

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**INGENIERÍA CIVIL**



**ESTUDIO, DISEÑO GEOMETRICO Y SEGUIMIENTO DE OBRA A LA  
CONSTRUCCIÓN DE LA VÍA DE ACCESO PARA LA URBANIZACIÓN DE  
PARCOPATA EN LA AVENIDA ARICA.**

**POSTULANTE:**

**SUXO FUENTES VANIA MIREYA**

**ASESOR:**

**MSc. Ing. ANTONY MORENO BARRENECHEA**

**LA PAZ – BOLIVIA**

**2020**



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE INGENIERIA**



**LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.**

**LICENCIA DE USO**

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

**TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.**

---

## **DEDICATORIA**

*A mis padres Victor Suxo Chambi y Janeth Fuentes Almanza por haberme brindado siempre su apoyo incondicional.*

*A mis Abuelitos Gregorio Suxo(t), Juliana Chambi(t), Alberto Fuentes y Mery Almanza (t), a mi tía Elsa Suxo (t), y a mi hermano Bryan Suxo porque siempre creyeron en mí y fueron mi mayor inspiración para seguir adelante.*

---

## AGRADECIMIENTOS

*A Dios, por no haberme abandonado nunca y haberme ayudado a llegar a esta etapa de la vida.*

*A mis Padres por todo el amor, el apoyo incondicional, el aliento y confianza que me brindaron durante toda la carrera.*

*A mi hermano y al resto de mi familia por su comprensión y apoyo incondicional.*

*A la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Mayor de San Andrés que imparte conocimientos mediante sus excelentes docentes.*

*Al Ing. Jhon Antony Moreno Barrenechea, Asesor del presente Proyecto de Grado, por la colaboración y orientación, para el desarrollo de este proyecto.*

*Al Tribunal de Grado, Ing. Carlos Alex Arteaga Vargas, Ing. Marcelo Gonzalo Delgadillo Zurita, Ing. Antonio Rubén Marino Suxo e Ing. Wilfred Gutierrez Gutierrez por la colaboración y revisión del presente Proyecto.*

*A los compañeros de carrera por su amistad y por todos los momentos compartidos durante los años de estudio universitario.*

---

## RESUMEN

El presente proyecto tiene como objeto realizar una vía de acceso para la Urbanización de Parcopata y facilitar el acceso tanto a transeúntes como a varias instituciones públicas ubicadas en la avenida Arica como ser YPFB, la ABEN, etc. y para facilitar la transitabilidad del flujo vehicular sobre la avenida Arica.

El presente Proyecto “Estudio, Diseño Geométrico y seguimiento de obra a la construcción de la vía de acceso para la urbanización de Parcopata en la avenida Arica” contempla el diseño de la Vía urbana que se desarrollara desde la avenida 6 de marzo hasta la Urbanización de Parcopata.

El proyecto abarca las siguientes áreas:

- Levantamiento topográfico
- Estudio de suelos.
- Estudio de trafico
- Diseño Geométrico
- Señalización Vial
- Diseño de la estructura de pavimentación
- Diseño de drenaje
- Presupuesto de obra
- Cómputos métricos
- Cronograma de ejecución

El proyecto fue complementado con estudio previos realizados por la EBC y El Gobierno Autónomo Municipal de El Alto.

El proyecto desarrolla una longitud de 4.670 km emplazada sobre la Avenida Arica, contempla la implementación de una intersección y demanda un presupuesto de Bs. 24,222,223.22 Para su ejecución.

---

## ASBTRACT

The present project aims to create an access road to the Parcopata Urbanization and facilitate access both to passers-by and to various public institutions located on Avenida Arica such as YPFB, ABEN, etc. and facilitate the flow of traffic on Avenida Arica.

The present Project "Study, Geometric Design and Work Monitoring for the Construction of the Access Road to the Parcopata Urbanization on Av. Arica" contemplates the design of the Urban Road that will be developed from Av. 6 de Marzo to The urbanization. of Parcopata

The Project includes the following áreas:

- Topography.
- Soils study.
- Traffic study.
- Geometric design.
- Road singsns.
- Design of the pavement structure.
- Drainage design.
- Budget.
- Metric calculations.
- Execution Schedule.

The project was complemented with previous studies carried out by the EBC and the Municipal Autonomous Government of El Alto.

The project develops a length of 4,670 km located on Avenida Arica, contemplates the implementation of an intersection and requires a budget of Bs. 24,222,223.22 for its execution.

---

# INDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	a
AGRADECIMIENTOS.....	b
RESUMEN .....	c
ASBTRACT.....	d
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Identificación. - .....	1
1.2. Generalidades. - .....	1
1.3. Antecedentes. ....	2
1.3.1. Ubicación Geográfica de la Ciudad de El Alto. ....	3
1.3.2. Ubicación de la Avenida Arica.....	4
1.4. Objetivos. ....	7
1.4.1. Objetivo General.....	7
1.4.2. Objetivos específicos. ....	7
1.5. Justificación. ....	8
1.6. Alcance. ....	10
1.7. Metodología. ....	11
1.7.1. Estudios Básicos de Ingeniería.....	11
1.7.2. Diseño del proyecto.....	12
2. MARCO TEORICO.....	12
2.1. Topografía Aplicada a la construcción de vías urbanas. ....	12
2.1.1. Estudio de rutas. ....	12
2.1.2. Estudio del trazado. ....	13
2.1.3. Anteproyecto. -.....	13
2.1.4. Proyecto. ....	13
2.2. Ingeniería del Tráfico. – .....	13
2.2.1. Elementos de Tráfico. ....	14
2.2.1.1. El Usuario.....	14
2.2.1.2. El Vehículo. ....	14
2.2.1.3. La Vía. ....	14
2.2.2. Volúmenes de Tráfico. ....	14
2.2.2.1. Características de los volúmenes de tráfico.....	15
2.2.2.2. Variación del volumen de tráfico en la hora de máxima demanda.....	15
2.2.2.3. Variación Horaria del volumen de tráfico. ....	16

---

2.2.2.4.	Variación diaria del volumen de tráfico. ....	16
2.2.2.5.	Variación mensual de volumen de tráfico. ....	16
2.2.3.	Volúmenes de Tráfico a Futuro. ....	17
2.2.3.1.	Ajuste Volúmenes de Tráfico. ....	17
2.2.3.2.	Pronostico de volumen de transito futuro. ....	18
2.2.4.	Aforos de Volumen de Tráfico. ....	19
2.2.4.1.	Método manual. ....	19
2.2.4.2.	Método Mecánico. ....	19
2.2.4.3.	Encuestas Origen Destino. ....	19
2.2.5.	Capacidad vial y niveles de servicio. ....	20
2.2.5.1.	Determinación del volumen de servicio. ....	22
2.3.	Hidrología, Hidráulica y drenaje. –.....	23
2.3.1.	Elección del periodo de retorno. ....	23
2.3.2.	Delimitación del área de la cuenca. ....	24
2.3.3.	Recopilación de datos Meteorológicos. ....	24
2.3.4.	Análisis de los datos hidrológicos. ....	24
2.3.5.	Análisis de los datos hidrológicos. ....	25
2.4.	Diseño Geométrico. ....	25
2.4.1.	Velocidad de proyecto. ....	26
2.4.2.	Distancia de visibilidad de parada .....	26
2.4.3.	Alineamiento Horizontal. ....	27
2.4.3.1.	Curvas Horizontales. ....	28
2.4.3.2.	Radio mínimos. ....	29
2.4.3.3.	Sobreanchos en curvas circulares. ....	30
2.4.4.	Alineamiento Vertical. ....	30
2.4.4.1.	Pendiente de la rasante. ....	31
2.4.4.2.	Curva vertical convexa. ....	32
2.4.4.3.	Curva Vertical Cóncava. ....	33
2.4.5.	Características Geométricas de la sección transversal. ....	34
2.4.5.1.	Número de carriles. ....	34
2.4.5.2.	Ancho de carriles. ....	35
2.4.5.3.	Bombeo y Peralte. ....	35
2.4.5.4.	Taludes de terraplén, ....	37
2.4.6.	Intersecciones. ....	38

---



---

2.4.6.1.	Principio de diseño de rotondas. ....	38
2.5.	Señalización Vial. ....	39
2.5.1.	Señalización Vertical. ....	39
2.5.1.1.	Señales Reglamentarias. ....	40
2.5.1.2.	Señales Preventivas. ....	41
2.5.1.3.	Señales Informativas. ....	41
2.5.2.	Señalización Horizontal. ....	41
2.5.2.1.	Forma. ....	42
2.5.2.2.	Altura. ....	42
2.6.	Diseño de la estructura del pavimento. ....	43
2.6.1.	Pavimento Rígido. ....	43
2.6.1.1.	Tránsito. ....	45
2.6.1.2.	Coeficiente de transferencia de carga J. ....	45
2.6.1.3.	Coeficiente de drenaje d. ....	46
2.6.1.4.	Perdida de índice de servicio. ....	46
2.6.1.5.	Confiabilidad R (%). ....	47
2.6.1.6.	Desviación Estándar So. ....	48
2.6.1.7.	Módulo de Ruptura Sc (kg/cm <sup>2</sup> ). ....	48
2.6.1.8.	Modulo de elasticidad de concreto Ec. ....	48
2.6.1.9.	Módulo de reacción efectivo K (kg/cm <sup>3</sup> ). ....	49
3.	MARCO PRÁCTICO. ....	50
3.1.	Levantamiento Topográfico. ....	50
3.1.1.	Introducción. ....	50
3.1.2.	Objetivo. ....	50
3.1.3.	Planificación de las áreas a realizar. ....	50
3.1.4.	Trabajo de campo. ....	50
3.1.4.1.	Georreferenciación. ....	50
3.1.4.2.	Reconocimiento de campo. ....	51
3.1.4.3.	Nivelación Geométrica de la Red. ....	52
3.1.4.3.1.	Enlace a BM (IGM. CIN-2). ....	53
3.1.4.3.2.	Metodología de la medición. ....	54
3.1.4.3.3.	Personal y equipos utilizados. ....	55
3.1.5.	Trabajo de Gabinete. ....	56
3.1.5.1.	Procesamiento de datos de nivelación. ....	56

---

3.1.6.	Levantamiento Topográfico.....	57
3.1.6.1.	Metodología de la Medición.....	57
3.1.6.2.	Personal y equipos Utilizados. ....	58
3.1.6.3.	Planos y Resultados. ....	60
3.2.	Estudio de Suelos. –.....	61
3.2.1.	Exploración de campo y muestreo de suelos. –.....	61
3.2.2.	Ensayos de Laboratorio. ....	64
3.2.3.	Resultados. ....	64
3.3.	Estudio de Tráfico. -.....	66
3.3.1.	Generalidades.....	66
3.3.2.	Objetivos.....	66
3.3.2.1.	Objetivo General.....	66
3.3.2.2.	Objetivos Específicos. ....	66
3.3.3.	Características de la zona de influencia y la carretera actual. ....	67
3.3.4.	Estudio de Trafico Actual. ....	68
3.3.5.	Evolución del tráfico en el departamento de La Paz. ....	69
3.3.5.1.	Ajuste de Curva: Función Exponencial. ....	70
3.3.5.2.	Ajuste de Curva: Función Lineal. ....	70
3.3.5.3.	Ajuste de Curva: Función Potencial. ....	71
3.3.6.	Determinación de tasas de crecimiento. ....	72
3.3.6.1.	Crecimiento de la población. ....	72
3.3.6.2.	Producto Interno Bruto.....	73
3.3.6.3.	Crecimiento del parque Automotor.....	74
3.3.6.4.	Consumo de Combustible.....	76
3.3.7.	Determinación y proyección del TPDA.....	78
3.3.7.1.	Metodología. ....	78
3.3.7.1.1.	Etapas de preparación.....	79
3.3.7.1.2.	Trabajo de campo. ....	79
3.3.7.1.3.	Etapas de procesamiento. ....	80
3.3.7.2.	Selección de Estaciones de control. ....	80
3.3.7.3.	Análisis de datos. ....	81
3.3.7.3.1.	Factores de expansión. ....	82
3.3.7.4.	Procesamiento de Datos.....	82
3.3.8.	Situación sin Proyecto .....	84

---

---

3.3.8.1.	Estado actual de la vía .....	84
3.3.8.1.1.	EL costo de transportes. ....	85
3.3.8.1.2.	El tiempo de Duración. ....	85
3.3.8.2.	Proyecciones de Trafico. ....	85
3.3.8.3.	Trafico Atraído. ....	89
3.3.8.4.	Tráfico Generado. ....	90
3.3.8.5.	Conclusiones de la situación sin proyecto. ....	90
3.3.9.	Situación con Proyecto. ....	90
3.3.9.1.	Tráfico Atraído. ....	90
3.3.9.2.	Tráfico Generado. ....	91
3.3.9.3.	Conclusiones de la situación con proyecto .....	92
3.4.	Diseño Geométrico.....	93
3.4.1.	Normativa Utilizada en el Diseño.....	93
3.4.2.	Clasificación de la Vía.....	93
3.4.2.1.	Clasificación vehicular <i>Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas – 2005 – VCHI – Perú.</i> 93	
3.4.3.	Velocidad de Proyecto.....	95
3.4.4.	Distancia de visibilidad de parada. ....	95
3.4.5.	Peralte Máximo. ....	97
3.4.6.	Radio Mínimo. ....	97
3.4.7.	Vehículo de diseño. ....	98
3.4.8.	Sobreancho.....	100
3.4.9.	Pendiente de la rasante.....	101
3.4.10.	Curvas Verticales. ....	102
3.4.11.	Ancho de carriles. ....	108
3.4.12.	Bombeo. ....	109
3.4.13.	Sección Transversal. ....	109
3.4.13.1.	Calzadas. ....	109
3.4.13.2.	Cordón – Cuneta.....	109
3.4.14.	Diseño geométrico de Intersecciones.....	110
3.4.14.1.	Diseño de Intersecciones por el Manual de diseño de calles para las ciudades bolivianas. 110	
3.4.15.	Diseño geométrico de Rotondas.....	113
3.4.16.	Trazado final diseño geométrico. ....	114
3.4.16.1.	Alineamiento horizontal. ....	114

---

---

3.4.16.2.	Alineamiento vertical.....	116
3.5.	Diseño Estructura de Pavimento. ....	117
3.5.1.	Antecedentes.....	117
3.5.2.	Objetivos.....	117
3.5.3.	Variables para el Diseño de pavimento Rígido por el método AASHTO 93.....	117
3.5.3.1.	Tráfico.....	118
3.5.3.2.	Coeficiente de transferencia de carga J. ....	121
3.5.3.3.	Coeficiente de drenaje Cd.....	122
3.5.3.4.	Perdida del Índice de Servicio. ....	123
3.5.3.5.	Confiabilidad R (%). ....	124
3.5.3.6.	Desviación Estándar So. ....	125
3.5.3.7.	Módulo de Ruptura Sc (PSI). ....	125
3.5.3.8.	Módulo de Elasticidad del concreto Ec (PSI). ....	125
3.5.3.9.	Módulo de reacción K en (PCI).....	126
3.5.3.9.1.	Criterio de la Media. ....	126
3.5.3.9.2.	Promedio Aritmético. ....	127
3.5.3.9.3.	Coeficiente de variación. ....	127
3.5.3.10.	Determinación del módulo de reacción K (PSI).....	129
3.5.3.11.	Calculo del espesor del pavimento. ....	130
3.6.	Señalización Vial. ....	130
3.6.1.	Señalización Vertical. ....	131
3.6.1.1.	Señal Vertical Reglamentaria o restrictivas.....	131
3.6.1.2.	Señal Vertical Preventiva. ....	131
3.6.1.3.	Señal Vertical Informativa.....	131
3.6.2.	Señalización Horizontal.....	132
3.6.2.1.	Señal de línea doble amarilla Continua.....	132
3.6.2.2.	Señal demarcaciones divergentes y convergentes. ....	133
3.6.2.3.	Señal Paso Cebra. ....	133
3.7.	Diseño Drenaje. ....	133
3.7.1.	Método racional ....	133
3.7.1.1.	Coeficiente de escurrimiento.....	133
3.7.1.2.	Intensidad de lluvia.....	134
3.7.1.2.1.	Determinación del periodo de retorno. ....	135
3.7.1.2.2.	Determinación del tiempo de concentración. ....	136

---

---

3.7.1.2.3.	Cálculo de la Intensidad de Lluvia.....	136
3.7.1.3.	Determinación del Área de Aporte.....	136
3.7.2.	Ubicación y espaciamiento de sumideros.....	136
3.7.3.	Calculo del caudal de Diseño.....	140
3.7.4.	Propiedades Hidráulicas de la Cuneta.....	141
3.7.5.	Parámetros de diseño para la Acometida.....	144
3.7.5.1.	Velocidad Mínima.....	144
3.7.5.2.	Tensión Tractiva.....	146
3.7.5.3.	Profundidad de Instalación.....	146
3.7.5.4.	Pendientes Mínimas Admisibles.....	147
3.8.	Presupuesto de Obra.....	149
3.9.	Cómputos Métricos.....	153
3.10.	Cronograma.....	161
4.	SEGUIMIENTO A OBRA. -.....	162
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:.....	170
6.	FUENTES DE INFORMACION.....	178
7.	BIBLIOGRAFIA.....	179
8.	ANEXOS.....	179
8.1.	Estudio de Suelos.....	179
8.2.	Planos planta Perfil.....	179
8.3.	Planos de Secciones Transversales.....	179
8.4.	Planos de Señalización.....	179
8.5.	Planos de Drenaje.....	179

---

# Índice de Tablas.

<b>TABLA 1. 1</b>	<b>Coordenadas de inicio y fin de la vía</b>	<b>6</b>
<b>TABLA 2. 1</b>	<b>Factor de tipo de terreno</b>	<b>22</b>
<b>TABLA 2. 2</b>	<b>Tabla de periodos de retorno en función a tipo de obra</b>	<b>24</b>
<b>TABLA 2. 3</b>	<b>Tabla de métodos de cálculo en función a el área de cuenca</b>	<b>25</b>
<b>TABLA 2. 4</b>	<b>Coeficiente de fricción longitudinal.</b>	<b>27</b>
<b>TABLA 2. 5</b>	<b>Requerimiento de espiral obligatoria.</b>	<b>28</b>
<b>TABLA 2. 6</b>	<b>Radios Mínimos.</b>	<b>29</b>
<b>TABLA 2. 7</b>	<b>Pendiente Máxima Admisible.</b>	<b>32</b>
<b>TABLA 2. 8</b>	<b>Ancho de carril.</b>	<b>35</b>
<b>TABLA 2. 9</b>	<b>Bombeo de la calzada.</b>	<b>36</b>
<b>TABLA 2. 10</b>	<b>Radios mínimos para curvas horizontales en peralte en vías no expresas.</b>	<b>36</b>
<b>TABLA 2. 11</b>	<b>Peralte máximo</b>	<b>37</b>
<b>TABLA 2. 12</b>	<b>Factores de equivalencia vehicular</b>	<b>45</b>
<b>TABLA 2. 13</b>	<b>Coeficientes de transferencia de carga J.</b>	<b>46</b>
<b>TABLA 2. 14</b>	<b>Coeficientes de drenaje d.</b>	<b>46</b>
<b>TABLA 2. 15</b>	<b>Índices de pérdida de servicio.</b>	<b>47</b>
<b>TABLA 2. 16</b>	<b>Nivel de confiabilidad R (%).</b>	<b>48</b>
<b>TABLA 2. 17</b>	<b>MODULO DE REACCION K DE ACUERDO AL TIPO DE SUELO (AASHTO, 1998).</b>	<b>49</b>
<b>TABLA 3. 1</b>	<b>Planilla de coordenadas de la poligonal base.</b>	<b>51</b>
<b>TABLA 3. 2</b>	<b>Planilla de coordenadas de la poligonal base.</b>	<b>53</b>
<b>TABLA 3. 3</b>	<b>Planilla de cálculo nivelación.</b>	<b>56</b>
<b>TABLA 3. 4</b>	<b>Personal que participo del levantamiento topográfico</b>	<b>58</b>
<b>TABLA 3. 5</b>	<b>Ubicación de las calicatas a lo largo de la vía.</b>	<b>62</b>
<b>TABLA 3. 6</b>	<b>Lista de ensayos en suelos y su normativa.</b>	<b>64</b>
<b>TABLA 3. 7</b>	<b>Resumen de resultados de los ensayos de suelos.</b>	<b>65</b>
<b>TABLA 3. 8</b>	<b>Ingreso A La Zona De Proyecto.</b>	<b>67</b>
<b>TABLA 3. 9</b>	<b>Circulación de Transporte Publico colindantes a la Avenida Arica</b>	<b>69</b>
<b>TABLA 3. 10</b>	<b>Parque automotor Departamento de La Paz.</b>	<b>69</b>
<b>TABLA 3. 11</b>	<b>Proyección de Población según Departamento y Municipio.</b>	<b>72</b>
<b>TABLA 3. 12</b>	<b>Producto Interno Bruto (2003 – 2016).</b>	<b>73</b>
<b>TABLA 3. 13</b>	<b>Crecimiento Parque Vehicular Ciudad de La Paz por tipo de vehículo. 2003-2016.</b>	<b>75</b>
<b>TABLA 3. 14</b>	<b>Resumen del crecimiento del parque automotor 2003-2016.</b>	<b>75</b>
<b>TABLA 3. 15</b>	<b>Volumen de ventas de refinados entre 2003 – 2018.</b>	<b>76</b>
<b>TABLA 3. 16</b>	<b>Factores de expansión para 10 horas.</b>	<b>84</b>
<b>TABLA 3. 17</b>	<b>Tráfico Promedio Diario (TPD)– Avenida Arica.</b>	<b>86</b>
<b>TABLA 3. 18</b>	<b>Tasa de Crecimiento en el departamento de La Paz.</b>	<b>88</b>
<b>TABLA 3. 19</b>	<b>Tráfico en los Próximos 20 años (Sin proyecto).</b>	<b>89</b>
<b>TABLA 3. 20</b>	<b>Determinación del Tráfico Promedio Inicial.</b>	<b>91</b>

---

<b>TABLA 3. 21 Tráfico en los Próximos 20 años (Con Proyecto).</b>	92
<b>TABLA 3. 22 Tráfico total (a partir del inicio de proyecto y vida útil).</b>	92
<b>TABLA 3. 23 Clasificación de Vías.</b>	94
<b>TABLA 3. 24 Velocidad de Diseño.</b>	95
<b>TABLA 3. 25 Distancia de visibilidad de parada.</b>	96
<b>TABLA 3. 26 Peralte máximo.</b>	97
<b>TABLA 3. 27 Resumen de las Curvas Horizontales.</b>	98
<b>TABLA 3. 28 Dimensiones máximas autorizadas.</b>	99
<b>TABLA 3. 29 Sobreancho Calculado.</b>	101
<b>TABLA 3. 30 Pendiente Máxima Admisible.</b>	101
<b>TABLA 3. 31 Longitud de curva vertical 1.</b>	102
<b>TABLA 3. 32 Longitud de curva vertical 2.</b>	102
<b>TABLA 3. 33 Longitud de curva vertical 3.</b>	103
<b>TABLA 3. 34 Longitud de curva vertical 4.</b>	103
<b>TABLA 3. 35 Longitud de curva vertical 5.</b>	104
<b>TABLA 3. 36 Longitud de curva vertical 6.</b>	104
<b>TABLA 3. 37 Longitud de curva vertical 7.</b>	105
<b>TABLA 3. 38 Longitud de curva vertical 8.</b>	105
<b>TABLA 3. 39 Longitud de curva vertical 9.</b>	106
<b>TABLA 3. 40 Longitud de curva vertical 10.</b>	106
<b>TABLA 3. 41 Longitud de curva vertical 11.</b>	107
<b>TABLA 3. 42 Longitud de curva vertical 12.</b>	107
<b>TABLA 3. 43 Resumen de Curvas Verticales.</b>	108
<b>TABLA 3. 44 Ancho de Carril.</b>	108
<b>TABLA 3. 45 Resumen de diseño geométrico de Intersecciones.</b>	112
<b>TABLA 3. 46 Resumen de Diseño geométrico de las rotondas.</b>	113
<b>TABLA 3. 47 Resumen de parámetros de Diseño geométrico.</b>	114
<b>TABLA 3. 48 Elementos de curvas horizontales.</b>	115
<b>TABLA 3. 49 Elementos de curvas horizontales en rotondas.</b>	115
<b>TABLA 3. 50 Elementos de curvas verticales.</b>	116
<b>TABLA 3. 51 Factores de Equivalencia vehicular.</b>	118
<b>TABLA 3. 52 Proyección del número de vehículos.</b>	119
<b>TABLA 3. 53 Determinación de ejes equivalentes.</b>	120
<b>TABLA 3. 54 Cálculo del ESAL.</b>	121
<b>TABLA 3. 55 Valores de transferencia de carga J.</b>	121
<b>TABLA 3. 56 Calculo del tiempo requerido para drenar el agua.</b>	122
<b>TABLA 3. 57 Calidad de Drenaje.</b>	123
<b>TABLA 3. 58 . Valores de Índice de Servicio.</b>	123
<b>TABLA 3. 59 Valores de Confiabilidad.</b>	124
<b>TABLA 3. 60 Valores Desviación Estándar Total.</b>	125
<b>TABLA 3. 61 Cálculo del CBR de diseño.</b>	127
<b>TABLA 3. 62 Cálculo del CBR de diseño por Promedio Aritmético.</b>	127
<b>TABLA 3. 63 Cálculo del coeficiente de variación.</b>	128
<b>TABLA 3. 64 Características del tipo de suelo de la Avenida Arica.</b>	129
<b>TABLA 3. 65 Diseño del pavimento.</b>	130
<b>TABLA 3. 66 Coeficientes de escurrimiento.</b>	134

---

---

<b>TABLA 3. 67 Espaciamiento de Sumideros.....</b>	<b>137</b>
<b>TABLA 3. 68 Capacidad de sumideros. ....</b>	<b>138</b>
<b>TABLA 3. 69 Cálculo de Sumideros.....</b>	<b>138</b>
<b>TABLA 3. 70 Pendientes mínimas admisibles.....</b>	<b>148</b>
<b>TABLA 4. 1 Plazos de ejecución del proyecto y sus modificaciones.....</b>	<b>163</b>



---

# Índice de Figuras.

<b>FIGURA 1. 1 Actualización de enfoques para diseño de vías urbanas</b> .....	2
<b>FIGURA 1. 2 Distritos Municipales de la Ciudad de El Alto.</b> .....	4
<b>FIGURA 1. 3 Vías de acceso a la Avenida Arica.</b> .....	5
<b>FIGURA 1. 4 Ubicación de la Avenida Arica en la Ciudad de El Alto.</b> .....	6
<b>FIGURA 1. 5 Vías de acceso a la Avenida Arica.</b> .....	8
<b>FIGURA 1. 6 Eje del acceso en la Avenida Arica.</b> .....	9
<b>FIGURA 1. 7 Sección Tipo de la Avenida Arica.</b> .....	10
<b>FIGURA 2. 1 Niveles de Servicio.</b> .....	21
<b>FIGURA 3. 1 BM IGM (CIN-2).</b> .....	53
<b>FIGURA 3. 2 Método de nivelación ida y vuelta NIVEL LEICA NA532.</b> .....	54
<b>FIGURA 3. 3 Realizando las lecturas con el NIVEL LEICA NA532</b> .....	54
<b>FIGURA 3. 4. Equipo básico para nivelación</b> .....	55
<b>FIGURA 3. 5 Especificaciones técnicas NIVEL LEICA NA532</b> .....	55
<b>FIGURA 3. 6 Levantamiento Topográfico</b> .....	57
<b>FIGURA 3. 7 Metodología de levantamiento (Radiación)</b> .....	58
<b>FIGURA 3. 8 Certificado de calibración estación total SOKKIA CX-105.</b> .....	59
<b>FIGURA 3. 9 Archivo *.dwg, Dibujo de breaklines por su descripción.</b> .....	61
<b>FIGURA 3. 10 Trazo de Avenida Arica en Google Earth.</b> .....	62
<b>FIGURA 3. 11 Extracción de muestras de Suelo (calicata 4).</b> .....	63
<b>FIGURA 3. 12 Extracción de muestras de Suelo (calicata 8).</b> .....	63
<b>FIGURA 3. 13 Vías de acceso más importantes de la Ciudad de El Alto).</b> .....	67
<b>FIGURA 3. 14 Planilla de campo para conteos vehiculares.</b> .....	80
<b>FIGURA 3. 15 Aforos 10 horas Av. Arica.</b> .....	83
<b>FIGURA 3. 16 Tráfico Promedio Diario (TPD)– Avenida Arica.</b> .....	87
<b>FIGURA 3. 17 Dimensiones máximas autorizadas.</b> .....	100
<b>FIGURA 3. 18 Sección Transversal de la Avenida Arica.</b> .....	109
<b>FIGURA 3. 19 Intersecciones de Cruce a Prioridad.</b> .....	111
<b>FIGURA 3. 20 Dimensiones de las rotondas.</b> .....	113
<b>FIGURA 3. 21 Módulo de reacción K de acuerdo al tipo de suelo (AASHTO 1993).</b> .....	129
<b>FIGURA 3. 22 Línea Doble Amarilla Continua</b> .....	132
<b>FIGURA 3. 23 Expresiones para el cálculo de propiedades geométricas de cunetas.</b> .....	141
<b>FIGURA 3. 24 Esquema de la Cuneta.</b> .....	142
<b>FIGURA 3. 25 Factor de Reducción.</b> .....	143

---

# **ESTUDIO, DISEÑO GEOMETRICO Y SEGUIMIENTO DE OBRA A LA CONSTRUCCIÓN DE LA VÍA DE ACCESO PARA LA URBANIZACIÓN DE PARCOPATA EN LA AVENIDA ARICA.**

## **1. INTRODUCCIÓN.**

### **1.1. Identificación. -**

El proyecto de Pavimentación está referido a la Avenida Arica perteneciente al Distrito 2, 8 y 10, dependiente del Gobierno Municipal de la Ciudad de El Alto.

### **1.2. Generalidades. -**

Las vías urbanas se caracterizan esencialmente por su multifuncionalidad: Son utilizadas por peatones, vehículos privados de varios tipos, vehículos de transporte público, vehículos de reparto de mercancías y maquinarias.

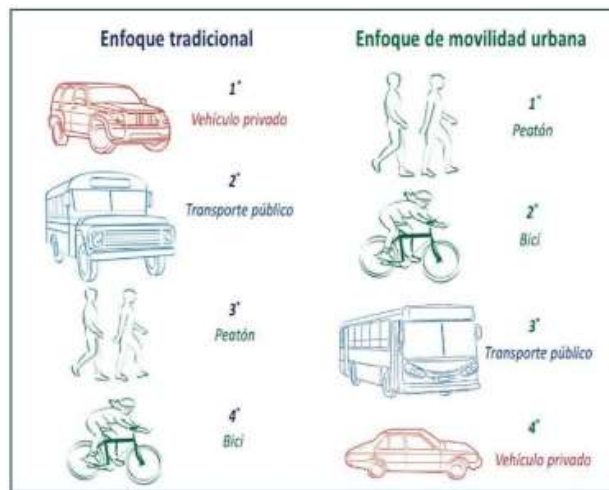
Las vías urbanas presentan cruces muy frecuentes con otras que tienen la función de facilitar el acceso a las propiedades colindantes. Existen una serie de servicios que discurren por ellas, normalmente de forma subterránea como ser el servicio de agua potable, servicio de gas a domicilio, alcantarillado sanitario y pluvial, etc.

Los proyectos viales urbanos se pueden agrupar principalmente de dos formas:

- Construcción de nuevas vías o tramos.
- Conservación y/o mejoramiento de una parte de la red vial existente.

A continuación, se muestra la diferencia entre el enfoque tradicional y el de movilidad urbana:

**FIGURA 1. 1 Actualización de enfoques para diseño de vías urbanas**



Fuente: Manual De Diseño De Calles Para Las Ciudades Bolivianas.

Los municipios de La Paz, Sucre, Tarija, Oruro, Potosí y Trinidad cuentan con su Plan de Movilidad Urbana Sostenible y Programas Municipales de Transporte – PROMUT, cuyas medidas se ejecutan de manera muy efectiva.

El MANUAL DE DISEÑO DE CALLES PARA LAS CIUDADES BOLIVIANAS propone nuevos diseños de calles para mejorar la calidad del espacio público, favorecer los modos de transporte sostenible y reducir el número de accidentes.

### 1.3. Antecedentes.

En el año de 1985 se creó la Cuarta Sección de la provincia Murillo cuya capital es El Alto; En 1988 el Congreso Nacional aprueba el rango de ciudad.

En 1995 de acuerdo a la Ley de Participación Popular la ciudad de El Alto es dividida políticamente en siete distritos, correspondiendo los distritos 1, 2 y 3 en el sector central y sur de la ciudad; los distritos 4, 5 y 6 como la zona norte y el distrito 7 en la zona rural.

Años después, en el 2002, el Distrito 6 se unifica con el espacio del aeropuerto internacional; los Distritos 3 y 4 se extienden hasta los límites del Municipio al oeste y sobre el espacio del anterior Distrito 7. Asimismo, se crean dos nuevos Distritos: el 8

---

(urbano) al sur del Municipio colindando con los distritos 2 y 3, y al norte con el distrito 9 (rural), que resulta de la división del Distrito 7 en dos fracciones.

En el año 2005 se crea el Distrito 10, con el propósito de anexar las comunidades de Villa Exaltación de Amachuma, Parcopata y Chañucahua.

Posteriormente, en el año 2007, se crea el Distrito 11 (Rural), de la división del Distrito 7.

Consecutivamente el 2008 se crea el Distrito 12 (Urbano), resultado de la división del Distrito 3. En el mismo año, se crea el Distrito 13 (Rural), que resulta de la división del Distrito 9 en dos fracciones.

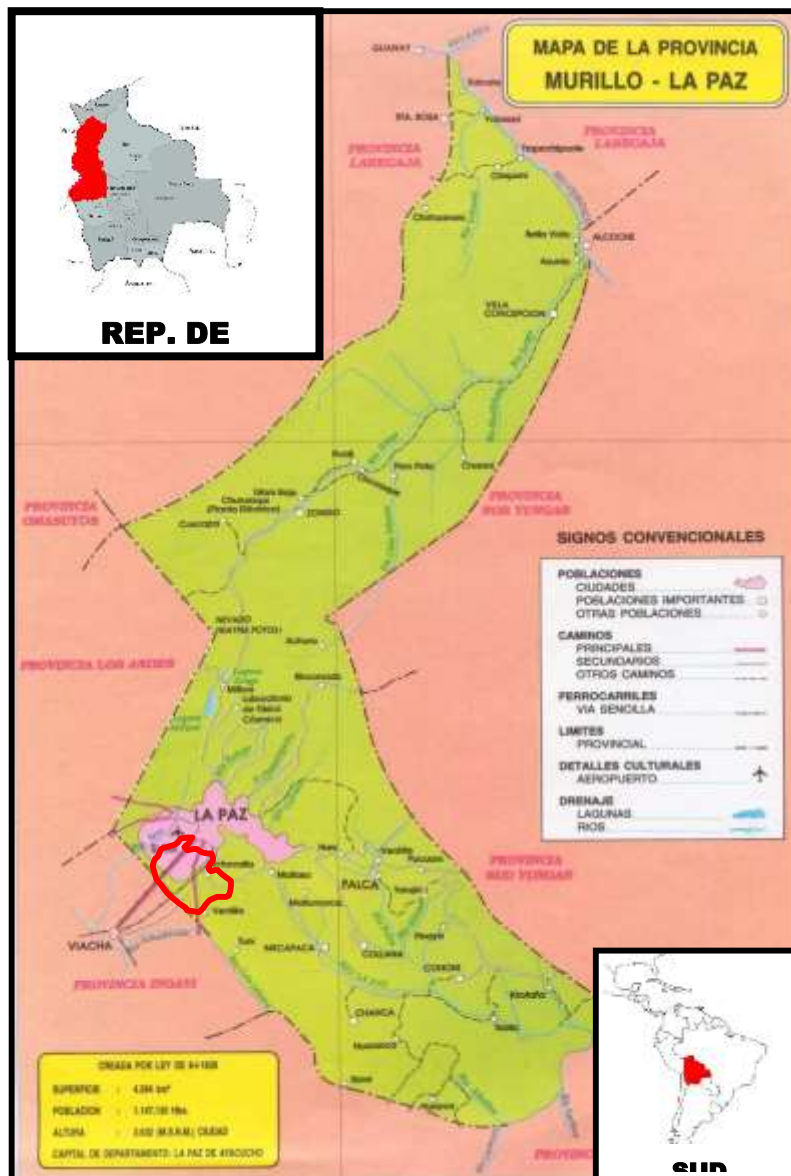
Subsiguientemente, en el año 2010 se crea el Distrito 14 (Urbano), como producto de la división del Distrito 7 en dos partes.

En la actualidad el municipio de El Alto cuenta con 14 distritos, de los cuales, diez son reconocidos como urbanos (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12 y 14) y cuatro como rurales (9, 10, 11 y 13).

### **1.3.1. Ubicación Geográfica de la Ciudad de El Alto.**

La Ciudad de El Alto se encuentra ubicada en el Departamento de La Paz, en la provincia Murillo, cuarta sección, limita al norte con el Cantón Zongo, al Sur con el cantón Viacha, al Este con la ciudad de La Paz y al Oeste con el Cantón Laja, geográficamente se sitúa en las coordenadas geográficas 16°32' de latitud Sur y 68°11' de longitud Oeste del Meridiano de Greenwich; a una altura promedio que oscila entre 3900 a 4.100 m.s.n.m.

**FIGURA 1. 2 Distritos Municipales de la Ciudad de El Alto.**

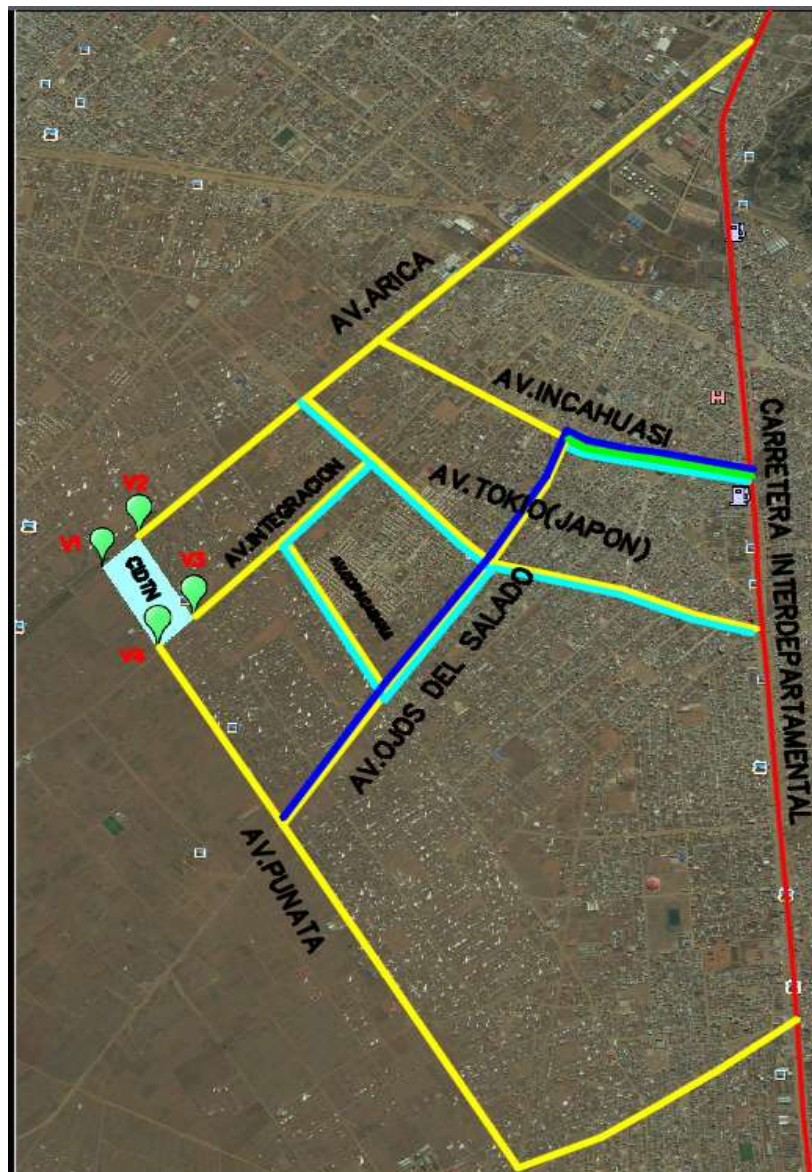


Fuente: Distritos Municipales de Ciudad de El Alto – Internet.

### 1.3.2. Ubicación de la Avenida Arica.

La Avenida Arica, se encuentra ubicado al Norte con las zonas Miguel de Pucarani y Panorámica I e intersección con la Avenidas Estructurante y 6 de Marzo del Distrito 2, y Este con las zonas General Panto, virgen del Carmen, Illimani Unificada Potosí, 27 de Abril, Villa Imperial al Oeste con la zonas Alfa Omega, Ex Pucarani, Villa Encarnación, Parcopata 90, del distrito 8 y al Sur con distrito 10 de la Ciudad del El Alto.

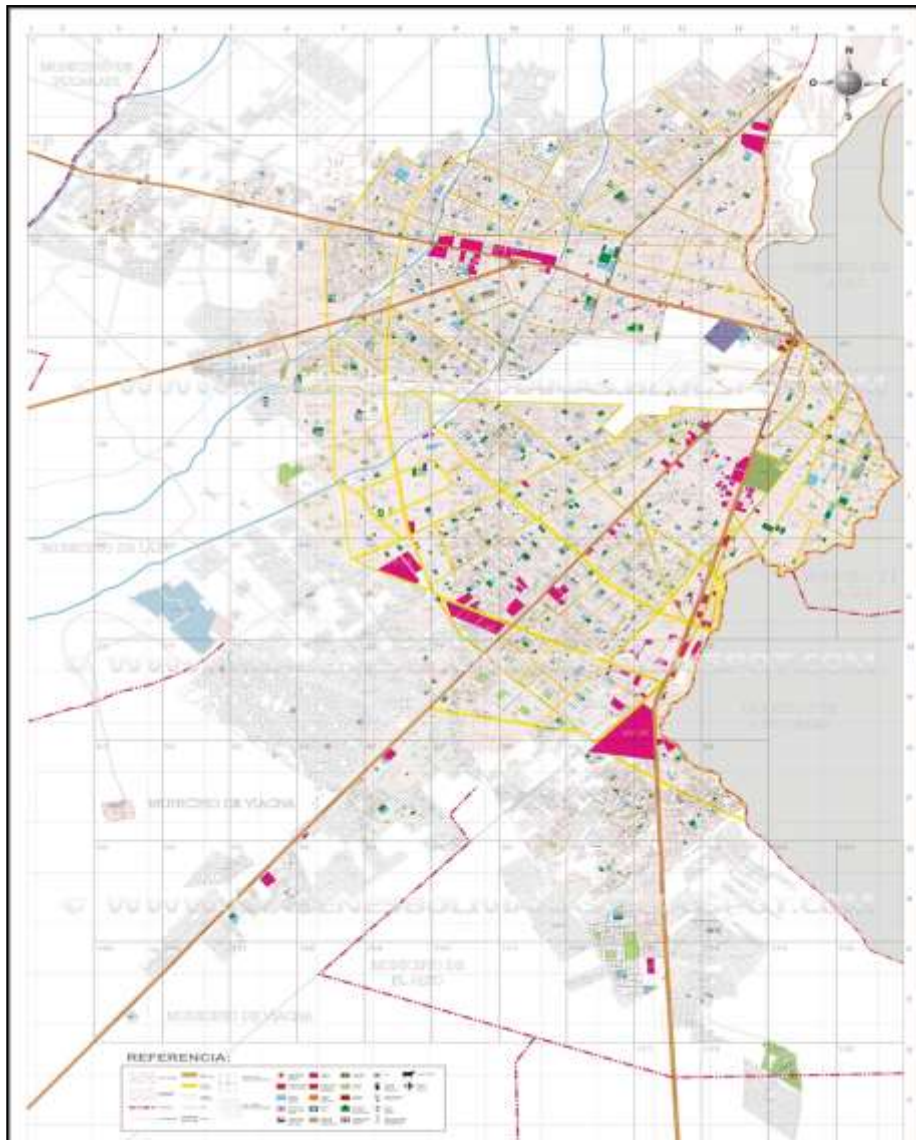
**FIGURA 1. 3 Vías de acceso a la Avenida Arica.**



Fuente: Elaboración Propia – Imagen Google Earth.

La figura muestra la importancia que tiene esta Avenida Arica que se ubica paralela a la Línea Férrea La Paz-Viacha y Colinda con la Carretera Interdepartamental La Paz-Oruro y como un elemento de sistema vial en la Ciudad de el Alto, e intersecta avenidas Incahuasi, Tokio y Punata, además como una alternativa para el transporte en general que circula para la comunicación de las zonas aledañas.

**FIGURA 1. 4 Ubicación de la Avenida Arica en la Ciudad de El Alto.**



Fuente: Elaboración Propia – Imagen Satelital Argis.

**TABLA 1. 1 Coordenadas de inicio y fin de la vía**

<b>PUNTO</b>	<b>COORDENADA NORTE</b>	<b>COORDENADA ESTE</b>	<b>ELEVACION</b>
INICIO	8168284.169	586984.379	4020.055
FINAL	8165157.637	583565.067	3925.966

Fuente: elaboración propia.

---

## **1.4. Objetivos.**

### **1.4.1. Objetivo General.**

- Proponer una alternativa de diseño para la construcción de la Avenida Arica para poder generar una vía de acceso hacia la Urbanización Parcopata ubicada en la ciudad de El Alto.

### **1.4.2. Objetivos específicos.**

- ✓ Realizar un estudio general del estado actual de la Avenida Arica dentro de los cuales implican los estudios de tráfico, topográficos, suelos, Hidrológicos.
- ✓ Realizar un estudio de la situación actual de Servicios Básicos, para poder así verificar con las entidades respectivas el estado de las mismas.
- ✓ Realizar el trazado geométrico trabajando conjuntamente con el Gobierno Autónomo Municipal de El Alto, dado que esta entidad ya tiene definido sus líneas municipales.
- ✓ Realizar el diseño de Pavimentos tanto para abastecer las necesidades de la población como el de la Agencia Boliviana de Energía Nuclear, dado que esta empresa correrá con costos adicionales para poder abastecer sus requerimientos,
- ✓ Realizar la señalización para el diseño realizado de la alternativa elegida.
- ✓ Realizar un presupuesto general, obteniendo los volúmenes de obra, cantidades y precios unitarios de los ítems que serán propuestos.
- ✓ Realizar inspecciones mensuales en la etapa de la construcción, (permiso otorgado por la E.B.C), para poder realizar el seguimiento de la obra y así poder determinar las variaciones si existiesen en el diseño.

