

CAPÍTULO I

ANÁLISIS Y LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

1.1.- Introducción

La topografía es una ciencia aplicada que se encarga de determinar las posiciones relativas y absolutas de los puntos sobre la tierra, así como la representación en un plano de una porción de la superficie terrestre.

Para lograr su objetivo, la topografía se valdrá de diversos métodos y procedimientos así como la de instrumentos de alta y de baja precisión; para luego representar los datos obtenidos en un plano topográfico construido a partir de coordenadas rectangulares y a una determinada escala.

La topografía ejecuta también replanteos del terreno para la verificación de diversas obras de ingeniería, hace también trabajos de deslinde, división de tierras, catastro rural y urbano, así como levantamientos y trazos subterráneos.

La topografía esta en estrecha relación con la geodesia y la cartografía. La geodesia se encarga de señalar la forma y dimensiones de la tierra y la cartografía se encarga de la representación gráfica, sobre una carta o mapa, de una parte de la tierra o de toda ella.

La diferencia entre la topografía y la geodesia ésta en los métodos y procedimientos de medición y cálculo que emplean cada una de éstas ciencias, pues la topografía realiza sus trabajos en porciones relativamente pequeñas de la superficie terrestre, considerándola como plana, mientras que la geodesia toma en cuenta la curvatura terrestre, pues sus mediciones son sobre extensiones más grandes: Poblados, estados, países, continentes, o la tierra misma.

De la representación gráfica de estas mediciones se encarga la cartografía, proyectando sobre un plano la parte o las partes del esferoide terrestre, a diferencia

del dibujo topográfico que proyecta sobre un plano las medidas hechas sobre una superficie considerada como un plano también.

La topografía efectúa sus actividades en el campo y el gabinete. En el campo se efectúan las mediciones y recopilaciones de datos suficientes para dibujar en un plano una figura semejante al terreno que se desea representar. A éstas operaciones se las denomina levantamientos topográficos.

Los levantamientos topográficos podrán clasificarse según el terreno donde se realice el levantamiento, así como el objetivo para el cual se está realizando dicho levantamiento. Entre los tipos de levantamientos tenemos: Los Catastrales, los Viales, de Detalles, Hidrográficos, Sanitarios y Subterráneos.

Sobre los planos se hacen proyectos cuyos datos y especificaciones deben replantearse sobre el terreno. A ésta operación se la conoce como trazo.

Dentro de las actividades de gabinete se encuentran, los métodos y procedimientos para el cálculo y el dibujo.

1.2.- Definición de topografía

El término “teodolito” es dudoso. Se admite generalmente una composición del artículo inglés “the” con la palabra Arabe “Alhidade”. Ya en la obra de Leonard Digges “Geometrical Practice Namend Pantometría” se encuentra por primera vez el término Teodolito; al ser construido el primer Teodolito en 1787 por RAMSDEN.

Anteriormente se le denominaba Tránsito, porque podía transitar o sea girar 180 sobre su eje horizontal.



Actualmente son sinónimas dichas palabras Tránsito y Teodolito.

Es un aparato que se adopta a múltiples usos en la Topografía, principalmente para medir ángulos horizontales y verticales refiriéndose a un plano horizontal que pasa por el punto de observación; para medir distancias por Taquimetría o Estadía alineamientos rectos sobre el terreno.

1.3.- Detalles del levantamiento

1.3.1.- Levantamiento Topográfico

Se denomina levantamiento al conjunto de operaciones necesarias para representar topográficamente un terreno. Aunque en general todo levantamiento ha de hacerse con precisiones ya establecidas, hay ocasiones en que, por la índole del trabajo, puede aligerarse éste aún cuando lleguen a cometerse errores sensibles en el plano, e incluso, a veces, basta un ligero bosquejo, con rápidas medidas, constituyendo un croquis.

1.3.2.- Tipos de levantamientos

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

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

Estos levantamientos tienen por objeto marcar o localizar linderos, medianías con

limites de propiedades, medir y dividir superficies, ubicar terrenos en planos generales ligando con levantamientos anteriores o proyectar obras y construcciones. Las principales operaciones son:

Definición de itinerario y medición de poligonales por los linderos existentes para hallar su longitud y orientación o dirección. Replanteo de linderos desaparecidos partiendo de datos anteriores sobre longitud y orientación valiéndose de toda la información posible y disponible.

División de fincas en parcelas de forma y características determinadas, operación que se conoce con el nombre de particiones. Amojonamiento de linderos para garantizar su posición y permanencia. Referencia de mojones, ligados posicionamente a señales permanentes en el terreno.

Cálculo de áreas, distancias y direcciones, que es en esencia los resultados de los trabajos de agrimensura.

Representación gráfica del levantamiento mediante la confección o dibujo de planos.

Soporte de las actas de los deslindes practicados.

1.3.2.1- Levantamiento longitudinal o de vías de comunicación

Son los levantamientos que sirven para estudiar y construir vías de transporte o comunicaciones como carreteras, vías férreas, canales, líneas de transmisión, acueductos, donde el objetivo es señalar las características planimétricas y altimétricas de la superficie terrestre donde se proyectara e implantara una obra vial. Ese tipo de levantamientos generalmente son los más completos y tienen igual incidencia los elementos de distancia, direcciones y alturas.

Las operaciones son las siguientes:

Levantamiento topográfico de la franja donde va a quedar emplazada la obra tanto en planta como en elevación (planimetría y altimetría simultáneas).

Diseño en planta del eje de la vía según las especificaciones de diseño geométrico dadas para el tipo de obra.

Localización del eje de la obra diseñado mediante la colocación de estacas a cortos intervalos de unas a otras, generalmente a distancias fijas de 5, 10 o 20 metros.

Nivelación del eje estacado o abscisado, mediante itinerarios de nivelación para disponer el perfil del terreno a lo largo del eje diseñado y localizado.

Dibujo del perfil y anotación de las pendientes longitudinales

Determinación de secciones o perfiles transversales de la obra y la ubicación de los puntos de chaflanes respectivos.

Cálculo de volúmenes (cubicación) y programación de las labores de explanación o de movimientos de tierras (diagramas de masas), para la optimización de cortes y rellenos hasta alcanzar la línea de sub. Rasante de la vía.

Trazado y localización de las obras respecto al eje, tales como puentes, desagües, alcantarillas, drenajes, filtros, y muros de contención, etc.

Localización y señalamiento de los derechos de vía ó zonas legales de paso a lo largo del eje de la obra.

1.3.2.2.- Levantamientos catastrales y urbanos

Son los levantamientos que se hacen en ciudades, zonas urbanas y municipios para fijar linderos o estudiar las zonas urbanas con el objeto de tener el plano que servirá de base para la planeación, estudios y diseños de ensanches, ampliaciones, reformas y proyecto de vías urbanas y de los servicios públicos, (redes de acueducto, alcantarillado, teléfonos, y electricidad, etc.).

Un plano de población es un levantamiento donde se hacen las mediciones de las manzanas, redes viales, identificando claramente las áreas públicas (vías, parques, y zonas de reserva, etc.) de las áreas privadas (edificaciones y solares), tomando la mayor cantidad de detalles tanto de la configuración horizontal como vertical

del terreno. Estos planos son de gran utilidad especialmente para proyectos y mejoras y reformas en las grandes ciudades. Este trabajo debe ser hecho con extrema precisión y se basa en puntos de posición conocida, fijados previamente con procedimientos geodésicos y que se toman como señales permanentes de referencia. Igualmente se debe complementar la red de puntos de referencia, materializando nuevos puntos de posición conocida, tanto en planta en función de sus coordenadas, como en elevación, altitud o cota.

Los levantamientos catastrales comprenden los trabajos necesarios para levantar planos de propiedades y definir los linderos y áreas de las fincas campestres, cultivos, edificaciones, así como toda clase de predios con espacios cubiertos y libres, con fines principalmente fiscales, especialmente para la determinación de avalúos y para el cobro de impuesto predial.

Las operaciones que integran este trabajo son las siguientes:

Establecimiento de una red de puntos de apoyo, tanto en planimetría como en altimetría.

Relleno de ésta red con tantos puntos como sea necesario para poder confeccionar un plano bien detallado. Información de cierto número de puntos especiales, tales como esquinas de calles, con marcas adecuadas referido a un sistema único de coordenadas rectangulares.

Confección de un plano de la población bien detallado con la localización y dimensiones de cada casa.

Dibujo de uno o varios planos donde se pueda apreciar la red de distribución de los diferentes servicios que van por el subsuelo (tuberías, alcantarillados, y cables telefónicos, etc.).

1.4 Características topográficas de la zona en estudio

1.4.1.- Planimetría

Como ya habíamos mencionado, la topografía, para la realización de cualquier tipo de levantamiento, se basa en dos principios fundamentales, uno de ellos es la Planimetría.

La planimetría es la parte de la topografía que sólo tiene en cuenta la proyección del terreno sobre un plano horizontal imaginario (vista en planta) que se supone que es la superficie media de la tierra; ésta proyección se denomina base productiva y es la que se considera cuando se miden distancias horizontales y se calcula el área de un terreno. Aquí *no* interesan las diferencias relativas de las elevaciones entre los diferentes puntos del terreno. La ubicación de los diferentes puntos sobre la superficie de la tierra se hace mediante la medición de ángulos y distancias a partir de puntos y líneas de referencia proyectadas sobre un plano horizontal. El conjunto de líneas que unen los puntos observados se denomina Poligonal Base y es la que conforma la red fundamental o esqueleto del levantamiento, a partir de la cual se referencia la posición de todos los detalles o accidentes naturales y/o artificiales de interés. La poligonal base puede ser abierta o cerrada según los requerimientos del levantamiento topográfico. Como resultado de los trabajos de planimetría se obtiene un esquema horizontal.

1.4.1.1.- Levantamiento de Poligonales Cerradas

Dado que las poligonales cerradas son aquellas que unen varios puntos formando una figura geométrica irregular cuyo primer y último lado se unen en un punto de cierre. El levantamiento debe hacerse tomando como puntos base los vértices del polígono y además de estos se deben tomar otros puntos alrededor (considerados radiales). Este tipo de poligonal es utilizada cuando se desea realizar un levantamiento de plani-altimetría como ser las curvas de nivel pues cubre toda una superficie y se puede controlar si se tienen errores con las distancias o ángulos.

1.4.1.2 Lectura de datos de campo

El trabajo de planimetría consiste en la medición de distancias y ángulos horizontales, los pasos que se siguieron fueron:

1.4.2 Procesamiento de datos

1.4.2.1.- Distancia Horizontal

Un plano horizontal es un plano tangente o paralelo a una superficie de nivel y representa la base productiva para la proyección de todos los puntos medidos en el terreno.

Una línea horizontal es una línea contenida en un plano horizontal y por lo tanto tangente a una superficie de nivel. En topografía se sobreentiende que toda línea horizontal es una recta. En las aplicaciones planimétricas de la topografía (cálculo y dibujo) solo se consideran las distancias horizontales. En caso de que se midan distancias inclinadas debe hacerse la respectiva reducción al horizonte o cálculo de la proyección horizontal de la medida.

1.4.2.2.- Determinación de distancias

Las medidas de distancias entre puntos pueden obtenerse por medidas:

- Directas (con longímetros).
- Indirectas (con taquímetros).

1.4.2.3.- Distancias Indirectas

Cuando se trabaja con un taquímetro si se pueden realizar mediciones de distancias indirectas mediante hilos estadimétricos a partir del punto de estación al punto visado, con ayuda de la mira.

Las relaciones entre hilos debe ser tal que se cumpla con la siguiente relación:

$$\mathbf{H_M = \frac{H_s + H_i}{2}}$$

Donde:

H_M = Hilo medio

H_s = Hilo superior

H_i = Hilo inferior

En éste trabajo de campo constantemente el operador debe hacer una comprobación de las lecturas realizadas que cumplan con la relación mencionada.

La relación que nos permite determinar la distancia inclinada entre dos puntos es la siguiente:

$$D_i = (H_s - H_i) \cdot 100$$

Donde:

D_i = Distancia inclinada

H_s = Hilo superior

H_i = Hilo inferior

La distancia horizontal que resulta ser la proyección de la distancia inclinada está dada por la siguiente relación:

$$D_H = D_i \cdot \cos^2 \alpha$$

En este trabajo de campo el operador debe tener en cuenta que constantemente las lecturas cumplan la relación anteriormente expuesta.

1.4.2.4 Ángulos Horizontales

Un ángulo horizontal es el formado por dos líneas rectas situadas en un plano horizontal. El valor del ángulo horizontal se utiliza para definir la dirección de un alineamiento a partir de una línea que se toma como referencia.

Para la determinación de ángulos en los levantamientos se pueden obtener mediante los levantamientos con brújula o los levantamientos taquimétricos. Como las mediciones angulares se tiene como unidad fundamental el grado, cuyo valor vamos a definir:

Si se supone a una recta que tenga un extremo fijo y que de una vuelta entera alrededor de este, hasta volver a su posición primitiva y se divide el ángulo en

360 partes iguales, se tiene el grado sexagesimal, si la división se hace en 400 partes, se tiene el grado centesimal.

1.4.2.5.- Clases de ángulos

Se pueden medir tres clases de ángulos, los exteriores, los interiores y los de deflexión.

1.4.2.5.1.- Ángulos interiores.- Desde el punto de referencia se visa el punto atrás donde se hace 0 con el teodolito y se barre el ángulo hasta el punto de adelante, de esa manera se ha medido el ángulo interior entre esos dos puntos.

Para la comprobación de que los ángulos estén bien tomados se puede comprobar por:

$$\sum \text{interiores} = 180^\circ * (n - 2)$$

Donde:

n = Número de lados.

1.4.2.5.2 Ángulos externos.- Para estos ángulos desde punto de referencia se visará el punto de atrás para poner el vernier en 0° y se barrera hacia el punto de adelante obteniendo la magnitud del ángulo exterior y aplicar su fórmula de verificación:

$$\sum \text{exteriores} = 180^\circ * (n + 2)$$

Donde:

n = Número de lados.

1.4.2.5.3.- Ángulos de deflexión.- Es el ángulo que forma en un vértice la prolongación del lado anterior con el lado siguiente. Estableciendo el sentido en el que se va a correr el polígono habrá deflexiones derechas e izquierdas.

Este sistema es especialmente adecuado para la verificación de poligonales abiertas se emplea en estudios de vías de comunicación.

En el vértice se ve el punto de atrás, se da vuelta la campana y se gira la deflexión para ver el punto de adelante.

$$\sum deflexion = 360^\circ$$

1.4.2.5.4.- Relación entre ángulos.- Existen relaciones equivalentes entre los distintos ángulos horizontales:

- 1.- Externo = 360 - Interno
- 2.- Externo = 180 + Deflexión
- 3.- Interno = 360 – Externo
- 4.- Interno = 180 - Deflexión
- 5.- Deflexión = Externo - 180
- 6.- Deflexión = 180 - Interno

1.4.2.5.5.- (DI – DH – DV) Corrección Angular.- Para poder corregir los ángulos se puede utilizar las siguientes fórmulas para el corregimiento:

1.4.2.5.6 .- El Δ o Corregimiento Angular.- Se usa en caso de que la poligonal no cierre correctamente se adiciona o sustrae el Δ según sea el caso, se emplea la siguiente fórmula:

$$\Delta = \frac{\sum \alpha \text{ internos} - 180(n - 2)}{n}$$

1.4.3.- Conceptos de Azimut y Rumbo

La dirección de los alineamientos en topografía se dan en función del ángulo que se forma con el meridiano de referencia y puede ser de dos tipos: Azimut o rumbos.

1.4.3.1.- Azimut de un alineamiento.- Es el ángulo horizontal medido en el sentido de las manecillas del reloj a partir del extremo superior de un meridiano, conocido comúnmente como NORTE, hasta el alineamiento respectivo. Su valor puede estar entre 0 y 360° en el sistema sexagesimal o entre 0 y 400 gones en el sistema centesimal.

1.4.3.2.- Rumbo de un alineamiento.- Es el ángulo horizontal que el alineamiento dado forma con respecto al meridiano de referencia, medido con la línea de los extremos norte ó sur, según la orientación que tenga dicho alineamiento. Se expresa como un ángulo de 0 a 90°, indicando el cuadrante en el cual se encuentra situado.

Para calcular los rumbos a partir de los azimuts se emplean las obvias relaciones deducidas en la figura siguiente y que se presenta en la Tabla que la acompaña.

1.4.3.3.- Conversión de Azimuts a rumbos:

Valor del Azimut	Valor del Rumbo
$Az^\circ = 0^\circ = 360^\circ$	Norte (N)
$0^\circ < Az^\circ < 90^\circ$	N Az° E
$Az^\circ = 90^\circ$	Este (E)
$90^\circ < Az^\circ < 180^\circ$	S $(180 - Az^\circ)$ E
$Az^\circ = 180^\circ$	Sur (S)
$180^\circ < Az^\circ < 270^\circ$	S $(Az^\circ - 180)$ W
$Az^\circ = 270^\circ$	Oeste (W)
$270 < Az^\circ < 360^\circ$	N $(360 - Az^\circ)$ W

1.4.3.5.- Calculo de azimut.- Se calcula a partir del primer azimut tomado mediante la siguiente fórmula:

$$Az_x = Az_{Anterior} + 180 - \alpha_{Interno x}$$

1.4.4.- Altimetría

El objetivo de ésta práctica es la de representar en un sólo plano las características e irregularidades del terreno, para esto se recurre al uso de las curvas de nivel

qué nos permiten la presentación de un punto en sus tres dimensiones distancia, y altura, orientación.

1.4.4.1.- Fundamentos.- Las curvas de nivel tienen como función la de representar en un plano en planta y elevación al mismo tiempo, las formas, relieves y características o configuración de un respectivo trozo de terreno sobre el cuál se hace el estudio.

Los mapas más comunes muestran sólo dos dimensiones, longitud y ancho.

Se emplean diversos dispositivos para indicar la tercera dimensión o diferencia relativa en la elevación, pero el método más práctico es el uso de las curvas de nivel.

Una curva de nivel es una línea dibujada en un mapa o plano que conecta todos los puntos que tienen la misma altura con respecto a un plano de referencia. El plano de referencia de cota conocida, y en muchos mapas es el nivel medio del mar. Se puede visualizar una curva de nivel como la intersección de un plano de nivel, como una superficie de agua, con la superficie ondulante del terreno, una subida o bajada del agua crea otras curvas de nivel como se ve en la figura. Una curva de nivel es una línea imaginaria considerada sobre la superficie del terreno. Ejemplos claros de las curvas de nivel y su uso son por ejemplo:

Para saber cuánto sube o baja la marea se toman las curvas en un preciso período, luego se toman las curvas después de un determinado tiempo y viendo la relación y comparando éstas se puede determinar el desnivel que pudo tener el mar durante la marea alta o la marea baja.

Para la representación más objetiva de las curvas de nivel y el relieve el espacio que distan las curvas una de otras debe ser constante, esta distancia dependerá de las características del trabajo que se quiera realizar o de lo complicado que sea el terreno para su representación gráfica, estas distancias pueden ser de 1, 5, 10, 15, etc. metros de los cuales el más usado es el de un metro.

El trazado de las curvas de nivel debe hacerse con líneas finas y de espesor uniforme, y por cada cinco líneas debe trazarse una más gruesa, a intervalos

regulares se marca numéricamente la altura o elevación de las curvas en pies o metros según el sistema, respecto al nivel del mar o a una elevación arbitraria, según sea el caso.

Estas zonas al igual que toda la superficie topográfica considerada no coinciden exactamente con la superficie real del terreno, aproximándose si tanto más cuanto menor sea la equidistancia.

Dentro de este mismo punto conviene destacar una serie de inflexiones que tienen las superficies curvas y cuyas denominaciones conviene conocer.

- **Cima.-** Es una porción de terreno más elevado que el que la rodea. Esta forma es la que afectan los cerros, las partes más elevadas de las cordilleras o montañas, en ellos las curvas de nivel aparecen cerradas.
- **Vaguada o "Thalwegs".-** Es la intersección de dos vertientes contiguas, cóncavas o en el sentido horizontal.
- **Divisoria.-** Viene a ser la intersección de dos vertientes contiguas y son convexas en el sentido horizontal.
- **Garganta o depresión.-** Es todo punto que al mismo tiempo es el más bajo del perfil de la superficie en el sentido de las divisorias y el más alto de la misma superficie considerando el sentido de las vaguadas.

