

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“ESTUDIO DEFINITIVO DE LA PAVIMENTACIÓN DE LA
AVENIDA TÚPAC AMARU DE LA MUNICIPALIDAD
DISTRITAL DE LLALLI-MELGAR-PUNO”**

TESIS

PRESENTADO POR:

ROMULO LUPACA HUICHI

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PROMOCIÓN: 2013

PUNO – PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:

“ESTUDIO DEFINITIVO DE LA PAVIMENTACIÓN DE LA AVENIDA TÚPAC AMARU DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE LLALLI-MELGAR-PUNO”

PRESENTADO POR EL BACHILLER EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CIVIL: **ROMULO LUPACA HUICHI**, A LA DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y URBANISMO PARA OPTAR EL PROFESIONAL DE: **INGENIERO CIVIL**

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:



PRESIDENTE : _____
 ING. CESAR EDWIN GUERRA RAMOS

PRIMER MIEMBRO : _____
 ING. EMILIO CASTILLO ARONI

SEGUNDO MIEMBRO : _____
 ING. NICOLÁS LUZA FLORES

DIRECTOR DE TESIS : _____
 ING. JOSÉ LUIS CUTIPA ARAPA

ASESOR DE TESIS : _____
 ING. JOSUE HUAYNACHO HUANCA

Área: Transportes
 Tema: Diseño de Pavimento
 Línea de Investigación: Pavimentos en altitudes extremas

DEDICATORIA

Quiero dedicarle esta Tesis a Dios que me ha dado la vida y fortaleza para seguir en este camino.

A mis padres Enrique y Ermelinda, como testimonio de mi gratitud por su amor, apoyo y estímulo en cada uno de los pasos que he dado hacia esta meta y por compartir mis horas grises y mis momentos felices por estar ahí cuando más los necesité; en especial a mi madre por su ayuda y constante cooperación a mis hermanos por sus interminables consejos.

A mi amada esposa Elisa, por su apoyo y ánimo que me brinda día con día para alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales.

A aquellos que me enseñaron a creer en la amistad y el compañerismo mis amigos y compañeros.

AGRADECIMIENTOS

Mi eterno agradecimiento a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en mis momentos de debilidad.

Le doy gracias a mis padres por apoyarme en todo momento por los valores que me han inculcado y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación, a mis hermanos por ser parte importante en mi vida.

A mi alma Mater Universidad Nacional Del Altiplano Puno, a la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, a la E.P.I.C., Mi infinito agradecimiento a mis docentes de la E.P.I.C., Por sus sabios consejos y enseñanzas que me guiaron durante la vida universitaria.

Por último agradezco a mis compañeros de la E.P.I.C. por haber compartido aulas y momentos gratos.

A todos gracias,

Atte.

Romulo Lupaca Huichi

INDICE

INDICE	5
LISTA DE CUADROS	9
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE TABLA	11
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
INTRODUCCION	14
CAPÍTULO I	15
GENERALIDADES	15
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.1.3 ÁMBITO DEL PROYECTO	16
1.1.4 DELIMITACIÓN	17
1.2 JUSTIFICACIÓN	18
1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO	19
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	19
1.3.2 OBJETOS ESPECÍFICOS	19
CAPÍTULO II	20
MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	20
2.1 ANTECEDENTES	20
2.2 BASES NORMATIVAS	20
2.3 BASES TEÓRICAS Y CONCEPTUALES	22
2.3.1 PAVIMENTO	22
2.3.2 CARACTERÍSTICAS QUE DEBE REUNIR UN PAVIMENTO	22
2.3.3 CLASIFICACIÓN DE LOS PAVIMENTOS	23
2.3.3.1 PAVIMENTOS RIGIDOS	23
2.3.3.2 PAVIMENTOS SEMI-RÍGIDOS	28
2.3.3.3 PAVIMENTOS FLEXIBLES	28
2.3.3.4 PAVIMENTOS ARTICULADOS	29

2.3.4 ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS	29
2.3.4.1 MÉTODOS BASADOS EN MEDIDAS ANGULARES.....	30
2.3.4.2 MÉTODOS BASADOS EN LA MEDIDA DE ÁNGULOS Y DISTANCIAS	30
2.3.4.3 MÉTODOS DE MEDIDA DE DESNIVELES	31
2.3.5 ESTUDIOS GEOLÓGICOS	32
2.3.5.1 DIVISIÓN DE LAS CIENCIAS GEOLÓGICAS.....	33
2.3.6 ESTUDIOS GEOTÉCNICOS.....	34
2.3.6.1 EL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA AASHTO	35
2.3.6.2 SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)	36
2.3.7 ESTUDIOS HIDROLÓGICOS.....	37
2.3.8 ESTUDIO DE TRÁFICO	39
2.3.9 DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO.....	40
2.3.9.1 DISEÑO DE PAVIMENTOS - MÉTODO AASHTO - 93	41
2.3.9.2 DISEÑO DE PAVIMENTOS - MÉTODO DEL PCA	43
2.3.9.3 DISEÑO DE JUNTAS.....	44
2.3.9.4 TIPOS DE JUNTAS.....	47
2.3.9.5 DISEÑO DEL MECANISMO DE TRANSMISIÓN DE CARGA.	50
2.3.9.6 DISEÑO DE VEREDAS	52
2.3.10 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	53
CAPÍTULO III.....	61
INGENIERÍA DEL PROYECTO	61
3.1 ESTUDIOS BÁSICOS DE INGENIERÍA.....	61
3.1.1 ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS	61
3.1.1.1 RECONOCIMIENTO DEL TERRENO	61
3.1.1.2 SEÑALIZACIÓN Y MONUMENTACIÓN	61
3.1.1.3 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	62
3.1.1.4 PERFIL LONGITUDINAL	62
3.1.1.5 SECCIONES TRANSVERSALES	63
3.1.1.6 RESULTADOS DE CAMPO Y GABINETE	63
3.1.2 ESTUDIOS GEOLÓGICOS	65
3.1.2.1 GEOLOGÍA LOCAL	65
3.1.2.2 GEOLOGÍA REGIONAL	66
3.1.2.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	67
3.1.2.4 GEODINÁMICA EXTERNA.....	67

3.1.3 ESTUDIOS GEOTÉCNICOS.....	68
3.1.3.1 MUESTREO Y EXPLORACIÓN DE SUELOS	68
3.1.3.1.1 RECONOCIMIENTO DE CAMPO	68
3.1.3.1.2 SONDAJE Y MUESTREO.....	68
3.1.3.1.3 NÚMERO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN	68
3.1.3.2 ENSAYOS DE SUELOS PARA SU CLASIFICACIÓN	70
3.1.3.3 ENSAYOS DE SUELOS PARA DETERMINAR SU COMPORTAMIENTO.....	73
3.1.3.4 RESUMEN DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LABORATORIO	77
3.1.3.5 DETERMINACIÓN DEL C.B.R. DE DISEÑO	77
3.1.3.6 MEZCLA DE SUELOS PARA SUB BASE	79
3.1.4 ESTUDIOS HIDROLÓGICOS.....	81
3.1.4.1 ANÁLISIS HIDROLÓGICO	81
3.1.4.2 CÁLCULO DEL PERIODO DE RETORNO	82
3.1.4.3 CÁLCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.....	84
3.1.4.4 CALCULO DE INTENSIDAD DE LLUVIA	84
3.1.4.5 DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DE AGUAS PLUVIALES	92
3.2 ESTUDIO DE CANTERAS	95
3.2.1 EVALUACIÓN DE CANTERAS	95
3.2.2 LOCALIZACIÓN DE CANTERAS.....	95
3.2.3 TRABAJOS DE CAMPO	96
3.2.4 ENSAYOS DE LABORATORIO	97
3.2.5 DESCRIPCIÓN DE CANTERAS.....	98
3.3 DISEÑO DE MEZCLAS DE AGREGADOS.....	100
3.4 EVALUACIÓN DEL TRANSITO	106
3.4.1 AFORO DE VOLUMEN VEHICULAR	106
3.4.2 RESUMEN DEL AFORO VEHICULAR	108
3.4.3 TRANSITO PROMEDIO DIARIO SEMANAL	108
3.4.4 TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL	109
3.4.5 TASA ANUAL DE CRECIMIENTO DE TRÁFICO	112
3.4.6 FACTOR CAMIÓN	114
3.4.6.1 FACTOR DE EQUIVALENCIA DE CARGA	114
3.4.6.2 CÁLCULO DEL FACTOR CAMIÓN	115
3.4.7 NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES	116
3.5 DISEÑO DE LA VÍA.....	119

3.5.1 DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO.....	119
3.5.1.1 DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO POR EL MÉTODO AASHTO 93	119
3.5.1.2 DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO POR EL MÉTODO PCA	128
3.5.1.3 DISEÑO DE JUNTAS Y REFUERZO DEL PAVIMENTO RÍGIDO.	139
3.5.1.4 DISEÑO DE VEREDAS	141
3.5.2 DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA.	142
3.5.2.1 PARÁMETROS VINCULADOS A LA CLASIFICACIÓN DE VÍAS URBANAS	142
3.5.2.2 CRITERIOS BÁSICOS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO	142
3.5.2.3 DISEÑO EN PLANTA	144
3.5.2.4 DISEÑO ESTRUCTURAL Y GEOMÉTRICO DE VEREDAS	147
3.5.2.5 MARCAS Y DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁNSITO.....	148
3.6 DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE.....	150
3.6.1 DISEÑO DE CUNETAS	150
3.6.1.1 ECUACIÓN DE MANNING PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES.....	150
3.6.1.2 COEFICIENTE DE RUGOSIDAD	151
3.6.1.3 RESUMEN DE RESULTADOS DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO.	151
3.6.1.4 PARÁMETROS DE DISEÑO.....	152
3.6.1.5 SECCIÓN FINAL DE LA CUNETA	153
3.7 EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	154
3.7.1 UBICACIÓN POLÍTICA.....	154
3.7.2 ACTIVIDADES RELEVANTES DEL PROYECTO	154
3.7.2.1 ETAPA DE CONSTRUCCIÓN	154
3.7.2.2 ETAPA DE ABANDONO DE OBRA	155
3.7.2.3 ETAPA DE FUNCIONAMIENTO	155
3.7.2.4 MATRIZ DE IMPACTOS AMBIENTALES	156
3.7.3 MEDIOS DE MANEJO	159
3.7.3.1 PLAN DE ACCIÓN PREVENTIVO Y/O CORRECTIVO	159
3.7.3.2 PLAN DE VIGILANCIA Y CONTROL AMBIENTAL	163
3.7.3.3 IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE ABANDONO Y RESTAURACIÓN	164
CAPÍTULO IV.....	165
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	165
4.1 LOGROS Y OBJETIVOS	165
4.1.1 LOGROS OBTENIDOS	165
4.1.1.1 ESTUDIO BÁSICOS DE INGENIERÍA.....	165

4.1.1.2 EVALUACIÓN DEL TRANSITO	167
4.1.1.3 DISEÑO DE LA VÍA.....	168
4.1.1.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE.....	170
4.1.1.5 EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	171
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	172
CONCLUSIONES	172
RECOMENDACIONES	174
BIBLIOGRAFÍA.....	175
ANEXOS.....	177

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1 Sistema de Clasificación de Suelos AASHTO	36
Cuadro 2 Número de Puntos de Investigación	69
Cuadro 3 Resumen de los Resultados de los Ensayos de Laboratorio.	77
Cuadro 4 Límites para selección de resistencia (CBR de diseño).	77
Cuadro 5 Determinación del CBR de diseño (Terreno de Fundación).	78
Cuadro 6 Requerimientos granulométricos para sub base granular.	79
Cuadro 7 Resultados de la Mezcla de Suelos para Sub Base.	81
Cuadro 8 Años de precipitaciones extremas, estación Chuquibambilla.	83
Cuadro 9 Registro de Precipitación Máxima en las estaciones meteorológicas.	86
Cuadro 10 Desarrollo del cálculo de intensidad de lluvia	88
Cuadro 11 Aplicación de la LEY DE GUMBEL.....	89
Cuadro 12 Lluvias Máximas en (mm) para la estación meteorológica de Chuquibambilla.....	90
Cuadro 13 Intensidades Máximas en mm/hora para la estación meteorológica Chuquibambilla	90
Cuadro 14 Coeficientes de escorrentía para ser utilizados en el Método Racional.....	92
Cuadro 15 Hallando el coeficiente de escorrentía (C)	92
Cuadro 16 Determinación de las áreas tributarias.	94
Cuadro 17 Determinación de caudales para las áreas tributarias	94
Cuadro 18 Características de los materiales.	100
Cuadro 19 Diseño de mezclas para concreto de 210kg/cm ²	103
Cuadro 20 Diseño de mezclas para concreto de 175kg/cm ²	104
Cuadro 21 Diseño de mezclas para concreto de 140 kg/cm ²	105
Cuadro 22 Aforo De Vehículos del 10 al 16 de agosto del 2015	106
Cuadro 23 Resumen de Aforo Vehicular de la Vía.....	108
Cuadro 24 Cálculo del Tránsito promedio diario Semanal	109
Cuadro 25 Datos para el cálculo de “s” (Desviación Estándar).....	111
Cuadro 26 TPDA por tipo de vehículo.....	112
Cuadro 27 Proyecciones del Parque Vehicular estimado, según Departamento.	113
Cuadro 28 Cálculo del Factor Camión.....	116

Cuadro 29 Factor de Distribución por carril	117
Cuadro 30 Cálculo del ESAL de diseño	118
Cuadro 31 Periodos de diseño a adoptar en función del tipo de carretera	120
Cuadro 32 Valores de Zr en función de la confiabilidad	121
Cuadro 33 Niveles de confiabilidad a adoptar en función del tipo de carretera.	121
Cuadro 34 Valores de desviación estándar.	122
Cuadro 35 Valores de serviciabilidad inicial y final para pavimentos rígidos.	122
Cuadro 36 Valores de coeficiente de drenaje de acuerdo a la calidad de drenaje.....	123
Cuadro 37 Valores de coeficiente de transmisión de cargas, J.....	124
Cuadro 38 Proceso de cálculo por el Método AASHTO.	127
Cuadro 39 Tasas anuales de crecimiento con sus factores de proyección.	129
Cuadro 40 Porcentaje de camiones en el carril de diseño.....	130
Cuadro 41 Índice Medio Diario Anual o Tránsito Promedio Diario Anual.....	131
Cuadro 42 Configuración de las cargas de los vehículos comerciales.	132
Cuadro 43 Distribución del número de los vehículos comerciales.	132
Cuadro 44 Distribución de los VC por día y carril de diseño, por cada 1,000 VC.	133
Cuadro 45 Número de ejes esperados por cada 1,000 VC.	133
Cuadro 46 Número esperado de ejes en el carril de diseño para el periodo.	134
Cuadro 47 Parámetros de Diseño vinculados a la Clasificación de Vías Urbanas.	142
Cuadro 48 Distancia de Visibilidad de Parada respecto a la Velocidad de diseño	143
Cuadro 49 Alineamientos Rectos	144
Cuadro 50 Radios Mínimos.	145
Cuadro 51 Ancho de Carril.	146
Cuadro 52 Bombeo de la Calzada.....	146
Cuadro 53 Resumen Del Diseño Geométrico	146
Cuadro 54 Requisitos de los Pavimentos Especiales.	147
Cuadro 55 Coeficiente de rugosidad de Manning para Cunetas.	151
Cuadro 56 Determinación de caudales para las áreas tributarias	152
Cuadro 57 determinación de caudal aplicando la ecuación de Manning.....	153
Cuadro 58 características finales de la cuneta.	153
Cuadro 59 valores para matriz de iteración	156
Cuadro 60 Matriz de identificación de impactos relevantes	157
Cuadro 61 Evaluación de impactos ambientales relevantes	158
Cuadro 62 Resultados obtenidos de los ensayos de suelos.....	166
Cuadro 63 Requerimientos de calidad para sub base granular.	167
Cuadro 64 Resultados obtenidos del conteo de vehículos.....	167
Cuadro 65 Resultados obtenidos del cálculo de TDPA.	168
Cuadro 66 Resultados obtenidos del cálculo de ESAL.	168
Cuadro 67 Resultados obtenidos del diseño por el método AASHTO 93.	169
Cuadro 68 Resultados obtenidos en la iteración para diferentes espesores.....	170
Cuadro 69 Disposiciones del RNE OS. 0.60, Tabla N°3.....	171