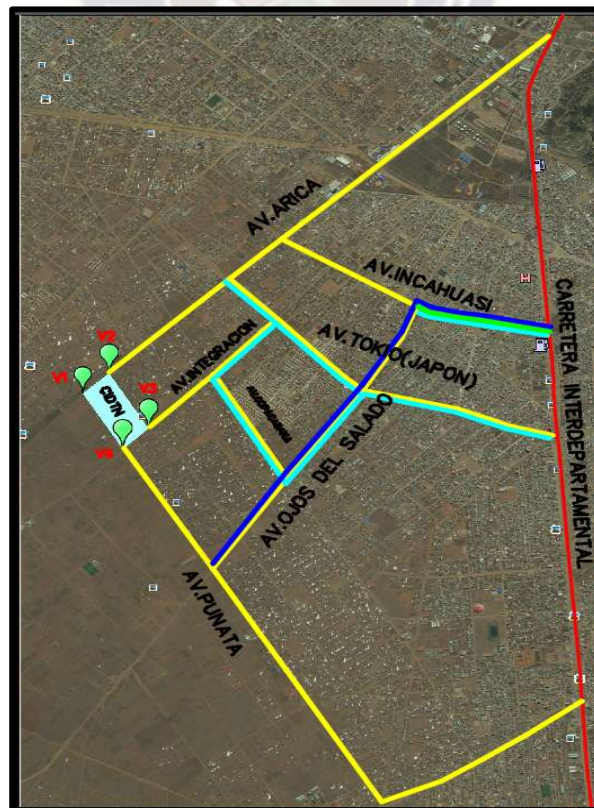


## 1.5. Justificación.

En la actualidad, la Ciudad de El Alto cuenta con una gran cantidad de urbanizaciones las cuales se encuentran en un progreso de gran magnitud, dentro de estas mencionamos a la Urbanización de Parcopata, dicha urbanización presenta diversos requerimientos respecto a la necesidad de una vía de acceso en la Avenida Arica, esto debido al crecimiento de la población y que las instalaciones de la Agencia Boliviana de Energía Nuclear se encuentran por inmediaciones de esta Urbanización.

Se requiere realizar el diseño de una vía de acceso a la Urbanización de Parcopata ya que esta Urbanización cuenta con los servicios básicos, pero no así con una vía pavimentada el cual es una gran problemática tanto para los vecinos que actualmente habitan en ella como para para la Agencia Boliviana de Energía Nuclear, dado que el transporte es un factor muy importante en la actualidad y ayuda de manera considerable al progreso.

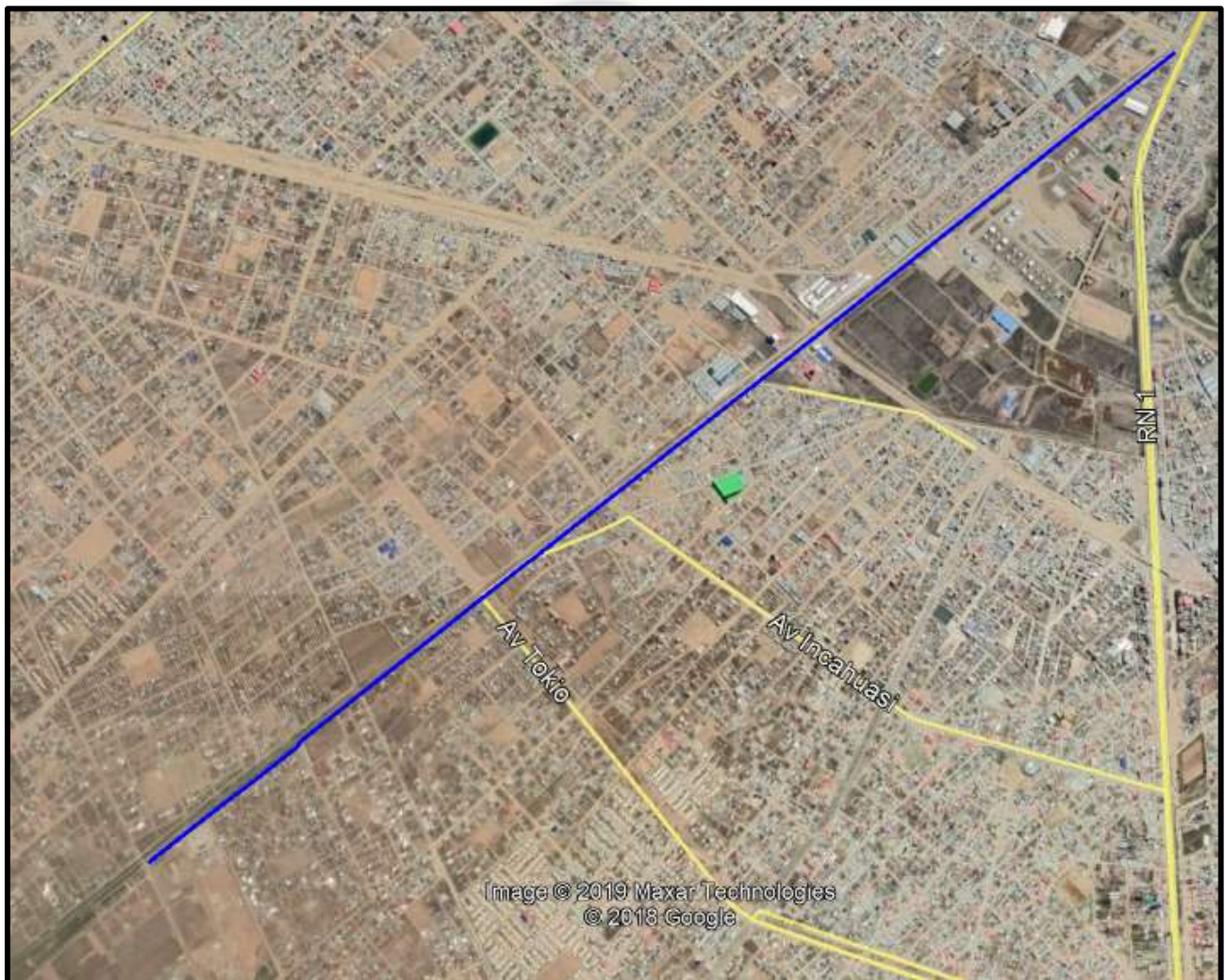
**FIGURA 1.5 Vías de acceso a la Avenida**



Fuente: Elaboración Propia – Imagen Google Earth.

Existen varios accesos a esta Urbanización, entre los cuales se encuentra la Av. Arica, este es el acceso más eficiente el cual está ubicada a la paralela de la Línea Férrea La Paz- Viacha y colinda con la Carretera Interdepartamental La Paz – Oruro y como un elemento del sistema Vial en la Ciudad del El Alto, e Intersecta las avenidas Incahuasi, Tokio y Punata, además como una alternativa para el transporte en general que circula para la comunicación de las zonas aledañas.

**FIGURA 1. 6 Eje del acceso en la Avenida Arica.**



*Fuente: Elaboración propia – Imagen Google Earth.*

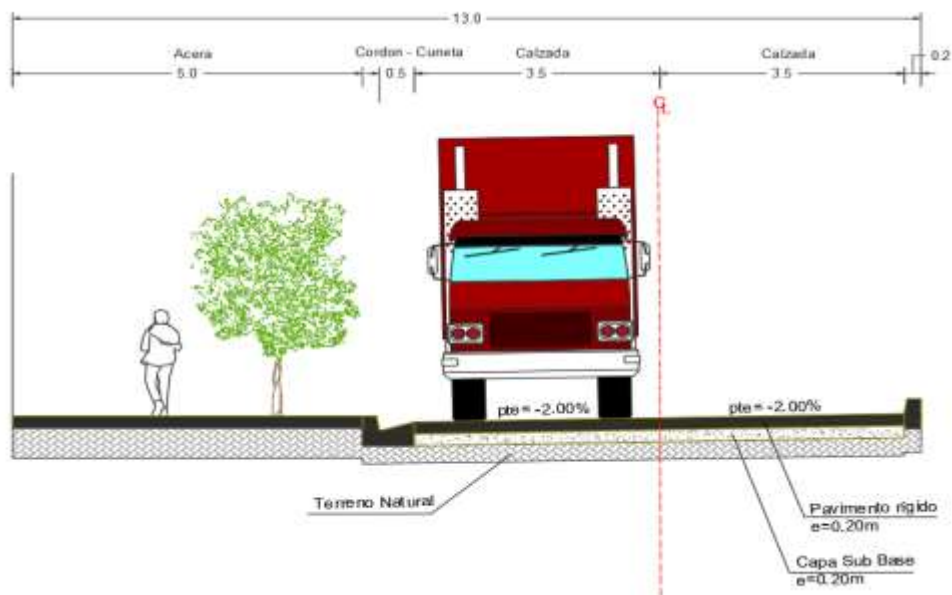
## 1.6. Alcance.

El proyecto abarca las siguientes áreas:

- **Topografía.** - Obtener curvas de nivel del terreno natural y las curvas de nivel con el proyecto emplazado.
- **Estudio de Tráfico.** - Determinar el Tráfico Promedio Anual TPDA, la capacidad y el nivel de servicio de la vía.
- **Diseño Geométrico de la Vía.** - La Avenida Arica es una vía urbana con una longitud de 5010 metros con un ancho de calzada de 14 metros el carril izquierdo. Existe poco tránsito vehicular y peatonal en esta avenida esto debido a que las urbanizaciones aún se encuentran en desarrollo.

La sección transversal para el diseño de esta será con un ancho de calzada de aproximadamente de 7 mts, con dos carriles de 3.50 metros por cada sentido de circulación, contará con un Cordón cuneta y una acera de aproximadamente 5 metros.

**FIGURA 1. 7 Sección Tipo de la Avenida Arica.**



Fuente: Elaboración Propia – Imagen AutoCAD.

- 
- **Ingeniería Hidráulica.** - El objetivo general del estudio hidrológico es determinar los caudales de crecida, necesarios para el diseño hidráulico del sistema de drenaje de la Avenida Arica, considerando para tal efecto el carácter urbano de la misma.
  - **Estudio de Suelos.** - Los ensayos realizados necesarios serán realizados en la sala técnica de la Empresa Estratégica Boliviana de Construcción y Conservación de Infraestructura Civil. (E.B.C).

### 1.7. Metodología.

La metodología para el desarrollo del proyecto se divide principalmente en 3 fases, que se describen a continuación:

#### 1.7.1. Estudios Básicos de Ingeniería.

**Topografía.** – El levantamiento topográfico será realizado por el personal de topografía de la empresa EBC.

**Estudio de tráfico.** - Los aforos vehiculares serán realizados en, La Avenida Estructurante y La Carretera La Paz – Oruro. Durante 7 días de horas 8:00 am a 18:00 pm.

**Estudio hidrológico.** – Se realizará un estudio hidrológico aplicando la siguiente metodología:

- Recopilación de información
- Caracterización de la zona de estudio
- Tratamiento de precipitaciones
- Morfometría de las cuencas y/o áreas de aporte.
- Calculo de caudales.

**Estudio de suelos.** – Los ensayos necesarios serán realizados en los Laboratorios de Suelos y Materiales de la EBC.

---

### 1.7.2. Diseño del proyecto.

**Diseño geométrico.** - Se tomará como referencia *EL MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS URBANAS (MDGVU) - 2005 – VCHI – Perú, DESIGN OF HIGHWAYS AND STREETS – AASHTO, LEY MUNICIPAL AUTÓNOMA DE USO DE SUELOS URBANOS LUSU – GAMLP, y MANUAL DE DISEÑO DE CALLES PARA LAS CIUDADES BOLIVIANAS.*

**Diseño de señalización.** - Se realizará con el Manual de Diseño, *DESIGN OF HIGHWAYS AND STREETS – AASHTO y MANUAL DE DISEÑO DE CALLES PARA LAS CIUDADES BOLIVIANAS.*

**Diseño de pavimento.** - El procedimiento para el diseño de pavimento rígido por la norma AASHTO 93.

**Diseño de drenaje.** - Se realizará el diseño del drenaje longitudinal y transversal, no se realizará el diseño para el caso de aguas subterráneas.

## 2. MARCO TEORICO.

### 2.1. Topografía Aplicada a la construcción de vías urbanas.

En el estudio, elaboración y ejecución de cualquier proyecto de Ingeniería de obra que tengan como asiento la superficie de la tierra, es necesario el uso de la Topografía.

Para la construcción de una vía urbana se tiene las siguientes etapas:

- ✓ Estudio de las Rutas.
- ✓ Estudio del trazado.
- ✓ Anteproyecto.
- ✓ Proyecto.

#### 2.1.1. Estudio de rutas.

Es el proceso preliminar de recolección de datos y reconocimiento de campo, hecho con la finalidad de seleccionar la faja de estudio con condiciones óptimas para el desarrollo del trazado. En esta etapa se obtiene información, se elaboran croquis, se efectúan los reconocimientos preliminares y se evalúan las rutas.

---

### **2.1.2. Estudio del trazado.**

Es el proceso que consiste en reconocer el campo para cada una de las rutas seleccionadas. Así se obtiene información adicional sobre los tributos que ofrecen cada una de estas rutas y se localizan en ellas la línea a las líneas correspondientes a posibles trazados de la vía.

### **2.1.3. Anteproyecto. -**

En esta etapa se fija la línea que mejor cumpla los requisitos en planta y perfil de la vía.

### **2.1.4. Proyecto.**

Es el proceso de localización del eje de la vía, su replanteo del trazado y de sus áreas adyacentes, establecimiento de los sistemas de drenaje, estimación de las cantidades de obras a ejecutar y redacción de los informes y memorias que deben acompañar a los planos.

## **2.2. Ingeniería del Tráfico. –**

Se define como la rama de la ingeniería civil que trata del planeamiento, el proyecto geométrico y explotación de las redes viarias, instalaciones auxiliares (aparcamientos, terminales, etc.) y zonas de influencia, así como de su relación con otros medios de transporte.

El objetivo principal de la Ingeniería de Tráfico es conseguir que la circulación de peatones y vehículos sea segura, rápida y económica, analizando los siguientes aspectos:

- ✓ Características del tráfico.
- ✓ Reglamentación del tráfico.
- ✓ Señalización y dispositivos de control.
- ✓ Planificación vial.
- ✓ Administración.

---

### **2.2.1. Elementos de Tráfico.**

#### **2.2.1.1. El Usuario.**

El usuario está relacionado con los peatones y conductores, que son los elementos principales a ser estudiados para mantener el orden y seguridad de las calles y carreteras.

#### **2.2.1.2. El Vehículo.**

En ciertos países, la incorporación de mayor cantidad de vehículos no solo ha mejorado el transporte, ya que también ha elevado el nivel económico general del país, por lo que se puede afirmar que la relación de habitantes por vehículo es un indicador para apreciar el progreso de un determinado territorio.

Por lo tanto, es indispensable que cada país mejore las condiciones del transporte para su progreso y de esta manera poder transportar los bienes de consumo desde las fuentes de producción hasta los mercados y de allí comercializarlo a la población. Actualmente, es inevitable que aumente el número de vehículos cada año, lo que es deseable y conveniente, logrando así reducir más la actual relación de habitantes por vehículo.

Por lo tanto, el segundo elemento componente del tráfico, el vehículo, irremediablemente va en aumento.

#### **2.2.1.3. La Vía.**

La vía es una infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro de toda una faja de terreno, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y en el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y comodidad. El elevado nivel de vida de un país se relaciona con un excelente sistema vial o viceversa.

### **2.2.2. Volúmenes de Tráfico.**

Se define volumen de tráfico, como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada, durante un período determinado.

---

### **2.2.2.1. Características de los volúmenes de tráfico.**

Los volúmenes de tránsito de tránsito siempre deben ser considerados como como dinámicos, por lo que solamente son precisos para el periodo de duración de los aforos. Sin embargo, debido a que sus variaciones son generalmente rítmicas y repetitivas, es importante tener un conocimiento de sus características, para así programar aforos, relacionar volúmenes en un tiempo, y lugar con volúmenes de otro tiempo y lugar, y prever con la debida anticipación la actuación de las fuerzas dedicadas al control del tránsito y labor preventiva, así como las de conservación.

### **2.2.2.2. Variación del volumen de tráfico en la hora de máxima demanda.**

En zonas urbanas, la variación de los volúmenes de tráfico dentro de una misma hora de máxima demanda, para una calle o intersección específica, puede llegar a ser repetitiva y consistente durante varios días de la semana. Sin embargo, puede ser bastante diferente de un tipo de calle o intersección a otro, para el mismo período máximo.

Un volumen horario de máxima demanda, a menos que tenga una distribución uniforme, no necesariamente significa que el flujo sea constante durante toda la hora. Esto significa que existen períodos cortos dentro de la hora con tasas de flujo mucho mayores a las de la hora misma. Para la hora máxima demanda, se llama factor de la hora de máxima demanda, FHMD, a la relación entre el volumen horario de máxima demanda, VHMD, y el flujo máximo,  $q_{max}$ , que se presenta durante un período dado dentro de dicha hora.

Matemáticamente se expresa como:

$$FHMD = \frac{VHMD}{N * q_{max}}$$



---

Dónde:

$N$  = Numero de periodos durante la hora de máxima demanda.

El factor de la hora de máxima demanda es un indicador de las características del flujo de tráfico en períodos máximos. Indica la forma como están distribuidos los flujos máximos dentro de la hora. Su mayor valor es la unidad, lo que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora. Valores bastante menores que la unidad indican concentraciones de flujos máximos en períodos cortos dentro de la hora.

#### **2.2.2.3. Variación Horaria del volumen de tráfico.**

Las variaciones de los volúmenes de tráfico a lo largo de las horas del día, dependen del tipo de ruta, según las actividades que prevalezcan en ella, puesto que hay rutas de tipo turístico, agrícola, comercial, etc.

#### **2.2.2.4. Variación diaria del volumen de tráfico.**

En las vías de la ciudad, la variación de los volúmenes de tráfico diario no es muy pronunciada entre semana, están más o menos distribuidos en los días laborables, sin embargo, los más altos volúmenes ocurren en viernes y sábado.

También vale la pena mencionar, con referencia a la variación diaria de los volúmenes de tráfico tanto a nivel urbano como rural, que se presentan máximos en aquellos días de eventos especiales como Semana Santa, Navidad, fin de año, competencias deportivas nacionales, e internacionales, etc.

#### **2.2.2.5. Variación mensual de volumen de tráfico.**

Hay meses que las calles y vías llegan mayores volúmenes que otros, presentando variaciones notables. Los más altos volúmenes de tráfico se registran en Semana Santa, en las vacaciones escolares y a fin de año por las fiestas y vacaciones navideñas del mes de diciembre. Por esta razón los volúmenes de tráfico promedio diarios que caracterizan cada mes son diferentes, dependiendo

---

también, en cierta manera, de la categoría y del tipo de servicio que prestan las calles y vías. Sin embargo, el patrón de variación de cualquier vialidad no cambia grandemente de año a año, a menos que ocurran cambios importantes en su diseño, en los usos de la tierra, o se construyan calles o vías que funcionen como alternas.

### 2.2.3. Volúmenes de Tráfico a Futuro.

Debido que la Urbanización Parcopata cuenta con varias industrias se podría clasificar con una zona industrial, para el cual se deberá considerar que existirá un crecimiento de transitabilidad de vehículos pesados, por lo cual se debe considerar un porcentaje mayor en el tráfico atraído respecto al transporte pesado.

#### 2.2.3.1. Ajuste Volúmenes de Tráfico.

El ajuste que con mayor frecuencia se usa, consiste en transformar un aforo de 24 horas de un día y mes específicos, volumen de tráfico diario, TDi, Volumen de tráfico promedio diario, TPDi, lo cual se consigue mediante la siguiente relación:

$$TPD = TD_i * F_m * F_d$$

$$F_m = \frac{TPDA}{TPDM}$$

$$F_d = \frac{TPDS}{TD}$$

Dónde:

$F_m$ = Factor de ajuste mensual.

$F_d$ = Factor de ajuste diario.

TPDA= Trafico Promedio Diario Anual.

TPDM= Trafico Promedio Diario Mensual.

TPDS= Trafico Promedio Diario Semanal.

TD= Tráfico Diario.

---

### 2.2.3.2. Pronostico de volumen de transito futuro.

Los volúmenes de tráfico futuro, TF, para efectos de proyecto se derivan a partir del tráfico actual, TA, y del incremento del tráfico, IT, esperado al final del período o año meta seleccionado. De acuerdo a esto, se puede plantear la siguiente expresión:

$$TF = TA + IT$$

El tráfico actual, TA, es el volumen de tráfico que usará la vía mejorada o nueva en el momento de quedar completamente en servicio. En el mejoramiento de una vía existente, el tráfico actual se compone del tráfico existente, TE, antes de la mejora, más el tráfico atraído, TAt, a ella de otras vías una vez finalizada su reconstrucción total. En el caso de la apertura de una nueva vía, el tráfico actual se compone completamente de tráfico atraído.

De esta manera, el tráfico actual TA, se expresa como:

$$TA = TE + TAt$$

El incremento del tráfico, IT, es el volumen de tráfico que se espera use la nueva vía en el año futuro seleccionado como de proyecto. Este incremento se compone del crecimiento normal del tráfico, CNT, del tráfico generado, TG, y del tráfico desarrollado, TD.

De esta manera, el tráfico actual IT, se expresa como:

$$IT = CNT + TG + TD$$

También se define el factor de proyección FP del tráfico a la relación del Tráfico futuro TF y el Tráfico actual TA:

$$FP = \frac{TF}{TA}$$

El factor de proyección FP, deberá especificarse para cada año futuro. El valor utilizado en pronóstico del tráfico futuro para nuevas vialidades, sobre la base de un período de proyecto de 20 años, está generalmente en el intervalo de 1.5 a 2.5 según el Manual de diseño geométrico de vías urbanas – 2005 – VCHI, Perú.

---

#### **2.2.4. Aforos de Volumen de Tráfico.**

Los aforos de volumen realizados en un punto o sección de una vía nos permiten obtener datos relacionados con el movimiento de automóviles respecto al tiempo y espacio, las características de los aforos dependen del tipo de análisis solicitado en una vía. Estos pueden ser realizados mediante los siguientes métodos:

##### **2.2.4.1. Método manual.**

Este método de aforo consiste en el llenado de planillas elaboradas de acuerdo al tipo de datos a recabar en la vía, a cargo de una o varias personas. Los tipos de datos pueden ser:

- Composición vehicular
- Flujo direccional y por carriles
- Volúmenes totales.

##### **2.2.4.2. Método Mecánico.**

Se realiza mediante dispositivos mecánicos instalados en la vía, estos dispositivos son:

- Detectores neumáticos
- Contacto eléctrico
- Fotoeléctrico
- Radar
- Fotografías

##### **2.2.4.3. Encuestas Origen Destino.**

Se Utilizan para recopilar datos sobre números y tipos de viajes incluyendo movimiento de vehículos y pasajeros, desde varias zonas de origen hacia zonas de destino. Se utiliza este tipo de encuestas para propósitos de planeación de mejoras o aperturas de vías. Se puede realizar este trabajo de distintas maneras:

- 
- Encuestas a conductores de vehículos
  - Placas de vehículos
  - Encuestas domiciliarias
  - Encuestas a pasajeros de transporte Público.

### **2.2.5. Capacidad vial y niveles de servicio.**

Teóricamente la capacidad se define como la tasa máxima de flujo que puede soportar una vía o calle. De manera particular, la capacidad de una infraestructura vial es el máximo número de vehículos que pueden pasar por un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un intervalo de tiempo dado, bajo las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial, del tráfico y de los dispositivos de control.

Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio. Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los motoristas y/o pasajeros.

Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial.

El Manual de Capacidad de Carreteras de 1985, Special Report 209, del TRB, traducido al español por la Asociación Técnica de Carreteras de España, ha establecido seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F, que van del mejor al peor. Las técnicas de análisis presentados en este manual abarcan una amplia gama de estructuras comprendiendo tanto las calles y carreteras como las instalaciones para el transporte colectivo, el peatonal y las dedicadas a las bicicletas.

Para la evaluación de los niveles de servicio se debe definir el tipo de vía de acuerdo a sus características, como se muestra a continuación:

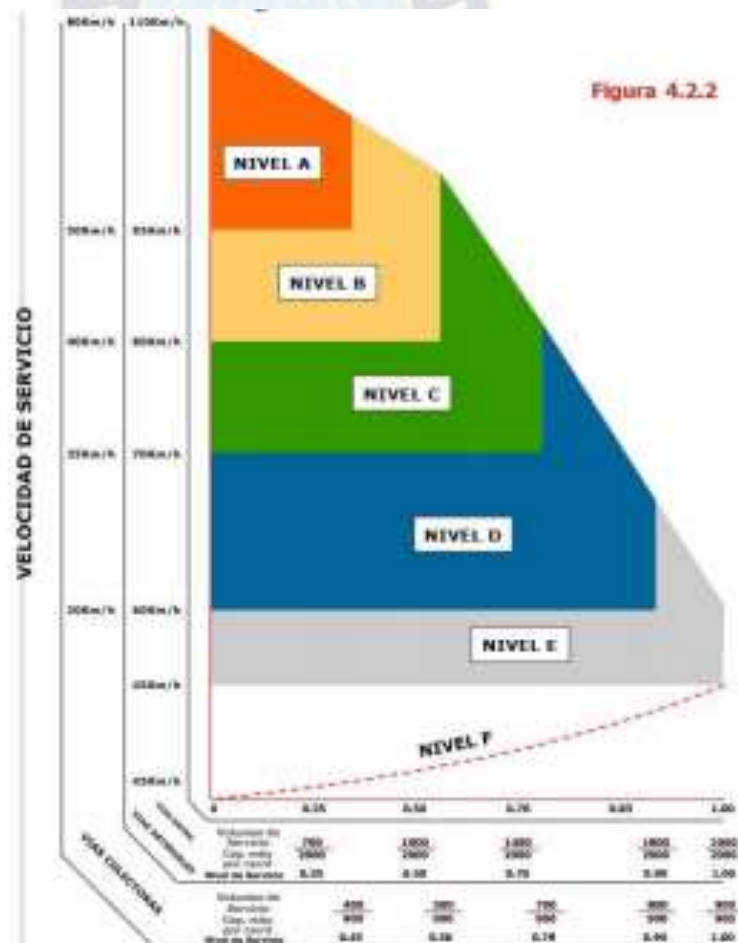
- Secciones de autopista
- Áreas de entrecruzamiento.

- Rampas y uniones de rampas
- Carreteras multicarril.
- Carreteras de dos carriles.
- Intersecciones con semáforo bajo condiciones de circulación discontinua.

La evaluación de los niveles de servicio de carreteras multicarril es aplicable a carreteras, vías expresas y arterias urbanas (Manual de carreteras – Luis Bañón Blázquez – José F. Beviá García – Universidad de Alicante - España).

Las condiciones de operación de estos niveles se ilustran en la siguiente figura, para sistemas viales de circulación continua:

**FIGURA 2. 1 Niveles de Servicio.**



Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas – 2005 – VCHI, Perú.

### 2.2.5.1. Determinación del volumen de servicio.

Dos ajustes deben ser hechos para considerar los volúmenes horarios o estimados para llegar al flujo equivalente de vehículos ligeros usado en el análisis de Nivel de Servicio.

Estos ajustes son el factor de hora pico (FHP) y el factor de ajustes por presencia de vehículos pesados ( $f_{VP}$ ).

$$V_p = \frac{V}{N * FHMD * f_{VP}}$$
$$f_{VP} = \frac{1}{1 + P_T * (E_T - 1) + P_R * (E_R - 1)}$$

Donde:

$V_p$  = Volumen de servicio.

V = Volumen hora pico.

N = Número de carriles.

FHMD= Factor hora de máxima demanda.

$f_{VP}$  = Factor de ajuste por presencia de vehículos pesados.

$E_T$ ,  $E_R$  = Equivalente de vehículos ligeros, para camiones, buses y vehículos recreacionales respectivamente.

$P_T$ ,  $P_R$ = porcentaje de camiones-buses y vehículos recreacionales en el flujo de tráfico (expresado como decimal).

**TABLA 2. 1 Factor de tipo de terreno**

Factor	Tipo de Terreno		
	Llano	Ondulado	Montañoso
$E_T$	1.5	3.0	6.0
$E_R$	1.2	2.0	4.0

Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras de los Estados Unidos (HCM 1998).

---

### **2.3. Hidrología, Hidráulica y drenaje. –**

La Hidrología es la ciencia que estudia al agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente.

La ingeniería hidrológica o hidrología aplicada es una rama de la hidrología que desarrolla el diseño y operación de proyectos de ingeniería para el control y aprovechamiento del agua.

Para realizar proyectos de drenaje en vías de comunicación es necesario determinar el caudal de diseño debido que en base a este se define la velocidad de circulación, áreas de escurrimiento y dimensiones. En términos simples, el estudio hidrológico se divide en 5 partes:

- Elección del periodo de retorno.
- Caracterización hidrológica del área de estudio.
- Recopilación de datos meteorológicos.
- Análisis de los datos hidrológicos.
- Estimación de los caudales de diseño.

#### **2.3.1. Elección del periodo de retorno.**

Para la elección del periodo de retorno se considera la relación existente entre la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la estructura y el riesgo de falla aceptable. La Administradora Boliviana de Carreteras ABC recomienda emplear como mínimo Periodos de Retorno de Diseño de acuerdo a la siguiente tabla:



**TABLA 2. 2** *Tabla de periodos de retorno en función a tipo de obra*

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

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras (ABC)- Manual de Hidrología y drenaje.

### 2.3.2. Delimitación del área de la cuenca.

Una cuenca es una zona de la superficie terrestre en donde las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida.

El área de la cuenca corresponde a la superficie en proyección horizontal de la zona delimitada por la línea divisoria de aguas.

### 2.3.3. Recopilación de datos Meteorológicos.

La medición de la precipitación se efectúa por medio de pluviómetros o pluviógrafos, que expresan la altura de la lámina de agua caída en un periodo de tiempo, o la variación continua de la cantidad de lluvia acumulada en el tiempo respectivamente. Esta información es recolectada por el SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología).

### 2.3.4. Análisis de los datos hidrológicos.

La información necesaria para realizar un análisis de datos hidrológicos está constituida por la precipitación máxima diaria observada en cada uno de los años de registro, denominándose a la muestra como serie anual. Para realizar un análisis de frecuencia, es deseable contar con un mínimo de 20 años de registro.

### 2.3.5. Análisis de los datos hidrológicos.

Para la estimación del caudal de diseño en una cuenca con una extensión menor a 50 Has se emplea el método racional, el cual calcula el caudal pico de aguas pluviales con base en la intensidad media con una duración igual al tiempo de concentración y el coeficiente de escurrimiento. A continuación, se muestra la siguiente tabla para los métodos recomendados de acuerdo al área de aporte:

**TABLA 2. 3** *Tabla de métodos de cálculo en función a el área de cuenca*

Área de la cuenca (A)	Método hidrológico
A < 50 ha	Método racional
50 ha < A < 500 ha	Método racional modificado
A > 500 ha	Otros métodos; por ejemplo: Hidrograma unitario

Fuente: Norma Boliviana NB 688 - 2007.

La ecuación del método racional es la siguiente:

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Dónde:

C= Coeficiente de escurrimiento medio.

I = Intensidad media de la lluvia (mm/H).

A= Area de la superficie en las zonas afluentes (Has).

Q = Caudal pico del escurrimiento (m3/s).

### 2.4. Diseño Geométrico.

Actualmente el país cuenta con norma para el diseño de carreteras de la Administración Boliviana de Carreteras ABC, pero no así con normas para el diseño de vías urbanas, por esta razón se tomarán como referencia: **a)** *El manual de diseño geométrico de vías urbanas (MDGVU) – 2005 – VCHI – Perú*, **b)** *Desing Of Highways and Streets – AASTHO*, **c)** *Ley Municipal Autónoma de uso de suelos urbanos LUSU – GAMLP* y **e)** *el Manual de diseño de Calles para ciudades bolivianas*.

---

### **2.4.1. Velocidad de proyecto.**

Llamada también velocidad de diseño, es la velocidad máxima a la cual pueden circular los vehículos con seguridad sobre una sección específica de una vía, cuando las condiciones atmosféricas y del tráfico son tan favorables que las características geométricas del proyecto gobiernan la circulación. Todos aquellos elementos geométricos del alineamiento horizontal, vertical y transversal, tales como radios mínimos, pendientes máximas, distancias de visibilidad, sobre elevaciones, anchos de carriles y acotamientos, anchuras y alturas libres, etc., dependen de la velocidad de proyectos y varían con un cambio de ésta.

La selección de la velocidad de proyecto depende de la importancia o categoría de la futura vía, de los volúmenes de tráfico que va a mover, de la configuración topográfica de la región, del uso del suelo y de la disponibilidad de recursos económicos.

Al proyectar un tramo de una vía, es conveniente, aunque no siempre factible, mantener un valor constante para la velocidad de proyecto. Sin embargo, los cambios drásticos en condiciones topográficas y sus limitaciones mismas, pueden obligar a usar diferentes velocidades de proyecto para distintos tramos.

### **2.4.2. Distancia de visibilidad de parada**

En general cuando se utiliza el término visibilidad nos referimos a una distancia a través de la cual no existen obstrucciones para la visión del conductor. Los conceptos empleados en la evaluación de la visibilidad son Visibilidad para la Detención o Parada, Visibilidad para el Sobrepasso y Visibilidad en Intersecciones (esta última está muy asociada a la Visibilidad de Parada).

Para el caso del Diseño Vial en Vías Urbanas, el concepto de la Visibilidad de Sobrepasso no es de aplicación, sobretodo porque las vías urbanas con flujos opuestos se procuran separar físicamente y de no ser así, los volúmenes que se

---

desplazan en las ciudades no permiten espacio para adelantar otro vehículo sino a través de maniobras muy riesgosas que en general deben evitarse y están prohibidas.

La distancia de visibilidad de parada o frenado sobre un alineamiento recto de pendiente uniforme, se calcula empleando la siguiente expresión:

$$D_p = 0.694 * V + \frac{V^2}{254 * (f + p)}$$

Dónde:

$D_p$  = Distancia de visibilidad de parada (m).

$V$  = Velocidad de diseño (Km/hr).

$f$  = Coeficiente de fricción longitudinal.

$p$  = Pendiente (%100) con su respectivo signo.

**TABLA 2. 4 Coeficiente de fricción longitudinal.**

V [kmh]	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
f [ ]	0,4	0,38	0,35	0,33	0,31	0,3	0,3	0,29	0,28	0,28

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas – 2005 – VCHI, Perú.

### 2.4.3. Alineamiento Horizontal.

El alineamiento horizontal, o las características del diseño geométrico en planta, deberán permitir, en lo posible, la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar en promedio la misma velocidad directriz en la mayor longitud de vía que sea posible. A efectos de lograrlo los diseños en planta atienden principalmente:

- Alineamientos rectos
- Curvas horizontales
- Sobreanchos.
- Intersecciones
- Islas
- Canalización.

---

Estos elementos, que definen las características geométricas de una vía urbana, están íntimamente ligados a la forma en que los vehículos pueden utilizarla; a su comportamiento en la vía; a la armonía entre la estética y funcionalidad de todos los elementos urbanos; y, a la presencia de los peatones con sus deseos de circulación.

#### 2.4.3.1. Curvas Horizontales.

El diseño de las curvas obedece a diferentes criterios. Son comunes las curvas circulares simples y las compuestas, las mismas que pueden llevar curvas de transición del tipo espiral. Los tramos con espiral se utilizarán entre alineamientos rectos y la curva circular, para proporcionar una trayectoria más confortable y segura; posibilitar velocidades más uniformes; facilitar la dirección de los vehículos efectuar la variación del peralte y sobreancho, así como mejorar el aspecto estético del alineamiento.

Para el diseño de vías, cuya velocidad directriz sea igual o mayor de 60 kph se utilizarán espirales para realizar la transición, teniendo en cuenta las recomendaciones expresadas en el presente documento.

**TABLA 2. 5 Requerimiento de espiral obligatoria.**

Velocidad Directriz [Km/h]	Espiral obligatoria hasta R [m]
60	300
70	500
80	800
90	1000
100	1300
110	1900
120	2500

*Fuente: Manual de diseño geométrico de vías urbanas – 2005 – VCHI, Perú.*

En el caso de las vías locales y colectoras, existen diversos factores que contribuyen a tornar la transición impracticable, tales como:

- Gran proximidad entre intersecciones
- Presencia de inmuebles muy cerca de la vía
- Condiciones de drenaje superficial y subterráneo.

### 2.4.3.2. Radios mínimos.

El cambio de un tramo en tangente para otro en curva, o sea, de un radio infinito para un radio finito, no debe ser hecho bruscamente, lo que puede ofrecer inseguridad e incomodidad, tanto para la carga como para los pasajeros.

Los radios mínimos para cada velocidad de proyecto son calculados bajo el criterio de seguridad ante el deslizamiento, mediante la siguiente expresión:

$$R_{min} = \frac{V^2}{127 * (0.01 * p_{max} + f)}$$

Dónde:

$V$  = Velocidad de diseño (Km/h).

$p_{max}$  = Peralte en porcentaje.

$f$  = Coeficiente de fricción correspondiente a la velocidad de diseño.

En la siguiente tabla se establece los valores de radios mínimos sobre la base la velocidad de diseño, peralte máximo y coeficiente de fricción transversal máximo.

**TABLA 2. 6 Radios Mínimos.**

Velocidad [Km/h]	Coeficiente de fricción transversal f <sub>máx</sub> [ ]	Valor real de R mínimo con p máx deseable		Valor práctico de R mínimo con p máx	
		p máx 4%	p máx 6%	p máx 4%	p máx 6%
20	0,18	14,32	13,12	15	15
30	0,17	33,75	30,81	35	30
40	0,17	59,99	54,78	60	55
50	0,16	98,43	89,48	100	90
60	0,15	149,19	134,98	150	135
70	0,14	214,35	192,91	215	195
80	0,14	279,97	251,97	280	250
90	0,13	375,17	335,68	375	335
100	0,12	492,13	437,45	490	435
110	0,11		560,44		560
120	0,09		755,91		755
130	0,08		950,51		950

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas – 2005 – VCHI, Perú.

---

### 2.4.3.3. Sobreanchos en curvas circulares.

En ciertos tramos de curvas, para mantener el confort y seguridad en la circulación de los vehículos, deberá ser previsto el sobreancho necesario para compensar el mayor espacio requerido por los vehículos. Este ancho varía en función al tipo de vehículo, al radio de curvatura y de la velocidad directriz.

Este ancho adicional puede ser calculado utilizando la siguiente fórmula desarrollada por Voshell Balazzo, ya adoptada por la AASHTO.

$$S = n * (R - \sqrt{R^2 - b^2}) + \frac{V}{10 * \sqrt{R}}$$

Dónde:

$S$  = Sobreancho (m).

$n$  = Número de carriles.

$R$  = Radio de la curva en el eje (m).

$V$  = Velocidad directriz (km/h).

$b$  = Distancia entre ejes del vehículo típico del proyecto (m).

### 2.4.4. Alineamiento Vertical.

En las vías urbanas normalmente no se tiene la posibilidad de escoger entre opciones de paso para tantear alternativas, por eso la topografía suele ser condicionante para el diseño del alineamiento vertical de las vías. Esta situación es muy distante de lo que sucede con las carreteras, en donde se puede buscar una rasante óptima para el diseño mediante la evaluación de pendientes diversas. En el trazo vial urbano, se encuentran frentes de viviendas consolidadas que dan cara a la vía que se diseña, en estos casos no hay mayores alternativas que asumir la pendiente del terreno existente. Lamentablemente, algunos proyectos de lotización no consideran la importancia del empleo de pendientes adecuadas y disponen del trazo de calles con gradientes muy elevadas.

---

Las cotas del eje en planta de una vía, al nivel de la capa de rodadura, constituyen la rasante o línea de referencia del alineamiento. La representación gráfica de esta rasante recibe el nombre de perfil longitudinal del proyecto.

El perfil longitudinal es una línea que se emplea en el diseño para representar gráficamente la disposición vertical de la vía respecto del terreno. Esta línea está asociada al eje del alineamiento horizontal, identificándose a lo largo de su desarrollo las variaciones de las cotas del terreno y de la rasante de la vía.

Los elementos de diseño del perfil longitudinal son las tangentes verticales más conocidas pendientes y las curvas verticales, la unión de ambas forman la Rasante de la vía.

La forma de unir dos tramos en tangente con pendientes diferentes es a través de curvas verticales, estas curvas son del tipo parabólica de segundo grado y se adoptan así por la suavidad de transición en el cambio de pendientes y su facilidad de cálculo.

Según la forma en que dos pendientes se encuentran, se requerirá el diseño de una curva vertical cóncava o convexa. En cualquiera de los casos, estas curvas se trazan gracias a la tabulación de fórmulas cuadráticas del tipo  $y = kx$ .

#### **2.4.4.1. Pendiente de la rasante.**

La pendiente mínima es gobernada por los problemas de drenaje, es así que si el bombeo de la calzada es de por lo menos 2% se acepta pendientes mínimas de 0.3 %, para casos de bombeo menor se debe emplear como pendiente mínima 0.5%

En vías Urbanas, cuando se tiene la posibilidad de elegir la pendiente a emplear en un alineamiento vertical, se deberá tener presente las consideraciones económicas, constructivas y los efectos de la gradiente en la operación vehicular. A continuación, se muestra valores de pendiente máximas con la incorporación del criterio del tipo de terreno y tipo de vía urbana:



**TABLA 2. 7 Pendiente Máxima Admisible.**

Tipo de vía	Terreno plano	Terreno ondulado	Terreno Montañoso
Vía expresa	3%	4%	4%
Vía arterial	4%	5%	7%
Vía colectora	6%	8%	9%
Vía local	Según topografía	10%	10%
Rampas de acceso	6% - 7%	8% - 9%	8% - 9%

Fuente: Manual de diseño geométrico de vías urbanas – 2005 – VCHI, Perú.

Considerando que el terreno es plano y el tipo de vía es colectora entonces la pendiente máxima admisible es 6%.

#### 2.4.4.2. Curva vertical convexa.

Son Aquellas que Siguiendo el Sentido de tráfico se pasa de una pendiente a otra menor, en este caso el diseño se debe centrar en otorgar al conductor la distancia de visibilidad suficiente para lograr detenerse al observar un objeto adelante en el eje de su carril.

Para calcular la longitud Mínima de la curva vertical que satisface esa condición, se asumen los siguientes valores:

- Altura del ojo del observador:  $h_1=1.08$  m.
- Altura del objeto observado:  $h_2= 0.15$ m.

Las expresiones que se utilizan en el cálculo de la longitud mínima de la curva vertical son:

$$\text{Caso } L > D_p; L = \frac{A * D_p^2}{100 * (\sqrt{2 * h_1} + \sqrt{2 * h_2})^2}$$

$$\text{Caso } L < D_p; L = 2 * D_p - 200 * \frac{(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{A}$$

---

Dónde:

$L =$  Longitud de curva vertical (m).

$D_p =$  Distancia de Visibilidad de Parada (m).

$A =$  Valor Absoluto de la diferencia algebraica de pendientes en porcentaje.

#### 2.4.4.3. Curva Vertical Cóncava.

Las curvas cóncavas son aquellas que siguiendo el sentido del tráfico se pasa de una pendiente a una mayor. En este caso la longitud de la curva vertical puede estar influenciada por dos situaciones: la iluminación de la vía, el confort o la presencia de obstáculos que reduzcan la visibilidad.

Por iluminación, cuando no existe iluminación en la vía, será necesario dotar a la curva vertical cóncava de una longitud suficiente para permitir que el haz de luz del vehículo pueda iluminar una longitud equivalente a la longitud de visibilidad de parada o frenado ( $D_p$ ), para esto se considera que la altura de la luz delantera es de 0.60m y que este haz de luz tiene una divergencia de  $1^\circ$  hacia arriba. Con estas consideraciones las expresiones para el cálculo de la longitud de la curva vertical son:

$$\text{Caso } L > D_p; L = \frac{A * D_p^2}{120 + 3.5 * D_z}$$

$$\text{Caso } L < D_p; L = 2 * D_p - \frac{120 + 3.5 * D_p}{A}$$

$L =$  Longitud de curva vertical (m).

$D_p =$  Distancia de Visibilidad de Parada (m).

$A =$  Valor Absoluto de la diferencia algebraica de pendientes en porcentaje.

Por confort, el efecto de cambiar de dirección vertical, en el caso de curvas cóncavas, implica que las fuerzas de gravedad y de inercia se sumen, para evitar

---

que estas produzcan aceleraciones molestas se considera como límite de la aceleración centrífuga el valor de 0.3 m/s<sup>2</sup>, con lo que la expresión recomendada por confort será:

$$L = \frac{A * V^2}{395}$$

*L = Longitud de curva vertical (m).*

*V = Velocidad de diseño  $\left(\frac{km}{h}\right)$ .*

*A = Valor Absoluto de la diferencia algebraica de pendientes en porcentaje.*

#### **2.4.5. Características Geométricas de la sección transversal.**

El diseño de la sección transversal implica a su vez el diseño de diversos elementos en un proceso que se encuentra notablemente influido por condiciones de la demanda; por la capacidad vial que es factible ofrecer; por estipulaciones de índole reglamentario y por limitaciones en el derecho de vía, entre otras.

##### **2.4.5.1. Número de carriles.**

Esta característica está directamente relacionada con la clasificación funcional de la vía, la capacidad operacional necesaria para atender a la demanda vehicular, con el sentido de la circulación y por las restricciones que pudieran existir al derecho de vía.

La determinación del número de carriles y consecuentemente del ancho de la calzada, en un principio, se define en los estudios de planificación de la red vial y de transporte urbano.

### 2.4.5.2. Ancho de carriles.

El ancho recomendable para los carriles de una vía dependerá principalmente de la clasificación de la misma y de la velocidad de diseño adoptada.

TABLA 2. 8 Ancho de carril.

Clasificación de vías		Velocidad [km/h]	Ancho recomendable [m]	Ancho mínimo de carril en pista normal [m]	Ancho mínimo de carril único del tipo Solo bus [m]	Ancho de dos carriles juntos [m]
	Local	30 - 40	3	2,75	3,5	6,5
	Colectoras	40 - 50	3,3	3	3,5	6,5
		50 - 60	3,3	3,25	3,5	6,75
		60 - 70	3,5	3,25	3,75	6,75
		70 - 80	3,5	3,5	3,75	7
Arterial		80 - 90	3,6	3,5	3,75	7,25
Expresa		90 - 100	3,6	3,5	No aplicable	No aplicable

Fuente: Manual de diseño geométrico de vías urbanas – 2005 – VCHI, Perú.

### 2.4.5.3. Bombeo y Peralte.

En lo que respecta a la pendiente de las secciones transversales debe tenerse presente que el diseño geométrico de vías urbanas presenta condicionamientos altimétricos especiales para los bordes de las vías debido a la obligación de producir empalmes coherentes y estéticos con los demás elementos urbanos. Debido a ello, no siempre será posible introducir las recomendaciones para las pendientes transversales, sean estas relativas al bombeo o al peralte.

La pendiente de las secciones transversales en tramos rectos o “bombeo” tiene por objeto facilitar el drenaje superficial. La magnitud del bombeo dependerá del tipo de superficie de rodadura y de los niveles de precipitación de la zona.

**TABLA 2. 9 Bombeo de la calzada.**

Tipo de superficie	Bombeo [%]	
	Precip. < 500 mm/año	Precipitación >500 mm/año
Pavimento superior	2,0	2,5
Tratamiento superficial	2,5	2,5 -3,0
Afirmado	3,0 - 3,5	3,0 - 4,9

Fuente: Manual de diseño geométrico de vías urbanas – 2005 – VCHI, Perú.

Para mejorar el confort y seguridad en un tramo curvo, se debe adoptar un aumento de la pendiente transversal o “peralte”, en un ángulo conveniente, creando así un componente contrario a la fuerza centrífuga.

En muchas calles podrá ser conveniente o necesario mantener el bombeo, incluso en curvas, evitando con ello el uso de peraltes. El bombeo de la vía en un tramo curvo implicará un “contraperalte” por lo que se requerirán radios mayores que los establecidos para la condición en la que pueda usarse peralte.