1.4.4.2.- Características de las curvas de nivel.- Para la realización del proyecto mencionaremos las siguientes características de las curvas de nivel:

- Toda curva de nivel se cierra sobre sí misma, ya sea esto dentro de la zona que se considero o fuera de esta.
- Una curva de nivel no puede dividirse o ramificarse nunca.
- No se pueden fundirse o unirse dos o más curvas en una sola. Si en algún caso se ven juntas es que se encuentran superpuestas una sobre otra, esto se debe a las características que pueda tener el terreno pero cada una debe tener su nivel y altura correspondiente.
- Si en algún lugar las curvas se cruzan esto indicara que en ese lugar existe una cueva o volado o una saliente.

- Si el lugar es de pendiente uniforme las curvas deben quedar más o menos equidistantes unas de otras.
- Si la separación de las curvas es demasiado notoria indicará un lugar de pendiente muy suave, y si por el contrario las curvas se encuentran muy cerca o sobrepuestas señalará una pendiente pronunciada o muy fuerte en este caso puede ser un corte vertical o pico.
- Una serie de curvas cerradas concéntricas indicará un promontorio u oquedad, esto será si las alturas van descendiendo mientras se va acercando al centro o si van siendo mayores. Para obtener la configuración del terreno se aplican dos procedimientos terrestres directos:
 - Con secciones transversales.
 - Con puntos aislados de configuración.

Otro medio es la fotogrametría, con esto se puede obtener con bastante precisión o aproximación la configuración del terreno con curvas de nivel.

Esto es de gran utilidad para los estudios generales, sin embargo, finalmente siempre es necesario hacer estudios directos terrestres.

1.4.4.3.- Método de secciones transversales.- Este procedimiento consiste en términos generales, en trazar uno o más poligonales de apoyo por los lugares más convenientes y conflictivos de la zona a levantar, y después se obtienen los perfiles o secciones del terreno transversales a los lados del polígono, cubriendo así el área requerida.

Las secciones pueden hacerse con el espaciamiento que convenga, según el grado de aproximación con que se quiera tener el relieve.

Entre más cerrado se haga el seccionamiento, menos detalles se escapan, y más fiel resultará la representación del terreno.

1.4.4.4.- Procedimiento de las curvas.- Para la conformación de las curvas de nivel previamente podrá tenerse completado todo el levantamiento de campo que consiste en lo siguiente:

Deberá ubicarse los vértices de la poligonal ya sea abierta o cerrada.

- ◆ Entre los vértices de la poligonal deberá realizarse la taquimetría de cierre, comprobándose el cierre angular, el cierre de coordenadas y el cierre de nivelación.
- ◆ Resuelta la poligonal se procede la taquimetría en cada uno de los vértices obteniéndose información de hilos estadimétricos, ángulo horizontal, ángulo vertical, y altura del instrumento. La elección de los diferentes puntos o radiales estará en función de ubicar todos los puntos significativos que muestran variación del terreno.
- ◆ Una vez adquirida toda la información de campo se procede al cálculo en gabinete de las distancias horizontales, ángulos horizontales y cotas de nivel. Con el anterior procedimiento se tendrá toda la información básica para proceder a la configuración del plano de curvas de nivel.

1.4.4.5.- Interpolación de radiales.-En cada una de las radiales deberá hacer la interpolación que consiste en la determinación de diferentes puntos de cotas cerradas siendo este cada metro si la equidistancia así lo dice y requiere.

PROCESAMIENTO DE DATOS

$$\text{Desnivel} \quad \text{Des} = \text{Ai} - \text{Dv} \quad \text{Hm}$$

$$\text{Cota} \quad \text{Cota} = \text{Cot} \quad + \text{Ai} -$$

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
1	7599744,627	328345,595	1707,984	BM
2	7599688,175	328146,535	1708,754	PU
3	7599671,861	328104,004	1708,67	PU
4	7599675,578	328102,591	1708,72	PU
5	7599691,882	328167,266	1706,792	BOL
6	7599702,382	328165,141	1707,274	BOL
7	7599738,122	328347,298	1707,647	BOL
8	7599740,746	328346,251	1707,761	EJE
9	7599759,470	328424,094	1708,235	EJE
10	7599780,748	328505,503	1709,864	BOL
11	7599778,365	328505,792	1709,856	EJE
12	7599776,401	328505,669	1709,882	BOL
13	7599787,976	328545,092	1709,727	EJE
14	7599787,984	328545,084	1709,767	EJE
15	7599776,364	328505,670	1709,713	BM
16	7599767,121	328431,040	1708,395	BOL
17	7599773,562	328427,858	1708,332	BOL
18	7599770,669	328431,337	1708,285	BOL
19	7599782,180	328494,349	1709,448	C1
20	7599783,654	328499,507	1709,973	EJE
21	7599784,486	328505,650	1710,083	C1
22	7599784,065	328543,283	1709,63	BOL
23	7599777,865	328543,921	1709,879	BOL
24	7599780,892	328543,478	1709,869	EJE
25	7599845,268	328497,723	1713,115	C1
26	7599847,189	328485,845	1713,039	C1
27	7599860,877	328485,386	1713,321	C1
28	7599849,415	328489,790	1712,974	E1
29	7599857,271	328482,973	1713,119	E2
30	7599848,740	328483,511	1713,056	C1
31	7599854,243	328483,872	1713,001	EJE
32	7599856,858	328454,466	1712,74	C1
33	7599850,633	328451,049	1712,463	CAMARA
34	7599844,427	328396,411	1711,784	C1
35	7599856,945	328440,662	1712,695	C1
36	7599849,745	328396,438	1711,961	C1
37	7599783,969	328579,897	1708,689	C2
38	7599739,880	328610,580	1707,933	ROJ
39	7599730,445	328616,962	1707,674	ROJ
40	7599784,176	328584,289	1708,54	EJE
41	7599793,925	328584,738	1708,971	ROJ
42	7599794,115	328590,411	1708,247	ROJ
43	7599830,628	328561,620	1710,689	ROJ
44	7599833,577	328566,929	1710,51	ROJ
45	7599832,065	328564,434	1710,35	EJE
46	7599918,910	328511,469	1713,687	ROJ
47	7599876,800	328539,435	1711,699	ROJ

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
48	7599886,312	328533,394	1711,964	ROJ
49	7599830,222	328560,643	1710,733	ALAM
50	7599873,973	328532,665	1711,809	ROJ
51	7599915,305	328505,711	1713,808	ROJ
52	7599877,831	328534,920	1711,687	EJE
53	7599964,877	328481,343	1716,709	ROJ
54	7599897,841	328525,566	1712,341	ROJ
55	7599962,859	328478,696	1716,506	EJE
56	7599896,840	328522,648	1712,441	EJE
57	7599960,135	328476,018	1716,545	ROJ
58	7599894,345	328519,490	1712,815	ROJ
59	7599970,886	328477,508	1717,185	ROJ
60	7599967,712	328479,638	1716,722	ROJ
61	7599970,016	328476,315	1716,969	ROJ
62	7599966,720	328480,205	1716,785	ROJ
63	7599986,724	328511,341	1719,196	CAMARA
64	7599985,143	328515,112	1719,12	POSTE
65	7599988,381	328507,847	1719,206	SN
66	7599985,832	328508,504	1719,01	EJE
67	7599983,369	328509,448	1718,911	SN
68	7599984,382	328511,818	1719,031	EJE
69	7599989,860	328510,513	1719,475	EJE
70	7599991,070	328512,666	1719,643	ESQ
71	7599988,321	328514,198	1719,452	EJE
72	7599988,420	328507,922	1719,2	ESQ
73	7600008,647	328548,932	1719,077	E3
74	7600003,315	328543,679	1719,409	E4
75	7600015,613	328440,467	1721,823	ROJ
76	7600018,442	328445,233	1721,893	ROJ
77	7600017,070	328442,609	1721,838	EJE
78	7600104,644	328378,098	1728,775	ROJ
79	7600106,341	328381,158	1728,825	EJE
80	7600108,693	328384,508	1728,878	ROJ
81	7600114,707	328374,938	1729,304	E5
82	7600111,184	328384,031	1729,184	E6
83	7600107,735	328371,486	1729,116	ROJ
84	7600112,568	328373,193	1729,231	EJE
85	7600117,012	328375,813	1729,384	ROJ
86	7600148,233	328294,532	1729,756	ROJ
87	7600140,951	328282,839	1730,145	ROJ
88	7600145,793	328284,563	1730,15	EJE
89	7600150,989	328285,796	1729,997	ROJ
90	7600142,051	328286,131	1730,162	E7
91	7600134,277	328303,665	1729,543	E8
92	7600192,694	328163,926	1734,718	CANAL
93	7600185,669	328161,581	1734,922	CANAL
94	7600185,004	328161,090	1734,971	BM

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
95	7600167,739	328204,105	1733,507	ROJ
96	7600177,832	328206,367	1734,197	ROJ
97	7600173,435	328205,278	1733,742	EJE
98	7600138,148	328295,815	1729,67	EJE
99	7600142,086	328297,155	1729,745	EJE
100	7600065,404	328326,774	1727,636	C1
101	7600070,855	328335,211	1727,702	C1
102	7600068,497	328330,683	1727,684	EJE
103	7600016,384	328352,754	1724,346	C1
104	7600019,363	328357,070	1724,365	EJE
105	7600022,625	328362,493	1724,055	C1
106	7599997,718	328367,307	1723,447	E9
107	7600116,339	328377,068	1729,476	BM
108	7599994,360	328364,857	1723,357	E10
109	7599964,181	328395,546	1719,323	C1
110	7599961,418	328389,331	1719,04	EJE
111	7599974,184	328376,033	1720,137	P1
112	7599958,763	328384,937	1719,043	P2
113	7599959,404	328349,701	1719,448	P3
114	7599943,386	328359,027	1719,093	P4
115	7599927,439	328408,970	1714,318	CAMARA
116	7599925,851	328416,917	1714,362	C1
117	7599920,700	328406,211	1714,143	C1
118	7599856,589	328441,432	1712,556	C1
119	7599856,888	328454,804	1712,49	C1
120	7599728,491	328625,869	1707,422	ROJ
121	7599727,023	328623,411	1707,379	EJE
122	7599725,020	328620,779	1707,475	ROJ
123	7599784,032	328590,546	1708,326	BM
124	7599683,237	328655,653	1705,996	ROJ
125	7599681,869	328652,785	1706,034	EJE
126	7599678,781	328651,271	1705,991	ROJ
127	7599639,816	328684,247	1704,464	ROJ
128	7599636,878	328678,909	1704,478	ROJ
129	7599637,795	328681,275	1704,411	EJE
130	7599635,050	328683,472	1704,283	P11
131	7599632,743	328690,387	1704,209	P12
132	7599633,583	328688,533	1704,103	ST
133	7599636,513	328686,249	1704,172	EJE
134	7599634,503	328694,213	1704,768	TANQ
135	7599661,687	328714,854	1703,379	ST
136	7599654,621	328717,441	1703,774	ST
137	7599659,253	328716,024	1703,404	EJE
138	7599714,300	328786,945	1701,561	ST
139	7599708,596	328791,313	1701,518	ST
140	7599711,860	328788,754	1701,418	EJE
141	7599731,953	328823,315	1700,466	ST

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
142	7599736,601	328816,999	1700,542	ST
143	7599734,157	328820,295	1700,534	EJE
144	7599732,520	328823,018	1700,625	P13
145	7599740,273	328822,351	1700,771	P14
146	7599736,209	328829,335	1700,449	ST
147	7599634,054	328679,909	1704,626	BM
148	7599578,838	328726,825	1702,498	ROJ
149	7599574,839	328722,342	1702,3	ROJ
150	7599577,094	328724,847	1702,39	EJE
151	7599530,770	328764,246	1700,075	P15
152	7599540,866	328752,576	1701,028	P16
153	7599537,290	328767,844	1700,367	ROJ
154	7599534,428	328765,405	1700,176	EJE
155	7599570,170	328797,891	1699,536	URI
156	7599572,631	328793,219	1699,651	URI
157	7599507,310	328752,898	1699,663	URI
158	7599509,833	328748,559	1699,468	URI
159	7599504,157	328748,146	1699,124	EJE
160	7599488,569	328734,696	1699,224	URI
161	7599485,841	328739,361	1698,957	URI
162	7599487,218	328737,343	1698,947	EJE
163	7599570,910	328795,294	1699,441	EJE
164	7599601,541	328820,791	1699,164	CVIEJ
165	7599603,352	328814,627	1699,3	URI
166	7599600,858	328816,996	1699,087	EJE
167	7599679,766	328876,352	1698,938	P17
168	7599683,397	328878,699	1698,849	P18
169	7599684,025	328873,343	1698,737	URI
170	7599679,118	328868,959	1698,73	URI
171	7599681,785	328870,926	1698,765	EJE
172	7599684,414	328876,694	1698,674	EJE
173	7599704,943	328853,915	1699,305	CA
174	7599700,584	328849,163	1699,594	CA
175	7599702,826	328851,957	1699,463	EJE
176	7599740,560	328914,638	1698,189	URI
177	7599739,217	328918,621	1698,217	URI
178	7599740,035	328916,744	1698,061	EJE
179	7599763,889	328935,793	1697,983	P19
180	7599766,593	328933,826	1697,742	P20
181	7599787,927	328947,461	1697,502	P21
182	7599784,319	328942,965	1697,627	P22
183	7599748,393	328917,302	1698,058	PZA
184	7599747,958	328914,239	1698,084	PZA
185	7599755,290	328910,373	1698,295	PZA
186	7599767,277	328924,556	1697,973	PZA
187	7599767,025	328926,091	1697,802	PZA
188	7599765,815	328927,499	1697,693	PZA

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
189	7599764,402	328927,958	1697,606	PZA
190	7599750,957	328904,122	1698,49	URI
191	7599752,125	328905,191	1698,35	URI
192	7599770,896	328927,544	1697,711	URI
193	7599778,094	328928,758	1697,767	URI
194	7599776,984	328933,952	1697,536	URI
195	7599773,656	328930,147	1697,604	EJE
196	7599797,924	328911,113	1698,192	CO
197	7599801,976	328908,649	1698,224	CO
198	7599801,334	328911,993	1698,164	EJE
199	7599791,921	328952,560	1696,931	URI
200	7599789,118	328957,695	1696,936	URI
201	7599789,793	328954,913	1697,024	EJE
202	7599839,268	329015,431	1695,802	PU
203	7599836,319	329019,178	1695,905	PU
204	7599842,365	329020,218	1695,741	PU
205	7599839,098	329022,789	1695,817	PU
206	7599839,581	329023,582	1695,898	URI
207	7599840,984	329021,871	1695,767	EJE
208	7599870,163	329063,522	1695,534	URI
209	7599866,490	329065,606	1695,584	URI
210	7599870,823	329069,034	1695,595	PZA
211	7599871,040	329064,013	1695,73	P23
212	7599871,783	329073,769	1695,577	P24
213	7599868,318	329073,296	1695,659	AU
214	7599865,653	329068,926	1695,501	AU
215	7599871,606	329073,649	1695,548	AU
216	7599844,308	329090,145	1695,245	AU
217	7599841,932	329085,846	1695,403	AU
218	7599834,448	329098,828	1694,973	AU
219	7599839,027	329091,809	1695,141	EJE
220	7599840,033	329093,291	1695,211	P25
221	7599835,178	329099,123	1695,281	P26
222	7599839,274	329100,839	1695,189	SN
223	7599845,596	329099,703	1695,321	SN
224	7599802,083	329122,837	1693,392	AU
225	7599799,141	329116,773	1693,655	AU
226	7599847,616	329157,124	1695,525	SN
227	7599853,538	329156,063	1695,556	SN
228	7599850,301	329156,744	1695,533	EJE
229	7599853,146	329175,682	1695,539	SN
230	7599855,619	329174,786	1695,663	EJE
231	7599862,732	329193,301	1695,843	P27
232	7599852,805	329175,060	1695,867	P28
233	7599854,072	329159,335	1695,541	CP
234	7599868,558	329191,912	1695,535	CP
235	7599870,612	329186,138	1695,758	CP

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
236	7599861,886	329180,307	1696,121	CP
237	7599872,709	329184,151	1695,785	CP
238	7599865,518	329181,858	1695,696	CP
239	7599861,837	329186,172	1695,602	EJE
240	7599900,616	329175,696	1695,891	CP
241	7599898,754	329168,678	1695,868	CP
242	7599890,822	329171,879	1695,779	CP
243	7599895,433	329173,318	1695,848	EJE
244	7599900,936	329176,926	1695,877	F1
245	7599874,072	329185,043	1695,81	F1
246	7599905,798	329194,943	1695,83	F1
247	7599879,163	329203,252	1695,734	F1
248	7599906,127	329196,081	1695,941	CP
249	7599903,049	329200,867	1695,43	CP
250	7599907,378	329200,321	1695,465	CP
251	7599879,477	329204,419	1695,528	CP
252	7599881,681	329211,614	1695,483	CP
253	7599877,209	329211,689	1695,405	EJE
254	7599870,577	329207,087	1695,485	CP
255	7599875,236	329203,430	1695,508	CP
256	7599878,348	329207,718	1695,48	CP
257	7599975,696	329328,093	1695,208	P29
258	7599982,273	329335,725	1695,274	P30
259	7599911,171	329254,412	1695,202	CP
260	7599914,611	329251,681	1695,247	CP
261	7599912,636	329253,134	1695,121	EJE
262	7599993,138	329327,793	1695,4	BM
263	7600005,597	329383,205	1694,524	CP
264	7600008,725	329381,450	1694,453	EJE
265	7600012,309	329379,496	1694,317	CP
266	7600117,189	329569,156	1693,183	CP
267	7600119,739	329566,293	1693,089	EJE
268	7600096,411	329535,289	1693,089	EJE
269	7600122,289	329563,429	1693,087	CP
270	7599994,771	329319,985	1695,07	CP
271	7600025,394	329289,248	1696,993	CP
272	7600017,755	329286,827	1696,202	CP
273	7600022,671	329287,973	1696,705	EJE
274	7600024,462	329283,264	1696,83	EJE
275	7599979,381	329328,432	1695,034	EJE
276	7600014,801	329261,904	1697,035	CP
277	7599977,067	329317,846	1695,092	CP
278	7600016,725	329286,766	1696,673	F2
279	7599951,633	329195,989	1697,585	F2
280	7600000,916	329225,720	1697,516	P31
281	7599994,767	329242,364	1697,121	P32
282	7600028,536	329243,646	1697,996	PAR

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
283	7599976,735	329317,819	1695,116	F2
284	7599976,613	329318,237	1695,005	F2
285	7600002,722	329209,015	1698,236	PA
286	7599989,101	329234,239	1696,409	PA
287	7599905,518	329229,113	1695,375	F2
288	7599980,310	329228,224	1696,252	SN
289	7599915,531	329222,287	1694,272	CASA
290	7599915,551	329222,294	1695,223	CASA
291	7599917,536	329197,073	1695,738	IG
292	7599907,227	329200,424	1695,408	IG
293	7599996,764	329208,385	1697,659	SN
294	7600014,801	329261,871	1697,014	PA
295	7600000,798	329251,269	1697,168	PA
296	7600013,837	329120,600	1700,793	SN
297	7600007,637	329124,094	1700,754	SN
298	7600012,427	329118,619	1700,705	P33
299	7600010,650	329127,378	1700,631	P34
300	7600008,518	329121,337	1700,237	CAM
301	7600003,576	329179,217	1698,547	SN
302	7600012,901	329123,044	1700,645	SN
303	7599938,488	329129,100	1697,568	JU
304	7600002,107	329118,492	1700,235	JU
305	7600007,548	329123,535	1700,685	JU
306	7599939,333	329132,662	1697,598	JU
307	7599940,661	329132,485	1698,007	P35
308	7599940,138	329128,794	1698,017	P36
309	7600013,012	329114,527	1700,8	JU
310	7600009,210	329114,000	1700,529	JU
311	7600117,126	329069,006	1708,11	JU
312	7600112,314	329065,682	1708,523	EJE
313	7600112,290	329065,686	1707,471	EJE
314	7600103,757	329067,076	1706,824	JU
315	7599994,676	329091,278	1701,012	BER
316	7599986,917	329079,218	1700,758	BER
317	7599980,591	329059,715	1700,344	P38
318	7599978,514	329051,755	1700,263	P39
319	7600008,609	328548,964	1719,057	CAMARA
320	7600003,312	328543,691	1719,394	POSTE
321	7600048,889	328472,190	1723,606	C4
322	7600050,022	328473,748	1723,604	C4
323	7600046,319	328480,686	1723,601	C4
324	7600046,272	328477,613	1723,427	EJCAM
325	7599911,220	328559,139	1710,977	C4
326	7599913,125	328560,984	1711,061	EJE
327	7599914,770	328562,103	1711,043	C4
328	7600069,137	328466,506	1724,031	C4
329	7600071,239	328466,857	1723,912	C4