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del Lugar de proyecto	16
Figura 2 Ubicación del Lugar de proyecto	17
Figura 3 Pavimento rígido y opciones de composición estructural.	23
Figura 4 Carta de Plasticidad	37
Figura 5 Componentes estructurales de pavimento rígido	46
Figura 6 Juntas de Contracción en pavimentos rígidos	48
Figura 7 Junta de expansión (1 pulgada = 25.4 mm)	49
Figura 8 Detalle de tipos de juntas	50
Figura 9 Transferencia de cargas.	50
Figura 10 Transmisión de cargas por trabazón de agregados	51
Figura 11 Transmisión de cargas por pasadores.....	51
Figura 12 Mapa Geológico Nacional Zona Llalli (Hoja 30-u3)	65
Figura 13 ubicación de las calicatas.....	70
Figura 14 Cálculo del CBR de Diseño	79
Figura 15 Método cuadrado para la mezcla de dos suelos.....	80
Figura 16 Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF)	91
Figura 17 Áreas Tributarias	93
Figura 18 Ubicación de la Cantera Rio Llalli (Material Hormigón para Sub Base).....	95
Figura 19 Ubicación de la Cantera de Umachiri (Material para Sub Base).	96
Figura 20 Cantera del distrito de Umachiri (Material para Sub Base).	97
Figura 21 Peso máximo por Eje o conjunto de Ejes (Valores de P1).....	115
Figura 22 Presentación del programa BS PCA	134
Figura 23 Transito de ejes simple en carril de diseño.....	135
Figura 24 Transito de ejes tándem en carril de diseño.....	136
Figura 25 Resumen tanteos con los diferentes espesores.	137
Figura 26 Datos de entrada y resultados.	137
Figura 27 Reporte final del programa BS – PCA	138
Figura 28 Detalle de diseño de juntas – separaciones.....	140
Figura 29 Distancia de Visibilidad de Paso (Da) respecto a la Velocidad de diseño.....	144
Figura 30 Sección Transversal.	145
Figura 31 Líneas de Carril	148
Figura 32 Cuneta de Sección Transversal: Triangulo Rectángulo	150
Figura 33 Sección final de la cuneta.....	170
Figura 34 Comparación de los impactos ambientales positivos y negativos	171

LISTA DE TABLA

Tabla 2 Requisitos de pavimentos especiales.	52
---	----

RESUMEN

El presente proyecto de tesis titulado: “ESTUDIO DEFINITIVO DE LA PAVIMENTACIÓN DE LA AVENIDA TÚPAC AMARU DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE LLALLI-MELGAR-PUNO” tiene como principal objetivo brindar adecuadas condiciones de transitabilidad vehicular y peatonal en la avenida Túpac Amaru de la ciudad de Llalli, proponiendo el estudio definitivo que permita la construcción de la Pavimentación de la avenida en mención.

El estado actual de la vía se encuentra en muy malas condiciones, dado que a la fecha no fue intervenida para su mejoramiento y sumado a esto el deterioro por parte de los agentes climatológicos como la lluvia que son propio de la zona en estudio.

Se plantea una propuesta de pavimentación en la avenida Túpac Amaru para que brinde un adecuado flujo vehicular y de transporte de pobladores de la zona del proyecto y aledaños a la misma, mejorando las condiciones de vida de los moradores de la zona a la cual pertenece el presente estudio definitivo.

El presente proyecto propone que se realice el pavimento rígido la cual se evalúa mediante dos métodos ASSTHO 93 y PCA de la avenida Túpac Amaru con una longitud total de 500 metros, con un ancho de vía promedio igual a 16.00 metros, de concreto hidráulico $f'c=210$ kg/cm² veredas de concreto frotachado coloreado con una calidad de $f'c=175$ kg/cm², espesor de la losa de concreto de 20 cm., espesor de la sub base 20 cm. y espesor de la vereda 15 cm.

El presente proyecto aporta una mejora en la integración de sus calles y jirones a través de un estudio de pavimentación integral de sus vías, proponiendo una alternativa que cumple y satisface los requisitos técnicos exigidos por normas y reglamentos vigentes. Se presenta para esto a la Municipalidad Distrital de Llalli con el objeto de proponer su ejecución.

PALABRAS CLAVES: Transitabilidad, vehicular, pavimentación, concreto hidráulico, vías.

ABSTRACT

The present titled thesis Project: “STUDY DEFINITIVE OF THE PAVING OF THE AVENUE TÚPAC AMARU OF THE MUNICIPALITY DISTRITAL OF LLALLI-MELGAR-PUNO” takes as a main target to offer suitable conditions of transport and pedestrian transitabilidad in the Tupac Amaru Avenue in the city of Llalli, proposing the definitive study that allows the construction of the paving of avenue in mention.

The current state of the road is in poor condition, mainly due to climatic agents such as rain that are typical of the study area.

There is a proposal paving in the Túpac Amaru avenue that provide a suitable vehicle flow and transport of inhabitants of the area of the project and adjacent to it, improving the living conditions of the inhabitants of the area to which it belongs this definitive study.

The present project proposes to make rigid pavement which is assessed by two methods ASSTHO 93 and PCA of the Tupac Amaru Avenue with a total length of 500 meters, with an average gauge equal to 16.00 meters of concrete hydraulic $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ paths of concrete frotachado coloured with a quality of $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, thickness of the slab concrete 20 cm., the sub base 20 cm. thickness, and the sidewalk 15 cm. thickness.

The present project provides an improvement in the integration of its streets and shreds through a study of integral paving their way, proposing an alternative that meets and satisfies the technical requirements of standards and regulations in force. It occurs for this to the municipality, Llalli district in order to propose their implementation.

KEY WORDS: walkability, traffic, paving, hydraulic concrete, road.

INTRODUCCION

El presente proyecto de tesis titulado: “ESTUDIO DEFINITIVO DE LA PAVIMENTACION DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DEL DISTRITO DE LLALLI – MELGAR - PUNO” tiene como principal objetivo brindar adecuadas condiciones de transitabilidad vehicular y peatonal en la avenida Túpac Amaru, de la municipalidad distrital de Llalli, proponiendo el estudio definitivo que permita la construcción de la Pavimentación de la avenida en mención.

El estado actual de la vía se encuentra en muy malas condiciones, dado que a la fecha no fue intervenida para su mejoramiento y sumado a esto el deterioro por parte de los agentes climatológicos como la lluvia que son propio de la zona en estudio.

Se plantea la pavimentación de la avenida Túpac Amaru, para que brinde un adecuado flujo vehicular y de transporte de pobladores de la zona del proyecto y aledaños a la misma, mejorando las condiciones de vida de los moradores de la zona a la cual pertenece el presente estudio definitivo.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad la superficie de rodadura es afirmada, con secciones longitudinales y transversales irregulares y sin veredas peatonales en el que transitan vehículos de categoría L, M, N, O, (camionetas, combis, minibuses, buses, camiones, etc.)

En la vía, los vehículos transitan con dificultad y a baja velocidad, debido a que su superficie de rodadura presenta ondulaciones y encalaminado, situación que se agrava en épocas de precipitaciones pluviales, quedando intransitable por la falta de obras de arte y drenaje.

La avenida Túpac Amaru se encuentra en mala condición de transitabilidad, y tiene la presencia de charcos de aguas, lodos de tierra y focos de contaminación ambiental que ocasiona el daño a la salud de las personas, esto debido al estancamiento de aguas pluviales, situación que se agrava en épocas de lluvia, quedando intransitable e imposibilita un adecuado flujo vehicular, peatonal incrementando mayores costos de transporte así mismo como hay presencia de vientos se genera polvareda en suspensión presentando incidencia de enfermedades respiratorias y transmisibles, incrementando el gasto en la salud de la población de los barrios Mateo Pumacahua y 25 de Diciembre.

1.1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Las condiciones inadecuadas de transitabilidad vehicular y peatonal, así también las vías en mal estado y sin mantenimiento de la avenida Túpac Amaru, hacen necesario realizar el “Estudio Definitivo de la Pavimentación de la Avenida Túpac Amaru de la Municipalidad Distrital de Llalli-Melgar-Puno”.

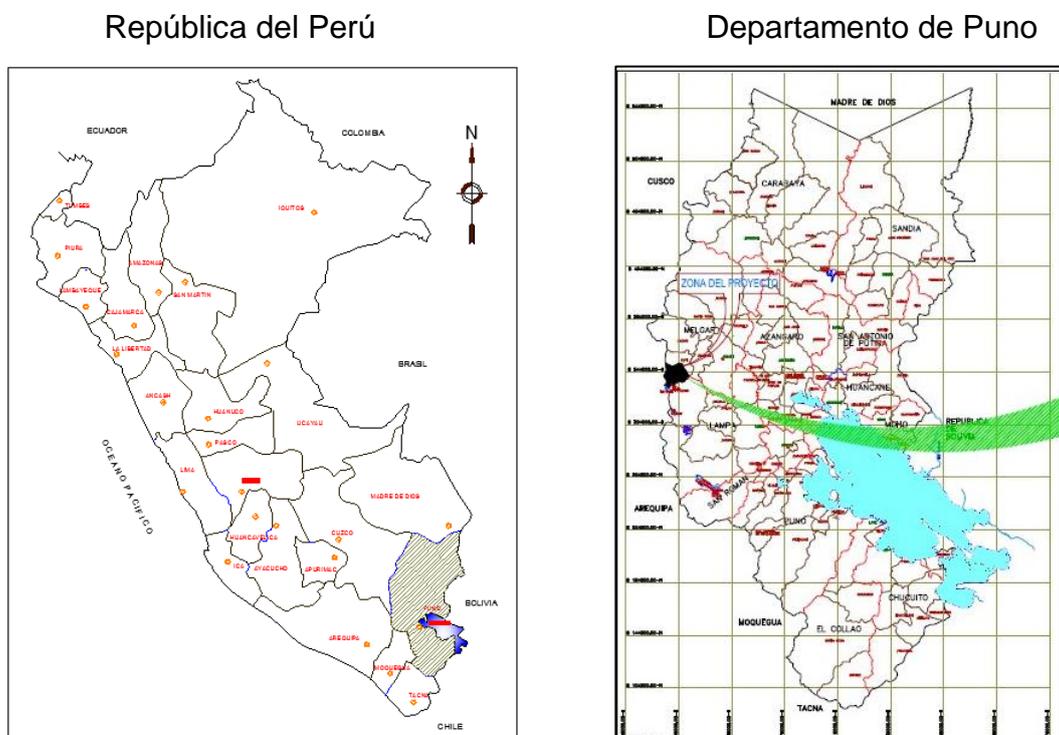
1.1.3 ÁMBITO DEL PROYECTO

El ámbito del proyecto comprende la Avenida Túpac Amaru del área urbana de la ciudad de Llalli.

Ubicación Geográfica:

Departamento	: PUNO
Provincia	: MELGAR
Distrito	: LLALLI
Localidad	: LLALLI

Figura 1 Ubicación del Lugar de proyecto



El Distrito de Llalli se localiza en las siguientes coordenadas:

-Longitud oeste: 70° 53' 00"

-Latitud sur: 14° 56' 4"

-Altitud: 3890 m.s.n.m.

Delimitación Temporal

El proyecto se realizará en cuatro meses de acuerdo al cronograma de actividades del desarrollo del proyecto de tesis.

Delimitación Temática

La delimitación temática del presente trabajo de investigación de tesis, está limitada al contenido de la ingeniería del proyecto.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Con la realización del proyecto, se mejorara la calidad de vida de la población de Llallí es decir, que los transeúntes cuenten con suficiente seguridad, comodidad y orden para su desplazamiento, así como el mejoramiento en el tránsito vehicular es decir, los vehículos circularan en forma ordenada y, básicamente el mejoramiento del ornato de la ciudad de Llallí.

Hoy en día, la práctica común para el diseño de pavimentos rígidos considera dos metodologías, uno el método PCA y el método AASHTO. En ambos casos el procedimiento de diseño se realiza empleando una serie de tablas y gráficas, las cuales se utilizan conociendo previamente ciertas características del pavimento como la resistencia de los materiales a emplear y el análisis de tráfico al cual el sistema será sometido para obtener como respuesta el espesor de pavimento requerido.

Para diseños de pavimentos más reales, se debe realizar por lo menos por dos métodos, y de esta manera poder hacer una comparación de resultados, ya que la idea fundamental es la de poder garantizar el desempeño del pavimento a lo largo de su vida de proyecto. Esto significa garantizar que los niveles de agrietamiento, deformación permanente, escalonamiento, regularidad superficial, se mantendrán dentro de un rango ideal, que dependerá de la importancia de la red vial de que se trate.

De conformidad con lo expuesto anteriormente y siendo el estudio una alternativa de solución a la problemática de la población del distrito de Llalli; se justifica la realización del proyecto como tema de tesis de grado; mediante el cual se contribuye al desarrollo de dicho sector de nuestra región como parte de la extensión social de la Facultad de Ingeniería Civil y nuestra Universidad.

1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Brindar adecuadas condiciones de transitabilidad vehicular y peatonal en la avenida Túpac Amaru del distrito de Llalli elaborando el estudio definitivo que permita la construcción de la pavimentación de la avenida en mención.