**TABLA 2. 10 Radios mínimos para curvas horizontales en peralte en vías no expresas.**

V [km/h]	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
Radio mínimo [m]	20	40	50	80	110	160	220	290	370	470	600	750	850

Fuente: Manual de diseño geométrico de vías urbanas – 2005 – VCHI, Perú.

Para mejorar el confort y seguridad en un tramo en curva, se puede adoptar un aumento de la pendiente transversal o “peralte”, en un ángulo conveniente, creando así un componente contrario a la fuerza centrífuga.

Para la definición de los peraltes debe tenerse en cuenta que aun cuando fijar la geometría de una vía exige la definición previa de una velocidad de diseño, el hecho de tratarse de una vía urbana implica, mucho más que en el caso rural, una gran dispersión de las velocidades de operación a lo largo del día y de la vida útil en general. Esto, sumado a las limitaciones físicas que impone el entorno urbano, hace recomendable limitar el peralte máximo en forma mucho más estricta que en el caso de carreteras.

**TABLA 2. 11 Peralte máximo .**

<b>Tipo de vía</b>	<b>Peralte máximo [%]</b>
Expresas	6%
Arteriales	6%
Colectoras	4%
Locales	4%

*Fuente: Manual de diseño geométrico de vías urbanas – 2005 – VCHI, Perú.*

#### **2.4.5.4. Taludes de terraplén,**

- **Desde el punto de vista de su estabilidad**

El diseño desde el punto de vista estructural se encuentra en función al tipo de material que lo constituye y de los suelos sobre los que se fundan.

Cuando los materiales lo permitan, los taludes de terraplén con alturas inferiores de 15 metros tendrán una inclinación máxima de 1:1.5 (Horizontal: Vertical)

Los taludes de terraplenes de alturas mayores que 15 metros deben ser objeto de un estudio especializado, del cual surgirá su adecuada inclinación.

- **Desde el punto vista de la seguridad.**

Taludes de terraplén con inclinaciones de 1:3 a 1:4 (Horizontal: Vertical) se consideran transitables, es decir un vehículo que se salga de la plataforma puede descender por el talud sin volcarse.

Taludes de terraplén con inclinaciones menores de 1:4 (Horizontal: Vertical) se consideran recuperables, es decir el conductor tiene la posibilidad de redirigir el vehículo hacia la plataforma.

Por otra parte, la severidad de los accidentes ocurridos en terraplenes con taludes no transitables 1:1.5 (Horizontal: Vertical), que no cuenten con barreras de contención aumenta con la altura de terraplén.

---

### **2.4.6. Intersecciones.**

Las intersecciones son áreas comunes a dos o más vías que se cruzan al mismo nivel y en las que se incluyen las calzadas que pueden utilizar los vehículos para el desarrollo de todos los movimientos posibles. Las intersecciones son elementos de discontinuidad en cualquier red vial, por lo que representan situaciones críticas que hay que tratar específicamente, ya que las maniobras de convergencia, divergencia o cruce no son usuales en la mayor parte de los recorridos.

Dentro de las intersecciones se tiene las rotondas, estas permiten gestionar los flujos de circulación, limitando los conflictos y mejorando la seguridad. Para el diseño y el uso de las rotondas se deben aplicar dos principios fundamentales:

- La geometría de la infraestructura debe moderar la velocidad de los vehículos entrantes. En este sentido, los conductores deberían pasar la intersección con una velocidad máxima de 30 km/h.
- Los vehículos en el anillo tienen prioridad, no así los vehículos entrantes. Esto permite garantizar el permanente funcionamiento de la rotonda sin ningún bloqueo.

#### **2.4.6.1. Principio de diseño de rotondas.**

Las rotondas son diseñadas con los siguientes objetivos:

- Limitar la velocidad de los vehículos y garantizar la seguridad
- Respetar la comodidad y seguridad de los peatones
- Optimizar el funcionamiento de la intersección

Según el tamaño, las rotondas pueden ser utilizadas en zonas urbanas y en zonas rurales. De manera general, se deben priorizar las rotondas de área reducida.

---

## **2.5. Señalización Vial.**

La señalización vial es un sistema complejo de comunicación visual, en el que intervienen diversos factores humanos y medioambientales, entre los cuales median las señales, con el fin primordial de satisfacer una necesidad específica de información y comunicación para la regulación a través de la orientación de conductores, peatones y usuarios del transporte público en la vía.

Es esencialmente un sistema de mensajes visuales dispuestos en las inmediaciones de las vías urbanas y rurales que reglamentan, previenen e informan a los peatones, conductores y usuarios de los medios de transporte con el fin de que adapten su conducta y comportamiento para una circulación segura, ordenada y sin pérdidas de tiempo.

La función general de las señales es regular la circulación vial a través de la información que proporcionan las señales a conductores, peatones y usuarios del transporte público en las vías públicas.

Para este fin las señales se clasifican en Verticales, Horizontales o de Demarcación, Semáforos, Preventivas Temporales o de Obras, Turístico Culturales y Educativas.

El Servicio Nacional de Caminos, entidad gubernamental encargada de la red vial de Bolivia, tiene la responsabilidad adicional de establecer el control del tráfico, para lo que formuló la iniciativa de disponer de un sistema de reglamentación para la señalización vial.

### **2.5.1. Señalización Vertical.**

Las señales son símbolos, figuras y palabras pintadas en tableros colocadas en postes o estructuras que transmiten un mensaje visual a los conductores de vehículos.



---

Las señales deberán estar ubicadas en postes individuales. La distancia mínima entre dos señales con diferentes propósitos, no deberá ser menor de 60 m, una separación menor dificultaría la visibilidad por las noches. Se tendrá en cuenta que es necesaria la repetición de algunas señales, especialmente en zonas donde existan acceso por los que el tránsito se incorpora a la vía principal.

Las señales verticales se clasifican en: reglamentarias, preventivas e informativas.

#### **2.5.1.1. Señales Reglamentarias.**

Las señales reglamentarias o de reglamentación establecen prohibiciones, obligaciones, prioridades y limitaciones a los conductores, peatones y usuarios del transporte público en las vías. Son señales de obligatorio y estricto cumplimiento, por lo que su violación está penada por ley.

Son de forma circular, orla y línea transversal color rojo; pictograma en color negro. La placa didáctica es rectangular horizontal con orla y texto en color negro sobre fondo blanco. En ningún caso está permitida una placa rectangular vertical conteniendo el pictograma y texto en la misma placa.

Las siguientes señales reglamentarias son la excepción a esta norma:

- PARE (SRP-1), de forma octogonal, orla y texto color blanco en fondo color rojo.
- PARE PEATONES CRUZANDO (SRP-2), de forma octogonal, orla y pictograma de color blanco en fondo color rojo. Placa didáctica rectangular horizontal con orla y texto de color negro, en fondo color blanco.
- CEDA EL PASO (SRP-3), su forma es un triángulo equilátero con uno de sus vértices invertido, orla de color rojo y texto de color negro en fondo blanco.
- CEDA EL PASO A LOS PEATONES (SRP-4), su forma es un triángulo equilátero con uno de sus vértices invertido, orla de color rojo y pictograma de color negro. Placa didáctica rectangular horizontal con orla y texto de color negro, en fondo color blanco.

---

### **2.5.1.2. Señales Preventivas.**

Son señales que de forma anticipada previenen en forma permanente, limitada o temporal al peatón, conductor y usuario del transporte público, la potencial existencia y naturaleza de riesgos o situaciones imprevistas en la vía o adyacentes.

Las señales preventivas son cuadradas con uno de sus vértices invertido, se caracteriza por el fondo de color amarillo, orla y pictograma de color negro. Placa didáctica rectangular horizontal con orla y texto de color negro, en fondo color blanco.

Estas señales se colocarán antes del peligro que se desea anunciar, a una distancia que permita el suficiente tiempo al conductor para su interpretación y reacción en función de la velocidad. Las distancias aplicadas son:

- De 50 a 100 m en caminos de velocidad baja (Hasta 60 kph).
- De 100 a 150 m en caminos de velocidad media (de 70 a 100 kph).
- De 150 a 200 m en caminos de velocidad alta (más de 100 kph).

### **2.5.1.3. Señales Informativas.**

Son señales informativas o de información que guían a los conductores, peatones y usuarios de los medios de transporte sobre la identificación de ciudades o localidades, destinos, direcciones, intersecciones, cruces, distancias, servicios y otros con el fin de facilitar su orientación en la circulación por las vías.

Las señales informativas de servicios son cuadradas, se caracterizan por el fondo de color verde, orla y pictograma de color blanco. Placa didáctica rectangular con orla y texto de color negro, en fondo color blanco.

### **2.5.2. Señalización Horizontal.**

Las señales horizontales o demarcaciones se componen de líneas, pictogramas, letras y flechas que se pintan o adhieren a la superficie de la calzada de circulación o adyacentes a ellas, así como, dispositivos que se colocan sobre la superficie de la

---

vía, con el objetivo de regular y canalizar el flujo de conductores y peatones o, indicar la presencia de obstáculos.

Las señales horizontales se aplican en superficies pavimentadas o de cemento rígido y compacto. No se pueden aplicar en vías empedradas, de tierra o ripio.

Se utilizan solamente señales horizontales o, en conjunto a señales verticales y semáforos. En algunas ocasiones son el único y más eficaz medio para comunicar a los conductores, peatones y usuarios del transporte público.

La señalización horizontal se clasifica por su forma y altura en:

#### **2.5.2.1. Forma.**

- Líneas longitudinales: delimitan carriles y vías, indican zonas con y sin prohibición de adelantamiento, prohibición de estacionar y delimitan carriles de uso exclusivo para determinados tipos de vehículos.
- Líneas transversales: se utilizan en cruces e intersecciones, indicando el lugar, antes del cual, los conductores deben detenerse y para demarcar zonas destinadas al cruce de peatones o ciclistas.
- Pictogramas y textos: guían, advierten como regulan la circulación de conductores, peatones y usuarios del transporte público. Se incluyen las flechas, el triángulo reglamentario de CEDA EL PASO y el texto PARE.

#### **2.5.2.2. Altura.**

- Planas De hasta 6 mm de altura.
- Elevadas De 6 mm a 21 mm de altura. Se utilizan para complementar a las señales planas.

Por otra parte, los denominados “ojos de gato” o tachones de mayor altura, que además de delinear, permiten controlar físicamente algunos movimientos de los conductores de vehículos motorizados, sin embargo, en algunas condiciones constituyen factor de riesgo.

---

## 2.6. Diseño de la estructura del pavimento.

La estructura de un pavimento está constituida por un conjunto de capas superpuestas formadas por distintos materiales adecuadamente compactados, la misión de estas es transmitir adecuadamente las cargas generadas por el tráfico de forma que las capas subyacentes no sufran deformaciones inadmisibles durante un periodo de vida útil.

Los pavimentos se clasifican en dos tipos de acuerdo a su superficie de rodadura: Pavimentos flexibles y pavimentos rígidos.

### 2.6.1. Pavimento Rígido.

Este método está desarrollado en la publicación “AASHTO Guide of Pavement Structures 1993 (Guía AASHTO para el diseño de Estructuras de Pavimentos 1993). En esencia este procedimiento determina el espesor D de un pavimento de concreto para que este pueda soportar el paso de vehículos pesados con W18 de ejes equivalentes de 18000 libras (8.2 t) sin que se produzca una disminución en el índice de servicio – PSI superior a un cierto valor, el cual se calcula a partir de una serie de medidas en el pavimento (regularidad superficial, agrietamiento baches), y que se ha comprobado que tiene una buena correlación con la calificación subjetiva que dan al mismo los usuarios.

Este método propone una ecuación de diseño para pavimento rígido y es la siguiente:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_o + 7.35 \times \log_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right]}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 pt) \times \log_{10} \left[ \frac{S'c \times Cd (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \left[ D^{0.75} - \frac{18.42}{\left( \frac{Ec}{K} \right)^{0.25}} \right]} \right]$$

---

Dónde:

- $W_{18}$  Número previsto de ejes equivalentes de ocho puntos dos toneladas (8.2 ton), a lo largo del periodo de diseño.
- Zr Valor de la desviación normal estándar asociado al nivel de confiabilidad con el que se desea diseñar el pavimento.
- D Espesor del pavimento de concreto (en pulgadas).
- $\Delta PSI$  Diferencia entre los índices de servicio inicial y final
- $S_o$  Desviación estándar que combina por una parte la desviación estándar media de los errores de predicción del tránsito durante el periodo de diseño, y por otra, la desviación estándar de los errores en la predicción del comportamiento del pavimento, al alcanzar un determinado índice de servicio terminal.
- pt Índice de Servicio final.
- Sc Resistencia media del concreto en libras por pulgada cuadrada (PSI), a flexo tracción a los veintiocho (28) días.
- Cd Coeficiente de drenaje.
- J Coeficiente de transmisión de cargas en las juntas.
- $E_c$  Módulo de elasticidad del concreto, en PSI.
- K Modulo de reacción de la subrasante o de la superficie en la que se apoya el pavimento de concreto, en PSI.

La ecuación se resuelve a través de un nomograma, para lo cual, se necesita conocer los siguientes factores de diseño:

- Tránsito.
- Coeficiente de transferencia de carga J.
- Coeficiente de drenaje Cd.
- Pérdida del índice de servicio  $\Delta PSI$ .
- Confianza R (%).
- Desviación Estándar  $S_o$ .

- Módulo de ruptura promedio  $Sc$  (Kg/cm<sup>2</sup>).
- Módulo de elasticidad del concreto  $E_c$  (106(Kg/cm<sup>3</sup>)).
- Módulo de reacción efectivo  $k$  (Kg/cm<sup>3</sup>).

### 2.6.1.1. Tránsito.

La conversión de los distintos tipos de eje de pesos variables a un eje equivalente de 18kips (80 KN) se hace con el factor de equivalencia de carga, este factor es un valor numérico que expresa la relación entre la pérdida de serviciabilidad causada por una carga de un tipo de eje y la producida por el eje estándar.

La Administradora Boliviana de Carreteras (ABC) determinó los siguientes factores de equivalencia vehicular:

**TABLA 2. 12 Factores de equivalencia vehicular .**

Clasificación de vehículos según la "Estadística Vial de la Administradora Boliviana de Carreteras"		Factos Equivalentes Vehicular					
		Pavimento de Asfalto			Pavimento de Hormigon		
		Serviciabilidad final = 2,0			Serviciabilidad final = 2,0		
Código	Tipo de Vehículos	NE = 4 cm	NE = 8 cm	NE = 12 cm	D = 18 cm	D = 24 cm	D = 30 cm
1	Automóviles y Vagonetas	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04
2	Camionetas (hasta 2 Tn.)	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04
3	Minibuses (hasta 15 pasajeros)	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04
MB	Microbuses (hasta 21 pasajeros; de 2 ejes)	0,132146	0,142815	0,132408	0,136231	0,132585	0,132085
B2	Buses Medianos (hasta 35 pasajeros; de 2 ejes)	1,694616	1,634230	1,617937	1,613144	1,649326	1,661552
B3	Buses Grandes (más de 35 pasajeros; de 3 ejes)	0,897383	0,952612	0,923450	1,385201	1,383924	1,384398
C2m	Camiones Medianos (de 2,5 a 10,0 t; de 2 ejes)	0,132146	0,142815	0,132408	0,136231	0,132585	0,132085
C2	Camiones Grandes (más de 10,0 t; de 2 ejes)	1,046566	1,018211	1,003175	1,002418	1,021022	1,027820
C3	Camiones Grandes (más de 10,0 t; de 3 ejes)	1,654853	1,661030	1,648199	2,654401	2,741238	2,775336
CSR	Camiones Semiremolque	2,496063	2,452299	2,426188	3,507745	3,623370	3,669342
CR	Camiones Remolque	3,133060	3,065405	3,038530	3,709313	3,805393	3,839728
12	Otros Vehículos						
Promedio FEV (Veh.Pesados)		1,398354	1,383677	1,365287	1,768085	1,811180	1,827793

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras (ABC).

### 2.6.1.2. Coeficiente de transferencia de carga J.

Este factor se introduce para tener en cuenta la capacidad del pavimento de concreto para transmitir las cargas a través de las discontinuidades (juntas o grietas), su valor depende del tipo de pavimento.

**TABLA 2. 13 Coeficientes de transferencia de carga J.**

valores J	Granular o Asfáltica		Concreto Hidráulico	
	Si (con pasadores)	NO (con pasadores)	Si (con pasadores)	NO (con pasadores)
	3.2	3.8 - 4.4	2.8	3.8

Fuente: Norma AASHTO 1993.

### 2.6.1.3. Coeficiente de drenaje d.

El valor del drenaje depende de dos parámetros: la calidad del drenaje que viene determinada por el tiempo que tarda el agua infiltrada en ser evacuada del pavimento y el porcentaje de tiempo a lo largo del año durante el cual el pavimento está expuesto a niveles de humedad aproximándose a la saturación.

**TABLA 2. 14 Coeficientes de drenaje d.**

Calidad De Drenaje	% DE TIEMPO EN QUE EL PAVIEMTO ESTA EXPUESTO A NIVELES DE			
	< 1%	1 - 5%	5 - 25%	> 25%
<b>EXCELENTE</b>	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
<b>BUENO</b>	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
<b>REGULAR</b>	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
<b>POBRE</b>	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
<b>MUY POBRE</b>	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Fuente: Norma AASHTO 1993.

### 2.6.1.4. Perdida de índice de servicio.

Se define como la capacidad de servir al tipo de tránsito para el cual ha sido diseñado. En el diseño del pavimento se deben elegir la serviciabilidad inicial y final. La inicial  $P^o$ , es función del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción. La final o terminal  $P_f$  es función de la categoría del camino y es adoptada en base a ésta y al criterio del proyectista los valores recomendados son:

**TABLA 2. 15 Índices de perdida de servicio.**

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)	INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL O TERMINAL (Pt)	DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD ( $\Delta$ PSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	4.10	2.00	2.10
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	4.10	2.00	2.10
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	4.10	2.00	2.10
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	4.10	2.00	2.10
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	4.30	2.50	1.80
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	4.30	2.50	1.80
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	4.30	2.50	1.80
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	4.30	2.50	1.80
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	4.30	2.50	1.80
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	4.30	2.50	1.80
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	4.30	2.50	1.80
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	4.50	3.00	1.50
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	4.50	3.00	1.50
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	4.50	3.00	1.50
	T <sub>P15</sub>		>30'000,000	4.50	3.00	1.50

Fuente: Norma AASHTO 1993.

### 2.6.1.5. Confiabilidad R (%).

De todos los parámetros de diseño, quizá éste sea el que tiene mayor impacto en el dimensionamiento de los pavimentos flexibles y rígidos. Un nivel de confiabilidad alto implica un pavimento más costoso y por lo tanto mayores costos iniciales, pero también pasará más tiempo hasta que ese pavimento necesite una reparación y por ende los costos de mantenimiento serán menores. Por el contrario, un nivel de confiabilidad bajo da pavimentos más económicos, pero con un mayor costo de mantenimiento.



**TABLA 2. 16 Nivel de confiabilidad R (%).**

TIPO DE CAMINO	CONFIABILIDAD RECOMENDADA	
	ZONA URBANA	ZONA RURAL
AUTOPISTAS	85 - 99.9	80 - 99.9
PRINCIPALES	80 - 99	75 - 99
COLECTORAS	80 - 95	75 - 95
LOCALES	50 - 80	50 - 80

*Fuente: Norma AASHTO 1993.*

#### **2.6.1.6. Desviación Estándar So.**

Representa la desviación estándar conjunta que conjuga la desviación estándar de la ley de predicción del tránsito en el periodo de diseño y con la desviación estándar de la ley de producción del comportamiento del pavimento, es decir el número de ejes que pueda soportar el pavimento hasta que su índice de servicio descienda por debajo de un determinado valor Pt.

El rango típico sugerido por la AASHTO se encuentra entre:

$$\text{Pavimentos rígidos} \quad 0.34 < So < 0.39.$$

#### **2.6.1.7. Módulo de Ruptura Sc (kg/cm<sup>2</sup>).**

La característica del concreto a emplear será a través de la resistencia a la flexión o módulo de ruptura. Este valor deberá ser el medio obtenido a los 28 días utilizando una viga simple con carga en los tercios del claro (AASHTO T 97, ASTM C 78).

#### **2.6.1.8. Modulo de elasticidad de concreto Ec.**

Se recomienda determinarlo de acuerdo con el procedimiento descrito en la Norma ASTM C469 o en su efecto correlacionarlo con otras características del material como puede ser su resistencia a la compresión.

$$E_c = 33 \times w_c^{1.5} \sqrt{f'_c}$$

Dónde:

$w_c$  = Peso unitario del concreto endurecido (lb/pie<sup>3</sup>).

$f'_c$  = Resistencia del concreto a la compresión (lb/plg<sup>2</sup>).

### 2.6.1.9. Módulo de reacción efectivo K (kg/cm<sup>3</sup>).

Este módulo depende de las variaciones estacionarias según la época del año y de las condiciones de drenaje, el método propone utilizar un valor corregido para tomar en cuenta la interacción del suelo de cimentación con la capa súbbase que recibe a la losa.

**TABLA 2. 17 MODULO DE REACCION K DE ACUERDO AL TIPO DE SUELO (AASHTO, 1998).**

Clasificación AASHTO	Clasificación Unificada (U.S.C.S.)	Densidad Seca (kg/m <sup>3</sup> )	CBR (%)	Valor K (MPa/m)
<b>Suelos granulares</b>				
A-1-a bien graduado	GW	2002.3 - 2242.5	60 - 80	81.3 - 121.9
A-1-a pobremente graduado	GP	1922.2 - 2082.3	35 - 60	81.3 - 108.4
A-1-b	SW	1761.9 - 2082.3	20 - 40	54.2 - 108.4
A-3	SP	1681.9 - 2082.3	15 - 25	40.7 - 81.3
<b>Suelos A-2</b>				
A-2-4	GM	2082.3 - 2322.6	40 - 80	81.3 - 135.5
A-2-5				
A-2-4	SM	1922.2 - 2162.4	20 - 40	81.3 - 108.4
A-2-5				
A-2-6	GC	1922.2 - 2242.5	20 - 40	54.2 - 121.9
A-2-7				
A-2-6	SC	1681.9 - 2082.3	10 - 20	40.7 - 94.9
A-2-7				
<b>Suelos finos</b>				
A-4	ML, OL	1441.6 - 1681.9	4 - 8	6.8 - 44.7 *
		1601.8 - 2002.3	5 - 15	10.8 - 59.8 *
A-5	MH	1281.4 - 1601.8	4 - 8	6.8 - 51.5 *
A-6	CL	1601.8 - 2002.3	5 - 15	6.8 - 69.1 *
A-7-5	CL, OL	1441.6 - 2002.3	4 - 15	6.8 - 58.3 *
A-7-6	CH, OH	1281.4 - 1761.9	3 - 5	10.8 - 59.6 *

\* El valor k de los suelos es altamente dependiente del grado de saturación

Fuente: Norma AASHTO 1993.

---

### **3. MARCO PRÁCTICO.**

#### **3.1. Levantamiento Topográfico.**

##### **3.1.1. Introducción.**

Este punto describe las actividades desarrolladas en los trabajos topográficos efectuados, así como la metodología empleada, el equipo utilizado, los recursos humanos y técnicos asignados a la actividad.

##### **3.1.2. Objetivo.**

El objetivo principal es la de recabar información topográfica y geodésica con la que se cuenta y proceder a analizar, revisar esta información y si fuera necesario, complementar, actualizar y generar un producto final que garantice la buena ejecución de la obra.

##### **3.1.3. Planificación de las áreas a realizar.**

Una vez analizado la información, se realizó una inspección, y una vez concluida la inspección de campo se determinó realizar nuevos trabajos de Geodesia y Topografía los cuales se explicará a lo largo del presente informe.

##### **3.1.4. Trabajo de campo.**

En la inspección realizada se evidencio la materialización de los puntos de la poligonal base a cada 400 metros, mismas que ya están enlazadas a la red geodésica del gobierno autónomo Municipal de El Alto.

##### **3.1.4.1. Georreferenciación.**

La georreferenciación consiste en dotar de coordenadas absolutas a los nuevos puntos de control horizontal y vertical del proyecto utilizando receptores GPS

geodésicos y nivel de precisión, empleando el método de Posicionamiento Diferencial y Nivelación Geométrica. Estas actividades se realizaron a lo largo de los 5 Kilómetros.

### 3.1.4.2. Reconocimiento de campo.

En la inspección realizada se ubicó los puntos base de control horizontal (**AV-01, AV-02....AV-20**) y control vertical (**BM IGM CIN-2**), el cual tienen las siguientes características.

*TABLA 3. 1 Planilla de coordenadas de la poligonal base.*

No	COD DE PUNTO	ESTE	NORTE	ALTURA ORTOMETRICA	LATITUD "S"	LONGITUD "W"	ALTURA ELIPSOIDAL	FACTOR COMBINADO
1	<b>AV-1</b>	586984.379	8168284.169	3975.022	S16°33'57.42301 "	W68°11'04.87113"	4020.055	0.9990640358
2	<b>AV-2</b>	586966.378	8168301.538	3975.305	S16°33'56.86019 "	W68°11'05.48089"	4020.339	0.9990639526
3	<b>AV-3</b>	586751.343	8168105.152	3972.688	S16°34'03.27901 "	W68°11'12.70949"	4017.735	0.9990638984
4	<b>AV-4</b>	586548.944	8167886.987	3970.365	S16°34'10.40483 "	W68°11'19.50893"	4015.425	0.9990638265
5	<b>AV-5</b>	586305.366	8167699.301	3967.167	S16°34'16.54418 "	W68°11'27.70207"	4012.242	0.9990638044
6	<b>AV-6</b>	586160.995	8167532.479	3963.569	S16°34'21.99157 "	W68°11'32.55077"	4008.652	0.9990640584
7	<b>AV-7</b>	586076.630	8167453.925	3961.992	S16°34'24.55877 "	W68°11'35.38675"	4007.080	0.9990641249
8	<b>AV-8</b>	586058.384	8167473.777	3962.511	S16°34'23.91517 "	W68°11'36.00510"	4007.601	0.9990640047
9	<b>AV-9</b>	585871.011	8167302.858	3959.337	S16°34'29.50140 "	W68°11'42.30435"	4004.437	0.9990641016
10	<b>AV-10</b>	585664.814	8167080.106	3954.521	S16°34'36.77674 "	W68°11'49.23186"	3999.633	0.9990644164
11	<b>AV-11</b>	585412.892	8166883.939	3951.265	S16°34'43.19283 "	W68°11'57.70601"	3996.391	0.9990643911
12	<b>AV-12</b>	585196.222	8166653.929	3947.634	S16°34'50.70556 "	W68°12'04.98621"	3992.772	0.9990645007

13	<b>AV-13</b>	584948.844	8166455.644	3946.799	S16°34'57.18982 "	W68°12'13.30706"	3991.950	0.9990641092
14	<b>AV-14</b>	584723.300	8166223.675	3943.061	S16°35'04.76732 "	W68°12'20.88679"	3988.225	0.9990642193
15	<b>AV-15</b>	584472.023	8166028.260	3940.307	S16°35'11.15853 "	W68°12'29.33991"	3985.484	0.9990641228
16	<b>AV-16</b>	584261.498	8165799.124	3936.462	S16°35'18.64174 "	W68°12'36.41353"	3981.650	0.9990642839
17	<b>AV-17</b>	584031.161	8165587.441	3933.238	S16°35'25.55949 "	W68°12'44.15818"	3978.437	0.9990643076
18	<b>AV-18</b>	583820.611	8165386.447	3929.604	S16°35'32.12681 "	W68°12'51.23665"	3974.813	0.9990644381
19	<b>CIN-2</b>	583722.871	8165336.470	3928.762	S16°35'33.76554 "	W68°12'54.52836"	3973.977	0.9990643666
20	<b>AV-19</b>	583633.833	8165261.822	3927.650	S16°35'36.20596 "	W68°12'57.52317"	3972.869	0.9990643559
21	<b>AV-20</b>	583565.067	8165157.637	3925.966	S16°35'39.60494 "	W68°12'59.83000"	3971.188	0.9990644768

*Fuente: Elaboración propia.*

### 3.1.4.3. Nivelación Geométrica de la Red.

La observación con GPS geodésico proporciona dos tipos de altura la ortométrica y las elipsoidales. La altura elipsoidal está calculada a partir de una superficie matemática llamada elipsoide mientras que las alturas ortométricas están calculadas a partir de una superficie llamada Geoide. La diferencia de estas alturas no es constante ya que varía gradualmente de punto a otro punto este cambio se le llama ondulación del geoide, por lo que se vio la necesidad de implantar una nivelación geométrica de precisión por los puntos GPS y paralelamente se implementó una red de nivelación implementando mojones de hormigón cada 400 mts. , aproximadamente los cuales son denominados BM (Bancos de Nivel), a su vez estos BMs y Puntos GPS, deben estar ligados a la red de nivelación establecida por el IGM. Para lo cual se ubicó un punto cercano al inicio de nuestro proyecto (IGM CIN-2).

### 3.1.4.3.1. Enlace a BM (IGM. CIN-2).

Con el fin de que los puntos GPS de la red estén referidos a una cota geométrica de precisión y como no existe otro BM cercano al inicio de proyecto se decidió utilizar el BM IGM CIN-2, que se encuentra al frente del Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología Nuclear (CIDTN) ubicado en la zona de Parcopata, Distrito 8 de la urbe alteña, esta empotrado al lado derecho de la línea férrea.

**TABLA 3. 2 Planilla de coordenadas de la poligonal base.**

CARACTERÍSTICAS PUNTO IGM CIN-2		
DATUM WGS-84		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS		
Latitud (g-m-s)	Longitud (g-m-s)	Altura Elipsoidal
S16°35'33.76554"	W68°12'54.52836"	3973.977
COORDENADAS UTM (WGS-84)		
Este (m)	Norte (m)	COTA (m.s.n.m.m)
583722.871	8165336.470	3928.762

*Fuente: Puntos del IGM comprados para referencia del proyecto,*

**FIGURA 3. 1 BM IGM (CIN-2).**

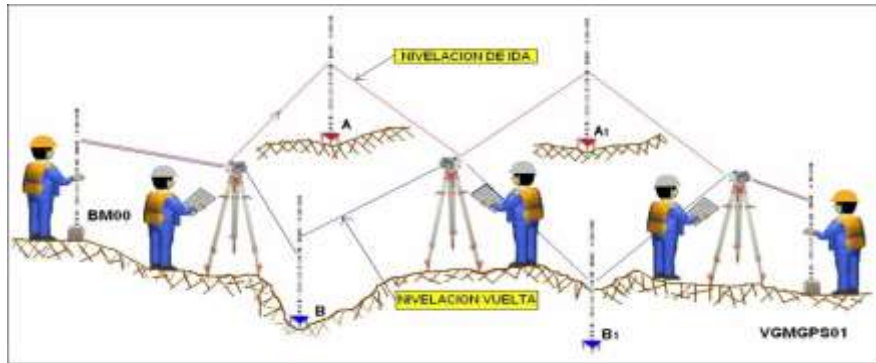


*Fuente: fotografía tomada en campo.*

### 3.1.4.3.2. Metodología de la medición.

La nivelación se realizó con nivel digital LEICA NA532 y empleando el método de ida y vuelta.

**FIGURA 3. 2 Método de nivelación ida y vuelta NIVEL LEICA NA532.**



Fuente: <https://www.monografias.com/trabajos107/levantamiento-topografico-representacion-detalles-y-curvas-nivel/levantamiento>.

La nivelación se inició del punto IGM CIN-2, a partir del cual se fue nivelando los puntos de poligonal Base (PB) y verificando los errores en los bancos de nivel. La precisión de la nivelación de los puntos GPS y Bancos de Nivel no debe ser mayores a: **(10 mm.  $\sqrt{k}$  donde: k = La distancia entre los puntos nivelados)**. Para lograr las precisiones deseadas se utilizó el nivel LEICA NA532,

**FIGURA 3. 3 Realizando las lecturas con el NIVEL LEICA NA532**



Fuente: fotografía tomada en obra.

### 3.1.4.3.3. Personal y equipos utilizados.

El personal, equipos y materiales son los siguientes:

Jose Luis Mayta Nivelador

Rodrigo Choquehuanca Alarife

Nivel: **LEICA NA532**

Otros Equipos: Trípode, Mira, Sapitos y otros.

**FIGURA 3. 4. Equipo básico para nivelación**



Fuente: <https://geotop.com.pe/niveles>

**FIGURA 3. 5 Especificaciones técnicas NIVEL LEICA NA532**



Fuente: <https://geotop.com.pe/niveles>.



### 3.1.5. Trabajo de Gabinete.

Para el proceso de datos crudos obtenido en campo por medio de la nivelación se procedió de la siguiente manera.

Una vez transcritos los datos en un formato Excel en el cual mediante macros y otras funciones se procede al cálculo de la misma obteniendo las cotas geométricas de los puntos GPS, BMs y otros.

#### 3.1.5.1. Procesamiento de datos de nivelación.

Para el proceso de datos crudos obtenido en campo por medio de la nivelación se procedió de la siguiente manera.

Una vez transcritos los datos en un formato Excel en el cual mediante macros y otras funciones se procede al cálculo de la misma obteniendo las cotas geométricas de los puntos GPS, BMs y otros.

**TABLA 3. 3 Planilla de cálculo nivelación.**

#### NIVELACION DE PUNTOS GPS Y BMS

PUNTO VISADO	COTA PUNTO	LECTURAS IDA		DESNIVEL IDA	LECTURAS VUELTA		DESNIVEL VUELTA	ERROR IDA Y VUELTA	PROMEDIO DESNIVEL
		ATRÁS	ADELAN.		ATRÁS	ADELAN.			
AV-1	3974.897	1.088	0.684		0.843	1.245			
AV-2	3975.299	1.088	0.684	0.402	0.843	1.245	-0.402	0.000	0.402
AV-2	3975.299	0.537	1.664		1.889	1.261			
X		1.272	1.718		0.691	1.404			
X		1.130	1.540		1.995	1.514			
X		1.279	1.798		1.776	1.122			
X		1.207	0.787		1.710	1.238			
X		1.357	1.889		1.629	0.537			
AV-3	3972.685	6.782	9.396	-2.614	9.690	7.076	2.614	0.000	-2.614
AV-3	3972.685	1.381	1.670		1.493	1.265			
X		1.304	1.716		2.063	1.194			
X		1.293	1.665		1.482	1.157			
X		1.299	1.462		1.522	1.179			
X		1.174	2.075		1.601	1.222			
X		1.278	1.493		1.587	1.381			
AV-4	3970.334	7.729	10.081	-2.352	9.748	7.398	2.350	-0.002	-2.351
AV-4	3970.334	1.000	1.182		1.452	1.000			
X		1.265	1.931		1.856	1.535			
X		1.223	1.801		1.744	1.148			
X		1.178	1.740		1.730	1.120			
X		1.150	1.822		1.810	1.140			
X		1.133	1.655		1.655	1.121			

Fuente: Elaboración propia.

---

### 3.1.6. Levantamiento Topográfico.

El levantamiento de la faja de ancho 30 metros (KM0+000 al KM5+000), se inició partiendo de la poligonal base,

Los puntos de base se materializaron por mojonos de hormigón en cuya parte superior lleva un clavo de calamina que identifica el punto.

**FIGURA 3. 6 Levantamiento Topográfico**



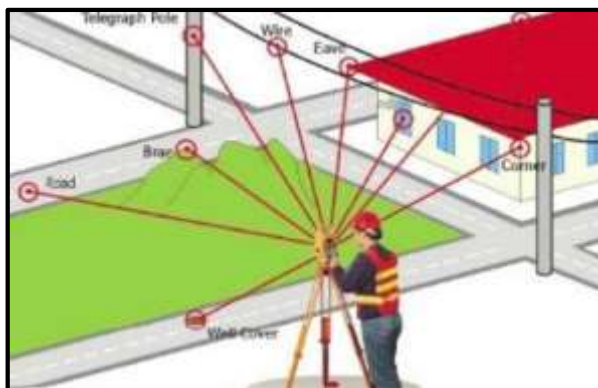
*Fuente: Fotografías tomadas durante el levantamiento topográfico.*

#### 3.1.6.1. Metodología de la Medición.

El levantamiento se realizó por el método de radiación con equipos electrónicos de medición, y se registraron en planillas electrónicas o colector de datos, los cuales colectan datos crudos con el formato PNT, (Numero de punto, Este, Norte, Altura y Descripción), la utilización de este sistema de medición y registro de datos garantiza la calidad y precisión en la obtención de datos.

En el levantamiento topográfico realizado, se tomaron en cuenta todos los accidentes topográficos sobresalientes en la faja de levantamiento, como ser: canales, paredes, asfalto, caminos, cunetas, quebradas, y en sectores donde sea necesario se densificaron los puntos de levantamiento, para obtener una mejor representación real del terreno en formatos digitales y planos.

**FIGURA 3. 7 Metodología de levantamiento (Radiación)**



Fuente: <https://www.monografias.com/trabajos107/levantamiento-topografico-representacion-detalles-y-curvas-nivel/levantamiento.shtml>.

Para la colección de datos se utilizó los colectores internos de las Estaciones Totales SOKKIA CX- 105, con extensiones \*.PNT, cuyos archivos posteriormente serán utilizados para el procesamiento de datos.

### 3.1.6.2. Personal y equipos Utilizados.

- Personal:

**TABLA 3. 4 Personal que participo del levantamiento topográfico**

NOMBRE	CARGO
Vania Mireya Suxo Fuentes	Inspector de Obra
Edwin Choquehuanca Huaranca	Topógrafo
Rodrigo Choquehuanca Huaranca	Alarife
Álvaro Choquehuanca Huaranca	Alarife
Félix Siñani Quellca	Alarife

Fuente: Elaboración Propia.

- Equipo
  - Estación total marca SOKKIA CX-105
  - Trípode. Jalones. Prismas y otros

FIGURA 3. 8 Certificado de calibración estación total SOKKIA CX-105.

 <b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN / VERIFICACIÓN</b>	
Informe de certificación No. <b>T2017005050</b> Otorgado a: <b>EDWIN CHOQUEHUANCA</b>	
Equipo : Estacion Total Marca : SOKKIA Modelo : CX-105 Numero de Serie : GS5320 Fecha de calibración : <b>11/05/2017</b> Proxima calibración : 11/05/2018 Tipo de Collimador : W550-8TD	
Colimador profesional para la calibración de Estaciones Totales. Niveles electrónicos, automáticos, plomadas cenitales nadrales. Número de Serie : 14-0884	
Certificado de calidad: Q/18675120022	Verificación de la calibración efectuada, mediante 4 anteojos enfocados al infinito en diferentes posiciones Hz y V según norma Internacional <b>ISO 17123-3</b>
<b>Especificaciones Técnicas del Fabricante</b> Precisión (Angulo) : 5" (Cinco Segundos) Precisión (Distancia IR) : 2mm+2ppm Precisión (Distancia LR) : 3mm+2ppm	<b>Condiciones ambientales</b> Temperatura del laboratorio : 11° C Presión : 665 hPa PPM : 94 ppm
<b>Procedimiento de calibración:</b> Se tomó como referencia las normas ISO 17123 "Optics and optical Instruments - Field procedures for testing geodetic and surveying instrument - Part 3: Theodolites; Part 4: Electro optical distance meters (EDM Instruments)".	
<b>Observaciones:</b> Los resultados del presente documento, son validos unicamente para el objeto calibrado y se refieren al momento y a las condiciones en que fueron ejecutadas las mediciones, al solicitante le corresponde definir la frecuencia de calibración en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.	
Resultados de las pruebas	
<b>a) Medición de Angulos</b> <b>Ensayo en el Angulo Horizontal:</b> Desviación Standard del ángulo horizontal entre 5 puntos observados en ambas posiciones ( Fase I - Fase II ) del anteojo con 3 series según ISO 17123-3. <div style="text-align: center; background-color: #e0e0e0; padding: 5px;"> <b>Desviación Estándar del Angulo Horizontal <math>s(Hz)</math> : 0,9 "</b> </div> <b>Ensayo en el Angulo Vertical:</b> Desviación Standard del ángulo vertical entre 4 puntos observado en ambas posiciones ( Fase I - Fase II ) del anteojo con 3 series según ISO 17123-3. <div style="text-align: center; background-color: #e0e0e0; padding: 5px;"> <b>Desviación Estándar del Angulo Vertical <math>s(V)</math> : 0,7 "</b> </div>	
<b>b) Medición de Distancias</b> <b>Ensayo IR ( Prisma ) :</b> Desviación Standard de la distancia entre 4 puntos observado en ambas posiciones del anteojo ISO 17123-4 <div style="text-align: center; background-color: #e0e0e0; padding: 5px;"> <b>Desviación Estándar Con Prisma IR <math>s(d1)</math> : 0,49 mm</b> </div> <b>Ensayo LR (Sin Prisma) :</b> Desviación Standard de la distancia entre 4 puntos observado en ambas posiciones del anteojo ISO 17123-4 <div style="text-align: center; background-color: #e0e0e0; padding: 5px;"> <b>Desviación Estándar Sin Prisma LR <math>s(d2)</math> : 1,12 mm</b> </div>	
Valorando los resultados de las pruebas de verificación realizadas, damos conformidad que el equipo CUMPLE con las normas de control de calidad y esta habilitado para realizar trabajos de Topografía, de acuerdo a las precisiones del fabricante.	
<b>Responsable laboratorio:</b>  Javier Mallea Balderrama Laboratorio Verificación/Calibración	No hay una recomendación general de cada cuando llevar su equipo a la verificación y calibración, depende de que tanto lo usen y sobretodo de cómo lo cuiden. Se recomienda mandar a taller si se sospecha de su funcionamiento, también si fue sometido a golpes que lo hayan podido descalibrar o dañar y también antes de empezar algún proyecto importante.
<b>Lugar de calibración:</b> Laboratorio de Calibración y Verificación - Geosoluciones Bolivia * Email : servicio tecnico@geosoluciones.com.bo Calle Campos No. 367 entre Av. 6 de Agosto y 20 de Octubre, Edificio Artemis Planta Baja, Of. 1-2-3 * Tel. 2430948	

Fuente: certificado proporcionado por el propietario del equipo usado.

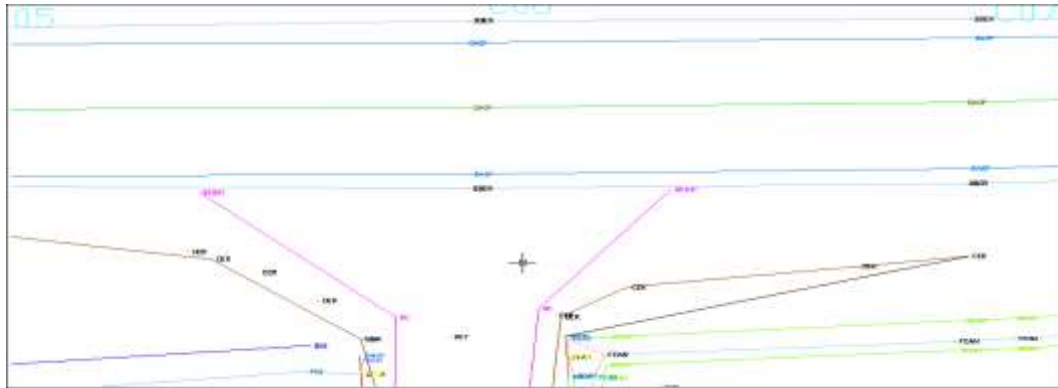
---

### 3.1.6.3. Planos y Resultados.

Para la materialización de los planos y resultados del proyecto en el arte de topografía se deben tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Para el dibujo de planos se utilizó el software (AutoCAD civil 3d)
- Para iniciar el dibujo de planos se debe contar con los archivos (\*.CSV), de todos los puntos levantados en campo
- Para empezar un proyecto se deben seguir cuidadosamente los pasos necesarios para la elaboración de planos. Los pasos a seguir se señalan a continuación.
- Crear proyecto nuevo con nombre referido al proyecto en un subdirectorio
- Configurar parámetros de unidades, medida, precisión de distancias, coordenadas, cota, áreas, Angulo y otros.
- Se coloca el formato de orientación de datos (en nuestro caso Norte)
- Se especifica la escala horizontal y vertical (ejemplo H: 1:1000 V: 1:100). Colocar la altura del texto a utilizar para la importación de puntos.
- Definir formato importación puntos (P,E,N,Z,D = Punto, Este, Norte, Cota, Descripción)
- Importar puntos a los diferentes layers utilizados en el dibujo.
- Los puntos aparecerán en pantalla de AutoCAD con su correspondiente descripción lo cual facilita la interpretación de la misma.
- Se inicia el dibujo uniendo los diferentes detalles como ser, paredes, borde asfalto, borde aceras pie aceras, borde camino, borde canal, pie canal, fondo canal, borde quebrada, fondo quebrada, pie quebrada, borde talud, pie talud, y otros, estos estarán en diferentes layers y colores con el fin de identificarlos rápidamente y apagar los que no sean necesarios a estas líneas se los denomina BREKLINES.

**FIGURA 3. 9 Archivo \*.dwg, Dibujo de breaklines por su descripción.**



*Fuente: Triangulación elaborado con puntos tomados en levantamiento*

Se realizaron los siguientes trabajos:

Se realizó el levantamiento de faja en un ancho de 30 metros tomando como eje de levantamiento el eje de la avenida existente, del levantamiento realizado se obtuvo los siguientes resultados:

- 4194, puntos de levantamiento de faja (Nube de Puntos)
- Se realizó la nivelación geométrica de la Poligonal BASE.
- Se realizó el procesamiento, depurado y dibujo de breaklines y el plano final obteniendo el modelo digital depurado listo para ser usado en el diseño de la vía.
- Planilla resumen cota Geométrica de la poligonal base Estos datos se encuentran en los Anexos

### **3.2. Estudio de Suelos. –**

#### **3.2.1. Exploración de campo y muestreo de suelos. –**

Las ubicaciones de las calicatas están distribuidas adecuadamente y ejecutados a lo largo de toda la vía, como se puede observar en la siguiente imagen:

**FIGURA 3. 10 Trazo de Avenida Arica en Google Earth.**



*Fuente: Elaboración Propia – imagen Google Earth.*

Las Ubicaciones de las calicatas fueron definidas de acuerdo a una inspección realizada a todo el largo del proyecto.

En la siguiente tabla se muestra la ubicación de pozos:

**TABLA 3. 5 Ubicación de las calicatas a lo largo de la vía.**

N° de Calicata	UBICACIÓN			DESCRIPCIÓN
	PROGRESIVA	LADO	PROFUNDIDAD (m)	
C-1	4+660	EJE	1,29	Nivel de la rasante
C-2	4+400	EJE	1,7	Nivel de la rasante
C-3	4+200	EJE	1,45	Nivel de la rasante
C-4	3+900	EJE	1,58	Nivel de la rasante
C-5	3+800	EJE	1,45	Nivel de la rasante
C-6	2+580	EJE	1,6	Nivel de la rasante
C-7	2+300	EJE	1,35	Nivel de la rasante
C-8	1+900	EJE	1,4	Nivel de la rasante
C-9	1+700	EJE	1,5	Nivel de la rasante
C-10	1+400	EJE	1,4	Nivel de la rasante
C-11	1+000	EJE	1,3	Nivel de la rasante

*Fuente: Elaboración propia*

---

Se extrajeron muestras de suelo que fueron llevadas a laboratorio para la realización de ensayos.

**FIGURA 3. 11 Extracción de muestras de Suelo (calicata 4).**



*Fuente: Elaboración Propia.*

Los ensayos fueron realizados por el personal del *Laboratorio de Suelos y Materiales de la EBC* conjuntamente con la postulante y el trabajo de gabinete fue realizado por la postulante.

