Y CONTROL | km. | | 5381.394 | | | | 1 | 5381.394 | |
| ITEM | 5 | EXCAVACION COMUN PARA CAMINOS | m3 | | | | | 40610.19 | 1 | 40610.19 | |
| ITEM | 6 | CONFORMACION DE TERRAPLEN | m3 | | | | | 14062.63 | 1 | 14062.63 | |
| ITEM | 7 | SOBREACARREO DE MATERIAL | m3 | | | | | 26547.56 | 1 | 26547.56 | |
| ITEM | 8 | EXCAVACION COMUN PARA ESTRUCTURAS | | | | | | | | | |
| | | alcantarilla de alivio 1 Prog. 0+826 | m3 | 1 | 13.1 | 1.5 | | | 1 | 19.65 | |
| | | alcantarilla de alivio 2 Prog. 1+600 | m3 | 1 | 15.27 | 1.5 | | | 1 | 22.905 | |
| | | alcantarilla de alivio 3 prog. 2+403 | m3 | 1 | 9.76 | 1.5 | | | 1 | 14.64 | |
| | | alcantarilla de alivio 4 Prog. 2+670 | m3 | 1 | 12.46 | 1.5 | | | 1 | 18.69 | 75.89 |
| ITEM | 9 | COLOCACION CAMA DE ARENA | | | | | | | | | |
| | | alcantarilla de alivio 1 Prog. 0+826 | m3 | 0.2 | 13.1 | 1 | | | 1 | 13.1 | |
| | | alcantarilla de alivio 2 Prog. 1+600 | m3 | 0.2 | 15.27 | 1 | | | 1 | 15.27 | |

| COMPUTOS METRICOS | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|--|--------|-------|----------|------|--------|---------|-------|---------------|-------|--|
| POR GEOMETRIA (m) OR COMPUTADOR | | | | | | | | | | | |
| # | ACTIVIDAD | UNIDAD | ANCHO | LARGO | BASE | PESO | CIVIL3D | CANT. | Total parcial | Total | |
| | alcantarilla de alivio 3 Prog. 2+403 | m3 | 0.2 | 9.76 | 1 | | | 1 | 9.76 | | |
| | alcantarilla de alivio 4 Prog. 2+670 | m3 | 0.2 | 12.46 | 1 | | | 1 | 12.46 | 50.59 | |
| ITEM 10 | PROV. Y COL. DE ALC. ACERO CORRUGADO Ø 1m. | | | | | | | | | | |
| | alcantarilla de alivio 1 Prog. 0+826 | ml | | 13.1 | | | | 1 | 13.1 | | |
| | alcantarilla de alivio 2 Prog. 1+600 | ml | | 15.27 | | | | 1 | 15.27 | | |
| | alcantarilla de alivio 3 Prog. 2+403 | ml | | 9.76 | | | | 1 | 9.76 | | |
| | alcantarilla de alivio 4 Prog. 2+670 | ml | | 12.46 | | | | 1 | 12.46 | 50.59 | |
| ITEM 11 | HORMIGON CICLOPEO | m3 | | | | | | | | | |
| | cabezal tipo (ver plano de detalles) | m3 | | | | | 13.83 | 4 | 55.32 | | |
| | camara tipo (ver plano de detalles) | m3 | | | | | 4.14 | 4 | 16.56 | 71.88 | |
| ITEM 12 | HORMIGÓN SIMPLE TIPO A | m3 | | | | | 41.71 | 1 | 41.71 | | |
| ITEM 13 | ACERO ESTRUCTURAL | Kg. | | | | 2551.5 | | 1 | 2551.45 | | |
| ITEM 14 | MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE | m3 | 7 | 500 | 1 | | | 1 | 3500 | | |
| ITEM 15 | CONFORMACIÓN CAPA DE RODADURA | m3 | 7 | 5381.394 | 0.05 | | | 2 | 1883.4879 | | |

| COMPUTOS METRICOS | | | | | | | | | | | |
|-------------------|----|---|--------|-------|----------|------|---------------|---------|-------|---------------|-------|
| | | POR GEOMETRIA (m) | | | | | OR COMPUTADOR | | | | |
| | # | ACTIVIDAD | UNIDAD | ANCHO | LARGO | BASE | PESO | CIVIL3D | CANT. | Total parcial | Total |
| ITEM | 16 | CONFORMACIÓN DE LA CAPA SUB-BASE | m3 | 7 | 5381.394 | 0.1 | | | 3 | 3766.9758 | |
| ITEM | 17 | CONFORMACIÓN CAPA BASE | m3 | 7 | 5381.394 | 0.1 | | | 4 | 3766.9758 | |
| ITEM | 18 | SEÑAL VERTICAL INFORMATIVA | Pza. | | | | | | 2 | 2 | |
| ITEM | 19 | SEÑAL VERTICAL PREVENTIVA | Pza. | | | | | | 5 | 5 | |
| ITEM | 20 | LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA Y DESMOVILIZACIÓN | Glb. | | | | | | 1 | 1 | |
| ITEM | 21 | REFORESTACIÓN | Ha. | 10 | 100 | | | | 1 | 0.1 | |
| ITEM | 22 | PLACA DE ENTREGA DE OBRAS | Pza. | | | | | | 1 | 1 | |

4.1.1 Cómputos métricos resumen.

Ítem 1: **INSTALACIÓN DE FAENAS**

Unidad: **GLB.**

Estos trabajos como se menciona en las especificaciones técnicas no son sujetas a medición su pago será global.

Ítem 2: **LETRERO DE OBRAS**

Unidad: **PZA.**

Sólo se cuenta con un letrero que indicará el nombre del proyecto financiador, responsable de llevar a cabo la obra, etc.

Ítem 3: **LIMPIEZA Y DESBROCE**

Unidad: **Ha.**

Sólo la parte inicial del alineamiento cuenta con abundante vegetación desde la progresiva 0+010 hasta la 0+120

Teniendo una longitud de 100 metros, el ancho de la franja a desmontar es de 10 metros dando un total de 1000 m² para realizar la limpieza.

Ítem 4: **REPLANTEO Y CONTROL**

UNIDAD: **Km.**

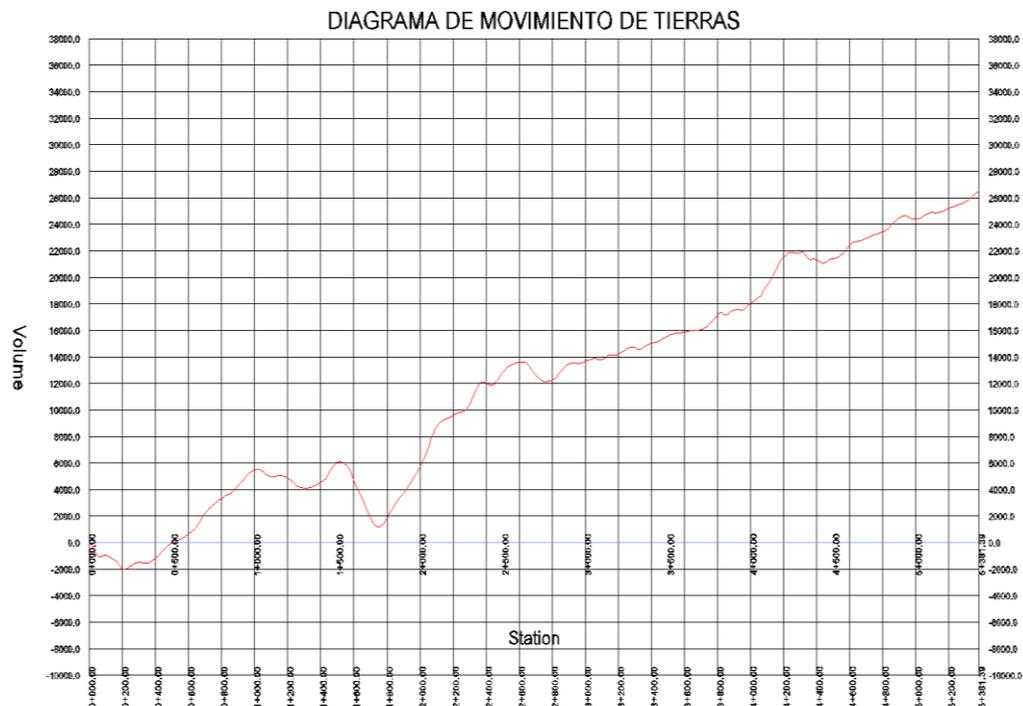
Para el replanteo y control de los alineamientos horizontal y vertical se tomó en cuenta la longitud total de camino.

$$L = 5381.394\text{km.}$$

Ítem 5: EXCAVACIÓN COMÚN PARA CAMINOS
UNIDAD: m3.

De la planilla de volúmenes se tiene un total de corte:

Vol. corte = 40610.19 m3



3.1.6 Ítem 6: CONFORMACIÓN DE TERRAPLÉN
Unidad: M3

A lo largo de todo el alineamiento se tiene un volumen de terraplén:

Vol. Terraplén = 14062.63 m3

3.1.7 Ítem 7: SOBRECARRERO DE MATERIAL

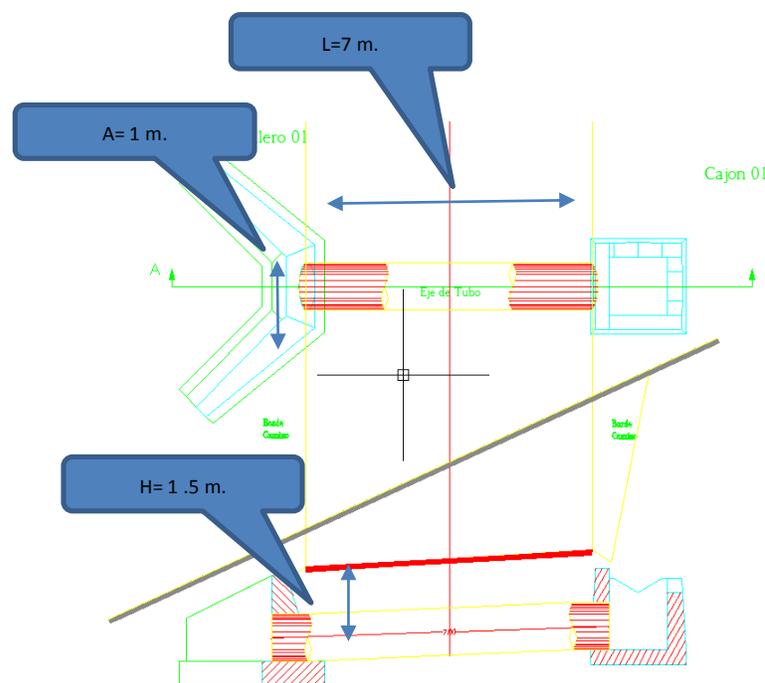
Unidad: M3*KM

Volumen total de corte – vol. de terraplén = 40610.19 – 14062.63= 26547.56 m³

Ítem 8: EXCAVACIÓN COMÚN PARA ESTRUCTURAS

Unidad: M3

Vol. exc. = 1 x 1.5 x 7 = 10.5 * 7 (alc) = 73.5 m³



Ítem 9: COLOCACIÓN CAMA DE ARENA

Unidad: M3

Vol. Cama de arena = 0.2 x Var x 1 x 4 = 50.59 m³

Ítem 10: PROV. Y COL. DE ALC. ACERO CORRUGADO Ø 1m.

Unidad: ML.

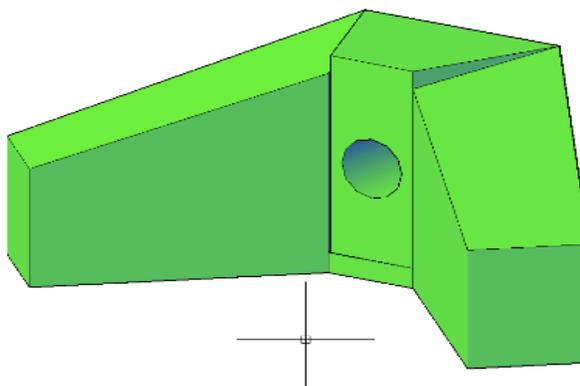
La medición se efectuó en el plano planta de emplazamiento de cada alcantarilla siendo esta la longitud 2d (dos dimensiones) de cada alcantarilla.

| Descripción | Unidad | Cantidad | Largo (m) | Ancho (m) | Alto (m) |
|-------------|--------|----------|-----------|-----------|----------|
| ALC. 1 | ml | 1 | 13.1 | - | - |
| ALC. 2 | ml | 1 | 15.27 | - | - |
| ALC. 3 | ml | 1 | 9.76 | - | - |
| ALC. 4 | ml | 1 | 12.46 | - | - |

Total = 50.59 ml

Ítem 11: HORMIGÓN CICLOPEO

Unidad: M3



De los planos de detalles se dibujó la geometría 3d del cabezal tipo que se emplazará para todas las alcantarillas de alivio, respetando las dimensiones, con el comando de AutoCAD “Massprop” obtenemos el volumen total de hormigón necesario.

$$\text{Vol.} = (55.32 + 15.56) \text{ m}^3 \times 4 = 71.88 \text{ m}^3$$

Ítem 12: HORMIGÓN SIMPLE TIPO A**Unidad m3.**

La medición se obtiene de los listados del módulo de Cypecad Obra civil – Marcos

Resumen de cómputo (se incluyen desperdicios de acero)

| Elemento | B 400 S, CN (kg) | | | | Hormigón (m ³) |
|-------------------------------------|------------------|--------|---------|---------|----------------------------|
| | Ø8 | Ø10 | Ø12 | Total | HA-25, Control Estadístico |
| Referencia: Aleta inicial izquierda | 19.69 | 40.49 | 57.64 | 117.82 | 2.08 |
| Referencia: Aleta inicial derecha | 19.69 | 40.49 | 57.64 | 117.82 | 2.08 |
| Referencia: Módulo | 314.53 | 459.34 | 1306.45 | 2080.32 | 33.41 |
| Referencia: Aleta final izquierda | 19.69 | 40.49 | 57.49 | 117.67 | 2.07 |
| Referencia: Aleta final derecha | 19.69 | 40.49 | 57.64 | 117.82 | 2.08 |
| Totales | 393.29 | 621.30 | 1536.86 | 2551.45 | 41.71 |

Ítem 13: ACERO ESTRUCTURAL**Unidad Kg.**

La medición se obtiene de los listados del módulo de Cypecad Obra civil – Marcos

Resumen de cómputo (se incluyen desperdicios de acero)

| Elemento | B 400 S, CN (kg) | | | | Hormigón (m ³) |
|-------------------------------------|------------------|--------|---------|---------|----------------------------|
| | Ø8 | Ø10 | Ø12 | Total | HA-25, Control Estadístico |
| Referencia: Aleta inicial izquierda | 19.69 | 40.49 | 57.64 | 117.82 | 2.08 |
| Referencia: Aleta inicial derecha | 19.69 | 40.49 | 57.64 | 117.82 | 2.08 |
| Referencia: Módulo | 314.53 | 459.34 | 1306.45 | 2080.32 | 33.41 |
| Referencia: Aleta final izquierda | 19.69 | 40.49 | 57.49 | 117.67 | 2.07 |
| Referencia: Aleta final derecha | 19.69 | 40.49 | 57.64 | 117.82 | 2.08 |
| Totales | 393.29 | 621.30 | 1536.86 | 2551.45 | 41.71 |

Ítem 14: MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE:**Unidad m3.**

Desde la progresiva 0+000 a la progresiva 0+500 se realizará el cambio de material.

$$L = 500 * 7 * 1 = 3500 \text{ m3.}$$

Ítem 15: CONFORMACIÓN CAPA DE RODADURA**Unidad m3.**

La imprimación se aplica en la calzada y en el ancho de la berma; es decir, que se considera el total de la plataforma y no varía a lo largo del tramo de diseño. Las cantidades de imprimación son:

$$Cr=5381.39 * 7 * 0.05 = 1883.486 \text{ m}^3$$

Ítem 16: CONFORMACIÓN DE LA CAPA SUB-BASE**Unidad m3.**

Son materiales granulares constituidas por capas de suelo, mezclas de suelos con materiales gravosos provenientes de un banco de material, en conformidad con los espesores alineamientos y sección transversal.