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
330	7599932,637	328545,842	1712,384	CAMARA
331	7599936,086	328541,088	1713,1	C4
332	7599939,296	328544,759	1713,251	C4
333	7600086,331	328458,911	1724,118	P40
334	7600079,405	328462,722	1723,961	P41
335	7599981,696	328518,206	1718,136	C4
336	7600011,351	328541,292	1719,882	C5
337	7600008,677	328540,839	1719,73	C5
338	7600014,269	328550,521	1719,46	C5
339	7600008,231	328553,040	1718,109	C5
340	7600036,392	328536,024	1721,872	C5
341	7600029,941	328528,208	1722,348	C5
342	7600058,019	328514,324	1724,884	P42
343	7600055,472	328520,865	1723,413	P43
344	7600035,441	328516,832	1724,97	TA
345	7600038,403	328521,694	1724,972	TA
346	7600062,991	328505,877	1725,174	TA
347	7600059,452	328500,247	1725,764	TA
348	7600108,532	328474,594	1722,992	C5
349	7600112,364	328480,516	1722,261	CAMARA
350	7600114,941	328485,265	1722,236	C5
351	7600045,107	328512,438	1724,913	BM
352	7600058,891	328507,580	1725,881	BM
353	7600098,919	328429,540	1725,129	C4
354	7600070,244	328473,276	1724,05	C4
355	7600071,202	328466,906	1723,91	C4
356	7600073,256	328468,573	1723,88	CAMARA
357	7600087,122	328449,793	1724,337	CAMARA
358	7600090,724	328422,767	1725,475	C4
359	7600082,532	328449,530	1724,268	C4
360	7600090,358	328451,425	1724,318	C4
361	7599792,020	328588,521	1708,266	BOL
362	7599779,020	328626,115	1707,192	BOL
363	7599785,974	328627,375	1707,006	BOL
364	7599782,526	328626,778	1707,115	EJE
365	7599779,037	328637,642	1706,63	P44
366	7599784,741	328642,525	1706,686	P45
367	7599773,501	328650,714	1706,175	BOL
368	7599783,833	328652,724	1706,045	BOL
369	7599777,679	328651,648	1706,059	EJE
370	7599777,802	328747,076	1702,919	BOL
371	7599777,383	328780,842	1702,206	P46
372	7599775,133	328773,614	1702,51	P47
373	7600009,130	329180,530	1699,671	PZ
374	7599762,691	328864,426	1699,501	PZ
375	7599767,287	328870,651	1699,612	PZ
376	7599740,662	328888,621	1699,356	PZ

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
377	7599747,501	328892,754	1699,347	PZ
378	7599758,638	328907,171	1699,276	PZ
379	7599755,948	328909,744	1699,427	PZ
380	7599708,057	328851,467	1699,459	PZ
381	7599764,989	328867,539	1698,355	PZ
382	7599744,082	328890,688	1698,323	PZ
383	7599802,274	328913,828	1698,494	BM
384	7599778,666	328782,533	1702,18	BOL
385	7599775,936	328781,728	1702,281	BOL
386	7599779,979	328775,204	1702,216	EJE
387	7599801,633	328839,453	1700,439	BOL
388	7599808,138	328837,017	1700,397	BOL
389	7599804,676	328838,373	1700,422	EJE
390	7599824,084	328895,494	1698,613	BOL
391	7599828,157	328886,758	1698,759	BOL
392	7599823,231	328893,016	1698,712	BOL
393	7599830,740	328893,193	1698,586	BOL
394	7599828,827	328885,599	1698,95	BOL
395	7599825,850	328890,976	1698,653	BOL
396	7599823,854	328895,349	1698,576	BOL
397	7599825,369	328900,293	1698,489	BOL
398	7599828,074	328895,756	1698,541	EJE
399	7599830,915	328893,857	1698,504	BOL
400	7599860,638	328974,901	1696,949	BOL
401	7599862,058	328978,585	1696,895	BOL
402	7599862,241	328965,304	1696,894	BOL
403	7599864,370	328970,226	1696,991	BOL
404	7599877,669	328873,741	1699,565	P50
405	7599871,812	328872,245	1699,566	P51
406	7599862,779	328972,015	1696,913	EJE
407	7599894,808	329046,217	1696,719	BOL
408	7599890,018	329049,662	1696,628	BOL
409	7599895,413	329052,738	1696,902	EJE
410	7599895,216	329045,575	1696,866	P52
411	7599898,745	329055,663	1697,226	P53
412	7599873,783	328876,580	1699,318	CO
413	7599872,432	328869,143	1699,526	CO
414	7599873,541	328873,507	1699,132	CAMARA
415	7599866,234	328871,826	1699,365	CO
416	7599853,742	328876,953	1699,256	CO
417	7599882,145	328877,683	1699,539	CO
418	7599885,232	328881,370	1699,759	CO
419	7599880,081	328882,008	1699,41	EJE
420	7599882,486	328895,936	1699,645	CO
421	7599887,537	328896,833	1699,59	CO
422	7599899,111	328913,977	1699,088	CO
423	7599913,246	328930,345	1698,48	CAMARA

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
424	7599911,299	328936,864	1698,41	MURO
425	7599920,264	328937,379	1698,666	CO
426	7599926,389	328951,656	1698,835	MURO
427	7599949,178	328982,446	1698,455	CAMARA
428	7599964,264	329010,479	1700,19	P54
429	7599968,016	329022,886	1700,413	P55
430	7599963,050	329025,192	1700,155	BE
431	7599963,020	329025,971	1700,437	BM
432	7599972,605	329020,753	1700,603	BE
433	7599965,859	329020,031	1700,348	EJE
434	7599933,509	328960,969	1697,65	MURO
435	7599938,943	328959,153	1697,727	BE
436	7599937,565	328968,866	1697,828	QE
437	7599935,155	328964,012	1697,181	QE
438	7599984,669	329073,432	1701,243	BE
439	7599980,616	329074,134	1701,243	EJE
440	7599975,027	329075,634	1701,231	BE
441	7599869,193	329070,525	1696,052	EJE
442	7599907,772	329051,246	1697,279	PZA
443	7599914,869	329046,842	1697,645	AU
444	7599912,250	329038,909	1697,68	AU
445	7599909,191	329045,263	1697,457	EJE
446	7599871,021	329069,601	1696,308	BM
447	7600092,294	328945,087	1706,044	AV
448	7600101,509	328951,644	1706,476	AU
449	7599930,646	329126,752	1697,606	PZA
450	7599894,043	329134,796	1696,45	PZA
451	7599894,084	329146,112	1696,309	JU
452	7599894,305	329146,972	1696,532	BM
453	7599953,419	329198,545	1696,748	BOL
454	7599946,824	329196,650	1696,973	BOL
455	7599941,840	329157,978	1697,737	CAMARA
456	7600101,515	328951,648	1706,431	P56
457	7600098,773	329062,708	1707,982	JU
458	7600084,737	328962,858	1705,412	AU
459	7600092,070	328989,479	1705,655	JU
460	7600094,419	328956,134	1705,897	AU
461	7600099,863	328986,931	1706,059	JU
462	7600088,567	328953,708	1705,573	EJE
463	7600096,247	328988,034	1706,09	EJE
464	7600169,254	328888,954	1710,762	AU
465	7600094,405	328945,177	1705,989	AU
466	7600096,622	328949,181	1706,005	EJE
467	7600099,449	328952,898	1706,163	AU
468	7600174,995	328883,423	1711,119	AU
469	7600121,939	328922,769	1707,805	AU
470	7600124,486	328926,292	1707,82	EJE

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
471	7600127,415	328929,538	1707,847	AU
472	7600173,366	328885,239	1711,118	P57
473	7600166,632	328880,311	1710,844	P58
474	7600185,824	328907,046	1713,432	CANAL
475	7600183,814	328907,836	1713,587	EJE
476	7600179,057	328910,274	1713,418	SN
477	7600190,976	328935,888	1714,388	SN
478	7600195,862	328934,029	1715,687	EJE
479	7600199,190	328931,642	1715,374	CANAL
480	7600328,679	328744,738	1715,857	P59
481	7600321,612	328747,528	1715,796	P60
482	7600318,505	328741,518	1715,286	AU
483	7600346,911	328727,580	1716,305	HOS
484	7600381,675	328717,573	1717,276	HOS
485	7600320,686	328750,228	1715,534	AU
486	7600323,804	328754,958	1715,306	EJE
487	7600325,750	328759,524	1714,932	AU
488	7600384,584	328729,890	1717,128	AU
489	7600384,731	328734,753	1716,926	EJE
490	7600384,796	328738,603	1716,691	AU
491	7600296,162	328768,530	1714,455	AU
492	7600299,135	328772,436	1714,393	EJE
493	7600301,379	328775,938	1714,249	AU
494	7600503,949	328729,869	1718,177	AU
495	7600503,034	328737,406	1718,227	AU
496	7600273,017	328788,079	1713,582	PQ
497	7600271,713	328789,005	1713,565	PQ
498	7600278,409	328794,514	1713,522	PQ
499	7600277,098	328795,600	1713,53	PQ
500	7600275,418	328791,645	1713,618	EJE

ESTUDIO DE TRÁFICO VEHICULAR

2.1 Descripción del proyecto

2.1.1.- Generalidades

El tráfico es uno de los parámetros de diseño fundamental. Aunque se pueden permitir ciertas imprecisiones en la disposición de una variable, siempre será necesario conocerla para que sirva de guía en el cálculo estructural del pavimento y de esta forma conocer la sollicitación a que se verá sometido éste, durante su vida útil.

Dentro del procesamiento de los datos relacionados con el tráfico es necesario distinguir los siguientes aspectos.

a) Tránsito Promedio Diario (T.P.D)

Se llama T.P.D al promedio de los volúmenes de tránsito que circulan durante 24 horas en un cierto periodo, que normalmente es el de un año. En general para su determinación se realiza conteos vehiculares en secciones de rutas definidas donde existen cambios significativos de los volúmenes.

Es una de las variables fundamentales para la determinación del número de ejes equivalentes que solicitarán el pavimento, constituyéndose por ello en un dato muy importante a la hora de calcular las cargas que circularán por la calzada, aspecto que trataremos con mayor detalle en el capítulo del presente trabajo.

b) Clasificación de vehículos

Otro aspecto de significativa importancia lo constituye el conocimiento de la composición del tráfico, ya que con ella se estima la configuración y el número de vehículos pesados que son los que interesan.

La base para el estudio del tráfico vehicular es naturalmente el conocimiento de las características del tráfico actual. Ese conocimiento se lo puede adquirir basándose en la verificación de conteos vehiculares.

Además de conocer el número total de vehículos que pasan por una calle, frecuentemente interesará qué tipo de vehículo circula por ella. Los vehículos según su clasificación resumida son los siguientes.

- **Vehículos Ligeros** (automóviles o vagonetas, camionetas y otros)
- **Vehículos Medianos** (microbuses, buces medianos, camiones pequeños)
- **Vehículos Pesados** (buses grandes, camiones grandes y con acoplado)

2.1.2.- Calculo del T.P.D

Con la finalidad de presentar datos significativos, se realizó aforos vehiculares en distintas calles o intersecciones manualmente por el Tesista, tales resultados servirán posteriormente para hacer la proyección del tráfico futuro.

CUADRO DE AFOROS II-1

Fecha:	Lunes 1 de Septiembre (Día Hábil)
Horario:	7:30 - 8:30 a.m.
Sentido :	Avenida Uriondo (Tipo A)
Livianos :	8 veh/h
Medianos :	4 veh/h
Pesados :	2 veh/h
Sentido :	Avenida Uriondo (Tipo B)
Livianos :	4 veh/h
Medianos :	3 veh/h
Pesados :	2 veh/h

Elaboración Propia

2.1.2.1.- Volumen de tráfico

Se define volumen de tráfico a la relación de número de vehículos que pasan por un punto o sección de una carretera o calle en un periodo de tiempo.

CUADROS DE CALCULOS DE TPD II-2

Hora	Tipo de Vehículo	Día Hábil [veh/h]	Día No Hábil [veh/h]	TPH (Prom.) [veh/h]
7:30 - 8:30	Livianos	8	6	7
7:30 - 8:30	Medianos	4	4	4
7:30 - 8:30	Pesados	2	1	1,5

Hora	Tipo de Vehículo	Día Hábil [veh/h]	Día No Hábil [veh/h]	TPH (Prom.) [veh/h]
11:30 - 12:30	Livianos	11	8	9,5
11:30 - 12:30	Medianos	6	3	4,5
11:30 - 12:30	Pesados	2	2	2

Hora	Tipo de Vehículo	Día Hábil [veh/h]	Día No Hábil [veh/h]	TPH (Prom.) [veh/h]
17:30 - 18:30	Livianos	9	5	7
17:30 - 18:30	Medianos	5	2	3,5
17:30 - 18:30	Pesados	2	2	2

Elaboración Propia

$$TPD = \frac{TPH \text{ Promedio}}{0.15}$$

(Ecuación 1)

Tipo de Vehículo	TPH (Prom.) [veh/h]	TPD [veh/día]
Livianos	7,83	52
Medianos	4	27
Pesados	1,83	12

Tipo de Vehículo	TPH (Prom.) [veh/h]	TPD [veh/día]
Livianos	3,5	23
Medianos	2,67	18
Pesados	1,17	8

Elaboración Propia

Si ese período de tiempo es de un día, el volumen determinado recibe el nombre de Tránsito Promedio Diario, si ese conteo o aforo se realiza por varios días (generalmente un año), el valor promedio es conocido como (T.P.D). Tránsito Promedio Diario. El T.P.D se emplea generalmente para estudios económicos por que presenta la utilización o servicio de la vía, y se usa para planear nuevas vías, estudios sobre ingresos viales, etc.

Si el período de tiempo es de una hora, el volumen definido recibe el nombre de Transito Horario, si ese conteo se realiza por varias horas (generalmente un día), el valor promedio es conocido como Transito Promedio Horario (T.P.H). Este valor nos representa el comportamiento horario de los volúmenes de tráfico, el valor máximo de T.P.H. no siempre está en relación con las condiciones físicas y económicas del proyecto.

2.1.2.2.- Tráfico Actual

El tráfico actual es el volumen de tráfico que se usaría una nueva vía, si ésta estuviera abierta al tráfico en el presente. Av. Uriondo

**CUADRO II-3
VOLUMEN DE TRÁFICO**

Tipo de Vehículo	TPD [veh/día]	% TPD
Livianos	76	54
Medianos	44	31,7
Pesados	20	14,3
Total =	140	100

En el caso de mejoramiento de una vía, su tráfico se compondrá del tráfico existente que utiliza esa vía antes de la mejora más el tráfico que atraerá de otras vías próximas por las ventajas que entonces ofrecerá.

En el caso de una nueva vía, el tráfico actual será enteramente tráfico atraído. Cuando se constituye una nueva vía o cuando se reducen los costos de utilización de una existente donde se han realizado mejoras, se puede atraer tráfico de otras vías. Un mejoramiento también genera tráfico, parte será tráfico que antes usaba otra alternativa de transporte por su menor costo, pero mucho será tráfico completamente nuevo. Por otro lado cuando una vía abre un área al desarrollo económico, el tráfico generando puede ser considerable.

Según la ASSTHO, el tráfico generado puede clasificarse como tráfico inducido y tráfico de desarrollo. El tráfico inducido es el que se origina exclusivamente por las mejoras o por la construcción de la nueva vía y es atribuido a la atracción que genera la misma. El tráfico de desarrollo es debido al progreso e integración de los terrenos adyacentes a la nueva vía.

El estudio del tráfico en el presente se lo efectúa mediante conteos de vehículos, tanto manuales como automáticos en estaciones de control determinante. Al respecto podríamos hacer las siguientes consideraciones.

- ***Conteos Automático:***

Se utiliza para esto un contador automático, el cual realiza un registro de los volúmenes en forma diaria, pero tiene la desventaja de que no puede clasificar los vehículos por tipo, factor que interesa en el presente trabajo, por lo tanto sólo es útil para obtener valores promedio del tránsito diario.

- ***Conteos Manuales:***

Una persona se ubica en una estación de control para observar y registrar la información necesaria en cuanto a clasificación y dirección de los vehículos que se refiere (automóviles, camiones por tamaño, etc.).

Por todo lo expuesto anteriormente, es importante tomar en cuenta los aspectos señalados, ya que influyen en las características del tráfico actual, pudiendo ocasionar variaciones significativas al momento de realizar una proyección del tráfico.

2.1.2.3.- Proyección del Tráfico Futuro

El proyecto de nuevas carreteras o el mejoramiento de las existentes no deben basarse solamente en las características del volumen del tráfico actual, sino que se debe tomar en cuenta también los probables en años futuros. De esta manera el volumen de proyecto ha de corresponder al del año escogido para proyectar.

Como base para un proyecto, generalmente se usa un periodo de hasta 20 años. Estimar el tráfico más allá de ese periodo no se justifica, debido a que para ese entonces surgirán cambios en la economía regional, en la población, en el desarrollo de los terrenos ubicados a lo largo de la vía en los sistemas de transporte, que no se puede predecir con ningún grado de seguridad.

Para realizar una proyección del tráfico futuro, se partirá de los datos históricos de los T. P. D mostrados en el presente cuadro II.4, considerando la clasificación del mismo de acuerdo al tipo de vehículo, para así construir las series históricas mediante ajustes estadísticos.

CUADROS II.4
DATOS DE PROYECCIÓN FUTURA

Tipo de Vehículo	Tráfico Prom. Diario (TPD)	Porcentaje (%) TPD	Índice de Crecimiento (IC)	Factor de Carga Equiv. (FCE)
Livianos	76	54.0	2,05	0,004
Medianos	44	31,7	2,05	1
Pesados	20	14,3	2,05	10,5
Total =	134	100		

(Ecuación 2)

$$W_{18} = \sum (TPD)_i * (FC)_i * (FCE)_i * 365$$

Donde:

- W₁₈** = Número de ejes Equivalentes
- (TPD)_i** = Tráfico promedio diario del vehículo tipo i, en el primer año de circulación.
- (FC)_i** = Factor de crecimiento del vehículo tipo i.
- (IC)_i** = Índice de crecimiento del vehículo tipo i.
- (N)** = Número de años hasta el período de diseño: 1, 2, 3, 4,10,20 años.
- (FCE)_i** = Factor de carga equivalente del vehículo tipo i.

Consecuentemente basándonos en los datos de los conteos vehiculares para cada tipo de vehículo, estimamos el tránsito promedio diario, sustituyendo en cada ecuación de regresión obtenida, el valor correspondiente a cada año hasta el año 20 (2029), el cual se ha establecido como periodo de diseño.

1.2.2.4.- Índice de Crecimiento

Este parámetro constituye unos importantes datos para obtener el porcentaje anual de crecimiento de los diferentes vehículos que se producen durante el periodo de diseño adoptado. Para su determinación se usa un proceso iterativo con ayuda de la ecuación que se señala a continuación

(Ecuación 3)

$$(FC)_i = \left[1 + \frac{(IC)_i}{100} \right]^{(N)}$$

(FC)_i = Factor de crecimiento del vehículo tipo i.