1.3.2 OBJETOS ESPECÍFICOS

- Realizar los estudios previos de Ingeniería básica, técnicos y normativos para elaborar el presente proyecto.
- Determinar el volumen de tránsito que presenta actualmente la avenida Túpac Amaru, mediante la realización de un aforo, para después utilizarlo como parámetro para la propuesta a realizar.
- Efectuar un estudio topográfico, con el objetivo de conocer puntos clave en la longitud de la calle, siendo estos la base para la realización del diseño geométrico.
- Verificar las condiciones del suelo mediante los estudios correspondientes para luego diseñar la estructura del pavimento.
- Realizar el estudio Hidrológico de la zona de influencia de la avenida Túpac Amaru, para conocer los caudales que descargan en ella y luego proponer las obras de drenaje necesarias para controlar dichos caudales.
- Diseñar la estructura del pavimento mediante las recomendaciones del método AASTHO 93.
- Formular el expediente técnico.

CAPÍTULO II:

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1 ANTECEDENTES

Existen estudios anteriores cercanos a la zona del proyecto como son:
-PROYECTO CON CODIGO SNIP 228228 “MEJORAMIENTO DE PISTAS Y VEREDAS DE LA AVENIDA AREQUIPA DEL DISTRITO DE UMACHIRI – PROVINCIA DE MELGAR - PUNO”, Estado recientemente construido, perfil aprobado.

2.2 BASES NORMATIVAS

La elaboración de éste proyecto se realizará en base a la normatividad siguiente:

2.2.1 DG-2014

El Manual de Carreteras “Diseño Geométrico”, forma parte de los Manuales de Carreteras establecidos por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado por D.S. N° 034-2008-MTC y constituye uno de los documentos técnicos de carácter normativo, que rige a nivel nacional y es de cumplimiento obligatorio, por los órganos responsables de la gestión de la infraestructura vial de los tres niveles de gobierno: Nacional, Regional y Local.

El Manual de Carreteras “Diseño Geométrico”, es un documento normativo que organiza y recopila las técnicas y procedimientos para el diseño vial, en función a su concepción y desarrollo, y acorde a determinados parámetros. Abarca la información necesaria y los diferentes procedimientos, para la elaboración del diseño geométrico de los proyectos, de acuerdo a su categoría y nivel de

servicio, en concordancia con la demás normativa vigente sobre la gestión de la infraestructura vial.

2.2.2 EG-2013

El Manual de “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción” forma parte de los Manuales de Carreteras establecidos por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado por D.S. N° 034-2008-MTC y constituye uno de los documentos técnicos de carácter normativo, que rige a nivel nacional y es de cumplimiento obligatorio por los órganos responsables de la gestión de la infraestructura vial de los tres niveles de gobierno: Nacional, Regional y Local.

El Manual de “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción” tiene por finalidad uniformizar las condiciones, requisitos, parámetros y procedimientos de las actividades relativas a las obras de infraestructura vial, con el propósito de estandarizar los procesos que conduzcan a obtener los mejores índices de calidad de la obra, que a su vez tienen por objeto prevenir y/o evitar las probables controversias que se generan en la administración de los contratos.

2.2.3 RNE-NORMA TÉCNICA CE. 010 - PAVIMENTOS URBANOS

Aprobado por D.S. N°001-2010-VIVIENDA. Esta Norma tiene por objeto establecer los requisitos mínimos para el diseño, construcción, rehabilitación, mantenimientos, rotura y reposición de pavimentos urbanos, desde los puntos de vista de la mecánica de suelos y de la ingeniería de pavimentos, a fin de asegurar la durabilidad, el uso racional de los recursos y el buen comportamiento de aceras, pistas y estacionamientos de pavimentos urbanos, a lo largo de su vida de servicio.

2.3 BASES TEÓRICAS Y CONCEPTUALES

2.3.1 PAVIMENTO¹

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la sub rasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento.

2.3.2 CARACTERÍSTICAS QUE DEBE REUNIR UN PAVIMENTO

Un pavimento para cumplir adecuadamente sus funciones debe reunir los siguientes requisitos:

- Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- Ser resistente ante los agentes de intemperismo.
- Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos, por cuanto ella tiene una decisiva influencia en la seguridad vial. Además, debe ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.
- Debe presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal, que permitan una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.
- Debe ser durable
- Presentar condiciones adecuadas respecto al drenaje.
- El ruido de rodadura, en el interior de los vehículos que afectan al usuario, así como en el exterior, que influyen en el entorno, debe ser adecuadamente moderado.
- Debe ser económico.

¹ MONTEJO FONSECA, Alfonso; Ingeniería de Pavimentos, pág. 1

- Debe poseer el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramiento, y ofrecer una adecuada seguridad al tránsito.

2.3.3 CLASIFICACIÓN DE LOS PAVIMENTOS²

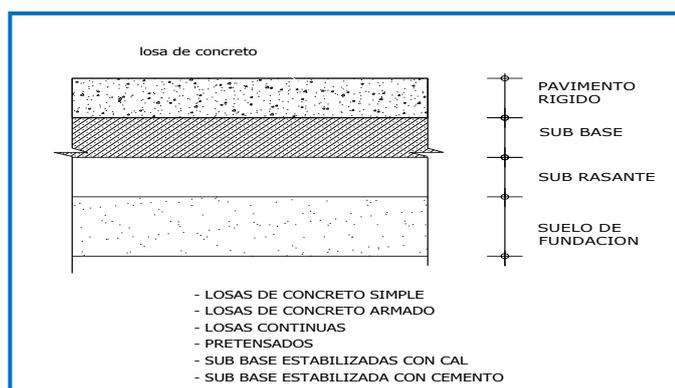
En nuestro medios los pavimentos se clasifican en: Pavimentos rígidos, pavimentos semirígidos, pavimentos flexibles y pavimentos articulados.

2.3.3.1 PAVIMENTOS RIGIDOS

Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase. No obstante puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra.

Los elementos que conforman un pavimento rígido son: la sub rasante, sub base y la superficie de rodadura - losa de concreto. A continuación se hará una breve descripción de cada uno de los elementos que conforman la estructura del pavimento rígido. En la Figura 3. Se muestra los tipos de composición de un pavimento rígido convencional de mejor aplicación para la región y como las alternativas de solución del deterioro precipitado del pavimento rígido frente a las sollicitaciones externas.

Figura 3 Pavimento rígido y opciones de composición estructural.



Fuente: <http://www.duravia.com.pe/category/conoce-el-pavimento/page/8/>.

Además, dentro del mismo contexto para la determinación de una estructura de pavimento, existen algunos aspectos que forman parte del diseño de una estructura de pavimento rígido que en algunos casos no se les presta la debida

² MONTEJO FONSECA, Alfonso; Ingeniería de Pavimentos, pág. 2

atención y son obviadas, tales como: la forma de la losa (ancho y largo); los cuales pueden tener una incidencia notable en el adecuado desempeño de la estructura de pavimento rígido frente a las sollicitaciones externas, principalmente del tránsito vehicular pesado.

SUB RASANTE

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño. El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la muestra de suelo de la sub rasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad, por consiguiente, el diseño de un pavimento rígido es esencialmente el ajuste de la carga de diseño como por rueda a la capacidad de la sub rasante.

SUB BASE

La capa de sub base es la porción de la estructura del pavimento rígido, que se encuentra entre la sub rasante y la losa pavimento rígida. Consiste de una o más capas compactas de material granular o estabilizado; la función principal de la sub base es prevenir el bombeo de los suelos de granos finos. Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura del pavimento rígido, de tal manera que la capa de sub rasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo. La sub base debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el estructura de pavimento rígido. Se utiliza además como capa de drenaje y controlador de ascensión capilar de agua contaminante, el bombeo de granos finos y protegiendo así a la estructura del pavimento rígido, por lo que generalmente se usan materiales granular compactado. Al haber capilaridad en época de heladas, se produce un hinchamiento del agua, causado por el congelamiento, lo que produce fallas en el pavimento, si éste no

dispone de una sub rasante o sub base adecuada, sirviendo como material de transición se produce fallas en la superficie de rodadura.

SUPERFICIE DE RODADURA.

Es la capa superior de la estructura de pavimento, construida con concreto, simple o reforzado, por lo que debido a su rigidez y el módulo de elasticidad, asientan la capacidad soporte de tránsito y otros en la losa de concreto, más que en la capacidad de la sub rasante, dado que no se usa capa de base. En general, se puede indicar que el concreto distribuye mejor y de manera uniforme las cargas hacia la sub estructura de pavimento rígido.

CONCRETO.

El concreto es conformado por una mezcla homogénea de cemento portland, agua, agregados finos y gruesos, aditivos y algún tipo de refuerzo (Acero, Varillas de acero de transferencia de cargas y/o Fibras acero o elásticas) si existiera la necesidad.

2.3.3.3.1 TIPOS DE PAVIMENTO RIGIDO.

Los diferentes tipos de pavimento rígido son determinados según Ing. Alfonso Montejo Fonseca.

2.3.3.3.1.1 Pavimento Rígido de Concreto Simple.

Se construyen sin acero de refuerzo y preferentemente sin varillas de acero de transferencia de cargas en las juntas. La transferencia de carga en las juntas se obtiene a través del trabazón de los agregados entre las caras de las juntas.

Están constituidos por losas de dimensiones relativamente pequeñas, en general menores de 4.5 m de longitud entre juntas. Los espesores varían de acuerdo al uso previsto y de la clasificación de calles urbanas, es por ello las juntas no deben estar muy espaciadas con el fin de producir una eficiente transferencia de carga.

En pavimento rígido simple con varillas de transferencia de cargas son pequeñas barras de acero liso, que se colocan en la sección transversal del pavimento, en las juntas de contracción. Su función estructural es un dispositivo para transmitir las cargas de una losa a la losa continua, mejorando

así las condiciones de deformación en las juntas. De esta manera, se evitan los desplazamientos verticales diferenciales (escalonamientos).

2.3.3.3.1.2 Pavimentos Rígido Reforzados.

Los pavimentos reforzados contienen acero de refuerzo y pasadores en juntas de construcción para la transmisión de carga entre las losas. Estos pavimentos se construyen con espaciamientos mayores que los no reforzados; entre las juntas se desarrollarán una o más grietas transversales que serán unidas por el acero de refuerzo (malla de varillas de acero y/o mallas electro soldadas) proveyéndose una buena transferencia de carga, por ende como objetivo principal de la armadura es mantener las grietas que se pudieran formarse bien unidas, y de esta manera conseguir que el pavimento se comporte como una unidad estructural durante todo el periodo de diseño.

Los espaciamientos o las longitudes entre juntas son mayores que las de un concreto simple (4.5 m) hasta una longitud de 9.00 m. Se han utilizado mayores espaciamientos con resultados negativos como el daño de las juntas y el desarrollo de grietas intermedias.

2.3.3.3.1.3 Pavimento Rígido con Refuerzo Continuo.

Los pavimentos continuamente reforzados se construyen sin juntas de construcción y/o transversales de la losa de concreto por ello pudiendo solo quedar algunas juntas de construcción y aislantes en la zona de alguna obra de arte.

Debido al refuerzo en acero, relativamente pesado y continuo refuerzo en dirección longitudinal, estos pavimentos desarrollan grietas transversales en cortos intervalos. En estas grietas se presenta un alto grado de transferencia de carga debido a que están firmemente unidas por el acero de refuerzo (malla de varillas de acero y/o mallas electro soldadas), sin embargo, por la presencia de refuerzo se desarrolla la transferencia de cargas en las caras de las fisuras.

TIPOS DE FALLAS

a) Fisura transversal o diagonal

Fracturamiento de la losa que ocurre aproximadamente perpendicular al eje del pavimento, o en forma oblicua a este, dividiendo la misma en dos planos.

b) Fisura Longitudinal

Fracturamiento de la losa que ocurre aproximadamente paralela al eje de la carretera, dividiendo la misma en dos planos.

c) Fisura de Esquina.

Es una fisura que intersecta la junta o borde que delimita la losa a una distancia menor de 1.30 m a cada lado medida desde la esquina. Las fisuras de esquina se extienden verticalmente a través de todo el espesor de la losa.

d) Losas subdivididas.

Fracturamiento de la losa de concreto conformando una malla amplia, combinando fisuras longitudinales, transversales y/o diagonales, subdividiendo la losa en cuatro o más planos.

e) Fisuras en Bloque.

Fracturamiento que subdividen generalmente una porción de la losa en planos o bloque pequeños de área inferior a 1 metro cuadrado.

f) Levantamiento de losas

Sobre-elevación abrupta de la superficie del pavimento, localizada generalmente en zonas contiguas a una junta o fisura transversal.

g) Dislocamiento

Es una falla provocada por el tránsito en la que una losa del pavimento a un lado de una junta presenta un desnivel con respecto a una losa vecina; también puede manifestarse en correspondencia con fisuras.

h) Hundimiento

Depresión o descenso de la superficie del pavimento en un área localizada del mismo; puede estar acompañado de un fisuramiento significativo, debido al asentamiento del pavimento.

i) Descascaramiento y fisuras capilares

Descascaramiento es la rotura de la superficie de la losa hasta una profundidad del orden de 5 a 15 mm, por desprendimiento de pequeños trozos de concreto. Por fisuras capilares se refiere a una malla o red de fisuras superficiales muy

finas, que se extiende solo a la superficie del concreto. Las mismas que tienden a intersectarse en ángulos de 120°.

j) Pulimiento de la superficie

Superficie de rodamiento excesivamente lisa por efecto del pulimiento de los agregados que la componen.

k) Peladuras

Progresiva desintegración de la superficie del pavimento por pérdida de material fino desprendido de matriz arena cemento del concreto, provocando una superficie de rodamiento rugosa y eventualmente pequeñas cavidades.

l) Bache.

Descomposición o desintegración la losa de concreto y su remoción en una cierta área, formando una cavidad de bordes irregulares.

2.3.3.2 PAVIMENTOS SEMI-RÍGIDOS.

Este tipo de pavimento guarda básicamente la misma estructura de un pavimento flexible, una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con un aditivo que puede ser: asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos. El empleo de estos aditivos tiene la finalidad básica de corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales que no son aptos para la construcción de las capas del pavimento, teniendo en cuenta que los adecuados se encuentran a distancias talque encarecerían notablemente los costos de construcción.

2.3.3.3 PAVIMENTOS FLEXIBLES

Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub base. No obstante puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra.

2.3.3.4 PAVIMENTOS ARTICULADOS

Los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborado con bloques de concreto prefabricados, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí. Esta puede ir sobre una capa delgada de arena la cual, a su vez, se apoya sobre una capa de base granular o directamente sobre la subrasante, dependiendo de la calidad de ésta y de la magnitud y frecuencia de las cargas que circulan por dicho pavimento.

2.3.4 ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS

La Topografía como ciencia tiene por objeto representar el terreno sobre el papel de la manera exacta posible, permitiéndonos determinar todo el conjunto de particularidades de la configuración de un terreno.

La finalidad de todo trabajo topográfico es la observación en campo de una serie de puntos que permita posteriormente en gabinete la obtención de unas coordenadas para:

- Hacer una representación gráfica de una zona.
- Conocer su geometría.
- Conocer su altimetría.
- Calcular una superficie, una longitud, un desnivel.