**FIGURA 3. 12 Extracción de muestras de Suelo (calicata 8).**



*Fuente: Elaboración Propia.*



---

### 3.2.2. Ensayos de Laboratorio.

Todas las muestras obtenidas fueron sometidas a ensayos de clasificación y determinación de la humedad natural de acuerdo a los procedimientos estándares; posteriormente y en función de los resultados obtenidos, algunas muestras fueron sometidas a ensayos de compactación y determinación de su capacidad soporte. Los procedimientos empleados durante los ensayos corresponden a las siguientes designaciones:

**TABLA 3. 6 Lista de ensayos en suelos y su normativa.**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DESIGNACIÓN AASHTO</b>
Humedad Natural	T - 265
Material más fino que el tamiz N°200	T - 11
Análisis granulométrico por tamices de agregados grueso y fino	T - 27
Determinación del límite líquido	T - 89
Determinación del límite plástico e índice de plasticidad	T - 90
Ensayo de compactación de suelos (Proctor modificado)	T - 180
Relación Soporte de California (C.B.R.)	T - 193

*Fuente: Elaboración Propia en base a la AASHTO.*

La calidad de los suelos encontrados en el tramo no ameritó la ejecución de ensayos reservados a suelos difíciles.

### 3.2.3. Resultados.

Como se indicó anteriormente se realizaron 11 calicatas, con profundidades q difieren entre 1.3 a 1.6 metros. Paralelamente se ha agrupado los suelos según su clasificación, para posteriormente determinar las propiedades de resistencia a la penetración mediante el ensayo de Valor de Soporte de California (C.B.R.),

obteniéndose al mismo tiempo la humedad óptima y la densidad máxima de compactación según la norma AASHTO T – 180.

A continuación, se muestran el resumen de resultados según los ensayos descritos:

**TABLA 3. 7 Resumen de resultados de los ensayos de suelos.**

<b>Descripción</b>	<b>4+660</b>	<b>4+400</b>	<b>4+200</b>	<b>3+900</b>	<b>3+800</b>	<b>2+580</b>
Clasificación: AASTHO	A-2-6 (0)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)
Clasificación: ASTM D 2487	GP-GM					
LIMITE LIQUIDO	32,72	23,944	23,958	31,742	23,429	24,991
LIMITE PLASTICO	11,95	14,851	14,460	21,212	16,136	15,856
INDICE DE PLASTICIDAD	NP	9,09	9,50	10,53	7,29	9,14
HUMEDAD OPTIMA(%)	6,29	5,25	6,480	6,699	5,008	17,278
DENSIDAD MAXIMA(gr/cm3)	2,230	2,247	2,215	2,216	2,253	1,733
CBR 100%	23,211	53,989	18,878	49,163	50,170	45,573
CBR 95%	15,311	37,037	13,978	23,228	30,241	33,201

<b>Descripción</b>	<b>2+300</b>	<b>1+900</b>	<b>1+700</b>	<b>1+400</b>	<b>1+000</b>
Clasificación: AASTHO	A-2-4 (0)	A-2-6 (0)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-1-a (0)
Clasificación: ASTM D 2487		GP-GM	GP-GM	GP-GM	GP-GM
LIMITE LIQUIDO	24,890	23,380	25,664	23,541	18,885
LIMITE PLASTICO	17,772	14,071	19,396	13,759	18,645
INDICE DE PLASTICIDAD	7,12	NP	NP	NP	NP
HUMEDAD OPTIMA(%)	6,276	5,817	6,133	5,782	4,943
DENSIDAD MAXIMA(gr/cm3)	2,195	2,239	2,209	2,210	2,237
CBR 100%	7,151	34,662	78,675	79,744	57,005
CBR 95%	4,006	24,718	40,562	51,783	13,406

*Fuente: Elaboración Propia.*

---

Nota: El informe completo de los ensayos realizados en el *Laboratorio de Suelos y Materiales* de la Empresa Estratégica Boliviana de Construcción y Conservación de Infraestructura Civil. (E.B.C.), se encuentran en el anexo.

### **3.3. Estudio de Tráfico. -**

#### **3.3.1. Generalidades**

Los estudios de Tráfico comprenden tareas de recolección de información existente y trabajos de campo mediante: Aforos Volumétricos, Encuestas Origen – Destino y Velocidades.

Para efectuar una planificación y planeamiento correctos es necesario conocer las principales características del tráfico que, junto con diversas herramientas de cálculo asociadas a ellas, permitan entender su comportamiento y prever sus efectos, para así poder dimensionar convenientemente la infraestructura de una vía.

Los estudios de tráfico y análisis de la demanda son la base para llevar a cabo las actividades de pronóstico, planteamiento, mejora, dimensionamiento y definición geométrica.

#### **3.3.2. Objetivos**

##### **3.3.2.1. Objetivo General.**

- Determinar el volumen de tráfico vehicular para la construcción de la Avenida Arica mediante un análisis de atracción de tráfico.

##### **3.3.2.2. Objetivos Específicos.**

- Determinar mediante criterios de la Ingeniería del Tráfico, los volúmenes representativos del tráfico vehicular y la composición, que circulan por las vías directamente involucradas con el proyecto.
- Determinar las proyecciones de volúmenes de tráfico.
- Determinar el nivel de servicio de la vía.

### 3.3.3. Características de la zona de influencia y la carretera actual.

La vinculación a la zona de proyecto es en el siguiente orden:

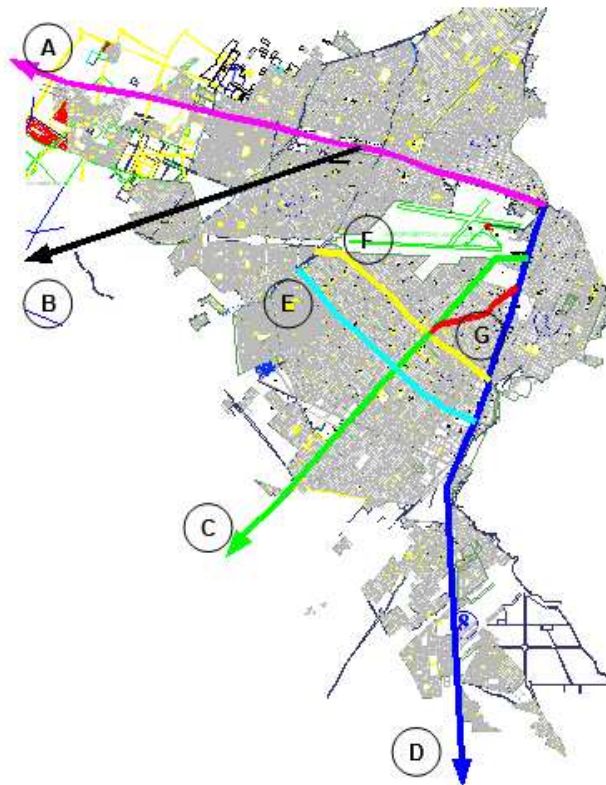
**TABLA 3. 8 Ingreso A La Zona De Proyecto.**

<b>CARRETERA</b>	<b>LONG. KM</b>	<b>TIPO DE CARPETA</b>	<b>CONDICIONES</b>
<i>Av. 6 Marzo</i>	8.5	<i>ASFALTO</i>	<i>BUENAS</i>
<i>Av. Bolivia</i>	4.5	<i>ASFALTO</i>	<i>BUENAS</i>
<i>Carretera Viacha</i>	20	<i>ASFALTO</i>	<i>BUENAS</i>
<i>Av. Tihuanacu</i>	2.10	<i>Pavimento rígido</i>	<i>BUENAS</i>

*Fuente: Elaboración propia.*

El ingreso a la zona de proyecto como se regencia en la tabla 3.6. Se caracteriza por tener vías ya consolidadas, de Avenida 6 de Marzo, Avenida Bolivia y Carretera Viacha, cuenta con pavimento flexible en condiciones relativamente buenas. Y la avenida Tiahuanaco con pavimento rígido y condiciones de transitabilidad adecuada.

**FIGURA 3. 13 Vías de acceso más importantes de la Ciudad de El Alto).**



*Fuente: Estudio de Vialidad realizada por el GAMEA*

---

Como se aprecia en el grafico anterior, las vías de acceso más importantes de la Ciudad de El Alto que están asfaltadas y/o con pavimento rígido, la cual integran un sistema de comunicación principal:

A: Avenida Juan Pablo II - Carretera Copacabana.

B: Carretera a Laja.

C: Carretera a Viacha.

D: Avenida 6 de marzo – Carretera a Oruro.

E: Avenida Litoral.

F: Avenida Bolivia.

G: Avenida Tihuanacu.

Estas vías mencionadas por ser las venas de articulación vial más importante de la ciudad de El Alto y colindantes al sector del proyecto, son las que comunican a diferentes urbanizaciones del Distrito 2, 8 y 10.

### **3.3.4. Estudio de Trafico Actual.**

Teniendo en cuenta que el presente proyecto forma parte de un gran conjunto de mejoramientos que se realizaran a la red vial de la ciudad de El Alto, se optó por realizar el estudio de tráfico en diversas zonas representativas de toda la urbe, con el fin de tener valores realmente representativos de la actualidad y las tendencias de crecimiento del tráfico en toda la superficie de la ciudad.

De esta manera la primera tarea que se realizo fue, como se indicó anteriormente, el aforo del tráfico en campo, a partir de esto se tabularon los datos y fue posible con esta información, la obtención del tráfico promedio diario para cada tipo de vehículos.

En el sector del proyecto se cuenta con los siguientes sindicatos de transportes:

- Sindicato de transporte Pedro Domingo Murillo (Micro Buses).
- Sindicato de transporte Corazón de Jesús (mini buses)
- Sindicato de transporte Virgen del Carmen (mini buses)
- Sindicato de transporte 18 de mayo (mini buses)
- Sindicato de transporte Virgen de Copacabana (taxis).

Debido a que las zonas que conforman el entorno a la Avenida Arica son pobladas, la circulación de transporte público y privado es continuo, en su mayoría como lo muestra el siguiente cuadro de mini buses que tiene recorridos dentro de la ciudad de El Alto y también hacia la ciudad de La Paz, además hay un flujo vehicular por las avenidas principales que les rodea como la Avenida Tiahuanaco, Carretera a Viacha y Avenida Bolivia, por lo que se puede observar que es una importante vía de Comunicación.

**TABLA 3. 9 Circulación de Transporte Publico colindantes a la Avenida Arica .**

TIPO	NUMERO	RECORRIDO			
		DESDE		HASTA	
MINI BUS	255	FINAL AUTOPISTA	EL ALTO	EX TRANKA SENKATA	EL ALTO
MINI BUS	220	AV. NN.UU	LA PAZ	VENTILLA	EL ALTO
MINI BUS	244	FINAL AUTOPISTA	EL ALTO	LAS DELICIAS	EL ALTO
MINI BUS	262	AV. NN.UU	LA PAZ	CRUCE VENTILLA	EL ALTO
MINI BUS	298	AV. NN.UU	LA PAZ	SENKATA	EL ALTO
MINI BUS	614	VILLA ESPERANZA	EL ALTO	SENKATA	EL ALTO

Fuente: Elaboración Propia

### 3.3.5. Evolución del tráfico en el departamento de La Paz.

Una parte fundamental del estudio de tráfico consiste en la estimación de volúmenes futuros, para esto se debe analizar las tendencias y tasas de crecimiento que se adoptaran.

Se analizarán las “Estadísticas del Parque Automotor 2003 – 2016” información disponible por el Instituto Nacional de Estadística INE para el departamento de La Paz.

**TABLA 3. 10 Parque automotor Departamento de La Paz.**

Cuadro N° 2.2  
**LA PAZ: PARQUE AUTOMOTOR, SEGÚN TIPO DE SERVICIO Y CLASE DE VEHÍCULO, 2003 - 2016**  
 (Número de vehículo)

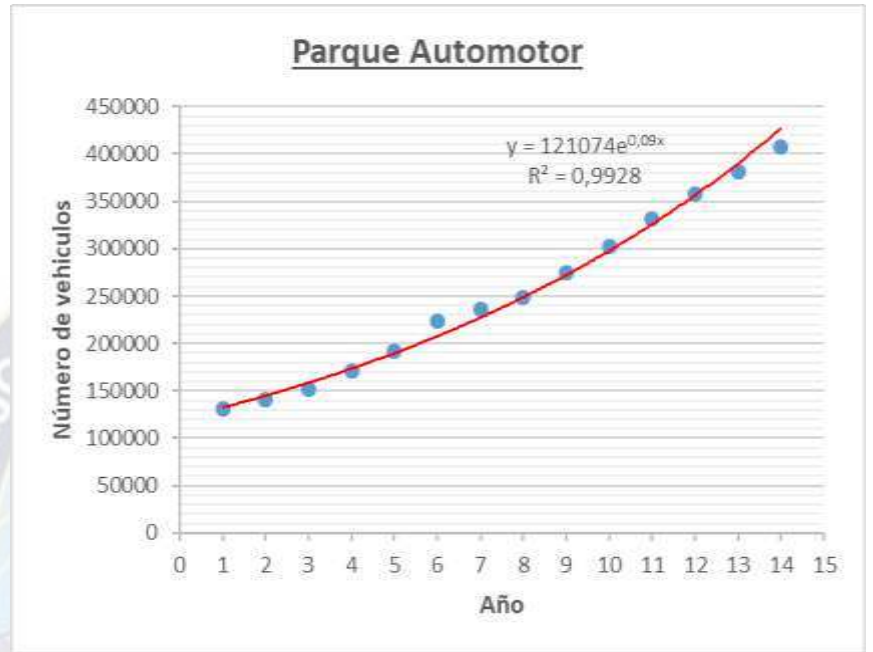
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>La Paz</b>	<b>130.878</b>	<b>141.393</b>	<b>152.140</b>	<b>170.836</b>	<b>191.384</b>	<b>224.252</b>	<b>235.742</b>	<b>248.490</b>	<b>275.087</b>	<b>302.742</b>	<b>331.089</b>	<b>358.015</b>	<b>380.862</b>	<b>407.621</b>
<b>Público</b>	22.637	22.222	22.433	22.292	23.183	18.424	18.892	19.387	27.431	20.772	17.678	18.224	18.332	19.311
<b>Particular</b>	106.511	117.063	127.215	145.855	164.957	201.153	211.589	223.386	241.141	273.261	303.213	328.197	350.299	375.144
<b>Oficial</b>	1.730	2.108	2.492	2.689	3.244	4.675	5.261	5.717	6.515	8.709	10.198	11.594	12.231	13.166

Fuente: REGISTRO ÚNICO PARA LA ADMINISTRACIÓN TRIBUTARIA MUNICIPAL  
 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA

Fuente: Instituto Nacional de Estadística INE.

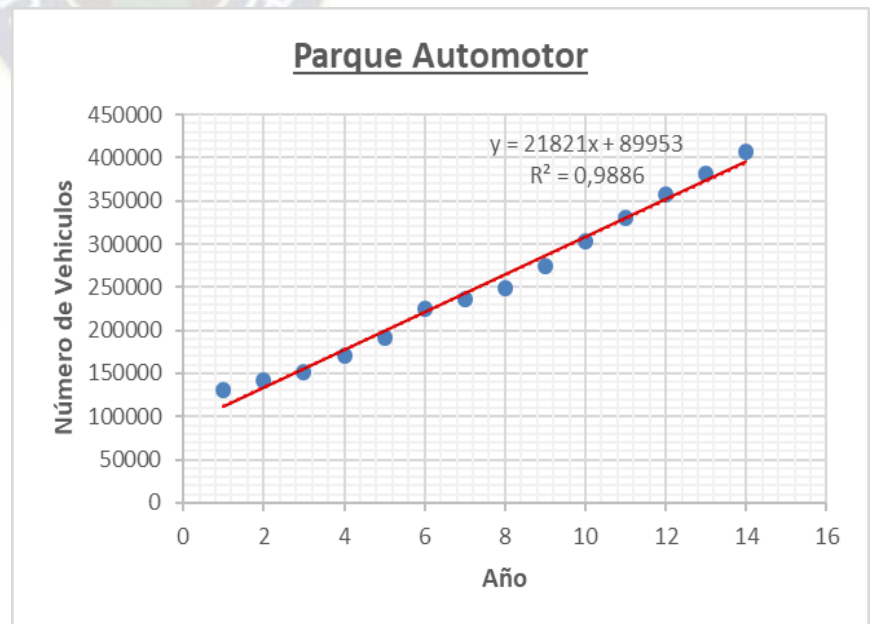
### 3.3.5.1. Ajuste de Curva: Función Exponencial.

Año	X	N° de Vehículos
2003	1	130878
2004	2	141393
2005	3	152140
2006	4	170836
2007	5	191384
2008	6	224252
2009	7	235742
2010	8	248490
2011	9	275087
2012	10	302742
2013	11	331089
2014	12	358015
2015	13	380862
2016	14	407621



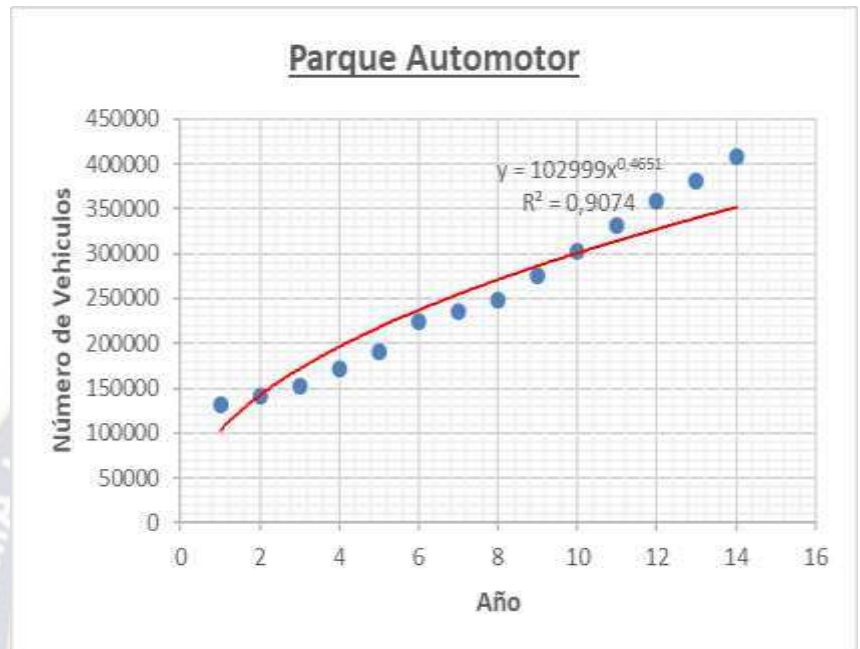
### 3.3.5.2. Ajuste de Curva: Función Lineal.

Año	X	N° de Vehículos
2003	1	130878
2004	2	141393
2005	3	152140
2006	4	170836
2007	5	191384
2008	6	224252
2009	7	235742
2010	8	248490
2011	9	275087
2012	10	302742
2013	11	331089
2014	12	358015
2015	13	380862
2016	14	407621



### 3.3.5.3. Ajuste de Curva: Función Potencial.

Año	X	N° de Vehículos
2003	1	130878
2004	2	141393
2005	3	152140
2006	4	170836
2007	5	191384
2008	6	224252
2009	7	235742
2010	8	248490
2011	9	275087
2012	10	302742
2013	11	331089
2014	12	358015
2015	13	380862
2016	14	407621



Realizando los ajustes de curvas se puede observar que el mejor ajuste de crecimiento del Parque Automotor del Departamento de La Paz resulta con la función exponencial de la forma  $y = a * e^{b+x}$  con  $R^2 = 0.9928$ , donde a y b son determinados mediante regresión lineal, y  $e = 2.71828$ , con esta función se debe determinar la tasa de crecimiento anual constante que corresponda con la ecuación de la forma:

$$TF = TA * (1 + i)^n$$

Donde:

$TF = \text{Tráfico Futuro.}$

$TA = \text{Tráfico Actual.}$

$i = \text{Tasa de crecimiento anual.}$

$n = \text{Número de años.}$



### 3.3.6. Determinación de tasas de crecimiento.

Para determinar la tasa de crecimiento del volumen del tráfico vehicular del proyecto se ha visto conveniente analizar las estadísticas disponibles por el INE del crecimiento Poblacional, Producto Interno Bruto (PIB), Evolución del parque automotor en la ciudad de El Alto y el Consumo de Combustible, debido a que esta tiene relación con cada uno de estos parámetros.

#### 3.3.6.1. Crecimiento de la población.

El crecimiento de la población está relacionado directamente con la generación de viajes por transporte de pasajeros o transporte individual, entonces la tasa de crecimiento poblacional guarda relación con la tasa de crecimiento de vehículos livianos.

**TABLA 3. 11 Proyección de Población según Departamento y Municipio.**

CUADRO Nº 3									
BOLIVIA: PROYECCIONES DE POBLACIÓN, SEGÚN DEPARTAMENTO Y MUNICIPIO, 2012-2020									
DEPARTAMENTO Y MUNICIPIO	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>BOLIVIA</b>	10.351.118	10.507.789	10.665.841	10.825.013	10.985.059	11.145.770	11.307.314	11.469.896	11.633.371
<b>CHUQUISACA</b>	596.470	601.267	606.132	611.068	616.073	621.148	626.318	631.608	637.013
<b>Oropeza</b>									
Sucre	266.843	270.319	273.843	277.374	280.932	284.536	288.122	291.819	295.476
Yotala	9.751	9.778	9.823	9.851	9.889	9.920	9.950	9.981	10.017
Poroma	17.881	18.011	18.139	18.271	18.403	18.534	18.670	18.804	18.947
<b>Azurduy</b>									
Azurduy	10.995	10.989	10.981	10.974	10.969	10.962	10.956	10.949	10.948
Tarvita	14.722	14.706	14.697	14.692	14.683	14.682	14.683	14.685	14.688
<b>Zudañez</b>									
Zudañez	11.669	11.764	11.855	11.952	12.046	12.145	12.247	12.351	12.467
<b>LA PAZ</b>	2.765.874	2.783.963	2.802.719	2.822.090	2.842.031	2.862.504	2.883.494	2.904.996	2.926.996
<b>Murillo</b>									
La Paz	779.728	782.327	785.605	789.541	794.014	798.968	804.268	809.964	816.044
Palca	16.959	17.031	17.115	17.204	17.294	17.393	17.497	17.598	17.707
Mecapaca	16.324	16.619	16.932	17.251	17.587	17.925	18.280	18.643	19.014
Achocalla	22.594	22.625	22.657	22.690	22.715	22.750	22.785	22.837	22.883
El Alto	860.062	870.576	881.027	891.434	901.823	912.206	922.598	933.053	943.558
<b>Omasuyos</b>									
Achacachi	47.038	47.008	47.003	47.009	47.029	47.065	47.098	47.143	47.186
Ancoraimes	13.463	13.361	13.273	13.191	13.116	13.049	12.980	12.923	12.864
Chua Cocani	5.147	5.053	4.964	4.878	4.788	4.709	4.630	4.553	4.475

Fuente: INE (Proyección poblacional).

De acuerdo a la forma exponencial se tiene:

$$Población_{2020} = Población_{2012} * (1 + i)^n$$

$$n = 2020 - 2012 = 8$$

$$943 = 860 * (1 + \frac{i}{100})^8$$


$$i = 1,16\%$$

$$Tasa\ de\ crecimiento\ anual = 1,16\%$$

### 3.3.6.2. Producto Interno Bruto.

Este parámetro está relacionado con la producción y tienen relación con el transporte de carga, lo cual hace suponer que su crecimiento anual guarda relación con el crecimiento de la cantidad de vehículos pesados.

**TABLA 3. 12 Producto Interno Bruto (2003 – 2016).**



**ine**  
Instituto Nacional de Estadística

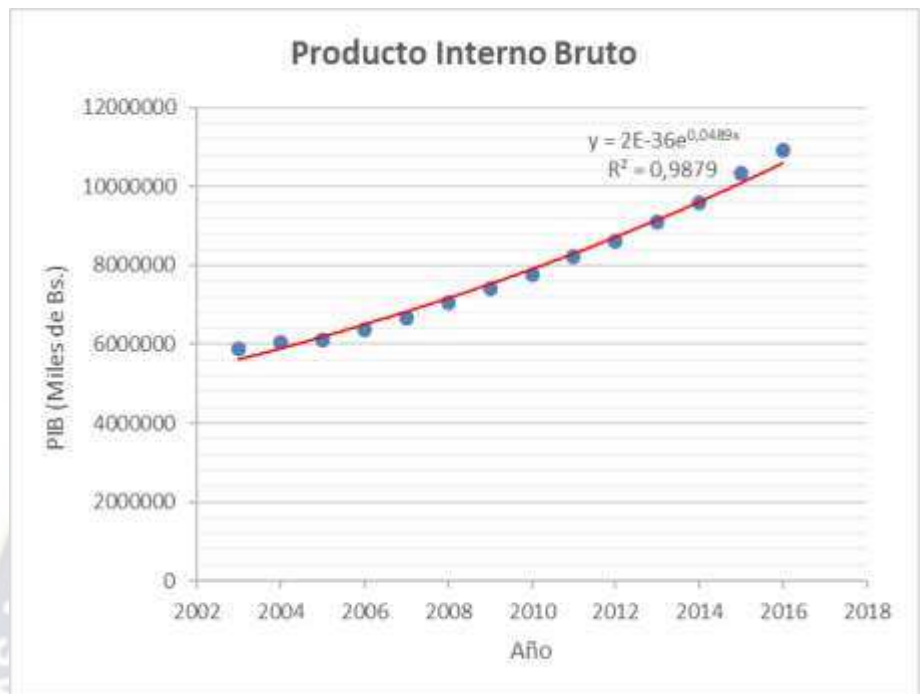
**Cuadro N° 10.01.01**  
**BOLIVIA: PRODUCTO INTERNO BRUTO, SEGÚN DEPARTAMENTO, 2003 - 2016**  
(En miles de bolivianos de 1990)

DEPARTAMENTO	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>BOLIVIA</b>	23929416,90	24928062,20	26030239,79	27278912,67	28524027,12	302277826,90	31294252,95	32585679,79	34281468,67	36037460,03	38486569,86	40588155,83	42559598,55	44374306,00
CHUQUISACA	1194412,37	1244108,57	1256242,65	1329054,31	1352752,12	1442740,35	1479716,93	1555347,26	1619555,31	1755212,92	1947760,82	2097880,32	2263320,25	2281107,49
<b>LA PAZ</b>	<b>5892776,96</b>	<b>6056316,31</b>	<b>6124302,24</b>	<b>6364791,98</b>	<b>6669426,20</b>	<b>7069768,41</b>	<b>7412587,61</b>	<b>7762015,44</b>	<b>8234767,80</b>	<b>8618357,87</b>	<b>9103059,18</b>	<b>9598106,85</b>	<b>10349994,94</b>	<b>10920586,11</b>
COCHABAMBA	4076686,08	4304779,84	4368231,26	4554820,94	4728633,73	4894899,02	5033604,85	5259480,61	5480010,67	5688338,79	5999745,09	6297089,62	6677950,71	7047605,36
ORURO	1312469,99	1248436,96	1301490,00	1368945,96	1413961,78	1675976,46	1772248,20	1818386,65	1888674,62	1853141,57	1935394,69	1985227,57	1985350,61	2011750,19
POTOSÍ	1254413,55	1288185,75	1323892,05	1378917,23	1556414,67	1933902,64	2088955,30	2075861,37	2167990,09	2014824,66	2127112,93	2220716,27	2307669,17	2480403,16
TARJA	1757397,54	2090785,07	2622349,82	2810368,78	3031026,05	3175800,06	3138287,74	3365167,63	3578004,00	3923071,19	4360631,73	4577695,53	4452617,19	4178691,44
SANTA CRUZ	7332557,53	7562318,01	7880419,01	8211314,99	8472250,95	8733963,92	8977105,83	9309918,92	9842909,99	10676838,18	11441115,01	12183975,85	12817860,16	13668739,98
BENI	886902,26	902008,55	912265,91	1006744,94	1015942,34	1051315,72	1090769,28	1126347,54	1148985,38	1179002,26	1233166,50	1272500,51	1339743,84	1411388,03
PANDO	221800,63	231123,13	241046,85	253953,54	283619,27	299460,34	300977,22	313154,36	320570,81	328672,59	338583,92	354963,32	365091,68	374034,25

Fuente: INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA

Fuente: Instituto Nacional de Estadística.

Año	PIB (Miles de Bs.)
2003	5892777
2004	6056316,3
2005	6124302,2
2006	6364792
2007	6669426,2
2008	7069768,4
2009	7412587,6
2010	7762015,4
2011	8234767,8
2012	8618357,9
2013	9103059,2
2014	9598106,8
2015	10349995
2016	10920586



De la regresión lineal se tiene:

$$PIB_{Futuro} = PIB_{Inicial} * e^{0,0489n} = PIB_{Inicial} * 1,0886^n = PIB_{Inicial} * (1 + i)^n$$

$$Tasa\ de\ Crecimiento\ anual = 8,86\%$$

### 3.3.6.3. Crecimiento del parque Automotor

Para el análisis del crecimiento del parque automotor se utilizarán los datos que se obtuvieron del Instituto Nacional de Estadística (INE).

**TABLA 3. 13 Crecimiento Parque Vehicular Ciudad de La Paz por tipo de vehículo. 2003-2016.**

CLASE DE VEHÍCULO	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Ambulancia <sup>(4)</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Automóvil	43.090	45.315	47.445	50.206	51.603	53.921	54.707	55.979	58.337	61.821	66.429	71.582	75.013	79.007
Bus <sup>(1)</sup>	2.403	2.460	2.524	2.613	2.696	2.729	2.822	2.974	3.042	3.148	3.315	3.556	3.637	3.793
Camión	13.140	13.831	14.307	15.431	16.894	18.462	19.417	20.378	21.870	23.208	24.482	25.973	27.025	28.746
Camioneta	13.635	14.390	14.873	15.827	16.821	18.376	19.410	20.816	23.153	25.673	28.515	31.710	34.469	37.373
Furgón	225	281	332	372	416	453	494	571	1.264	2.507	3.721	4.317	4.864	5.892
Jeep	8.860	9.248	9.767	10.524	11.083	11.991	12.118	12.185	12.660	13.045	13.466	14.012	14.327	14.689
Microbús	3.270	3.298	3.317	3.335	3.400	3.409	3.433	3.443	3.519	3.577	3.601	3.643	3.631	3.640
Minibús	14.581	16.852	18.079	21.100	25.626	32.050	34.280	37.534	40.308	44.405	48.974	51.853	55.424	60.560
Moto	2.460	2.901	3.184	3.695	4.134	4.726	5.668	7.062	10.283	15.688	21.287	26.638	31.853	36.900
Quadra Track	267	576	803	908	1.218	1.532	1.763	1.947	2.271	3.525	4.157	4.834	5.270	5.854
Torpedo	6	10	48	53	55	65	66	76	81	111	143	159	178	197
Tracto - Camión	165	220	341	580	790	1.254	1.778	2.176	2.662	3.353	4.192	4.853	5.155	5.417
Trimóvil - Camión	0	0	0	0	0	1	10	0	0	3	3	35	36	44
Vagoneta	28.776	32.011	37.120	46.192	56.648	75.283	79.776	83.349	95.637	102.678	108.804	114.848	119.978	125.507
<b>Total</b>	<b>130.878</b>	<b>141.393</b>	<b>152.140</b>	<b>170.836</b>	<b>191.384</b>	<b>224.252</b>	<b>235.742</b>	<b>248.490</b>	<b>275.087</b>	<b>302.742</b>	<b>331.089</b>	<b>358.013</b>	<b>380.860</b>	<b>407.619</b>

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE).

A partir de estos datos se realizó una clasificación de automóviles y se calculó la tasa de crecimiento, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

**TABLA 3. 14 Resumen del crecimiento del parque automotor 2003-2016.**

	AÑO														Tasa de crecimiento promedio
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
<b>LIVIANOS</b>	111900	121584	131651	148877	167604	198397	208282	219519	243994	269453	295496	319953	341376	365979	8,67%
% DE CRECIMIENTO)		7,96%	7,65%	11,57%	11,17%	15,52%	4,75%	5,12%	10,03%	9,45%	8,81%	7,64%	6,28%	6,72%	
<b>MEDIANOS</b>	18813	19589	20148	21379	22990	24600	25672	26795	28431	29933	31398	33172	34293	36179	4,90%
% DE CRECIMIENTO)		3,96%	2,77%	5,76%	7,01%	6,54%	4,18%	4,19%	5,75%	5,02%	4,67%	5,35%	3,27%	5,21%	
<b>PESADOS</b>	165	220	341	580	790	1255	1788	2176	2662	3356	4195	4888	5191	5461	22,84%
% DE CRECIMIENTO)		25,00%	35,48%	41,21%	26,58%	37,05%	29,81%	17,83%	18,26%	20,68%	20,00%	14,18%	5,84%	4,94%	
<b>Total</b>	<b>292.706</b>	<b>317.031</b>	<b>343.794</b>	<b>390.503</b>	<b>442.268</b>	<b>527.115</b>	<b>555.123</b>	<b>584.591</b>	<b>650.565</b>	<b>713.641</b>	<b>777.333</b>	<b>837.935</b>	<b>889.082</b>	<b>948.419</b>	8,59%
% DE CRECIMIENTO)		7,67%	7,78%	11,96%	11,70%	16,10%	5,05%	5,04%	10,14%	8,84%	8,19%	7,23%	5,75%	6,26%	

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE).

$$\text{Automóviles}_{2016} = \text{Automóviles}_{2003} * (1 + i)^n$$

$$n = 2016 - 2003 = 13$$

$$948419 = 292706 * \left(1 + \frac{i}{100}\right)^{13}$$

$$i = 9,46\%$$

$$\text{Tasa de crecimiento anual} = 9,46\%$$

### 3.3.6.4. Consumo de Combustible.

Al año 2018 la gasolina fue el combustible más utilizado por el parque automotor en Bolivia, debido a que el 82,9% de los vehículos que circulan en el país utilizaron este combustible, el segundo producto más utilizado fue el diésel con el 13,5% y Finalmente el gas natural vehicular con el 3,6%.

**TABLA 3. 15 Volumen de ventas de refinados entre 2003 – 2018.**

**BOLIVIA: VOLUMEN DE VENTAS DE REFINADOS AL MERCADO INTERNO POR PRODUCTO, 2003 - 2018**

(En barriles)

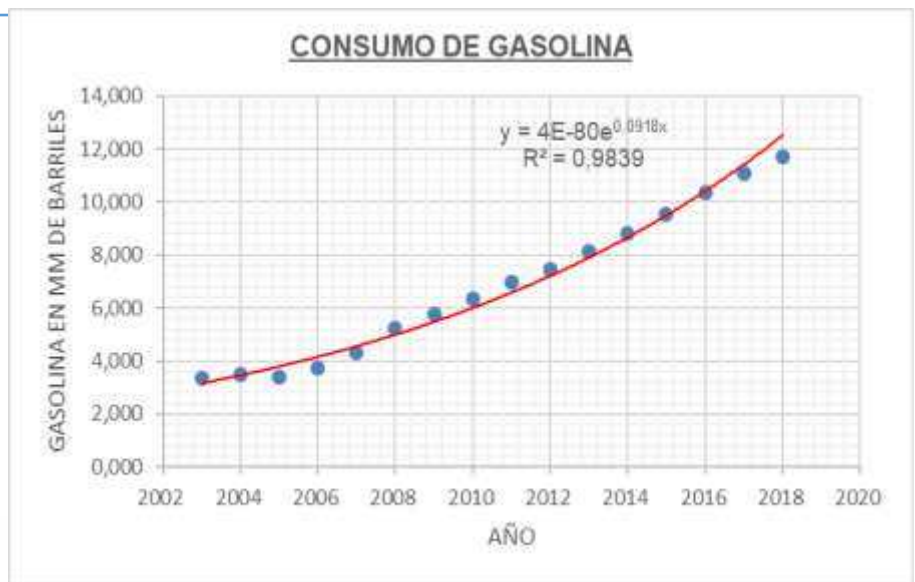
PERIODO	GASOLINA AUTOMOTOR	GASOLINA AVIACION	GAS LICUADO	KEROSENE	JET FUEL	DIESEL OIL
2003	3.351.959	21.544	3.546.016	122.411	933.657	5.574.868
2004	3.492.545	23.395	3.807.368	112.771	938.901	6.199.116
2005	3.420.634	23.447	3.967.488	96.598	1.048.152	6.623.898
2006	3.748.953	26.107	4.136.950	91.573	1.049.228	7.280.394
2007	3.130.132	21.465	3.170.389	54.541	706.657	5.569.129
2008	1.185.537	9.864	1.056.661	14.969	228.245	1.831.294
2009	5.762.931	34.921	4.261.895	40.333	1.045.706	7.948.001
2010	6.365.733	32.449	4.343.144	45.841	1.051.562	8.350.942
2011	6.955.914	13.760	4.503.393	49.994	1.182.175	9.109.214
2012	7.476.810	8.677	4.530.874	47.479	1.052.081	9.835.619
2013	8.139.692	6.323	4.604.901	42.893	1.300.549	10.669.648
2014	8.834.372	5.344	4.758.234	46.471	1.412.477	11.361.155
2015	9.524.584	11.202	4.844.776	46.638	1.374.636	11.274.915
2016	10.380.598	29.923	4.947.420	42.971	1.410.317	11.384.654
2017	11.074.563	38.665	5.044.853	36.703	1.408.299	12.047.126
2018	11.696.105	41.260	5.212.406	38.102	1.334.126	12.474.346

Fuente : INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE).

El crecimiento del consumo de gasolina está relacionado con el crecimiento de los vehículos livianos por el tipo de combustible que usan estos.

CONSUMO DE GASOLINA	
PERIODO	MM BARRILES
2003	3,352
2004	3,493
2005	3,421
2006	3,749
2007	4,320
2008	5,216
2009	5,763
2010	6,366
2011	6,956
2012	7,477
2013	8,140
2014	8,834
2015	9,525
2016	10,381
2017	11,075
2018	11,696



De la regresión lineal se tiene el consumo de la gasolina automotor:

$$Gasolina_{2018} = Gasolina_{2003} * e^{0.0918*n}$$

$$Gasolina_{2018} = Gasolina_{2003} * 1,0961^n$$

$$Tasa\ de\ crecimiento\ anual = 9,61\%$$

El crecimiento del consumo del diésel está relacionado con el crecimiento de los vehículos pesados por el tipo de combustible que usan estos.

CONSUMO DE DIESEL	
PERIODO	MM BARRILES
2003	5,575
2004	6,199
2005	6,624
2006	7,280
2007	7,569
2008	7,831
2009	7,948
2010	8,351
2011	9,109
2012	9,836
2013	10,670
2014	11,361
2015	11,275
2016	11,385
2017	12,047
2018	12,474



De la regresión lineal se tiene el consumo del diésel automotor:

$$Diesel_{2018} = Diesel_{2003} * e^{0,0525*n}$$

$$Gasolina_{2018} = Gasolina_{2003} * 1,0539^n$$

$$Tasa\ de\ crecimiento\ anual = 5,39\%$$

### 3.3.7. Determinación y proyección del TPDA.

#### 3.3.7.1. Metodología.

la información del tráfico vehicular fue obtenida en las vías que tienen una influencia directa con el proyecto, permitiendo conocer los volúmenes de tráfico vehicular y su distribución por sentidos. La metodología se divide en tres etapas:

---

### 3.3.7.1.1. Etapa de preparación.

En esta etapa se distinguen las siguientes actividades:

- Elaboración de las hojas para aforos vehiculares y estudio de velocidades.
- Planificación y determinación de los puntos de aforo necesarios para el estudio.

### 3.3.7.1.2. Trabajo de campo.

El trabajo de campo consiste en realizar los aforos vehiculares clasificados, generalmente el tipo de planilla a utilizar es en función al tipo de proyecto para el cual se realiza el aforo volumétrico, por lo tanto, no existe un formulario o planilla tipo del cual se pueda tomar una referencia.

El formulario de campo utilizado en el proyecto, toma una clasificación en función al tipo de vehículos que circulan por la vía, esto se vio mediante una observación previa realizada en la estación de control del cual se pudo obtener una referencia más confiable que clasifica a los vehículos en 11 tipos:

- ✓ Automóviles y trufis.
- ✓ Minibuses y camionetas.
- ✓ Otros livianos.
- ✓ Motocicletas.
- ✓ Micro Buses.
- ✓ Bus mediano.
- ✓ Bus grande.
- ✓ Camión pequeño.
- ✓ Camión mediano.
- ✓ Camión tándem.
- ✓ Camión con acople.



**FIGURA 3. 14 Planilla de campo para conteos vehiculares.**

PLANILLA DE CAMPO PARA CONTEOS VEHICULARES									
Nombre:		Estacion:			Fecha:				
Lugar:		Sentido:			Hora:				
N°	Vehiculo	0:00 - 0:15	0:15 - 0:30	0:30 - 0:45	0:45 - 1:00	0:00 - 0:15	0:15 - 0:30	0:30 - 0:45	0:45 - 1:00
1	AUTOMOVILES Y TRUFIS								
2	MINIBUSES Y CAMIONETAS								
3	OTROS LIVIANOS								
4	MOTOCICLETAS								
5	MICRO BUSES								
6	BUS MEDIANO								
7	BUS GRANDE								
8	CAMION PEQUEÑO								
9	CAMION MEDIANO								
10	CAMION TANDEM								
11	CAMION CON ACOUPLE								

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.3.7.1.3. Etapa de procesamiento.

Consiste en la revisión de las plantillas y la digitalización de los datos de aforos vehiculares realizados.

### 3.3.7.2. Selección de Estaciones de control.

La ubicación de las estaciones de control fue en la Avenida Arica, es decir, ubicar las mismas en los puntos de origen y fin de la vía actual, el cual se instauró en un punto medio del sector para obtener datos más fidedignos.

---

La ESTACION N°1 (E1) la cual fue ubicado en la intersección de la Av. Estructurante y Carretera la Paz – Oruro, en el cual se realizó el conteo de vehículos que circulan por la vía, durante 7 días en horarios de 8:00 a.m. a 6:00 p.m.

El proyecto como es más del tipo interno, es decir, tiene un fuerte impacto en el enlace de urbanizaciones del distrito 2,8 y 10 de la ciudad de El Alto, para el traslado y movilización de los habitantes y cualquier tipo de comercio.

### **3.3.7.3. Análisis de datos.**

Para el procesamiento de datos se realizará mediante la aplicación del método de la Federal Highway Administration (FHWA).

La Administración de Federal de Carreteras (Federal Highway Administration FHWA) de los Estados Unidos ha sugerido que aunque sea factible desarrollar una muestra estadística válida para los conteos de tráfico que sea independiente de su sistema de monitoreo desarrollado en las carreteras (Highway Performance Monitoring System HPMS), es más realista usar el diseño de muestra HPMS, esta muestra se define en una sección de la vía que abarca todos los carriles de viaje y los volúmenes de ambas direcciones.

Para el diseño de la muestra HPMS, los datos se estratifican tomando en cuenta las siguientes características para la ubicación y tipo de vía:

- **Tipo de área**

Rural, Urbana, áreas urbanizadas individuales o colectivas.

- **Clase funcional**

En áreas rurales carreteras interestatales, caminos troncales principales, caminos troncales menores, caminos colectores principales, caminos colectores secundarios.

En áreas urbanas incluye a las carreteras interestatales, viaductos o caminos de acceso controlado, troncales principales, troncales secundarias y colectores.

---

### 3.3.7.3.1. Factores de expansión.

Los factores de expansión, que se usan para ajustar los conteos periódicos, se determinan a partir de las estaciones de conteo continuo o de las estaciones de control.

Los factores de expansión horarios, FEH (Hourly Expansion Factors HEF) se calculan por la siguiente expresión:

$$FEH = \frac{\text{Volumen total para un periodo de 24 horas}}{\text{Volumen para una hora específica.}}$$

Los factores de expansión mensuales, FEM (Monthly Expansion Factors MEF) se calculan por la siguiente expresión:

$$FEM = \frac{\text{Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)}}{\text{Tráfico Promedio Diario (TPD) para un mes en específico}}$$

### 3.3.7.4. Procesamiento de Datos.

Para el proyecto se hizo un conteo general y se usó dos metodologías las son explicadas a continuación

- La primera será muy útil para las condiciones del tráfico sin proyecto, es decir el actual y sacar conclusiones iniciales y finales con todas las variantes exigidas y proyecciones.
- La segunda será utilizada con más amplitud para la situación con proyecto tomando en cuenta otros aspectos que mejoraran o perjudicaran como ser el tráfico atraído, generado, el comercio, las cargas a transportarse, etc.

A continuación, se muestra la tabla resumen de los datos de tráfico obtenidos al realizar los conteos durante toda una semana.

**FIGURA 3. 15 Aforos 10 horas Av. Arica.**

Hora	Componentes											TOTAL
	Automoviles y trufis	Minibuses y camionetas	Otros livianos	Motocicletas	Micro buses	Bus mediano	Bus grande	Camión pequeño	Camión mediano	Camión Tandem	Camión c/acople	
08:00-09:00	93	55	60	4	42	2	4	49	19	17	9	354
09:00-10:00	86	43	59	1	39	3	2	46	26	20	9	334
10:00-11:00	85	47	62	1	43	3	2	45	20	16	6	330
11:00-12:00	86	46	52	1	40	4	6	40	21	18	12	326
12:00-13:00	93	25	57	1	42	4	6	40	17	21	15	321
13:00-14:00	86	13	57	1	35	5	3	45	10	15	9	279
14:00-15:00	76	42	51	2	44	7	2	47	14	24	17	326
15:00-16:00	87	37	57	0	39	6	4	43	15	19	23	330
16:00-17:00	82	46	57	2	46	4	9	40	19	13	15	333
17:00-18:00	92	59	51	1	47	6	8	38	14	19	11	346
<b>TOTAL</b>	<b>866</b>	<b>413</b>	<b>563</b>	<b>14</b>	<b>417</b>	<b>44</b>	<b>46</b>	<b>433</b>	<b>175</b>	<b>182</b>	<b>126</b>	<b>3279</b>
<b>%</b>	<b>26,41%</b>	<b>12,60%</b>	<b>17,17%</b>	<b>0,43%</b>	<b>12,72%</b>	<b>1,34%</b>	<b>1,40%</b>	<b>13,21%</b>	<b>5,34%</b>	<b>5,55%</b>	<b>3,84%</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: Elaboración Propia.

---

Los factores de expansión horarios, FEH (hourly Expansion Factors HEF), para este caso serán correspondientes a 10 horas, y se muestran a continuación:

**TABLA 3. 16 Factores de expansión para 10 horas.**

Hora	FEH
08:00-09:00	10,74293785
09:00-10:00	11,38622754
10:00-11:00	11,52424242
11:00-12:00	11,66564417
12:00-13:00	11,84735202
13:00-14:00	13,63082437
14:00-15:00	11,66564417
15:00-16:00	11,52424242
16:00-17:00	11,42042042
17:00-18:00	10,99132948

*Fuente: Elaboración Propia.*

### **3.3.8. Situación sin Proyecto**

Para considerar la situación actual y futuras proyecciones de la vía sin ningún tipo de mejora se debe considerar una serie de factores que se detallan a continuación:

#### **3.3.8.1. Estado actual de la vía**

La vía en la actualidad tiene una longitud aproximadamente de 4 + 671 km, en este momento se encuentra la calzada de tierra, no contempla drenaje por lo que el escurrimiento es superficial. Por lo cual se consideraría poco transitable.