El proceso consiste en dar valores de *i* de tal forma que la suma de los tráficos promedios diarios hasta el año 20 obtenidos con las ecuaciones de regresión sea igual a la suma de los tráficos promedios diarios iterando la formula señalada.

De ésta manera se obtienen los índices de crecimiento para cada tipo de vehículo, los cuáles nos servirán para determinar el factor de crecimiento de los mismos, factores que serán utilizados para la determinación del número de ejes equivalentes como veremos más adelante.

Los cálculos efectuados para la proyección del tráfico futuro con los respectivos índices de crecimiento según el tipo de vehículo se pueden ver en el cuadro II.5.

CUADRO II - 5

Composición del tráfico el año 2029

TRAMO	ADT	L	M	P
Avenida Uriondo	201	114	66	21
Calle Bolivar	143	69	44	30
Calle Campero	119	50	45	24
Calle Sucre	86	39	21	26

CUADRO II - 6

Distribución Porcentual del Tráfico el año 2029

Tramo	Total	L	M	P
Avenida Uriondo	100%	56,7%	32,8%	10,4%
Calle Bolivar	100%	48,3%	30,7%	20,9%
Calle Campero	100%	42,0%	37,8%	20,2%
Calle Sucre	100%	45,4%	24,4%	30,2%

Fuente: Elaboración Propia

2.1.2.5.- Descripción de Tránsito

Otro aspecto de mucha importancia lo constituye el conocimiento de la composición del tránsito, éste parámetro que toma en cuenta las características de los vehículos las cuáles pueden ser muy diferentes de unos vehículos a otros, ya que en la actualidad circulan tipos de vehículos muy variados. Para simplificar este análisis es conveniente agrupados en categorías constituidos por vehículos de características similares. Los valores del índice de crecimiento anual por categoría vehicular se evalúan a partir de información extraída de la provincia de Concepción.

CUADRO II - 6
Configuración de Ejes de los Vehículos

Vehículo	Configuración de Ejes		
Automóviles	(11)	S	S
Camionetas	(11)	S	S
Buses	(11)	S	SD
Camión Mediano	(11)	S	SD
Camión Grande	(12)	S	T
Camión Articulado	(122)	S	T

Fuente: Elaboración propia

SD: Simple Dual.

(1): Eje Simple. (S) o (SD)

(2): Eje Tandem. (T)

En el trabajo se realizó una clasificación vehicular por grupos de la siguiente manera:

LIVIANOS

- 1) Automóviles, Vagonetas.
- 2) Camionetas (Hasta 2 Ton).
- 3) Otros livianos.

MEDIANOS

- 1) Microbuses (12 – 21 Asientos).
- 2) Bus mediano (22 -35 Asientos).
- 3) Camión pequeño (2.5 – 5.5 Ton).
- 4) Camión mediado (6 – 9.5 Ton).

PESADO

- 1) Bus grande (36 Asientos o más).
- 2) Camión grande (10 Ton. O más).
- 3) Camión con acoplado

DISEÑO GEOMÉTRICO

2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.2.1.- Generalidades

Con el objeto de realizar la pavimentación de las calles Urbanas de Concepción, se requiere mejorar las condiciones geométricas de las mismas de manera de proporcionar seguridad al tránsito constante de vehículos, por lo cual como parte del presente Estudio a Diseño Final se encuentra el Diseño Geométrico de estas calles en función a los siguientes parámetros:

2.2.2.- Características del diseño

Para las características técnicas de las vías en proyecto se ha tomado como base las recomendaciones del Manual de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras del Servicio Nacional de Caminos, obteniéndose parámetros de diseño adecuados al análisis efectuado sobre las características topográficas, la velocidad, seguridad en la operación vehicular, etc. Adicionalmente se tomaron conceptos específicos de la normal AASTHO.

Se ha considerado que la velocidad de los vehículos es uno de los factores principales en cualquier proyecto vial, y ésta debe ser lo más elevada como practicable sea posible dentro de un marco lógico para lograr un alto grado de seguridad, movilidad y eficiencia.

La planimetría en el ancho de vía a lo largo del proyecto está representada por el eje horizontal que comprende una línea continua de geometría uniforme.

Conformada por rectas tangentes, en lugares donde la topografía lo permite, enlazar por arcos, círculos y con curvas de transición, todo ello contribuye al movimiento en una dirección continúa inalterable.

En el presente estudio el criterio fundamental fue el de minimizar al máximo los volúmenes de obra (Corte y Terraplén) Ya que estos ítems son los que tienen una gran influencia en el presupuesto final de la obra.



Fotografía N° 1 Calle Campero

2.2.3.- Categoría de la carretera

Se utilizaron las normas de diseño correspondientes a las categorías IV. Principalmente porque la vía no presentará un Tránsito Medio Diario Anual mayor a 200 vehículos y es un camino que se constituirá simplemente en un vía local. Esta categoría fue asumida de las “Normas de Diseño Geométrico para la Construcción de Carreteras” del “Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras” del Servicio Nacional de Caminos edición 19

2.2.4.- Velocidad directriz

La velocidad directriz o velocidad de diseño de las calles, es aquella que se asume para determinar y relacionar entre si las características del diseño geométrico, tales

como los radios de curvatura, la visibilidad, peraltes y todo lo que corresponde al alineamiento horizontal y vertical.

La velocidad directriz, es la velocidad máxima a la cual los vehículos pueden circular con absoluta seguridad, inclusive cuando la plataforma ésta mojada y considerando un conductor de habilidad media.

La velocidad de diseño del proyecto es importante, ya que es uno de los principales factores que determina el costo del proyecto. En terreno plano y ondulado se justifican velocidades más altas que en zonas montañosas y muy montañosas, por que la incidencia de costos de construcción es menor.

De acuerdo a la categoría asumida para la carretera y de acuerdo a la norma, se tiene los siguientes rangos de velocidades en función de la topografía. Sobre la base de estos valores se calculan o se asumen el resto de los parámetros de diseño.

CUADRO II.7

VALORES DE VELOCIDAD DIRECTRIZ

TOPOGRAFÍA	VELOCIDAD DIRECTRIZ (Km / h)	
	VALOR ADMISIBLE	VALOR DESEABLE
Plana	60	80
Ondulada	40	60
Montañosa	30	40
Muy Montañosa	20	20

FUENTE: NORMAS SNC

Del CUADRO II.7 aunque la topografía de la zona no es de tipo montañosa en su totalidad, si se presentan en algunos sectores este tipo de características de relieve se adopta una velocidad directriz entre 30 - 40 Km/h.

2.2.5.- Criterios de diseño planimétrico

2.2.5.1.- Peraltes

Los peraltes son las sobre elevaciones transversales de la calzada en trazados horizontales curvos, donde aparece la fuerza centrífuga originando peligros a la estabilidad de los vehículos en movimiento, el deslizamiento transversal y el vuelco. Para evitar estos peligros, la norma propone ciertos valores como se ven en el CUADRO 2 en consideración de los factores principales siguientes:

- El flujo de tráfico puede circular a velocidades menores que las velocidades de diseño.
- La longitud de transición del peralte resulta prácticamente viable.
- Categoría del camino, topografía de la región y velocidades directrices.
- Razones económicas, reducción de costos de construcción y mantenimiento.
- Condiciones climáticas de la zona.

CUADRO II.8

VALORES DE PERALTES MÁXIMOS (e)

CRITERIOS DE APLICACIÓN	e máx. Descable	e máx. Absoluto
Zonas rurales con probabilidad de formación de hielo o acumulación de nieve sobre la calzada. Carreteras de categoría 0 y I.A	6	6
Zona llanas y ondulaciones, sin probabilidad de hielo o acumulación de nieve sobre la calzada	6	8
Zonas montañosas, sin probabilidad de formación de hielo o acumulación de nieve sobre la plataforma	8	10

FUENTE: NORMAS SNC.

Considerando que en las condiciones climáticas de la zona, en donde se emplazaran las calles, en las cuales no existen la posibilidad de formación de nieve y teniendo en cuenta la topografía llana y ondulada de la región se adoptó como peralte máximo el valor de 6%.



Fotografía N° 2 Calle Comercio

2.2.5.2.- Coeficientes de fricción

La seguridad de circulación de los vehículos en las curvas depende, además del, peralte, también del coeficiente de fricción o de rozamiento lateral, que se origina entre los neumáticos y la superficie del pavimento.

El valor del coeficiente de fricción es determinado experimentalmente considerando las condiciones medias del vehículo, tales como la suspensión. Neumáticos, características dinámicas, etc. Asimismo las características de la calzada como la rugosidad, presencia de agua, etc., también la habilidad del conductor, ángulo de deriva, confort y comodidad de los pasajeros.

Los valores máximos de los coeficientes de fricción, si no son superados, proporcionan aceptablemente la seguridad de que no se producirá el desplazamiento del vehículo y que el conductor y los pasajeros no tendrán la velocidad directriz.

Los valores asumidos son datos encontrados por la AASHTO en función de la velocidad de diseño respondiendo a la siguiente ecuación:

$$f = 0.196 - 0.0007 V \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde:

f = Coeficiente de Fricción

V = Velocidad directriz o de Diseño

Los valores de f calculados se muestran en el CUADRO II.9:

(CUADRO II.9)

VALORES DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN (f)

V (Km./H)	30	40	50	60	70	80	90
f	0.18	0.17	0.16	0.15	0.15	0.14	0.13

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, MEDIANTE LA ECUACIÓN 1

2.2.5.3.- Radios mínimos de curvas horizontales

Los radios mínimos de curvas horizontales calculados para las velocidades directrices, los peraltes y los coeficientes de fricción, condiciones climáticas, tipo de tráfico, etc. Han sido determinadas a partir de la siguiente formula.

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127 * (e_{\max} + f)} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

R_{min} = Radio de Curva mínimo (metros)

V = Velocidad Directriz (Km. /h)

e = Peralte (m/m)

f = Coeficiente de fricción a dimensional

Para $e_{\max} = 6, 8$ y 10% resultan los valores redondeados de los radios mínimos mostrados en el CUADRO II.10.

CUADRO II.10

VALORES DE RADIOS MÍNIMOS

e max/Vel.	30	40	50	60	70	80	90
6	30	55	89	132	186	252	330
8	25	50	80	121	170	229	299
10	25	45	75	112	156	210	274

FUENTE: VALORES OBTENIDOS A PARTIR DE LA ECUACIÓN 2

Radios inferiores a los mostrados en el 4 se podrían emplear en casos muy particulares, condicionados por razones técnicas y económicas.

El radio de curvatura mínimo empleado en el diseño de las calles es de 25 m.

2.2.5.3.1 *Curvas circulares con radios superiores al mínimo*

Los radios mínimos corresponden a la aplicación del máximo peralte, pero cuando encontramos en el diseño la posibilidad de usar radios superiores al mínimo se calculo el porcentaje de peralte adecuado para cada curva en cuestión.

Aunque no es recomendable la utilización de radios mínimos, durante el trazo del alineamiento horizontal resulto imposible cumplir con esta advertencia ya que la configuración topográfica no lo permitía y considerar radios superiores ameritaría mayores volúmenes de obra que en muchos casos sería imposible ejecutarlos en la zona.

La norma establece que a medida que aumenta el radio de curva circular por encima del mínimo, se reducirá gradualmente el peralte “e” en una relación curvilínea entre los peraltes y los radios de curvatura, conforme a la siguiente expresión:

$$e = e_{\max} \left(\frac{2 * R_{\min}}{R} - \frac{R_{\min}^2}{R^2} \right) \text{ (Ecuación 6)}$$

Donde:

- e_{\max} = Peralte máximo.
- R_{\min} = Radio Mínimo
- e = Peralte para la curva de radio R
- R = Radio de la curva superior al mínimo.

2.2.5.3.2 Curvas en las cuales no se necesita peralte

Se establecen valores límites para los radios de las curvas horizontales, por encima de los cuales no se justifica el peralte, por tener un valor teórico muy pequeño, por cuestiones de apariencia del camino o por consideraciones relativas a cambios de la pendiente transversal de la calzada. Este valor límite debe evitar los problemas que puede crear el peralte negativo.

2.2.5.3.3 Curvas de transición

La discontinuidad de curvatura en el punto de unión de los alineamientos rectos con las curvas horizontales no es admisible en un trazado racional por que puede ser causa de accidentes debido a la fuerza centrífuga, además de ser incomoda para los conductores.

Existe la necesidad de que el diseño de la carretera sea con alineamiento de transición, entre las tangentes y las curvas horizontales, para que de esta manera la curvatura pase gradualmente desde cero hasta el valor finito de la curva circular, asimismo la inclinación transversal de la calzada pase también paulatinamente desde el bombeo transversal al peralte.

La curva de transición adoptada es la de espiral de Cornu o Clotoide, donde su ecuación paramétrica de la clotoide es la siguiente:

$$R \times L = A^2 \quad (\text{ECUACIÓN 7})$$

Donde:

R = Radio de la curva en un punto determinado (m)

L = Desarrollo de la curva desde el origen hasta el punto de radio R (m).

A = Parámetro de la Clotoide (m).

2.2.5.3.4 Longitud Mínima de Transición en Curvas Horizontales

Para la elección de la longitud mínima de transición, se hicieron uso de dos criterios que se muestran en las normas del SNC, que son los siguientes:

2.2.5.3.4.1 Criterio de Comodidad Dinámica

Este criterio responde a la siguiente expresión:

$$L_{\min} = \frac{2.73 * V}{C} * \left(\frac{V^2}{127 * R} - e \right) (\text{Ecuación 8})$$

Donde:

L_{min} = Longitud mínima de la Clotoide.

V = Velocidad de diseño.

R = Radio de la curva circular.

C = Constante 0.45 m/s³

De acuerdo a la anterior formula se calcularon longitudes mínimas para los radios mínimos del CUADRO II.11, obteniéndose los resultados siguientes:

CUADRO II.11

LONGITUD MÍNIMA DE TRANSICIÓN POR COMODIDAD DINÁMICA

V (Km./H)	30	40	50	60	70	80	90
L min (m)	37	41	49	56	62	68	73

FUENTE: ELABORACION PROPIA

Para una velocidad de diseño dada, a medida que el radio de curva R crece a partir del radio mínimo R_{\min} , el peralte e disminuye a partir de e_{\max} y con él la longitud mínima de la transición requerida.

2.2.5.3.4.2 Apariencia General

Este criterio viene dado por la siguiente expresión:

$$L_{\min} = \frac{V}{1.8} \text{ (Ecuación9)}$$

Reemplazando en la ecuación 6 obtenemos longitudes mínimas de transición para cada velocidad.

CUADRO II.12

LONGITUD MÍNIMA DE TRANSICIÓN POR APARIENCIA GENERAL

emax/Vel.	30	40	50	60	70	80	90
L min (m)	17	22	28	33	39	44	50

FUENTE: ELABORACION PROPIA

Las curvas horizontales con transición no fueron empleadas para éste diseño debido que su uso está en función al espacio existente, al tratarse de calles éste espacio es muy reducido.



Fotografía N° 3 Calle Ancha

2.2.5.4 Criterios de diseño altimétrico

2.2.5.4.1 Pendientes máximas del Perfil Longitudinal

Las pendientes máximas tolerables son definidas en las normas teniendo en cuenta la topografía, el volumen y características de tráfico en coherencia con la velocidad directriz, por lo tanto la categoría de la carretera. Los valores correspondientes a las categorías de diseño adoptadas para el Proyecto se presentan en el siguiente cuadro.

CUADRO II.13

PENDIENTES MÁXIMAS EN FUNCIÓN DE LA CATEGORÍA

CATEGORÍA	VELOCIDAD DIRECTRIZ	PENDIENTES MÁXIMAS
0	120-80	3 -- 5
I.A	120-70	3 -- 6
I.B	120-70	3 -- 7
II	100-50	4 -- 8
III	80-40	6 -- 8
IV	80-30	7 -- 10

FUENTE: ELABORACIÓN EN BASE A LAS NORMAS DEL SNC

Del CUADRO II.13 para la categoría IV, que es a la que pertenece el proyecto adoptamos como pendiente máxima 7%.

2.2.5.4.1.1 Distancias de visibilidad

La distancia de visibilidad es la longitud continúa hacia delante del camino, que es visible al conductor del vehículo.

En diseño se consideran dos distancias, la de visibilidad suficiente para detener el vehículo, y la necesaria para que un vehículo adelante a otro que viaje a velocidad una velocidad inferior, en el mismo sentido.

Estas dos situaciones influyen el diseño de la carretera, las cuales han sido tomadas en cuenta en donde la configuración del terreno lo permitía.

2.2.5.4.1.2.- Distancia de visibilidad de frenado

Distancia de Visibilidad de Parada, es la mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad de diseño, antes de que alcance un objetivo inmóvil que se encuentra en su trayectoria.

Se considera obstáculo aquél de una altura igual o mayor a 0,15 m, estando situados los ojos del conductor a 1,15 m, sobre la rasante del eje de su pista de circulación.

Todos los puntos de la carretera fueron provistos de la distancia mínima de visibilidad de parada, ya que esta distancia entra en el cálculo de las curvas verticales.

Los valores mínimos de la distancia de visibilidad de frenado son calculados con la siguiente expresión:

$$Df = \frac{V * t}{3.6} + \frac{V^2}{254(f + i)} \text{ (Ecuación 10)}$$

Donde:

Df = Distancia mínima de visibilidad de frenado.

V = Velocidad de diseño Km./h.

f = Coeficiente de fricción longitudinal entre el pavimento mojado y el neumático.

i = Pendiente longitudinal de la rasante en m/m.

En la figura de la página siguiente se tiene los valores calculados para diferentes velocidades y pendientes longitudinales, utilizando la ecuación 7. Valores que fueron tomados en cuenta para el cálculo de longitud de curva vertical.

2.2.5.4.1.3.- *Distancia de visibilidad para sobrepaso*

La distancia de Visibilidad para sobrepaso, es la mínima que debe estar disponible, a fin de facultar al conductor del vehículo a sobrepasar a otro que se supone viaja a una velocidad 15 Km/h menor, con comodidad y seguridad, sin causar alteración en la velocidad de un tercer vehículo que viaja en sentido contrario a la velocidad directriz, y que se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobrepaso.