Cuando únicamente se desea conocer la planimetría, el levantamiento se llama planimétrico. Cuando sólo interesa la altimetría, se llama altimétrico. Y cuando se toman datos de la geometría y de la altitud, el levantamiento se llama topográfico, taquimétrico o completo.

En todos los trabajos se busca una precisión determinada. Para la elaboración de un plano, la precisión planimétrica y la elección de los elementos del terreno la marca la escala de la representación y el límite de percepción visual de 0,2 mm. Para la altimetría, los puntos levantados están condicionados por la equidistancia de las curvas de nivel.

En cualquier caso, para llevar a cabo el trabajo se dispondrá de un determinado equipo técnico y humano. Una clasificación de los métodos topográficos en función del instrumental empleado es la siguiente:

- Métodos basados en medidas angulares:
 - Triangulación.
 - Intersecciones (directa e inversa).
- Métodos basados en la medida de ángulos y distancias.
 - Poligonal.
 - Radiación.
- Métodos de medida de desniveles.
 - Nivelación trigonométrica.
 - Nivelación geométrica.

2.3.4.1 MÉTODOS BASADOS EN MEDIDAS ANGULARES

TRIANGULACIÓN

Consiste en determinar las coordenadas de una serie de puntos distribuidos en triángulos partiendo de dos conocidos, que definen la base, y midiendo todos los ángulos de los triángulos.

INTERSECCIONES

Las intersecciones son métodos en los que para determinar la posición de un punto sólo se requiere la medida de ángulos. Si las observaciones se hacen desde puntos de coordenadas conocidas se llaman intersecciones directas, y si se hacen desde el punto cuyas coordenadas se quieren determinar, se llaman inversas.

Si además de medir ángulos horizontales se miden los verticales, se puede calcular la coordenada Z.

2.3.4.2 MÉTODOS BASADOS EN LA MEDIDA DE ÁNGULOS Y DISTANCIAS

POLIGONAL

La finalidad de la poligonal es determinar las coordenadas de una serie de puntos, muchas veces a partir de las de otros cuya posición ya ha sido determinada por procedimientos más precisos.

Se define la poligonal como el contorno formado por tramos rectos que enlazan los puntos a levantar. Los puntos a levantar son las bases o estaciones. Los tramos o ejes son los lados de la poligonal, la unión de bases consecutivas.

La observación consiste en medir las longitudes de los tramos y los ángulos horizontales entre ejes consecutivos.

RADIACIÓN

Consiste en estacionar en un punto de coordenadas conocidas y medir coordenadas polares (ángulo y distancia reducida) a los puntos cuya posición se quiere determinar.

La radiación se utiliza para tomar los detalles en torno a un punto conocido. Muchas veces el punto conocido es una estación de la poligonal, y la orientación angular se hará a la base anterior o siguiente.

Es un método adecuado para hacer un levantamiento de una zona con visibilidad desde un punto. Se puede establecer un sistema de coordenadas local teniendo la precaución de elegir unas coordenadas para la estación desde la que se radia suficientemente grande para que no tener coordenadas negativas de los puntos levantados. A veces se intenta situar el eje Y próximo al Norte, operación que se puede hacer con la ayuda de una brújula.

La radiación es en muchas ocasiones un método complementario de la poligonal.

2.3.4.3 MÉTODOS DE MEDIDA DE DESNIVELES

La nivelación tiene por objeto determinar diferencias de cota entre puntos del terreno. Se denomina cota a la distancia entre las superficies de nivel de referencia y la superficie de nivel que contienen al punto. Se llama altitud cuando está referida al nivel del mar. Para distancias pequeñas las superficies de nivel se consideran horizontales y paralelas.

Desnivel es la diferencia de cota o altitud entre dos puntos.

Los métodos de nivelación se basan en la determinación de desniveles entre puntos. La cota de un punto se determina sumando el desnivel medido desde un punto a la cota de éste.

NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA

Los desniveles se determinan por procedimientos trigonométricos, mediante la medida de ángulos verticales y distancias.

NIVELACIÓN GEOMÉTRICA

Consiste en determinar desniveles entre puntos mediante visuales horizontales.

2.3.5 ESTUDIOS GEOLÓGICOS³

Como toda ciencia, la Geología evoluciona constantemente, se replantea conceptos y adopta nuevos paradigmas. Por ejemplo, el desarrollo y consolidación de la Teoría de la Tectónica de Placas ha significado un enorme progreso de las Ciencias de la Tierra porque ha permitido responder muchas interrogantes planteadas por los investigadores a lo largo de varios siglos, aunque también ha abierto nuevas interrogantes.

La Geología es, además, una ciencia que va adquiriendo mayor importancia en la aplicación de soluciones a problemas relativos al uso de los suelos, preservación del medio ambiente y ecología, utilización racional y conservación de recursos naturales, prevención y defensa de desastres por fenómenos naturales, como deslizamientos, inundaciones, erupciones volcánicas, sismos y terremotos. Asimismo, ha desarrollado con éxito herramientas de búsqueda y prospección de depósitos de minerales, petróleo y gas, mediante la aplicación de conocimientos de otras disciplinas y metodologías de investigación.

En conclusión, la Geología es la Ciencia de la Tierra que estudia el origen, composición, estructura y los fenómenos que se han producido en ella desde su génesis hasta la actualidad. Una definición científica diría que es la combinación matemática, física, química y biológica del estudio de la Tierra tal como hoy existe, y los procesos y estados a través de los cuales ha evolucionado.

³ Compendio Geología General, David R. Rojas Caballero.

2.3.5.1 DIVISIÓN DE LAS CIENCIAS GEOLÓGICAS

Como toda ciencia, la Geología es compleja, y para fines de estudio se le ha subdividido en varios campos de especialización:

- **Geoquímica:** Estudia la Tierra como un sistema químico; analiza las rocas desde el punto de vista de su composición química; trata de la distribución y migración de los elementos químicos en la corteza terrestre y en el interior del globo terráqueo en función de sus afinidades mutuas y de su misma estructura atómica.
- **Geofísica:** Estudia la Tierra investigando sus propiedades físicas en general, las variaciones de gravedad en la superficie terrestre y la propagación de las ondas sonoras a través de las rocas.
- **Mineralogía:** Es la ciencia de los minerales, que estudia su composición, estructura, propiedades físicas, y el origen y las condiciones de un yacimiento.
- **Petrología:** Estudia la composición química y mineralógica de las rocas, su distribución, propiedades y origen.
- **Estratigrafía:** Es el estudio de las rocas sedimentarias que se depositaron en forma de capas o “estratos” y su correlación con otras.
- **Geomorfología:** Estudia el relieve de la superficie terrestre y los fenómenos que han dado lugar a la actual configuración de la misma.
- **Geología estructural:** Estudia los mecanismos y los resultados de la rotura y deformación de la corteza terrestre. Su objetivo es determinar los fenómenos que originaron esa deformación, por ejemplo: fallas, pliegues y diaclasas.
- **Geología histórica:** Estudia la historia de la tierra, es decir su evolución en el transcurso del tiempo, la distribución de los mares y tierras en periodos geológicos pasados.
- **Hidrogeología:** Se ocupa principalmente del estudio de las aguas continentales, en especial de las aguas subterráneas.
- **Limnología:** Se dedica al estudio geológico de pantanos y lagos.
- **Geología marina:** Estudia la acción de los océanos, sus cuencas, yacimientos y corrientes.

- **Geotecnia:** Es la aplicación de la Geología en la construcción de obras de ingeniería.
- **Sedimentología:** Estudia los sedimentos (gravas, arenas, arcillas, etc.) con la finalidad de determinar su origen, propiedades y efectos.
- **Geología económica:** Su objetivo es la evaluación de la economía de un yacimiento o producto mineralizado, así como la exploración de yacimientos metálicos o no-metálicos.
- **Exploración y prospección:** Es la búsqueda de yacimientos geológicos con valor económico, por medio de la geofísica, la geoquímica, el mapeo, las fotos aéreas y las imágenes satelitales.
- **Geología ambiental:** Se ocupa de hallar sectores contaminados, formas y procesos de contaminación, especialmente de agua, agua subterránea y suelos. Investiga la calidad de agua y suelo.

2.3.6 ESTUDIOS GEOTÉCNICOS⁴

El estudio determinará las características geotécnicas del terreno a lo largo del trazo definitivo, definiendo las unidades estratigráficas considerando las características geológicas del grado de sensibilidad o la pérdida de estabilidad en relación a la obra a construir.

El análisis de suelo fue realizado de acuerdo a lo exigido por las normas peruanas, el cual tiene como finalidad:

- El reconocimiento e identificación de los materiales de superficie y subsuelo existentes a lo largo de la zona de construcción.
- La determinación y evaluación de las características físico-mecánicas de los suelos presentes en el área que comprende el estudio.

De acuerdo a la necesidad del estudio de mecánica de suelos se puede distribuir el estudio de la siguiente manera:

- a) Clasificación de suelos.
 - Determinación del contenido de humedad.
 - Análisis Granulométrico.
 - Determinación del límite líquido.

⁴ Estudio Geotécnico, en <http://www.protransporte.gob.pe>; Recuperado el 10/12/14

- Determinación del límite plástico.
 - Determinación del Índice de Plasticidad.
 - Peso Específico de la muestra.
- b) Calidad en la construcción de la estructura del pavimento.
- Ensayos de compactación de suelo – Proctor Modificado.
 - Determinación del peso unitario o máxima densidad.
 - Optimo contenido de humedad.
 - Determinación de la densidad del suelo en el terreno compactado.
- c) Capacidad de carga de los suelos.
- Ensayo de California Bearing Ratio (CBR), tanto en campo como en laboratorio.
 - Ensayo de carga directa sobre placa.
 - Ensayo de compresión con muestra no confinada.

2.3.6.1 EL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA AASHTO

El sistema de clasificación de suelos de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) es uno de los más utilizados actualmente y se basa en las prestaciones de suelos utilizados en la práctica para construir carreteras.

De acuerdo con este sistema y con base en su comportamiento, los suelos están clasificados en ocho grupos designados por los símbolos del A-1 al A-8. En este sistema de clasificación los suelos inorgánicos se clasifican en 7 grupos que van del A-1 al A-7. Estos a su vez se dividen en un total de 12 subgrupos. Los suelos con elevada proporción de materia orgánica se clasifican como A-8.

Cuadro 1 Sistema de Clasificación de Suelos AASHTO

CLASIFICACIÓN GENERAL	MATERIALES GRANULARES (Menos del 35% pasa por el tamiz n° 200)						MATERIALES LIMO-ARCILLOSOS (Más del 35% pasa por el tamiz n° 200)				
	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7	
Grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6					A-2-7
Subgrupo											
Análisis granulométrico: % que pasa el tamiz:											
N° 10	50 máx.										
N° 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.								
N° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	
Características de la fracción que pasa por el tamiz n° 40											
Límite líquido				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	41 mín.	
Índice de plasticidad (1)	6 máx.	6 máx.	No plástico	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	
Índice del grupo (2)	0		0	0		4 máx.		8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de materiales preponderantes	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa			Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Valor general como cimiento	Excelente a bueno					Regular a malo					

Fuente: Bowles, Joseph - 1980 – pag. 70

2.3.6.2 SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)

Está basado en la identificación de los suelos según sus cualidades estructurales y de plasticidad, y su agrupamiento con relación a su comportamiento como materiales de construcción de ingeniería.

Los suelos gruesos corresponden a los retenidos en dicho tamiz y los finos a los que lo pasan, de esta forma se considera que un suelo es grueso si más del 50% de las partículas del mismo son retenidas en el tamiz No. 200 y fino si más del 50% de sus partículas son menores que dicho tamiz.

Los seis principales tipos de suelos y sus respectivos prefijos son los siguientes:

- G : Grava.
- S : Arena.
- M : Limo.
- C : Arcilla.
- O : Limos o arcillas orgánicas.
- Pt : Turba y suelos altamente orgánicos.

Los sufijos que indican las subdivisiones en dichos grupos son los siguientes:

- H : Alta plasticidad.
- L : Baja plasticidad.
- W : Bien graduado.
- P : Mal graduado.

Suelos Granulares

En este grupo se hallan las gravas, arenas y suelos gravosos o arenosos, con pequeñas cantidades de material fino (limo o arcilla). Estos suelos corresponden en líneas generales a los clasificados como: A - 1, A - 2 y A - 3, por la AASHTO y son designados de la siguiente forma:

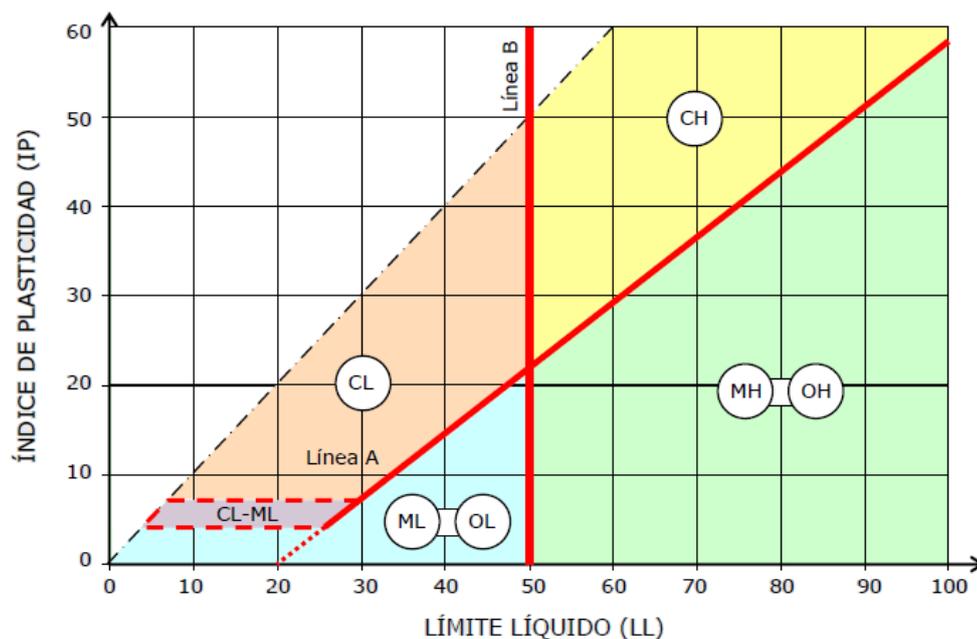
- Gravas o suelos gravosos: GW, GC, GP y GM.
- Arenas o suelos arenosos: SW, SC, SP y SM.

Suelos Finos

En este grupo se hallan materiales finos, limosos o arcillosos de baja o alta compresibilidad; son designados de la siguiente forma:

- Suelos de baja o mediana compresibilidad: ML, CL, y OL.
- Suelos de alta compresibilidad: MH, CH y OH.