La capa sub – base cuenta con un espesor de 10 cm. El volumen estimado es:

$$\text{Vol. capara Sub – Base} = 5381.39 * 0.1 * 7 = 3766.97 \text{ m}^3$$

Ítem 17: CONFORMACIÓN CAPA BASE**Unidad m3.**

Para la conformación de la capa base se utilizará un material granular de mayor calidad, la misma que cuenta con un espesor de 10 cm. El volumen estimado es:

$$\text{Vol. capa base} = 5381.39 * 7 * 0.1 = 3766.97 \text{ m}^3$$

Ítem 18: SEÑAL VERTICAL INFORMATIVA**Unidad Pza.**

Se consideran sólo dos señales del tipo informativas que se encuentran uno al inicio del tramo y la otra al final del tramo indicando la existencia del nuevo tramo.

Ítem 19: SEÑAL VERTICAL PREVENTIVA**Unidad Pza.**

Se consideran sólo 5 señalizaciones verticales indicando curvas consecutivas y velocidad máxima de circulación.

Ítem 20: LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA Y DESMOVILIZACIÓN**Unidad Glb.**

Una vez concluida la obra se realizará la limpieza general y retiro del campamento instalado en las cercanías.

Ítem 21: REFORESTACIÓN**Unidad Ha.**

Se restituirá a un área aproximada de 0.1 Ha. a lo largo del tramo.

Ítem 22: PLACA DE ENTREGA DE OBRAS:**Unidad Pza.**

Consta del colocado de la placa de entrega haciendo referencia a los responsables y financiadores de la obra.

4.3. Presupuesto general.

| Proyecto: DISEÑO DE INGENIERIA DEL TRAMO SALADILLO - CRUCE RUJERO | | | | | |
|---|---|--------------------|-----------|-----------|---------------------|
| Lugar: SALADILLO - RUJERO | | | | | |
| Nº | Descripción | Und. | Cantidad | Unitario | Parcial (Bs) |
| 1 | INSTALACION DE FAENAS (MOVILIZACION) | glb | 1,00 | 9.203,56 | 9.203,56 |
| 2 | LETRERO DE OBRAS | pza | 1,00 | 249,03 | 249,03 |
| 3 | LIMPIEZA Y DESBROCE | m ² | 1.000,00 | 13,08 | 13.080,00 |
| 4 | REPLANTEO DE CAMINO | km | 5,38 | 1.403,52 | 7.550,94 |
| 5 | EXCAVACION COMUN PARA CAMINOS | m ³ | 40.610,19 | 14,26 | 579.101,31 |
| 6 | CONFORMACION DE TERRAPLEN | m ³ | 14.062,63 | 33,81 | 475.457,52 |
| 7 | SOBRE ACARREO DE MATERIAL | m ³ -km | 26.547,56 | 3,63 | 96.367,64 |
| 8 | EXCAVACION COMUN PARA ESTRUCTURAS CON EQUIPO | m ³ | 75,89 | 24,31 | 1.844,89 |
| 9 | CAMA DE ARENA PARA TUBOS | m ³ | 50,59 | 270,36 | 13.677,51 |
| 10 | PROV. Y COL. DE ALC. ACERO CORRUGADO Ø 1m | m | 50,59 | 1.584,83 | 80.176,55 |
| 11 | HORMIGON CICLOPEO | m ³ | 71,88 | 887,74 | 63.810,75 |
| 12 | HORMIGON SIMPLE TIPO "A" | m ³ | 41,71 | 2.423,21 | 101.072,09 |
| 13 | ACERO ESTRUCTURAL | kg | 2.551,45 | 315,60 | 805.237,62 |
| 14 | MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE | m ³ | 3.500,00 | 205,68 | 719.880,00 |
| 15 | CONFORMACION CAPA DE RODADURA | m ³ | 1.883,49 | 104,21 | 196.278,49 |
| 16 | CONFORMCION DE LA CAPA SUB-BASE | m ³ | 3.766,97 | 147,93 | 557.247,87 |
| 17 | CONFORMCION DE LA CAPA BASE | m ³ | 3.766,97 | 165,35 | 622.868,49 |
| 18 | SEÑAL VERTICAL INFORMATIVA | pza | 2,00 | 1.695,05 | 3.390,10 |
| 19 | SEÑAL VERTICAL PREVENTIVA | pza | 5,00 | 1.420,62 | 7.103,10 |
| 20 | LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA Y DESMOVILIZACION | glb | 1,00 | 7.739,50 | 7.739,50 |
| 21 | REFORESTACIÓN | HA | 0,10 | 33.028,81 | 3.302,88 |
| 22 | PLACA ENTREGA DE OBRAS | pza | 1,00 | 182,09 | 182,09 |
| Total presupuesto: | | | | | 4.364.821,93 |
| Son: Cuatro Millon(es) Trescientos Sesenta y Cuatro Mil Ochocientos Veintiuno con 93/100 Bolivianos | | | | | |

4.4. Especificaciones técnicas.

Ítem: INSTALACIÓN DE FAENAS

Unidad: GLB.

1 Definición

Este ítem comprende la construcción de instalaciones mínimas provisionales que sean necesarias para el buen desarrollo de las actividades de la construcción.

Estas instalaciones estarán constituidas por una oficina de obra, galpones para depósitos, caseta para el cuidador, sanitarios para obreros y para el personal, cercos de protección, portón de ingreso para vehículos, instalación de agua, electricidad y otros servicios.

Asimismo comprende el traslado oportuno de todas las herramientas, maquinarias y equipo para la adecuada y correcta ejecución de las obras y su retiro cuando ya no sean necesarios.

2 Materiales, herramientas y equipo

El contratista deberá proporcionar todos los materiales, herramientas y equipo necesarios para las construcciones auxiliares, los mismos que deberán ser aprobados previamente por el Supervisor de Obra. En ningún momento estos materiales serán utilizados en las obras principales.

3 Procedimiento para la ejecución

Antes de iniciar los trabajos de instalación de faenas, el Contratista solicitará al Supervisor de Obra la Autorización y ubicación respectiva, así como la aprobación del diseño propuesto.

El Supervisor de Obra tendrá cuidado que la superficie de las construcciones esté de acuerdo con lo presupuestado.

El contratista dispondrá de serenos en número suficiente para el cuidado del material y equipo que permanecerán bajo su total responsabilidad. En la oficina de obra, se mantendrá en forma permanente el Libro de Órdenes respectivo y un juego de planos para uso del contratista y del Supervisor de Obra.

Al concluir la obra, las construcciones provisionales contempladas en este ítem, deberán retirarse, limpiándose completamente las áreas ocupadas.

4 Medición

La instalación de faenas será medida en forma global, considerando únicamente la superficie construida de los ambientes mencionados y en concordancia con lo establecido en el formulario de presentación de propuestas.

5 Forma de pago

Este ítem ejecutado en un todo de acuerdo con las presentes especificaciones, medido de acuerdo a lo señalado y aprobado por el Supervisor de Obra, será pagado al precio unitario de la propuesta aceptada.

Dicho precio será compensación total por todos los materiales, mano de obra, herramientas, equipo y otros gastos que sean necesarios para la adecuada y correcta ejecución de los trabajos.

Ítem: LETRERO DE OBRAS

Unidad: PZA.

1 Definición

Este ítem se refiere a la provisión y colocación de uno o más letreros referentes a la construcción de obras financiadas por el ente contratante de acuerdo a provisión financiera de esta institución, de acuerdo al diseño establecido en los planos de detalle y formulario de presentación de propuestas, los que deberán ser instalados en los lugares que sean definidos por el Supervisor de Obra y/o fiscal de obra.

Estos letreros deberán permanecer durante todo el tiempo que duren las obras y será de exclusiva responsabilidad del Contratista el resguardar, mantener y reponer en caso de deterioro y sustracción de los mismos.

2 Materiales, herramientas y equipo

Para la fabricación de los letreros se utilizará madera de construcción, pintura al aceite de coloración amarilla, blanca y negra.

La sujeción de las tablas a las columnas de madera se efectuará mediante tornillos.

3 Procedimiento para la ejecución

Se deberá cortar las tablas, de acuerdo a las dimensiones señaladas en los planos de detalle, cuyas caras donde se pintaran las leyendas deberán ser afinadas con las lijas de madera, a objeto de obtener superficies lisas y libres de astillas.

Sobre las caras afinadas se colocarán las capas de pintura blanca y amarilla, según lo establecido en los planos de detalle, hasta obtener una coloración homogénea y uniforme.

Una vez secas las capas de pintura, se procederá al pintado de las leyendas, mediante viñetas y pintura negra, cuyos tamaños de letras serán los especificados en los planos de detalle.

Las tablas debidamente pintadas y con las leyendas correspondientes, serán fijadas mediante tornillos a columnas de madera, las mismas que luego serán empotradas en el suelo, de tal manera que queden perfectamente firmes y verticales.

En el caso de suelos no suficientemente firmes, las columnas de madera serán empotradas en bloques de hormigón.

4 Medición

Los letreros serán medidos por pieza instalada y/o en forma global, debidamente aprobada por el Supervisor de Obra, de acuerdo a lo señalado en el formulario de presentación de propuestas.

5 Forma de Pago

Este ítem ejecutado en un todo de acuerdo con los planos de detalle y las presentes especificaciones, medido según lo señalado y aprobado por el Supervisor de obra, será cancelado al precio unitario de la propuesta aceptada.

Dicho precio será compensación total por los materiales, mano de obra, herramientas, equipo y otros gastos que sean necesarios para la adecuada y correcta ejecución de los trabajos, ya sea que se emplee letreros de madera o letreros de adobe o ladrillo.

Ítem: LIMPIEZA Y DESBROCE

Unidad: HA

1 Definición

Este ítem se refiere al desmonte, tala, desbrozo, eliminación y remoción de toda la vegetación y desechos dentro de los límites señalados en los planos o por el Ingeniero Supervisor, excepto de los objetos que se haya especificado, quede en sus lugares o que tengan ser quitados de acuerdo a otras indicaciones.

2 Procedimiento de ejecución

Durante la ejecución de la Obra se establecerá los límites y se especificará los árboles, arbustos, plantas y otras cosas que deberán conservarse.

Todos los objetos en la superficie y todo los árboles, tocones, raíces y otras obstrucciones sobresalientes, que no estén destinadas a permanecer, deberán ser quitadas y/ó desbrozadas, incluyendo la siega, según fuese necesario. Cuando se proceda a quemar el material perecedero, deberá quemarse abajo el constante cuidado de vigilantes competentes, en horas y en tal forma que la vegetación en las inmediaciones, otras propiedades adyacentes o cualquier cosa señalada para permanecer en la servidumbre del paso no sean expuestas a peligro.

3 Medición

Este ítem será medido en hectáreas y fracciones que fuese aceptablemente desmontado y/ó desbrozados dentro de los límites indicados en los planos, o según sea convenido por el Ingeniero Supervisor.

4 Forma de Pago

Las cantidades medidas serán pagadas al precio unitario de la propuesta aceptada. Este pago será la compensación total por todos los gastos de material, mano de obra, administrativos, etc. requeridos para la realización de estos trabajos.

ITEM: REPLANTEO Y CONTROL

UNIDAD: Km.

1.- Definición.- Este Ítem comprende todos los trabajos de replanteo, ubicación, alineamiento, trazado, control de cotas, control de pendientes, nivelación, etc., necesarios para la localización y la definición física en el terreno; en general y en detalle, del eje del camino en estricta sujeción a los planos de construcción, documentos técnicos del contrato y/o las indicaciones del Supervisor.

2.- Materiales, Herramientas y Equipos.- El Contratista dispondrá y proveerá de todo el material propio de esta actividad necesario para la ejecución de los trabajos de replanteo del eje del camino, tales como: estacas, clavos, pinturas, tachuelas, cemento, etc. y todo aquello que considere necesario para la buena ejecución del trabajo y los deberá mantener a disposición del Supervisor mientras dure la ejecución del proyecto.

Todas las herramientas menores y el equipo topográfico necesario para las actividades de replanteo, deberán ser provistos en obra al momento de iniciar las actividades correspondientes al ítem y el Contratista proveerá todo el equipo necesario, tanto para el replanteo, trazado y nivelación del eje del camino, como para el mejoramiento de los puntos de referencia de planimetría y altimetría y garantizará la capacidad del personal dispuesto para la ejecución de los trabajos de replanteo.

El Contratista deberá mantener en obra, en forma permanente y mientras duren los trabajos de ejecución, los equipos y herramientas que sean necesarios para este trabajo, poniéndolos a disposición del Supervisor, cuando éste así lo requiera.

3.- Procedimiento para la ejecución.- Todo trabajo de replanteo será iniciado previa notificación a la Supervisión, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

El Contratista hará el replanteo del eje del camino, bajo la directa supervisión del Supervisor.

La localización general, alineamientos, elevaciones y niveles de trabajo serán marcados en el campo para su verificación y deberán poseer puntos de referencia para su restitución en caso de pérdida de estacas, mojones, etc.

Los Bancos de Nivel, base, de referencia para el inicio de cualquier trabajo de replanteo, serán los constituidos por el Instituto Geográfico Militar, salvo cuando no existan, cuando el Supervisor indique lo contrario o cuando el proyecto en sí no amerite tal precisión. En caso de verificarse la pérdida, sustracción o deterioro de alguno de estos puntos, el Contratista deberá establecer nuevos bancos de nivel permanentes en los mismos puntos.

Los Bancos de Nivel (BM's) referenciales o auxiliares que obtenga el Contratista para facilitar su trabajo, deben ser monumentados para permitir la seguridad de su inamovilidad y serán cuidadosamente conservados por el Contratista, siendo de su entera responsabilidad, el mantenimiento y la conservación de los mismos.

La zona de trabajo, definida en este caso como la franja objeto del derecho de paso, deberá ser despejada, a costo del Contratista y como parte de los trabajos correspondientes al ítem, de obstáculos, ramazón, arbustos, y demás impedimentos que no permitan la facilidad del trabajo a realizar.

Para este trabajo se iniciará efectuando una restitución planimétrica de los puntos de intersección de las tangentes (PI's), conforme lo indican los planos, posteriormente se definirán las progresivas de los puntos y los niveles, los que serán entregados al Contratista con la debida suscripción del Acta de Entrega y Recepción, levantada en campo en oportunidad de la conclusión de los trabajos de replanteo.

El replanteo consistirá en el reconocimiento de los testigos, entrega de los puntos de referencia que determinarán el eje longitudinal de la obra, progresiva y niveles, los que serán utilizados por el Contratista para complementar el replanteo en detalle, de acuerdo a los planos generales y de detalle y/o conforme a las modificaciones que

introduzca el Supervisor.

Se efectuará una nivelación de los puntos determinados para la ubicación de puntos especiales, llevando la misma desde los puntos de referencia de cota conocida y señalada en el plano respectivo. Esta nivelación será realizada de ida y vuelta.

Como quiera que el trabajo de replanteo es de primordial importancia en el desarrollo posterior de los trabajos, el replanteo de cada tramo deberá contar con la aprobación escrita del Supervisor, con anterioridad a la iniciación de cualquier trabajo.

Una vez aprobado el replanteo, los trabajos como excavaciones deberán ejecutarse con un control permanente de niveles, anchos de zanja, secciones, etc. a fin de evitar sobre excavaciones innecesarias hasta llegar a las cotas establecidas en los planos.

Finalmente se verificarán las cotas superior e inferior y las gradientes requeridas, este aspecto deberá ser aprobado por escrito por el Supervisor previo a cualquier trabajo posterior.