En el inicio del proyecto existe una parada de transporte de micros, el cual traslada a los pasajeros del sector hacia la Ceja el Alto, otro tipo de transporte utilizan la vía y los accesos de las avenidas principales para la comunicación con los diferentes lugares de la urbe alteña.

---

### 3.3.8.1.1. EL costo de transportes.

El costo de transporte tiene variaciones según el medio a usarse.

- Transporte microbuses y minibuses de la Ceja – Senkata y viceversa 1,50 Bs.
- Taxis con el mismo destino 5.00 Bs.
- En cuanto al transporte pesado utiliza la vía, para acotar distancias desde su origen a su destino, con carga llena y vacía.

### 3.3.8.1.2. El tiempo de Duración.

Los tiempos de duración son variados, de acuerdo a la utilización de las vías de circulación principal.

- Avenida Bolivia – Carretera Viacha – Ceja, 50 min.
- Ventilla – 6 de marzo – Ceja, 55 min.
- Avenida Arica – 6 de marzo – Ceja, 45 min.

Como se puede apreciar el ahorro de tiempo para trasladarse desde el lugar hasta la ceja, ese menor lo que genera un ahorro de tiempo al usuario.

### 3.3.8.2. Proyecciones de Trafico.

Se empleó los factores de expansión para obtener el Trafico Promedio Diario de 10 horas  $TPD_{10}$  y el factor de nocturnidad  $f_n = 1,16$  para obtener el Trafico Promedio Diario para 24 horas  $TPD_{24}$ , el factor de nocturnidad fue obtenido a partir de la base de datos del Gobierno Autónomo Municipal de El Alto en el estudio de Trafico construcción y pavimentación de la Avenida Estructurante.

A partir de los datos se obtuvo el Transito Promedio Diario, que es el volumen de tráfico promedio en 24 horas que resulta de dividir el volumen total del tráfico en un periodo establecido, por el número de días de este periodo.

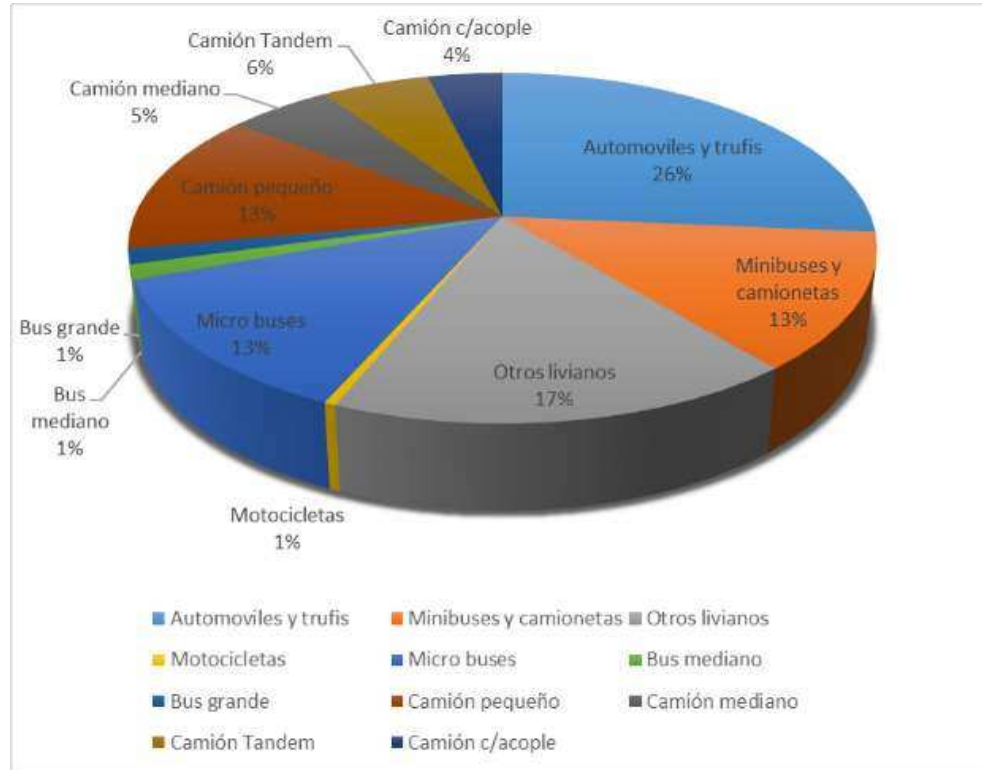
Para el caso de este proyecto, ya que el periodo total establecido de estudio fue de una semana, el dato puede denominarse Transito Promedio Diario Semanal.

**TABLA 3. 17 Tráfico Promedio Diario (TPD)– Avenida Arica.**

	LIVIANOS				MEDIANOS				PESADOS				
Hora	Componentes												
	Automóviles y trufis	Minibuses y camionetas	Otros livianos	Motocicletas	Micro buses	Bus mediano	Bus grande	Camión pequeño	Camión mediano	Camión Tandem	Camión c/acople	TOTAL	
08:00-18:00	866	413	563	14	417	44	46	433	175	182	126	3279	
18:00-08:00	139	66	90	2	67	7	7	69	28	29	20	524	
<b>TPD 24 Hrs.</b>	<b>1005</b>	<b>479</b>	<b>653</b>	<b>16</b>	<b>484</b>	<b>51</b>	<b>53</b>	<b>502</b>	<b>203</b>	<b>211</b>	<b>146</b>	<b>3803</b>	
Total	2153				1090				560				3803
<b>TPDA</b>	<b>215.6</b>				<b>109.2</b>				<b>56</b>				<b>380.8</b>
% DEL TOTAL	26.43%	12.60%	17.17%	0.42%	12.73%	1.34%	1.39%	13.20%	5.34%	5.55%	3.84%	100%	

*Fuente: Elaboración Propia.*

**FIGURA 3. 16 Tráfico Promedio Diario (TPD)– Avenida Arica.**



Fuente: Elaboración Propia.

Teniendo los datos de Tráfico Promedio Diarios actuales, el siguiente paso en determinar el volumen de tráfico que la vía soportara durante su vida útil y para hacer esto fue necesario realizar una proyección de tráfico a futuro.

Para la proyección se utilizó para el crecimiento del parque automotor la fórmula del crecimiento geométrico:

$$TPDA_f = TPDA_o * \left(1 + \frac{i}{100}\right)^n$$

$TPDA_f$  = Tráfico proyectado

$TPDA_o$  = Tráfico correspondiente al año base.

$i$  = Índice de crecimiento del tráfico.

$t$  = Número de años.

Como el proyecto se encuentra en la ciudad de El Alto, para tomar una tasa de crecimiento se utilizó Estadísticas del Incremento Automotor del Departamento de La Paz:



**TABLA 3. 18 Tasa de Crecimiento en el departamento de La Paz.**

TIPO	AÑO														Tasa de crecimiento promedio
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
LIVIANOS	111900	121584	131651	148877	167604	198397	208282	219519	243994	269453	295496	319953	341376	365979	8,67%
(% DE CRECIMIENTO)		7,96%	7,65%	11,57%	11,17%	15,52%	4,75%	5,12%	10,03%	9,45%	8,81%	7,64%	6,28%	6,72%	
MEDIANOS	18813	19589	20148	21379	22990	24600	25672	26795	28431	29933	31398	33172	34293	36179	4,90%
(% DE CRECIMIENTO)		3,96%	2,77%	5,76%	7,01%	6,54%	4,18%	4,19%	5,75%	5,02%	4,67%	5,35%	3,27%	5,21%	
PESADOS	165	220	341	580	790	1255	1788	2176	2662	3356	4195	4888	5191	5461	22,84%
(% DE CRECIMIENTO)		25,00%	35,48%	41,21%	26,58%	37,05%	29,81%	17,83%	18,26%	20,68%	20,00%	14,18%	5,84%	4,94%	
Total	292706	317031,1	343794,1	390503,2	442268,2	527115,2	555123,1	584591,1	650565,2	713641,1	777333,1	837935,1	889082,1	948419,1	8,59%
(% DE CRECIMIENTO)		7,67%	7,78%	11,96%	11,70%	16,10%	5,05%	5,04%	10,14%	8,84%	8,19%	7,23%	5,75%	6,26%	

*Fuente: Elaborado con Datos del Instituto Nacional de Estadística (INE).*

De acuerdo a la tabla anterior se utilizará la tasa de crecimiento promedio ( $i=%$ ): 8.67%, 4.90% y 22.84% para vehículos livianos, medianos y pesados, tomando como vida útil de 20 años, que se muestra en la siguiente tabla:

**TABLA 3. 19** Tráfico en los Próximos 20 años (Sin proyecto).

TRÁFICO EN LOS PRÓXIMOS 20 AÑOS					
AÑOS	Nº	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	TOTAL
2018	0	216	109	56	381
2019	1	234	115	69	418
2020	2	255	120	84	459
2021	3	277	126	104	507
2022	4	301	132	127	560
2023	5	327	139	157	623
2024	6	355	145	192	692
2025	7	386	153	236	775
2026	8	419	160	290	869
2027	9	456	168	357	981
2028	10	495	176	438	1109
2029	11	538	185	538	1261
2030	12	585	194	661	1440
2031	13	635	203	812	1650
2032	14	690	213	997	1900
2033	15	750	224	1225	2199
2034	16	815	235	1504	2554
2035	17	886	246	1848	2980
2036	18	963	258	2270	3491
2037	19	1046	271	2788	4105
2038	20	1137	284	3425	4846
2039	21	1235	298	4207	5740
2040	22	1342	313	5168	6823
<b>TOTAL</b>		14127	4358	27497	<b>45982</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.8.3. Trafico Atraído.

El tráfico atraído en la situación sin proyecto será nulo ya que los vehículos preferirán recorrer las carreteras alternativas actuales, aunque tengan mayores longitudes por la menor peligrosidad y comodidad no importando el costo adicional, o en último caso estos desisten de ir al sector del proyecto lo menos posible.

---

#### **3.3.8.4. Tráfico Generado.**

Al igual que el anterior no se generará tráfico debido a que el sector no tiene y no tendrá el incentivo para producir a un 100% de los diferentes productos del comercio en general para su compra o venta en la ubicación del proyecto.

#### **3.3.8.5. Conclusiones de la situación sin proyecto.**

Después de usar todas las variables para la proyección de tráfico en cual da un TPDA de 47741 Vehículos, el cual según el Servicio Nacional de Caminos llegaría a ser la última categoría y solo tendría que readecuarse la vía actual con ajustes al diseño geométrico, estudio del tratamiento de la capeta que conformara la vía.

#### **3.3.9. Situación con Proyecto.**

Para considerar la situación actual y futuras proyecciones de la vía se debe considerar una serie de factores que se detallan a continuación:

##### **3.3.9.1. Tráfico Atraído.**

Es aquel volumen de tráfico que, sin cambiar ni su origen ni su destino, pueden ocupar la futura vía terminada (ruta alterna), afluyendo a ellas a través de otras vías ya existentes, en este caso para la Avenida Arica existirá un volumen de tráfico atraído, que aparece dentro de un cierto periodo de tiempo como consecuencia de ser una vía más atractiva.

El crecimiento de este tipo de tráfico es muy variable y depende principalmente del tipo y extensión del mejoramiento, carácter de la ruta en el área y el uso de la tierra. Un desarrollo en un área que tiene dificultades para los medios de transporte, da origen a un aumento de tráfico.

En la determinación del volumen de este tipo de tráfico se puede variar máximo hasta un 10% del tráfico normal, según el Servicio Nacional de Caminos, teniendo en cuenta que la mayor parte se desarrolla durante el primero o dos primeros años después de realizada la mejora. Para el proyecto se utilizará un porcentaje de 5% del tráfico existente, tanto para vehículos livianos, medianos y pesados.

### 3.3.9.2. Tráfico Generado.

La materialización del Proyecto Vial, brindará al usuario confort, ahorro en: tiempo de viaje y costos de operación vehicular, lo cual constituirá un incentivo para el incremento del comercio en general en la zona de influencia del proyecto, este incremento es el que se denomina Tráfico Generado.

El tráfico generado emergente de la nueva ruta, está inmerso en el estudio de proyecciones y análisis socioeconómico, el cual llevan muchas variables de productos y comercialización de las mismas en el sector para la situación con proyecto. Para la determinación del volumen de este tipo de tráfico se puede variar entre el 5% y el 25% del tráfico existente, según El Servicio Nacional de Caminos, para el presente proyecto se utilizará en función a la ubicación y sitios de producción se empleará un porcentaje del 10% del tráfico existente. Tanto para vehículos livianos, medianos y pesados.

A continuación, se muestra en la tabla la determinación del tráfico atraído y generado.

**TABLA 3. 20 Determinación del Tráfico Promedio Inicial.**

TIPO DE TRANSITO	TRANSITO PROMEDIO DIARIO EXISTENTE	% DE TRANSITO ATRAIDO (ASUMIDO)	TRANSITO PROMEDIO DIARIO ATRAIDO	% DE TRANSITO GENERADO (ASUMIDO)	TRANSITO PROMEDIO DIARIO GENERADO	TRANSITO PROMEDIO DIARIO INICIAL
VEHICULOS LIVIANOS	216	5%	11	10%	22	247.94
VEHICULOS MEDIANOS	109	5%	5	10%	11	125.58
VEHICULOS PESADOS	56	5%	3	10%	6	64.40

*Fuente: Elaboración Propia.*

Para la Proyección se utilizará la tasa de crecimiento Promedio ( $i=$ ); 8.67%, 4,90% y 22.84% para vehículos livianos, medianos y pesados, tomando como vida útil de 20 años, que se muestran en la siguiente tabla:

**TABLA 3. 21 Tráfico en los Próximos 20 años (Con Proyecto).**

TRAFICO EN LOS PROXIMOS 20 AÑOS ( con proyecto)					
AÑOS	Nº	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	TOTAL
2018	0	248	126	64	438
2019	1	269	132	79	480
2020	2	293	138	97	528
2021	3	318	145	119	582
2022	4	346	152	147	645
2023	5	376	160	180	716
2024	6	408	167	221	796
2025	7	444	176	272	892
2026	8	482	184	334	1000
2027	9	524	193	410	1127
2028	10	569	203	504	1276
2029	11	619	213	619	1451
2030	12	672	223	760	1655
2031	13	731	234	933	1898
2032	14	794	245	1147	2186
2033	15	863	257	1408	2528
2034	16	937	270	1730	2937
2035	17	1019	283	2125	3427
2036	18	1107	297	2610	4014
2037	19	1203	312	3207	4722
2038	20	1307	327	3939	5573
2039	21	1420	343	4838	6601
2040	22	1544	360	5943	7847
<b>TOTAL</b>		<b>16245</b>	<b>5014</b>	<b>31622</b>	<b>52881</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

### 3.3.9.3. Conclusiones de la situación con proyecto

Después de usar todas las variables para la proyección de tráfico se saca las siguientes conclusiones de acuerdo a la reasignación de volúmenes de acuerdo al año requerido que para nuestro caso prevalecerá el inicio y fin de vida útil del mismo estas se observan en la siguiente tabla:

**TABLA 3. 22 Tráfico total (a partir del inicio de proyecto y vida útil).**

TRAFICO	AÑO 2018	AÑO 2040
TPDA	45982	52881

*Fuente: Elaboración Propia.*

---

Según el Servicio Nacional de Caminos llegaría a ser la última categoría y solo tendría que readecuarse la vía actual con ajustes al diseño geométrico, estudio del tratamiento de la carpeta que conformara la vía.

### **3.4. Diseño Geométrico.**

#### **3.4.1. Normativa Utilizada en el Diseño.**

Actualmente el país cuenta con norma para el diseño de carreteras de la Administración Boliviana de Carreteras ABC, pero no así con normas para el diseño de vías urbanas, solo se cuenta con un Manual de diseño de Calles para ciudades Bolivianas en el cual si bien se establecen las condiciones que debe tener una vía urbana no se cuenta con parámetros como distancias de velocidad de frenado, clasificación de vías urbanas, radios mínimos de diseño de vías, peraltes máximos, sobrecanchos de plataforma, pendientes de rasantes, curvas verticales, por lo que se tomará como referencia para el diseño de la **vía principal**: **a) El manual de diseño geométrico de vías urbanas (MDGVU) – 2005 – VCHI – Perú, b) Desing Of Highways and Streets – AASHTO, c) Ley Municipal Autónoma de uso de suelos urbanos LUSU – GAML P** ya que en estas Normativas se tienen establecidos los parámetros mencionados y para el diseño de las **intersecciones** y vías alternas: **e) el Manual de diseño de Calles para ciudades bolivianas.**

#### **3.4.2. Clasificación de la Vía.**

##### **3.4.2.1. Clasificación vehicular *Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas – 2005 – VCHI – Perú.***

Este manual Clasifica las vías urbanas por categorías de la siguiente manera:

- A. Vías expresas.
- B. Vías arteriales
- C. Vías colectoras.
- D. Vías locales.

**TABLA 3. 23 Clasificación de Vías.**

ATRIBUTOS Y RESTRICCIONES	VÍAS EXPRESAS	VÍAS ARTERIALES	VÍAS COLECTORAS	VÍAS LOCALES
<b>Velocidad de Diseño</b>	Entre 80 y 100 Km/hora Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del Reglamento Nacional de Tránsito (RNT) vigente.	Entre 50 y 80 Km/hora Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.	Entre 40 y 60 Km/hora Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.	Entre 30 y 40 Km/hora Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.
<b>Características del flujo</b>	Flujo ininterrumpido. Presencia mayoritaria de vehículos livianos. Cuando es permitido, también por vehículos pesados. No se permite la circulación de vehículos menores, bicicletas, ni circulación de peatones.	Debe minimizarse las interrupciones del tráfico. Los semáforos cercanos deberán sincronizarse para minimizar interferencias. Se permite el tránsito de diferentes tipos de vehículos, correspondiendo el flujo mayoritario a vehículos livianos. Las bicicletas están permitidas en ciclovías	Se permite el tránsito de diferentes tipos de vehículos y el flujo es interrumpido frecuentemente por intersecciones a nivel. En áreas comerciales e industriales se presentan porcentajes elevados de camiones. Se permite el tránsito de bicicletas recomendándose la implementación de ciclovías.	Está permitido el uso por vehículos livianos y el tránsito peatonal es irrestricto. El flujo de vehículos semipesados es eventual. Se permite el tránsito de bicicletas.
<b>Control de Accesos y Relación con otras vías</b>	Control total de los accesos. Los cruces peatonales y vehiculares se realizan a desnivel o con intercambios especialmente diseñados. Se conectan solo con otras vías expresas o vías arteriales en puntos distantes y mediante enlaces. En casos especiales, se puede prever algunas conexiones con vías colectoras, especialmente en el Área Central de la ciudad, a través de vías auxiliares	Los cruces peatonales y vehiculares deben realizarse en pasos a desnivel o en intersecciones o cruces semaforizados. Se conectan a vías expresas, a otras vías arteriales y a vías colectoras. Eventual uso de pasos a desnivel y/o intercambios. Las intersecciones a nivel con otras vías arteriales y/o colectoras deben ser necesariamente semaforizadas y considerarán carriles adicionales para volteo.	Incluyen intersecciones semaforizadas en cruces con vías arteriales y solo señalizadas en los cruces con otras vías colectoras o vías locales. Reciben soluciones especiales para los cruces donde existían volúmenes de vehículos y/o peatones de magnitud apreciable	Se conectan a nivel entre ellas y con las vías colectoras.
<b>Número de carriles</b>	Bidireccionales: 3 o más carriles/sentido	Unidireccionales: 2 ó 3 carriles Bidireccionales: 2 ó 3 carriles/sentido	Unidireccionales: 2 ó 3 carriles Bidireccionales: 1 ó 2 carriles/sentido	Unidireccionales: 2 carriles Bidireccionales: 1 carril/sentido
<b>Servicio a propiedades adyacentes</b>	Vías auxiliares laterales	Deberán contar preferentemente con vías de servicio laterales.	Prestan servicio a las propiedades adyacentes.	Prestan servicio a las propiedades adyacentes, debiendo llevar únicamente su tránsito propio generado.
<b>Servicio de Transporte público</b>	En caso se permita debe desarrollarse por buses, preferentemente en " Carriles Exclusivos " o " Carriles Solo Bus " con paraderos diseñados al exterior de la vía.	El transporte público autorizado deber desarrollarse por buses, preferentemente en " Carriles Exclusivos " o " Carriles Solo Bus " con paraderos diseñados al exterior de la vía o en bahía.	El transporte público, cuando es autorizado, se da generalmente en carriles mixtos, debiendo establecerse paraderos especiales y/o carriles adicionales para volteo.	No permitido
<b>Estacionamiento, carga y descarga de mercaderías</b>	No permitido salvo en emergencias.	No permitido salvo en emergencias o en las vías de servicio laterales diseñadas para tal fin. Se regirá por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente.	El estacionamiento de vehículos se realiza en estas vías en áreas adyacentes, especialmente destinadas para este objeto. Se regirá por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente.	El estacionamiento está permitido y se regirá por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas – 2005 – VCHI- PERU.

La Avenida Arica recibe la clasificación de Vía Colectora, descrita de la siguiente manera: Las vías colectoras sirven para llevar el tráfico de las vías locales a las arteriales y en algunos casos a vías expresas, estas pueden ser colectoras distritales o interdistritales.

### 3.4.3. Velocidad de Proyecto.

Según el *Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas – 2005 – VCHI – Perú*. Se recomienda una velocidad de diseño entre 40 y 60 Km/hora para vías colectoras.

**TABLA 3. 24 Velocidad de Diseño.**

ATRIBUTOS Y RESTRICCIONES	VÍAS EXPRESAS	VÍAS ARTERIALES	VÍAS COLECTORAS	VÍAS LOCALES
Velocidad de Diseño	Entre 80 y 120 Km/hora Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del Reglamento Nacional de Tránsito (RNT) vigente.	Entre 50 y 80 Km/hora Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.	Entre 40 y 60 Km/hora Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.	Entre 30 y 40 Km/hora Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.

*Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas – 2005 – VCHI- PERU.*

De acuerdo a la *Ley Municipal Autónoma de Uso de Suelos Urbanos LUSU*. Este tipo de vías debe proyectarse con una sección transversal que admite dos a tres carriles para velocidades directrices de hasta 40 Km/hora.

De acuerdo con el Manual de Diseño de Calles para ciudades bolivianas, la capacidad máxima de una red vial urbana alcanza a una velocidad límite de 40 Km/hr.

Por lo cual siguiendo estas recomendaciones nuestra velocidad de proyecto será de:

$$V_p = 40 \text{ km/hr}$$

### 3.4.4. Distancia de visibilidad de parada.

Es la distancia que recorre un vehículo desde el momento en el que logra observar una situación de riesgo hasta que el conductor logra detenerlo. Para el cálculo de esta distancia se debe entender que existen dos momentos claramente diferenciados en el proceso de detener el vehículo:



El tiempo de precepción – reacción, es un intervalo de tiempo que requiere el ser humano para comprender, analizar, decidir y reaccionar accionando el freno, se mide desde la observación de la situación. Si bien no existen estudios registrados en nuestro medio al respecto que permitan definir este tiempo, se asumirá el valor de 2.5 segundos que es recomendado por la AASHTO y que corresponde al tiempo del 90avo percentil del tiempo empleado por los conductores sometidos a sus estudios.

La influencia de la Pendiente, para el caso de tramos en pendiente, resulta fácil de entender que la distancia de parada se verá influenciada según la gradiente del terreno, en efecto, para el caso de pendientes positivas (tramos ascendentes) a la fuerza de fricción se suma la fuerza de la gravedad para detener el vehículo, resultando que la distancia de frenado será menor; para el caso de pendientes negativas (tramos de bajada) la fuerza de gravedad se suma a las fuerzas de inercia para finalmente exigir una mayor distancia de frenado. Esta influencia se manifiesta para fines de cálculo a través de la suma de la pendiente y del coeficiente de fricción.

De acuerdo a los criterios expuestos, en la siguiente tabla se muestra la distancia de visibilidad de parada calculada para distintas velocidades y pendientes:

**TABLA 3. 25 Distancia de visibilidad de parada.**

V km/h	f	p (%) en subidas								p (%) en bajadas							
		3	4	5	6	7	8	9	10	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10
30	0.40	29	29	29	29	28	28	28	28	30	31	31	31	32	32	32	33
40	0.38	43	43	42	42	42	41	41	41	46	46	47	47	48	49	49	50

Fuente: Manual de diseño geométrico de vías urbanas – 2005 - VCHI – PERÚ.

$$D_f = 0.694 * V + \frac{V^2}{254(f + p)}$$

Donde:

$D_f =$  Distancia de visibilidad de Frenado (m).

$f =$  Coeficiente de fricción longitudinal.

$V =$  Velocidad de diseño ( $\frac{km}{hr}$ ).

$p =$  Pendiente (%100) con su respectivo signo.

$$D_f = 44.337 \text{ m.} = 45 \text{ m.}$$

### 3.4.5. Peralte Máximo.

De acuerdo a la clasificación de vías se tiene los siguientes peraltes recomendados:

**TABLA 3. 26 Peralte máximo.**

Tipo de vía	Peralte máximo [%]
Expresas	6%
Arteriales	6%
Colectoras	4%
Locales	4%

Fuente: Manual de diseño geométrico de vías urbanas – 2005 – VCHI, Perú.

Considerando que el tipo de vía es colectoras entonces el peralte máximo recomendado es:

$$p_{max} = 4\%.$$

### 3.4.6. Radio Mínimo.

El radio mínimo se calcula mediante la siguiente expresión:

$$R_{min} = \frac{V^2}{127 * (0.01 * p_{max} + f)}$$

Donde:

$p_{max}$  = Peralte en porcentaje.

$f$  = Coeficiente de fricción correspondiente a la velocidad de diseño.

$V$  = Velocidad de diseño ( $\frac{km}{hr}$ ).

$$R_{min} = 59.99 = 60 \text{ m.}$$

En la siguiente tabla se muestra un resumen de las Curvas Horizontales.

**TABLA 3. 27 Resumen de las Curvas Horizontales.**

<b>Resumen de las Curvas Horizontales</b>					
<b>CURVA</b>	<b>PROGRESIVA INICIAL</b>	<b>PROGRESIVA FINAL</b>	<b>RADIO (m)</b>	<b>LONGITUD DE ARCO (m)</b>	<b>GRADO DE CURVATURA</b>
1	0 + 014,83	0 + 034,30	80	19,424	21,49
2	0 + 199,37	0 + 210,94	800	11,564	2,15
3	0 + 243,05	0 + 253,05	700	10,002	2,36
4	0 + 918,56	0 + 924,47	2000	5,901	0,86
5	0 + 965,59	0 + 975,77	3000	10,179	0,57
6	1 + 447,67	1 + 452,53	2500	4,865	0,69
7	1+988,28	1 + 994,99	1000	6,71	1,72
8	2 + 024,99	2 + 033,01	800	8,016	2,18
9	2 + 190,10	2 + 194,08	1000	3,985	1,72
10	2 + 891,70	2 + 896,24	3000	4,544	0,57
11	3 + 053,08	3 + 059,79	3000	6,71	0,57
12	3 + 518,87	3 + 524,69	3000	5,816	0,57
13	4 + 021,97	4 + 039,25	500	17,282	3,44

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.4.7. Vehículo de diseño.

Dado que en la Avenida Arica se encuentran emplazadas varias empresas que requieren el suministro de materiales y equipos para su continua operación como ser

Y.P.F.B., A.B.E.N., Institutos Tecnológicos entre otros se puede decir que esta Avenida tiene un carácter industrial además de que la Urbanización Parcopata se encuentra en proceso de urbanización por lo que el tránsito de camiones, volquetas, y equipos de gran tonelaje circularan por esta vía, y se tomara como vehículo de diseño al establecido por la Normas y leyes vigentes en el País.

Para cumplir este cometido se utilizó la Ley 1769 “Ley de control de pesos y dimensiones permisibles para la circulación en carreteras de vehículos automotores”, en la cual establece lo parámetros máximos del vehículo de diseño que se tomara como base para el estudio de tráfico para poder posteriormente fundar las bases y parámetros para el diseño de pavimentos correspondiente.

Se tomó en cuenta los siguientes parámetros respecto al vehículo de diseño:

**TABLA 3. 28 Dimensiones máximas autorizadas.**

<b>A. CARGAS PESO</b>	<b>BRUTO MAXIMO PERMITIDO EN TONELADAS METRICAS</b>
1.- Peso bruto total para vehículos (tara más carga) será:	45,00
2.- Peso bruto total para eje sencillo,(direccional o fijo), con dos llantas:	6,00
3.- Peso bruto total para eje sencillo de cuatro llantas:	11,00
4.- Peso bruto total para eje doble tipo tándem:	18,00
5.- Peso bruto total para eje triple tipo tridem:	25,00
<b>B. DIMENSIONES</b>	<b>METROS</b>
1.- Ancho total máximo	2,60
2.- Altura total máxima	4,10
3. Longitudes totales máximas:	
3.1. Bus	13,30
3.2. Camión con dos ejes	11,50
3.3. Camión con tres ejes (rígidos)	12,20
3.4. Tracto camión con semiremolque	18,00
3.5. Camión con remolque u otra combinación	20,50

*Fuente: Internet – Ley General de Cargas en Bolivia*

**FIGURA 3. 17 Dimensiones máximas autorizadas.**



*Fuente: Internet – FADEEAC (Transporte de cargas).*

Dimensiones:

- ANCHO TOTAL: Dos metros con sesenta centímetros (2.60 m.).
- ALTURA TOTAL MAXIMA: Cuatro metros con diez centímetros (4.10 m.).
- LONGITUDES MAXIMAS TOTALES: Bus (13.30 m.); Camión con dos ejes (11.50 m.); Camión con tres ejes (12,20 m); Camión con semirremolque (18 m). y Camión con remolque u otra combinación (20,50 m.)

Pesos:

- Por eje simple: con ruedas individuales de 6 ton, con rodado doble de 10,5 ton.
- Por eje doble (tándem): con ruedas individuales de 10 ton; ambos con rodado doble de 18 ton.
- Por eje triple (tridem): con ejes de rodado doble de 25,5 ton.

En total para una formación normal de vehículos de 45 toneladas.

### **3.4.8. Sobreechancho.**

El Sobreechancho se calcula empleando la siguiente expresión desarrollada por Voshell Balazzo y adoptada por la AASHTO.

$$S = n * \left[ R - \sqrt{R^2 - b^2} \right] + \frac{V}{10 * \sqrt{R}}$$

Donde:

$S = \text{Sobreechancho [m]}.$

$n = \text{Número de carriles}.$

$R =$  Radio de la curva en el eje [m].

$V =$  Velocidad directriz [Km/h].

$b =$  Distancia entre ejes del vehículo típico de proyecto [m].

En la siguiente tabla se calcula el sobreebanco para el proyecto:

**TABLA 3. 29 Sobreebanco Calculado..**

n	R (m)	b (m)	V (km/h)	S (m)
2	60	5,5	40	1,02

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.4.9. Pendiente de la rasante.

La pendiente mínima es gobernada por los problemas de drenaje, es así que si el bombeo de la calzada es de por lo menos 2% se acepta pendientes mínimas de 0.3%, para casos de bombeo menor se debe emplear como pendiente mínima 0,5%.

En vías Urbanas, cuando se tiene la posibilidad de elegir la pendiente a emplear en un alineamiento vertical, se deberá tener presente las consideraciones económicas, constructivas y los efectos de la gradiente en la operación vehicular. A continuación, se muestran valores de pendiente máximas con la incorporación del criterio del tipo de terreno y tipo de vía urbana:

**TABLA 3. 30 Pendiente Máxima Admisible.**

Tipo de vía	Terreno plano	Terreno ondulado	Terreno Montañoso
Vía expresa	3%	4%	4%
Vía arterial	4%	5%	7%
Vía colectora	6%	8%	9%
Vía local	Según topografía	10%	10%
Rampas de acceso	6% - 7%	8% - 9%	8% - 9%

Fuente: Manual de diseño geométrico de vías urbanas – 2005 – VCHI, Perú.

Considerando que el terreno es plano y el tipo de vías es colectora entonces la pendiente máxima admisible es 6%.

### 3.4.10. Curvas Verticales.

A continuación, se muestra las longitudes de curvas calculadas de acuerdo a los criterios expuestos para curvas verticales cóncavas y convexas:

**TABLA 3. 31 Longitud de curva vertical 1.**

Longitud de Curva Vertical 1				
Tipo de Curva		CONVEXA		
Velocidad de Diseño	Vo.	40	[Km/hr.]	
Coeficiente de Fricción Longitudinal	f	0,38		
Pendiente	p	4,00%	%	
Distancia de Parada	Df	45	[m]	
Cálculo longitud de curva vertical.				
Pendiente de entrada	p1	-1,65	%	
pendiente de salida	p2	-1,02	%	
Diferencia	A	0,63	%	
Longitud curva vertical	L > Dp	L	3,1345448	m.
Longitud curva vertical	L < Dp	L	-358,7248	m.
Longitud de curva vertical Adoptada	L	15	m.	

Fuente: Elaboración propia.

**TABLA 3. 32 Longitud de curva vertical 2.**

Longitud de Curva Vertical 2				
Tipo de Curva		CONCAVA		
Velocidad de Diseño	Vo	40	[Km/hr]	
Coeficiente de Fricción Longitudinal	f	0,38		
Pendiente	p	4,00%	%	
Distancia de Parada	Df	45	[m]	
Cálculo longitud de curva vertical.				
Pendiente de entrada	p1	-1,02	%	
pendiente de salida	p2	-1,08	%	
Diferencia	A	0,06	%	
Longitud curva vertical	L > Dp	L	0,43784	m
Longitud curva vertical	L < Dp	L	-4535	m
Por confort				
Longitud de curva vertical Adoptada	L	0,24304	m	
Longitud de curva vertical Adoptada	L	10	m	

Fuente: Elaboración propia.

**TABLA 3. 33 Longitud de curva vertical 3.**

Longitud de Curva Vertical 3			
Tipo de Curva		CONCAVA	
Velocidad de Diseño	Vo	40	[Km/hr]
Coefficiente de Fricción Longitudinal	f	0,38	
Pendiente	p	4,00%	%
Distancia de Parada	Df	45	[m]
Cálculo longitud de curva vertical.			
Pendiente de entrada	p1	-1,08	%
pendiente de salida	p2	-1,45	%
Diferencia	A	0,37	%
Longitud curva vertical	L > Dp	L	2,7 m
Longitud curva vertical	L < Dp	L	-660 m
Por confort			
Longitud de curva vertical Adoptada	L	1,49873	m.
Longitud de curva vertical Adoptada	L	10	m.

Fuente: Elaboración propia.

**TABLA 3. 34 Longitud de curva vertical 4.**

Longitud de Curva Vertical 4			
Tipo de Curva		CONVEXA	
Velocidad de Diseño	Vo	40	[Km/hr]
Coefficiente de Fricción Longitudinal	f	0,38	
Pendiente	p	4,00%	%
Distancia de Parada	Df	45	[m]
Cálculo longitud de curva vertical.			
Pendiente de entrada	p1	-1,45	%
pendiente de salida	p2	-1,24	%
Diferencia	A	0,21	%
Longitud curva vertical	L > Dp	L	1,0448483 m.
Longitud curva vertical	L < Dp	L	-1256,174 m.
Longitud de curva vertical Adoptada	L	15	m.

Fuente: Elaboración propia.



**TABLA 3. 35 Longitud de curva vertical 5.**

Longitud de Curva Vertical 5				
Tipo de Curva		CONVEXA		
Velocidad de Diseño	Vo	40	[Km/hr]	
Coeficiente de Fricción Longitudinal	f	0,38		
Pendiente	p	4,00%	%	
Distancia de Parada	Df	45	[m]	
Cálculo longitud de curva vertical.				
Pendiente de entrada	p1	-1,24	%	
pendiente de salida	p2	-1,01	%	
Diferencia	A	0,23	%	
Longitud curva vertical	L > Dp	L	1,144358	m.
Longitud curva vertical	L < Dp	L	-1139.12	m.
Longitud de curva vertical Adoptada	L	20	m.	

Fuente: Elaboración propia.

**TABLA 3. 36 Longitud de curva vertical 6.**

Longitud de Curva Vertical 6				
Tipo de Curva		CONCAVA		
Velocidad de Diseño	Vo	40	[Km/hr]	
Coeficiente de Fricción Longitudinal	f	0,38		
Pendiente	p	4,00%	%	
Distancia de Parada	Df	45	[m]	
Cálculo longitud de curva vertical.				
Pendiente de entrada	p1	-1,01	%	
pendiente de salida	p2	-1,22	%	
Diferencia	A	0,21	%	
Longitud curva vertical	L > Dp	L	1,53243	m
Longitud curva vertical	L < Dp	L	-1231,4	m
Por confort				
Longitud de curva vertical Adoptada	L	0,85063	m.	
Longitud de curva vertical Adoptada	L	15	m.	

Fuente: Elaboración propia.

*TABLA 3. 37 Longitud de curva vertical 7.*

Longitud de Curva Vertical 7			
Tipo de Curva		CONVEXA	
Velocidad de Diseño	Vo	40	[Km/hr]
Coefficiente de Fricción Longitudinal	f	0,38	
Pendiente	p	4,00%	%
Distancia de Parada	Df	45	[m]
Cálculo longitud de curva vertical.			
Pendiente de entrada	p1	-1,22	%
pendiente de salida	p2	-0,04	%
Diferencia	A	1,18	%
Longitud curva vertical	L > Dp	L	5,8710522 m.
Longitud curva vertical	L < Dp	L	-149,5734 m.
Longitud de curva vertical Adoptada	L	15	m.

*Fuente: Elaboración propia.*

*TABLA 3. 38 Longitud de curva vertical 8.*

Longitud de Curva Vertical 8			
Tipo de Curva		CONCAVA	
Velocidad de Diseño	Vo	40	[Km/hr]
Coefficiente de Fricción Longitudinal	f	0,38	
Pendiente	p	4,00%	%
Distancia de Parada	Df	45	[m]
Cálculo longitud de curva vertical.			
Pendiente de entrada	p1	-0,04	%
pendiente de salida	p2	-1,32	%
Diferencia	A	1,28	%
Longitud curva vertical	L > Dp	L	9,34054 m
Longitud curva vertical	L < Dp	L	-126,8 m
Por confort			
Longitud de curva vertical Adoptada	L	5,18481	m.
Longitud de curva vertical Adoptada	L	10	m.

*Fuente: Elaboración propia.*

**TABLA 3. 39 Longitud de curva vertical 9.**

Longitud de Curva Vertical 9				
Tipo de Curva		CONVEXA		
Velocidad de Diseño		Vo	40	[Km/hr]
Coeficiente de Fricción Longitudinal		f	0,38	
Pendiente		p	4,00%	%
Distancia de Parada		Df	45	[m]
Cálculo longitud de curva vertical.				
Pendiente de entrada		p1	-1,32	%
pendiente de salida		p2	-0,89	%
Diferencia		A	0,43	%
Longitud curva vertical	L > Dp	L	2,1394512	m.
Longitud curva vertical	L < Dp	L	-567,4341	m.
Longitud de curva vertical Adoptada		L	30	m.

Fuente: Elaboración propia.

**TABLA 3. 40 Longitud de curva vertical 10.**

Longitud de Curva Vertical 10				
Tipo de Curva		CONCAVA		
Velocidad de Diseño		Vo	40	[Km/hr]
Coeficiente de Fricción Longitudinal		f	0,38	
Pendiente		p	4,00%	%
Distancia de Parada		Df	45	[m]
Cálculo longitud de curva vertical.				
Pendiente de entrada		p1	-0,89	%
pendiente de salida		p2	-1,03	%
Diferencia		A	0,14	%
Longitud curva vertical	L > Dp	L	1,02162	m
Longitud curva vertical	L < Dp	L	-1892,1	m
Por confort				
Longitud de curva vertical Adoptada		L	0,56709	m.
Longitud de curva vertical Adoptada		L	10	m.

Fuente: Elaboración propia.

**TABLA 3. 41 Longitud de curva vertical 11.**

Longitud de Curva Vertical 11			
Tipo de Curva		CONCAVA	
Velocidad de Diseño		Vo	40 [Km/hr]
Coeficiente de Fricción Longitudinal		f	0,38
Pendiente		p	4,00% %
Distancia de Parada		Df	45 [m]
Cálculo longitud de curva vertical.			
Pendiente de entrada		p1	-1,03 %
pendiente de salida		p2	-1,29 %
Diferencia		A	0,26 %
Longitud curva vertical	L > Dp	L	1,8973 m
Longitud curva vertical	L < Dp	L	-977.30 m
Por confort			
Longitud de curva vertical Adoptada		L	1,0532 m.
Longitud de curva vertical Adoptada		L	10 m.

*Fuente: Elaboración propia.*

**TABLA 3. 42 Longitud de curva vertical 12.**

Longitud de Curva Vertical 12			
Tipo de Curva		CONVEXA	
Velocidad de Diseño		Vo	40 [Km/hr]
Coeficiente de Fricción Longitudinal		f	0,38
Pendiente		p	4,00% %
Distancia de Parada		Df	45 [m]
Cálculo longitud de curva vertical.			
Pendiente de entrada		p1	-1,29 %
pendiente de salida		p2	-1,04 %
Diferencia		A	0,25 %
Longitud curva vertical	L > Dp	L	1,243867 m.
Longitud curva vertical	L < Dp	L	-1040,79 m.
Longitud de curva vertical Adoptada		L	20 m.

*Fuente: Elaboración propia.*

**TABLA 3. 43 Resumen de Curvas Verticales.**

Resumen de las Curvas Verticales					
Progresiva PVI	Cota de PVI (m)	Tipo de curva	Longitud de Curva (m)	K	Radio de Curva (m)
0 + 240,70	3971.678	CONVEXA	15	23.759	2375.896
1 + 694,53	3956.877	CONCAVA	10	151.674	15167.400
2 + 000,16	3953.576	CONCAVA	10	26.911	26.91.105
2 + 055,07	3952.780	CONVEXA	15	71.429	7143.900
2 + 162,98	3951.442	CONVEXA	20	86.957	8695.652
2 + 263,61	3950.425	CONCAVA	15	71.429	7142.857
2 + 437,80	3948.300	CONVEXA	30	12.712	1271.186
2 + 700,10	3948.195	CONCAVA	10	7.812	781.250
2 + 824,21	3946.557	CONVEXA	20	69.767	6976.744
2 + 969,16	3945.267	CONCAVA	10	71.429	7142.857
3 + 314,20	3941.713	CONCAVA	10	38.462	3846.154
4 + 568,68	3925.530	CONVEXA	20	80.000	8000.000

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.11. Ancho de carriles.

Según el *Manual de diseño geométrico de vías urbanas – 2005 – VCHI – Perú*; Considerando que la vía es clasificada como colectora, entonces el ancho de carril recomendable es 3,3 m.

**TABLA 3. 44 Ancho de Carril.**

Clasificación de vías	Velocidad [km/h]	Ancho recomendable [m]	Ancho mínimo de carril en pista normal [m]	Ancho mínimo de carril único del tipo Solo bus [m]	Ancho de dos carriles juntos [m]
Local	30 - 40	3	2,75	3,5	6,5
	40 - 50	3,3	3	3,5	6,5
Colectoras	50 - 60	3,3	3,25	3,5	6,75
	60 - 70	3,5	3,25	3,75	6,75
	70 - 80	3,5	3,5	3,75	7
Arterial	80 - 90	3,6	3,5	3,75	7,25
Expresa	90 - 100	3,6	3,5	No aplicable	No aplicable

Fuente: *Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas – 2005 – VCHI, Perú*.

Nuestro ancho de carril adoptado será de 3,5 [m].

### 3.4.12. Bombeo.

La magnitud del bombeo depende del tipo de superficie de rodadura y de los niveles de precipitación de la zona.

Para nuestro caso el bombeo a considerar será de 2,0%.

### 3.4.13. Sección Transversal.

Se tiene definido anchos de sección transversal de 7,98 metros, ubicados en todo el tramo. Las secciones transversales se la Avenida tienen las siguientes características:

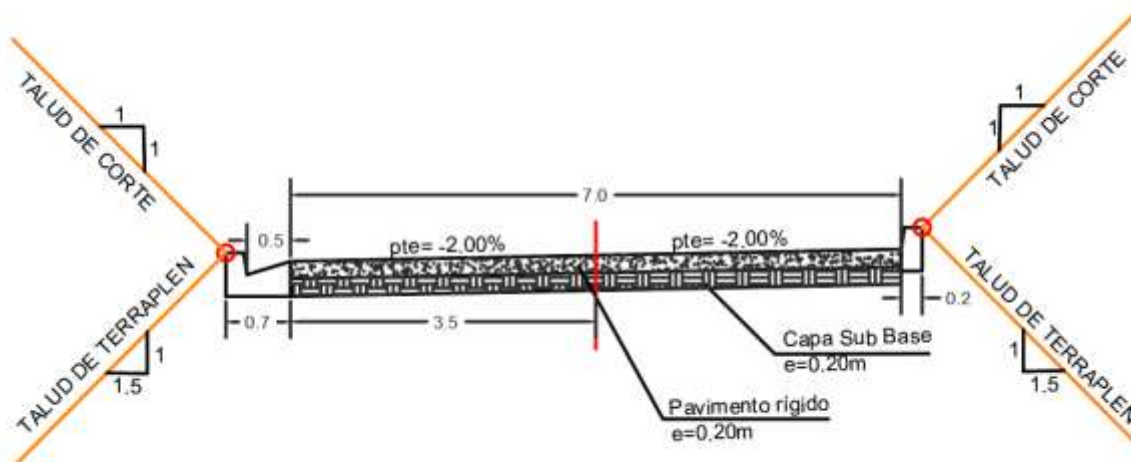
#### 3.4.13.1. Calzadas.

Se cuenta con dos carriles uno para cada sentido de circulación de 3.50 m de ancho, tienen la función de circulación exclusiva con mayor velocidad y restricción total de acceso lateral tanto para peatones como para vehículos.

#### 3.4.13.2. Cordón – Cuneta.

La cuneta proyectada tiene forma inclinada, y será ubicada a lado derecho de la calzada, tendrá una dimensión de 0,50 metros de ancho y el cordón tendrá una dimensión de 0,24 metros para la sección.

**FIGURA 3. 18 Sección Transversal de la Avenida Arica.**



*Fuente: Elaboración Propia – Imagen Civil 3D.*

---

### **3.4.14. Diseño geométrico de Intersecciones.**

#### **3.4.14.1. Diseño de Intersecciones por el Manual de diseño de calles para las ciudades bolivianas.**

Las intersecciones son los elementos más complejos de la red vial, donde la repartición del espacio es muy delicada por la multiplicación de los conflictos. Allí se mezclan objetivos de tránsito, de seguridad, de comodidad para los peatones y en muchos casos, de valorización del patrimonio o de preservación de la vida local.

Diseñar intersecciones exige entonces, un estudio detallado del lugar, de los flujos de tráfico, de los diferentes usuarios y también una definición clara de los objetivos. Generalmente se trata de elegir entre cuatro tipos de intersecciones: el cruce con prioridad, la intersección regulada con semáforos, la rotonda o el cruce con paso a desnivel.