Figura 4 Carta de Plasticidad



Fuente: Folletos de mecánica de suelos, Ing. Marvin Blanco

2.3.7 ESTUDIOS HIDROLÓGICOS⁵

La hidrología es la ciencia que investiga, estudia y analiza la ocurrencia, distribución, circulación y calidad del agua en la tierra, es decir; en la atmósfera, en la superficie terrestre (escorrentía) y en los estratos geológicos (aguas

⁵ Wendor Chereque Moran, HIDROLOGÍA

subterráneas) dirigida a establecer la disponibilidad de los recursos de este elemento, para satisfacer las exigencias humanas de supervivencia.

MICRO CUENCA

Se denomina micro cuenca a una pequeña extensión de terreno definida topográficamente, que es drenada por un sistema conectado de cursos de agua a través de drenes naturales como las quebradas, producto de la precipitación, de tal modo que todo el caudal efluente es concentrado y descargado mediante un solo curso común de agua.

PRECIPITACIÓN

La precipitación incluye la lluvia, la nieve y otros mediante los cuales el agua cae a la superficie terrestre, tal como granizo. La formación de precipitación requiere la elevación de una masa de agua en la atmósfera de tal manera que se enfríe y parte de su humedad se condense.

El estudio de precipitación implica determinar el volumen de agua precipitado, que se obtiene conjugando este fenómeno (profundidad de lámina de agua) con la superficie en la cual se produce y el tiempo durante el cual tiene lugar. Para dicho propósito se recurre a observaciones sistemáticas a lo largo de un período de tiempo dado, lo que permite conocer las variaciones sucesivas de la magnitud del fenómeno y las fluctuaciones del área en la cual se produce.

La lluvia como fenómeno fundamental en la precipitación, requiere de un acucioso registro en su medición en las estaciones pluviométricas, pluviográficas o meteorológicas, pues dicha información cuando es completa, consistente y de extensión suficiente tiene como objetivo inmediato y trascendente definir y encarar problemas de escorrentía, dada la estrecha relación que existe entre ambos fenómenos.

A partir de tales datos pluviométricos es posible determinar las características de las aguas superficiales, definiendo razonablemente el régimen y la periodicidad de su ocurrencia.

INTENSIDAD

Se refiere al volumen de agua precipitada en un período de tiempo dado, expresado como una tasa de precipitación, es decir, el volumen (profundidad de

la lámina) de agua que se deposita en el área receptora a lo largo del tiempo durante el cual ocurre la precipitación.

PERÍODO DE RETORNO

Es el período de tiempo promedio, en años, en que un determinado evento extremo, es igualado o superado por lo menos una vez.

FRECUENCIA

Es el número de veces que se repite una precipitación, de características de intensidad y duración definidas en un periodo de tiempo más o menos largo, tomado generalmente en años.

2.3.8 ESTUDIO DE TRÁFICO⁶

Tiene por objeto determinar las incidencias de las cargas y volumen vehicular con la finalidad de obtener el parámetro del tráfico, para lo cual fue necesario la evolución del tráfico actual mediante la realización de un censo vehicular con clasificación.

Debe destacarse el hecho de que la determinación del tráfico es de vital importancia para poder adelantar otras actividades como la de realizar el diseño adecuado de la estructura del afirmado, así como también del pavimento y la evaluación del proyecto, pues gran parte de los beneficios derivados del mismo son debidos a los ahorros en costos de operación vehicular.

A continuación se nombra los factores que influyen la performance del pavimento rígido referentes al tráfico:

- Carga bruta y presión de llanta.
- Propiedades del terreno de fundación y materiales del pavimento.
- Repetición de Carga.
- Velocidad de diseño.
- Eje y configuración de rueda.

⁶ MONTEJO FONSECA, Alfonso; Ingeniería de Pavimentos, Pág. 17

Aforo o Conteo Volumétrico de Tráfico

Su principal objetivo es el de determinar la demanda vehicular esperada para la vía nueva a construir. De acuerdo a los requerimientos del estudio, se realizaron los conteos volumétricos de tráfico que corresponden a la información que permite establecer el TPDA del tráfico para el año base del estudio.

Transito Promedio Diario Anual

El Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), es también conocido como Índice Medio Diario Anual (IMDA), el cual es obtenido a partir del promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año.

Tasa Anual del Crecimiento de Tránsito

Se denomina así al incremento de tránsito vehicular que va aumentando con el transcurso del tiempo, hasta llegar a un punto de saturación en el que se da un incremento mínimo. Este incremento es expresado de manera porcentual, la cual sirve para poder calcular el factor de crecimiento.

2.3.9 DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO⁷

Para un diseño completo de un sistema vial necesita del conocimiento de todas las variables que hemos mencionado anteriormente, complementando estas con un excelente diseño de juntas, por lo tanto, existen muchas metodologías de diseño en el mundo y que, se clasifican en tres grupos:

- Teóricas.
- Empíricas.
- Semi Empíricas.

Teóricas

Son aquellas metodologías que asimilan o modelan la estructura del pavimento en función del estudio elástico de sistemas multicapas, sometidos a cargas estáticas.

Algunos incluyen propiedades Visco-Elásticas en las capas de la estructura y problemas de carga variable, como el caso del Laboratorio Central de Puentes y Caminos de Francia.

⁷Ing. Samuel Mora Q.; PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO; FIC-UNI ASOCEM Pag. 8

Empíricos

Estas renuncian a la utilización de los resultados de la mecánica y se limitan a una clasificación de suelos y de tipos de pavimentos más usuales experimentales.

Semi Empíricos

Llamadas últimamente “Diseños Mecanicistas-Empíricos” combinan los resultados anteriores y preparan circuitos de ensayos en Laboratorio o Vías de servicio. Estos métodos son los que tienen mayor difusión y son a la vez los más racionales.

Tomando esta última clasificación, la avanzada tecnológica ha desarrollado técnicas que permiten diseñar la estructura del pavimento de forma muy práctica y racional, a través de los llamados catálogos y/o nomogramas de diseño, estos son llevados a sistemas o modelos matemáticos, que están permitiendo muchas alternativas solución.

La ventaja de los “Diseños Mecanicistas-Empíricos”, radica en la confiabilidad del diseño, su habilidad de predecir diferentes tipos de deterioros y la factibilidad de extrapolar datos limitados provenientes de ensayos de laboratorio y observaciones de diseño en su comportamiento en campo.

2.3.9.1 DISEÑO DE PAVIMENTOS - MÉTODO AASHTO - 93⁸

Consideraciones generales

El objetivo del diseño de pavimentos, es contar con una estructura sostenible y económica que permita la circulación de los vehículos de una manera cómoda y segura, durante un periodo fijado por las condiciones de desarrollo. Con respecto a los métodos de diseño de pavimentos, tradicionalmente se han limitado a determinar el espesor de la estructura. En el caso de los pavimentos de concreto, estos métodos se basan exclusivamente en los conceptos de fatiga mecánica para determinar, mediante modelos matemáticos, el espesor y la calidad del concreto.

De acuerdo con el criterio de los métodos mencionados para el diseño de losas soportadas sobre el terreno, como es el caso de pavimentos de concreto, el concreto a emplearse en este tipo de losas será especificado de acuerdo a su

⁸ MONTEJO FONSECA, Alfonso; Ingeniería de Pavimentos, Pág. 450

resistencia a la flexión por tensión o módulo de ruptura (MR), en vez de la resistencia tradicional a la compresión ($f'c$) que es comúnmente usada en otro tipo de estructuras de concreto.

Lo anterior se fundamenta al considerar que en una losa de concreto sometida a cargas dinámicas, los esfuerzos de flexión internos se encuentran más cercanos a su resistencia última a la flexión (MR), que los esfuerzos internos de compresión contra su resistencia última a la compresión ($f'c$).

Espesor del pavimento

Para el cálculo del espesor del pavimento de concreto, según el método AASTHO 93, es necesario conocer algunos aspectos del proyecto como los indicados a continuación:

- Periodo de diseño (vida útil).
- Resistencia a la tensión por flexión del concreto a utilizar.
- Módulo de reacción (k) del terreno natural.
- Información del tráfico.

Variables de diseño

Para satisfacer adecuadamente las condiciones tanto del suelo, como de carga y tráfico a los que van a estar sometidos los pavimentos, para este proyecto en particular, se utiliza el método de la American Association of State Highways and Transportation Officials (Método AASTHO – 93), la cual se presenta como:

$$\log_{10}(W_{18}) = ZrSo + 7.35 \log_{10}(D + 1) - 0.06 + \left[\frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} \right] + (4.22 - 0.32Pt) \log_{10} \left[\frac{S'c \times Cd(D^{0.75} - 1.132)}{215.63J \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{(Ec/K)^{0.25}} \right]} \right] \quad (2.1)$$

Dónde:

D: Espesor de la losa del pavimento en (pulg.).

W_{18} : Número previsto de ejes equivalentes de 18Kips (80KN), a lo largo del periodo de diseño.

Zr: Desviación Estándar Normal.

So: Error Estándar Combinado de la predicción del Tráfico.

Δ PSI: Diferencia de Serviciabilidad (Po-Pt).

Po: Serviciabilidad Inicial.

Pt: Serviciabilidad Final.

S'c: Módulo de Rotura del concreto en (psi).

Cd: Coeficiente de Drenaje

J: Coeficiente de Transferencia de Carga

Ec: Módulo de Elasticidad de concreto

K: Módulo de Reacción de la Sub Rasante en (psi).

2.3.9.2 DISEÑO DE PAVIMENTOS - MÉTODO DEL PCA⁹

A continuación se describen los lineamientos generales del método del Portland Cement Association (PCA).

Procedimiento de Diseño.

El método descrito en ésta sección es empleado una vez que ya tenemos los datos del tráfico esperado, como lo es el tránsito diario promedio anual, la composición vehicular del tráfico y de esta información obtenemos el número de repeticiones esperadas para cada tipo de eje durante el período de diseño.

En el capítulo de diseño de vía se presenta un formato empleado para resolver el diseño de pavimentos, el cual requiere de conocer algunos factores de diseño, como:

- Resistencia a la flexión del concreto (MR) a 28 días.
- El valor del módulo de reacción K del terreno de apoyo.
- Factor de seguridad de la carga (LSF)
- Número de repeticiones esperadas durante el período de diseño.

El método considera dos criterios de diseño:

- Fatiga
- Erosión

El Análisis por fatiga (para controlar el agrietamiento por fatiga) influye principalmente en el diseño de pavimentos de tráfico ligero (calles residenciales y caminos secundarios).

⁹ CEMENX CONCRETOS, Capitulo 2-5

El análisis por erosión (el responsable de controlar la erosión del terreno de soporte, bombeo y diferencia de elevación de las juntas) influye principalmente el diseño de pavimentos con tráfico mediano a pesado con transferencia de carga por trabazón de agregados (sin pasajuntas) y pavimentos de tráfico pesado con pasajuntas.

Para pavimentos que tienen una mezcla normal de pesos de ejes, las cargas en los ejes sencillos son usualmente más severas en el análisis por fatiga y las cargas en ejes tandem son más severas en el análisis por erosión.

2.3.9.3 DISEÑO DE JUNTAS

El diseño de juntas incluye la determinación del espaciamiento de juntas longitudinales y transversales, la transferencia de cargas y los materiales de sellado. Su finalidad es evitar que las grietas inducidas por secado, temperatura y cambios en el contenido de agua se presenten de manera desordenada, sin patrones geométricos. En general se utilizan tres tipos de juntas:

1.- Juntas de contracción: Se diseñan para controlar los movimientos de contracción y dilatación y las tensiones que generan, producidos por los cambios de temperatura, humedad y fricción. Ejercen al mismo tiempo un control sobre las fisuras que ocasionan estas tensiones. Las juntas de contracción pueden ser transversales o longitudinales.

2.- Juntas de construcción: Son aquellas que se construyen por razones constructivas, pueden ser transversales o longitudinales.

3.- Juntas de expansión (aislantes): Se ejecutan en posición transversal al eje de cambio, tiene el fin de permitir el movimiento horizontal del pavimento, con respecto a estructuras existentes, como estribos de puentes, alcantarillas, etc. Se utilizan también en la unión de dos tramos de diferente dirección.

En general el pavimento se construye con juntas, con o sin pasa juntas, de acuerdo al tránsito y las condiciones ambientales. Se recomienda el uso de pasa juntas para tránsito intenso y pesado.

DETERMINACIÓN DE JUNTAS EN EL PAVIMENTO.

Juntas Transversales y Longitudinales:

El espaciamiento entre juntas de contracción de pavimentos de concreto simple depende de factores principalmente locales, como calidad de materiales y condiciones climáticas. La AASHTO 93 recomienda que el espaciamiento entre juntas es en función al espesor de la losa de concreto. Se tiene la relación entre largo y ancho de un tablero de losas debe estar entre los límites de:

$$0.71 < \frac{\text{largo de la losa}}{\text{ancho de losa}} < 1.4$$

De acuerdo a recomendaciones de la PCA la separación entre juntas no debe ser mayor a 6,10 m (20 pies).

Para el caso de pavimentos de concreto armado con juntas, el espaciamiento máximo es de 9,10 m (30 pies).

Las juntas longitudinales que generalmente coinciden con las marcas de carril, deben diseñarse con separaciones de 2,50 a 4,00 metros (8 a 13 pies).

Las juntas son proporcionadas en pavimentos de concreto para evitar la ocurrencia de grietas prematuras debido a cambios de temperatura y humedad. Tiene como objetivo principal, el control de la fisuración y agrietamiento natural de que sufre el concreto durante el proceso constructivo y de uso.

Además, tiene las siguientes funciones:

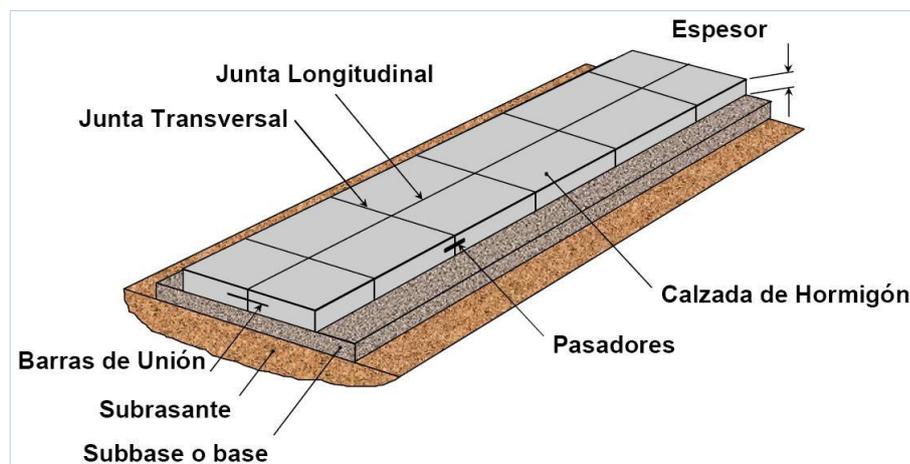
- Controla el agrietamiento transversal y longitudinal.
- Divide el pavimento en secciones adecuadas para el proceso constructivo.
- Permite controlar el movimiento y la **transferencia de carga** entre losas de concreto en las juntas del pavimento.