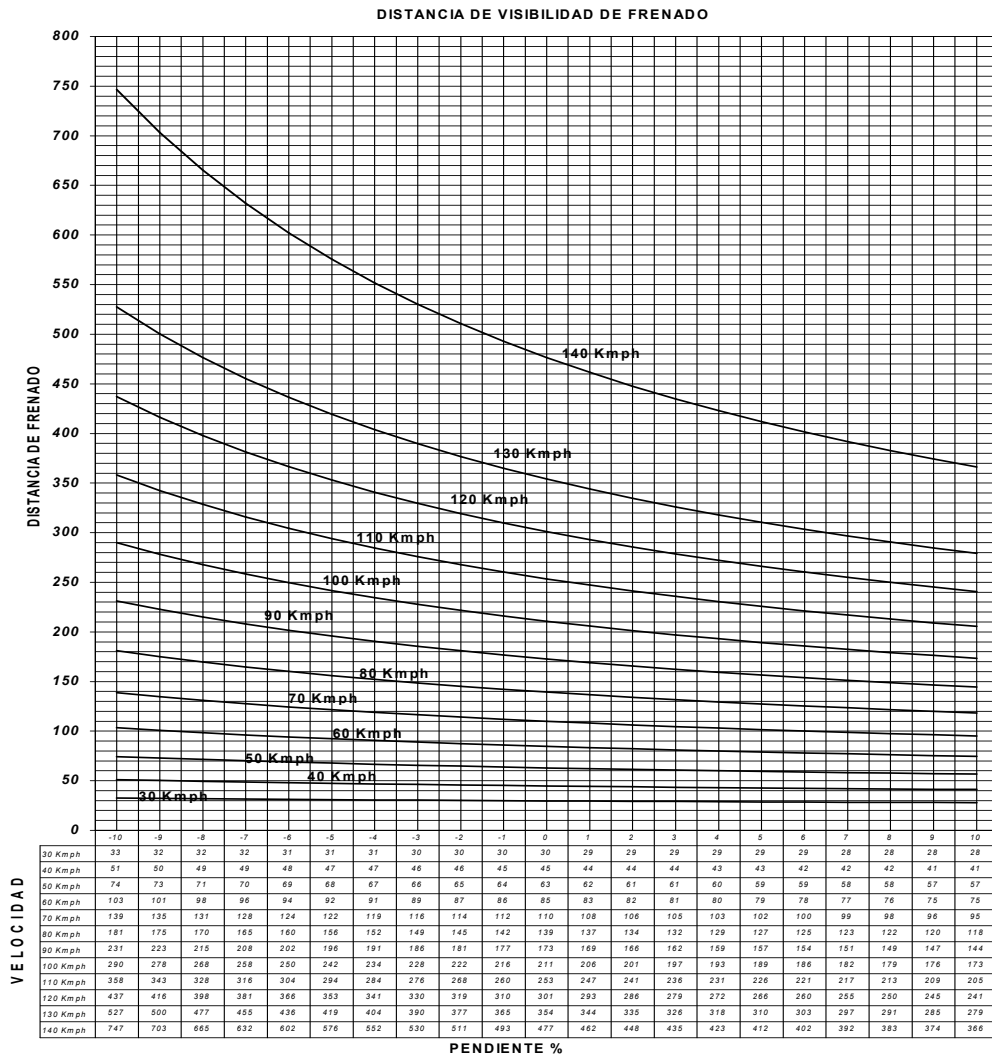
Esta distancia fue uempleada de acuerdo a los impedimentos encontrados en el terreno, no siendo considerada como elemento importante en la ubicación definitiva del trazo ya que sería imposible implementar estas distancia especificadas en la norma. A manera informativa se muestran a continuación las distancias mínimas de visibilidad de paso exigidas en las normas.

CUADRO II.14

DISTANCIA MÍNIMA DE VISIBILIDAD Y SOBREPASO

V (Km/h)		30	40	50	60	70	80	90
Distancia de visibilidad de paso	Deseable	180	270	350	420	490	560	620
	Admisible	120	160	200	240	280	325	375

FUENTE: DATOS OBTENIDO DE LA NORMA DEL S.N.C.



2.2.5.4.2.- Curvas verticales

Para el diseño geométrico en el alineamiento vertical, se han previsto curvas verticales parabólicas de segundo orden, para asegurar un trazado seguro, buena apariencia estética, comodidad a los usuarios, etc.

El utilizar las curvas verticales, para pasar gradualmente entre dos pendientes adyacentes del perfil longitudinal, proporcionando, como mínimo una distancia de visibilidad igual a la distancia mínima de frenado.

La longitud de curva vertical o la proyección horizontal de la misma, se calcula con la siguiente expresión:

$$L = K \times J \quad (\text{ECUACIÓN 11})$$

Donde:

L = Longitud de la curva vertical (Proyección horizontal)

K = Parámetro de la parábola en metros. El parámetro es la distancia horizontal requerida para que se produzca un cambio de pendiente de un 1% a lo largo de la curva.

J = $[i_1 - i_2]$ = Valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes, en m/m.

Para el cálculo de las curvas verticales cóncavas y convexas, los valores asumidos corresponden a la distancia mínima de visibilidad de frenado, para los valores absolutos de las pendientes.

2.2.5.4.3.- Curvas verticales convexas

Los valores de K para las longitudes mínimas de las curvas verticales convexas se han calculado con las siguientes expresiones:

$$K = \frac{Df^2}{4.12} \quad (\text{Condiciones diurnas}); \quad K = \frac{Df^2}{2.7} \quad (\text{Condiciones nocturnas})$$

Donde:

K = Parámetro de la parábola en metros.

Df = Distancia mínima de visibilidad de frenado metros

Para cada una de las curvas del diseño, se procedió al cálculo de la longitud de frenado con la menor pendiente de las rasantes que la conforman, pues esta es la más desfavorable, obteniendo de esta manera los valores K mínimos para cada curva vertical convexa.

2.2.5.4.3.- *Curvas Verticales Cóncavas*

Los valores de K para las longitudes mínimas de las curvas verticales cóncavas se han calculado con las siguientes expresiones:

$$K = \frac{2 * Df}{J} - \frac{1.2 + 0.035 * Df}{J^2} \quad (L < Df) ; \quad K = \frac{Df^2}{1.2 + 0.035 * Df} \quad (L > Df)$$

Donde:

K = Parámetro de la parábola en metros.

Df = Distancia mínima de visibilidad de frenado metros

L = Longitud en proyección horizontal de la curva vertical.

J = [i1 - i2] = Valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes, en m/m.

Las anteriores ecuaciones muestran los valores del parámetro K, para condiciones nocturnas siendo estas las más desfavorables. El cálculo del parámetro K mínimo para cada curva se muestra en el anexo respectivo al alineamiento vertical.

2.2.5.5.- **Sección transversal**

2.2.5.5.1.- **Ancho de Calzada y Bermas**

La calzada de la carretera se define geoméricamente como la superficie que acompaña el trazado de la vía en planta y perfil longitudinal, adoptando diferentes inclinaciones en perfil transversal, según se trate de un sector recto o curvo. Por esta definición y principalmente por los volúmenes de tráfico y tomando en cuenta los anchos de plataforma mostrados en el CUADRO II.15 de la norma del SNC, donde se tiene.

CUADRO II.15

ANCHOS DE CARRILES DE CIRCULACIÓN

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS	VELOCIDAD DIRECTRIZ (km/h)	ANCHO DE CARRIL (m)
0	Doble Calzada	120 – 80	3.65 – 3.5
I.A	Doble Calzada	120 – 70	3.65 – 3.5
I.B	Calzada Simple	120 – 70	3.65 – 3.5
II	Calzada Simple	100 – 50	3.65 – 3.35
III	Calzada Simple	80 – 40	3.50 – 3.00
IV	Calzada Simple	80 – 30	3.35 – 3.00

FUENTE: NORMA SNC CUADRO Nº 6.1

Por tratarse de calles donde su sección transversal se ve restringida por las casas existentes a cada lado de la vía, los anchos de calzada de cada calle están en función de la disponibilidad de espacio contemplándose siempre anchos de carril de 3,65m, 3m, 2.5m y 2m.

2.2.5.5.2.- Pendiente Transversal de la Calzada

La pendiente transversal de la calzada debe ser lo suficiente para asegurar un adecuado escurrimiento de las aguas superficiales, para evitar que la infiltración afecte la estructura del pavimento y para disminuir las posibilidades de formación de láminas de agua, peligrosas durante la circulación de los vehículos.

En el siguiente cuadro extraído de las normas del SNC, se muestran las pendientes transversales de las calzadas en función del tipo de pavimento y el clima de la zona, ya que estos son los factores más importantes en la elección de este parámetro de diseño, sin dejar de lado la comodidad y funcionalidad de la vía.

CUADRO II.16

PENDIENTE TRANSVERSAL DE LA CALZADA (m).

TIPO DE PAVIMENTO PENDIENTE TRANSVERSAL

TIPO DE PAVIMENTO	PENDIENTE TRANSVERSAL	
	ZONA HÚMEDA	ZONA SECA
Pavimento de hormigón	2.0 – 1.5	2.0 – 1.5
Pavimento flexible	2.5 – 2.0	2.0
Pavimentos porosos o tratamientos superficiales	3.0 – 2.5	2.5 – 2.0
Calzadas no pavimentadas	4.0 – 3.0	3.5 – 3.0

FUENTE: ELABORACIÓN EN BASE A NORMA DEL SNC.

De acuerdo al CUADRO II.16 y considerando que nos encontramos en una zona húmeda y que las calles tendrán un pavimento de Asfalto Flexible y se elige una pendiente transversal de 2.0 %.

2.2.5.5.3.- Taludes de corte y terraplén

Al tratarse de calles el talud de corte será vertical para así obtener la sección transversal correspondiente.

En cuanto al talud de terraplén se adoptó 1.5:1 (V/H) como talud general en todos los tramos que sean necesarios.

ESTUDIO GEOTÉCNICO

2.3 INTRODUCCIÓN

Como parte del Diseño Final del Proyecto “Pavimento Flexible del área Urbana de Concepción”, se llevó adelante la presente investigación geotécnica, la misma se realizó de manera tal, que puedan obtenerse las características básicas y parámetros geotécnicos de los distintos suelos y materiales que componen la subrasante de la población de “El Valle de Concepción”. Para éste cometido se prestó especial atención a la caracterización, distribución, y clasificación de suelos no solamente en superficie, sino también, en profundidad.

2.3.1.- Objetivo del Estudio de Suelos en la Subrasante

Básicamente ésta investigación está orientada a conocer las características y la calidad de los suelos que constituyen el perfil de la subrasante natural, en función al conocimiento del tipo de suelos a lo largo del trazado, su caracterización, su clasificación, y la determinación de las propiedades físicas y mecánicas, que permiten definir la aptitud de dichos materiales para ser utilizados como material de fundación del paquete estructural, aptitud resumida en el conocimiento de su capacidad de soporte como base de sustentación para la implementación de pavimentos flexibles o rígidos.

2.3.2.- Metodología empleada para el Estudio de Suelos

La metodología adoptada en este estudio y que culmina con la elaboración del presente informe final, fue convencionalmente dividida en las siguientes etapas:

- Fase de campo.
- Fase de laboratorio.
- Fase de gabinete.

2.3.2.1.-Trabajo de campo

Esta fase de trabajo consistió en la apertura o excavación manual de 15 pozos exploratorios o calicatas. Estas calicatas fueron ubicadas en distintos puntos de la población de manera tal que representen todos los suelos y materiales presentes en el área de proyecto; dichas calicatas tienen como finalidad no solamente conocer la distribución con detenimiento de los diferentes materiales definidos en cada punto de sondeo, sino también instituir las condiciones de humedad, consistencia y compacidad de los suelos investigados y el conocimiento de la disposición estructural de la subrasante estudiada.

2.3.2.2.- Trabajo de Laboratorio

Las muestras obtenidas fueron analizadas en el laboratorio de la Universidad especializado de mecánica de suelos.

Este trabajo está orientado a conocer la distribución granulométrica y condiciones de plasticidad de las partículas sólidas que constituyen los suelos investigados, proporcionando un nivel de referencia que, conjuntamente con los otros trabajos de laboratorio, permitieron conocer las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante. La relación de ensayos de laboratorio es la siguiente:

- * Determinación de humedad natural según ASTM D-2216-71
- * Distribución granulométrica de los materiales constitutivos del suelo, mediante la vía del tamizado según ASTM D-422-63
- * Establecimiento de los límites de consistencia o los límites de Atterberg:
- * Límite líquido según ASTM D-423-66
- * Límite plástico según ASTM D-424-59
- * Índice de plasticidad

- * Clasificación de suelos, adoptando el sistema internacional AASHTO.
- * Determinación del grado de compactación mediante el ensayo Proctor T 180 – T 99, para conocer las relaciones de:
 - Densidad máxima
 - Humedad óptima
- * Determinación de la capacidad de soporte (California Bearing Ratio) CBR.

2.3.2.3.- Trabajo de Gabinete

Con el objetivo de sistematizar el estudio en la forma más descriptiva posible, se realizó la correspondiente interpretación geotécnica, a partir de la cual los datos y resultados obtenidos fueron tabulados, organizados e interpretados cuidadosamente; toda esta información finalmente permitió establecer las conclusiones y recomendaciones pertinentes.

2.3.3.- Clasificación y Descripción de los Suelos Identificados

Los suelos identificados y que constituyen el perfil natural de la subrasante son resumidos en cuatro grandes grupos que presentan combinaciones variables en proporción, textura y propiedades plásticas, permitiendo a su vez distinguir subgrupos menores, los cuatro principales grupos se describen a continuación:

a) Suelos Granulares (Gravas y arenas)

A-1 Gravas y arenas **A-2** Gravas y arenas limosas y arcillosas

b) Suelos Finos (Limos y arcillas)

A-4 Limos inorgánicos **A-6** Arcillas inorgánicas poco plásticas

2.3.3.1.- Suelos Granulares

Estos suelos de naturaleza granular, representan el 13.33 % de las muestras analizadas, y están representadas por:

2.3.3.1.1.- Gravas y Arenas: A-1:

Estos suelos investigados en la subrasante, están formados por mezclas generalmente bien graduadas de fragmentos o clastos de rocas, gravas y arenas en una matriz más fina, con o sin material ligante. Representan un 6.67 % de las muestras analizadas.

Su comportamiento como material de subrasante es variable desde bueno a muy bueno, de la misma manera su utilización como material para capa base y sub base o en la construcción de terraplenes en general, es muy aceptable desde bueno a muy bueno.

No registran variaciones o cambios de volumen muy acentuados y su permeabilidad es variable de regular a buena.

Generalmente los asentamientos (si es que se producen), son muy pequeños, especialmente cuando su grado de compacidad es alto.

Por lo general poseen una buena resistencia al corte, sus ángulos de fricción son elevados, y su grado de cohesión es variable, dependiendo de la naturaleza de su composición y del grado de compacidad.

2.3.3.1.2.- Gravas y Arenas Limo Arcillosas (A-2):

Estos suelos representan 6.67 % del material encontrado en el área del proyecto. Están constituidos por una mezcla de arenas y gravas en una matriz limosa y/o arcillosa de baja plasticidad, cuya proporción y gradación son variables.

La influencia de las partículas de limo sobre los suelos gravosos y arenosos, referentes al comportamiento esfuerzo - deformación es de suma importancia, de manera especial si estos suelos son expuestos a saturaciones.

La infiltración de aguas en estos suelos, sumada a un flujo de naturaleza turbulenta, eventualmente determina el lavado y arrastre de las partículas de limo, lo que origina una reorganización de sus componentes granulares que muchas veces se traducen en fenómenos de erosión y asentamientos, cuyas magnitudes son generalmente impredecibles y difíciles de cuantificar.

Estos asentamientos modifican a su vez el sistema de esfuerzos internos de los materiales, iniciando un proceso gradual de deformación, llegando inclusive a colapsar el suelo.

Por otra parte, es muy acentuado el efecto que producen las partículas de limo, reacomodándose entre los intersticios de los materiales arenosos y los materiales de granos más grandes representados por gravas y fragmentos de roca, llegando a disminuir la permeabilidad propia y característica de estos suelos, haciéndolos más sensibles a la acción de cargas de tipo no drenado, es decir, a cargas rápidas que no permiten la disipación de excesos de presión de poros inducidos por los mismos.

Estos suelos cuando están saturados sufren cambios de volumen debido a las variaciones térmicas producidas por el efecto cíclico de las heladas.

Para el uso como material de subrasante estos materiales son calificados desde excelentes a buenos.

2.3.3.2.- Suelos Finos

Estos materiales de granulometría variable están representados por limos y arcillas, constituyen el 86.67 % de los suelos analizados en laboratorio, y las características más importantes se resumen a continuación.

2.3.3.2.1.- Limos Inorgánicos de Plasticidad Variable (A-4):

Estos suelos localizados en la mayor parte de la población, están representados por una mezcla de limos inorgánicos con arenas muy finas, generalmente de baja plasticidad. Estos suelos se presentaron en un 66.67 % de las muestras.

Por su naturaleza granulométrica y su baja plasticidad, estos suelos son muy sensibles a las cargas rápidas, es decir a las cargas de tipo no drenado, especialmente cuando están saturados.

Por otra parte, son muy conocidos los efectos de saturación extrema, produciendo la licuefacción, la que puede ser inducida mediante sollicitaciones de tipo dinámico.

Estos suelos en general son muy sensibles a la acción de aguas con flujo turbulento, lo que origina un arrastre de las partículas, dando inicio a los procesos erosivos, cuyo resultado es la formación de cárcavas, canales, huecos y tubos. Por este motivo debe evitarse en lo posible el contacto de estos suelos con las aguas, tanto superficiales como subterráneas.

Por otro lado este tipo de suelo es susceptible a la erosión eólica cuando no está protegido o confinado por otro material, como material para ser utilizado como subrasante es calificado como regular a pobre.

Para la construcción de estructuras importantes en estos suelos, son recomendables realizar ensayos de consolidación, con la finalidad de determinar puntualmente en el terreno, los parámetros de deformación que constituyen la principal causa de eventuales asentamientos.

2.3.3.2.2.- Arcillas Inorgánicas (A-6):

Estos suelos que se presentan en el 20 % del área estudiada, están constituidos por arcillas inorgánicas de plasticidad variable y presentan generalmente grandes cambios de volumen entre los estados secos y húmedos.

Cuando están saturados son muy sensibles a las cargas rápidas, por lo tanto, es recomendable efectuar análisis de estabilidad, cuando se trata de emplazar obras de magnitud (puentes, viaductos o muros de contención)

Su comportamiento como suelos de subrasante es muy variable, malo en estado saturado, hasta bueno en estado de preconsolidación alta.

Las características más importantes, para estos suelos arcillosos pueden resumirse.

El comportamiento como suelos de subrasante es variable, desde regular (en estado normalmente consolidado), hasta bueno o muy bueno en estado de preconsolidación muy alta

- Poseen un grado de compresibilidad muy variable.
- Generalmente presentan baja permeabilidad.
- Normalmente presentan una escasa porosidad, cuando no existen fracturamientos que dieran lugar a una porosidad secundaria.
- Las deformaciones que eventualmente se producen son a largo plazo.

Para la construcción de estructuras importantes en estos suelos, es recomendable realizar ensayos de consolidación, con la finalidad de determinar puntualmente en el terreno, los parámetros de deformación que constituyen la principal causa de eventuales asentamientos.

2.3.3.4.- Resumen

La tabla presentada a continuación resume la clasificación de suelos de la subrasante del tramo en estudio.

CUADRO II.17

Clasificación de suelos de la Sub Rasante

Tipo	Grupo	Muestras	Nº	% del total	Nº	% del total
SUELO GRANULAR	Grava	A - 1	1	6.67	2	13,33%
	Grava y arena	A - 2	1	6.67		
SUELO FINO	Limo	A - 4	10	66.67	13	86,67%
	Arcilla	A - 6	3	20.00		

Como conclusión del presente cuadro se instituye que existe predominio de los suelos finos en relación a los suelos granulares con un porcentaje de los primeros de 86.67% versus 13.33% de los segundos. A su vez dentro del grupo de los suelos granulares se observa igualdad de porcentajes entre suelos A-1 y A-2 mientras que en los finos predominan los suelos denominados A-4.

De acuerdo a los ensayos de clasificación de los suelos y al análisis de sus características indicativas, basadas en los dos criterios expuestos, se concluye que a los efectos prácticos de diseño, se deberá diferenciar la subrasante, en dos categorías bien caracterizadas.

2.3.3.4.1.- La Categoría I:

Comprende la subrasante natural constituida por suelos granulares con predominio de una mezcla de grava y arena.

2.3.3.4.2.- La Categoría II:

Comprende la subrasante formada por suelos finos, representados por limos y arcillas de actividad variable.

Por último debe establecerse que en todas las categorías de subrasante, se determinó la presencia de una cubierta superficial, de suelo orgánico con la presencia de humus. Esta capa vegetal no excede los treinta centímetros de espesor, y para efectos constructivos deberá eliminarse totalmente.

2.3.3.5.- Exigencias de calidad para los materiales del paquete estructural

Con la finalidad de proporcionar una guía para la ejecución del presente proyecto, a continuación se describen brevemente las exigencias que deben cumplir los materiales para las distintas capas del paquete estructural.

2.3.3.5.1.- Exigencias de Calidad para Capa Sub-Base

Todos los materiales considerados aptos para la capa base, podrán utilizarse para la capa sub base, en este sentido las exigencias técnicas son menores debido a la protección que brinda la capa base y se resumen en:

Los valores de CBR de laboratorio con un valor mínimo del 60%, con la compactación al 100 % de la densidad máxima del ensayo AASHTO T-180 D.