El Contratista está en la obligación de comunicar al Supervisor por escrito y con quince días calendario de anticipación a la iniciación de cualquier trabajo, sobre cualquier omisión, error, deficiencia o discrepancia que se observará en los planos, especificaciones y otros documentos de contrato que oferte dicho trabajo. El Supervisor dará respuesta a estas comunicaciones también por escrito con las soluciones y correcciones correspondientes para proceder con las obras, en un término máximo de ocho días calendario contados a partir de la fecha de comunicación por parte del Contratista.

El Supervisor realizará el control permanente de todas las operaciones de replanteo a cargo del Contratista y absolverá cualquier duda que surgiera durante estos trabajos, asimismo, se efectuarán controles posteriores de obra sin necesidad de aviso previo, para determinar el correcto seguimiento de los niveles, pendientes y dimensiones que indican los planos y los documentos del contrato.

4.- Medición.- Los trabajos correspondientes a este ítem, serán medidos en kilómetros de tramos replanteados y expresados en kilómetros (km).

5.- Forma de pago.- Los trabajos comprendidos en este Ítem serán cancelados de acuerdo con el precio de la propuesta aceptada.

La cancelación se realizará en dos oportunidades, de acuerdo a la siguiente modalidad:

- a) Un 50% será cancelado a la conclusión de los trabajos de verificación y monumentación de los bancos de nivel definitivos, para el control posterior con el plano altimétrico.
- b) El 50% restante, será cancelado con la última Planilla de Avance de obra.

Ítem: EXCAVACIÓN EN ROCA FRACTURADA

Unidad: M3

1 Definición

Este ítem comprende la excavación de material en las zonas de corte, con el objeto de alcanzar los niveles de construcción que se indiquen en los planos, y/o los que instruya el Ingeniero Supervisor.

2 Herramientas y Equipo

El Contratista elegirá, la capacidad y naturaleza del equipo y herramientas más adecuada a utilizarse para realizar la excavación, en un periodo de tiempo acorde con el cronograma de trabajo propuesto. El Contratista presentará su aprobación al Ingeniero Supervisor, una relación detallada del equipo y herramientas a utilizarse.

3 Procedimiento para la ejecución

El contratista deberá informar con anticipación al Ingeniero Supervisor, sobre la fecha de inicio de los trabajos de excavación en cortes; los cuales se iniciarán siempre que el replanteo haya sido aprobado por el Ingeniero Supervisor, debiendo ejecutarse previamente el levantamiento de las secciones transversales del terreno natural.

El Contratista ejecutará todas las operaciones necesarias e indispensables para dar a la superficie del terreno las cotas y niveles fijados en el Proyecto.

En las zonas de corte, cuyo material resultante de la excavación prevista haya sido definido por el Ingeniero Supervisor como material apto para la construcción de terraplenes, el Contratista; en forma previa a la excavación, deberá extraer los árboles, raíces y todo otro material orgánico no permitido en el terraplén.

Una vez concluido, a juicio del Constructor el trabajo de excavación, deberá comunicarse al Ingeniero Supervisor para la verificación y aprobación de la nivelación y las cotas de la rasante.

4 Medición

Este ítem será medido en metros cúbicos en banco de trabajo ejecutado, terminado, aprobados y determinados entre las secciones transversales tomadas antes y después del retiro del material y de acuerdo a las secciones teóricas mostradas en los planos y/o las indicadas por el Ingeniero Supervisor. Las cantidades obtenidas serán calculadas por el método de las áreas medidas.

Los excedentes de corte que no fueran autorizados por el Ingeniero Supervisor por escrito no serán computados ni pagados.

5 Forma de Pago

Los trabajos ejecutados de acuerdo a lo especificado y medidos según el acápite anterior, serán pagados por metro cúbico en banco, al precio unitario de la propuesta aceptada. Este pago es la compensación total por todos los gastos de materiales, mano de obra, maquinaria, herramienta, gastos administrativos, etc. y otros concernientes a la ejecución de este ítem.

Ítem: CONFORMACIÓN DE TERRAPLÉN

Unidad: M3

1 DESCRIPCIÓN

Los terraplenes son segmentos de la carretera, cuya conformación requiere el depósito de materiales provenientes de cortes o préstamos dentro de los límites de las secciones de diseño que definen el cuerpo de la carretera.

La construcción de terraplenes comprende:

- a) Esparcimiento, conveniente humedecimiento o desecación y compactación de los materiales provenientes de cortes o préstamos, para la construcción del cuerpo del terraplén, hasta los 60 cm por debajo de la cota correspondiente a la rasante terraplenada.
- b) Esparcimiento, homogenización conveniente humedecimiento o desecación y compactación de los materiales provenientes de cortes préstamos para la construcción de la capa final del terraplén, de 60 cm hasta la cota correspondiente a la subrasante.
- c) Esparcimiento, conveniente humedecimiento o desecación y compactación de los materiales provenientes de cortes o préstamos destinados a sustituir eventualmente los materiales de calidad inferior, previamente retirados, a fin de mejorar las fundaciones de los terraplenes.
- d) Esparcimiento, conveniente humedecimiento o desecación de los materiales provenientes de los cortes o préstamos destinados a sustituir eventualmente suelos de elevada expansión, de capacidad de soporte (CBR) inferior a la requerida por el diseño, o suelos orgánicos en los cortes o en terraplenes existentes.
- e) Escarificación, conveniente humedecimiento o desecación de los materiales constituyentes de la capa superior de los cortes o de terraplenes existentes, para servir de asiento al pavimento o ripiado.

2 MATERIALES

Los materiales para la construcción de los terraplenes deben tener las características especificadas a continuación, de modo de permitir la construcción de un macizo estable y adecuado soporte para el pavimento.

2.1. Cuerpo del Terraplén

En la ejecución del cuerpo de los terraplenes se utilizarán suelos con CBR igual o mayor que (14) y la expansión máxima de (4) correspondiente al 4 % de la densidad seca máxima del ensayo AASHTO T – 180 respectivamente.

Cuando por motivos de orden económico el cuerpo del terraplén deba ser construido con materiales de soporte inferiores al indicado hasta el mínimo de 2 %, se procederá al aumento del grado de compactación o sustitución del material de modo que se pueda obtener el CBR mínimo indicado en la tabla siguiente:

2.2. Capa final del Terraplén

Los 60 cm superiores de los terraplenes o de los cortes deben ser constituidos por materiales con CBR mayor o igual al 10 % y expansión mínima de 3 % correspondientes al 95 % de la densidad seca máxima del ensayo AASHTO T – 180 – D.

El diseño o el INGENIERO podrá requerir el aumento del grado de compactación hasta el 100 % de la densidad máxima del ensayo mencionado, cuando los materiales de los cortes y/o préstamos no cumplan con el valor especificado para el CBR. Si aun así no cumplen con los requisitos, se procederá a la construcción de la capa superior de los terraplenes o a la sustitución de la capa superior equivalente de los cortes, de modo de obtener el CBR mínimo indicado en la tabla siguiente:

| Profundidad por Debajo Subrasante (cm) | CBR Mínimo Requerido |
|---|-------------------------|
| 0 a 20 | 10 |
| 20 a 40 | 6 |
| 40 a 60 | 4 |

3. EQUIPO

La ejecución de terraplenes deberá prever la utilización del equipo apropiado y en buenas condiciones mecánicas, que atienda la productividad requerida.

Podrán utilizarse tractores de oruga con topadoras; camiones tanques distribuidores de agua; rodillo estático y vibratorios tipo pata de cabra, metálicos lisos, neumáticos y

de grillos; arado de discos rastras y otros, además del equipo complementario destinado al mantenimiento de los caminos de servicio en el área de trabajo. Todo el equipo a utilizar deberá tener aprobación escrita por parte del INGENIERO.

4. EJECUCIÓN

La ejecución de terraplenes debe estar sujeta a lo siguiente:

- a) La ejecución de terraplenes estará subordinada a los planos y especificaciones proporcionadas al CONTRATISTA, a las planillas elaboradas en conformidad con el diseño y Órdenes de Trabajo emitidas por el INGENIERO.
- b) La ejecución será precedida por las operaciones de desbosque, destronque, limpieza y trabajos de topografía y referenciación.
- c) Previamente a la ejecución de los terraplenes, deberán estar concluidas las obras de arte menores necesarias para el drenaje de la cuenca hidrográfica correspondiente. Sin embargo el CONTRATISTA según su metodología podrá construir el sistema de drenaje posteriormente a los terraplenes en lugares donde no exista agua permanente sin que ello signifique un pago adicional por las correspondientes excavaciones y rellenos, asumiendo las responsabilidades del caso.
- d) Si las condiciones de los materiales disponibles lo permiten, es aconsejable, en la construcción de terraplenes, la colocación de una primera capa de material granular permeable sobre el terreno natural la que actuará como un drena para las aguas de infiltración en el terraplén.
- e) En el caso de terraplenes que van a asentarse sobre taludes de terreno natural con más de 15 % y hasta 25 % de inclinación transversal las laderas naturales serán escarificadas con el equipo adecuado, produciendo surcos que sigan las curvas de nivel. Para inclinaciones mayores al 25 %, deberán previamente excavarse escalones en pendiente interior de la ladera a medida que el terraplén es construido para lograr trabazón entre terreno natural de ladera con cuerpo de terraplén, tales escalones en los taludes deberán construirse con tractor, de acuerdo con lo indicado en los planos o como lo ordene el INGENIERO. El ancho de los escalones será como mínimo de un

metro incrementándose según la mayor pendiente de la ladera, o como lo indique el INGENIERO.

f) El material destinado a la construcción de terraplenes deberá colocarse en capas horizontales sucesivas en todo el ancho de la sección transversal y en longitudes tales que permitan su humedecimiento o desecación hasta alcanzar el contenido óptimo de humedad y su compactación de acuerdo con lo previsto en estas especificaciones.

Para el cuerpo de los terraplenes, el espesor de las capas compactadas no deberá pasar de 30 cm para las capas finales de ese espesor no deberá pasar de 20 cm estos espesores estarán en función a la capacidad del equipo de compactación del CONTRATISTA y aprobado por escrito por el INGENIERO.

g) Todas las capas deberán compactarse convenientemente no permitiéndose la colocación de las capas subsiguientes mientras la inferior no sea aprobada, sin que ello signifique aceptación.

La humedad de compactación para las capas acabadas no deberá estar del 2 % por encima o por debajo del contenido óptimo de humedad o de aquellas indicadas por los ensayos para obtener la densidad y el CBR especificado, debiendo efectuarse ensayos de densidad de acuerdo con la Especificación AASHTO T – 147.

Las densidades por debajo de la subrasante, dentro de los límites de la sección de diseño, serán las siguientes, a no ser que por motivos de orden económico de disponibilidad de material, el INGENIERO aumente los valores establecidos hasta el máximo del 100 % con relación a la densidad máxima del ensayo AASHTO T – 180 – D :

Tramos en Cortes

Los 20 cm superiores: 95 % de la densidad máxima seca dada por el ensayo AASHTO T-180. si es necesaria la sustitución de los suelos de los cortes, se obedecerá lo indicado en el diseño o por el INGENIERO.

Tramos en Terraplenes

Los 60 cm superiores: 95 % de la densidad máxima seca dada por el ensayo AAHSTO T-180. Por debajo de esa profundidad el grado de compactación requerido con relación al mismo ensayo será de 90 %.

Los sectores que no hubieran alcanzado las condiciones mínimas de compactación deberán ser escarificados, homogenizados, llevados a la humedad adecuada y nuevamente compactados para cumplir con las densidades exigidas.

h) En el caso de disponer el ensanchamiento de terraplenes, su ejecución obligatoriamente será realizada de abajo hacia arriba, acompañada de un escalonamiento en los taludes existentes.

Si se establece en el diseño o lo ordena el INGENIERO la ejecución se hará mediante un corte parcial de la parte superior del terraplén existente, trasladando dicho material hacia los ensanchamientos para conformar la base de la nueva sección transversal, completándose luego de enrasarse esta, con material de corte o préstamo en todo el ancho de la sección transversal del proyecto.

i) La inclinación de los taludes del terraplén será la establecida en el diseño. Cualquier alteración en la inclinación será ejecutada previa disposición por escrito del INGENIERO.

j) Para la construcción de terraplenes asentados sobre terreno de fundación de baja capacidad de carga, se seguirá los requerimientos exigidos en los diseños específicos y/o las instrucciones del INGENIERO. En el caso de asentamiento por una capa flexible, se exigirá el retiro de ella y la inmediata sustitución.

k) En regiones donde existan predominantemente materiales rocosos se admitirá la ejecución de los terraplenes con la utilización de los mismos, siempre que así lo especifique el diseño o lo determine el INGENIERO.

El material que contenga en volumen menos del 25 % de roca mayor de 15 cm en su diámetro mayor deberá extenderse en capas sucesivas que no excedan de un espesor de 30 cm.

El material que contenga más de un 25 % de roca mayor de 15 cm en su mayor dimensión, deberá colocarse en capas de suficiente espesor para contener el tamaño máximo de material rocoso, pero en ningún caso tales capas podrán exceder de 75 cm antes de su compactación. Esas capas de mayor espesor sólo serán permitidas hasta dos (2) metros por debajo de la cota de la subrasante.

Los últimos dos metros de terraplén deberán colocarse en capas no mayores de 30 cm de espesor, atendiendo a lo dispuesto anteriormente en lo que se refiere al tamaño máximo del material.

La capa final de 60 cm de los terraplenes o de sustitución de capas de igual altura, en los cortes, construidos con material rocoso, deberá ser ejecutada en capas de espesor máximo de 29 cm y piedras de dimensión máxima de 15 cm.

La conformación de las capas deberá ejecutarse mecánicamente, debiendo extenderse y emparejarse el material con equipo intersticios que se formen, con material granular graduado a fino, para constituir una masa compacta y densa.

l) En los casos en que por falta de materiales más adecuados fuera necesario el uso de materiales arenosos, su ejecución deberá sujetarse estrictamente a las Especificaciones Especiales que serán establecidas para cada caso particular.

m) A fin de proteger los taludes contra los efectos de la erosión, deberá procederse en tiempo oportuno a la ejecución de los drenajes y otras obras de protección de taludes, como la plantación de césped si es el caso, la ejecución de banquetas, etc. Todo en conformidad con lo establecido en el diseño o determinado por el INGENIERO durante la construcción.

n) La ejecución de cordones en los bordes de la plataforma, en los sectores previstos por el diseño, se efectuará con posterioridad a la construcción de las salidas de agua, serán dispuestos convenientemente de acuerdo con el diseño o las instrucciones del INGENIERO.

o) Cuando existiera posibilidad de socavación en el pie de taludes de ciertos terraplenes, deberá en época oportuna procederse a la construcción de escolleros en los mismos.

p) En los lugares de cruce de agua que exijan la construcción de puentes o en caso de pasos superiores, la construcción de los terraplenes debe preceder, en lo posible, a la ejecución de las obras de arte diseñadas. En caso contrario se tomarán todas las medidas de precaución a fin de que el método constructivo empleado para la conformación de los terraplenes de acceso no origine tensiones indebidas en cualquier parte de la obra de arte.

q) En los accesos a los puentes, en los tramos de terraplén 30 m antes y después de las obras, el espesor de las capas no podrá exceder de 20 cm tanto para el cuerpo del terraplén como para los 60 cm superiores, en el caso de que sea utilizado equipo normal de compactación. En el caso de utilizarse compactadores manuales, el espesor de las capas compactadas no excederá de 15 cm sin previa autorización del INGENIERO.

Las densidades de las capas compactadas serán como mínimo 95 % (o la requerida conforme el inciso g) de la densidad máxima obtenida por el ensayo AASHTO T – 180-D, debiendo la humedad de compactación situarse en (+ -) 2 % de la humedad óptima dada por este ensayo.