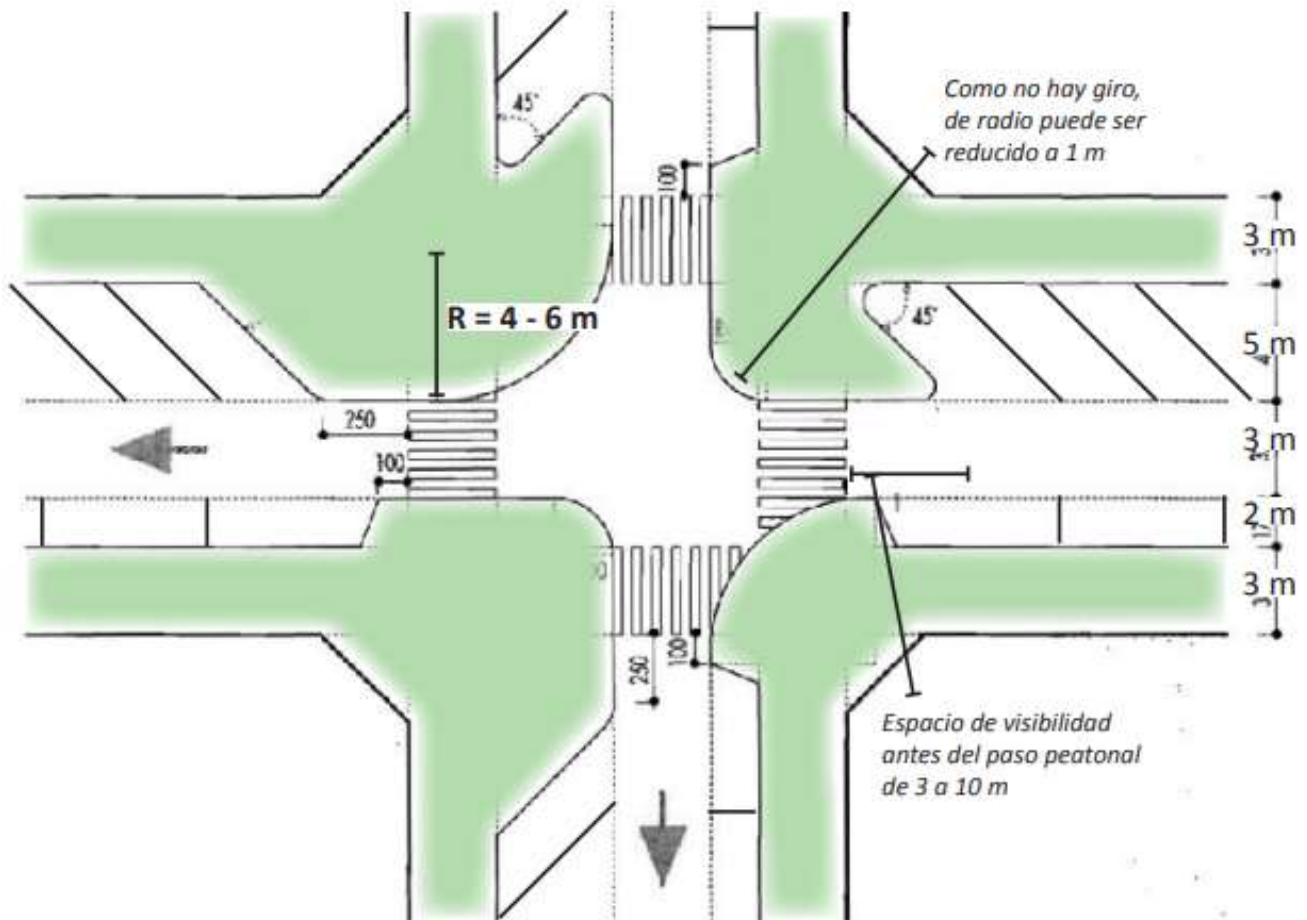
Cada tipo de infraestructura tiene sus ventajas y desventajas, pero para definirla se debe seguir tres principios básicos de diseño:

- Determinar claramente quien tiene la prioridad de circulación.
- Ofrecer visibilidad máxima a todos los usuarios de vías.
- Diseñar una intersección con la menor expansión espacial posible.

En nuestro caso se realizarán las intersecciones de cruce a prioridad la cual tiene las siguientes propiedades:

- Es una solución básica cuando los conflictos no son muy importantes.
- Al tener prioridad los vehículos no reducen su velocidad.
- Se integran bien en poco espacio.
- Favorecen a peatones y ciclistas.
- Permiten aplicar la jerarquía entre vías
- Para intersección con menos de 1200 vehículos por hora.

**FIGURA 3. 19 Intersecciones de Cruce a Prioridad.**



*Fuente: Manual de diseño de calles para las ciudades bolivianas.*

A continuación, se presenta un resumen de los parámetros de diseño geométrico para las intersecciones empleadas en el proyecto:



**TABLA 3. 45 Resumen de diseño geométrico de Intersecciones.**

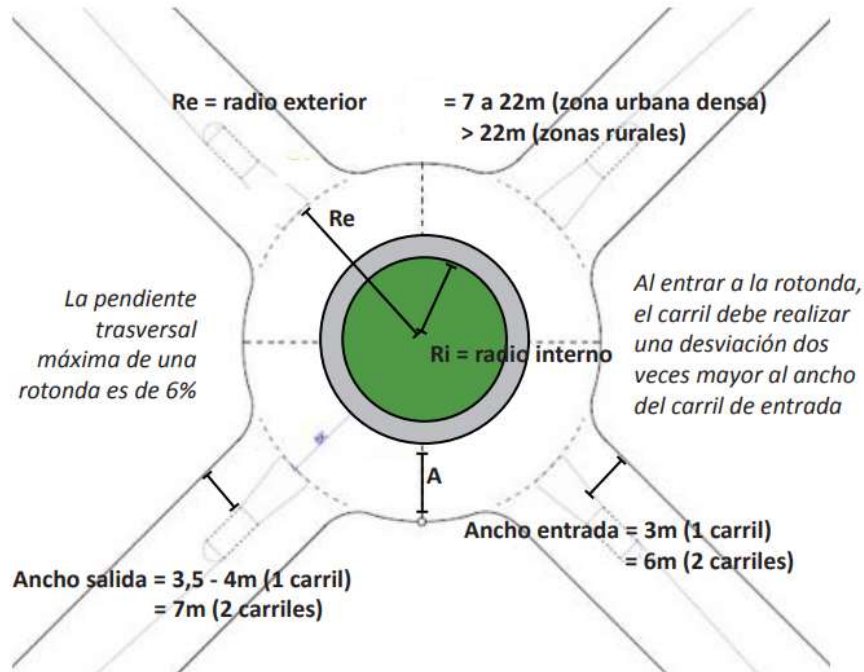
<b>Resumen de Intersecciones</b>				
<b>Nombre de la Intersección</b>	<b>Progresiva</b>	<b>Ri (m)</b>	<b>Rd (m)</b>	<b>Elevación</b>
Av. Pueblo Nuevo	0 + 227,27	7,9	8,3	3973,28
Calle Calahumana	2 + 010,00	5,9	7,9	3951,87
Calle Sotomayor	2 + 057,35	7,9	8	3951,54
Calle 3	2 + 172,93	8	8	3950,50
Calle 4	2 + 272,67	8	8	3949,50
Calle 5	2 + 384,11	8	8	3948,37
Calle 6	2 + 427,78	8	8	3948,34
Calle 7	2 + 476,98	8	8	3948,16
Calle 8	2 + 598,23	8	8	3947,62
Calle 9	2 + 835,47	8	8	3945,66
Calle A	3 + 001,00	4	7,4	3944,77
Calle 10	3 + 038,81	7,4	8	3944,49
Calle 11	3 + 147,45	8	8	3943,22
Calle 12	3 + 315,43	8	8	3941,26
Calle 13	3 + 438,95	8	8	3939,82
Calle 13	3 + 774,46	8	8	3935,91
Calle 15	3 + 835,33	8	8	3935,20
Calle 16	3 + 878,60	8	8	3934,69
Calle 17	4 + 040,88	8	2,4	3932,80
Calle 18	4 + 283,74	0,5	8	3929,97
Calle Intersección Aben	4 + 424,81	7,3	6,3	3929,32
<b>Intersecciones en la Calle a la entrada a la Aben</b>				
Intersección 1	0 + 274,45	3	3	3928,448
Intersección 2	0 + 220,40	3	2	3928,55
Intersección 3	0 + 166,80	3	3	3928,66

*Fuente: Elaboración propia.*

### 3.4.15. Diseño geométrico de Rotondas.

A continuación, se presenta recomendaciones para el diseño de rotondas, de acuerdo al manual de diseño de calles para las ciudades bolivianas:

**FIGURA 3. 20 Dimensiones de las rotondas.**



Fuente: Manual de diseño de calles para las ciudades bolivianas.

A continuación, se presenta un resumen de los parámetros de diseño geométrico para las rotondas empleadas en el proyecto:

**TABLA 3. 46 Resumen de Diseño geométrico de las rotondas.**

Resumen de las Rotondas						
Nombre	Progresiva	Radio Externo (Re) [m]	Entradas y Salidas	Ancho de anillo (A) [m]	Radio Interno (Ri) [m]	Elevación
Av. Vicente	0 + 521,05	24	3	10,5	10	3971,514
Av. Periférica	0 + 725,13	32	4	14	15	3954,542
Av. Incahuasi	2 + 699,39	27	3	10,5	13	3947,172
Av. Japón	3 + 231.09	32,5	4	14	15	3942,249
Av. Copacabana	3 + 774,46	25,5	3	10,5	11,5	3935,908

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.16. Trazado final diseño geométrico.

Con el análisis realizado anteriormente en el cual se definieron todas las características de los parámetros que se tomaron en el diseño de la Avenida Arica se generó el siguiente resumen de parámetros de diseño:

**TABLA 3. 47 Resumen de parámetros de Diseño geométrico.**

<b>Parámetros de Diseño Geométrico</b>	
Clasificación de la Vía (MDGVU-PERU)	Vía Colectora
Clasificación de la red Vial (LUSU - GAMLP)	Red Vial Secundaria
Velocidad de Proyecto (LUSU - GAMLP)	40 Km/Hr.
Distancia de velocidad de Frenado	45 m.
Peralte Máximo	4%
Radio Mínimo	60 m
Vehículo de Diseño	De Alto Tonelaje
Sobreechancho	1,02 m.
Pendiente Longitudinal Máxima (LUSU - GAMLP)	14%
Pendiente Longitudinal Mínima (MDGVU - PERU)	0.30%
Longitud de Curva Vertical.	Variable
Ancho de Carril	3.5 m.
Bombeo	2%
Talud de Terraplén (V:H)	1:1.5
Talud de Corte (V:H)	1:1

*Fuente: Elaboración propia.*

#### 3.4.16.1. Alineamiento horizontal.

A continuación, se presenta un cuadro resumen de las coordenadas de todos los puntos de intersección PI y se pueda llevar a cabo un correcto replanteo:

**TABLA 3. 48 Elementos de curvas horizontales.**

Elementos de Curvas						
N° curva	Deflexión	Radio [m]	PI	PC	PT	Coordenadas PI (E:N)
1	21,4859	80	0 + 024,57	0 + 014,83	0 + 034,30	586988,3408; 8168298,0352
2	2,1486	800	0 + 205,15	0 + 199,37	0 + 210,94	586855,3016; 8168175,9531
3	2,3555	700	0 + 248,05	0 + 243,05	0 + 253,05	586823,9909; 8168146,6296
4	0,8594	2000	0 + 921,51	0 + 918,56	0 + 924,47	586326,5673; 8167692,6646
5	0,573	3000	0 + 970,68	0 + 965,59	0 + 975,77	586290,3259; 8167659,4358
6	0,6875	2500	1 + 450,10	1 + 447,67	1 + 452,53	585935,9070; 8176336,5918
7	1,7189	1000	1 + 991,63	1 + 988,28	1 + 994,99	585536,4203; 8166971,7509
8	2,1786	800	2 + 029,00	2 + 024,99	2 + 033,01	585508,9574; 8166946,4082
9	1,7189	1000	2 + 192,09	2 + 190,10	2 + 194,08	585388,0545; 8166836,9535
10	0,573	3000	2 + 893,97	2 + 891,70	2 + 896,24	584869,6865; 8166363,7944
11	0,573	3000	3 + 056,44	3 + 053,08	3 + 059,79	584749,5830; 8166254,3829
12	0,573	3000	3 + 521,78	3 + 518,87	3 + 524,69	584406,1275; 8165940,5021
13	3,4377	500	4 + 030,61	4 + 021,97	4 + 039,25	584030,2972; 8165597,4837

Fuente: Elaboración propia.

**TABLA 3. 49 Elementos de curvas horizontales en rotondas.**

Elementos de curvas en Rotondas						
N° Rotonda	Deflexion	Radio [m]	PI	PC	PT	Coordenadas PI (E:N)
1	11,4592	150	0 + 524,30	0 + 512,93	0 + 535,68	586620,3139; 8167960,0277
2	17,0939	100,55	1 + 701,86	1 + 691,28	1 + 712,43	585750,5076; 8167166,3009
	24,7142	69,55	1 + 726,78	1 + 712,43	1 + 741,13	585734,4504; 8167147,2904
	15,3468	112	1 + 752,35	1 + 741,13	1 + 763,58	585713,6451; 8167132,4884
3	9,9934	172	2 + 703,03	2 + 692,24	2 + 713,83	585011,1368; 8166492,0207
4	6,5356	263	3 + 232,12	3 + 209,15	3 + 255,09	584620,6209; 8166135,1206
5	1,9894	864	3 + 775,71	3 + 764,11	3 + 787,30	584218,3073; 8165769,6078

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.16.2. Alineamiento vertical

A continuación, se muestra un cuadro resumen par los puntos de intersección vertical:

**TABLA 3. 50 Elementos de curvas verticales.**

Elementos de las Curvas Verticales									
Progresiva PCV	Cota de PCV (m)	Progresiva PTV	Cota de PTV (m)	Progresiva PVI	Cota de PVI (m)	Longitud de Curva LCV (m)	K	Radio de Curva (m)	Tipo de curva
0 + 233.19	3971.8	0 + 248,20	3971.60	0 + 240.70	3971.680	15	23.759	2375.896	CONVEXA
1 + 689.84	3956.92	1 + 699.22	3956.83	1 + 694.53	3956.880	10	151.674	15167.400	CONCAVA
1 + 995.18	3953.63	2 + 005.14	3953.50	2 + 000.16	3953.580	10	26.911	26.91.105	CONCAVA
2 + 047.57	3952.89	2 + 062.57	3952.69	2 + 055,07	3952.780	15	71.429	7143.900	CONVEXA
2 + 152.98	3951.57	2 + 172.98	3951.34	2 + 162.98	3951.440	20	86.957	8695.652	CONVEXA
2 + 256.11	3950.5	2 + 271.11	3950.33	2 + 263.61	3950.430	15	71.429	7142.857	CONCAVA
2 + 430.30	3948.39	2 + 445.30	3948.30	2 + 437.80	3948.300	30	12.712	1271.186	CONVEXA
2 + 695.10	3948.2	2 + 705.10	3948.13	2 + 700.10	3948.200	10	7.812	781.250	CONCAVA
2 + 809.21	3946.76	2 + 839.21	3946.42	2 + 824.21	3946.560	20	69.767	6976.744	CONVEXA
2 + 964.16	3945.31	2 + 974.16	3945.22	2 + 969.16	3945.270	10	71.429	7142.857	CONCAVA
3 + 309.20	3941.76	3 + 319.20	3941.65	3 + 314.20	3941.710	10	38.462	3846.154	CONCAVA
4 + 558.68	3925.66	4 + 578.68	3925.43	4 + 568.68	3925.530	20	80.000	8000.000	CONVEXA

Fuente: Elaboración propia.

---

### 3.5. Diseño Estructura de Pavimento.

#### 3.5.1. Antecedentes

La Avenida Arica actualmente presenta una característica topográfica semiplano, con una zona de pendiente baja y calzada de tierra. El proyecto se desarrolla en el carril izquierdo de la vía ferroviaria existente el lugar.

El principal tipo de vehículo que circula por esta avenida de acuerdo a la clasificación del estudio de tráfico son: *Automóviles, camionetas, vehículo de carga pesada.*

#### 3.5.2. Objetivos.

- Realizar el diseño de la estructura de pavimento de la Avenida Arica empleando el método AASHTO 93.

#### 3.5.3. Variables para el Diseño de pavimento Rígido por el método AASHTO 93.

Este método propone una ecuación de diseño para pavimento rígido y es la siguiente:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R * S_0 + 7.35 * \log_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right]}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32pt) * \log_{10} \left[ \frac{S'_c * Cd * (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 * J * \left[ D^{0.75} - \frac{18.42}{\left( \frac{Ec}{K} \right)^{0.25}} \right]} \right]$$

Donde:

$W_{18}$  = Número previsto de ejes equivalentes de 8.2 ton. a lo largo del periodo de diseño.

$Z_r$  = Valor de la desviación normal estandar asociado al nivel de confiabilidad con el que se desea diseñar el pavimento.

$D$  = Espesor del pavimento de concreto (plg).

$\Delta PSI$  = Diferencia entre los índices de servicio inicial y final.

$S_0$  = Desviación estandar

$P_t$  = Índice de Servicio Final.

$S_c$  = Resistencia media del concreto en PSI.

$C_d$  = Coeficiente de drenaje.

$J$  = Coeficiente de transmisión de cargas en las juntas.

$E_c$  = Módulo de elasticidad del concreto, en PSI.

$K$  = Módulo de reacción de la subrasante o de la superficie en la que se apoya el pavimento, en PSI.

La ecuación se resuelva a través de un monograma, para lo cual se necesita conocer los siguientes factores de diseño:

### 3.5.3.1. Tráfico

La conversión de los distintos tipos de eje de pesos variables a un eje equivalente de 18kips (80 KN) se hace con el factor de equivalencia de carga, este factor es un valor numérico que expresa la relación entre la pérdida de serviciabilidad causada por una carga de un tipo de eje y la producida por el eje estándar.

La Administradora Boliviana de Carreteras (ABC) determinó los siguientes factores de equivalencia vehicular:

**TABLA 3. 51 Factores de Equivalencia vehicular.**

Clasificación de vehículos según la "Estadística Vial de la Administradora Boliviana de Carreteras"		Factos Equivalentes Vehicular					
		Pavimento de Asfalto			Pavimento de Hormigon		
		Serviciabilidad final = 2,0			Serviciabilidad final = 2,0		
Código	Tipo de Vehículos	NE = 4 cm	NE = 8 cm	NE = 12 cm	D = 18 cm	D = 24 cm	D = 30 cm
1	Automóviles y Vagonetas	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04
2	Camionetas (hasta 2 Tn.)	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04
3	Minibuses (hasta 15 pasajeros)	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04
MB	Microbuses (hasta 21 pasajeros; de 2 ejes)	0,132146	0,142815	0,132408	0,136231	0,132585	0,132085
B2	Buses Medianos (hasta 35 pasajeros; de 2 ejes)	1,694616	1,634230	1,617937	1,613144	1,649326	1,661552
B3	Buses Grandes (más de 35 pasajeros; de 3 ejes)	0,897383	0,952612	0,923450	1,385201	1,383924	1,384398
C2m	Camiones Medianos (de 2,5 a 10,0 t; de 2 ejes)	0,132146	0,142815	0,132408	0,136231	0,132585	0,132085
C2	Camiones Grandes (más de 10,0 t; de 2 ejes)	1,046566	1,018211	1,003175	1,002418	1,021022	1,027820
C3	Camiones Grandes (más de 10,0 t; de 3 ejes)	1,654853	1,661030	1,648199	2,654401	2,741238	2,775336
CSR	Camiones Semiremolque	2,496063	2,452299	2,426188	3,507745	3,623370	3,669342
CR	Camiones Remolque	3,133060	3,065405	3,038530	3,709313	3,805393	3,839728
12	Otros Vehículos						
Promedio FEV (Veh.Pesados)		1,398354	1,383677	1,365287	1,768085	1,811180	1,827793

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras (ABC).

Del estudio de tráfico se tiene la siguiente proyección del número de vehículos para el proyecto:

**TABLA 3. 52 Proyección del número de vehículos.**

TRAFICO EN LOS PROXIMOS 20 AÑOS ( con proyecto)					
AÑOS	Nº	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	TOTAL
2018	0	248	126	64	438
2019	1	269	132	79	480
2020	2	293	138	97	528
2021	3	318	145	119	582
2022	4	346	152	147	645
2023	5	376	160	180	716
2024	6	408	167	221	796
2025	7	444	176	272	892
2026	8	482	184	334	1000
2027	9	524	193	410	1127
2028	10	569	203	504	1276
2029	11	619	213	619	1451
2030	12	672	223	760	1655
2031	13	731	234	933	1898
2032	14	794	245	1147	2186
2033	15	863	257	1408	2528
2034	16	937	270	1730	2937
2035	17	1019	283	2125	3427
2036	18	1107	297	2610	4014
2037	19	1203	312	3207	4722
2038	20	1307	327	3939	5573
<b>TOTAL</b>		<b>13281</b>	<b>4311</b>	<b>20841</b>	<b>38433</b>

*Fuente: Elaboración Propia. Proyección de Tráfico.*

Empleando el tráfico proyectado acumulado para los 20 años de vida útil, factor sentido, factor carril y el factor equivalente vehicular propuestos por la ABC para cada tipo de vehículo, se procede a la determinación de los ejes Equivalentes Acumulados.



**TABLA 3. 53 Determinación de ejes equivalentes.**

TIPO DE VEHICULO		CARGA POR EJE	FE	FE PONDERADO	FE PONDERADO
LIVIANOS	Automóviles y trufis	1	0,0004364	00,0008728	<b>0,0079197</b>
		1	0,0004364		
	Minibuses y camionetas	1	0,0004364	0,0079197	
		2	0,0074833		
	otros livianos	1	0,0004364	0,0079197	
		2	0,0074833		
MEDIANOS	Microbuses	1	0,0004364	0,0531362	<b>3,5289594</b>
		4	0,0526998		
	Bus mediano	2	0,0074833	2,2636085	
		10	2,2561252		
	Bus grande	7	1,2728342	3,4063713	
		16	2,1335371		
	Camión pequeño	7	1,2728342	3,5289594	
		10	2,2561252		
PESADOS	Camión mediano	7	1,2728342	4,2565616	<b>6,3900987</b>
		23	2,9837274		
	Camión Grande	7	1,2728342	4,6792055	
		7	1,2728342		
		16	2,1335371		
	camión con acoplado	7	1,2728342	6,3900987	
		16	2,1335371		
		23	2,9837274		

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, determinamos el número de pasadas (ESAL) en la siguiente tabla:

**TABLA 3. 54 Cálculo del ESAL.**

TIPO	TRANSITO PROMEDIO DIARIO EXISTENTE	PROYECCION EN AÑOS	FACTOR DE PROYECCION	DIAS DEL AÑO	NUMERO DE PASADAS	FACTOR DE EJES EQUIVALENTES	ESAL
	TPDE	n	FP	DIAS	N	FAC	N*FAC
VEHICULOS LIVIANOS	215.60	20	1.26	365.000	1978307.607	0.00791968	15667.56263
VEHICULOS MEDIANOS	109.20	20	1.23	365.000	980150.8767	3.528959423	3458912.672
VEHICULOS PESADOS	56.00	20	1.38	365.000	565022.951	6.390098733	3610552.443
<b>SUMA ESAL</b>							7085132.678

*Fuente: Elaboración Propia.*

$W_{18}$ = Número de aplicaciones de cargas equivalentes a 18 Kips (80 KN = 8.16 tn) acumuladas en el periodo de diseño.

$$W_{18} = 3542566.34 \frac{ESAL's}{carril}$$

### 3.5.3.2. Coeficiente de transferencia de carga J.

Este factor se Introduce Para tener en cuenta la capacidad del pavimento de concreto para transmitir las cargas a través de las discontinuidades (juntas o grietas), su valor depende del tipo de pavimento.

**TABLA 3. 55 Valores de transferencia de carga J.**

valores J	Granular o Asfáltica		Concreto Hidráulico	
	Si (con pasadores)	NO (con pasadores)	Si (con pasadores)	NO (con pasadores)
	3,2	3.8 - 4.4	2,8	3,8

*Fuente: Guía para el diseño de pavimentos AASHTO 1993.*

### 3.5.3.3. Coeficiente de drenaje Cd.

El valor del drenaje depende de dos parámetros: la calidad del drenaje que viene determinada por el tiempo que tarda el agua infiltrada en ser evacuada del pavimento y el porcentaje de tiempo a lo largo del año durante el cual el pavimento está expuesto a niveles de humedad aproximándose a la saturación.

Para el cálculo de este recurriremos al programa DRIP v. 2.0. el cual nos ayudara a determinar el tiempo requerido para drenar el agua

**TABLA 3. 56 Calculo del tiempo requerido para drenar el agua.**

<b>CALCULO DEL COEFICIENTE DE DRENAJE (DRIP v 2.0)</b>				
<b>Datos Preliminares de la Vía</b>				
Ancho de calzada (b)		7	m	
Ancho de Bema ( C )		0	m.	
Pendiente minima Longitudinal ( S )		0.04	%	
Pendiente Transversal ( Sx )		0.2	%	
<b>Datos de Granulometria Para Conformacion de Capa Base</b>				
Diametro	Menor Rango	Mayor Rango		
2"	100	100		
1"	75	95		
3/8"	40	75		
#4	30	60		
#10	20	45		
#40	15	30		
#200	5	15		
Peso Unitario Kg/m3		1900	kg/m3	<b>Calidad de Drenaje</b>
Peso Especifico		2.65		<b>Tiempo de Drenaje</b>
Perdida del Agua		55	%	Excelente
Altura de la Capa Base (H)		0.2	m.	Bueno
Porcentaje de Saturacion ( U )		25	%	Regualr
<b>Tiempo requerido para drenar el agua</b>		642.21	hr	<b>Pobre</b>
				1 Mes
				Muy Pobre
				No drena

*Fuente: Elaboración propia adecuado al programa Drip 2.0.*

Para la selección del coeficiente de drenaje, AASHTO provee la siguiente tabla:

**TABLA 3. 57 Calidad de Drenaje.**

Calidad De Drenaje	% DE TIEMPO EN QUE EL PAVIMENTO ESTA EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD PROXIMOS A LA SATURACION			
	< 1%	1 - 5%	5 - 25%	> 25%
<b>EXCELENTE</b>	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1,10
<b>BUENO</b>	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1,00
<b>REGULAR</b>	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0,90
<b>POBRE</b>	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0,80
<b>MUY POBRE</b>	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0,70

Fuente: Guía para el diseño de pavimentos AASHTO 1993.

Dado que la calidad de drenaje es pobre y que el tiempo en que el pavimento está expuesto a la humedad próximo a la saturación es igual al 25% nuestro coeficiente de drenaje será de 0.9.

#### 3.5.3.4. Perdida del Índice de Servicio.

Se define como la capacidad de servir al tipo de tránsito para el cual ha sido diseñado. En el diseño del pavimento se deben elegir la serviciabilidad inicial y final. El inicial  $P_o$ , es función del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción. La final o terminal  $P_f$ , es función de la categoría del camino y es adoptada en base a esta y al criterio del proyectista los valores recomendados son:

**TABLA 3. 58 . Valores de Índice de Servicio.**

Pt	Clasificación
3.00	Autopistas
2.50	Colectores
2.25	Calles comerciales e industriales
2.00	Calles residenciales y estacionamientos

Fuente: Guía para el diseño de pavimentos AASHTO 1993.

Para el índice de serviciabilidad inicial ( $P_0$ ) AASTHO estableció para pavimentos rígidos un valor inicial deseable de 4.5, si es que no se tiene información disponible

para el diseño, por lo tanto, tenemos una serviciabilidad  $P_o = 4.5$  y una serviciabilidad final  $P_f = 2.50$ , entonces se tiene una pérdida de serviciabilidad  $\Delta PSI = 2$ .

### 3.5.3.5. Confiabilidad R (%).

De todos los parámetros de diseño, quizá este sea el que tiene mayor impacto en el dimensionamiento de los pavimentos flexibles y rígidos. Un nivel de confiabilidad alto implica un pavimento más costoso y por lo tanto mayores costos iniciales, pero también pasara más tiempo hasta que ese pavimento necesite una reparación y por ende los costos de mantenimiento serán menores. Por el contrario, un nivel de confiabilidad bajo da pavimentos más económicos, pero con un mayor costo de mantenimiento.

**TABLA 3. 59 Valores de Confiabilidad.**

Tipo de Camino.	Confiabilidad Recomendada.	
	Zona Urbana	Zona Rural
<b>Autopistas</b>	85 - 99,9	80 - 99,9
<b>Principales</b>	80 - 99	75 - 99
<b>Colectoras</b>	80 - 95	75 - 95
<b>Locales</b>	50 - 80	50 - 80

*Fuente: Guía para el diseño de pavimentos AASHTO 1993.*

Con la clasificación de la vía colectoras ubicada en zona urbana se tiene una confiabilidad de 85%. La desviación estándar normal para este nivel de confianza es  $Z_r = -1.036$ .

### 3.5.3.6. Desviación Estándar So.

**TABLA 3. 60 Valores Desviación Estándar Total.**

Condición de Diseño.	Desviación estándar total (So)	
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores de tráfico	0,34	Pavimento Rígido
	0,44	Pavimento Flexible
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores de tráfico	0,39	Pavimento Rígido
	0,49	Pavimento Flexible

*Fuente: Guía para el diseño de pavimentos AASHTO 1993.*

En el proyecto se asumen en la predicción del comportamiento del pavimento con errores de tráfico y pavimento rígido, entonces se tiene una Desviación Estándar de  $S_o = 0.49$ .

### 3.5.3.7. Módulo de Ruptura Sc (PSI).

Es el esfuerzo de tensión en la fibra extrema bajo la carga de rotura. El módulo de ruptura requerido como dato para el procedimiento de diseño es el valor promedio determinado después de 28 días usando el ensayo de carga del tercio central (AASHTO T97, ASTM C78). Este valor de acuerdo a la experiencia en Bolivia debe estar en los 4.51 Mpa. Por lo tanto, el valor  $S_c = 653.22$  PSI.

### 3.5.3.8. Módulo de Elasticidad del concreto Ec (PSI).

Se recomienda determinarlo de acuerdo con el procedimiento descrito en la Norma ASTM C469 o en su efecto correlacionado con otras características del material como puede ser su resistencia a la compresión.

$$E_c = 33 * w_c^{1.5} \sqrt{f' * c}$$

---

Donde:

$w_c = \text{Peso unitario del concreto endurecido} \left( \frac{lb}{pie^3} \right).$

$f'_c = \text{Resistencia del concreto a la compresión} \left( \frac{lb}{plg^2} \right).$

$$E_c = 25691.04 \text{ MPA.}$$

El módulo de elasticidad del concreto será de 3723339.83 PSI.

### 3.5.3.9. Módulo de reacción K en (PCI).

Para la determinación del módulo de reacción requerimos de la determinación del CBR de diseño:

#### 3.5.3.9.1. Criterio de la Media.

El criterio de la media evalúa un valor en el cual la mitad de los valores quedan por debajo y la mitad por arriba del valor calculado, de este modo, al valor seleccionado se le disminuye un parámetro Z veces la desviación estándar el cual depende del nivel de confianza con que se realice el diseño.

El CBR de diseño se determina con la siguiente expresión:

$$CBR_{diseño} = CBR_{med.} - (Z * \sigma)$$

Donde:

$CBR_{prom} = \text{Valor medio de los valores de CBR}(\%).$

$Z = \text{Desviación Normal Estandar.}$

$\sigma = \text{Desviación estandar de los valores CBR.}$

**TABLA 3. 61 Cálculo del CBR de diseño.**

<b>CBR Promedio</b>	26,134
<b>CBR media</b>	24,718
<b>Z</b>	0,101
<b>Desviación estándar</b>	14,067
<b>CBR diseño</b>	24,718

*Fuente: Elaboración propia.*

### 3.5.3.9.2. Promedio Aritmético.

El promedio aritmético agrupa cada uno de los valores de CBR dados para cada calicata en estudio y los divide por el total de datos agrupados. De esta manera, se obtiene un numero medio que sería el CBR de Diseño.

**TABLA 3. 62 Cálculo del CBR de diseño por Promedio Aritmético.**

<b>Progresiva</b>	<b>CBR</b>	<b>CBR diseño</b>
4+660	15,311	26,134
4+400	37,037	
4+200	13,978	
3+900	23,228	
3+800	30,241	
2+580	33,201	
2+300	4,006	
1+900	24,718	
1+700	40,562	
1+400	51,783	
1+000	13,406	

*Fuente: Elaboración propia.*

### 3.5.3.9.3. Coeficiente de variación.

Es común que dentro de los cálculos del promedio aritmético se encuentren errores al no considerar la dispersión de los datos agrupados. Para esto, se utiliza un



coeficiente de variación el cual es un indicador que muestra cual confiables son las estimaciones de las variables investigadas, del cual, dado un nivel de significancia estadístico, se calcula el intervalo de confianza para el valor obtenido.

$$\varphi(\%) = \frac{CBR_{diseño}}{\sigma} * 100$$

Donde:

$\varphi(\%) =$  Coeficiente de Variación.

$\sigma =$  Desviación Estándar

Así, se determina que el coeficiente de variación está sujeto a los siguientes rangos de precisión:

- ✓ Hasta 10% = Buena
- ✓ De 11% a 20% = Aceptable.
- ✓ Más de 20% = No confiable.

**TABLA 3. 63 Cálculo del coeficiente de variación.**

Coeficiente de Variación				
Método	CBR diseño	Desviación estándar	(φ%)	
Criterio de la media	24,718	14,067	1,757	< 10 Buena
Promedio Aritmético	26,134	14,067	1,858	< 10 Buena

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa por ambos métodos se da un buen coeficiente de variación por lo cual adoptaremos para nuestro CBR de diseño por el método del criterio de la media:

$$CBR_{diseño} = 24.718 \%$$

### 3.5.3.10. Determinación del módulo de reacción K (PSI).

Determinaremos este módulo según las características del tipo de suelo:

**TABLA 3. 64 Características del tipo de suelo de la Avenida Arica.**

Clasificación AASHTO	Clasificación: ASTM D 2487	CBR (%)
A-2-4	GP-GM	24,718

*Fuente: Elaboración propia.*

Con estas características determinamos el módulo de reacción K de la siguiente tabla:

**FIGURA 3. 21 Módulo de reacción K de acuerdo al tipo de suelo (AASHTO 1993).**

Clasificación AASHTO	Clasificación Unificada (U.S.C.S.)	Densidad Seca (kg/m <sup>3</sup> )	CBR (%)	Valor K (MPa/m)
<b>Suelos granulares</b>				
A-1-a bien graduado	GW	2002.3 - 2242.5	60 - 80	81.3 - 121.9
A-1-a pobremente graduado	GP	1922.2 - 2082.3	35 - 60	81.3 - 108.4
A-1-b	SW	1761.9 - 2082.3	20 - 40	54.2 - 108.4
A-3	SP	1681.9 - 2082.3	15 - 25	40.7 - 81.3
<b>Suelos A-2</b>				
A-2-4 A-2-5	GM	2082.3 - 2322.6	40 - 80	81.3 - 135.5
A-2-4 A-2-5	SM	1922.2 - 2162.4	20 - 40	81.3 - 108.4
A-2-6 A-2-7	GC	1922.2 - 2242.5	20 - 40	54.2 - 121.9
A-2-6 A-2-7	SC	1681.9 - 2082.3	10 - 20	40.7 - 94.9
<b>Suelos finos</b>				
A-4	ML, OL	1441.6 - 1681.9 1601.8 - 2002.3	4 - 8 5 - 15	6.8 - 44.7 * 10.8 - 59.6 *
A-5	MH	1281.4 - 1601.8	4 - 8	6.8 - 51.5 *
A-6	CL	1601.8 - 2002.3	5 - 15	6.8 - 69.1 *
A-7-5	CL,OL	1441.6 - 2002.3	4 - 15	6.8 - 58.3 *
A-7-6	CH,OH	1281.4 - 1761.9	3 - 5	10.8 - 59.6 *

*Fuente: Guía para el diseño de pavimentos AASHTO 1993.*

Donde el módulo de reacción se encuentra entre 81.3 y 108.4 (Mpa/m), para nuestro proyecto usaremos el valor de 81.3 (Mpa/m) dado que es la situación más desfavorable. Por lo cual nuestro módulo de reacción será: 299.506 PSI.

### 3.5.3.11. Calculo del espesor del pavimento.

Aplicando el método AASHTO 93 para determinar el espesor del pavimento rígido tenemos la siguiente tabla:

**TABLA 3. 65 Diseño del pavimento.**

1.- PROPIEDADES DE LOS MATERIALES				
A. RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL HORMIGÓN	300	PSI	2,07	(MPA)
B. MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO	3723339,83	PSI	25691,04	MPA
C. MODULO DE ROTURA	653,22	PSI	4,51	MPA
2. DATOS DE TRAFICO Y OTRAS PROPIEDADES				
A. NUMERO DE ESAL EQUIVALENTE (W18)	3542566.34			
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	85	%		
ESTANDAR NORMAL DESVIATE (Zr)	-1,036			
DESVIACION ESTANDAR (So)	0,39			
C.MODULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE (K)	81,3	MPA/M	299,506	PCI
D. SERVICIABILIDAD INICIAL Po	4,50			
E. SERVICIABILIDAD FINAL Pf	2,50			
F.TRANSFERENCIA DE CARGA (J)	2,8			
G. COEFICIENTE DE DRENAJE (Cd)	0,9			
H.PERIODO DE DISEÑO	20	Años		
3. CALCULO DEL ESPESOR DE LOSA.				
ESPESOR DE LOSA (D)	7,728	Plg.	196.2912	mm.
ESPESOR DE LOSA ADOPTADA	200	mm		

*Fuente: Elaboración Propia.*

### 3.6. Señalización Vial.

La señalización empleada en el proyecto se maneja mediante códigos que se encuentran en el *Manual de Dispositivo de Control de Tránsito de la ABC*.

---

### **3.6.1. Señalización Vertical.**

Las señales deberán estar ubicadas en postes individuales. La distancia mínima entre dos señales con diferentes propósitos, no deberá ser menor de 60 m., una separación menor dificultaría la visibilidad por las noches. Se tendrá en cuenta que es necesaria la repetición de algunas señale, especialmente en zonas donde existan acceso por lo q el transito se incorpora a la vía principal.

Las señales empleadas en el proyecto son las siguientes:

#### **3.6.1.1. Señal Vertical Reglamentaria o restrictivas.**

- Señal PARE (SR-1).
- Señal CEDA EL PASO (SR-2).
- Señal PROHIBIDO ADELANTAR (SR-26).
- Señal VELOCIDAD MÁXIMA (SR-30).

#### **3.6.1.2. Señal Vertical Preventiva.**

- Señal CURVA PELIGROSA IZQUIERDA (SP-1).
- Señal CURVA PELIGROSA DERECHA (SP-2).
- Señal RESALTO o ROMPEMUELLES (SP-14).
- Señal INTERSECCION DE VIAS (SP-16).
- Señal VIA LATERAL IZQUIERDA (SP-19).
- Señal VIA LATERAL DERECHA (SP-20).
- Señal ROTONDA (SP-37).
- Señal PROXIMIDAD PASO CEBRA (SP-67).

#### **3.6.1.3. Señal Vertical Informativa.**

- Señal Informativa de Carácter General.
- Señal IDENTIFICACION VIAL (IV-5).
- Señales de DIRECCION. (ID).

### 3.6.2. Señalización Horizontal.

Las señales horizontales se aplican en superficies pavimentadas o de cemento rígido y compacto. No se pueden aplicar en vías empedradas, de tierra o ripio.

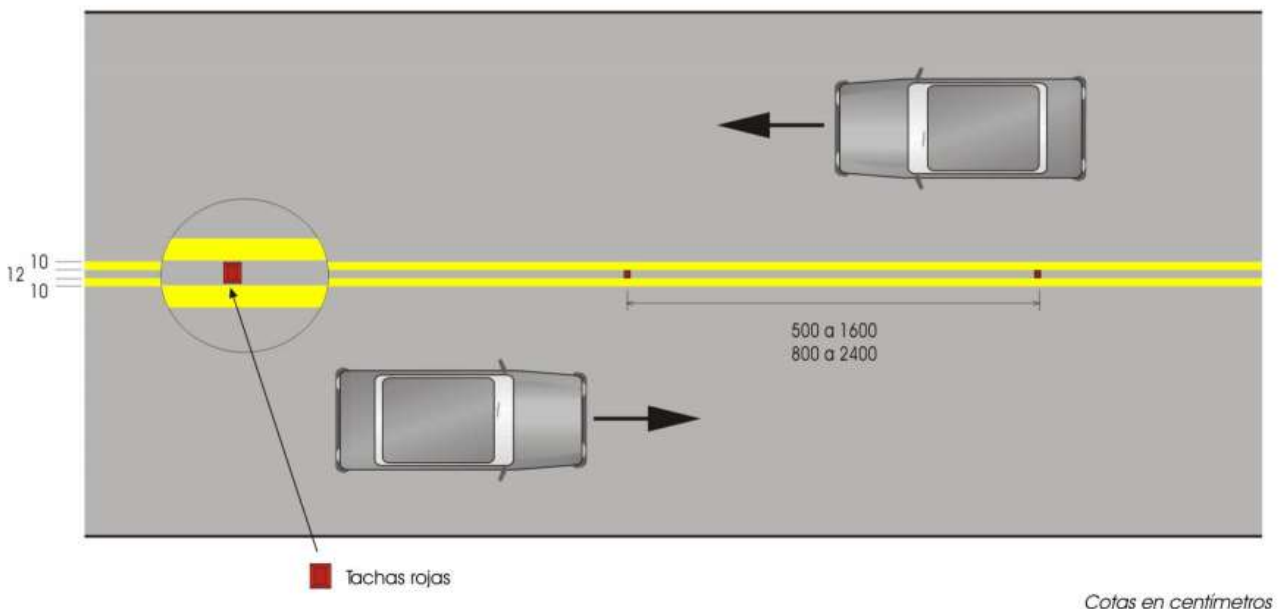
La señalización horizontal se clasifica en:

- Demarcaciones Planas: son las de hasta 6mm de altura
- Demarcaciones elevadas (tachas): son las de más de 6mm de altura y hasta 21 mm de altura.

#### 3.6.2.1. Señal de línea doble amarilla Continua.

Se utiliza para demarcar la separación entre carriles con sentidos opuestos, donde no está permitido adelantar. Son líneas paralelas de color amarillo, de 15 cm de ancho, distantes 20 cm entre líneas, para permitir a colocación de un “ojo de gato” (tachas rojas) al centro de ambas líneas, con un espacio libre de 3cm para cada línea.

**FIGURA 3. 22 Línea Doble Amarilla Continua**



Fuente: Manual ABC - Control del Tránsito.

---

El proyecto cuenta con la *señal línea amarilla continua* en la Avenida Arica con 3835,382 metros lineales y en la intersección con 251,594 metros lineales. Las tachas rojas (ojos de gato) dispuestas a cada 10 m. contando con un total de 410 tachas.

### **3.6.2.2. Señal demarcaciones divergentes y convergentes.**

Indica que el tráfico es convergente o divergente, lo que generalmente ocurre en accesos o salidas de enlaces, canalizaciones e islas centrales.

### **3.6.2.3. Señal Paso Cebra.**

Está constituida por bandas al eje de la calzada, de color blanco, cuyo ancho puede variar entre 50 cm y 70 cm separadas entre sí por una distancia al menos igual a su ancho. El ancho total de una banda más la brecha que le sigue varía entre 1 m. y 1,4 m. El ancho mínimo de la senda definida por las bandas paralelas es de 4 m.

La línea de detención asociada al cruce, indica al conductor que enfrenta un PASO CREBRA, utilizado por uno o más peatones, el lugar más próximo al cruce, donde el conductor debe detenerse. Se ubica entre 1 m. y 2 m. antes del borde de las líneas que definen el PASO CEBRA.

## **3.7. Diseño Drenaje.**

### **3.7.1. Método racional**

#### **3.7.1.1. Coeficiente de escurrimiento.**

El coeficiente de escurrimiento (C), es función del tipo de superficie, del grado de permeabilidad de la zona, de la pendiente del terreno y otros factores que determinan la fracción de la precipitación que se convierte en escurrimiento. Para áreas de drenaje que incluyan sub-áreas se debe emplear un coeficiente promedio ponderado que se calcula mediante la siguiente expresión:

$$C = \frac{\sum C_i * A_i}{\sum A}$$

Donde:

$C_i$  = Coeficiente de escurrimiento de cada sector [adimensional].

$A_i$  = Área de cada sector [Ha].

$A$  = Área total [Ha].

La Norma Boliviana NB 688 recomienda los siguientes valores de acuerdo al tipo de área, mediante la siguiente tabla:

**TABLA 3. 66 Coeficientes de escurrimiento.**

Características generales de la cuenca receptora	Valores C
Partes centrales, densamente construidas con calles y vías pavimentadas	0,70 a 0,90
Partes adyacentes al centro, de menor densidad de habitación con calles y vías pavimentadas	0,70
Zonas residenciales de construcciones cerradas y vías pavimentadas	0,65
Zonas residenciales medianamente habitadas	0,55 a 0,65
Zonas residenciales de pequeña densidad	0,35 a 0,55
Barrios con jardines y vías empedradas	0,30
Superficies arborizadas, parques, jardines y campos deportivos con pavimento	0,10 a 0,20

Fuente: Norma Boliviana NB 688 – 2007.

Para el caso del proyecto se adoptó un coeficiente de 0,70 ya que en el lugar se tienen edificaciones no muy densas con vías y calles pavimentadas.

### 3.7.1.2. Intensidad de lluvia.

Las curvas de intensidad – duración – frecuencia (IDF) constituyen la base hidrológica para la estimación de caudales de diseño, estas sintetizan las características de eventos extremos máximos de precipitación de una determinada

zona y definen la intensidad media de lluvia para diferentes duraciones de precipitación con periodos de retorno específicos.

$$I = \frac{140,38 * Tr^{0,144}}{(D + 2,37)^{0,603}}$$

Donde:

$$I = \text{Intensidad de lluvia} \left[ \frac{\text{mm}}{\text{hr}} \right].$$

$D = \text{Duración [min]. Igual al tiempo de concentración.}$

$Tr = \text{Período de retorno [años].}$

### 3.7.1.2.1. Determinación del periodo de retorno.

Para la elección del periodo de retorno se usa la recomendación del manual de hidrología y drenaje de la ABC según la cual para el diseño de obras de drenaje de la plataforma se debería optar por un periodo de retorno de  $Tr = 5$  años

**Tabla 3.64. Periodos de retorno para diseño.**

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

*Fuente: Manual de Hidrología y Drenaje de la ABC.*



---

### 3.7.1.2.2. Determinación del tiempo de concentración.

La duración debe ser igual al tiempo de concentración, este parámetro depende de la longitud máxima que debe recorrer el agua en ir desde el punto más distante hasta el punto de evacuación. De acuerdo al manual de hidrología y drenaje de la ABC el tiempo mínimo es de:

$$D = Tc = 10 \text{ [min]}.$$

### 3.7.1.2.3. Cálculo de la Intensidad de Lluvia.

Con los parámetros ya determinados anteriormente obtenemos la intensidad de lluvia:

$$I = \frac{140,38 * 5^{0,144}}{(10 + 2,37)^{0,603}} = 38,84 \frac{mm}{hr}.$$

### 3.7.1.3. Determinación del Área de Aporte.

Las áreas de aporte de drenaje deben ser determinadas por medición directa de los planos, su delimitación debe ser consistente con las redes de drenaje natural y la disposición adecuada de sumideros.

$$A = 0,1133 \text{ [Ha]}.$$

### 3.7.2. Ubicación y espaciamiento de sumideros.

Se debe tener en cuenta los siguientes criterios para la ubicación correcta de sumideros:

- Ubicar sumideros en puntos bajos y depresiones.
- En lugares donde se reduzca la pendiente longitudinal de las calles.
- Justo antes de puentes y terraplenes
- Preferiblemente antes de los cruces de calles o pasos de peatones (cebras).