El pavimento rígido reforzado considera juntas con dispositivos de transferencia de cargas (dowels, pasadores, etc.), y acero de refuerzo en la estructura de la losa de concreto que cumple la función de acero como refuerzo por temperatura.

El cálculo del refuerzo en el pavimento rígido es considerando las recomendaciones planteadas por los métodos de AASHTO y PCA, obtener la opción más factible para que la estructura del pavimento cumpla con las proyecciones estimadas.

En la siguiente figura se puede observar esquemáticamente los componentes de la estructura de un pavimento rígido.

Figura 5 Componentes estructurales de pavimento rígido



El sistema de juntas se diseña teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Condiciones ambientales.
2. Espesor de la losa.
3. Sistema de transferencia de carga.
4. Tránsito.
5. Características de los materiales.
6. Tipo de sub base.
7. Características de material sellante.
8. Diseño de berma.

2.3.9.4 TIPOS DE JUNTAS.

Los tipos más comunes de juntas son las siguientes.

- Juntas de contracción.
- Juntas de expansión.
- Juntas de construcción.
- Juntas longitudinales.

a. JUNTAS DE CONTRACCIÓN

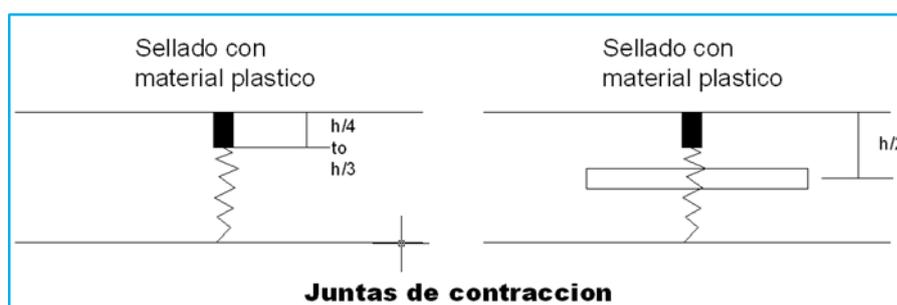
Las juntas de contracción son las juntas transversales que sirven para aliviar los esfuerzos de tracción. El espaciamiento de juntas debe ser basado en la experiencia local ya que un cambio en los tipos de agregado grueso pueden afectar significativamente en el coeficiente térmico del concreto y como consecuencia el espaciamiento aceptable de juntas. A manera de guía, el espaciamiento de juntas en pies para pavimentos de concreto plano no debería exceder al espesor en pulgadas 2 veces.

Por ejemplo el máximo espaciamiento para una losa de 8 pulgadas de espesor es 16 pies. También, como una guía general la relación del ancho de la losa con el largo no deberá exceder a 1.25 (AASHTO, 1993)

La transferencia de carga a través de la junta puede ser conseguida por la cohesión de los agregados y puede no necesitarse de pasadores; sin embargo se necesitan pasadores si es que el espaciamiento de juntas es grande ó si los paneles cortos son colocados cerca del final del pavimento. En tales casos, la junta puede ser abierta y la transferencia de carga a través del agregado puede perderse.

El sellante usado en las juntas tiene que ser capaz de soportar extensiones y compresiones repetidas a medida que la temperatura y humedad de las losas cambia. Los sellantes pueden ser clasificados en campo como preformados. Los sellantes moldeados en campo son aquellos aplicados en líquido ó semilíquido y los sellantes preformados son moldeados durante su manufactura.

Figura 6 Juntas de Contracción en pavimentos rígidos



El sellante preformado es el tipo más recomendado para lograr un desempeño de larga duración. Los sellantes preformados pueden hacer un excelente trabajo de mantenerse flexibles por un periodo de tiempo largo; pero podrían ser no impermeables con respecto a la filtración de agua en comparación a los sellantes moldeados en campo.

Las juntas de contracciones son usualmente colocadas a intervalos regulares perpendiculares a la línea central de pavimentos; sin embargo las juntas diagonales con espaciamiento aleatorio es decir, 13-19-18-12ft (4.0-5.8-5.5-3.7m) también se han usado.

El ángulo obtuso en el borde exterior del pavimento debería estar delante de la junta en la dirección del tráfico ya que la esquina recibe el impacto más grande de las aplicaciones repentinas de carga de llanta. La ventaja de juntas diagonales es que las llantas izquierda y derecha no llegan a la junta simultáneamente. Minimizando de esta manera la ocurrencia de fallas en las juntas. El uso de espaciamientos aleatorios puede entonces reducir la resonancia y mejoramiento del confort de manejo.

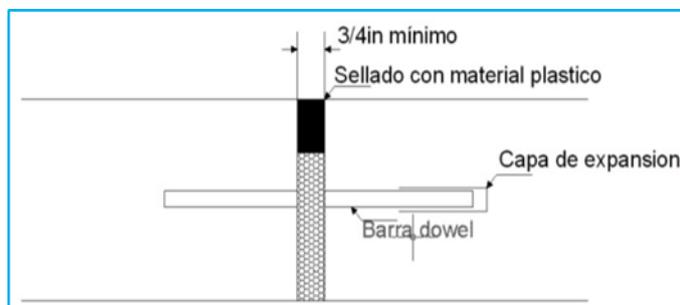
b. JUNTAS DE EXPANSION

Las juntas de expansión son juntas transversales para el alivio de los esfuerzos de compresión. Debido a que las juntas de expansión son difíciles de mantener y susceptibles al bombeo ya que no son usadas mas hoy en día excepto en la conexión entre pavimento y estructura.

El ancho mínimo de juntas es de $\frac{3}{4}$ de pulgada (19mm). Barras de pasadores suaves lubricadas en por lo menos uno de sus lados tienen que ser usados para la transferencia de carga. Un tubo de expansión tiene que ser instalado

en el borde libre para proveer espacio para los movimientos de los pasadores.

Figura 7 Junta de expansión (1 pulgada = 25.4 mm)



c. JUNTAS DE CONSTRUCCION

De ser posible, la junta de construcción transversal debería de ser colocada en la ubicación de la junta de contracción. Si es que el trabajo debe para debido a una emergencia o al mal funcionamiento de alguna máquina. Esta junta debería de ser colocada solamente en el tercio medio del intervalo de junta normal.

d. JUNTAS LONGITUDINALES

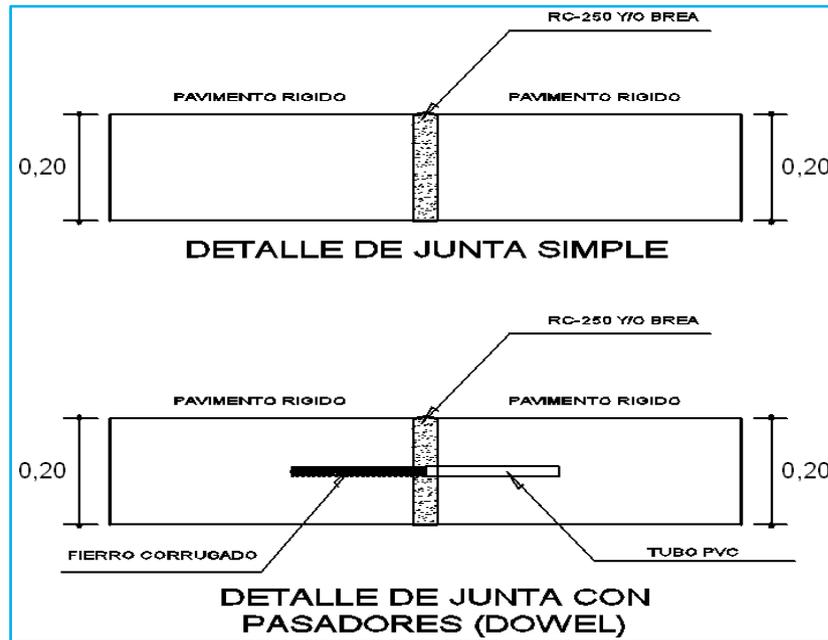
Las juntas longitudinales son usadas en pavimentos de concreto de carreteras para aliviar los esfuerzos de alabeo. Los diferentes tipos de juntas longitudinales pueden ser usados, dependiendo si la construcción es de ancho total ó de carril por carril.

La construcción por carril es usada cuando se necesita mantener el tráfico en el otro carril. Para asegurar la transferencia de carga, las trabadas son comúnmente usadas. En la mayoría de casos, las juntas trabadas llevan barras de amarre. Sin embargo, las barras de amarre pueden ser omitidas si la junta longitudinal se encuentra en el interior de un pavimento multicarril y hay muy poca probabilidad de que las juntas se abran. (Menendez Acurio, 2012)

e. DETALLES DE TIPOS DE JUNTAS

A continuación presentamos los detalles de tipos de una junta simple y una junta con pasadores (dowels).

Figura 8 Detalle de tipos de juntas



2.3.9.5 DISEÑO DEL MECANISMO DE TRANSMISIÓN DE CARGA.

a. Mecanismo de Transmisión de Carga.

La existencia de varios sistemas de transferencia de cargas, Para garantizar la eficiencia de la transmisión de cargas entre las losas de concreto que se tiene; como en los casos de trabazón de agregados, se colocarán barras de anclaje que mantengan unidas las caras de las juntas longitudinales, en la Grafica se puede mostrar la uniformidad de reacción entre las losas de concreto.

Figura 9 Transferencia de cargas.



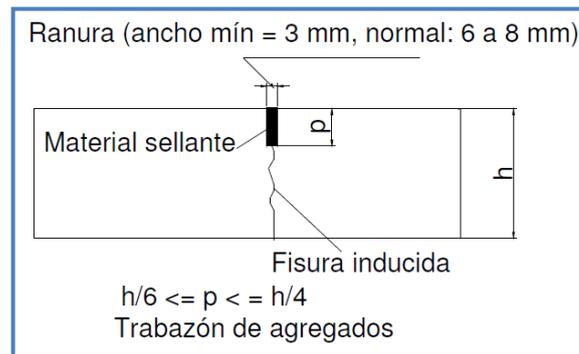
Fuente: Elaboración propia

b. Trabazón de los Agregados:

Se obtiene con un corte sobre el concreto que deberá prolongarse en el material cementante sin afectar a los agregados, los cuales proporcionan la resistencia al corte necesario para transmitir las cargas.

Este mecanismo sólo funciona cuando el ancho de la junta es menor que 9 mm, pero se recomienda un máximo de 5 mm. En la siguiente Figura 10 se ilustra este sistema de transmisión de carga.

Figura 10 Transmisión de cargas por trabazón de agregados

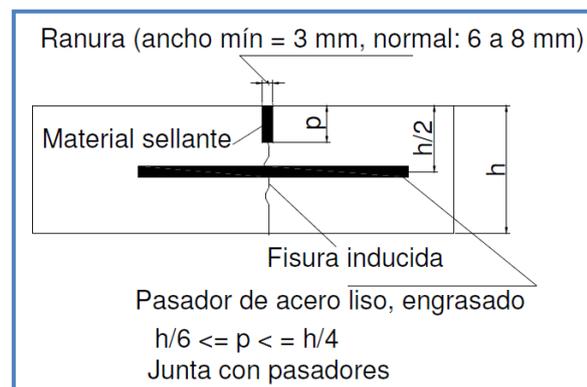


Fuente: Curso de Actualización de Pavimentos – Ing. Luis Ricardo Vásquez

c. Pasadores:

En condiciones de tráfico pesado o clima severo debe complementarse la eficiencia de la trabazón de agregados mediante barras de acero liso (pasadores o dovelas) que conectan entre sí los lados de las juntas. Este mecanismo transmite corte y momento flector permitiendo el libre movimiento horizontal de la losa, por esto al menos una mitad del pasador debe engrasarse para que no se adhiera al concreto. En la siguiente Figura 3.18 se ilustra este mecanismo de transmisión de carga.

Figura 11 Transmisión de cargas por pasadores.



Fuente: Curso de Actualización de Pavimentos – Ing. Luis R. Vásquez V.

2.3.9.6 DISEÑO DE VEREDAS

El diseño de veredas se considera como pavimentos especiales ya que en ellos solo se tendrá a peatones (personas) como carga que estará en contacto con la superficie, los cuales deben de cumplir con los requerimientos que están considerados en la norma técnica CE 010 (Pavimentos Urbanos), los cuales se pueden apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 1 Requisitos de pavimentos especiales.

Elemento		Tipo de Pavimento	Aceras o Veredas	Pasajes Peatonales	Ciclovías
Sub-rasante		95 % de compactación: Suelos Granulares - Proctor Modificado Suelos Cohesivos - Proctor Estándar			
		Espesor compactado: ≥ 150 mm			
Base		CBR ≥ 30 %			CBR ≥ 60%
Espesor de la capa de rodadura	Asfáltico	≥ 30 mm			
	Concreto de cemento Portland	≥ 100 mm			
	Adoquines	≥ 40 mm (Se deberán apoyar sobre una cama de arena fina , de espesor comprendido entre 25 y 40 mm)			
Material	Asfáltico	Concreto asfáltico*			
	Concreto de cemento Portland	$f_c \geq 175 \text{ Kg/cm}^2$ (17,5 MPa)			
	Adoquines	$f_c \geq 320 \text{ Kg/cm}^2$ (32 MPa)	N.R. **		

* El concreto asfáltico debe ser hecho preferentemente con mezcla en caliente. Donde el Proyecto considere mezclas en frío, estas deben ser hechas con asfalto emulsificado.

** N.R.: No Recomendable.

Fuente: Norma CE 010 Pavimentos Urbanos.

De acuerdo a las consideraciones de la norma CE 010 se optan por las siguientes consideraciones de diseño:

- Considerando que una persona pueda tener un peso de 100Kg el cual posee un área aproximado de contacto con la losa de la vereda de 36.0 cm² ejercerá un esfuerzo de compresión de 0.28Kg/cm², el cual no causara daño alguno a una losa con $f_c = 140 \text{ Kg/cm}^2$ y 175Kg/cm^2 ,
- Vereda de concreto simple de $f_c = 140 \text{ Kg/cm}^2$ y 175Kg/cm^2 , con un espesor de 0.15 m.

- Sub base con las mismas características de la sub base del pavimento rígido correspondiente a la calzada con un CBR = 65% el cual es mayor al CBR = 30% que considera la Norma CE 010 Pavimentos Urbanos, y un espesor de 0.15m.

2.3.10 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS¹⁰

ACERA O VEREDA

Parte de la vía urbana ubicada entre la pista y el límite de la propiedad, destinada al uso peatonal. Pueden ser de concreto simples, asfalto, unidades intertrabadas (adoquines), o cualquier otro material apropiado.