La compactación de los rellenos juntos las alcantarillas y muros de contención, así como en los lugares de difícil accesos del equipo usual de compactación, será ejecutada con la utilización de compactadores manuales y otros equipos adecuados, siguiendo los requerimientos de los párrafos anteriores.

r) Los rellenos de las excavaciones de 0.30 m por debajo de la cota de asiento de la capa inferior del pavimento en los cortes en roca, cuando se utilice material proveniente de los mismos, deberán ser ejecutados en capas que no excedan de 20 cm, atendiendo a lo dispuesto en el inciso q) lo que se refiere a la compactación, no pudiendo el material contener partículas con diámetro superior a la mitad del espesor de la capa. El diseño, las Especificaciones Especiales o el INGENIERO podrán requerir el uso de materiales con granulometrías especiales para el relleno de las excavaciones de los cortes en roca por debajo de la subrasante.

s) Durante la construcción los trabajos ya ejecutados deberán ser mantenidos con una buena conformación y un permanente drenaje superficial.

t) El material de préstamo no será utilizado hasta que todos los materiales disponibles, provenientes de la excavación de cortes, hayan sido colocados en los terraplenes, excepto cuando de otra manera lo autorice u ordene el INGENIERO.

u) En zonas donde se hayan excavado suelos orgánicos y saturados, que presenten nivel freático elevado, en la parte inferior de la excavación, en un espesor mínimo de 30 cm el material deberá ser granular y complementando con subdrenajes.

El agua deberá mantenerse por debajo del nivel de la capa que está siendo compactada, en cualquier etapa de construcción del relleno.

5. CONTROL POR EL INGENIERO

5.1. CONTROL GEOMÉTRICO:

El acabado de la plataforma se ejecutará mecánicamente, en tal forma que se obtenga la conformidad de la sección transversal de diseño, admitiéndose las siguientes tolerancias:

- a) Variación máxima de (+ -) 2 cm en relación a las cotas de diseño por el eje y bordes.
- b) Variación máxima en el ancho de más 10 cm. No admitiéndose variación en menos (-)
- c) Variación máxima en el bombeo establecido de más 20 %, no admitiéndose variación en menos (-).el control se efectuará mediante la nivelación del eje y bordes.

El acabado, en cuanto al declive transversal y a la inclinación de los taludes, será verificado por el INGENIERO de acuerdo con el diseño.

6. MEDICIÓN

Los trabajos comprendidos en esta especificación serán medidos en metros cúbicos de terraplén compactado y aceptado, de acuerdo con las secciones transversales del diseño, por el método de la “media de las áreas”, no se tomaron en cuenta los excesos.

La escarificación y compactación de los 20 cm superiores de los tramos en corte, así como los rellenos de sustitución de los materiales en los cortes o en terraplenes existentes, serán medidas conforme se indica en el párrafo anterior.

La ejecución de los cortes para escalonar el terreno natural y los terraplenes existentes, conforme es exigido en las cláusulas 4. e) y 4. h), así como el volumen de compactación correspondiente a los escalones, no serán medidos para efecto de pago.

7. PAGO

El trabajo de construcción de terraplenes, medido en conformidad al inciso 6, será pagado al precio unitario contractual correspondiente presentado en los formularios de propuesta, independientemente del grado de compactación requerido.

La autorización de pago no significa aceptación de la obra.

Este precio remunera toda la mano de obra, materiales, herramientas y eventuales necesarios para el completo cumplimiento de los trabajos abarcados en la presente Especificación.

Ítem: SOBRECARRERO DE MATERIAL

Unidad: M3*KM

1 DEFINICIÓN

Este ítem se refiere al transporte de material de corte u excavación en los lugares en que se fije por el INGENIERO llamados buzones, esta distancia estará basada en función de la diferencia de la distancia libre de transporte mayor a los 300mts, y será medida desde los centros de gravedad la cual se expresarán en kilómetros.

2 MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPO

El Contratista elegirá, la capacidad y naturaleza del equipo y herramientas más adecuada a utilizarse para realizar el transporte de este material a los lugares indicados, en un periodo de tiempo acorde con el cronograma de trabajo propuesto

Las herramientas utilizadas serán propuestas por el Contratista previa aprobación por parte del Supervisor.

3 PROCEDIMIENTO PARA LA EJECUCIÓN

Antes de iniciar los trabajos de sobre acarreo, el Contratista solicitará al Supervisor de Obra la Autorización y ubicación respectiva, así como la aprobación del diseño propuesto.

El Supervisor de Obra tendrá cuidado con las respectivas normas aplicables para la ubicación de estos buzones.

El contratista dispondrá del equipo necesario para el transporte del material que se requiera de acuerdo a ejecución por su generalidad dispondrá de camión volquete de acuerdo a los periodos establecidos y calculados por el contratista para dar la cantidad de volquetes, esto previo se tendrá que cumplir con los aspectos necesarios para la habilitación a estos buzones, los cuales deben estar bien estables como para soportar el tráfico debido a la ejecución de este ítem.

4 MEDICIÓN

El sobre acarreo se aplicará a materiales excavados y transportados a distancias superiores a una distancia media de transporte de 300m, su medición resulta del producto del volumen excavado por la diferencia entre la distancia de los centros de gravedad de las masas y la distancia libre de acarreo expresada en kilómetros.

5 FORMA DE PAGO

Este trabajo será cancelado en forma m³xkm medidos de la forma indicada en el acápite anterior, serán pagados en compensación total de los equipos, herramientas, materiales, mano de obra y demás gastos en que incurriera el Contratista para ejecutar los trabajos.

Ítem: EXCAVACIÓN COMÚN PARA ESTRUCTURAS

Unidad: M3

1 Definición

Este ítem comprende las excavaciones para las cimentaciones; a mano o con máquinas zanjadoras, correspondiente a los cimientos de los muros de los badenes ejecutados en toda clase de suelo y a las profundidades indicadas o recomendadas; así como el entubamiento y agotamiento de las zanjas si fuere necesario, según lo que se establezca en estas especificaciones.

También comprende el relleno sobre las cimentaciones y/o los que se requieran.

2 Materiales, herramientas y equipo

El Contratista realizará los trabajos arriba descritos empleando las herramientas y equipo conveniente debiendo previamente obtener la aprobación de las mismas por parte del Ingeniero.

Para ejecutar los rellenos se deberán utilizar apisonadoras mecánicas, salvo de tratarse de volúmenes muy pequeños.

3 Procedimiento para la ejecución

Una vez que el trazado de las fundaciones hayan sido aprobados por el Ingeniero Supervisor, se podrá dar comienzo a la excavación propiamente dicha. Previa conformidad del Ingeniero se procederá, bien a mano o con maquinaria, al aflojamiento y extracción de los materiales fuera de los límites de la excavación a ejecutar. Los materiales que vayan a ser utilizados serán botados donde señale el Ingeniero Superior.

Cuando la excavación demande la construcción de entibados, estos serán proyectados por el Contratista, revisado y aprobado dicho proyecto por el Ingeniero Supervisor.

La aprobación del Ingeniero Supervisor no releva al contratista de las responsabilidades a que hubiere lugar si fallara el entibado.

Cuando la excavación requiera achicamiento, el Contratista dispondrá el número y clase de unidades de bombeo necesarias. El agua extraída se evacuará de manera que no cause ninguna clase de daños.

Las excavaciones se llevarán a una profundidad que no siendo menor a 1 m llegue a un terreno que reciba las fundaciones con una capacidad importante igual o mayor al admisible.

El Fondo de las excavaciones será horizontal y en los sectores en que el terreno destinado a fundar sea inclinado, se dispondrá de escalones de base horizontal. Se tendrá especial cuidado en no remover el fondo de las excavaciones que servirán de base a las cimentaciones y una vez terminada se las limpiará de toda tierra suelta.

Las zanjas o excavaciones terminadas, deberán presentar las superficies sin irregularidades, tanto las paredes como el fondo deberán estar de acuerdo con las líneas de los planos.

Los trabajos de relleno serán ejecutados con material apropiado colocando capas sucesivas de alturas no mayores a 20 cm y con la humedad adecuada y apisonado convenientemente.

4 Medición

La excavación para las cimentaciones se medirá por el volumen extraído en su posición original. Para computar el volumen se tomarán las dimensiones y profundidades indicadas en los planos, a menos que por escrito el Ingeniero indique expresamente otra cosa, siendo por cuenta del Contratista cualquier ancho adicional que haya excavado para facilitar su trabajo o por cualquier otra causa.

5 Forma de Pago.

Este ítem ejecutado en un todo de acuerdo con las presentes especificaciones, medido de acuerdo a lo señalado y aprobado por el Supervisor de Obra, será pagado al precio unitario de la propuesta aceptada.

Dicho precio será compensación total por todos los materiales, mano de obra, herramientas, equipo y otros gastos que sean necesarios para la adecuada y correcta ejecución de los trabajos.

OBRAS DE ARTES MENORES

Ítem: COLOCACIÓN CAMA DE ARENA

Unidad: M3

1 DESCRIPCIÓN

Después de unificada la excavación y compactación de la base para la alcantarilla, se procederá al tendido de arena de granulometría media, en un espesor de 15 cm., esto con el objeto de servir de cama para el tubo de cemento.

Para la colocación de tuberías en zanja se define tres (3) clases de asientos en forma general para todos los tipos de materiales previstos a encontrar. De encontrarse una situación diferente éstos podrán ser modificados de acuerdo a disposiciones del fabricante o porque así lo requiera el material, previa aprobación del Fiscal de Obras.

a) Asiento Clase estándar o "A"

Será ejecutado en la mayor parte de las tuberías.

El tubo se coloca sobre un lecho excavado en el terreno, y conformado de modo de adaptarlo aproximadamente a la superficie inferior del tubo tal como se indica en los planos correspondientes, cuidando de excavar en las uniones hasta que las mismas queden libres de contacto con el terreno.

La parte restante de la tubería debe quedar cubierta hasta 20 cm., mínimo sobre la clave o parte superior, con un relleno seleccionado de la misma excavación, libre de raíces, piedras, etc., apisonado a mano; a partir de ahí se colocará material de relleno seleccionado y compactado hasta lograr la densidad de 95% del Proctor Estándar AASHO-T99.

b) Asiento Clase "B"

Se ejecutará en lugares con afloraciones de roca para proteger la tubería.

El tubo es colocado sobre un lecho de material granular fino compactado, con una altura mínima bajo el tubo de 10 cm., o un cuarto de diámetro exterior a partir de la generatriz inferior del tubo.

El resto de la tubería se debe cubrir con material de relleno seleccionado y apisonado a mano hasta una altura mínima de la clave del tubo de 30 cm., desde este punto hasta la rasante indicada en planos o por el Fiscal de Obras se rellenará con tierra de acuerdo a especificaciones y hasta lograr la densidad del 95% del Proctor Estándar AASHO-T99.

c) Asiento Clase "C".-

En lugares donde el terreno no tenga la consistencia necesaria para proporcionar una buena sustentación se colocará este tipo de asiento.

La tubería es apoyada sobre material granular compactado de una altura mínima bajo el tubo de un cuarto del diámetro exterior o 0.10 m., mínimo debiendo extenderse en sus lados hasta cubrir la mitad del tubo, el resto del relleno, libre de raíces, pastos o piedras debe ser apisonado a mano hasta unos 30 cm., mínimo por sobre la clave del tubo, desde este punto hasta la rasante especificada, el relleno seleccionado debe ser densamente compactado hasta el 95% del Proctor Estándar AASHO T-99.

2 MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

Todos los materiales, herramientas y equipos serán provistos por el contratista, sujetos a aprobación por parte del Ingeniero Supervisor.

Para la cama de arena, se utilizará arena limpia y seleccionada, y que cumpla con las exigencias para preparación de hormigones.

3 PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

Previamente se verificará la base de la alcantarilla, para el colocado de la capa de arena, la cual deberá estar de acuerdo con los profundidades indicados en los detalles de los planos, además debe tener una resistencia a la fatiga que guarde relación con las normas y especificaciones para alcantarillas; en caso que llegaran a presentarse irregularidades que podrían alterar el perfil de la tubería, deberá previamente corregirse para que una vez corregidas se proceda al colocado de la capa de arena de 15 cm. de espesor, que servirá para el asentamiento de las tubería; dicha arena no deberá contener sustancias perjudiciales que excedan de los siguientes límites:

PORCENTAJE EN PESO

| Máximo admisible | Designación |
|---|-----------------------------|
| Terrones de arcilla | 1-2 A.A.S.S.H.T.O. T-112-24 |
| Carbón o lignito | 1-2 A.A.S.S.H.T.O. T-113-70 |
| Material que pasa el tamiz n°200 | 3-5 A.A.S.S.H.T.O. T- 11-74 |
| La capa de arena debe tener la siguiente granulometría: | |
| Designación del tamiz | Total que pasa % en peso |

| | |
|--------|------------|
| N° 4 | 100 |
| N° 16 | 95 --- 100 |
| N° 50 | 40 --- 80 |
| N° 100 | 10 --- 30 |
| N° 200 | 3 --- 5 |

La capa de arena debe ser ligeramente compactada con una plancha vibradora y luego alisada con una regla, dándole una pendiente transversal de 2% a 3 %.

Es imprescindible mantener la base de fundación de la capa de arena completamente seca, ya que los efectos del agua pueden perjudicar los trabajos.

4 MEDICIÓN

La medición se efectuará previa autorización por parte del Ingeniero Supervisor, por metro lineal efectivamente terminado, medido en obra, e indicado en los planos de las presentes especificaciones; no se considerará volúmenes adicionales que estén fuera de lo indicado.

5 FORMA DE PAGO

El trabajo ejecutado de acuerdo a los planos de las presentes especificaciones, serán pagados al precio unitario de la propuesta aceptada o al precio unitario afectado por la penalización correspondiente. Este precio unitario será compensación por gastos de equipos, herramientas, materiales, mano de obra y otros gastos que incidieran en el mismo.

Ítem: PROV. Y COL. DE ALC. ACERO CORRUGADO Ø 1m.

Unidad: ML.

1 Definición

Este trabajo deberá consistir en la construcción, reconstrucción de alcantarillas de tubo y desagües de aguas pluviales, que en lo sucesivo se denominarán "Conductos" de acuerdo con estas especificaciones y en conformidad a las líneas y niveles mostrados en los planos o establecidos por el Supervisor.

2 Materiales

Los materiales deberán satisfacer los siguientes requisitos:

TUBERÍA CIRCULAR Y ABOVEDADO, DE ACERO CORRUGADO (CHAPAS ARMCO).

a).- Remachadas AASHTO M-36 y M-218 para tubería fabricada mediante soldadura en puntos de resistencia.

b).- Las secciones especiales, tal como codos y secciones de extremos acampanados para estos conductos, deberán ser del mismo calibre del conducto al que van acoplados, y deberán satisfacer las especificaciones AASHTO -M36 ó AASHTO M-218.

Las bandas de acoplamiento deberán satisfacer las especificaciones AASHTO M-36 y M-218 a excepción del ancho mínimo que deberá ser de 30 cm.

3 Medición

La medición de este ítem será por metro de tubería colocada, ejecutada, en conformidad a las dimensiones indicadas en los planos de detalles y las especificaciones de materiales de acuerdo a la dosificación aprobadas por el Ingeniero Supervisor.

4 Forma de Pago

Los trabajos ejecutados y medidos según el acápite anterior, serán pagados al precio unitario de la propuesta aceptada. Este pago será la compensación total por todos los gastos de materiales, mano de obra, gastos administrativos, etc. que inciden en el precio.

Ítem: **HORMIGÓN CICLOPEO TIPO**

Unidad: **M3**

1 DESCRIPCIÓN

Estas especificaciones gobernarán el uso de los materiales, su almacenamiento, acopio, manipuleo, dosificación y mezclados de hormigones y morteros para su uso en, muros, alcantarillas y otras estructuras.

El hormigón estará compuesto de cemento tipo Pórtland normal puzolánico IP40, agregado grueso, agregado fino, agua y aditivos que fueran requeridos, dosificados y mezclado de acuerdo con la presente especificación.

2 MATERIALES

2.1.CEMENTO

El cemento Pórtland deberá cumplir las exigencias de la especificación AASHTO M-85.

El cemento Pórtland puzolánico IP40 con inclusión de aire deberá estar de acuerdo con las exigencias de la especificación AASTHO M-134.