Los requisitos de gradación son: El agregado grueso, retenido en el tamiz #10, estará formado por partículas o fragmentos de roca; la fracción fina que pase el tamiz #10 deberá estar constituida por arena natural, o arena obtenida por trituración, la fracción que pase el tamiz #200, será no mayor de los 2/3 de la fracción que pase el tamiz #40.

Los requisitos de plasticidad son:

- Límite líquido < 25%.
- Índice plástico > 6%.

2.3.3.5.2.- Exigencias de Calidad para los Materiales de Capa Base

La capa base debe ser de piedra triturada.

El CBR de laboratorio con un valor del 100% a la compactación del 100% de la densidad máxima del ensayo AASHTO T-180 D.

Los requisitos de gradación para agregados de capa base, principalmente son resumidos en:

- Los porcentajes en peso del material que pasa por tamices con malla cuadrada, deben ser no menos del 50% en peso de las partículas retenidas en el tamiz #4. Deberán tener por lo menos una cara fracturada
- El porcentaje que pasa por la malla #200 no debe ser mayor a los 2/3 de la fracción que pasa por el tamiz malla #40.

Los requisitos de plasticidad para los agregados de la capa base son:

- Límite líquido < 25%
- Índice plástico < 6%

Los requisitos para el ensayo de abrasión Los Ángeles serán menores a 50%.

El equivalente de arena deberá ser podrá a 35%.

Los materiales de capa base pueden obtenerse mediante un proceso de selección y trituración, corrigiendo cuando sea necesario, las deficiencias de granulometría y de plasticidad.

2.3.3.5.3.- Exigencias de Calidad para los Agregados del Pavimento

El porcentaje de abrasión los Ángeles deberá ser menor al 40%.

La pérdida por inmersión al sulfato de sodio (durabilidad) sería menor al 12%.

Todos los yacimientos están ubicados muy próximos a la obra, y pueden obtenerse por un proceso de trituración o por simple clasificación corrigiendo cuando sea necesario sus deficiencias, tanto en granulometría como en plasticidad.

2.3.3.6.- ESTUDIO DE LOS YACIMIENTOS

Los trabajos realizados para la disposición y caracterización de los distintos yacimientos, tienen como motivo fundamental señalar aquellos materiales naturales que cumplan con las especificaciones técnicas, para una explotación racional y su posterior utilización en la construcción del paquete estructural.

Por otra parte, durante la inspección geotécnica se consideró la ubicación de los yacimientos, tratando en lo posible de determinar aquellos bancos de préstamo que se encuentren lo más próximos a la zona de proyecto, con el propósito de minimizar los costos de movimientos de material y transporte.

Esta inspección de los yacimientos puede sintetizarse en los siguientes aspectos:

- Determinación y cuantificación de las fuentes de préstamo para la construcción del paquete estructural, en base a un análisis de la calidad y cantidad de los suelos. A efectos de cumplir con las especificaciones técnicas, se señalaron los diferentes yacimientos que serán explotados mediante sistemas convencionales, y de los materiales de dimensiones mayores se obtendrán agregados mediante la trituración y la clasificación de los mismos, para su respectiva utilización.
- Determinación de las características indicativas de los materiales finos, referidas principalmente a los límites líquido, plástico y sus características geotécnicas (densidad, CBR).

Los diferentes bancos de materiales a emplearse como fuente de explotación para la obtención de materiales destinados a cubrir las necesidades en la construcción de la capa de rodadura generalmente se encuentran a una distancia relativamente cercanas y dentro del área de influencia del proyecto; y tanto la calidad como la cantidad de los mismos es variable.

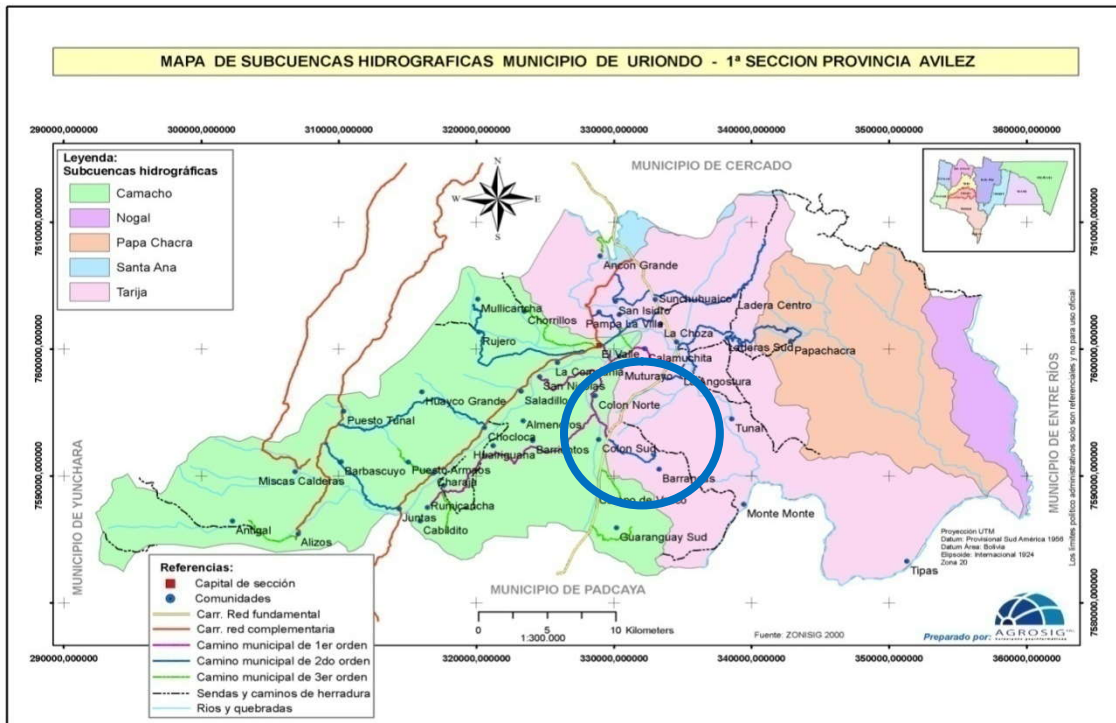
Desde el punto de vista Orográfico en ella se diferencia dos zonas: el 90% de la superficie se encuentra entre 1700 a 1900 m.s.n.m., y el restante por encima de los 1900.

Los principales afluentes en la zona son quebradas pequeñas que depositan su caudal a la quebrada colon, y esta a su vez al río Camacho, que se une con el río Tarija.

Existe dos subcuencas que se presentan en el municipio de Uriondo las cuáles son: La subcuenca Camacho, la cual se encuentra al Oeste de la zona de proyecto. La subcuenca de Tarija.

El sistema fluvial del río Camacho y el río Tarija forman inmensas subcuencas de captación de la región de la Cordillera Oriental. Las abundantes y estacionalizadas precipitaciones de las Sierras Subandinas incrementan su caudal y su capacidad de transporte.

Mapa de subcuencas Hidrográficas del municipio de Uriondo



INGENIERIA DE SUELOS

2.4.1 INTRODUCCIÓN

Los ensayos de laboratorio son características básicas para calificar la calidad del suelo de fundación y los materiales a ser empleados en un pavimento y son de mucha utilidad, por ello en este capítulo mostraremos los resultados del estudio de suelos y materiales, verificados a cargo del tesista, haciendo un análisis de los mismos a través de los ensayos que más se aplican y que caracterizan a este tipo de proyectos, como ser granulometría, límites de Atterberg, clasificación, compactación, C.B.R y desgaste de Los Ángeles.

Dentro del análisis a efectuara, nos referimos también a aspecto como las propiedades ingenieriles de la subrasante natural, el material seleccionado para las capas base, sub-base y subrasante mejorada respectivamente, señalando la localización de las fuentes de estos materiales, mostrando la importancia que tiene los mismos para el desarrollo del proyecto.

Así mismo haremos algunas consideraciones respecto a los materiales que podrían ser usados para la capa de rodadura.

A continuación se hace una referencia de las características de los ensayos de laboratorio que se realiza para obtener una información de las cualidades de la subrasante natural y de los materiales para las capas subrasante mejorada, sub-base y base; las cuales son importantes tomar en cuenta ya que constituye un punto de partida para el diseño en un pavimento.

2.4.1.1.- Análisis Granulométrico

El objetivo del análisis mecánico o granulométrico es determinar el tamaño de las partículas o granos que constituyen un suelo y fijar, en términos de porcentaje de su paso total, la cantidad de granos de distintos tamaños que contiene, como ser grava, arena, y arcilla, etc.

El método más directo para separar un suelo en fracciones de distinto tamaño consiste en hacerlo pasar a través de un juego de tamices. La abertura de la malla más fina a usarse es la de 0.074 mm. y corresponde al tamiz N° 200. Por dicho motivo cuando un suelo contiene partículas menores de dicho tamaño se debe efectuar el análisis granulométrico por vía húmeda para determinar el diámetro de dichas partículas.

La granulometría es una característica fundamental de todo conjunto de partículas, pues influye de forma importante en la resistencia mecánica del mismo. La práctica ha definido para los diferentes tipos de obra una serie de tamices granulométricos en los que debe encajarse la granulometría a la cual han fijarse las máximas desviaciones admisibles del proyecto.

2.4.1.2.- Límites de consistencia o de Atterberg

Consistencia es el grado de cohesión de las partículas de un suelo y su resistencia a aquellas fuerzas exteriores que tienden a deformar o destruir su estructura. Los límites de consistencia o de Atterberg de un suelo están representados por contenido de humedad, los cuales se conocen con los nombres de Límite Líquido y Límite Plástico.

2.4.1.2.1.- Límite Líquido (LL)

Ese, contenido de humedad que corresponde al límite arbitrario entre los estados de consistencia líquida y plástica de un suelo.

El límite líquido de un suelo da una idea de su resistencia al corte cuando tiene un determinado contenido de humedad. Un suelo cuyo contenido de humedad sea

aproximadamente igual o mayor a su límite líquido tendrá una resistencia al corte prácticamente nulo.

2.4.1.2.2.- Límite Plástico (LP)

Es el contenido de humedad para el cual comienza a fracturarse cuando es amasado en pequeños cilindros, haciendo rodar la masa del suelo entre la mano y una superficie lisa.

2.4.1.2.3.- Índice de Plasticidad (LP)

Se señala como la diferencia numérica entre los límites líquido y plástico. De esta forma se indica el intervalo de contenido de agua dentro del cual el suelo tiene una condición plástica.

Los suelos arenosos y los limos tienen características una bajo índice de plasticidad, en tanto que los suelos arcillosos presentan valores elevados del mismo. Los suelos que no tienen un límite plástico, como las gravas arenosas sin cohesión, se clasifican como suelos no plásticos (NP).

2.4.1.3.- Clasificación de Suelos

Para determinar la clase de suelo estudiado se ha tomado la clasificación de suelos AASTHO, donde los suelos se clasifican en siete grupos, basándose en la composición granulométrica, en el límite (LL). y el índice de plasticidad.(IP).

La evaluación de cada grupo, se hace por medio de su índice de grupo (IG), el cual es calculado mediante la fórmula empírica que se muestra en el cuadro de clasificación.

CUADRO II.18 TABLA DE CLASIFICACIÓN

CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y MEZCLA DE SUELOS - AGREGADOS							
CLASIFICACIÓN GENERAL	Materiales granulares			Materiales limo-arcillosos (Mas del			
	(35% o menos pasa el tamiz Nº 200)			(35% pasa el tamiz Nº 200)			
Grupos	A-1	A-3*	A-2	A-4	A-5	A-6	A-7
Porcentaje que pasa el Tamiz Nº 10 (2,00) Nº 40(0,425 mm) Nº200(0,075) mm.	50 max. 25 max	51 max. 10 max	35 max.	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Características del material que pasa el tamiz Nº 40 (0,425 mm)							
Limite Liquido				40 max	41 min	40 max	41 min
Indice de Plasticidad	6 max	N.P		10 max	10 max	11 min	11 min
Indice de grupo	0	0	4 max	8 max	12 max	16 max	20 max
Terreno de fundación	Excelente a Bueno			Regular a Malo			
* La colocación de A-3 antes de A-2, se hace únicamente por razones de ordenamiento							

Esta clasificación divide los suelos en dos clases: Una fórmula por suelos granulares y otra por suelos de granulometría fina, limo- arcilloso. En el cuadro señalado, se indican cada una de estas clases con sus correspondientes grupos y subgrupos.

2.4.1.4.- Compactación

La compactación de un suelo es el proceso manual o mecánico que tiene por objeto eliminar el volumen de sus vacíos y así aumentar su resistencia, volviendo más estable.

Al compactar un suelo se establece un contacto más firme entre las partículas; las partículas de mayor tamaño son forzadas a ocupar los espacios vacíos formados por los de mayor dimensión. Cuando un suelo está compactado, aumenta su valor soporte. Como las partículas se hallan firmemente adheridas después de la compactación, la

masa del suelo será más densa y su volumen de vacíos quedara reducido a un mínimo. Por lo tanto, la capacidad absorbente de agua de un suelo quedara grandemente reducida por efecto de la compactación.

Cuando se lo realiza la compactación de un suelo, bajo diferentes condiciones de humedad y para una determinada energía de compactación, la variación de las densidades en función de la humedad se representa por una curva. Cada suelo tiene su propia curva de compactación, que se caracteriza del material y distinta de los otros suelos. La curva nos muestra que hay un determinado punto para el cual la densidad es máxima. La humedad correspondiente a este punto es denominado humedad óptima.

2.4.1.5.- C.B.R

El método C.B.R California Bearing Ratio (Relación de soporte California), establece una relación entre la resistencia a la penetración de un suelo, y su capacidad de soporte como base de sustentación para el diseño de pavimento flexible, tomando como material de compactación la piedra rodada.

2.4.2.- Objetivo del Estudio de Suelos y Materiales

El estudio de suelo y materiales que se presentan tienen los siguientes objetivos.

- Servir de punto de partida para cumplir con el objetivo de este trabajo, cual es el de diseñar el pavimento del tramo vial propuesto.
- Mostrar el resumen de los estudios realizados sobre la subrasante natural, conforme a los resultados obtenidos de los respectivos ensayos.
- Señalar la cantidad de fuentes de material a ser utilizados para la construcción de la subrasante mejorada, capa sub-base y capa base.

2.4.2.1 Información Obtenida de la Subrasante.-

Se realiza para este fin ensayos con la finalidad de conocer las características ingenieriles del suelo a lo largo del alineamiento, tanto en sus propiedades físicas como mecánicas, efectuando para ello excavaciones manuales, con profundidades que varían de 0.50 a 1.00 metros.

Estas características han sido determinadas mediante ensayos normalizados como análisis, granulométrico, límites de atterberg, clasificación, compactación estándar y C.B.R.

El propósito de esta información es de ver con claridad la calidad del terreno de la subrasante natural, ya que de ello depende la colaboración de las diferentes capas que constituirán el pavimento, aspecto que influirá sobretodo en los costos de construcción.

Los resultados de la investigación de la subrasante natural, están redimidas en el cuadro, el cual obtendremos los datos de C.B.R. para determinar el valor de diseño, ya que este constituye uno de los parámetros fundamentales para nuestros objetivos.

2.4.2.2.- Materiales de Construcción para el Paquete Estructural.-

Los agregados naturales para la construcción de la estructura de un pavimento proveniente de dos tipos de fuentes.

Los principales afluentes en la zona son quebradas pequeñas que depositan su caudal a la quebrada colon, y ésta a su vez al río Camacho, que se une con el río Tarija.

Existe dos subcuencas que se presentan en el municipio de Uriondo las cuáles son: La subcuenca Camacho, la cuál se encuentra al Oeste de la zona de proyecto. La subcuenca de Tarija.

2.4.2.2.1.- Depósitos Aluviales

Son depósitos de residuos de roca transportada por acciones de las aguas y de la gravedad, cuya forma generalmente es redondeada o alargada, de tamaño variable desde piedras hasta arenas, que se hallan usualmente combinadas entre sí.

Las propiedades de las partículas son generalmente heterogéneas debido a que provienen de macizos rocosos de diferentes características geológicas, cuya composición mineralógica y estructural puede ser diferentes, afectando por lo tanto sus características físicas, químicas y mecánicas.

La calidad en general es aceptable para las obras viales, ya que durante el proceso de arrastre se ha visto sometido a diferentes procesos de meteorización y alteración, sobreviviendo aquellas partículas o fragmento que ofrecen mejores condiciones.

2.4.2.2.2.- Canteras

Son macizos rocosos generalmente explotados a cielo abierto, usualmente están compuestos por uno, dos o hasta tres tipos de rocas que permiten de identificadas en el sitio.

La determinación de las características físicas, químicas y mecánicas se hace más fácil en este tipo de fuentes, ya que los tipos de rocas presentes pueden ser determinadas por sectores con mayor precisión, visualmente y mediante la ejecución de perforaciones. El estudio de sus propiedades se facilita un tanto, por menor heterogeneidad que las fuentes aluviales.

En nuestro departamento los agregados naturales constituyen la mayoría de las capas de los pavimentos. Esos elevados volúmenes condicionan económicamente su elección, limitándose necesariamente las distancias de transporte.

Por otra parte, en algunas obras, los grandes volúmenes de material van unidos a menudo a la dificultad de conseguir la necesaria homogeneidad, lo que se traduce en un efectivo control de las características exigidas de los agregados.

Dichos volúmenes justifican por sí mismo la necesidad de estudio de los materiales en el laboratorio a fin de valorar su calidad en función de las especificaciones vigentes.

Un pavimento de la red vial departamental, atendiendo a la calidad de la subrasante natural, generalmente está estructurado de la siguiente manera: Bajo una carpeta bituminosa, formada típicamente por una mezcla de agregado pétreo y un aglutinante asfáltico, que constituye la superficie de rodadura propiamente dicha, está dispuesta una base granular y una sub-base, formada también por un suelo granular, y bajo la sub-base, está colocada otra capa denominada subrasante mejorada, con menor requisitos de calidad que las dos capas mencionadas anteriormente.

En éste proyecto se presenta una información de fuentes potenciales de materiales provenientes de depósitos aluviales, para las capas subrasante mejorada, sub-base y base, lo que influirá en los costos, por ser las distancias de transporte relativamente cortas al encontrarse estas fuentes cerca del lugar de la obra.

Existe dos subcuencas que se presentan en el municipio de Uriondo las cuales son: La subcuenca Camacho, la cuál se encuentra al Oeste de la zona de proyecto y la subcuenca de Tarija.

2.4.2.3.- Materiales para la Capa Subrasante Mejorada

En el comportamiento conjunto de un pavimento y el material de la subrasante natural, la capa subrasante mejorada, tiene un papel importante desde el punto de vista mecánica donde el proceso de compactación decisivo y aclaran su importante función estructural, ya que será capaz de absorber niveles de esfuerzo relativamente altos provenientes de la superficie disminuídos a la subrasante natural.

Pero podría todavía mencionarse a favor de su utilización sistemática una consideración de orden económico, ya que una subrasante mejorada del suficiente

espesor y calidad permitida muy importante ahorros en los espesores de las capas superiores, sin perjuicios de la función estructural conjunta.

Desde un punto de vista económico los materiales que se usan en la capa en la subrasante mejorada nunca pueden demasiados buenos, de manera que la contribución de la que si se logra una alta calidad en un material de la subrasante mejorada, graduando las razonables proporciones con relación a los de sub-base y base, podrán tenerse los más importantes ahorros en los espesores de las capas del pavimento.

2.4.2.4.- Materiales para la Capa sub- base

Para muchos, una de las principales funciones de la sub-base, es de carácter económico. Se trata de formar el espesor requerido del pavimento con el material más barato posible. Todo el espesor podría estar constituido con un material de alta calidad, como el usado en la base, pero se refiere hacer aquella más delgada y sustituirla en parte por una capa de menor calidad del material colocado tendrá que ser mayor el espesor necesaria para soportar y transmitir los esfuerzos.

Otra función consiste en servir la transición entre el material de la base, generalmente granular más o menos grueso y el de la subrasante mejorada, que tiende a ser mucho más fino. La sub-base actúa como filtro de la base e impide su incrustación en la subrasante.