---

En general los sumideros se clasifican en:

- Sumideros de ventana.
- Sumideros de reja.
- Sumideros mixtos.
- Sumideros especiales.

Para el caso de nuestro proyecto se empleará los sumideros de reja que se encuentra normalizado en el Reglamento Nacional 688 – Reglamento técnico de diseño para sistemas de alcantarillado (año 2001). Con dimensiones 0,61 m. x 0,90 m. cuyo espaciamiento es el siguiente:

***TABLA 3. 67 Espaciamiento de Sumideros.***

<b>PENDIENTE</b>	<b>ESPACIAMIENTO (m)</b>
0,4 %	50,0
0,4 % a 0,6 %	60,0
0,6 % a 1,0 %	70,0
1,0 % a 3,0 %	80,0

*Fuente: Reglamento Nacional 688 – Reglamento técnico de diseño para sistemas de alcantarillado.*

Como referencia rápida y practica para el diseño de sumideros de rejas normalizados con dimensiones de 0,61 m. x 0,90 m. con una depresión de 5 cm. Se tiene el cuadro siguiente para la capacidad de drenaje:

**TABLA 3. 68 Capacidad de sumideros.**

Pendiente Calle $S_0$ (%)	Capacidad Sumidero (L/s)
0	104,0
1	99,0
2	94,5
3	89,5
4	84,5
5	79,70
6	75,30
7	70,70
8	66,50
9	63,00
10	59,30
12	52,50
14	47,80
16	43,90
18	41,10
20	39,00

Fuente: Reglamento Nacional 688 – Reglamento técnico de diseño para sistemas de alcantarillado.

Considerando las recomendaciones para el espaciamiento de sumideros y la incidencia directa que tiene en la delimitación de áreas de aporte tenemos:

**TABLA 3. 69 Cálculo de Sumideros.**

SUMIDERO	AREA DE APOTE (M2)	LONGITUD ENTRE SUMIDEROS	DIAMETRO DE TUBO (mm)	LONGITUD DE TUBERIA
S-	0	246,87	300	18
S-	1	913,3	96,17	16,5
S-	2	863,1	90	18,3
S-	3	1136,91	118,72	18,5
S-	4	862,26	89,97	18,1
S-	5	862,55	89,97	17,9
S-	6	940,82	98,16	18,2
S-	7	862,56	90	18,5
S-	8	862,5	90	18,8
S-	9	862,56	90	18,8
S-	10	862,56	90	18,7

S-	11	862,56	90	300	19,1
S-	12	862,3	90	300	19,1
S-	13	862,81	90	300	19,1
S-	14	862,56	90	300	19,1
S-	15	862,56	90	300	19
S-	16	862,55	90	300	18,6
S-	17	862,56	90	300	18,4
S-	18	862,91	90	300	18,6
S-	19	958,12	100	300	19
S-	20	670,78	70	250	19
S-	21	670,87	70	250	18,9
S-	22	668,22	69,72	250	18,8
S-	23	511,89	53,43	250	18,7
S-	24	622,42	65,03	250	18
S-	25	480,22	50,02	250	17,2
S-	26	916,45	95,61	300	16,1
S-	27	1093,711	114,14	300	16,4
S-	28	458,51	47,8	250	16,5
S-	29	455,68	47,55	250	16,1
S-	30	1132,62	118,2	300	15,5
S-	31	888,94	92,74	300	16,2
S-	32	940,15	98,11	300	15,9
S-	33	479,06	50	250	15,9
S-	34	796,35	83,08	300	16,2
S-	35	670,75	70	250	16,1
S-	36	493,59	51,5	250	15,8
S-	37	1023,54	106,8	300	15,7
S-	38	569,42	59,43	250	15,8
S-	39	1043,75	108,8	300	15,7
S-	40	591,42	61,68	250	15,8
S-	41	575,57	60,07	250	16
S-	42	780,99	81,53	250	16,1
S-	43	671,68	70,06	250	15,9
S-	44	875,13	91,37	300	15,7
S-	45	863,39	90,05	300	15,5
S-	46	634,59	66,2	250	15,4
S-	47	410,5	42,82	250	15,6

S-	48	804,77	83,98	300	15,5
S-	49	671,39	69,96	250	15,4
S-	50	751,76	78,19	250	21,4
S-	51	761,62	79,8	250	25,9
S-	52	934,71	97,56	300	25,3
S-	53	612,75	64	250	23,9
S-	54	670,27	69,9	250	22,2
S-	55	730,18	76,1	250	21,7
S-	56	863,04	90,04	300	21,7
S-	57	862,89	90,03	300	22

Fuente: Elaboración propia.

### 3.7.3. Cálculo del caudal de Diseño.

Se determinará el caudal de diseño de acuerdo al método racional.

$$Q_d = C * I * \frac{A}{360}$$

Dónde:

$$Q_d = \text{Caudal de Diseño} \left[ \frac{m^3}{s} \right].$$

$C$  = Coeficiente de Escorrentia

$A$  = Área de aporte [Ha].

$$I = \text{Intensidad de precipitación} \left[ \frac{mm}{hr} \right].$$

Con los datos se obtiene el caudal de diseño de la cuneta que debe ser menor al caudal calculado con la capacidad de la cuneta.

$$Q_d = C * I * \frac{A}{360} = 0.70 * 38,84 * \frac{0.1133}{360} = 0.00855667 \frac{m^3}{s} = \mathbf{8.56 \text{ l/s}}$$

El caudal de diseño es menor a la capacidad de las cunetas por lo cual el caudal de diseño cumple los requerimientos.

### 3.7.4. Propiedades Hidráulicas de la Cuneta.

De acuerdo al manual técnico de Hidrología y Drenaje de la Administradora Boliviana de Carreteras, en el acápite 3.2 “CUNETAS, CANALES LONGITUDES Y BAJANTES DE AGUA”.

La capacidad hidráulica de las cunetas triangulares se puede calcular empleando la fórmula de Manning, expresada de la siguiente manera:

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^2 * i^{\frac{1}{2}}$$

Dónde:

$$Q = \text{Caudal} \left[ \frac{m^3}{s} \right].$$

$n$  = Coeficiente de rugosidad de Manning. ( $n = 0.02$  para concreto de hormigón simple)

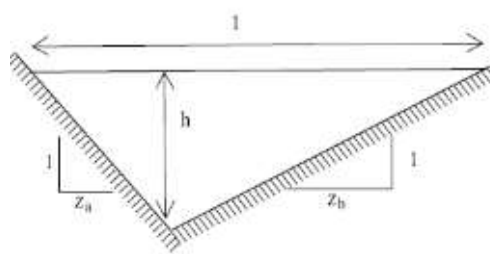
$A$  = Área de la sección [ $m^2$ ].

$R$  = Radio Hidraulico del escurrimiento (Razón entre el área y el perímetro mojado).

$i$  = Pendiente Longitudinal [ $m/m$ ].

El tipo de cuneta a diseñar es de forma triangular, cuyas propiedades hidráulicas se determinan de la siguiente manera:

**FIGURA 3. 23 Expresiones para el cálculo de propiedades geométricas de cunetas.**



Ancho Superficial (l)	$(z_a + z_b) \cdot h$
Área (A)	$\frac{(z_a + z_b) \cdot h^2}{2}$
Perímetro Mojado (P)	$(\sqrt{1 + z_a^2} + \sqrt{1 + z_b^2}) \cdot h$
Radio Hidráulico (R)	$\frac{(z_a + z_b) \cdot h}{2 \cdot (\sqrt{1 + z_a^2} + \sqrt{1 + z_b^2})}$

Fuente: manual técnico de Hidrología y Drenaje de la ABC.

Las dimensiones de la cuneta tipo en el proyecto son:

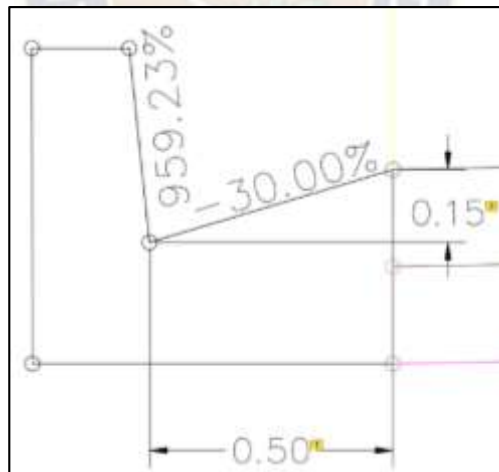
**DATOS GEOMÉTRICOS DE**  
**LA CUNETETA**

<b>za=</b>	0.104
<b>zb=</b>	3.333
<b>h (m)=</b>	0.150

Calculamos las propiedades hidráulicas de la cuneta:

<b>l (m)=</b>	0.516
<b>A (m<sup>2</sup>)=</b>	0.039
<b>P (m)=</b>	0.673
<b>R (m)=</b>	0.057

**FIGURA 3. 24 Esquema de la Cuneta.**



*Fuente: Elaboración Propia.*

Para la determinación de la pendiente se elegirá la pendiente más desfavorable de acuerdo al alineamiento vertical de la vía. Esta pendiente es de  $0.76\%$  entre las progresivas  $1+780$  y  $2+500$ .

Con estos datos se obtiene el caudal teórico que puede soportar la cuneta.

$$Q = \frac{1}{0.02} * 0.039 * 0.0573^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{0.76}{100}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = 0.0251 \left(\frac{m^3}{s}\right)$$

$$Q = 25.1 \left(\frac{l}{s}\right)$$

Del reglamento técnico de diseño de cunetas del Ministerio de Agua, se debe considerar un cierto margen de seguridad en la capacidad de las cunetas, teniendo en cuenta los problemas funcionales que pueden reducir su poder de escurrimiento. Este margen de seguridad es conseguido mediante el factor de reducción F en cual se obtiene de la figura de la siguiente hoja, el caudal admisible se calcula según:

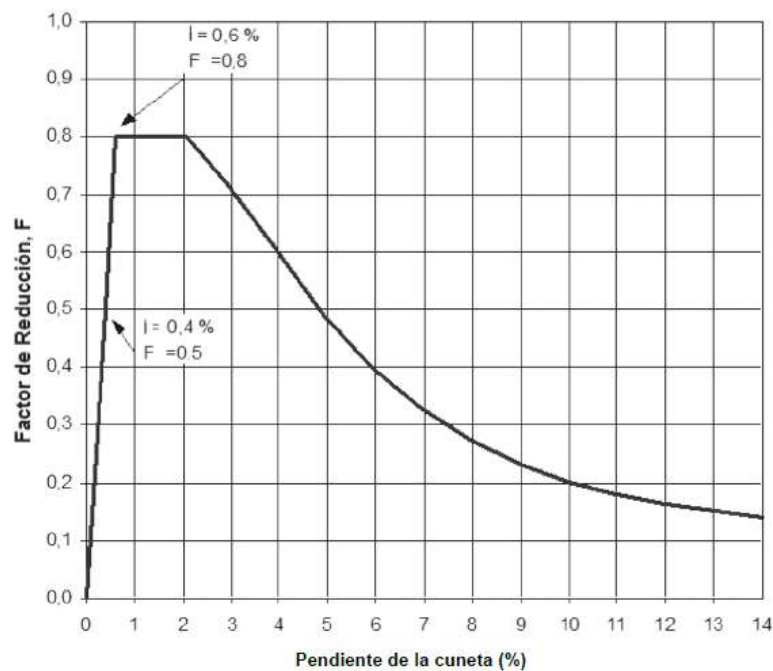
$$Q_{adm} = F * Q$$

Dónde:

$$Q = \text{Caudal} \left[\frac{m^3}{s}\right].$$

F = Factor de reducción

**FIGURA 3. 25 Factor de Reducción.**



Fuente: Reglamento técnico de diseño de cunetas del Ministerio de Aguas.



---

El grafico se obtiene para una pendiente longitudinal de 0.76% un factor F de 0.8, por lo que el caudal admisible es:

$$Q_{adm} = 0.8 * 25.1$$

$$Q_{adm} = 20.1 \left( \frac{l}{s} \right)$$

### 3.7.5. Parámetros de diseño para la Acometida.

#### 3.7.5.1. Velocidad Mínima.

Se debe determinar un valor de velocidad mínima para evitar el depósito de partículas granulares, sólidos suspendidos y arena. Para evitar que las tuberías se obstruyan por la acumulación de estas partículas se debe considerar una pendiente tal que arrastre a estos materiales hacia la cámara de inspección, garantizando una auto limpieza del sistema.

Los límites de velocidad mínima y máxima fijada para el funcionamiento óptimo de las alcantarillas determinan pendientes mínimas y máximas para los diferentes diámetros de las tuberías de fabricación comercial.

VELOCIDAD MÍNIMA: 0.60 m/s

VELOCIDAD MÁXIMA: 5.00 m/s

El criterio de la velocidad mínima implica que debemos considerar una pendiente mínima para verificar con la Ecuación de Manning de la velocidad en la tubería será superior a esta mínima. Para el cálculo a tubo lleno la velocidad mínima será de **0.6 m/s**.

ECUACION DE MANNING:

$$V = \frac{1}{n} * R_H^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

---

Dónde:

V: Velocidad, en m/s

n: Coeficiente de rugosidad de Manning adimensional

R<sub>H</sub>: Radio hidráulico, en m

S: Pendiente, en m/m

VELOCIDAD A SECCIÓN LLENA:

$$V = \frac{0.397}{n} * D^{2/3} * S^{1/2}$$

Dónde:

V: Velocidad, en m/s.

n: Coeficiente de rugosidad de Manning adimensional.

D: Diámetro, en m.

S: Pendiente, en m/m.

CAUDAL A SECCIÓN LLENA:

$$Q = \frac{0.312}{n} * D^{8/3} * S^{1/2}$$

Dónde:

Q: Caudal, en m<sup>3</sup>/s.

n: Coeficiente de rugosidad de Manning adimensional.

D: Diámetro, en m.

S: Pendiente, en m/m.

COEFICIENTE “n” DE RUGOSIDAD:

El coeficiente de rugosidad de Manning (n) debe tomar un valor de **0,013** en alcantarillados pluviales, para cualquier tipo de material de tubería. Es decir, la película biológica formada hace que este coeficiente sea uniforme independiente del material.

---

### 3.7.5.2. Tensión Tractiva.

La tensión de arrastre o tractiva es la fuerza tangencial ejercida por el líquido sobre el colector y en consecuencia sobre el material depositado.

También debe garantizar las condiciones de auto limpieza los valores mínimos son los siguientes:

$T_{\min} = 1.0$  [Pascal] en alcantarillados pluviales

$T_{\min} = 0.6$  [Pascal] en tramos de arranque

La ecuación de la tensión tractiva está definida por:

$$\tau = \rho * g * R_H * S$$

Dónde:

$\tau$ : Tensión tractiva media, en Pa

$\rho$ : Densidad del agua, 1 000 kg/m<sup>3</sup>

$g$ : Aceleración de la gravedad, 9,81 m/s<sup>2</sup>

$R_H$ : Radio hidráulico, en m

$S$ : Pendiente del tramo de tubería, en m/m.

### 3.7.5.3. Profundidad de Instalación.

La profundidad mínima de instalación de una tubería será definida en función de los siguientes aspectos:

#### **Recubrimiento mínimo**

La profundidad del recubrimiento será definida por el cálculo estructural de la tubería instalada en zanja, considerando que los esfuerzos a la que está sometida dependen de las características del suelo, cargas de relleno y vehicular, tipo de material de la tubería, cama de asiento, ubicación y trazado en el terreno.

---

En caso de instalación de tubería de PVC rígido, la deformación diametral relativa máxima admisible a largo plazo será de 7,5% del diámetro

Para Vías Vehiculares: **1.0 m.**

Para Vías Peatonales: **0.75 m.**

### **Conexión de descargas domiciliarias**

La profundidad mínima del colector deberá permitir la correcta conexión de las descargas domiciliarias a la red pública de alcantarillado. La norma vigente de instalaciones domiciliarias de alcantarillado, establece una pendiente mínima del **2%** desde la cámara de inspección domiciliaria hasta la tubería de recolección.

### **Profundidad máxima**

La profundidad máxima será aquella que no ofrezca dificultades constructivas, de acuerdo al tipo de suelo y que no obligue al tendido de alcantarillas auxiliares. La profundidad máxima admisible recomendada, será de **5,0 m.**

#### **3.7.5.4. Pendientes Mínimas Admisibles.**

La pendiente mínima será determinada con la finalidad de garantizar la condición de auto limpieza de acuerdo a la siguiente relación de caudales:

$$\frac{Q}{Q_{ll}} = 0.10 - 0.15$$

Dónde:

Q= Caudal parcialmente lleno.

Q<sub>ll</sub>= Caudal lleno.

Además, se considera que la tensión tractiva debe ser igual a 1 (Pa).

Con la relación de caudales obtenemos de tablas:

---

$$\frac{h}{D} = 0.2618$$

$$\frac{R}{D} = 0.1525$$

De la fórmula de tensión tractiva se obtiene:

$$\tau = \rho * g * R * s$$

$$s_{min} (\text{‰}) = \frac{\tau}{\rho * g * 0.1525 * D} * 1000.$$

**TABLA 3. 70 Pendientes mínimas admisibles.**

D(m)	S(%)
0.1	6.68
0.15	4.45
0.2	3.34
0.25	2.672
0.3	2.23
0.35	1.91
0.4	1.67
0.45	1.48
0.5	1.34
0.55	1.21
0.6	1.11

*Fuente: Elaboración Propia.*

### 3.8. Presupuesto de Obra.

#### PRESUPUESTO GENERAL

PROYECTO: ESTUDIO, DISEÑO GEOMETRICO Y SEGUIMIENTO DE OBRA A LA CONSTRUCCIÓN DE LA VÍA DE ACCESO PARA LA URBANIZACIÓN DE PARCOPATA EN LA AVENIDA ARICA, EN LA CIUDAD DE EL ALTO.

Moneda: Bolivianos

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO UNITARIO LITERAL	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>1. MOVILIZACION Y REPLANTEO</b>							
1	INSTALACIÓN DE FAENAS	GLB	1.00	68,611.55	Sesenta y ocho mil seiscientos once 55/100 Bolivianos	68,611.55	
2	REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRAFICO	KM	5.48	8,676.08	Ocho mil seiscientos setenta y seis 08/100 Bolivianos	47,544.90	
<b>SUBTOTAL MOVILIZACION Y REPLANTEO</b>							<b>116,156.45</b>
<b>2. LIMPIEZA Y RETIRO DE ESCOMBROS</b>							
3	REMOCION Y CARGUIO DE ESCOMBROS DMT<=300 M	M3	24,658.61	18.54	Dieciocho 54/100 Bolivianos	457,244.61	
4	SOBREACARREO DE ESCOMBROS DMT= 5KM	M3K	123,290.00	3.60	Tres 60/100 Bolivianos	443,720.71	
<b>SUBTOTAL LIMPIEZA Y RETIRO DE ESCOMBROS</b>							<b>900,965.32</b>
<b>3. MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>							
5	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA PLATAFORMA	M3	18,467.19	39.95	Treinta y nueve 95/100 Bolivianos	737,745.77	
6	TERRAPLEN CON MATERIAL DE CORTE	M3	4,294.11	67.44	Sesenta y siete 44/100 Bolivianos	289,611.95	
7	SOBREACARREO DE MATERIAL DE CORTE	M3K	55,266.88	3.60	Tres 60/100 Bolivianos	198,905.50	

SUBTOTAL MOVIMIENTO DE TIERRAS							1,226,263.22
<b>4.</b>	<b>PAVIMENTO</b>						
8	PEDRAPLEN PARA ESTABILIZACION DE PLATAFORMA	M3	3,526.25	181.25	Ciento ochenta y uno 25/100 Bolivianos	639,122.23	
9	PRODUCCION TRANSPORTE Y CONFORMADO CAPA SUBBASE E=0.20 M	M3	8,057.78	227.00	Doscientos veintisiete 00/100 Bolivianos	1,829,116.06	
10	PAVIMENTO RIGIDO MR = 4.2 MPA (E=0.20 M)	M3	8,057.78	1,276.51	Un mil doscientos setenta y seis 51/100 Bolivianos	10,285,844.81	
11	PASAJUNTAS DE AMARRE (L=0.50) 12 MM	ML	9,217.50	21.72	Veintiuno 72/100 Bolivianos	200,222.54	
12	PASAJUNTAS DE TRANSFERENCIA (L=0.40) 25 MM	ML	19,338.80	69.98	Sesenta y nueve 98/100 Bolivianos	1,353,329.22	
13	SELLO DE JUNTA	ML	28,752.00	20.52	Veinte 52/100 Bolivianos	590,106.05	
14	CORDON PROTECCION HORM SIMPLE PAVIMENTO 20X40 CM H-21	ML	4,895.00	210.75	Doscientos diez 75/100 Bolivianos	1,031,611.46	
<b>SUBTOTAL PAVIMENTO</b>							<b>15,929,352.37</b>
<b>5.</b>	<b>DRENAJE PLUVIAL</b>						
15	EXCAVACION NO CLASIF. PARA OBRAS DE DRENAJE MENOR	M3	9,459.58	67.11	Sesenta y siete 11/100 Bolivianos	634,870.25	
16	CORDON CUNETA DE HORMIGON SIMPLE H18 MPA	ML	5,980.02	307.99	Trecientos siete 99/100 Bolivianos	1,841,810.28	
17	CAMA DE TIERRA CERNIDA (C/PROV.MATERIAL Y COMPACTADO)	M3	104.50	115.88	Ciento quince 88/100 Bolivianos	12,109.36	
18	PROVISION Y COLOCADO DE TUBERIA PVC DN500 MM	ML	450.00	248.14	Doscientos cuarenta y ocho 14/100 Bolivianos	111,662.10	
19	PROVISION Y COLOCADO DE TUBERIA PVC DN600 MM	ML	650.00	330.83	Trecientos treinta 83/100 Bolivianos	215,041.45	

20	SUMIDEROS DE REJILLA	PZA	57.00	2,271.76	Dos mil doscientos setenta y uno 76/100 Bolivianos	129,490.15
21	RELLENO Y COMPACTADO CON PARA OBRAS DE DRENAJE	M3	1,040.28	87.69	Ochenta y siete 69/100 Bolivianos	91,216.95
<b>SUBTOTAL DRENAJE PLUVIAL</b>						<b>3,036,200.54</b>
<b>6.</b>	<b>ALCANTARILLADO SANITARIO EPSAS</b>					
22	EXCAVACION DE ZANJAS 0-2 M TERRENO SEMIDURO	M3	442.11	67.11	Sesenta y siete 11/100 Bolivianos	29,671.77
23	EXCAVACION DE ZANJAS 0-3 M TERRENO SEMIDURO	M3	2,540.00	73.83	Setenta y tres 83/100 Bolivianos	187,518.04
24	CAMA DE TIERRA CERNIDA (C/PROV.MATERIAL Y COMPACTADO)	M3	857.00	115.88	Ciento quince 88/100 Bolivianos	99,308.30
25	PROV. Y TENDIDO TDS PVC 6"	ML	2,700.00	262.92	Doscientos sesenta y dos 92/100 Bolivianos	709,894.80
26	PRUEBA HIDRAULICA	ML	2,700.00	12.14	Doce 14/100 Bolivianos	32,769.90
27	CAMARA DE INSPECCION HO AO D=1.20 H=2.00 M	PZA	1.00	2,167.04	Dos mil ciento sesenta y siete 04/100 Bolivianos	2,167.04
28	CAMARA DE INSPECCION HO AO D=1.20 H=3.00 M	PZA	41.00	3,177.67	Tres mil ciento setenta y siete 67/100 Bolivianos	130,284.59
29	RELLENO Y COMPACTADO CON TIERRA COMUN	M3	2,132.50	87.69	Ochenta y siete 69/100 Bolivianos	186,988.26
30	HORMIGON SIMPLE CAMARAS H-21	M3	79.17	1,969.50	Un mil novecientos sesenta y nueve 50/100 Bolivianos	155,925.63
31	ACERO DE REFUERZO FY=420 MPA	KG	1,166.90	17.09	Diecisiete 09/100 Bolivianos	19,942.32
<b>SUBTOTAL ALCANTARILLADO SANITARIO EPSAS</b>						<b>1,554,470.65</b>
<b>7.</b>	<b>SEÑALIZACION</b>					



32	SEÑALIZACION HORIZONTAL CONTINUA E=12 CM	ML	22,131.33	34.19	Treinta y cuatro 19/100 Bolivianos	756,686.08
33	SEÑALIZACION HORIZONTAL PASO DE ZEBRA	M2	849.20	90.66	Noventa 66/100 Bolivianos	76,988.47
34	OJOS DE GATO	UND	2,100.00	50.61	Cincuenta 61/100 Bolivianos	106,287.30
35	SEÑAL VERTICAL PREVENTIVA (0.60 X 0.60 M)	UND	65.00	1,916.68	Un mil novecientos dieciséis 68/100 Bolivianos	124,584.20
36	SEÑAL VERTICAL INFORMATIVA (0.25X0.70)	UND	62.00	1,687.98	Un mil seiscientos ochenta y siete 98/100 Bolivianos	104,654.45
37	SEÑAL VERTICAL RESTRICTIVA (0.90X0.60)	UND	37.00	2,328.35	Dos mil trescientos veintiocho 35/100 Bolivianos	86,148.95
38	SEÑALIZACION VERTICAL INFORMATIVA (DOS POSTES)	UND	2.00	2,813.11	Dos mil ochocientos trece 11/100 Bolivianos	5,626.22
39	ROMPE MUELLE B=2 H=10 CM	ML	250.00	791.36	Setecientos noventa y uno 36/100 Bolivianos	197,839.00
<b>SUBTOTAL SEÑALIZACION</b>						<b>1,458,814.67</b>
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>						<b>24,222,223.22</b>
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO (LITERAL): VEINTICUATRO MILLONES DOCIENTOS VEINTIDOS MIL DOCIENTOS VEINTITRES CON 22/100 BOLIVIANOS</b>						

### 3.9. Cómputos Métricos.

#### CÓMPUTOS MÉTRICOS

<b>1</b>	<b>INSTALACION DE FAENAS</b>		<b>GLB</b>
TOTAL INSTALACION DE FAENAS		1	GLB

<b>2</b>	<b>REPLANTEO Y TRAZADO DE VIAS</b>		<b>KM</b>
LONGITUD DE LA AV. ARICA		5080.01	M
LONGITUD DE LA INTERSECCION		397.5	M
<b>LONGITUD TOTAL</b>		<b>5.48</b>	<b>KM</b>

<b>3</b>	<b>REMOCION Y CARGUIO DE ESCOMBROS DMT&lt;=300 m</b>		<b>M3</b>
RETIRO DE LA AV ARICA		24402.57	M3
RETIRO DE LA INTERSECCION		256.04	M3
<b>TOTAL RETIRO DE ESCOMBROS</b>		<b>24658.61</b>	<b>M3</b>

<b>4</b>	<b>SOBREACARREO DE ESCOMBROS DMT=5 KM</b>		<b>M3K</b>
----------	---	--	------------

RETIRO DE LA AV ARICA		121933.81	M3K
RETIRO DE LA INTERSECCION		1356.19	M3K
<b>TOTAL RETIRO DE ESCOMBROS</b>		<b>123290</b>	<b>M3K</b>

<b>5</b>	<b>EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA PLATAFORMA</b>		<b>M3</b>
----------	--	--	-----------

#### **VOLUMEN PAVIMENTO**

DESCRIPCION	LONGITUD (M)	ANCHO (M)	ALTO (M)	VOLUMEN (M3)
AV. ARICA (PAVIMENTO)	5080.01	7	0.2	6896.89
INTERSECCION (PAVIMENTO)	397.5	7	0.2	573.58
<b>VOLUMEN TOTAL PAVIMENTO</b>				<b>7470.47</b>

#### **VOLUMEN CAPA SUB BASE**

DESCRIPCION	LONGITUD (M)	ANCHO (M)	ALTO (M)	VOLUMEN (M3)
AV. ARICA (CAPA SUB BASE)	5080.01	7	0.2	6896.89
INTERSECCION (CAPA SUB BASE)	397.5	7	0.2	573.58
<b>VOLUMEN TOTAL CAPA SUB BASE</b>				<b>7470.47</b>

**VOLUMEN PEDRAPLEN**

DESCRIPCION	LONGITUD (M)	ANCHO (M)	ALTO (M)	VOLUMEN (M3)
AV. ARICA (PEDRAPLEN)	1000	7	0.5	3526.25
<b>VOLUMEN TOTAL PEDRAPLEN</b>				<b>3526.25</b>
<b>VOLUMEN TOTAL DE EXCAVACION</b>				<b>15697.190</b>

6	TERRAPLEN CON MATERIAL DE CORTE			M3
RETIRO DE LA AV ARICA		4246.875	M3	
RETIRO DE LA INTERSECCION		47.235	M3	
<b>TOTAL RETIRO DE ESCOMBROS</b>		<b>4294.11</b>	<b>M3</b>	

7	SOBREACARREO DE ESCOMBROS DMT=5 KM			M3K
---	------------------------------------	--	--	-----

RETIRO DE LA AV ARICA	54658.9443	M3K
RETIRO DE LA INTERSECCION	607.93568	M3K
<b>TOTAL RETIRO DE ESCOMBROS</b>	<b>55266.880</b>	<b>M3K</b>

8	PEDRAPLEN PARA ESTABILIZACION DE PLATAFORMA				M3
DESCRIPCION	LONGITUD (M)	ANCHO (M)	ALTO (M)	VOLUMEN (M3)	
AV. ARICA (PEDRAPLEN)	1000	7	0.5	3526.25	
<b>VOLUMEN TOTAL PEDRAPLEN</b>				<b>3526.25</b>	

9	PRODUCCION TRANSPORTE Y CONFORMADO CAPA SUBBASE E=0.20 M				M3
DESCRIPCION	LONGITUD (M)	ANCHO (M)	ALTO (M)	VOLUMEN (M3)	
AV. ARICA (CAPA SUB BASE)	5080.01	7	0.2	7448.6412	
INTERSECCION (CAPA SUB BASE)	397.5	7	0.2	609.14196	
<b>VOLUMEN TOTAL CAPA SUB BASE</b>				<b>8057.78</b>	

10	PAVIMENTO RIGIDO MR = 4.2 MPA (E=0.20 M)				M3
DESCRIPCION	LONGITUD (M)	ANCHO (M)	ALTO (M)	VOLUMEN (M3)	
AV. ARICA (PAVIMENTO)	5080.01	7	0.2	7448.6412	
INTERSECCION (PAVIMENTO)	397.5	7	0.2	609.14196	

<b>VOLUMEN TOTAL PAVIMENTO</b>	<b>8057.78</b>
--------------------------------	----------------

11	PASAJUNTAS DE AMARRE (L=0.50) 12 MM				PZA
DESCRIPCION	# DE BARRAS POR TIRA DE LOSA	# DE TIRAS DE LOSA POR TRAMO	CANTIDAD DE BARRAS	LONGITUD UNITARIA	L TOTAL (m)
AV. ARICA	4	8132.016	17,077.23	0.5	8538.6168
INTERSECCION	4	640.000	1,344.00	0.5	678.888
<b>CANTIDAD TOTAL DE BARRAS</b>			<b>18,422.00</b>		<b>9217.50</b>

12	PASAJUNTAS DE TRANSFERENCIA (L=0.40) 25 MM				ML
DESCRIPCION	# DE BARRAS POR TIRA DE LOSA	# DE TIRAS DE LOSA POR TRAMO	CANTIDAD DE BARRAS	LONGITUD UNITARIA	L TOTAL (m)
AV. ARICA	7	14224.028	44,805.69	0.4	17922.27528
INTERSECCION	7	1113.000	3,505.95	0.4	1416.523002
<b>CANTIDAD TOTAL DE BARRAS</b>			<b>48,312.00</b>		<b>19338.80</b>

13	SELLO DE JUNTA				ML
DESCRIPCION	LONGITUD TRANSVERSAL (LOSA)	DISTANCIA LONGITUDINAL (LOSA)	DISTANCIA TRANSVERSAL	DIST. TOTAL LONGITUDINAL	DIST. TOTAL TRANSVERSAL SELLO DE JUNTAS
AV. ARICA	2.33	2.5	7	2033.004	14231.028
INTERSECCION	2.33	2.5	7	160	1120
<b>LONGITUD TOTAL DE SELLO DE JUNTA TRANSVERSAL</b>					<b>15351.028</b>

DESCRIPCION	LONGITUD TRANSVERSAL (LOSA)	DISTANCIA LONGITUDINAL (LOSA)	DISTANCIA TRANSVERSAL	DIST. TOTAL LONGITUDINAL	DIST. TOTAL TRANSVERSAL SELLO DE JUNTAS
AV. ARICA	2.33	2.5	7	11836.423	11836.4233
INTERSECCION	2.33	2.5	7	926.175	926.175
<b>LONGITUD TOTAL DE SELLO DE JUNTA LONGITUDINAL</b>					<b>13400.72822</b>

<b>LONGITUD TOTAL DE SELLO DE JUNTA</b>			<b>28752.00</b>
---	--	--	-----------------

<b>14</b>	<b>CORDON PROTECCION HORM SIMPLE PAVIMENTO 20X40 CM H-21</b>			<b>ML</b>
BORDILLO AV ARICA		4895	ML	
<b>TOTAL BORDILLO</b>		<b>4895.00</b>	<b>ML</b>	

<b>15</b>	<b>EXCAVACION NO CLASIF. PARA OBRAS DE DRENAJE MENOR</b>			<b>M3</b>
EXCAVACION PARA LINEAS DE ACOMETIDA		1128.6	M3	
EXCAVACION CANAL REVESTIDO		8331.36	M4	
<b>VOLUMEN TOTAL DE EXCAVACION</b>		<b>9459.58</b>	<b>M5</b>	

<b>16</b>	<b>CORDON CUNETA DE HORMIGON SIMPLE H18 MPA</b>			<b>ML</b>
CORDON CUNETA AV ARICA		4997.5675	ML	
CORDON CUNETA INTERSECCION		982.455	ML	
<b>TOTAL CORDON CUNETA</b>		<b>5980.02</b>	<b>ML</b>	

<b>17</b>	<b>CAMA DE TIERRA CERNIDA (C/PROV.MATERIAL Y COMPACTADO)</b>			<b>M3</b>
<b>VOLUMEN TOTAL</b>		<b>104.50</b>	<b>M3</b>	

<b>18</b>	<b>PROVISION Y COLOCADO DE TUBERIA PVC DN250 MM</b>			<b>ML</b>
LINEAS DE 250 MM		450	ML	
<b>TOTAL PROVISION Y COLOCADO</b>		<b>450.00</b>	<b>ML</b>	

<b>19</b>	<b>PROVISION Y COLOCADO DE TUBERIA PVC DN300 MM</b>			<b>ML</b>
LINEAS DE 300 MM		650	ML	
<b>TOTAL PROVISION Y COLOCADO</b>		<b>650.00</b>	<b>ML</b>	

<b>20</b>	<b>SUMIDEROS DE REJILLA</b>			<b>PZA</b>
SUMIDEROS DE REJILLA		57	PZA	
<b>TOTAL SUMIDEROS DE REJILLA</b>		<b>57.00</b>	<b>PZA</b>	

<b>21</b>	<b>RELLENO Y COMPACTADO CON PARA OBRAS DE DRENAJE</b>			<b>M3</b>
RELLENO Y COMPACTADO PARA DRENAJE		1040.28012	M3	
<b>VOLUMEN TOTAL</b>		<b>1040.28</b>	<b>M3</b>	

<b>22</b>	<b>EXCAVACION DE ZANJAS 0-2 M TERRENO SEMIDURO</b>			<b>M3</b>
-----------	--	--	--	-----------

	EXCAVACION DE ZANJAS	442.11	M3
	<b>VOLUMEN TOTAL EXCAVACION DE ZANJAS</b>	<b>442.11</b>	<b>M3</b>

<b>23</b>	<b>EXCAVACION DE ZANJAS 0-3 M TERRENO SEMIDURO</b>		<b>M3</b>
	EXCAVACION DE ZANJAS	2540.00	M3
	<b>VOLUMEN TOTAL EXCAVACION DE ZANJAS</b>	<b>2540.00</b>	<b>M3</b>

<b>24</b>	<b>CAMA DE TIERRA CERNIDA (C/PROV.MATERIAL Y COMPACTADO)</b>		<b>M3</b>
	CAMA DE TIERRA CERNIDA	857	M3
	<b>VOLUMEN TOTAL CAMA DE TIERRA CERNIDA</b>	<b>857.00</b>	<b>M3</b>

<b>25</b>	<b>PROV. Y TENDIDO TDS PVC 6"</b>		<b>ML</b>
	PROV. Y TENDIDO TDS PVC 6"	2,700.00	ML
	<b>TOTAL PROV. Y TENDIDO TDS PVC 6"</b>	<b>2700.00</b>	<b>ML</b>

<b>26</b>	<b>PRUEBA HIDRAULICA</b>		<b>ML</b>
	PRUEBA HIDRAULICA	2,700.00	ML
	<b>TOTAL PRUEBA HIDRAULICA</b>	<b>2700.00</b>	<b>ML</b>

<b>27</b>	<b>CAMARA DE INSPECCION HO AO D=1.20 H=2.00 M</b>		<b>PZA</b>
	CAMARA DE INSPECCION	1	PZA
	<b>TOTAL CAMARA DE INSPECCION</b>	<b>1.00</b>	<b>PZA</b>

<b>28</b>	<b>CAMARA DE INSPECCION HO AO D=1.20 H=3.00 M</b>		<b>PZA</b>
	CAMARA DE INSPECCION	41	PZA
	<b>TOTAL CAMARA DE INSPECCION</b>	<b>41.00</b>	<b>PZA</b>

<b>29</b>	<b>RELLENO Y COMPACTADO CON TIERRA COMUN</b>		<b>M3</b>
	RELLENO Y COMPACTADO CON TIERRA COMUN	2132.5	M3
	<b>VOLUMEN TOTAL</b>	<b>2132.50</b>	<b>M3</b>

<b>30</b>	<b>HORMIGON SIMPLE CAMARAS H-21</b>		<b>M3</b>
	HORMIGON SIMPLE CAMARAS H-21	79.17	M3
	<b>TOTAL HORMIGON SIMPLE CAMARAS H-21</b>	<b>79.17</b>	<b>M3</b>

<b>31</b>	<b>ACERO DE REFUERZO FY=420 MPA</b>		<b>KG</b>
	ACERO DE REFUERZO FY=420 MPA	1166.9	KG
	<b>VOLUMEN TOTAL</b>	<b>1166.90</b>	<b>KG</b>

<b>32</b>	<b>SEÑALIZACION HORIZONTAL CONTINUA E=12 CM</b>		<b>ML</b>
			<b>CANTIDAD DEMARCAION</b>
	ANCHO DE LA DEMARCAION DIVISOR DE CARRILES(CM)	12	2
	ANCHO DE LA DEMARCAION DE LOS BORDES(CM)	12	2
	LONGITUD TOTAL (M)	5,477.51	4
	<b>SEÑALIZACION HORIZONTAL CONTINUA E=12 CM</b>	<b>22,131.33</b>	<b>ML</b>

<b>33</b>	<b>SEÑALIZACION HORIZONTAL PASO DE ZEBRA</b>		<b>M2</b>
	<b>INTERSECCIÓN</b>	<b>PROGRESIV A</b>	
1	AV. PUEBLO NUEVO	0+227.27	
2	AV VICENTE	0.521.05	
3	AV PERIFERICA	1+725.13	
4	CALLE CALAHUMANA	2+009.99	
5	CALLE C.J. SOTOMAYOR	2+057.35	
6	CALLE 3	2+172.93	
7	CALLE 4	2+273.67	
8	CALLE 5	2+385.11	
9	CALLE 6	2+428.78	
10	CALLE 7	2+478.98	
11	CALLE 8	2+598.23	
12	AV INCAHUASI	2+699.39	
13	CALLE 9	2+835.47	
14	CALLE A	3+001.07	

15	CALLE 10	3+040.81
16	CALLE 11	3+148.45
17	AV JAPON	3+231.09
18	CALLE 12	3+317.43
19	CALLE 13	3+438.95
20	CALLE 14	3+592
21	AV. COPACABANA	3+777
22	CALLE 15	3+838
23	CALLE 16	3+881
24	CALLE 17	4+041
25	CALLE 18	4+198
26	CALLE 19	4+290
27	INTERSECCIÓN	4+424.81

ANCHO EN (M)	0.5		
LARGO (M)	4		
ANCHO DE LA CALZADA (M)	7		
TOTAL DEL LINEAS	7		
CANT INTERSECCIONES	27		
CANTIDAD DE PASO ZEBRA	386		
<b>SEÑALIZACION HORIZONTAL DE PASO ZEBRA</b>		<b>849.2</b>	<b>M2</b>

<b>34</b>	<b>OJOS DE GATO</b>		<b>UND</b>
LONGITUD TOTAL	5477.51		
ESPACIO ENTRE TACHAS	8		
<b>TOTAL DE OJOS DE GATO</b>	<b>2100.00</b>	<b>UND</b>	



<b>35</b>	<b>SEÑAL VERTICAL PREVENTIVA (0.60 X 0.60 M)</b>		<b>UND</b>
CANTIDAD DE ROMPEMUELLES	34		
CANTIDAD DE INTERSECCIONES	27		
CANTIDAD DE INSTITUCIONES	4		
<b>CANTIDAD DE SEÑALIZACIÓN PREVENTIVA</b>	<b>65</b>	<b>UND</b>	

<b>36</b>	<b>SEÑAL VERTICAL INFORMATIVA (0.25X0.70)</b>		<b>UND</b>
CANTIDAD DE INTERSECCIONES	28		
CANTIDAD DE INSTITUCIONES	4		
<b>CANTIDAD TOTAL DE SEÑALIZACIÓN INFORMATIVA</b>	<b>60</b>	<b>UND</b>	

<b>37</b>	<b>SEÑALIZACIÓN VERTICAL (RESTRICTIVA) 90 cm X 60cm</b>		<b>UND</b>
LONGITUD TOTAL	5477.51		
LONGITUD ENTRE SEÑALIZACIÓN	150		
<b>CANTIDAD DE SEÑALIZACIÓN PREVENTIVA</b>	<b>37.0</b>	<b>UND</b>	

<b>38</b>	<b>SEÑALIZACIÓN VERTICAL INFORMATIVA (DOS POSTES)</b>		<b>UND</b>
CANTIDAD DE CRUCES DE AVENIDAS PRINCIPALES	2	82cmX62cm	
<b>CANTIDAD DE SEÑALIZACIÓN INFORMATIVA</b>	<b>2.0</b>	<b>UND</b>	

<b>39</b>	<b>ROMPE MUELLE B=2 H= 10CM</b>		<b>ML</b>
CANTIDAD DE INTERSECCIONES	27		
ROMPEMUELLES ENTRE INTERSECCIONES	7		
TOTAL	34		
ANCHO DE CALZADA	7		
<b>CANTIDAD DE ROMPEMUELLES</b>	<b>250</b>	<b>ML</b>	

### 3.10. Cronograma.

CRONOGRAMA DE EJECUCION								
Nombre de tarea	Duración	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	
<b>CONSTRUCCIÓN VIA DE ACCESO CENTRO DE INVESTIGACIÓN NUCLEAR (ANCHO 7 M)</b>	<b>180 días</b>							
<b>MOVILIZACIÓN Y REPLANTEO</b>	<b>20 días</b>							
INSTALACIÓN DE FAENAS	20 días							
REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRÁFICO	20 días							
<b>LIMPIEZA Y RETIRO DE ESCOMBROS</b>	<b>90 días</b>							
REMOCIÓN Y CARGUIO DE ESCOMBROS DMT<=300M	90 días							
SOBREACARREO DE ESCOMBROS DMT=5KM	90 días							
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>	<b>130 días</b>							
EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA PARA PLATAFORMA	130 días							
TERRAPLEN CON MATERIAL DE CORTE	130 días							
SOBREACARREO DE MATERIAL	130 días							
<b>PAVIMENTO</b>	<b>142 días</b>							
PEDRAPLEN PARA ESTABILIZACIÓN DE PLATAFORMA	90 días							
PRODUCCIÓN TRANSPORTE Y CONFORMADO CAPA SUBBASE E=0.20 M	130 días							
PAVIMENTO RÍGIDO MR=4.2 MPA (E=0.20M)	121 días							
PASAJUNTAS DE AMARRE (L=0.50) 12 MM	121 días							
PASAJUNTAS DE TRANSFERENCIA (L=0.40) 25 MM	121 días							
SELLO DE JUNTA	121 días							
CORDÓN DE PROTECCIÓN HORM SIMPLE PAVIMENTO 20X40 CM H-21	121 días							
<b>DRENAJE PLUVIAL</b>	<b>127 días</b>							
EXCAVACIÓN NO CLASIF. PARA OBRAS DE DRENAJE MENOR	100 días							
CORDON CUNETA DE HORMIGON SIMPLE H18 MPA	100 días							
CAMA DE TIERRA CERNIDA (C/PROV. MATERIAL Y COMPACTADO)	100 días							
PROVISIÓN Y COLOCADO DE TUBERÍA PVC DN250 MM	100 días							
PROVISIÓN Y COLOCADO DE TUBERÍA PVC DN300 MM	100 días							
SUMIDEROS DE REJILLA	100 días							
RELLENO Y COMPACTADO PARA OBRAS DE DRENAJE	100 días							
<b>ALCANTARILLADO SANITARIO EPSAS</b>	<b>146 días</b>							
EXCAVACIÓN DE ZANJAS 0-2 M TERRENO SEMIDURO	120 días							
EXCAVACIÓN DE ZANJAS 0-3 M TERRENO SEMIDURO	120 días							
CAMA DE TIERRA CERNIDA (C/PROV. MATERIAL Y COMPACTADO)	120 días							
PROV. Y TENDIDO TDS PVC 6"	120 días							
PRUEBA HIDRAULICA	120 días							
CAMARA DE INSPECCIÓN HO AO D=1.20 H=2.00 M	120 días							
CAMARA DE INSPECCIÓN HO AO D=1.20 H=3.00 M	120 días							
RELLENO Y COMPACTADO CON TIERRA COMUN	120 días							
HORMIGÓN SIMPLE CÁMARAS H-21	120 días							
ACERO DE REFUERZO FY=420 MPA	120 días							
<b>SEÑALIZACIÓN</b>	<b>40 días</b>							
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL CONTINUA E=12 CM	15 días							
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL PASO DE CEBRA	7 días							
OJOS DE GATO	7 días							
SEÑAL VERTICAL PREVENTIVA (0.60 X 0.60 M)	7 días							
SEÑAL VERTICAL INFORMATIVA (0.25X0.70 M)	7 días							
SEÑAL VERTICAL RESTRICTIVA (0.90 X 0.60)	7 días							
SEÑALIZACIÓN VERTICAL INFORMATIVA (DOS POSTES)	10 días							
ROMPE MUELLE B=2 H=10CM	40 días							

---

ACTIVIDADES	
ACTIVIDADES CRITICAS	
RESUMEN DE ACTIVIDADES	

#### **4. SEGUIMIENTO A OBRA. -**

El procedimiento de Seguimiento del Proyecto establece el conjunto de acciones que se llevaron a cabo para la comprobación de la correcta ejecución de las actividades del proyecto establecidas en la planificación del mismo. Su propósito es proporcionar un entendimiento del progreso del proyecto de forma que se puedan tomar las acciones correctivas apropiadas cuando la ejecución del proyecto se desvíe significativamente de su planificación.