AFIRMADO

Capa de material selecto procesado de acuerdo a diseño, que se coloca sobre la subrasante o sub-base de un pavimento. Funciona como capa de rodadura y de soporte al tráfico en vías no pavimentadas. Esta capa puede tener un tratamiento de estabilización.

AGENTE ESTABILIZADOR

Producto adicional diferente al suelo que se le añade con la finalidad de mejorar sus propiedades físico - mecánicas.

ALAMEDA

Calle amplia con arborización intensa.

AÑO BASE

Es el año para el que se escogen y consideran los datos del tráfico que servirá de base al tráfico de diseño.

APROBACIÓN

Autorización o aceptación escrita del proyecto por parte de la Entidad correspondiente previamente a la ejecución de las obras. Autorización o aceptación escrita de una actividad por parte de la Supervisión.

BASE

Capa generalmente granular, aunque también podría ser de suelo estabilizado, de concreto asfáltico, o de concreto hidráulico. Su función principal es servir como elemento estructural de los pavimentos, aunque en algunos casos puede servir también como capa drenaste.

¹⁰Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas - 2005, Pág. 3/1

BOMBEO

Es la convexidad dada a la sección transversal de una vía para facilitar el drenaje de las aguas superficiales.

CALLE

En su sentido más genérico es una vía pública en un área urbana entre límites de propiedad, con o sin acera, destinada al tránsito de peatones y/o vehículos.

CALZADA O PISTA

Parte de una vía destinada al tránsito de vehículos.

CAMIONES

Vehículos tipo C2 del Reglamento Nacional de Vehículos, con configuraciones iguales a 2 ejes y 6 llantas. Incluyen minibuses y camiones de 4 llantas de base ancha. No incluyen automóviles camionetas, Pick-Ups, ni paneles.

CAPA ASFÁLTICA DE SUPERFICIE

Es la capa superior de un pavimento asfáltico, llamada también Capa de Desgaste o Capa de Rodadura.

CAPA DE BASE ASFÁLTICA

Es una capa estructural de algunos pavimentos flexibles compuesta de agregados minerales unidos con productos asfálticos. También conocida como Base Negra.

CAPA DE SUB-RASANTE

Porción superior del terreno natural en corte o porción superior del relleno, de 20 cm de espesor compactado en vías locales y colectoras y de 30 cm de espesor compactado en vías arteriales y expresas.

CARGA POR EJE SIMPLE EQUIVALENTE A 80 kn (ESAL por sus siglas en inglés) Es el efecto sobre el pavimento de cualquier combinación de cargas por eje de magnitud variada, expresada en el número de aplicaciones de un eje simple de 80 kn.

CARRIL

Parte de la calzada destinada a la circulación de una fila de vehículos.

CARRIL DE DISEÑO

Es el carril sobre el que se espera el mayor número de aplicaciones de cargas por eje simple equivalente de 80 kn. Normalmente, será cualquiera de los

carriles en una vía de 2 carriles en el mismo sentido, o el carril exterior en una vía de carriles múltiples también en el mismo sentido.

CICLOVIA

Espacio dentro de la vía urbana destinado exclusivamente al tránsito de bicicletas.

CONCRETO ASFALTICO

Es una mezcla compuesta de cemento asfáltico y agregados bien graduados, de alta calidad, completamente compactada en una masa densa y uniforme.

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

Proceso físico y/o químico por el que se mejoran las propiedades físico-mecánicas del suelo natural en corte o de los materiales de préstamo en relleno, con el objeto de hacerlos estables.

EJE ESTÁNDAR

Eje simple con ruedas duales con una carga de 80 kn (8,2 t o 18 kips).

EJES EQUIVALENTES

Es el número de aplicaciones de cargas por Eje Estándar, previsto durante el Periodo de Diseño. El procedimiento usado para convertir un flujo de tráfico con diferentes cargas y configuraciones por eje en un número de tráfico para el diseño, consiste en convertir cada carga por eje esperada sobre la vía durante el periodo de diseño, en un número de cargas por eje estándar, sumándolas luego.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Parte del expediente técnico en la que se detallan la descripción de los trabajos, los materiales, los equipos y procedimientos de construcción, el control de calidad, la medición y forma de pago. El **PR**, es el autor y responsable de la emisión de las Especificaciones Técnicas.

ESPESOR DE DISEÑO

Es el espesor de cada capa del pavimento, determinado en el diseño.

ESPESOR EFECTIVO

El espesor efectivo de cada capa de un pavimento existente se calcula multiplicando su espesor real por los correspondientes factores de conversión, según el método de diseño.

ESTACIONAMIENTO

Superficie pavimentada, con o sin techo, destinada exclusivamente al parqueo de vehículos.

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ASFALTICO

Es una estructura de pavimento con todas sus capas de mezclas asfálticas, o de una combinación de capas asfálticas y base granulares, colocadas encima de la sub-rasante natural o estabilizada.

ESTUDIO DE CARGAS

Es un estudio para determinar el peso transportado por cada eje y el número de ejes para cada tipo de camiones pesados.

FACTOR CAMIÓN

Es el número de aplicaciones de cargas por eje simple equivalentes a 80 kenes, producidas por una pasada de un vehículo cualquiera del Reglamento Nacional de Vehículos vigente. Los Factores Camión pueden aplicarse a vehículos de un solo tipo o clase o a un grupo de vehículos de diferentes tipos.

FACTOR DE EQUIVALENCIA DE CARGA

Es un factor utilizado para convertir las aplicaciones de cargas por eje de cualquier magnitud, a un número de cargas por eje simple equivalentes a 80 KN.

IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA

Asfalto diluido, aplicado con un rociador de boquilla que permita una distribución uniforme sobre la Base Granular para impermeabilizarla y lograr su adherencia con la Capa Asfáltica de Superficie.

INGENIERO RESIDENTE

Ingeniero Civil Colegiado y habilitado, responsable de la ejecución y dirección de la obra, en representación del Contratista.

INSPECTOR

Ingeniero Civil Colegiado en ejercicio, representante de la Entidad Contratante en quien se ha delegado la responsabilidad de administrar un determinado proyecto.

JUNTAS DE CONTROL

Se denomina así, en un pavimento de concreto de cemento Portland, a las juntas formadas o aserradas, para controlar el agrietamiento.

LABORATORIO

Es una organización que mide, examina, ejecuta los ensayos; o de otra forma, determina las características o el comportamiento de materiales o productos.

LOSA DE CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND

Superficie de rodadura y principal elemento estructural en los pavimentos rígidos.

LOTE

Es una cantidad medida de material o construcción producidos por el mismo proceso.

MODULO DE RESILIENCIA O MODULO RESILIENTE (Mr.)

Es una medida de la propiedad elástica del suelo, reconociéndole ciertas características no lineales. El módulo de resiliencia se puede usar directamente en el diseño de pavimentos flexibles, pero debe convertirse a módulo de reacción de la sub-rasante (valor k), para el diseño de pavimentos rígidos o compuestos.

MODULO DE ROTURA (MR)

Es una medida de la resistencia a la tracción por flexión del concreto. Se determina mediante el ensayo ASTM C78 de la viga cargada en los tercios.

MUESTRA

Es un segmento de una población seleccionado según la norma correspondiente o un procedimiento estadístico aceptado, para representar a toda la población.

MUESTREO ALEATORIO

Una muestra tomada empleando un plan de muestreo, en el cual cada unidad del lote debe tener la oportunidad de ser elegida.

NIVEL DE SERVICIO PSI

Es un parámetro que califica la serviciabilidad de una vía.

NUMERO ESTRUCTURAL (SN)

Es un número adimensional abstracto que expresa la resistencia estructural de un pavimento, requerida para un número de combinaciones de soporte del suelo (MR), ESALs, Δ PSI. El SN requerido puede ser convertido a espesores reales de carpeta de rodadura base y sub-base, por medio de coeficientes de capa apropiados que representan la resistencia relativa de los materiales de construcción

PASAJES PEATONALES

Parte de la vía urbana ubicada entre límites de la propiedad, destinada al uso peatonal. Pueden ser de concreto simples, asfalto, unidades intertrabadas (adoquines), o cualquier otro material apropiado.

PAVIMENTO

Estructura compuesta por capas que apoya en toda su superficie sobre el terreno preparado para soportarla durante un lapso denominado Periodo de Diseño y dentro de un rango de Serviciabilidad. Esta definición incluye pistas, estacionamientos, aceras o veredas, pasaje peatonales y ciclo vías

PAVIMENTOS FLEXIBLES (PAVIMENTOS ASFALTICOS)

Clasificación por comportamiento de los pavimentos con superficie asfáltica en cualquiera de sus formas o modalidades (concreto asfáltico mezcla en caliente, concreto asfáltico mezcla en frío, mortero asfáltico, tratamiento asfáltico, micro pavimento, etc.), compuesto por una o más capas de mezclas asfálticas que pueden o no apoyarse sobre una base y una sub base granulares. El pavimento asfáltico de espesor total (full-depre), es el nombre patentado por el Instituto del Asfalto, para referirse a los pavimentos de concreto asfáltico construidos directamente sobre la sub-rasante.

PAVIMENTOS SEMI FLEXIBLES (INTERTRABADOS)

Pavimento cuya capa de rodadura estuvo tradicionalmente conformada por unidades de piedra, madera o arcilla cocida. En la actualidad se utilizan unidades de concreto colocadas sobre una capa de arena, rellenando los espacios entre ellas con arena, para proveerles de trabazón. De la misma manera que los pavimentos asfálticos tienen una base y además pueden tener una sub-base. Su comportamiento se puede considerar como semi-flexible.

PAVIMENTOS RÍGIDOS (DE CONCRETO HIDRÁULICO)

Clasificación por comportamiento de los pavimentos de concreto de cemento hidráulico en cualquiera de sus formas o modalidades (losas de concreto simple con juntas, losas de concreto reforzado con juntas, suelo-cemento, concreto compactado con rodillo, etc.).

PERIODO DE DISEÑO

Es el tiempo, normalmente expresado en años, transcurrido entre la construcción (denominada año cero) y el momento de la rehabilitación del pavimento.

PLAN DE MANEJO VIAL

Conjunto de actividades temporales, necesarias para mantener el tránsito fluido mientras duren las obras.

PROPIETARIO

Es la persona natural o jurídica, que acredita ser titular del dominio del predio al que se refiere una obra.

PROFESIONAL RESPONSABLE (PR)

Ingeniero Civil Colegiado y en ejercicio que ha elaborado los estudios y diseños del proyecto de pavimentación.

RASANTE

Es el nivel superior del pavimento terminado. La Línea de Rasante se ubica en el eje de la vía.

SERVICIABILIDAD

Habilidad de un pavimento para servir a los tipos de sollicitaciones (estáticas o dinámicas) para los que han sido diseñados.

SUB-RASANTE

Es el nivel inferior del pavimento paralelo a la rasante.

SUPERVISIÓN

Persona natural o jurídica, cuya función es la de verificar que la obra se ejecute conforme a los proyectos aprobados, se sigan procesos constructivos acorde con la naturaleza de la obra, y se cumplan con los plazos y costos previstos en el contrato de la obra.

SUPERVISOR

Ingeniero Civil Colegiado y en ejercicio, representante de la *Supervisión* en la obra.

TIPOS DE VÍAS

El sistema vial está constituido por vías expresas, vías arteriales, vías colectoras, vías locales y pasajes

TRAFICO

Determinación del número de aplicaciones de carga por eje simple equivalente, evaluado durante el periodo de diseño de proyecto.

VÍAS URBANAS

Espacio destinado al tránsito de vehículos y/o personas que se encuentra dentro del límite urbano. Según la función que prestan se clasifican en:

- Vías Expresas;
- Vías Arteriales;
- Vías Colectoras; y
- Vías Locales.

VÍAS EXPRESAS

Son vías que permiten conexiones interurbanas con fluidez alta. Unen zonas de elevada generación de tráfico, transportando grandes volúmenes de vehículos livianos, con circulación a alta velocidad y limitadas condiciones de accesibilidad. Eventualmente, el transporte colectivo de pasajeros se hará mediante buses en carriles segregados con paraderos en los intercambios. En su recorrido no es permitido el estacionamiento, la descarga de mercancías ni el tránsito de peatones.

VÍAS ARTERIALES

Son vías que permiten conexiones interurbanas con fluidez media, limitada accesibilidad y relativa integración con el uso de las áreas colindantes. Son vías que deben integrarse con el sistema de vías expresas y permitir una buena distribución y repartición del tráfico a las vías colectoras y locales. En su recorrido no es permitida la descarga de mercancías. Se usan para todo tipo de tránsito vehicular. Eventualmente el transporte colectivo de pasajeros se hará mediante buses en vías exclusivas o carriles segregados con paraderos e intercambios.

VÍAS COLECTORAS

Son aquellas que sirven para llevar el tránsito de las vías locales a las arteriales, dando servicio tanto al tránsito vehicular, como acceso hacia las propiedades adyacentes. El flujo de tránsito es interrumpido frecuentemente por intersecciones sanforizadas, cuando empalman con vías arteriales y con controles simples con señalización horizontal y vertical, cuando empalman con vías locales. El estacionamiento de vehículos se realiza en áreas adyacentes, destinadas especialmente a este objetivo. Se usan para todo tipo de vehículo.

VÍAS LOCALES

Son aquellas que tienen por objeto el acceso directo a las áreas residenciales, comerciales e industriales y circulación dentro de ellas.

CAPÍTULO III

INGENIERÍA DEL PROYECTO

3.1 ESTUDIOS BÁSICOS DE INGENIERÍA

Los Estudios Básicos de Ingeniería serán desarrollados en el siguiente capítulo, en cuatro partes:

- Estudios Topográficos
- Estudios Geológicos
- Estudios Geotécnicos
- Estudios Hidrológicos

3.1.1 ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS

3.1.1.1 RECONOCIMIENTO DEL TERRENO

Es la fase en la que se recorre todo el área del proyecto, donde se ubican los posibles vértices de la poligonal teniendo en cuenta la visibilidad de los vértices, de manera que permita realizar el levantamiento topográfico para toda la zona del proyecto.

3.1.1.2 SEÑALIZACIÓN Y MONUMENTACIÓN

Después de determinar los tramos a ejecutarse, se procedió a ubicar los puntos de la poligonal que servirían para hacer el control horizontal a partir de puntos ubicados en el campo.

Del mismo modo, se ubicó puntos del control vertical para lo cual se partió del punto establecido anteriormente que está ubicada en el buzón de la calle la cual exactamente en la esquina entre la avenida Túpac Amaru y el jirón Ayaviri progresiva 00+000 km.

3.1.1.3 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

El levantamiento topográfico realizado tuvo como objetivo la toma de datos para elaborar el modelo digital del terreno para poder elaborar posteriormente los perfiles del terreno y diseñar las estructuras del proyecto.

A partir de la poligonal fijada con anterioridad se hizo el relleno topográfico tomando en cuenta, el relleno de terreno natural del mismo modo se tomó en cuenta todos los detalles existentes.