La sub-base también se coloca para proteger a la base aislándola de la subrasante ya que ésta formada generalmente por material fino y plástico, pueden introducirse en la base, pudiendo provocar cambios volumétricos perjudiciales al variar las condiciones de humedad, a la vez que se disminuiría la resistencia estructural de la base.

También se coloca para absorber deformaciones perjudiciales en la subrasante; por ejemplo cambios volumétricos asociados a cambio de humedad, impidiendo que se reflejen en la superficie del pavimento.

Por último, otra función de la sub-base es actuar como dren para desalojar el agua que se infiltra al pavimento e impedir la ascensión capilar hacia la base, de agua procedente de la subrasante natural.

Respecto a la calidad del material que se utilice en la propia sub-base, es común exigir a los materiales requisitos de granulometría, Plasticidad, equivalente de arena y C.B.R, los cuales se detallan a continuación.

CUADRO II.19
PORCENTAJES RECOMENDABLES PARA LA CAPA SUB-BASE

TAMIZ	% QUE PASA
3	100
2	---
1 1/2	59 - 89
1	46 - 78
3/4"	34 - 70
3/8"	24 - 56
Nº 4	13 - 45
Nº 10	6 - 36
Nº 40	2 - 18
Nº 200	0 - 15

- a) Debe estar comprendido en la siguiente granulometría
- b) La fracción de material que pasa el tamiz N° 40 debe tener un límite líquido menor a 30 y un índice plástico no mayor de 6%
- c) El equivalente de arena del material debe ser 25% como mínimo.
- d) El C.B.R no podrá bajar de 30%
- e) Deberá tener un desgaste Los Ángeles Inferior a 50%

2.4.2.5.- Materiales para la Capa Base

La función fundamental de la base del pavimento flexible es estructural y consiste en proporcionar un elemento resistente a la acción de las cargas de tránsito y capaz de

transmitir los esfuerzos resultantes con intensidad adecuadas a las capas inferiores. La base en muchos casos debe también drenar el agua que se introduzca a través de la carpeta, así como impedir la ascensión capilar del agua que provenga de nivel inferior.

Las características de un material de base y aún de sub-base, suelen exigir que a los agregados pétreos o fragmentos rocosos con que ha de formarse, se les sometan a verdaderos procesos de fabricación, entre los que es común la trituración; éstas producen efectos sumamente favorables en la resistencia y en la deformabilidad, pues da lugar a partículas de aristas vivas entre las que es importante el efecto de acomodo estructural, que es una de las frecuentes en los materiales en el zarandeado, a través del que se llega a satisfacer un requisito granulométrico prefijado.

El material pétreo que se emplea en la base, deberá llenar los siguientes requisitos.

CUADRO II.20
PORCENTAJES RECOMENDABLES PARA LA CAPA BASE

TAMIZ	% QUE PASA
2	100
1 1/2	72 - 100
1	57 - 89
3/4"	48 - 80
3/8"	32 - 73
Nº 4	18 - 50
Nº 10	8 - 40
Nº 40	3 - 21
Nº 200	0 - 15

- a) Su granulometría debe estar comprendida entre los límites de la siguiente tabla.
- b) Los agregados gruesos deberán tener un porcentaje de desgaste Los Ángeles inferior a 50 %.

- c) La fracción que pasa por un tamiz N° 40 debe tener un límite líquido de no más del 25% y un índice de plasticidad no mayor de 60%.
- d) El Valor Soporte de California C.B.R. no deberá ser inferior a 80%.
- e) La fracción que pasa por el tamiz N° 200, no deberá ser mayor que dos tercios de la que pase por el tamiz N° 40.
- f) El equivalente de arena deba ser 40% como mínimo.

2.4.2.6.- Materiales para la Capa de Rodadura.-

La capa de rodadura debe proporcionar en el pavimento de una superficie de rodamiento estable, capaz de resistir la aplicación directa de las cargas, la fricción de las llantas, los esfuerzos de frenaje, y los impactos, etc.; debe tener la textura necesaria para permitir un rodamiento seguro y cómodo. La naturaleza de ésta capa debe ser tal que la resista la acción de los agentes climatológicos.

La exposición directa a las cargas del tránsito y la deformación necesaria para el buen servicio implica que la carpeta está formada con material que ofrezca suficiente resistencia bajo condiciones de presión normal exterior o sea que se requiere un material que posea una cohesión y es precisamente el producto asfáltico que liga los agregados pétreos el que la proporciona, en el caso de las carpetas bituminosas.

2.4.2.6.1 Concreto Asfáltico

Es un material compuesto por agregados embebidos en una matriz de cemento asfáltico que llena el espacio dejado por éstos y los une. El cemento asfáltico se mantiene flexible y provee integridad estructural cubriendo los agregados y dándole a la mezcla propiedades cohesivas. Dado que el cemento asfáltico es semi-sólido a temperaturas corrientes, la calidad y granulometría de los agregados juega aquí un papel mucho más importante.

El grado a utilizar en cada área debe ser seleccionado en función al clima.

Para climas fríos, se debe usar cemento asfáltico de bajo grado de viscosidad para resistir la fisuración por baja temperatura. En climas cálidos se debe usar cemento asfáltico de alto grado de viscosidad para evitar el ahuellamiento.

DISEÑO DEL PAQUETE ESTRUCTURAL

2.5.1.- INTRODUCCIÓN

La longitud total de las calles a diseñar es de 6.15 Km., con anchos de carril que dependen del espacio disponible en el lugar estos anchos de carril son de 3.65, 3, 2.5 y 2m.

2.5.1.1.- Factores de Diseño

Los factores más importantes para el diseño de las capas de un pavimento son los siguientes:

- Tráfico
- Propiedades de la Subrasante
- Materiales de Construcción
- Condiciones Climáticas, Ambientales y Drenaje

Para el propósito de este estudio se realizaron estudios previos de Suelos, Materiales y Tráfico, obteniendo los datos necesarios para el diseño del pavimento.

2.5.1.2.- Metodología

Para el Diseño de carpeta Estructural se utilizo Ábacos (Método AASHTO'97) y mediante el programa DARWin

En término simples DARWin (Design, Analysis, and Rehabilitation for Windows) es una versión computarizada de los modelos de diseño de pavimentos presentado en la publicación Guide for the Design of Pavement Structures escrita por la AASHTO.

2.5.1.3.- Pavimento Flexible

Consiste en el uso de una capa de rodadura de concreto asfáltico con un período de vida útil de 20 años (2009 a 2029).



Fotografía N° 4 Avenida Uriondo

Esta ecuación permite calcular el número estructural de un pavimento, para luego diseñar el pavimento por capas.

(ECUACIÓN 12)

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R * S_0 + \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Símbolo	Descripción	Unidad
W_{18}	Numero preadicto de 18-kip carga eje equivalente (ESAL aplicaciones)	
Z_R	Desviación normal	
S_0	Error combinado normal de la predicción del trafico y el rendimiento preadicto	
PSI	Diferencia b/t índice del diseño inicial, habilidad de servicio p_0 , y el diseño ultimo, índice de habilidad de servicio p_t	
M_R	Resiliente modulus	psi

2.5.2.- DISEÑO ESTRUCTURAL.

2.5.2.1.- Parámetros de diseño.

2.5.2.1.1.- La carga (W_{18})

Es el número acumulado de aplicaciones de carga de ejes simples equivalentes de 80 KN, que se espera en el pavimento puede soportar en su periodo inicial de desempeño (El Tiempo desde su apertura al tráfico hasta su rehabilitación mayor). Las aplicaciones de carga de ejes simples equivalentes pueden calcularse a partir de datos de tráfico, usando un procedimiento simplificado que considera datos promedios de factor camión o también mediante un procedimiento riguroso que permite introducir diferentes factores de crecimiento no solo para los tráficos sino para los factores de camión en el entendido que las capacidades de nuevos modelos de camiones puedan incrementar con el tiempo.

2.5.2.1.2.- Serviciabilidad

La serviciabilidad de un pavimento está definida como la habilidad de servir a tráfico de alto volumen y alta velocidad. Se mide por medio del Índice de Serviciabilidad Actual “PSI”, que es una escala que va desde el 5 (camino perfecto) hasta 0 (camino imperfecto)

2.5.2.1.3.- Serviciabilidad Inicial

Se llama Serviciabilidad Inicial (P_o) al valor de PSI que tendrá un pavimento inmediatamente luego de la construcción. En la mayoría de los casos la Serviciabilidad Inicial debe ser mayor a 4. Según la AASHTO tenemos:

- *Pavimentos Flexibles:* **$P_o = 4.2$**

2.5.2.1.4.- Serviciabilidad Terminal

Serviciabilidad Terminal (P_t) es el valor de PSI mínimo tolerable de un pavimento. Cuando la Serviciabilidad de un pavimento alcanza este valor, se requiere rehabilitación. Para volúmenes bajos de tránsito la AASHTO recomienda un valor de $P_t = 2.5$ para carreteras de primer orden y $P_t = 2.0$ para carreteras de menor volumen.

Una vez que (P_o) y (P_t) son establecidos, las siguientes ecuaciones en este momento es aplicable para definir la total transformación del índice de servicialidad.

$$\Delta PSI = p_o - p_t$$

Donde esta relación es aplicable en la ecuación principal.



Fotografía N° 5 Calle Sucre

2.5.3.- Tránsito

Los pavimentos se proyectan para que resistan un determinado número de cargas durante su vida útil. Existen varios tipos de vehículos con diferentes pesos, y número

de ejes. Para el cálculo se transforman los vehículos a una carga equivalente de un eje de (80 kN) 18 kip, Al número de cargas equivalentes del tráfico se llama ESAL (Equivalent Axle Load)

El programa DARWin calcula el número de ESALs de diseño, para ello se deben conocer los siguientes parámetros:

- Tiempo de Diseño: Vida Útil
- Tráfico Promedio Diario en dos direcciones (ADT)
- Número de Carriles en cada Dirección
- Porcentaje de todos los Camiones en el carril de diseño
- Porcentaje de Camiones en la Dirección de Diseño

El programa ofrece dos opciones, el simplificado en el que se utiliza un vehículo promedio y el riguroso en donde se analiza cada tipo de vehículo por separado, para propósitos de este diseño se utilizará el procedimiento riguroso que es el más exacto. Para ello se necesitan los siguientes datos para cada tipo de vehículo:

- Porcentaje del ADT
- Tasa de crecimiento
- Factor Camión Promedio Inicial (TF)

2.5.3.1.- Composición del Tráfico

Del Estudio de Tráfico del proyecto, realizado en el año 2009, se obtiene la información de tráfico necesaria para el diseño del pavimento. Se toma como año base el 2009, se consideró que con el tiempo de licitación y construcción las calles estarán terminadas para esta fecha.

En la CUADRO II.19 se tiene la composición del tráfico para el año base, desglosado en los tipos de vehículos. El índice de crecimiento vehicular del lugar es de 2.05.

El cuadro II.20 es la composición del tráfico expresado en porcentaje.

CUADRO II.19
Composición del tráfico el año 2009

Tramo	ADT	L	M	P
Avenida Uriondo	134	76	44	14
Calle Bolivar	95	46	29	20
Calle Campero	79	33	30	16
Calle Sucre	57	26	14	17

Fuente: Elaboración Propia

CUADRO II.20
Distribución Porcentual del Tráfico el año 2009

Tramo	Total	L	M	P
Avenida Uriondo	100%	56,7%	32,8%	10,4%
Calle Bolivar	100%	48,3%	30,7%	20,9%
Calle Campero	100%	42,0%	37,8%	20,2%
Calle Sucre	100%	45,4%	24,4%	30,2%

Fuente: Elaboración Propia

Donde:

L: Vehículos Livianos

M: Vehículos Medianos

P: Vehículos Pesados

Cuando se evalúan diseños es necesario saber la composición del tráfico en el último año de su vida útil, esto se consigue proyectando el tráfico del año base, utilizando la siguiente ecuación:

$$T_e = T_b * (1 + i)^n$$

(ECUACIÓ 13)

Donde:

T_e : Tráfico del año inicial de la etapa

T_b : Tráfico del añobase

i : Tasa de crecimiento

n : Número de años entre año base y el año inicial de la etapa

2.5.4.- Construcción con concreto asfáltico.

Para el diseño de la estructura se considera una vida útil de 20 años. Las características del tráfico en el año 2029 se pueden ver en cuadro II.21. En el cuadro II.22 se puede ver la composición porcentual.

CUADRO II.21

Composición del tráfico el año 2029

TRAMO	ADT	L	M	P
Avenida Uriondo	201	114	66	21
Calle Bolivar	143	69	44	30
Calle Campero	119	50	45	24
Calle Sucre	86	39	21	26

Fuente: Elaboración Propia

CUADRO II.22

Distribución Porcentual del Tráfico el año 2029

TRAMO	Total	L	M	P
Avenida Uriondo	100%	56,7%	32,8%	10,4%
Calle Bolivar	100%	48,3%	30,7%	20,9%
Calle Campero	100%	42,0%	37,8%	20,2%
Calle Sucre	100%	45,4%	24,4%	30,2%

2.5.4.1.- Conversión de los Vehículos a ESALs/vehículo

Las varias cargas que actúan sobre un pavimento producirán diferentes esfuerzos y fallas. Además, distintos tipos y espesores de pavimentos responden de manera diferente a una misma carga. Por tanto el tránsito es transformado a un número equivalente de cargas de 18 kip que producirá las mismas fallas que el tránsito verdadero. Para transformar cada tipo de carga que actúa sobre el pavimento se determina el factor de equivalencia de carga LEF (Load Equivalent Factor).

2.5.4.2.- Factor de Equivalencia de Carga por Eje

Este factor relaciona la pérdida de serviciabilidad causada por la carga de un tipo de eje con la producida por el eje de 18 kip (80 kN).

$$\text{LEF} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de ejes de 80 KN (ESALs) que produce una pérdida de serviciabilidad}}{\text{N}^\circ \text{ de ejes de X KN que produce una misma perdida de serviciabilidad}}$$

Donde:

x : Carga para la cual se calcula el factor de equivalencia (ECUACIÓN 14)

Como los esfuerzos varían con el tipo y espesor del pavimento, entonces los LEFs de las cargas no son constantes. Otro factor que varía los LEFs es la Serviciabilidad que se adopta para el diseño.

Para el cálculo de los Factores de equivalencia se utilizaron los valores otorgados por la AASHTO.

Para el uso de las tablas se necesita saber la carga por eje, el tipo de eje (Simple, Tandem, Tridem), la serviciabilidad final “pt”, el tipo de pavimento y su espesor, debido a ello, los LEFs para pavimentos flexibles y rígidos se calculan por separado.

2.5.4.3.- Cálculo Factor de Camión

LEF, es una manera de expresar los ejes en ESALs, pero es necesario saber el daño que producen los diferentes tipos de vehículos en el pavimento con los varios tipos de ejes que poseen. Así nace el concepto de factor camión, que es definido como el número de ESALs por vehículo.

2.5.4.3.1.- Configuración de Ejes de los Vehículos

De acuerdo al estudio de tráfico, la configuración de los ejes de los vehículos se puede ver en el CUADRO II.23.

CUADRO II.23

Configuración de Ejes de los Vehículos

Vehículo	Configuración de Ejes		
Automóviles	-11	S	S
Camionetas	-11	S	S
Buses	-11	S	SD
Camión Mediano	-11	S	SD
Camión Grande	-12	S	T
Camión Articulado	-122	S	T

Fuente: Elaboración propia

SD: Simple Dual.

(1): Eje Simple. (S) o (SD)

(2): Eje Tandem. (T)

2.5.5.- Cargas de los Ejes

Según el Decreto Ley N° 11771, los Límites de la Ley de Cargas para los diferentes tipos de ejes se pueden ver en el cuadro.

CUADRO II.24

Límites de Cargas por Eje Decreto Ley N° 11771

Carga Máxima para Eje Delantero:	7.00 ton.
Carga Máxima para Eje Trasero simple (llanta doble):	11.00 ton.
Carga Máxima para Eje Trasero Tandem (llanta doble):	18.00 ton.
Carga Máxima para Eje Trasero Tridem (llanta doble):	25.00 ton.

Fuente: Plan Maestro de Transporte por Superficie

Debido a que los automóviles y las camionetas no tienen la capacidad de llegar a la carga máxima permitida se utilizan valores menores, que se ven el CUADRO II.25.

CUADRO II.25

Cargas por Ejes de Automóviles, Camionetas y Buses (ton.)

Vehículo	Eje Trasero	Eje Delantero
Automóvil	1	1
Camioneta	3,3	1,6
Buses	8,3	4,2

Fuente: Rico y Castillo¹

¹ Rico y Castillo, *La Ingeniería de suelos en las vías terrestres, carreteras, ferrocarriles y aeropistas*, República de México.

2.5.5.1.- Cálculo del Factor Camión de Cada Vehículo

Censos efectuados en diferentes lugares del país muestran que las cargas permisibles exceden considerablemente el máximo permitido. Sin embargo, se aconseja emplear los valores de la ley de cargas, considerando que estará en vigencia cuando el proyecto esté terminado. De acuerdo a la ley de cargas, el factor camión para los diferentes tipos de vehículos pesados se ve en el CUADRO II.26.

CUADRO II.26

Factor Camión de acuerdo a La Ley de Cargas

Configuración de Ejes	Eje Delantero	1º Eje Trasero	2º Eje Trasero	TF
11	1,26	3,3		4,56
12	1,26	2,02		3,28
122	1,26	2,02	2,02	5,3

Fuente: Plan Maestro de Transporte por Superficie

Los valores encontrados en la CUADRO II.26, no toman en cuenta el tipo de pavimento (flexible o rígido) para calcular los LEFs.

Para el cálculo del factor camión, TF (Truck Factor) se utilizaron las tablas proporcionadas por la AASHTO, se introducen las cargas máximas que están en los cuadro 25-26. Se asume una serviciabilidad final de $pt = 2$. El espesor del pavimento es una de las variables necesarias para encontrar el LEF, en el caso del pavimento flexible se asume un valor de $SN = 2''$ (50.8 mm).

CUADRO II.27 TABLA DE LA AASHTO

Carga /eje		SN pulg (mm)					
(kips)	(kN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
2	8.9	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004
4	17.8	.003	.004	.004	.003	.002	.002
6	26.7	.011	.017	.017	.013	.010	.009
8	35.6	.032	.047	.051	.041	.034	.031
10	44.5	.078	.102	.118	.102	.088	.080
12	53.4	.168	.198	.229	.213	.189	.176
14	62.3	.328	.358	.399	.388	.360	.342
16	71.2	.591	.613	.646	.645	.623	.606
18	80.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	89.0	1.61	1.57	1.49	1.47	1.51	1.55
22	97.9	2.48	2.38	2.17	2.09	2.18	2.30
24	106.8	3.69	3.49	3.09	2.89	3.03	3.27
26	115.7	5.33	4.99	4.31	3.91	4.09	4.48
28	124.6	7.49	6.98	5.90	5.21	5.39	5.98
30	133.5	10.3	9.5	7.9	6.8	7.0	7.8
32	142.4	13.9	12.8	10.5	8.8	8.9	10.0
34	151.3	18.4	16.9	13.7	11.3	11.2	12.5
36	160.0	24.0	22.0	17.7	14.4	13.9	15.5
38	169.1	30.9	28.3	22.6	18.1	17.2	19.0
40	178.0	39.3	35.9	28.5	22.5	21.1	23.0
42	186.9	49.3	45.0	35.6	27.8	25.6	27.7
44	195.8	61.3	55.9	44.0	34.0	31.0	33.1
46	204.7	75.5	68.8	54.0	41.4	37.2	39.3
48	213.6	92.2	83.9	65.7	50.1	44.5	46.5
50	222.5	112.	102.	79.	60.	53.	55.

Los valores encontrados para los diferentes vehículos se pueden ver en los Cuadros II.28 a II.30.