Será función del INGENIERO aprobar el cemento a ser empleado, pudiendo exigir la presentación de un certificado de calidad cuando lo juzgue necesario. Todo cemento debe ser entregado en el lugar de la obra en su embalaje original, cerrado y deberá almacenarse en lugares secos y abrigados, por un tiempo máximo de un mes y en tal forma de almacenamiento, que no comprometa su calidad. Se deberá utilizar un solo tipo de cemento en la obra, excepto cuando el INGENIERO autorice de otro modo por escrito. En este caso, serán almacenados por separado según los distintos tipos y no deberán mezclarse.

2.2. AGREGADOS

Los agregados para la preparación de hormigones y morteros deberán ser materiales, resistentes e inertes, de acuerdo con las características más adelante indicadas,

deberán almacenarse por separado y aislados del terreno natural mediante tarimas de madera o camadas de hormigón.

2.2.1. Agregados Finos

Los agregados finos se compondrán de arenas naturales, o previa aprobación de otros materiales inertes de características similares que posean partículas durables. Los materiales finos provenientes de distintas fuentes de origen no deberán depositarse o almacenarse en un mismo espacio de acopio, ni usarse en forma alterada en la misma obra de construcción sin permiso especial del INGENIERO.

Los agregados finos no podrán contener sustancias perjudiciales que excedan de los siguientes porcentajes, en peso del material:

| | | |
|-----------------------------------|---------------------|----|
| Terrones de arcilla: | ensayo AASHTO T-112 | 1% |
| Carbón y lignita: | ensayo AASHTO T-113 | 1% |
| Material que pase el tamiz N° 200 | ensayo AASHTO T-11 | 3% |

Otras sustancias perjudiciales tales como esquistos, álcalis, mica, granos recubiertos y partículas blandas y escamosas, no deberán exceder el 4% del peso del material.

Cuando los agregados sean sometidos a 5 ciclos de ensayo de durabilidad su sulfato de sodio, empleando el método AASHTO T-104, los porcentajes en peso de la pérdida comprobada deberán ser menores de un 10%. Tal exigencia puede omitirse en el caso de agregados a usarse en hormigones para estructuras no expuestas a la intemperie.

Los agregados finos que no cumplan con las exigencias de durabilidad, podrán aceptarse siempre que pueda probarse con evidencia que un hormigón de proporciones comparables, hecho con agregados similares obtenidos de la misma fuente de origen, hayan durante un periodo de por lo menos 5 años, sin desintegración apreciable.

Todos los agregados finos deberán carecer de cantidades perjudiciales de impurezas orgánicas. Los sometidos a tal comprobación mediante el ensayo calorimétrico, método AASHTO T-21, que produzcan un color más oscuro normal, serán

rechazados, a menos que pasen satisfactoriamente un ensayo de resistencia en probetas de prueba.

Las muestras de prueba que contengan agregados finos, sometidos a ensayos por el método AASHTO T-71, tendrán una resistencia a la compresión, a los 7 y a los 28 días no inferior al 90 % de la resistencia acusada por un mortero preparado en la misma forma, con el mismo cemento y arena normal.

COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA PARA MORTEROS

El agregado fino será de gradación uniforme, y deberá llevar las siguientes exigencias granulométricas:

TABLA 17.1
REQUISITOS DE GRANULOMETRÍA PARA AGREGADOS FINOS

| Nº DE TAMIZ | PORCENTAJE EN PESO QUE PASA |
|-------------|-----------------------------|
| Nº 8 | 100 |
| Nº 50 | 15-40 |
| Nº 100 | 0-10 |
| Nº 200 | 0-5 |

Los requisitos de gradación fijados precedentemente son los límites extremos a utilizar en la determinación de las condiciones de aceptabilidad de los materiales provenientes de todas las fuentes de origen posibles. La granulometría del material proveniente de una posible fuente, será razonablemente uniforme y no deberá sufrir variaciones que oscilen entre uno y otro de los límites extremos especificados. Para determinar el grado de uniformidad, se hará una comprobación del módulo de fineza con muestras representativas enviadas por el CONTRATISTA, de todas las fuentes de aprovisionamiento que él mismo se proponga usar.

2.2.2. Agregados Gruesos

Los agregados gruesos para hormigón se compondrá de piedra triturada, grava u otro material inerte aprobado de características similares, que se compongan de piezas durables y carentes de recubrimientos adheridos indeseables.

Los agregados gruesos no podrán contener sustancias perjudiciales que excedan de los siguientes porcentajes en peso del material.

| | |
|-------------------------------------|---------------------|
| Terrones de arcilla: | ensayo AASTHO T-112 |
| 0,25% | |
| Materiales que pasa el tamiz N° 200 | ensayo AASTHO T-11 |
| 1% | |

Otras sustancias inconvenientes de origen local no podrán exceder el 5% del peso del material.

Los agregados gruesos deberán tener un porcentaje de desgaste no mayor de 40%, a 500 revoluciones al ser sometidos a ensayo por el método AASTHO T-96. cuando los agregados sean sometidos a 5 ciclos del ensayo de durabilidad con sulfato de sodio empleando las muestras designadas como alternativas (b) del método AASTHO T-104, el porcentaje en peso de pérdidas no podrá exceder de un 12%. Los agregados gruesos que no cumplan las exigencias del ensayo de durabilidad podrán ser aceptados siempre que se pueda demostrar mediante evidencias satisfactorias para el INGENIERO, que un hormigón de proporciones similares, provenientes de las mismas fuentes de origen, haya sido expuesto a la intemperie bajo condiciones similares, durante un periodo de por lo menos 5 años sin haber demostrado una desintegración apreciable.

Las exigencias de durabilidad pueden omitirse en el caso de agregados a emplearse en hormigones para estructuras no expuestas a la intemperie.

2.2.3. Piedra para hormigón ciclópeo

La piedra para el hormigón ciclópeo será piedra bolón, de granito u otra roca estable y deberá tener cualidades idénticas a las exigidas para la piedra triturada a ser empleada en la preparación del hormigón.

Deberá ser limpia y exenta de incrustaciones nocivas y su dimensión mayor no será inferior a 30 cm ni superior a la mitad de la dimensión mínima del elemento a ser construido.

2.3. AGUA

Toda el agua utilizada en los hormigones y morteros debe ser aprobada por el INGENIERO y carecerá de aceites, ácidos, álcalis, sustancias vegetales e impurezas. Cuando el INGENIERO lo exija, se someterá a un ensayo de comparación con agua destilada.

La comparación se efectuará mediante la ejecución de ensayos normales para la durabilidad, tiempo de fraguado y resistencia del mortero. Cualquier indicación de falta de durabilidad, una variación en el tiempo de fragüe en más de 30 minutos o una reducción de más de 10% de la resistencia a la compresión, serán causas suficientes para rechazar el agua sometida a ensayo.

2.4. ADITIVOS

El uso de aditivos dispersantes, para inclusión de aire, aceleradora, retardadora, etc. Sólo será permitido mediante autorización expresa del INGENIERO, previa la ejecución de ensayos en condiciones similares a la obra y con los mismos materiales con los cuales se pretende utilizar el aditivo.

3 EQUIPO

La naturaleza, capacidad y cantidad del equipo a emplear, dependerá del tipo y dimensiones de la obra que se ejecute. El CONTRATISTA deberá presentar una relación detallada del equipo a emplearse en la obra, para la consideración y aprobación del INGENIERO.

4 EJECUCIÓN

4.1. HORMIGÓN

Dosificación

El hormigón consistirá de una mezcla de cemento Pórtland, agregados y agua.

Las mezclas serán dosificadas por el CONTRATISTA con el fin de obtener las siguientes resistencias características cilíndricas de compresión a los 28 días, resistencias que estarán especificadas en los planos o serán fijadas por el INGENIERO:

TABLA 17.2
CLASIFICACIÓN DE HORMIGONES

| TIPO DE HORMIGÓN | RESISTENCIA MÍNIMA CARACTERÍSTICA DE COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS |
|-------------------|---|
| A mayor o igual a | 210 kg/cm ² |
| B mayor o igual a | 180 kg/cm ² |
| C mayor o igual a | 160 kg/cm ² |
| D mayor o igual a | 130 kg/cm ² |
| E mayor o igual a | 110 kg/cm ² |

Los hormigones tipo A y B se usarán en superestructuras de puentes y en infraestructuras de hormigón armado, excepto donde las secciones son macizas y están ligeramente armadas.

Los hormigones depositados en agua, serán también de tipo A y B, con 10% más del cemento normalmente utilizado. Los hormigones C y D se usarán en infraestructuras con ninguna o poca armadura. El hormigón tipo E se usará en secciones macizas no armadas.

El CONTRATISTA no podrá alterar las dosificaciones sin autorización expresa del INGENIERO, debiendo adoptar las medidas necesarias para mantenerlas. La operación para la medición de los componentes de la mezcla deberá realizarse siempre “en peso”, mediante instalaciones gravimétricas, automáticas o de comando manual. Excepcionalmente el INGENIERO y para obras de menor importancia podrá autorizar el control por volumen, en cuyo caso deberán emplearse cajones de madera o de metal, de dimensiones correctas, indeformables por el uso y perfectamente identificados de acuerdo con diseño fijado. En las operaciones de rellenado de los

cajones, el material no deberá rebasar el plano de los bordes, lo que se evitará enrasando sistemáticamente las superficies finales.

Deberá ponerse especial atención a la medición del agua de mezclado, debiendo preverse un dispositivo de medida, capaz de garantizar la medición del volumen de agua con un error inferior al 3% del volumen fijado en la dosificación.

4.1.2 Preparación

El hormigón podrá prepararse en el lugar de la obra, o será rápidamente transportado para su empleo inmediato cuando sea preparado en otro lugar. La preparación del hormigón en el lugar de la obra deberá realizarse en hormigoneras de tipos y capacidades aprobadas por el INGENIERO. Se permitirá una mezcla manual solamente en casos de emergencia, con la debida autorización por lo menos con un 10% con relación al cemento previsto en el diseño adoptado. En ningún caso la cantidad total de agua de mezclado será superior a la prevista en la dosificación, debiendo mantenerse un valor fijado para la relación agua/cemento.

Los materiales serán colocados en la mezcladora, de modo que una parte del agua de amasado se admitirá antes que los materiales secos, el orden de entrada a la hormigonera será: parte del agua, agregado grueso, cemento, arena, y el resto del agua de amasado. Los aditivos deberán añadirse al agua en cantidades exactas, antes de su introducción al tambor, salvo recomendaciones de otro procedimiento por el INGENIERO.

El tiempo de mezclado, contado a partir del instante en que todos los materiales hayan sido colocados en la hormigonera, dependerá del tipo de la misma y no deberá ser inferior a:

| | |
|-------------------------------------|-------------|
| Para hormigonera de eje vertical | 1 minuto |
| Para hormigoneras basculantes | 2 minutos |
| Para hormigoneras de eje horizontal | 1.5 minutos |

La mezcla volumétrica del hormigón deberá prepararse siempre para una cantidad entera de bolsas de cemento. Las bolsas de cemento que por cualquier razón hayan sido parcialmente usadas, o que contengan cemento endurecido, serán rechazadas. No

será permitido el uso de cemento proveniente de bolsas usadas o rechazadas. Todo cemento rechazado deberá ser retirado del área de trabajo.

Todos los dispositivos destinados a la medición para la preparación del hormigón, deberán estar sujetos a la aprobación del INGENIERO.

Si la mezcla fuera hecha en una planta de hormigón situada fuera del lugar de la obra, la hormigonera y los métodos usados deberán estar de acuerdo con los requisitos aquí indicados.

El hormigón deberá prepararse solamente en las cantidades destinadas para su uso inmediato, el hormigón que estuviera parcialmente endurecido, no será utilizado.

4.1.3 Transporte

En caso de que la mezcla fuera preparada fuera de la obra, el hormigón deberá transportarse al lugar de su colocación, en camiones tipo agitador. El suministro de hormigón deberá regularse de modo que el hormigonado se realice constantemente, salvo que sea retardado por las operaciones propias de su colocación. Los intervalos entre las operaciones propias de su colocación. Los intervalos entre las entregas de hormigón, por los camiones a la obra deberán ser tales, que no permitan el endurecimiento parcial del hormigón ya colocado y en ningún caso deberán exceder de 30 minutos.

A menos que el INGENIERO autorice de otra manera por escrito, el camión mezclador dotado de hormigonera deberá estar equipado con un tambor giratorio, impermeable y ser capaz de transportar y descargar el hormigón sin producir segregación.

4.1.4. Colocación

La colocación del hormigón sólo podrá iniciarse después de conocerse los resultados de los ensayos, mediante autorización del INGENIERO.

Será necesario; así mismo, verificar si la armadura está colocada en su posición exacta, si los encofrados de madera están suficientemente humedecidos y si de su interior han sido removidos la viruta, aserrín, y demás residuos de las operaciones de carpintería.

No se permitirá la colocación del hormigón desde una altura superior a dos metros, ni la acumulación de grandes cantidades de mezcla en un solo lugar para su posterior esparcido.

Las bateas, tunos o canaletas usados como auxiliares para la colocación del hormigón, deberán disponerse y utilizarse de manera que no provoquen segregación de los agregados. Todos los tubos, bateas y canaletas deberán mantenerse limpias y sin recubrimientos de hormigón endurecido, lavándolos intensamente con agua después de cada trabajo.

Cuando se use embudo, este consistirá de un tubo de más de 25 cm de diámetro, construido en secciones con acoplamiento de brida provistos de empaquetadoras. Los medios para sostener el embudo, serán tales que se permita un libre movimiento del extremo de descarga sobre la parte superior del concreto, y que pueda ser bajado rápidamente, cuando fuese necesario cortar o retardar la descarga del hormigón. El flujo del hormigón deberá ser continuo hasta la terminación del trabajo.

En caso de otorgarse una autorización escrita específica, para permitir la colocación de hormigón cuando la temperatura esté por debajo de la indicada, el CONTRATISTA deberá proveer un equipo para calentar los agregados y el agua, pudiendo utilizar cloruro de calcio como acelerador, si la autorización escrita del INGENIERO así lo establece.

El equipo de calentamiento deberá ser capaz de producir un hormigón que tenga una temperatura de por lo menos 10° C, y no mayor de 32° C en el momento de su colocación. El uso de cualquier equipo de calentamiento o de cualquier método, depende de la capacidad del sistema de calentamiento, para permitir que la cantidad requerida de aire, pueda ser incluida en el hormigón para el cual se hayan fijado tales condiciones. Los métodos de calentamiento que alteren o impidan la entrada de la cantidad requerida de aire en el hormigón, no deberán usarse.

4.1.5. Consolidación del hormigón

Deberá obtenerse mecánicamente una completa consolidación del hormigón dentro de los encofrados, usándose para ello vibradores del tipo y tamaño aprobados por el

INGENIERO, con una frecuencia mínima de 3.000 revoluciones por minuto. Se permitirá una consolidación manual, solamente en caso de interrupción en el suministro de fuerza motriz a los aparatos mecánicos empleados y por un periodo de tiempo mínimo indispensable para concluir el moldeo de la pieza en ejecución, debiendo para este fin elevarse el consumo de cemento en un 10 % sin que sea incrementada la cantidad de agua de amasado.

Para el hormigonado de elementos estructurales, se emplearán preferentemente vibradores de inmersión, con el diámetro de la aguja vibratoria adecuado a las dimensiones del elemento y el esparcimiento de los hierros de la armadura metálica, sin provocar por penetración forzada, la separación de las barras de sus posiciones correctas.

4.1.6 Curado y Protección

El hormigón, a fin de alcanzar su resistencia total, deberá ser curado y protegido eficientemente contra el sol, viento y lluvia. El curado debe continuar durante un periodo mínimo de siete días después de su colocación. Para el hormigón pretensado, el curado deberá proseguir hasta que todos los cables sean pretensados. Si se usa cemento de alta resistencia inicial, ese periodo puede ser reducido.