Es así que durante la ejecución del proyecto se fue teniendo un seguimiento detallado de los ítems que se debían ejecutar de acuerdo al cronograma presentado en la propuesta, mismo que fue de cierta manera ajustado de acuerdo a las condiciones del proyecto esto de acuerdo a reuniones conjuntas con el área de supervisión para coordinar tareas a realizar con la autorización previa del área de Supervisión y con la aprobación de Fiscalización.

La mejor manera de plasmar el desarrollo de la obra es mediante la elaboración de la planilla de pago mensuales que la empresa va presentando a Supervisión para su revisión y aprobación debido que en esta se puede verificar que ítem se encuentran ejecutando en cada periodo y así poder determinar el avance físico y financiero del proyecto.

En ese entendido se puede dar los siguientes datos del proyecto en cuanto a los plazos:

**TABLA 4. 1 Plazos de ejecución del proyecto y sus modificaciones.**

PLAZO DE CONTRATO ORIGINAL:	180 Días
PLAZO DE CONTRATO AMPLIATORIO:	31 Días
PLAZO DE CONTRATO MODIFICATORIO N° 1:	
PLAZO ACTUALIZADO DE CONTRATO:	211 Días
PLAZO VIGENTE DE CONTRATO:	
FECHA DE ORDEN DE PROCEDER:	13/07/2019
FECHA DE INICIO DE SERVICIOS:	13/07/2019
FECHA DE CONCLUSIÓN DE OBRA:	09/02/2020
TIEMPO TRANSCURRIDO DEL CONTRATO:	231 Días

*Fuente: Certificado de pago N° 8 del proyecto.*

El presupuesto final del proyecto se vio modificado para la forma del contrato esto debido a que la empresa financiadora del proyecto solicito el ajuste del precio de algunos ítems para ya que el monto destinado a la ejecución no era suficiente, por lo que en esta etapa la empresa EBC ajusto los precios unitarios de algunos ítems pero no de forma sustancial por lo que el monto final del presupuesto de obra asciende a la suma de Bs. 24.030.605,9 (Veinticuatro millones treinta mil seiscientos cinco con 90/100 bolivianos), este es el monto que se puede apreciar en los certificados de pago del proyecto.

Por otro lado se darán los siguientes datos generales del seguimiento a obra generados para la presentación de la planilla de avance hasta el periodo de febrero de 2020 ya que a la fecha no se dio reinicio a las actividades del proyecto debido a la Pandemia del COVID 19 que paralizó la ejecución de todos los proyectos de la empresa constructora, por lo a continuación se presentaran las siguientes planillas de seguimiento:

- Certificado de pago N° 8 – periodo febrero de 2020.
- Planilla de avance por ítems.
- Planilla de avance físico - financiero.
- Planilla de retenciones.



AGENCIA BOLIVIANA DE ENERGIA  
NUCLEAR

## CERTIFICADO DE PAGO CONTRATISTA

CONTRATISTA:

EBC

GERENCIA REGIONAL LA PAZ

**PROYECTO: CONSTRUCCION PAVIMENTO RIGIDO AVENIDA ARICA DESDE LA AV. 6 DE MARZO HASTA EL CENTRO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO EN TECNOLOGIA NUCLEAR, URBANIZACION PARCOPATA EL ALTO**

<b>ORGANISMO CONTRATANTE:</b> Agencia Boliviana de Energia Nuclear	<b>CERTIFICADO DE PAGO N°:</b> 8	
<b>ORGANISMO FINANCIADOR:</b> Agencia Boliviana de Energia Nuclear	<b>MES:</b> FEBRERO 2020	<b>Periodo:</b> 1 de febrero de 2020 Al: 29 de febrero de 2020
<b>CONTRATO:</b> ABEN N°082/2019	<b>CONTRATISTA:</b> EMPRESA ESTRATÉGICA BOLIVIANA DE CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DE INFRAESTRUCTURA CIVIL (EBC)	
<b>CONTRATO MODIFICATORIO N° 1:</b>	<b>DIRECCIÓN:</b> Av. Brasil # 1636, La Paz - Bolivia	
<b>ADDENDA AL CONTRATO:</b>	<b>TELÉFONO/FAX:</b> 2244624 / 2242524	
<b>RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA DE ADJUDICACIÓN:</b>	<b>CELULAR:</b>	
<b>PROCESO DE CONTRATACIÓN:</b>		

				DESCRIPCIÓN	MONTO Bs.
PLAZO DE CONTRATO ORIGINAL:	180	Días		MONTO DE CONTRATO ORIGINAL	24,030,605.90
PLAZO DE CONTRATO AMPLIATORIO:	31	Días		MONTO DE CONTRATO AMPLIATORIO	
PLAZO DE CONTRATO MODIFICATORIO N° 1:				MONTO DE CONTRATO MODIFICATORIO N° 1	
PLAZO ACTUALIZADO DE CONTRATO:	211	Días		MONTO ACTUALIZADO DE CONTRATO	24,030,605.90
PLAZO VIGENTE DE CONTRATO:					
FECHA DE ORDEN DE PROCEDER:	13/07/2019			IMPORTE DE SERVICIO EJECUTADO Y ACUMULADO HASTA LA FECHA (B+C)	11,574,134.92
FECHA DE INICIO DE SERVICIOS:	13/07/2019			IMPORTE DE SERVICIO EJECUTADO Y ACUMULADO HASTA EL MES ANTERIOR	9,990,396.09
FECHA DE CONCLUSIÓN DE OBRA:	09/02/2020			IMPORTE DE SERVICIO DEL PRESENTE PERIODO	1,583,738.83
TIEMPO TRANSCURRIDO DEL CONTRATO:	231	Días		MULTAS Y/O DEDUCCIONES/PENALIDADES HASTA LA FECHA	1,246,435.60
<b>CONTROL DEL ANTICIPO</b>				MULTAS Y/O DEDUCCIONES ACUMULADAS HASTA EL MES ANTERIOR	768,410.88
Monto desembolsado Anticipo	0.00	0.00	%	MULTAS Y/O DEDUCCIONES CONTRACTUALES EN EL PRESENTE PERIODO	478,024.72
Monto restituido hasta el mes anterior	0.00	0.00	%	RETENCIÓN POR GARANTÍA DE CONTRATO HASTA LA FECHA (H+I)	810,189.46
Monto restituido en el presente periodo	0.00	0.00	%	RETENCIÓN POR GARANTÍA ACUMULADA HASTA EL MES ANTERIOR	699,327.74
Monto restituido a la fecha	0.00	0.00	%	RETENCIÓN POR GARANTÍA CONTRACTUAL EN EL PRESENTE MES	110,861.72
Saldo Anticipo	0.00	0.00	%	DEVOLUCIÓN POR GARANTÍA DE CONTRATO HASTA LA FECHA (K+L)	-
<b>RETENCION CUMPLIMIENTO DE CONTRATO</b>				DEVOLUCIÓN POR GARANTÍA ACUMULADA HASTA EL MES ANTERIOR	-
Monto Total a Retener	1,682,142.41	7.00	%	DEVOLUCIÓN POR GARANTÍA CONTRACTUAL EN EL PRESENTE MES	-
Monto retenido hasta el mes anterior	699,327.74	2.91	%	DEDUCCIÓN DEL ANTICIPO EN EL PRESENTE PERIODO	-
Monto retenido en el presente periodo	110,861.72	0.46	%		
Monto retenido a la fecha	810,189.46	3.37	%		
Liquido pagable en el presente certificado					994,852.39

Saldo por Retener	871,952.95	3.63	%	Saldo por cobrar a la fecha		
% DE AVANCE FÍSICO	AL MES ANTERIOR	41.57	%	Son: (Bs):		<b>994,852.39</b>
	EN EL PERIODO	6.59	%	<b>NOVECIENTOS NOVENTA Y CUATRO MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA Y DOS 39/100 BOLIVIANOS</b>		
	A LA FECHA	48.16	%			
% DE AVANCE FINANCIERO	AL MES ANTERIOR	35.47	%	lidad de trabajo ejecutado, los servicios, los equipos y materiales provistos de acuerdo con los requerimientos y las cantidades certificadas son correctas.	Las cantidades certificadas en este formato son la correcta de acuerdo a lo estipulado en el contrato, en los pliegos contractuales	
	EN EL PERIODO	4.14	%			
	A LA FECHA	39.61	%			
% DE MULTAS Y PENALIDADES	AL MES ANTERIOR	3.20	%	La Paz, ___/___/2020	La Paz, ___/___/2020  Ing. Juan Jose Choque GERENTE DE PROYECTO	
	EN EL PERIODO	1.99	%			
	A LA FECHA	5.19	%			
<b>INFORMACIÓN DE LOS BENEFICIARIOS SIGEP</b>						
Razón Social	EBC					
Carnet de Identidad	4456603					
NIT	193208025					
Banco	BANCO UNION S.A.					
No Cuenta	10000009604451					
La fiscalización, garantiza que la ejecución de obras planificadas por la actividad la Constructora y Supervisión se por amente y llevan a término éxitos términos establecidos acorde a los pliegos en los Contratos respectivo y/o Pliegos de Especificaciones Técnicas.			Ing. Carlos H. Tupa Mamani. DIRECTOR DE OBRA			
Ing. Carlos E. Audivert Cors FISCAL DE OBRA La Paz, ___/___/2020						



AGENCIA BOLIVIANA DE ENERGÍA NUCLEAR



PLANILLA DE AVANCE DE OBRA  
**EMPRESA ESTRATÉGICA BOLIVIANA DE CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DE INFRAESTRUCTURA CIVIL (EBC)**



E. B. C.

CARRETERA: AV. ARICA  
 TRAMO: AV. 8 DE MARZO AL CIDTN PARCOPATA - EL ALTO  
 RUTA: Secundaria

Item	Descripción	SEGUN CONTRATO				HASTA LA FECHA		SALDOS		PORCENTAJE DE AVANCE	
		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	MONTO	CANTIDAD	MONTO	CANTIDAD	MONTO	ACTUAL	ACUMULADO
<b>1</b>	<b>MOVILIZACION Y REPLANTEO</b>										
1	INSTALACIÓN DE FAENAS	GLB	1.00	68,011.55	68,011.55	0.80	54,880.24	0.20	13,722.31	0.00%	80.00%
2	REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRAFICO	KM	5.48	8,076.08	47,544.22	5.44	47,197.88	0.04	347.04	0.00%	99.27%
	<b>Sub Total =</b>				<b>118,158.47</b>		<b>102,867.12</b>		<b>14,089.36</b>	<b>0.00%</b>	<b>87.88%</b>
<b>2</b>	<b>LIMPIEZA Y RETIRO DE ESCOMBROS</b>										
3	REMOCION Y CARGUIO DE ESCOMBROS DMT=300 M	M3	24,958.00	18.54	457,159.32	11,494.61	213,110.07	-	-	0.00%	100.00%
4	SOBRECARREO DE ESCOMBROS DMT= 5KM	M3-KM	123,290.00	3.60	443,844.00	31,732.98	114,238.88	-	-	0.00%	100.00%
	<b>Sub Total =</b>				<b>901,003.32</b>		<b>327,348.95</b>		<b>-</b>	<b>0.00%</b>	<b>100.00%</b>
<b>3</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>										
5	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA PLATAFORMA	M3	15,347.49	39.95	613,132.23	22,147.61	884,797.02	3,328.05	132,965.80	0.00%	88.94%
6	TERRAPLEN CON MATERIAL DE CORTE	M3	4,294.11	67.44	289,594.76	9,500.00	640,660.00	-	-	0.00%	100.00%
7	SOBRECARREO DE MATERIAL DE CORTE	M3-KM	55,288.88	3.60	199,950.77	47,748.48	171,894.48	23,518.42	84,995.31	0.00%	67.00%
	<b>Sub Total =</b>				<b>1,101,887.78</b>		<b>1,897,371.48</b>		<b>217,621.91</b>	<b>0.00%</b>	<b>88.64%</b>
<b>4</b>	<b>PAVIMENTO</b>										
8	REDRAPLEN PARA ESTABILIZACION DE PLATAFORMA	M3	3,526.25	181.25	639,132.81	-	-	3,526.25	639,132.81	0.00%	0.00%
9	PRODUCCION TRANSPORTE Y CONFORMADO CAPA SUBBASE E=0.20 M	M3	8,057.67	227.80	1,829,091.09	7,110.32	1,614,042.64	947.35	215,048.45	0.00%	88.24%
10	PAVIMENTO RIGIDO MR= 4.2 MPA (E=0.20 M)	M3	8,057.67	1,276.51	10,285,696.33	4,914.62	6,273,561.58	3,143.05	4,012,134.75	15.31%	60.99%
11	PASAJUNTAS DE AMARRE (L=0.50) 12 MM	ML	9,217.50	21.72	200,204.10	4,341.50	94,297.38	4,876.00	105,908.72	0.00%	47.10%
12	PASAJUNTAS DE TRANSFERENCIA (L=0.40) 25 MM	ML	19,338.80	69.98	1,353,329.22	9,670.00	678,706.60	9,668.80	676,622.62	0.00%	50.00%
13	SELLO DE JUNTA	ML	28,384.00	20.52	582,439.68	-	-	28,384.00	582,439.68	0.00%	0.00%
14	CORDON PROTECCION HORM SIMPLE PAVIMENTO 20X40 CM H-21	ML	4,895.00	210.75	1,031,621.25	723.38	152,448.12	8,776.64	1,849,676.88	0.00%	7.61%
	<b>Sub Total =</b>				<b>15,921,614.48</b>		<b>8,811,368.32</b>		<b>8,080,661.91</b>	<b>8.32%</b>	<b>62.16%</b>
<b>5</b>	<b>DRENAJE FLUVIAL</b>										
15	EXCAVACION NO CLASIF. PARA OBRAS DE DRENAJE MENOR	M3	9,459.58	67.11	634,832.41	6,989.08	469,037.15	6,010.92	537,612.85	0.88%	46.59%
16	CORDON CUNETAS DE HORMIGON SIMPLE H18 MPA	ML	5,980.02	307.99	1,841,788.36	-	-	800.00	246,392.00	0.00%	0.00%
17	CAMA DE TIERRA CERNEIDA (C.PROV.MATERIAL Y COMPACTADO)	M3	104.50	115.88	12,109.48	44.82	5,193.74	59.68	6,915.72	0.00%	42.69%
18	PROVISION Y COLOCADO DE TUBERIA PVC DN250 MM	ML	450.00	248.14	111,653.00	-	-	450.00	111,653.00	0.00%	0.00%
19	PROVISION Y COLOCADO DE TUBERIA PVC DN300 MM	ML	650.00	330.83	215,039.50	153.29	50,712.93	496.71	164,326.57	0.00%	23.58%
20	SUMIDEROS DE REJILLA	PZA	57.00	2,271.76	129,490.32	10.00	22,717.60	47.00	106,772.72	0.00%	17.54%
21	RELLENO Y COMPACTADO PARA OBRAS DE DRENAJE	M3	1,040.28	87.89	91,222.15	63.58	5,573.58	976.72	85,648.57	0.00%	6.11%
	<b>Sub Total =</b>				<b>3,038,143.20</b>		<b>663,286.00</b>		<b>1,268,681.48</b>	<b>8.48%</b>	<b>30.62%</b>

 AGENCIA BOLIVIANA DE ENERGIA NUCLEAR		PLANILLA DE AVANCE DE OBRA EMPRESA ESTRATÉGICA BOLIVIANA DE CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DE INFRAESTRUCTURA CIVIL (EBC)						 E. B. C.			
CARRETERA: AV. ARICA TRAMO: AV. 8 DE MARZO AL CIDTN PARCOPATA - EL ALTO RUTA: Secundaria											
Item	Descripción	SEGUN CONTRATO				HASTA LA FECHA		SALDOS		PORCENTAJE DE AVANCE	
		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	MONTO	CANTIDAD	MONTO	CANTIDAD	MONTO	ACTUAL	ACUMULADO
6	ALCANTARILLADO SANITARIO EPSAS										
22	EXCAVACION DE ZANJAS 0-2 M TERRENO SEMIDURO	M3	442.11	57.11	29,070.00	531.84	35,091.78	110.27	7,400.22	0.00%	82.83%
23	EXCAVACION DE ZANJAS 0-3 M TERRENO SEMIDURO	M3	2,540.00	73.83	187,528.20	-	-	2,540.00	187,528.20	0.00%	0.00%
24	CAMA DE TIERRA CERNIDA (C/PROV.MATERIAL Y COMPACTADO)	M3	857.00	115.88	99,309.16	47.84	5,520.52	809.38	93,788.64	0.00%	5.56%
25	PROV. Y TENDIDO TDS PVC 6"	ML	2,700.00	282.92	709,884.00	55.55	14,804.12	2,644.45	695,279.88	0.00%	2.06%
26	PRUEBA HIDRAULICA	ML	2,700.00	12.14	32,778.00	-	-	2,700.00	32,778.00	0.00%	0.00%
27	CAMARA DE INSPECCION HO AO D=1.20 H=2.00 M	PZA	1.00	2,167.04	2,167.04	-	-	1.00	2,167.04	0.00%	0.00%
28	CAMARA DE INSPECCION HO AO D=1.20 H=3.00 M	PZA	41.00	3,177.67	130,284.47	-	-	41.00	130,284.47	0.00%	0.00%
29	RELLENO Y COMPACTADO CON TIERRA COMUN	M3	2,132.50	87.89	186,998.93	310.41	27,219.85	1,822.09	159,779.08	0.00%	14.56%
30	HORMIGON SIMPLE CAMARAS H=21	M3	79.17	1,969.50	155,925.32	-	-	79.17	155,925.32	0.00%	0.00%
31	ACERO DE REFUERZO FY=420 MPA	KG	1,166.90	17.09	19,942.32	-	-	1,166.90	19,942.32	0.00%	0.00%
Sub Total =					1,664,487.44		88,098.27		1,484,878.17	0.00%	6.30%
7	SEÑALIZACION										
32	SEÑALIZACION HORIZONTAL CONTINUA E=12 CM	ML	22,131.94	34.19	756,691.03	-	-	22,131.94	756,691.03	0.00%	0.00%
33	SEÑALIZACION HORIZONTAL PASO DE ZEBRA	M2	849.05	90.86	76,974.87	-	-	849.05	76,974.87	0.00%	0.00%
34	OJOS DE GATO	UNID	2,100.00	50.81	106,281.00	-	-	2,100.00	106,281.00	0.00%	0.00%
35	SEÑAL VERTICAL PREVENTIVA (0.60 X 0.60 M)	UNID	80.00	1,916.88	153,350.40	-	-	80.00	153,350.40	0.00%	0.00%
36	SEÑAL VERTICAL INFORMATIVA (0.25X0.70)	UNID	50.00	1,887.96	94,398.00	-	-	50.00	94,398.00	0.00%	0.00%
37	SEÑAL VERTICAL RESTRICTIVA (0.90X0.60)	UNID	35.00	2,328.35	81,492.25	-	-	35.00	81,492.25	0.00%	0.00%
38	SEÑALIZACION VERTICAL INFORMATIVA (DOS POSTES)	UNID	2.00	2,813.11	5,626.22	-	-	2.00	5,626.22	0.00%	0.00%
39	ROMPE MUELLE B=2 H=10 CM	ML	206.00	791.36	163,020.16	-	-	206.00	163,020.16	0.00%	0.00%
Sub Total =					1,389,813.21		-		1,389,813.21	0.00%	0.00%
AJUSTE POR DECIMALES											
TOTAL GENERAL					24,090,606.90		11,674,184.92		12,456,470.98		
RETENCION DEL 7%											
RETENCION POR ATRASO											
LIQUIDO PAGABLE											

Ing. Carlos H. Tupu Mamani  
 DIRECTOR DE OBRA  
 EMPRESA ESTRATÉGICA BOLIVIANA DE CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN  
 DE INFRAESTRUCTURA CIVIL (EBC)

Ing. Juan Jose Choqa  
 INGENIERO DE PROYECTO  
 COINTAR S.R.L.

Ing. Carlos E. Audibert Cors  
 FISCAL DE OBRA  
 ABEN





AGENCIA BOLIVIANA DE ENERGIA NUCLEAR

**CERTIFICADO DE PAGO  
CONTRATISTA  
RESUMEN DE ESTADO DE AVANCE FÍSICO-FINANCIERO**



E. B. C.

**MONTO TOTAL DE LA OBRA**

CERT.	PERIODO	EJECUTADO		AMORTIZACIÓN DE ANTICIPO [-]		RETENCIÓN POR CUMPLIMIENTO DE CONTRATO [-]		RETENCIÓN POR ATRASO [-]		DEVOLUCIÓN DE RETENCIÓN [+]		LIQUIDO PAGABLE	
		[Bs]	[%]	[Bs]	[%]	[Bs]	[%]	[Bs]	[%]	[Bs]	[%]	[Bs]	[%]
1	Julio	226,163.40	0.94	-	-	15,831.44	0.07					210,331.96	0.88
2	Agosto	786,619.22	3.27	-	-	55,063.35	0.23					731,555.87	3.04
3	Septiembre	1,243,226.11	5.17	-	-	87,025.83	0.36					1,156,200.28	4.81
4	Octubre	929,454.88	3.87	-	-	65,061.84	0.27	204,534.48	0.85			659,858.56	2.75
5	Noviembre	54,169.11	0.23	-	-	3,791.84	0.02	-	-			50,377.27	0.21
6	Diciembre	2,153,326.69	8.96	-	-	150,732.87	0.63	158,328.85	0.66			1,844,264.97	7.67
7	Enero	4,597,436.68	19.13	-	-	321,820.57	1.34	405,547.55	1.69			3,870,068.56	16.10
8	Febrero	1,583,738.83	6.59	-	-	110,861.72	0.46	478,024.72	1.99			994,852.39	4.14
<b>TOTALES</b>		<b>11,574,134.92</b>	<b>48.16</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>810,189.46</b>	<b>3.37</b>	<b>1,246,435.60</b>	<b>5.19</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>9,517,509.86</b>	<b>39.61</b>

CONTRATISTA:

SUPERVISIÓN:

Ing. Carlos H. Tupe Mamani  
DIRECTOR DE OBRA

CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DE  
INFRAESTRUCTURA CIVIL (EBC)

Ing. Juan Jose Choque  
GERENTE DE PROYECTO

COINTAR S.R.L.

AGENCIA BOLIVIANA DE ENERGIA NUCLEAR



Agencia  
Boliviana de  
Energía  
Nuclear

CERTIFICADO DE PAGO

CONTRATISTA

PLANILLA DE RETENCION POR CUMPLIMIENTO DE CONTRATO

E. B. C.



MONTO DE LA OBRA: 24,030,605.90

MONTO A SER RETENIDO: 1,682,142.41

PLANILLA	PERIODO	IMPORTE	PORCENTAJE	MES ANTERIOR	PRESENTE MES	ACUM. A LA FECHA	SALDO POR RESTITUIR	OBSERVACIONES
Nº	Mes	Bs.	%	Bs.	Bs.	Bs.	Bs.	
1	jul-19	226,163.40	7.00%	-	15,831.44	15,831.44	1,666,310.97	
2	ago-19	786,619.22	7.00%	15,831.44	55,063.35	70,894.79	1,611,247.62	
3	sep-19	1,243,226.11	7.00%	55,063.35	87,025.83	157,920.62	1,524,221.79	
4	oct-19	929,454.88	7.00%	87,025.83	65,061.84	222,982.46	1,459,159.95	
5	nov-19	54,169.11	7.00%	65,061.84	3,791.84	226,774.30	1,455,368.11	
6	dic-19	2,153,326.69	7.00%	3,791.84	150,732.87	377,507.17	1,304,636.24	
7	ene-20	4,597,436.68	7.00%	150,732.87	321,820.57	699,327.74	982,814.67	
8	feb-20	1,583,738.83	7.00%	321,820.57	110,861.72	810,189.46	871,952.95	
<b>SUMAS TOTALES</b>				<b>699,327.74</b>	<b>110,861.72</b>	<b>810,189.46</b>	<b>871,952.95</b>	

CONTRATISTA:

SUPERVISION:

Ing. Carlos H. Tupa Mamani.  
DIRECTOR DE OBRA

Ing. Juan Jose Choque  
GERENTE DE PROYECTO

EMPRESA ESTRATÉGICA BOLIVIANA DE CONSTRUCCIÓN Y  
CONSERVACIÓN DE INFRAESTRUCTURA CIVIL (EBC)

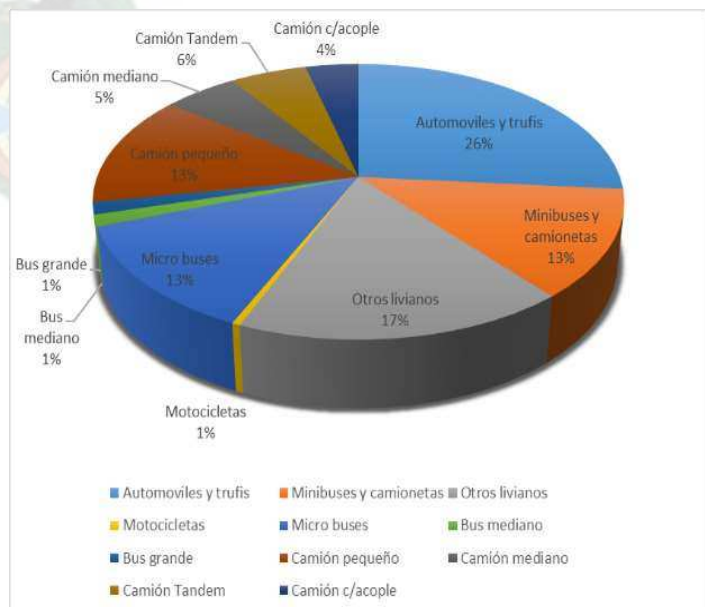
COINTAR S.R.L.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

### 5.1. Conclusiones:

- Se logró consolidar una propuesta inicial de diseño geométrico considerando todos los estudios requeridos por norma para la elaboración del mismo, iniciando por el estudio detallado de topografía, estudio de suelos, diseño geométrico, diseño de drenaje, señalización, cómputos métricos y la fijación de un presupuesto de ejecución del proyecto, el mismo realizo en plena coordinación con las entidades involucradas en este tipo de diseño de vía en área urbana, entre estas se tuvo que coordinar con EPSAS, ENFE, DE LA PAZ, ALCALDIA DE EL ALTO y de forma conjunta con la ABEN que era el directo interesado y financiador de este proyecto y de esta manera se pudo consolidar el diseño final del proyecto que en la etapa de construcción no se modificó de gran manera ya que todas las entidades mencionadas estaban en pleno acuerdo con las condiciones del proyecto.
- Se realizó el estudio detallado de tráfico en la Avenida Arica realizando aforos que nos sirvió de gran manera para determinar las condiciones mínimas que debía tener la vía, el TPDA utilizado para cálculo fue:

TRAFICO	AÑO 2018	AÑO 2040
TPDA	45982	52881



- Para poder conocer las características del suelo a lo largo de la vía se realizaron 11 calicatas, con profundidades q difieren entre 1.3 a 1.6 metros. Paralelamente se ha agrupado los suelos según su clasificación, para posteriormente determinar las propiedades de resistencia a la penetración mediante el ensayo de Valor de Soporte de California (C.B.R.), obteniéndose al mismo tiempo la humedad optima y la densidad máxima de compactación según la norma AASHTO T – 180., el resumen de resultados según los ensayos descritos:

<b>Descripción</b>	<b>4+660</b>	<b>4+400</b>	<b>4+200</b>	<b>3+900</b>	<b>3+800</b>	<b>2+580</b>
Clasificación: AASTHO	A-2-6 (0)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)
Clasificación: ASTM D 2487	GP-GM					
LIMITE LIQUIDO	32,72	23,944	23,958	31,742	23,429	24,991
LIMITE PLASTICO	11,95	14,851	14,460	21,212	16,136	15,856
INDICE DE PLASTICIDAD	NP	9,09	9,50	10,53	7,29	9,14
HUMEDAD OPTIMA(%)	6,29	5,25	6,480	6,699	5,008	17,278
DENSIDAD MAXIMA(gr/cm3)	2,230	2,247	2,215	2,216	2,253	1,733
CBR 100%	23,211	53,989	18,878	49,163	50,170	45,573
CBR 95%	15,311	37,037	13,978	23,228	30,241	33,201

-

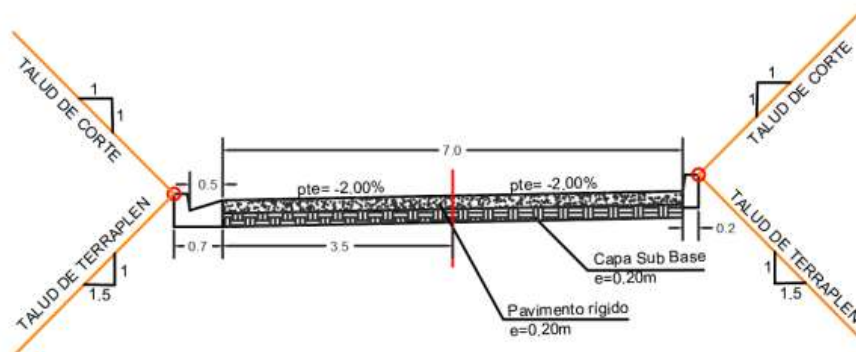
<b>Descripción</b>	<b>2+300</b>	<b>1+900</b>	<b>1+700</b>	<b>1+400</b>	<b>1+000</b>
Clasificación: AASTHO	A-2-4 (0)	A-2-6 (0)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-1-a (0)
Clasificación: ASTM D 2487		GP-GM	GP-GM	GP-GM	GP-GM
LIMITE LIQUIDO	24,890	23,380	25,664	23,541	18,885
LIMITE PLASTICO	17,772	14,071	19,396	13,759	18,645
INDICE DE PLASTICIDAD	7,12	NP	NP	NP	NP
HUMEDAD OPTIMA(%)	6,276	5,817	6,133	5,782	4,943
DENSIDAD MAXIMA(gr/cm3)	2,195	2,239	2,209	2,210	2,237
CBR 100%	7,151	34,662	78,675	79,744	57,005
CBR 95%	4,006	24,718	40,562	51,783	13,406

Una vez realizado el cálculo de los coeficientes de variación por los métodos correspondientes se adopta como CBR de diseño por el método del criterio de la media:

$$CBR_{diseño} = 24.718 \%$$

- En cuanto al diseño geométrico se vio que actualmente el país cuenta con norma para el diseño de carreteras de la Administración Boliviana de Carreteras ABC, pero no así con normas para el diseño de vías urbanas, solo se cuenta con un Manual de diseño de Calles para ciudades Bolivianas en el cual si bien se establecen las condiciones que debe tener una vía urbana no se cuenta con parámetros como distancias de velocidad de frenado, clasificación de vías urbanas, radios mínimos de diseño de vías, peraltes máximos, sobrecanchos de plataforma, pendientes de rasantes, curvas verticales, por lo que se tomará como referencia para el diseño de la vía principal: a) El manual de diseño geométrico de vías urbanas (MDGVU) – 2005 – VCHI – Perú, b) Desing Of Highways and Streets – AASHTO, c) Ley Municipal Autónoma de uso de suelos urbanos LUSU – GAMLP ya que en estas Normativas se tienen establecidos los parámetros mencionados y para el diseño de las intersecciones y vías alternas: e) el Manual de diseño de Calles para ciudades bolivianas.
- En base a esto se logró determinar los parámetros de diseño de la via la sección transversal tipo de la Avenida Arica que se muestra en el siguiente gráfico:

### Sección Transversal de la Avenida Arica.



Fuente: Elaboración Propia – Imagen Civil 3D.

<b>Parámetros de Diseño Geométrico</b>	
Clasificación de la Vía (MDGVU-PERU)	Vía Colectora
Clasificación de la red Vial (LUSU - GAMLP)	Red Vial Secundaria
Velocidad de Proyecto (LUSU - GAMLP)	40 Km/Hr.
Distancia de velocidad de Frenado	45 m.
Peralte Máximo	4%
Radio Mínimo	60 m
Vehículo de Diseño	De Alto Tonelaje
Sobreechancho	1,02 m.
Pendiente Longitudinal Máxima (LUSU - GAMLP)	14%
Pendiente Longitudinal Mínima (MDGVU - PERU)	0.30%
Longitud de Curva Vertical.	Variable
Ancho de Carril	3.5 m.
Bombeo	2%
Talud de Terraplén (V:H)	1:1.5
Talud de Corte (V:H)	1:1

- Para el diseño de pavimentos del proyecto se adoptó un periodo de diseño de 20 años esto de acuerdo a recomendaciones diseño de pavimentos por el método AASTHO 1993.

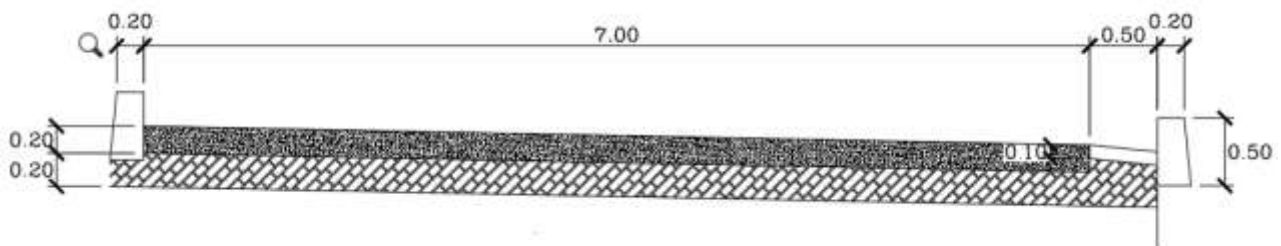
Se obtuvo el número de ejes equivalentes acumulados de 10121618,11 ESAL/carril de la proyección de tráfico vehicular.

De acuerdo al estudio de suelos mencionado anteriormente se calculó un CBR de diseño que es igual a 24.718%.

Empleando el software de diseño de Pavimento Rígido DIPAV en su versión 2.0 el cual realiza el cálculo en base a la norma AASHTO-93 y verificada de forma manual se pudo realizar el cálculo del espesor del pavimento rígido, estos resultados obtenidos de dicho paquete se muestran a continuación:

1.- PROPIEDADES DE LOS MATERIALES				
A. RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL HORMIGÓN	300	PSI	2,07	(MPA)
B. MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO	3723339,83	PSI	25691,04	MPA
C. MODULO DE ROTURA	653,22	PSI	4,51	MPA
2. DATOS DE TRAFICO Y OTRAS PROPIEDADES				
A. NUMERO DE ESAL EQUIVALENTE (W18)	3542566,34			
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	85	%		
ESTANDAR NORMAL DESVIATE (Zr)	-1,036			
DESVIACION ESTANDAR (So)	0,39			
C. MODULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE (K)	81,3	MPA/M	299,506	PSI
D. SERVICIABILIDAD INICIAL Po	4,30			
E. SERVICIABILIDAD FINAL Pf	2,50			
F. TRANSFERENCIA DE CARGA (J)	2,8			
G. COEFICIENTE DE DRENAJE (Cd)	0,9			
H. PERIODO DE DISEÑO	20	Años		
3. CALCULO DEL ESPESOR DE LOSA.				
ESPESOR DE LOSA (D)	7,728	Plg.	196,2912	mm.
ESPESOR DE LOSA ADOPTADA	200	mm		

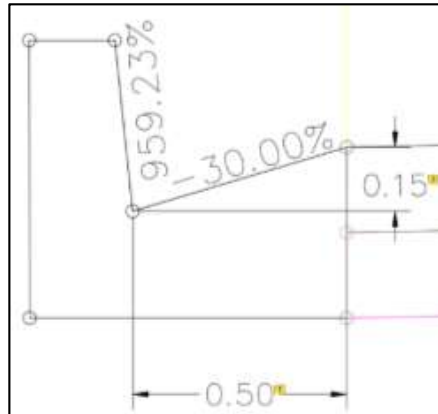
Fuente: Elaboración Propia



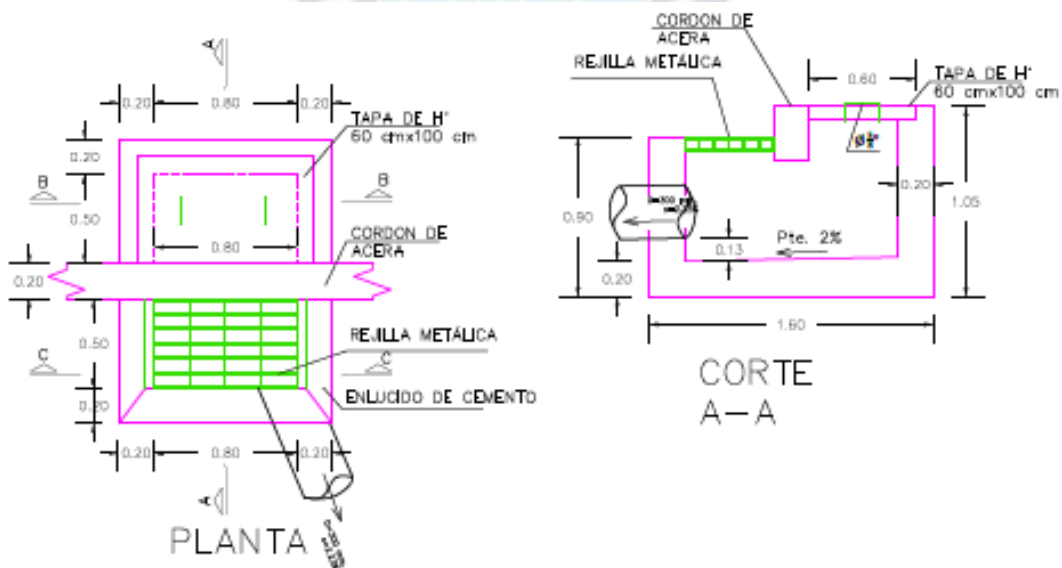
- En el diseño de drenaje longitudinal se empleó el método racional y se ha calculado las dimensiones del cordón cuneta de sección triangular empleando la ecuación de Manning para que de este modo se adopten las dimensiones de la cuneta triangular que se muestran a continuación:

<b>I (m)=</b>	0.516
<b>A (m<sup>2</sup>)=</b>	0.039
<b>P (m)=</b>	0.673
<b>R (m)=</b>	0.057

## Esquema de la Cuneta.



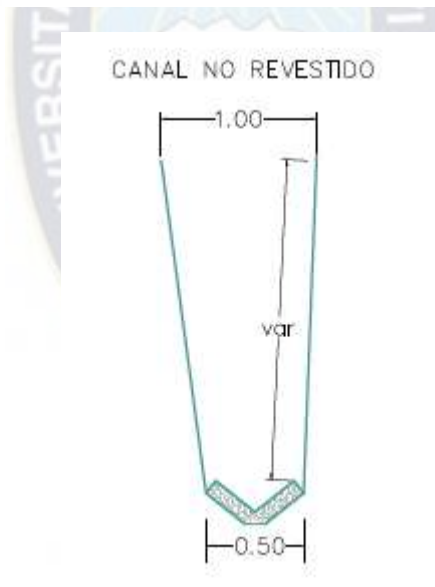
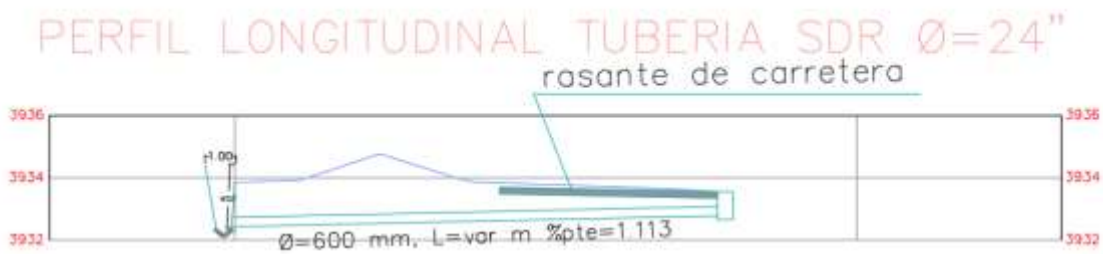
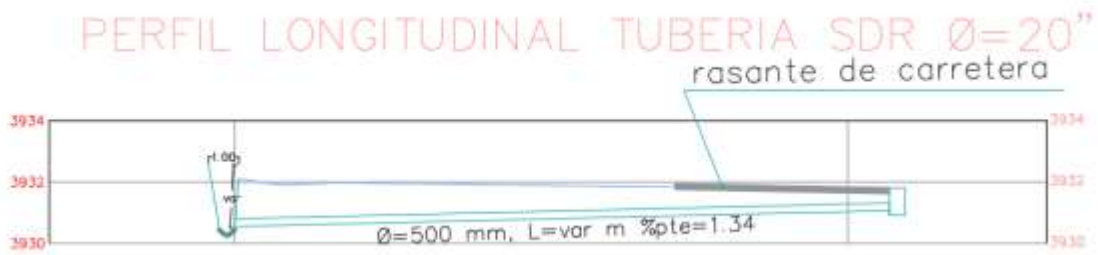
De acuerdo al Reglamento Nacional 688 – Reglamento técnico de diseño de sistemas de alcantarillado se recomienda las dimensiones de sumideros de rejas normalizadas con dimensiones de 1.60 x 1.20 x 0.90 con una depresión a modo de desarenador de 13 cm y una separación promedio entre sí de 100 metros.



Por último se vio la necesidad de transportar las aguas del sistema de drenaje pluvial al canal revestido que previamente la Alcaldía de El Alto ya había ejecutado en un tramo comprendido entre la progresiva 0+000 a la 0+500 y licitado entre la progresiva 0+500 a la 2+800 por lo que era de vital importancia empalmar el diseño de drenaje a estos canales establecidos por el diseño de Drenaje Pluvial del GAMEA, así mismo esta entidad no suministro información acerca de algún proyecto a partir de la progresiva 2+800 hasta el final del proyecto por lo que se prevé ejecutar un canal no revestido en este tramo para poder llegar a el mismo desde los sumideros



a través de tuberías de 20 " y 24" cuyas pendientes mínimas admisibles para poder evacuar el agua fueron calculadas y se muestran en los siguientes esquemas:



- El diseño de señalización empleada en el proyecto se maneja mediante códigos que se encuentran en el *Manual de Dispositivo de Control de Tránsito de la ABC* en el cual se establecen las características de las señales verticales preventivas, restrictivas e informativas para vías además de la señalización horizontal que se requiere para carreteras esto ya que no se cuenta con una normativa específica para vías urbanas, el detalle de este diseño se encuentra expuesto de forma clara en los planos de señalización.

- Se realizó al presupuesto de acuerdo a los cálculos realizados se procedió a realizar el cálculo de los cómputos métricos y los precios unitarios con lo que se llegó a la conclusión de que para la ejecución del presente proyecto se requiere Bs 24,222,223.22 (Veinticuatro millones doscientos veintidós mil doscientos veintitrés con 22/100 bolivianos), de acuerdo al siguiente detalle

N°	COMPONENTE	MONTO Bs
1	MOVILIZACION Y REPLANTEO	116,156.45
2	LIMPIEZA Y RETIRO DE ESCOMBROS	900,965.32
3	MOVIMIENTO DE TIERRAS	1,226,263.22
4	PAVIMENTO	15,929,352.37
5	DRENAJE PLUVIAL	3,036,200.54
6	ALCANTARILLADO SANITARIO EPSAS	1,554,470.65
7	SEÑALIZACION	1,458,814.67
<b>PRESUPUESTO FINAL</b>		<b>24,222,223.22</b>

- Se efectuó el seguimiento de obra en su etapa de construcción en donde se pudo ver algunos cambios en la formalización del contrato con la empresa constructora del proyecto estos van desde la reducción del presupuesto debido a que la entidad financiadora del proyecto (ABEN) solicitó el ajuste del precio de algunos ítems para ya que el monto destinado a la ejecución no era suficiente, por lo que en esta etapa la empresa EBC ajustó los precios unitarios de algunos ítems pero no de forma sustancial por lo que el monto final del presupuesto de obra asciende a la suma de Bs. 24.030.605,9 (Veinticuatro millones treinta mil seiscientos cinco con 90/100 bolivianos), este es el monto que se puede apreciar en los certificados de pago del proyecto.

Por otra parte, de acuerdo a los datos del certificado de pago N° 8 correspondiente al periodo de febrero de 2020 se tiene un avance físico del 48.16% posterior a ese periodo no se registró ningún avance ya que nuestro país fue afectado por la Pandemia COVID 19 lo que paralizó la ejecución de todos los proyectos para evitar contagios y la propagación del mismo, al momento el proyecto se encuentra paralizado, se pretende reiniciar las actividades en el mes de diciembre de 2020.

---

## 5.2. Recomendaciones:

Por lo que se vio en el proyecto la principal dificultad que se tuvo fue el no contar con una Norma específica para el Diseño de Vías Urbanas, si se cuenta con un Manual de diseño de Calles para ciudades Bolivianas pero como se mencionó anteriormente no cuenta con la descripción y determinación de varios parámetros que son de suma importancia para el diseño de Vías Urbanas es así que nos vimos en la necesidad de tomar las recomendaciones del Manual de diseño geométrico de vías urbanas (MDGVU) – 2005 – VCHI – Perú para el diseño de la Avenida Arica ya que si bien la norma de Diseño de Carreteras de la Administradora Boliviana de Carreteras contiene una serie de criterios que dan un pantallazo de diseño de vías estos no se adecuan al diseño de vías urbanas ya que los parámetros a considerar varían por lo que se recomienda la elaboración de una Norma de Diseño de Vías Urbanas misma que debería ser realizada de forma conjunta por las Unidades de Vialidad de los Gobiernos autónomos de la Ciudad de La Paz y de la ciudad de El Alto de forma conjunta, para que de esta manera se pueda hacer el diseño de nuestras vías basados en una normativa propia.

Por otra parte, se recomienda que para el diseño de vías urbanas se pueda previamente establecer todas las entidades que se ven relacionadas o afectadas por la vía que se desea diseñar ya que es de vital importancia conocer las instalaciones existentes en la zona o proyectos que se tienen en fase de pre inversión, financiamiento o incluso ya en proceso de licitación de manera que el proyecto que se desea realizar pueda empalmar de forma correcta a estos proyectos de otras entidades.

## 6. FUENTES DE INFORMACION.

- Biblioteca de la Carrera de Ingeniería Civil U.M.S.A.
- Biblioteca de Instituto de Ensayo de Materiales I.E.M.
- Internet
- Consultas y Entrevistas.

---

## 7. BIBLIOGRAFIA.

- *Diseño de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial*, Norma Boliviana NB 688, edición 2007.
- *Fundamentos de Hidrología de Superficie*, Francisco Javier Aparicio Mijares, primera edición 1992.
- *Manual de Hidrología y drenaje*, Administradora Boliviana de Carreteras.
- *Manual de Diseño geométrico de vías urbanas – 2005 – VCHI*, edición 2004, Lima - Perú.
- *Manual de Diseño Geométrico ABC*, Administradora Boliviana de Carreteras.
- *Manual de Hidrología y Drenaje ABC*, Administradora Boliviana de Carreteras.
- *Guía de diseño AASHTO 93*, National Academy of Sciences, edición 2000.
- *Ingeniería del Tráfico*, Universidad mayor de San Simón, edición 2016.
- *Ley municipal autónoma de Uso de Suelos Urbanos*, Ley Municipal Autónoma N° 017 GAMLPL.
- *Manual de diseño de calles para ciudades bolivianas*, Fundación Suiza de cooperación para el desarrollo Técnico – Swisscontact, Edición 2015.

## 8. ANEXOS

- 8.1. **Estudio de Suelos.**
- 8.2. **Planos planta Perfil.**
- 8.3. **Planos de Secciones Transversales.**
- 8.4. **Planos de Señalización.**
- 8.5. **Planos de Drenaje.**