CUADRO II.28

Factor de Carga Vehículos Livianos

	Eje Delan.	Eje Tras.	TF Flex.
Peso [ton]	1,0 (S)	1,0 (S)	0,004
LEF Flex.	0,002	0,002	

CUADRO II.29

Factor de Carga Vehículos Medianos

	Eje Delan.	Eje Tras.	TF Flex.
Peso [ton]	7,0 (S)	11,0 (S)	1
LEF Flex.	0,5	0,5	

CUADRO II.30

Factor de Carga Vehículos Pesados

	Eje Delan.	Eje Tras.	TF Flex.
Peso [ton]	7,0 (S)	18,0 (T)	10,5
LEF Flex.	5	5,5	

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede ver existen diferencias entre los valores encontrados con las tablas AASHTO y los del PMTS, especialmente en los valores para pavimentos.

Para el diseño del pavimento se utilizarán los valores de las tablas AASHTO, porque considera los diferentes tipos de pavimento.

2.5.5.2.- ESALs de Diseño

El Factor de Distribución Direccional de camiones es igual a 50%, o sea que el mismo número de vehículos pesados circula en ambas direcciones.

Los resultados del cálculo se encuentran para las diferentes alternativas. De los resultados podemos observar que aunque los porcentajes de los vehículos livianos son mayores, dan valores insignificantes de ESALs, concluyendo que la influencia de vehículos pesados es la más importante.

El número de ejes equivalentes de 8.2 Tn. 80 kN en el carril de diseño (ESALs) se puede ver en las Tablas 14, 15, 16 y 17.

CUADRO II.31
Número de ESALs de Diseño
(Avenida Uriondo)

ESALs	Tramo 1
Alternativa I	20 Años
C.A	1,850,000

CUADRO II.32
Número de ESALs de Diseño
(Calle Bolívar)

ESALs	Tramo 1
Alternativa I	20 Años
C.A	2,310,000

CUADRO II.33
Número de ESALs de Diseño
(Calle Campero)

ESALs	Tramo 1
Alternativa I	20 Años
C.A	1,910,000

CUADRO II.34
Número de ESALs de Diseño
(Calle Sucre)

ESALs	Tramo 1
Alternativa I	20 Años
C.A	1,830,000

La AASHTO proporciona espesores mínimos en función al número de ESALs a usarse en pavimentos con concreto asfáltico, los cuales se pueden ver en el cuadro II.35.

CUADRO II.35
Espesores Mínimos de Concreto Asfáltico y Base Granular

ESALs	C.A	Base
Menor a 50,000	2.5 cm	10 cm
50,000-150,000	5.0 cm	10 cm
150,000-500,000	6.5 cm	10 cm
500,000-2,000,000	7.5 cm	15 cm
2,000,000-7,000,000	9.0 cm	15 cm
Más de 7,000,000	10.0 cm	15 cm

Fuente: AASHTO Design Guide

2.5.5.3.- Confiabilidad

La Confiabilidad de un proceso de diseño de un pavimento es la probabilidad de que una sección diseñada rendirá satisfactoriamente con las condiciones de tráfico y ambientales para el período de diseño.

Los parámetros que miden esa confiabilidad son dos:

- Nivel de Confiabilidad
- Desviación Estándar

2.5.5.4.- Nivel de Confiabilidad

El nivel de confiabilidad es la probabilidad en porcentaje de que la estructura dure el período de diseño. Esta probabilidad es extraída de una curva de distribución Normal. La selección de este parámetro depende del uso e importancia del pavimento. Un nivel de confiabilidad alto implica mayores costos iniciales, pero menores costos de mantenimiento. Según recomendaciones de la AASHTO, para una carretera Rural Arterial el rango es de 75-95, se adoptará un $R = 85\%$.

2.5.5.5.- Desviación Estándar

La desviación estándar es una medición de los errores o variabilidad de los datos introducidos, propiedades de los materiales, tráfico, propiedades de la subrasante, condiciones climáticas y calidad de construcción. Por la ausencia de valores locales, la AASHTO recomienda los siguientes:

- *Pavimentos Flexibles*: $S_o = 0.49$

2.5.5.6.- Condiciones Ambientales

Dos factores ambientales son considerados concernientes al rendimiento de un pavimento, estos son: Temperatura y precipitación.

Se considera un drenaje regular, en base a las precipitaciones un 20% del tiempo los niveles de humedad están cercanos a la saturación. Las precipitaciones significativas ocurren en ciertos meses del año, desde noviembre a abril.

Las temperaturas de la zona son cálidas con una media de 20 °C, existen temperaturas mínimas extremas de hasta -1°C en invierno, pero debido a que son por corto tiempo y ocurren en la época de estiaje, no se presentarán problemas de congelamiento y derretimiento. Se presentan temperaturas máximas de 37°C, por tanto se debe tener cuidado con el tipo de asfalto a usarse.

2.5.5.7.- Propiedades de la Subrasante

La tabla presentada a continuación resume la clasificación de suelos de la subrasante del tramo en estudio.

CUADRO II.36

Clasificación de suelos de la Sub Rasante

Tipo	Grupo	Muestras	N°	% del total	N°	% del total
SUELO GRANULAR	Grava	A - 1	1	6.67	2	13,33%
	Grava y arena	A - 2	1	6.67		
SUELO FINO	Limo	A - 4	10	66.67	13	86,67%
	Arcilla	A - 6	3	20.00		

Fuente: Elaboración Propia

Como conclusión del presente cuadro se establece que existe predominio de los suelos finos en relación a los suelos granulares con un porcentaje de los primeros de 86.67% versus 13.33% de los segundos. A su vez dentro del grupo de los suelos

granulares se observa igualdad de porcentajes entre suelos A-1 y A-2 mientras que en los finos predominan los suelos denominados A-4.

La propiedad que se usa para caracterizar la Subrasante es el Módulo Resiliente (M_r). Este valor es una medida de la elasticidad del suelo reconociendo características no lineales. El módulo resiliente puede ser utilizado directamente para el diseño de pavimentos flexibles, pero debe ser convertido en el módulo de reacción (k) para el diseño de pavimentos rígidos.

El método empleado para caracterizar la subrasante es el de valor soporte California C.B.R. ya que el equipo necesario para obtener el M_r es costoso y no disponible.

La AASHTO proporciona las siguientes Ecuaciones para correlacionar valores de CBR.

$$M_R = 17,6 \times CBR^{0,64} [MPa] \quad \text{Para CBR entre 2 y 12\%}$$
$$M_R = 22,1 \times CBR^{0,55} [MPa] \quad \text{Para CBR entre 12 y 80\%}$$

(ECUACIÓN 15)

2.5.5.8.- CBR de Diseño

El CBR de diseño se usará de los datos obtenidos del estudio de suelos y materiales, se utilizarán los valores de CBR al 100% del Proctor Modificado AASHTO T-180. Para encontrar el valor del CBR de diseño, se siguen los siguientes pasos:

1. Se clasifican los datos CBR de los pozos por tramos.
2. Se ordenan los datos y se obtiene el percentil 15. Dicho valor es el CBR de proyecto para cada tramo. Significa que el 85% de los valores del tramo son mayores o iguales al CBR de diseño.

Los valores obtenidos para los diferentes tramos, con sus correlaciones se pueden ver en el Cuadro II.37.

CUADRO II.37

Valores de Soporte de la Subrasante

TRAMO	CBR	Modulo Resiliente (KPa)
Avenida Uriondo	38.00 %	163407.98
Calle Bolívar	26.90 %	135131.32
Calle Campero	16.30 %	102587.74
Calle Sucre	13.70 %	93237.06

ELABORACIÓN PROPIA

El CBR de la calle sucre fue empleado como el CBR de diseño de las otras calles restantes que no figuran en este cuadro ya que no existe una gran variación entre los valores de sus CBR y con el propósito también de uniformizar los espesores de pavimento de estas calles que cuentan con un tránsito menor que las calles que se muestran en el cuadro.

2.5.6.- Materiales de Construcción

Los materiales de construcción pueden dividirse en categorías, los necesarios para Pavimentos Flexibles, y la calzada.

2.5.6.1.- Pavimentos Flexibles

El pavimento flexible consiste de una subrasante mejorada, subbase, base y una superficie bituminosa.

2.5.6.1.1.- Subrasante Mejorada

La subrasante mejorada es la capa de suelo natural o de préstamo cuando se necesita. Es la fundación del pavimento.

2.5.6.1.2.- Subbase

La subbase es la porción del pavimento entre la base y la subrasante. Consiste de material granular de canto rodado seleccionado. Para el uso en el período de diseño la capa subbase debe ser representada por un coeficiente de capa (a3).

La función principal de esta capa es la economía, sirve también como elemento estructural y protege a la capa base de la intrusión de grano fino.

2.5.6.1.3.- Base

La base es la capa entre la subbase y la capa de rodadura. Construida encima de la subbase. Consiste de agregado triturado. Las especificaciones para la capa base son más estrictas que la de la subbase. Para el método de diseño de la AASHTO la capa base debe ser representada por un coeficiente de capa (a2).

2.5.6.1.4.- Capa de Rodadura

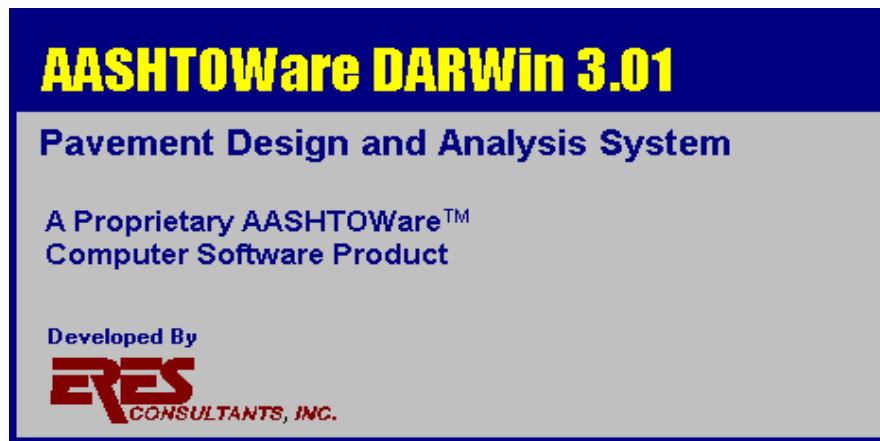
La capa de rodadura de una estructura flexible consiste en una mezcla de agregado mineral con material bituminoso. Está por encima de la capa base. Aparte de su función como capa estructural, debe resistir los esfuerzos abrasivos del tráfico, impermeabilizar, dar fricción, y proveer una superficie suave, segura y confortable para el viaje. Para el uso en el período de diseño la carpeta de rodadura debe ser representada por un coeficiente de capa (a1).



2.5.7.- Diseño Estructural Mediante Ábacos y el Método DARWin 3.01

Para el diseño del pavimento y análisis se utilizó ábacos de la AASHTO y el programa DARWin® 3.1.

En términos simples DARWin (Design, Analysis, and Rehabilitation for Windows) es una versión computarizada de los modelos de diseño de pavimentos presentados en la publicación *Guide for the Design of Pavement Structures* escrita por la AASHTO.



Para el diseño de Pavimento flexible mediante el Programa DARWin se requiere determinar el Número Estructural “SN”. Para determinar el SN, se deben introducir los siguientes datos:

- ESALs
- Serviciabilidad inicial y terminal
- Nivel de confiabilidad y desviación estándar
- Módulo Resiliente

2.5.7.1.- Conversión de “SN” a espesores de capa

Obtenido el SN, debe ser convertido a espesores reales de las diferentes capas. Según la siguiente ecuación:

$$SN = a_1 d_1 + a_2 d_2 m_2 + \dots a_n d_n m_n \quad (\text{ECUACIÓN 16})$$

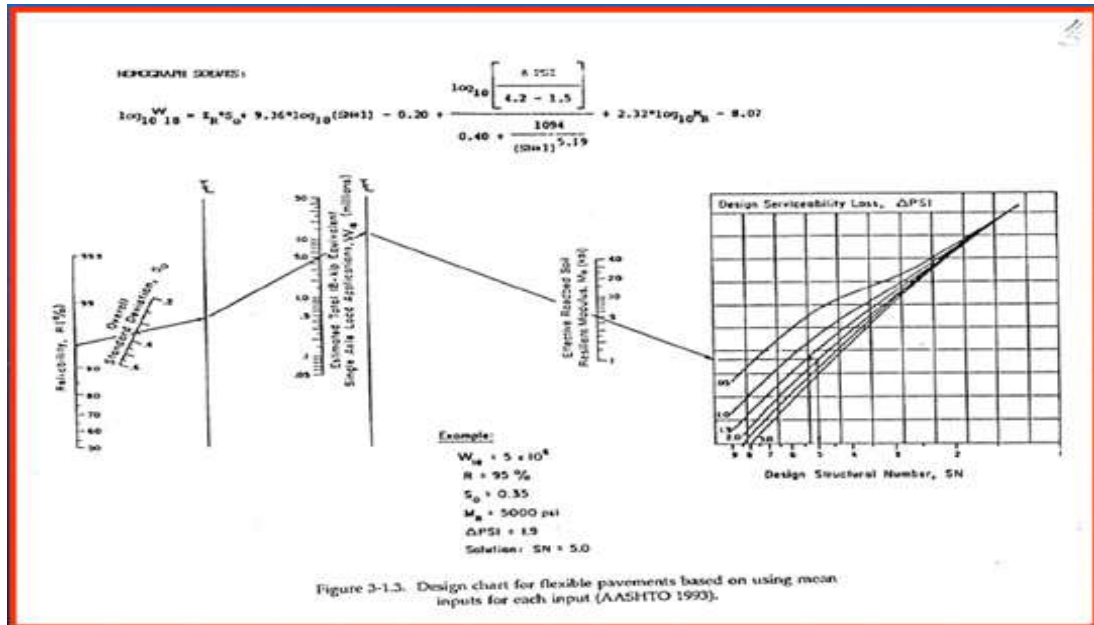
Donde:

SN = Número Estructural

ai = Coeficiente Estructural de la capa i

di = Espesor de la Capa i

mi = Coeficiente de Drenaje de la capa i



Para encontrar los espesores iniciales, se deben asumir sobre la base de las condiciones de la zona y del material, los coeficientes de drenaje y estructurales de cada capa. Los coeficientes estructurales y de drenaje de cada capa se pueden ver en el Cuadro II.38.

CUADRO II.38

Coeficientes de Drenaje y Estructurales de las Capas

MATERIAL	CBR	ai	mi
Carpeta Asfáltica	-	0,44	1
Tratamiento S. Triple	-	0,3	1
Tratamiento S. Doble	-	0,2	1
Base Granular	80%	0,13	1
Subbase Granular	30%	0,11	1

Fuente: AASHTO Design Guide, Part I, Section 1.8. Part II, Section 2.3. Part II, Section 2.4

2.5.7.2.- Resultados del Diseño de Pavimento Flexible

Los resultados de los espesores de la carpeta estructural mediante el programa DARWin se obtuvieron con el valor de CBR de cada calle el cual es utilizado por el programa para su debido diseño estructural. Para resumir podemos ver los espesores de las capas en los Cuadros II.39 y II.40.

2.5.7.3.- Construcción inicial con concreto asfáltico

CUADRO II.39

Espesores de las capas para la Calzada (CA)

Periodo	Capa	Avenida Uriondo	Calle Bolívar
2009-2029	Concreto Asfáltico	5.0 cm	5.0 cm
	Base Granular	10.0 cm	12.0 cm
	Subbase Granular	22.0 cm	24.0 cm

Fuente: Elaboración Propia

CUADRO II.40

Espesores de las capas para la Calzada (CA)

Periodo	Capa	Calle Campero	Calle Sucre
2009-2029	Concreto Asfáltico	5.0 cm	5.0 cm
	Base Granular	15.0 cm	15.0 cm
	Subbase Granular	27.0 cm	28.0 cm

Fuente: Elaboración Propia

Los espesores finales de las capas para la Carpeta con Concreto Asfáltico se los define en función del tráfico al cual estará sometido y al predominio del tipo de suelo del lugar con su correspondiente valor soporte CBR. Siendo los valores finales los siguientes:

CONCLUSIONES:

Como es expuesto, “**EL Estudio a Diseño Final Pavimento Flexible Área Urbana de Concepción**” se ha convertido en un trabajo importante de aplicación, que será de gran utilidad en mi vida profesional y a la vez un parámetro para incursionar en el verdadero campo de la Ingeniería Civil.

Puedo afirmar que la parte más conflictiva a mi criterio fue el de realizar una investigación geotécnica del área en estudio, para poder obtener las características básicas de los distintos suelos y materiales que componen la subrasante, ya que de un buen criterio depende que el trabajo sea bien realizado, se debe tener muy en cuenta su caracterización, su clasificación y la determinación de las propiedades físicas y mecánicas que permitan definir la actitud de dichos materiales, para ser utilizados como material de fundación del paquete estructural.

Realizado el estudio de las 15 muestras pertenecientes a la subrasante, se establece que existe un predominio de los suelos finos con un 86.67 % en relación a los suelos granulares, dentro del grupo de los suelos granulares se observó igualdad de porcentajes entre suelos A-1 y A-2 con un 13.33 % mientras que en finos como la arcilla con un 20% y el predominio del limo con un mayor porcentaje de suelos A-4 con 66.67% del total de las muestras.

De acuerdo a los ensayos de clasificación de los suelos y al análisis de sus características indicativas, basadas en los dos criterios expuestos, se concluye que a los efectos prácticos de diseño, se deberá diferenciar la subrasante, en dos categorías bien caracterizadas.

La Categoría I: Comprende la subrasante natural constituida por suelos granulares con predominio de una mezcla de grava y arena.

La Categoría II: Comprende la subrasante formada por suelos finos, representados por limos y arcillas de actividad variable.

Por último debe establecerse que en todas las categorías de la subrasante, se determinó la presencia de una cubierta vegetal de suelo orgánico con la presencia de humus.

Esta capa vegetal no excede los treinta centímetros de espesor, y para efectos constructivos deberá eliminarse totalmente.

El tráfico es uno de los parámetros de diseño fundamental. Aunque se pueden permitir ciertas imprecisiones en la determinación de una variable, siempre será necesario conocerla para que sirva de guía en el cálculo estructural del pavimento y de esta forma conocer la sollicitación a que se verá sometido éste, durante su vida útil.

Las varias cargas que actúan sobre un pavimento producirán diferentes esfuerzos y fallas. Además, distintos tipos y espesores de pavimentos responden de manera diferente a una misma carga. Por tanto el tránsito es transformado a un número equivalente de cargas de 80 KN o 18 kip que producirá las mismas fallas que el tránsito verdadero. Para transformar cada tipo de carga que actúa sobre el pavimento se determina el factor de equivalencia de carga LEF (Load Equivalent Factor).

Para simplificar este análisis es conveniente agrúpalos en categorías constituidos por vehículos de características similares. Los valores del índice de crecimiento anual por categoría vehicular se evalúan a partir de información obtenida de la provincia de Concepción

RECOMENDACIONES:

Observamos que para todo caso los datos deben estar bien escritos en forma clara y precisa en planillas anteriormente realizadas, además los planos deben reflejar en forma exacta los datos que se deducen en la fase de campo.

Algo muy importante antes de realizar la construcción de la carpeta estructural deberá notificar a los habitantes del lugar, a que todos realicen su instalación sanitaria y también la alcaldía ejecute un estudio sobre la red de alcantarillado sanitario como pluvial con un periodo igual al diseño de nuestra carpeta estructural.

Antes de la ejecución del proyecto se deberá prever que calles serán las primeras en realizar su construcción por motivo de no causar un caos con el tráfico vehicular.

Es muy importante que la empresa constructora realice un estudio más profundo del banco de materiales antes ser empleado en el paquete estructural como ser la Subrasante, Subbase y Base, ya que cada capa tiene sus propias características.

Tomando en cuenta estas recomendaciones uno pueden existir mayores complicaciones en la ejecución de este diseño de Pavimento Flexible.

El presente proyecto no genera efectos económicos directos, pero sin embargo mejora el nivel de vida de los habitantes beneficiados con dicho proyecto.

Mi recomendación para la ejecución del proyecto, es que se debe tomar en cuenta el clima, es decir cuando las precipitaciones pluviales cesen. Tomando estos factores se aconseja la ejecución física de la obra entre los primeros días de Abril.