4.2. HORMIGÓN CICLÓPEO

El hormigón ciclópeo constituirá ya sea de un hormigón tipo C o D, especificado en 4.1.1 y preparado como se describió anteriormente, que contenga además piedra desplazadora, cuyo volumen será establecido en los planos, Disposiciones Especiales o por el INGENIERO, y en ningún caso será mayor al 33 % del volumen total de la parte de trabajo en la cual dicha piedra debe ser colocada.

Las piedras desplazadoras deberán colocarse cuidadosamente sin dejarlas caer, ni lanzarlas, evitando daños al encofrado, debiendo distribuirse de modo que queden completamente envueltas por el hormigón, no tenga contacto con piedras adyacentes y no posibiliten la formación de vacíos. Deberán quedar como mínimo, cinco centímetros apartados de los encofrados.

5 CONTROL POR EL INGENIERO

5.1. HORMIGÓN

Para el control de la calidad del hormigón a ser empleado en la obra,, deberán efectuarse inicialmente ensayos de caracterización de los materiales.

Los ensayos de cemento deberán efectuarse en laboratorio. Cuando exista garantía de homogeneidad de producción de cemento en una fábrica determinada, acredita mediante certificados de producción emitidos por laboratorio, no será necesaria la ejecución frecuente de ensayos de cemento.

De cada 50 bolsas de una partida de cemento, deberá pesarse una para verificar el peso. En caso de encontrarse una bolsa con peso inferior al 98 % del indicado en la bolsa, todas las demás deberán pesarse a fin de que sean corregidos sus pesos antes de su empleo.

Los agregados finos y gruesos deberán satisfacer lo especificado en 2.2.

El control del agua según lo establecido en 2.3 será necesario en caso de presentar aspecto en la relación agua / cemento, previo conocimiento del INGENIERO.

El control de calidad del hormigón se hará en las tres fases siguientes:

5.1. Control de Ejecución

Tiene la finalidad de asegurar, durante la ejecución del hormigón, el cumplimiento de los valores fijados en la dosificación, siendo indispensable para esto el control gravimétrico del diseño, la humedad de los agregados, la composición granulométrica de ellos, el consumo de cemento y el grado de asentamiento de la mezcla con objeto de efectuar las correcciones que fueran necesarias para mantener la dosificación recomendada.

5.1.2. Control de verificación de la resistencia mecánica

Tiene por finalidad verificar si el hormigón fue convenientemente dosificado, a fin de asegurar la tensión mínima de rotura fijada en el cálculo. Este control se hará mediante la rotura de cilindros de prueba de acuerdo con la especificación ASHTO T-

El número de cilindros de prueba a ser moldeados no será inferior a cuatro para cada treinta metros cúbicos de hormigón. También se moldearán por lo menos cuatro cilindros de prueba, siempre que hubiera modificación en el diseño de la mezcla o en el tipo de agregado.

Para el caso de hormigones empleados en obras de arte menores tales como alcantarillas, no será necesario el control estadístico, para su aceptación, considerándose los valores absolutos de los resultados obtenidos.

6 MEDICIÓN

6.1. HORMIGÓN

El hormigón, ya sea simple o ciclópeo, será medido por metro cúbico de hormigón colocado y aceptado, de acuerdo con las dimensiones indicadas en el proyecto o modificadas por el INGENIERO.

7 PAGO

7.1. HORMIGÓN

El hormigón medido en conformidad al inciso 6.1 será pagado a los precios unitarios contractuales correspondientes a los ítems de pago definidos y presentados en los formularios de la propuesta.

Dichos precios incluyen la provisión de materiales, encofrados y apuntalamientos, la preparación, transporte, colocación, consolidación, curado, así como toda mano de obra, herramientas e imprevistos necesarios para ejecutar el trabajo previsto en esta Especificación.

ITEM ACERO ESTRUCTURAL FY-420 MPA**Unidad: Kg.****1. - DESCRIPCIÓN**

Esta especificación gobernará la provisión y colocación de armadura de refuerzo para hormigón armado en las dimensiones y cantidades indicadas en los planos.

2. - MATERIALES

La cantidad de acero a emplear será la especificada en el proyecto y se ajustará a las prescripciones de AASHTO M-31 (ASTM 615)

El alambre de amarre deberá satisfacer los requisitos de la ASTM, designación A-825.

3. - EQUIPO

La naturaleza, capacidad, cantidad de equipo a utilizarse, dependerá del tipo dimensiones de la obra a ejecutar. El Contratista presentará una relación detallada del equipo para cada obra, o conjunto de obras, para la aprobación escrita del ingeniero.

4. - EJECUCIÓN**4.1. CORTE Y DOBLADO**

El corte doblado de las barras debe efectuarse en frío, de acuerdo estrictamente con las formas dimensiones indicadas en los planos. Cualquier variación o irregularidad en el doblado motivará que las barras sean rechazadas.

4.2. EMPALMES

No se permitirá empalmes excepto en los lugares indicados en los planos o aceptado por escrito por el ingeniero.

Los empalmes se efectuarán por superposición de los extremos en una longitud no menor de 40 veces al diámetro de la barra, sujetándolos con alambre de amarre, excepto cuando se indiquen empalmes soldados, en cuyo caso la soldadura se hará de acuerdo con las especificaciones pertinentes.

4.3. COLOCACIÓN

Las barras de acero para armadura deberán estar exentas de cualquier material nocivo, antes de colocarlas en los encofrados.

Las armaduras deberán colocarse en los encofrados en las posiciones indicadas proyecto y amarrada entre sí por medio de alambre de amarre. La condición especial a cumplir, será que las barras de refuerzo una vez colocadas mantengan rigurosamente el esparcimiento calculado y formen un conjunto rígido sin que puedan moverse ni deformarse al vaciar el hormigón y apisonarlo dentro los encofrados.

La colocación y fijación de los refuerzos en cada sección de la obra deberá ser aprobada por el ingeniero antes de que se proceda al vaciado del hormigón

5.- CONTROL POR EL INGENIERO

5.1. TOLERANCIA

El diámetro medio, en caso de barras lisas de sección circular, podrá determinarse mediante un calibrador.

En caso de barras con ranuras o estrías, o de sección no circular, se considera como diámetro medio el diámetro medio al diámetro de la sección transversal de una barra de acero ficticia, de sección circular, con un peso por metro igual al de la barra examinada (peso específico del acero: 7850 Kg./ m³)

El peso nominal de las barras es el que corresponde a su diámetro nominal. El peso real de las barras, con diámetro nominal igual o superior a 3/8. debe ser igual a su peso nominal con una tolerancia de más. menos (-) 10% en caso suministro de barras de la misma sección manual nominal, debe verificarse si son respetadas las tolerancias indicadas.

5.2. ENSAYOS DE CONTROL

El Contratista tendrá la obligación de presentar certificados sobre la calidad de los aceros expedidos por laboratorios especializados locales o del exterior del país cubriendo principalmente lo siguiente:

a) Resistencia de la tracción, incluyendo la determinación de la tensión de fluencia, tensión de ruptura y módulo de elasticidad.

b) Doblado.

5.3. CONDICIONES REQUERIDAS

Se aceptará como acero de refuerzo para armaduras solamente el material que satisfaga lo prescrito en 2.

Las barras no deberán presentar defectos perjudiciales tales como: fisuras, escamas, oxidación excesiva y corrosión. Las barras que no satisfagan esta especificación serán rechazadas. Si el porcentaje de barras defectuosas fuera elevado, a tal punto que torne prácticamente imposible la separación de ellas, todo el lote será rechazado.

Los ensayos de tracción deben demostrar que la tensión de fluencia, tensión de ruptura y módulo de elasticidad son iguales o superiores a los mínimos fijados.

5.4. ALMACENAMIENTO

Todo material a utilizar para refuerzos metálicos será almacenado sobre una plataforma de madera y otros soportes aprobados, protegido de cualquier daño mecánico y deterioro de la superficie causado por su exposición a condiciones que produzcan herrumbre.

Al ser colocado en la estructura el material deberá estar libre de polvo, escamas, herrumbre, pintura, aceites u otros materiales que perjudiquen su ligazón con el hormigón.

6.- MEDICIÓN

El acero para el hormigón armado será medido por kilogramo sobre la base del peso teórico de acero de armadura colocado en la obra de acuerdo con las planillas que figuran en los planos. Sin considerar adiciones por pérdidas, ya que las mismas están consideradas en los rendimientos de los precios unitarios correspondientes.

Las abrazaderas, tensores separadores u otros materiales utilizados para la colocación y fijación de las barras en su lugar, no serán medidos para propósito de pago.

7. - PAGO

El acero para hormigón armado medido en conformidad al inciso 6, será pagado al precio unitario contractual correspondiente al ítem de pago definido presentado en el Formulario de Propuesta.

Dicho precio incluye el aprovisionamiento colocación de todos los materiales así como toda la mano de obra, equipo herramientas e imprevistos necesarios para la ejecución de los trabajos provistos en esta especificación.

ITEM: CONFORMACIÓN CAPA DE RODADURA

UNIDAD: M3

1. DESCRIPCIÓN

Esta especificación es aplicable a todos los tipos de material bituminosos del tipo de mezclado en caliente en planta; es decir, la mezcla de materiales para carpeta de tipo superior. El trabajo consistirá en la construcción de una o varias capas de mezcla bituminosa sobre la base preparada de acuerdo con estas especificaciones, planos y términos del CONTRATO.

2. MATERIALES.

Las mezclas bituminosas se compondrán de una mezcla de materiales granulares y bituminosos en proporciones definidas.

Antes de producir las mezclas bituminosas, el CONTRATISTA, someterá por escrito la fórmula de trabajo o de control para cada mezcla para la aprobación escrita por parte del INGENIERO. Cada fórmula de control que se someta propondrá valores individuales definitivos para:

- Porcentajes de agregados que pasen los tamices especificados, basados en el peso seco del agregado. Estos porcentajes deberán estar dentro de los límites detallados en la tabla de esta especificación presentada a continuación.

- La porción de los agregados retenida en el tamiz N° 8 se designará agregado grueso. Sólo se podrá emplear un tipo único de agregados gruesos, excepto en el caso en que el INGENIERO autorice otra cosa por escrito.
- El porcentaje de material bituminoso a ser agregado, que se basará en el peso total de la mezcla.
- Se definirá la temperatura máxima de la mezcla al salir de la mezcladora y la temperatura mínima de colocación.
- Cuando se utilice grava triturada, no menos de un 80% en peso de las partículas de la misma, retenidas por el tamiz N° 4, deberá tener por lo menos una cara fracturada.
- El porcentaje de laminaridad deberá ser $\leq 15\%$.
- Los agregados deberán tener un porcentaje de desgaste no mayor al 40% a 500 revoluciones al ser ensayadas por el método AASHTO T-96. Los agregados deben ser homogéneos (tipo único de agregados).
- Las piedras y gravas trituradas, al ser sometidas a cinco ensayos alternativos de durabilidad, mediante el sulfato de sodio, empleando el método AASHTO T-104 no podrá tener una pérdida de peso mayor de un 12%.
- El porcentaje de adherencia deberá ser $\geq 95\%$ (AASHTO T-182).

Si se propone un cambio en la fuente de materiales o si la fórmula de control resulta insatisfactoria, deberá presentarse una nueva fórmula de control para su aprobación escrita por el INGENIERO como condición previa para su producción.

Los agregados deberán cumplir una de las siguientes gradaciones, en conformidad con las recomendaciones del INGENIERO.

Pavimentos Bituminosos Mezclados en Caliente en Planta

Requisitos sobre Graduación (según FP-85)

(Porcentaje en peso, que pasa cribas con mallas cuadradas, AASHTO T-11 y T-27)

| Determinación del Tamiz | GRADUACIÓN | | | | | |
|----------------------------|------------|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | D | E | F |
| 2 | 100 | - | - | - | - | - |

| Determinación del Tamiz | GRADUACIÓN | | | | | |
|----------------------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| | A | B | C | D | E | F |
| 11/2 | 97-100 | 100 | - | - | - | - |
| 1" | - | 97-100 | 100 | - | - | - |
| 3/4 | 66/80 (5) | - | 97-100 | 100 | - | - |
| 1/2 | - | - | 76-88 (5) | 97-100 | - | - |
| 3/8 | 48-60 | 53-70 (6) | - | - | 100 | 100 |
| Nº 4 | 33-45 (5) | 40-52 (6) | 49-59 (7) | 57-69 (6) | 97-100 | 33-47 (6) |
| Nº 8 | 25-33 (4) | 25-39 (4) | 36-45 (5) | 41-49 (6) | 62-81 (5) | 7-13 (4) |
| Nº 40 | 9-17 (3) | 10-19 (3) | 14-22 (3) | 14-22 (3) | 22-37 (3) | - |
| Nº 200 | 3-8 (2) | 3-8 (2) | 3-7 (2) | 3-8 (2) | 7-16 (2) | 2-4 (2) |

El tipo de la calidad de los materiales bituminosos para el presente proyecto y los concretos asfálticos, deberán satisfacer los requisitos de AASHTO M-226.

El agregado grueso (retenido por el tamiz No. 8) deberá ser de piedra triturada y deberá satisfacer los requisitos de calidad ya indicados. Cuando se utilice grava triturada no menos del 80% de las partículas retenidas en el tamiz No. 4 deberán tener por lo menos una cara fracturada. El agregado grueso deberá ser de tal gradación, que cuando sea cambiado con otras fracciones del agregado, la mezcla resultante alcance la granulometría exigida en especificaciones para su utilización en obra.

El agregado fino, material que pasa tamiz No. 8 deberá consistir de arena natural o producto de trituración y deberá satisfacer los requisitos de AASHTO M-29 sobre calidad. El agregado fino deberá ser de tal graduación, que al ser combinado con otras fracciones de agregado que se requieren en la proporción adecuada, la mezcla resultante satisfaga la granulometría exigida para su utilización en obra.

El IP de la fracción pasante por el tamiz No. 40 deberá ser $\leq 4.0\%$; recomendándose efectuar también los límites de consistencia sobre la fracción pasante por el tamiz No. 200 (por vía húmeda), debiendo obtenerse $IP \leq 4.0\%$.

La pérdida en el ensayo de durabilidad deberá ser $\leq 15\%$ (si se efectúa con SO_4Na_2) y $\leq 20\%$ (si se utiliza SO_4Hg); en ambos casos se cumplirán 5 ciclos. El equivalente de arena deberá ser $\geq 50\%$, en el ensayo efectuado sobre los agregados antes de ingresar a la planta.

Las características de calidad de las mezclas asfálticas elaboradas en caliente, se establecen en base a distintos niveles de tránsito, siendo:

| Características | Transito | | |
|---------------------------------------|-------------------------------------|--|--------------------------------------|
| | Pesado $N_{8.2} > 1 \times 10^6$ | Mediano $1 \times 10^4 < N_{8.2} < 1 \times 10^6$ | Liviano $N_{8.2} < 1 \times 10^4$ |
| Número de Golpes | 75 | 75 | 50 |
| Estabilidad (kg) | ≥ 1000 | ≥ 700 | ≥ 500 |
| Fluencia (cm) | 0.20 - 0.35 | 0.20 - 0.35 | 0.20 - 0.40 |
| Vacíos (%) | 3.5 | 3.5 | 3.5 |
| VAM mínimo (%) * f (TMN) del ácido | 13 - 15 | 13 - 15 | 13 - 15 |
| RBV (%) | 75 - 85 | 75 - 85 | 75 - 85 |
| Estabilidad Remanente | $\geq 75\%$ | $\geq 75\%$ | 75% |

* TMN = Tamaño máximo nominal.

El dopaje de la fórmula de obra se llevará a cabo mediante el método Marshall.

3. EQUIPO

Para la obra, el CONTRATISTA proporcionará el equipo necesario, suficiente de capacidad y condiciones mecánicas óptimas, el mismo que deberá ser revisado y aprobado por escrito por el INGENIERO.

El equipo en obra deberá ser como mínimo ofertado en su propuesta por el CONTRATISTA y consistirá en la siguiente lista informativa y no limitativa.

- Equipo para producción de agregados para pavimentación; planta de trituración, seleccionadora, planta de lavado y seleccionadora de agregados, equipo de carga y transporte, secador de agregados, etc.
- Equipo de preparación y distribución de materiales para pavimentación; planta procesadora de concreto asfáltico en caliente, báscula para camiones, sistema de transporte y distribución, vibro-terminadora de concreto asfáltico, etc.
- Equipos de compactación autopropulsados y de diferentes pesos: aplanadoras tándem, compactadoras de rodillo liso, compactadoras de neumáticos lisos, rolos vibratorios o una combinación de ellos, capaces de revertir su movimiento, sin levantar o arrancar la mezcla. El uso de equipos que provoquen la trituración del agregado no será permitido.
- Laboratorios de campo para suelos y agregados, materiales bituminosos y mezcla asfáltica en caliente.

4. EJECUCIÓN

La carpeta de concreto asfáltico mezclado en planta consiste de una masa compacta consistente de material bituminoso y agregados de alta calidad, colocados en capas, aplicadas en una o más capas trabadas entre sí, que distribuye las cargas a una base convenientemente preparada.

Deberán observarse las siguientes disposiciones:

- El material bituminoso no será colocado cuando las condiciones del tiempo no permitan el manejo y la terminación concreta de la mezcla, o cuando la superficie de la base está congelada, o con temperatura por debajo de +7°C.
- El material bituminoso deberá ser calentado hasta la temperatura especificada, en una forma tal que se pueda evitar el recalentamiento local y proporcionar un abastecimiento continuo del material bituminoso a la mezcladora a temperatura uniforme.
- La temperatura del cemento asfáltico que se entregue a la mezcladora no deberá ser mayor a la cual el cemento asfáltico tiene una viscosidad cinemática de 150 centistokes, determinada según AASHTO T-201. La temperatura no deberá ser más baja

que la que se necesita para obtener un revestimiento completo y distribución uniforme sobre las partículas de agregado y para proveer una mezcla que sea satisfactoriamente trabajable. Los agregados secos y el material bituminoso serán medidos e introducidos en la mezcladora en la cantidad especificada por la fórmula de mezcla de trabajo o control. Estos materiales deberán ser mezclados hasta que se obtengan partículas con una capa completa y una uniforme distribución del material bituminoso en todas las partes del agregado.

- El INGENIERO y el CONTRATISTA mantendrán tarjetas diarias de control para el contenido de bitúmenes y granulometría de la fórmula de trabajo.

- El transporte de la mezcla, desde la planta hasta el lugar de su aplicación será ejecutado en vehículos de caja metálica hermética, lisa y limpia, sus pisos estarán libres de aceite u otro derivado del petróleo, solventes u otros productos que afecten adversamente a la mezcla asfáltica. Una cobertura delgada de un material aprobado, puede ser utilizada para evitar la adherencia a los pisos de los camiones. Cada vehículo deberá disponer de una lona impermeable u otro material adecuado y aprobado por el INGENIERO, para proteger la mezcla contra la intemperie y mantener la mezcla con la temperatura apropiada.

- Como operación previa al tendido de la carpeta asfáltica se trazarán y localizarán las líneas de referencia y puntos de control geométrico para los límites de la carpeta asfáltica. El tendido de la mezcla será efectuado mediante un distribuidor de mezcla y vibro-terminadora de pavimento, ejerciéndose un control permanente del espesor del material extendido que permita alcanzar el espesor final de proyecto de la carpeta asfáltica después de la compactación.

- En las zonas donde el uso de la distribuidora mecánica y el equipo de acabado sea impracticable, la mezcla será rodeada, desparramada, rastrillada y enrasada mediante el uso de herramientas de mano, a fin de obtener el espesor compactado requerido. La producción de la mezcla de la planta debe ser regulada en forma tal que la pavimentadora pueda ser usada en forma continua. La operación de pavimentar debe ser conducida en forma tal de minimizar los inconvenientes al tráfico y asegurar la protección de las superficies existentes y terminadas.

- El control de tráfico y las operaciones de pavimentación serán llevadas a cabo de acuerdo a un plan aprobado de control de tráfico.
- En lo relativo a las juntas, los rodillos no pasarán sobre bordes no protegidos de una mezcla recientemente colocada. Se formarán juntas transversales mediante el corte de la capa previa en todo el espesor de la misma. Se utilizará una aplicación de riego de liga sobre las juntas transversales y longitudinales de contacto de las superficies, antes de la colocación de la mezcla adicional contra el material previamente compactado.
- El compactado deberá comenzar inmediatamente después de que el material haya sido tendido por el distribuidor o vibro-terminadora. Muchas mezclas se compactan rápidamente si el extendido ha sido realizado con la temperatura adecuada de la mezcla.
- Para evitar la adherencia de la mezcla a los rodillos, las ruedas deberán ser humedecidas con agua o agua mezclada con una pequeña cantidad de detergente u otro material aprobado, no permitiéndose un exceso de líquido.
- Las mezclas deberán ser colocadas a una temperatura no menor a los 110° (grados centígrados) midiéndola en el vehículo en el momento de descargarla en el distribuidor. El contenido de humedad no deberá exceder el 1%.
- La mezcla deberá ser aplicada y enrasada de acuerdo con la pendiente y elevaciones establecidas. Las pavimentadoras bituminosas deberán ser empleadas para distribuir la mezcla, ya sea a todo lo ancho de la vía o parte de la misma, según sea factible.
- La junta longitudinal en una capa deberá traslapar la de la capa inmediatamente inferior en aproximadamente 15 cm. sin embargo, la junta de la capa superior deberá estar en correspondencia con la línea central del pavimento.
- En zonas no accesibles a los rodillos, la mezcla será compactada cuidadosamente con compactadores de mano calentados, planchas enrasadoras o compactadores mecánicos. Toda mezcla que se haya soltado o roto, mezclado con tierra o defectuosa en cualquier aspecto, será eliminada y reemplazada por mezcla caliente fresca y compactada, hasta emparejarse con el área adyacente. Toda zona que acuse un exceso o deficiencia de asfalto será removida y reemplazada.

5. CONTROL POR EL INGENIERO

Sobre los trabajos que el INGENIERO realizará los controles en:

- Materiales

Los materiales bituminosos provistos por el CONTRATISTA serán aprobados en obra y sujetos a las siguientes condiciones:

El proveedor deberá presentar pruebas y resultados de laboratorio de cada partida de material destinado al proyecto, y a certificar que el material cumple con las especificaciones del CONTRATO.

Antes de embarcar el material, el proveedor deberá examinar los recipientes del envío, eliminando aquéllos que presentan contaminación con otros materiales no apropiados para su utilización en pavimentación y deberá certificar que el material provisto está libre de materiales contaminados.

El CONTRATISTA presentará al INGENIERO los certificados de calidad de los materiales, emitidos por el proveedor para su aprobación por escrito. Esta aprobación del INGENIERO no releva al CONTRATISTA de la responsabilidad de proveer materiales de calidad especificada y de los resultados de su empleo y obras construidas según términos de CONTRATO.

El INGENIERO podrá, si lo considera conveniente, ordenar la realización de ensayos de laboratorio y control de calidad de los materiales provistos por el CONTRATISTA en un laboratorio particular y diferente al que emitió los certificados del proveedor presentados por el CONTRATISTA. Estos ensayos complementarios exigidos por el INGENIERO serán realizados por cuenta del CONTRATISTA.

- Planta

Se verificará que las condiciones de operación de la planta y equipo complementario resulten satisfactorias, en la combinación de agregados de dos o más fuentes para obtener granulometría adecuada. Que exista un movimiento fluido de los agregados desde los silos, secador, seleccionadores vibrátiles, y su graduación sea la

especificada antes de la aplicación del material bituminoso (verificación sobre pastón seco).

Se verificará la producción inicial de la planta según la fórmula de trabajo o de control. En caso de que esta no cumpla con las condiciones de diseño, el INGENIERO controlará, verificará y aprobará el rediseño de la mezcla en función de una nueva fórmula.

Se realizará con:

Control permanente de la producción de la planta mediante ensayos de laboratorio y presentación de informes con resultados obtenidos.

Control de temperaturas de las mezclas a la salida de la mezcladora y en el punto de aplicación de la carpeta.

Control del distribuidor y su operación, lo mismo sobre el personal de operadores.

El INGENIERO obtendrá muestras del material colocado y compactado con el empleo de extractores de corona para someterlos a los ensayos correspondientes. Una vez obtenidas las muestras, el CONTRATISTA proveerá de mezcla bituminosa para rellenar los huecos de las muestras extraídas.

Normalmente se tomarán como mínimo 6 muestras testigos de la producción del día de trabajo, y la aceptación se basará en el promedio y alcance de los 6 resultados de ensayos (preferiblemente 3 muestras que correspondan al inicio de la jornada y 3 muestras que correspondan al final de la jornada).

Los límites y condiciones de aceptación serán definidos y aprobados por el INGENIERO en base a las condiciones de la fórmula de trabajo o de control. En caso de que por razones justificadas, como mal tiempo, avería en el equipo, u otra causa razonable, se tomen 3 muestras (como mínimo) la aceptación se hará según el criterio del INGENIERO asumiendo la responsabilidad de su decisión por escrito. Las muestras testigos del pavimento compactado abarcarán todo el espesor de la capa. El promedio de dichos espesores, será el considerado.

El INGENIERO realizará un permanente control de las medidas de seguridad industrial sobre el personal, ejecutadas por el CONTRATISTA durante todas las operaciones,

desde la preparación de materiales hasta su aplicación final en obra con el objeto de evitar accidentes.

La superficie será controlada mediante una regla plana de 3.00 m de largo, en las ubicaciones que señale el INGENIERO. La variación entre la superficie y el filo de ensayo de la regla, entre dos contactos cualesquiera, longitudinal o transversalmente a la superficie, no excederá de 5 mm (0.5 cm). Las irregularidades que excedan la tolerancia especificada serán corregidas a costa del CONTRATISTA, mediante la remoción del trabajo defectuoso y su reemplazo con material fresco, mediante recapado (no bacheado) o por fresado, según lo indique el INGENIERO. Luego de efectuada la corrección, el área será nuevamente ensayada (verificación).

Toda mezcla que se haya contaminado con materiales extraños o haya sido encontrada defectuosa, será removida. El material defectuoso será removido en el espesor total de la capa, los agujeros serán cortados en forma tal, que sus lados sean paralelos o perpendiculares a la dirección del tráfico y sus bordes verticales. Los bordes serán recubiertos con materiales bituminosos. Se colocará suficiente mezcla fresca en los agujeros, de manera tal que la superficie terminada conforme la densidad, perfil, y lisura requerida.

6. MEDICIÓN.

La carpeta de concreto asfáltico en caliente colocada y compactada y debidamente aprobada por el INGENIERO, será medida en metros cúbicos.

El cemento asfáltico y el correspondiente transporte de la mezcla asfáltica serán medidos y pagados aparte. El transporte de la mezcla será medido desde la planta de concreto asfáltico hasta los centroides de los tramos a construirse.

7. PAGO.

Las cantidades aceptadas de carpeta de concreto asfáltico en caliente, determinadas según numeral anterior, serán pagadas a los precios unitarios establecidos en CONTRATO. Dichos precios constituirán la compensación total por suministro, transporte, colocación de materiales, utilización de equipo, herramientas, mano de obra

y todos los imprevistos necesarios para ejecutar las obras detalladas en esta especificación, bajo el ítem.

Ítem: **MEJORAMIENTO SUBRAZANTE**

Unidad: **M3**

1 Definición

Este ítem consiste en la preparación de la subrasante, en los espesores previstos por las secciones transversales típicas del proyecto con las modificaciones que pudiera ordenar por escrito el Ingeniero.

2 Materiales

Los materiales para mejoramiento de subrasante serán obtenidos preferentemente como material seleccionado de la excavación no clasificada y en su defecto de préstamos propuestos por el Contratista y aprobados por el Ingeniero.

En todo caso deben ser suelos de los tipos A-1, A-2 ó A-3 de acuerdo a la clasificación de la AASHTOM-145, con una graduación tal que todas las partículas del mismo pasen la criba de 3 pulgadas y no más del 25% pase por el tamiz N° 200. La porción de material que pase el tamiz N° 40 deberá tener un índice plástico no mayor de 6, tal como se determina en la especificación AASHTOM T-91. Su expansión será menor a 2%.

3 Equipo

El Contratista proveerá el suficiente equipo en número, potencia y capacidad en buenas condiciones de operación para la ejecución de este ítem.

El Ingeniero verificará las condiciones mecánicas del equipo de acuerdo a la relación presentada por el Contratista en el formulario respectivo de su propuesta. Todo equipo que no se encuentre en buenas condiciones de operación para ejecutar la obra deberá ser retirado y cambiado por otro en condiciones óptimas de operación. El equipo deberá ser aprobado por escrito por el Ingeniero.

Para una buena ejecución de la subrasante se recomienda como mínimo el siguiente equipo:

- a) Equipo de extracción, carga y transporte
- b) Motoniveladora con escarificador
- c) Camión tanque distribuidor de agua
- d) Equipo de compactación de diferentes tipos

Se podrá utilizar otro equipo aceptado por el Ingeniero.

4 Procedimiento para la ejecución

4.1 EJECUCIÓN.

La construcción será realizada con el mejor material obtenido de las excavaciones o de préstamos. Comprende las operaciones de distribución, mezcla, humedecimiento o desecación hasta alcanzar la humedad óptima, compactación y acabado hasta el nivel establecido en planos o dispuesto por el Ingeniero.

La densidad de las capas de subrasante mejorada será del 95% de la densidad máxima determinada según el ensayo AASTHO T-180 D; su contenido de humedad podrá variar como máximo entre 12% de la humedad óptima obtenida en el ensayo anterior.

4.2 CONTROLES DEL INGENIERO.

CONTROL DE CALIDAD.

Se realizará los ensayos de control, en cantidad y frecuencia que el Ingeniero considere convenientes, sin embargo, se realizará como mínimo lo siguiente:

- a) Un ensayo de compactación para la determinación de la densidad máxima según AASHTO t-180 D, para cada 200 m³ de la capa de subrasante mejorada.
- b) Un ensayo para la determinación de la densidad en sitio para cada 200 m³ de la capa de subrasante mejorada, alternando en el eje y bordes, correspondiente al ensayo de compactación referido en a).
- c) Un ensayo de granulometría según AASHTO T-27, límite líquido según AASHTO T-89 y límite de plasticidad según AASHTO T-90 para la capa de subrasante

mejorada y para cada grupo de tres muestras homogéneas sometidas al ensayo de compactación referido en a).

d) Un ensayo de contenido de humedad para cada 100 metros lineales, inmediatamente antes de la compactación.

e) Un ensayo del Índice de Soporte de California (CBR) según el ensayo AASHTO T-193 con la energía del ensayo de compactación AASHTO T-180 - D para la capa de subrasante mejorada, para cada grupo de tres muestras sometidas al ensayo de compactación referido en a).

Para la aceptación de este capa, serán considerados los valores individuales de los resultados.

CONTROL GEOMÉTRICO.

El acabado de la plataforma a nivel de subrasante se ejecutará mecánicamente en tal forma que se obtengan la conformación de la sección transversal de diseño, admitiéndose las siguientes tolerancias:

a) Variación máxima de menos (-) 2 cm. en relación a las cotas de diseño para el eje y bordes.

b) Variación máxima en el ancho de más (+) 10 cm. no admitiéndose variación en menos (-).

c) Variación máxima en el bombeo establecido de más (+) 20%, no admitiéndose variación en menos (-).

El control se efectuará mediante la nivelación del eje y bordes.

El acabado, en cuanto al declive transversal será verificado por el ingeniero de acuerdo con el diseño.

5 Medición

Los trabajos comprendidos en esta especificación serán medidos en metros cúbicos de subrasante mejorada, compactada y aceptada, de acuerdo con las secciones de la "media de las áreas" si el caso lo hiciera necesario.

6 Forma de Pago

El trabajo de construcción de subrasante mejorada, medido en conformidad al artículo anterior será pagado al precio unitario contractual correspondiente presentado en el Formulario de Propuestas.

Este precio remunera la utilización de equipo, humedecimiento o desecación, compactación y acabado e incluye toda la mano de obra, herramientas e imprevistos para concluir la obra en forma satisfactoria.

Ítem: PROV. Y COL. SEÑALIZACIÓN VERTICAL PREVENTIVA E INFORMATIVA

Unidad: PZA.

DESCRIPCIÓN

El trabajo consistirá en la ejecución de un sistema de señalización horizontal y vertical llevado a cabo de acuerdo con esta especificación y las instrucciones integrantes del "Manual Técnico del Servicio Nacional de Caminos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras". Comprenderá la instalación de piezas, delineadores y pinturas de fajas en la calzada.

La ubicación, forma y tipo, obedecerán al diseño de la señalización vertical y horizontal contenida en los planos.

El tipo de delineadores y su ubicación, obedecerá al diseño.

La señalización horizontal consistirá en la colocación de fajas de 10 cm. de ancho, de pintura reflectiva en la superficie de la calzada. Las fajas serán intermitentes en el eje central del pavimento con sectores continuos en aquellas curvas que por razones de visibilidad sea prohibido el ultra pasaje. Cuando se establezca demarcación en los bordes del pavimento, las fajas serán continuas.

Las fajas intermitentes, constarán de segmentos de 3.00 metros de longitud espaciados cada 5.00 mts., excepto cuando se especifique de otra manera en el diseño o lo indique el supervisor.

Materiales.

a) Señalización Vertical.- Los postes de hormigón armado deberán ser fabricados atendiendo las especificaciones y los planos.

Las chapas de acero de las placas para señales, serán de 1.5 mm. de espesor para las señales cuyo lado mayor no sobrepase 0.90 m. y de 2.0 mm. para señales mayores, obedeciendo la especificación ASTM-A266.

La pintura para placas, deberá obedecer a las especificaciones AASHTO M-70 y M-72.

b) Delineadores.- Los tubos de P.V.C. de los delineadores, deberán ser de buena calidad, aprobados previamente por el supervisor.

Las franjas reflectivas deberán ser realizadas con materiales reflectantes de calidad comprobada en trabajos de señalización, aprobados por el supervisor en base a certificados presentados por el contratista.

c) Señalización Horizontal.- Los materiales incorporados al trabajo, deberán cumplir con los standards de ASTM de pinturas para el tráfico, en pruebas para composición, tiempo de secado, consistencia, exudación, características de fijación, visibilidad y durabilidad.

La pintura será de color blanco y amarillo, sobre la que se aplicarán glóbulos de vidrio convenientemente graduados.

La pintura deberá ligarse adecuadamente con los glóbulos de vidrio, de tal manera que produzcan máxima adhesión, refracción y reflexión. Se colocarán los glóbulos en la faja de pintura fresca en la proporción de 6 libras de glóbulos por cada galón de pintura (0.72 kg. por cada litro).

COMPOSICIÓN PORCENTAJE EN PESO
MÍNIMO MÁXIMO

Vehículo 40 Pigmento 60

Bióxido de titanio 24 26

Carbonato de calcio ... 30 32

Sulfato de bario 30 32

Silicato de magnesio .. 16

Partículas gruesas y cortas (residuo total en tamiz N° 325, basado en el pigmento), máximo 0,5 por ciento.

Se requiere que después de secarse la pintura, tenga un color blanco fijo (en su caso amarillo), libre de tinte, proveyendo la máxima cantidad de opacidad y visibilidad, ya sea bajo la luz del día o bajo la luz artificial. Los aceites secantes fijos serán de tal carácter que no se oscurezcan bajo el servicio o impidan la visibilidad y el color de la pintura.

El espesor de la película húmeda de pintura aplicada, será de 0.038 cm., la que deberá secar suficientemente una hora después de aplicada, de tal manera que no se ensucie bajo el tráfico.

La pintura no mostrará adelgazamientos cuando se llene hasta la mitad una lata de 236 centímetros cúbicos (media pinta), se reemplace la tapa y se la deje estabilizar por diez y ocho horas.

El color, opacidad y fijeza de la pintura, será igual al de la muestra. Cuando esté seca, mostrará un terminado blanco (o amarillo en su caso), opaco y fijo, sin tendencia a color gris o pérdidas de color cuando se la exponga a la luz directa del día por siete horas.

Los glóbulos de vidrio, deberán cumplir los siguientes requisitos:

- Los glóbulos se fabricarán de vidrio diseñado para tener una alta resistencia al desgaste del tráfico y a los efectos climatológicos.

- Los glóbulos serán de forma esférica, no conteniendo más del 25 % de partículas irregulares. Estarán libres de partículas angulares y de partículas que muestren en su superficie manchas blancas, estrías o incisiones.

- Se realizarán las pruebas de redondez de acuerdo al procedimiento A. Designación D-115 de ASTM.

Los glóbulos cumplirán los siguientes requisitos:

1) Gradación

TAMIZ STANDARD AMERICANO POR CIENTO

MÍNIMO MÁXIMO

| | MÍNIMO | MÁXIMO |
|-----------------------------|--------|--------|
| Pasan N° 20 retenidos N° 30 | 5 | 20 |
| Pasan N° 30 retenidos N° 50 | 30 | 75 |
| Pasan N° 50 retenidos N° 80 | 9 | 32 |
| Pasan N° 80 retenidos N°100 | 0 | 5 |
| Pasan N° 100 | 0 | 2 |

2) Índices de Refracción

Se probarán los glóbulos por el método de inmersión líquida a 25°C y mostrarán un índice de refracción entre 1.50 a 1.65.

3) Resistencia a la Trituración

Cuando se prueban a la compresión en la proporción de una carga de 70 libras (31.75 kg) por minuto, la resistencia promedio de 10 glóbulos no será menor de la siguiente:

Tamíz 20 - 30 30 libras (13.61 kg)

Tamíz 30 - 40 20 libras (9.07 kg)

4) Estabilidad Química

Glóbulos que muestren cualquier tendencia a la descomposición, incluyendo corrosión de la superficie cuando se los exponga a las condiciones atmosféricas, a la humedad, a los ácidos diluidos, al alcaloides o constituyentes de la película de

pintura, pueden requerir que se los someta, antes de su aceptación a pruebas que demuestren su mantenimiento y comportamiento reflector satisfactorios.

5) Reflectancia Inicial

Cuando los glóbulos se apliquen en la proporción de 0.72 kg por litro (6 libras por galón) en un aglutinador que tenga una película húmeda del espesor de 38 milésimos de centímetro (15 milésimos de pulgada), la pintura resultante, después de secarse por 24 horas, mostrará un valor reflector direccional no menor de 14, usándose el medidor nocturno de Hunter.

Se suministrarán los glóbulos empaquetados en bolsas standard a prueba de humedad. Se proporcionará al supervisor, 30 días antes de comenzar el trabajo, una muestra de 2.5 kg del material que el fabricante propone suministrar y un certificado que acredite el cumplimiento de éstas especificaciones.

Ejecución.-

a) Señalización Vertical.- Todas las estructuras para el sostén de las señales, deberán construirse de modo que se mantengan fijas y resistan la acción de intemperie. Las señales de Reglamentación y Prevención, serán mantenidas siempre en un poste único, las señales de información sobre dos postes.

Las estructuras de sostén de las señales, deberán estar perfectamente verticales y colocadas a las alturas fijadas por el diseño. El relleno de sus fundaciones deberá ejecutarse con hormigón tipo D perfectamente consolidado a fin de evitar huecos.

1) Soporte de Hormigón

Los postes de hormigón armado para el sostén de las señales, serán colocados a una profundidad no menor a 0.45 metros. Tendrán sección cuadrada con 12 cm. de lado, de acuerdo al diseño. Serán construidos con hormigón tipo C y acero de grado 40.

2) Chapas para Señales

Las chapas para las señales serán metálicas, en planchas de acero SAE 1010/1020, laminadas en frío, calibre 16 (1/16" de espesor).

Previamente, las chapas serán desoxidadas, fosfatadas y preservadas contra la oxidación.

El acabado será efectuado con esmalte sintético a estufa a 140°C, en los colores convencionales. Las letras, fajas, flechas y designaciones, serán ejecutadas en película reflectante tipo Scotchlite.

Las chapas serán fijadas en los soportes de hormigón armado por medio de pernos de 3/8" x 6" en cada poste.

b) Delineadores.- Para auxiliar a los conductores por la noche o en ocasión de neblinas, fue prevista la implantación de delineadores, los mismos que se ubicarán de acuerdo al diseño o a las instrucciones del supervisor.

Los delineadores estarán constituidos por un tubo de P.V.C. (de tubería de conducción de agua a presión) de 3" de diámetro y de 1.00 m. de longitud, rellenos con hormigón tipo D. En la parte superior del tubo, se aplicará una franja reflectiva blanca de 8 x 8 cm., los mismos deberán ser firmemente fijados en el terreno o en los muros de defensa, conforme lo indica el diseño u ordene el supervisor, de modo que no puedan ser retirados posteriormente a su colocación.

c) Señalización Horizontal.- El trabajo se efectuará por trabajadores competentes y empleando los materiales, métodos y equipo aprobados por el supervisor.

La pintura para la demarcación, se aplicará estando la superficie del pavimento limpia y seca, mediante equipo mecánico. La proporción de la aplicación, será como mínimo de 6 galones (22.7 kg) por km. en una faja continua de 10 cm. de ancho. Los glóbulos se aplicarán en la proporción de 6 libras por galón (0.72 kg. por litro).

Medición.

La medición se efectuará por "punto" o unidad de señal de tráfico ejecutada, que comprenderá: la señal vertical más la señal horizontal, cuando así se presente.

Los delineadores serán considerados parte de un "punto" o unidad de señal junto con la señalización horizontal donde las hubiera.

No se efectuarán mediciones separadas de los glóbulos de vidrio ni otros ítems que requiera la correcta ejecución del mismo.

Pago

Los trabajos de señalización horizontal y vertical, medidos de acuerdo al inciso 14.4, serán pagados a los precios unitarios contractuales correspondientes a los ítems de pago definidos en los Formularios de Propuesta. Dichos precios incluyen el suministro y colocación de todos los materiales (acero de refuerzo, hormigón, encofrados, clavos, plancha de acero, pernos, tuercas con arandelas, pintura, glóbulos de vidrio, etc.), excavación, relleno, fabricación y colocación de postes, mojones, placas y delineadores, así como toda la mano de obra, equipo, herramientas e imprevistos necesarios para completar la obra prescrita en esta especificación.

4.5. Conclusiones.

- Los software que utilizan elementos paramétricos BIM, nos llevan a otro nivel de diseño específicamente hablando el diseño de elementos tridimensionales como los corredors del civil 3d que viene a ser un bloque dinámico paramétrico, estos nos ayudan a ver detalladamente el resultado final del diseño propuesto y también observar la incidencia o afectación al implementar o emplazar la obra en el lugar, por supuesto que hace un tiempo atrás que esto está sucediendo pero en la actualidad están surgiendo programas como Autodesk Infraworks 360 que pienso es y será un estándar a la hora de generar maquetaciones tridimensionales y a la hora de socializar un proyecto de impacto será muy práctico el uso de este tipo de programas.
- En todo el diseño geométrico se consideró las recomendaciones y criterios el manual de la Administradora Boliviana de Carreteras
- El análisis del sitio en estudio mediante el software plexcad fue muy útil a la hora de referenciar el proyecto a las coordenadas UTM.
- El levantamiento que se pudo obtener fue a través de una poligonal abierta, donde el levantamiento tuvo algunas restricciones en cuanto al levantamiento de la faja, es decir, no se pudo hacer un levantamiento muy extenso transversalmente por las propiedades aledañas al camino.
- Culminada la clasificación de suelos especialmente se destacan dos tipos de suelos granulares y limosos.
- El diseño geométrico que se pudo obtener garantiza seguridad y confort, para usuarios y peatones, esto se pudo lograr con la ayuda del software AutoCAD Civil 3D
- El cálculo de movimiento de tierras se lo realizo con Autocad Civil 3d. el diagrama muestra que existe corte abundante esto es debido a que una gran parte del diseño corresponde a una apertura de camino
- El cálculo estructural de la alcantarilla de cruce se lo realizo con el software Cypecad el modulo obras civiles Marcos. Este programa

facilita notablemente la discretización de la estructura, el programa genera una malla triangular haciendo un cálculo por elementos finitos sobre una placa de espesor grueso.

- Para nuestro entorno se podría decir que el método CBR es un método aceptable por que sus variables fueron obtenidas en laboratorio de suelos,
- Según los costos horarios de equipos, materiales y mano de obra, en cuanto a los resultados obtenidos están dentro de lo aceptable.

4.6.- Recomendaciones

- El software civil 3d es muy dinámico y ágil a comparación del AutoCAD land pero tiene requerimientos demasiado altos a la hora de diseñar más de 5 kilómetros, aun con la metodología de accesos directos con la que cuenta este programa esto quiere decir que una vez terminado todo el diseño y ya están elaborados los planos ya no es aconsejable mover el alineamiento horizontal específicamente, puesto que la regeneración automática de la obra lineal llevara mucho tiempo, una computadora ideal para subsanar esto situación sería una que cuente con una tarjeta de video semi profesional para diseñadores, y toda la memoria RAM posible (16 a 32 Gb.)
- Para el método AASHTO para el diseño estructural, se deberá definir en forma acertada las ecuaciones del módulo resiliente.
- Para diseñar la alcantarilla cajón el modulo marcos de Cypecad es bastante útil y ágil. Pero cabe recalcar que este módulo no calcula los refuerzos para las uniones en las esquinas del marco.
- El diagrama de movimiento de tierras no presenta compensaciones entre corte y relleno para tal efecto se tendría que alterar el alineamiento vertical. pero un inconveniente muy importante es que los terraplenes en ladera de montaña no son constructivamente muy aprovados por contratistas prefiriendo estos solamente cortar y evitar la tediosa labor de compactar por capas para conformar dichos terraplenes.
- Para la impresión en Civil 3d puede ser un inconveniente no regenerar la obra lineal puesto que si esta no es regenerada algunos datos y parte de los gráficos no aparecerán cuando se esté imprimiendo, para evitar este contra tiempo una alternativa seria exportar los planos a extensión .DWF o PDF.

4.7. BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Diseño de Pavimentos (AASHTO-98), “AASHTO Design Produces For New Pavements”
Universidad Nacional de San Juan » Ed. Universidad - San Juan, Argentina » 2000
- 2.- Drenaje Vial Superficial y Subterráneo
Ing. Rodrigo A. Lemos R. » Ed. Universidad » Popayán, COLOMBIA » 1999
Jacob Carsiente “Carreteras Estudio y diseño”
- 3.- Estructura de Costos Industria de la Construcción Civil
Ing. Reynaldo Zabaleta Jordán » Ed. Latinas Editores - Oruro, BOLIVIA » 2007
- 7.- Hidrología
Eulalio Juárez Badillo, Alfonso Rico Rodríguez » Ed. Limusa -MEXICO D.F. » 1986
- 5.- Jacob Carsiente “Carreteras Estudio y diseño”
- 6.- Manual del usuario Autocad Land Desktop 2005 Autodesk
- 4.- Mecánica de Suelos
Ing. Máximo Villon Bejar » Ed. Villon - Lima, PERU » 2002
- 8.- Manual De Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia, Y Pavimentos.
- 9.- Manual de Diseño Geométrico
- 10.- Norma de la Administradora Boliviana de Carreteras ABC
Administradora Boliviana de Carreteras » <http://www.ABC.com>
- 11.- Programa de asistencia técnica en transporte urbano para las ciudades medias mexicanas, Manual de Ejecución y Control de Calidad de Obras Viales