Para esto se tomó como punto de partida la estación A (BM), cuyos datos se aproximaron con GPS.

- Norte : 8,346,691.01
- Este : 297,815.88
- Cota : 3995.40

Las coordenadas del punto A sirvieron como coordenada inicial para la poligonal.

EQUIPOS DE INGENIERÍA

Se emplearon los siguientes equipos:

- 01 Estación Total marca LEICA.
- 02 Prismas reflectores y respectivos bastones telescópicos.
- 01 Trípode y accesorios complementarios.

3.1.1.4 PERFIL LONGITUDINAL

Tiene por objeto determinar los planos de perfil longitudinal, en el que se procederá a nivelar cada 10.00 m representando estas las progresivas.

Para la obtención del perfil longitudinal de la vía, una vez determinado el eje de la vía se ubicó en las progresivas ubicadas a 10 m; en estos puntos se realizó

el trabajo de nivelación, para determinar la elevación de cada punto con respecto al nivel del mar.

Los perfiles longitudinales se representan en Sistema de Coordenadas. Las distancias se colocan en el eje X a una escala de 1:200 y las alturas en el eje ya una escala de 1:2000.

El perfil longitudinal así como los planos respectivos de los levantamientos topográficos se encuentran en los planos anexados en el presente trabajo.

La cota de la rasante de una vía es la de la superficie terminada, incluyendo el pavimento. La rasante de la vía se trazó tratando de conservar los niveles de las viviendas proyectados.

3.1.1.5 SECCIONES TRANSVERSALES

La sección transversal es la representación del terreno en el eje de la vía y perpendicularmente a este. Cada 10 metros en las progresivas señaladas, se realizó un levantamiento de los puntos de relleno con el uso de estación total. Las secciones transversales se presentan también en los planos.

3.1.1.6 RESULTADOS DE CAMPO Y GABINETE

Pto	Este	Norte	Cota	Pto	Este	Norte	Cota
1	297815.88	8346691.01	3995.40	63	297828.59	8346708.05	3995.38
2	297766.03	8346628.61	3996.49	64	297854.79	8346722.16	3995.38
3	297718.16	8346582.77	3996.57	65	297849.64	8346726.90	3995.38
4	297704.83	8346592.75	3996.74	66	297860.31	8346738.70	3995.32
5	297704.83	8346596.37	3996.98	67	297866.61	8346734.43	3995.35
6	297717.16	8346593.51	3996.79	68	297864.77	8346745.70	3995.31
7	297713.44	8346602.08	3996.67	69	297872.72	8346739.09	3995.34
8	297730.21	8346591.96	3996.62	70	297880.00	8346758.17	3995.41
9	297730.63	8346594.81	3996.66	71	297887.63	8346752.16	3995.63
10	297735.54	8346599.80	3996.80	72	297904.96	8346782.93	3995.47
11	297738.39	8346600.26	3996.88	73	297913.01	8346777.99	3995.47
12	297748.59	8346610.63	3996.34	74	297928.91	8346793.19	3995.59
13	297758.79	8346620.99	3996.48	75	297924.32	8346798.13	3995.66
14	297759.21	8346623.84	3996.47	76	297943.51	8346819.00	3995.30
15	297764.12	8346628.83	3996.48	77	297949.86	8346813.71	3995.36
16	297766.97	8346629.29	3996.49	78	297964.95	8346828.30	3995.16
17	297766.03	8346628.61	3996.49	79	297958.71	8346833.97	3995.02

18	297774.50	8346639.85	3996.41	80	297984.95	8346844.70	3994.86
19	297734.75	8346623.09	3996.42	81	297976.48	8346853.07	3994.91
20	297748.21	8346636.33	3996.47	82	298002.76	8346864.39	3994.67
21	297779.45	8346644.96	3996.15	83	297997.52	8346870.17	3994.80
22	297791.56	8346657.45	3996.09	84	298020.32	8346881.22	3994.54
23	297805.03	8346671.03	3995.69	85	298014.47	8346886.23	3994.81
24	297794.89	8346682.16	3995.60	86	298035.72	8346894.97	3994.74
25	297782.82	8346670.28	3996.00	87	298030.43	8346901.03	3994.71
26	297770.39	8346658.07	3996.30	88	298055.43	8346912.78	3994.85
27	297763.18	8346650.99	3996.48	89	298050.02	8346919.28	3994.84
28	297756.70	8346644.64	3996.48	90	298076.82	8346932.04	3994.77
29	297817.37	8346680.65	3995.64	91	298068.17	8346939.31	3994.68
30	297814.31	8346680.48	3995.58	92	298062.62	8346938.72	3994.24
31	297804.01	8346691.13	3995.52	93	298069.79	8346944.28	3994.30
32	297812.31	8346699.41	3995.28	94	298076.18	8346938.01	3994.72
33	297826.35	8346688.75	3995.10	95	298088.95	8346935.40	3994.46
34	297855.71	8346741.46	3995.17	96	298083.72	8346935.57	3994.57
35	297862.71	8346748.20	3995.57	97	298043.61	8346918.91	3994.86
36	297825.78	8346712.45	3995.14	98	298043.81	8346921.42	3995.00
37	297845.60	8346731.79	3995.05	99	298079.25	8346931.36	3994.73
38	297914.05	8346772.60	3995.34	100	298058.43	8346911.16	3994.68
39	297892.11	8346752.42	3995.85	101	298039.17	8346892.37	3994.74
40	297875.40	8346760.37	3995.42	102	298026.87	8346904.02	3994.71
41	297876.72	8346738.10	3995.94	103	298024.23	8346878.38	3994.69
42	297870.12	8346731.82	3995.04	104	298010.95	8346889.21	3994.87
43	297857.64	8346719.93	3995.15	105	298006.32	8346861.50	3994.79
44	297836.16	8346699.45	3995.00	106	297994.01	8346873.12	3994.84
45	297815.88	8346691.01	3995.40	107	297974.68	8346854.91	3994.94
46	297745.97	8346615.14	3996.46	108	297991.90	8346847.09	3994.59
47	297739.55	8346620.28	3996.40	109	297984.72	8346840.28	3994.89
48	297758.60	8346629.60	3996.45	110	297968.56	8346824.74	3995.01
49	297753.01	8346634.03	3996.49	111	297956.36	8346837.54	3995.00
50	297768.90	8346637.60	3996.45	112	297954.01	8346810.54	3995.55
51	297761.87	8346645.50	3996.49	113	297940.35	8346822.17	3995.52
52	297778.98	8346649.35	3996.36	114	297932.24	8346789.89	3995.51
53	297774.06	8346653.82	3996.24	115	297919.84	8346802.65	3995.55
54	297789.94	8346662.23	3995.97	116	297926.10	8346784.02	3995.97
55	297786.18	8346666.43	3995.94	117	297918.84	8346776.99	3995.67
56	297797.48	8346679.28	3995.65	118	297901.14	8346784.96	3995.48
57	297802.68	8346673.26	3995.60	119	297897.71	8346781.54	3995.30
58	297807.93	8346688.19	3995.50	120	297766.09	8346642.61	3996.48
59	297812.16	8346683.73	3995.57	121	297865.92	8346739.53	3995.38
60	297815.44	8346697.72	3995.24	122	297915.59	8346786.29	3995.61
61	297823.46	8346690.70	3995.14	123	297982.75	8346850.48	3994.84
62	297833.36	8346702.35	3995.30				

Se utilizó el método de la poligonal abierta para el levantamiento topográfico.

3.1.2 ESTUDIOS GEOLÓGICOS

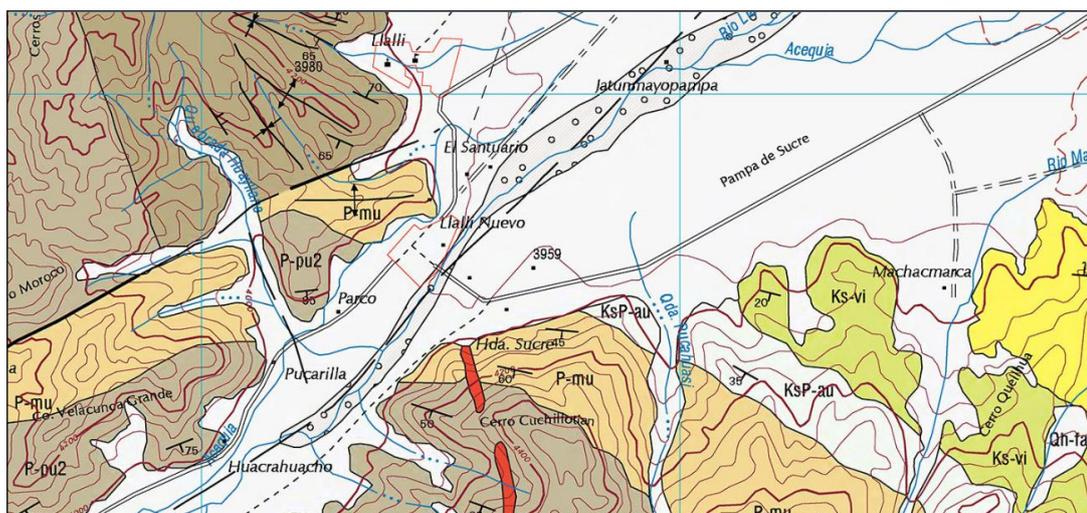
La información geológica fue desarrollada en base al estudio de los cuadrantes 30 – U3 de Llalli, publicado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú (INGEMMET).

3.1.2.1 GEOLOGÍA LOCAL

ESTRATIGRAFÍA LOCAL

La litología en general de la Formación Llalli está caracterizada por el dominio areniscas subarcosicas de grano fino a medio con estratificación sesgada, intercaladas con lutitas y limo arcillitas micáceas de coloración gris y verdosa con estratificación laminar en el área de estudio.

Figura 12 Mapa Geológico Nacional Zona Llalli (Hoja 30-u3)¹¹



Fuente: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú (INGEMMET).

¹¹ Mapa Geológico, en <http://www.ingemmet.gob.pe/>, Recuperado el 28/12/2016

3.1.2.2 GEOLOGÍA REGIONAL.

A) CENOZOICO

a. Formación Orcopampa (N-or)

Es la unidad más abundante del grupo Tacaza, se le ubica al noroeste del poblado de Macari, aportado materiales de naturaleza gravosa al acuífero de Llalli.

b. Formación Arcurquina (Ki-ar).

Se le ubica mayormente entre Macari y Santa Rosa presentando un espesor de 200 metros donde parece descansar sobre la formación Puca Puca, litológicamente está dominada por calizas blanquesinas y azulinas e infrayace a las areniscas del Grupo Puno, así como brechas con clastos de hasta 4cm en una matriz de grano fino nódulos de chert y agregados de calcedonia - calcita.

B. TERCIARIO.

a. Grupo Puno (P-pu).

La secuencia del Grupo Puno al suroeste de Ayaviri, norte de Llalli consiste principalmente de areniscas rojizas rosadas y conglomerados.

Las areniscas son de grano fino a grueso, generalmente arcósicas, los estratos de conglomerados son masivos y de 2 metros de espesor, areniscas conglomerádicas.

b. Grupo Tacasa.

Litológicamente está constituido por segmentos clásicos continentales areniscas de color gris, pardo amarillento y verdoso de grance grueso, con escasa gradación y de poca potencia; conglomerados que contienen clastos mayormente volcánicos.

C. CUATERNARIO

Los depósitos de cuaternario abarcan un porcentaje considerado del área de estudios. Dentro de la geología regional se encuentra en las pampas y quebradas.

a. Depósitos Aluviales.

Son materiales transportados en aluvi3n, en grandes masas, por lo tanto est1n constituidos por clastos redondeados y subredondeados, y arena con limo y arcilla.

b. Dep3sitos Eluviales.

Son materiales no transportados (residuales); estos dep3sitos generalmente se encuentran en las colinas y sobre las mesetas, en grandes extensiones, pero de espesor muy reducido. Se forma como producto de la descomposici3n de las rocas.

3.1.2.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Las formas estructurales en cuanto a las fallas rocosas no se encontraron.

En el 1rea de estudio debido a la monotonía litol3gica y detrítica, expuesta en las Formaci3n Tacaza de la edad Paleozoica, hasta la actualidad el 1rea como lo demuestran las evidencias de campo ha soportado, tectonismos sucesivos que en la mayoría de las veces ha permanecido como un alto estructural.

3.1.2.4 GEODINÁMICA EXTERNA

La inestabilidad de la superficie del 1rea depende de las condiciones geol3gicas, como de las característic1s físicas, climatol3gicas, erosi3n fluvial, erosi3n glacial y composici3n del terreno que en cierta forma provocan frecuentes derrumbes y deslizamientos de la zona.

EROSIÓN FLUVIAL

La erosi3n fluvial en épocas de lluvia debido al aumento del caudal, erosionan las paredes de los causes, que son acompa±ados por la composici3n del suelo y que generalmente est1n conformados de material suelto que se encuentran saturados de agua y que son muy deleznales, es decir f1cilmente erosionable.

3.1.3 ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

3.1.3.1 MUESTREO Y EXPLORACIÓN DE SUELOS

La metodología seguida para la ejecución del estudio comprendió básicamente de una Investigación de campo en la Avenida Túpac Amaru de la ciudad de Llalli a través de prospecciones de exploración (obtención de muestras representativas) mediante calicatas de exploración a cielo abierto, las que fueron objeto de ensayos de Laboratorio y finalmente con los datos obtenidos en ambas fases se realizaron las labores de gabinete, para consignar luego en forma gráfica y escrita los resultados del estudio, los mismos que se adjuntan. En dicha programación de exploración y muestreo se planifico tres fases marcadas, a fin de llevar un trabajo ordenado que permita lograr el objetivo final; dichas fases de exploración fueron:

3.1.3.1.1 RECONOCIMIENTO DE CAMPO

Etapas que consistió en realizar un reconocimiento visual en general de toda la zona materia de estudio, recorriendo a pie a fin de evaluar posibles inconvenientes de diferente índole que puedan significar una dificultad en el desarrollo de la etapa de ubicación y muestreo de calicatas.

3.1.3.1.2 SONDAJE Y MUESTREO

Del análisis expuesto anteriormente, se pudo concluir que el método idóneo a utilizar en la exploración de suelos, era la excavación de calicatas a cielo abierto. Además ofrece la posibilidad de fijar ciertas condiciones referentes al agua contenida en el suelo (nivel de la napa freática), que particularmente en este caso no se presentó en ninguna de las calicatas de exploración.

3.1.3.1.3 NÚMERO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN

En relación al número de Puntos de Investigación se tomó en cuenta los siguientes criterios:

- La Norma Técnica NTE CE.010 PAVIMENTOS URBANOS, en el Capítulo 3, en el ítem 3.2.2, indica que el número de puntos de investigación será de

acuerdo con el tipo de vía según se indica en el cuadro 2, con un mínimo de tres (03).

Cuadro 2 Número de Puntos de Investigación

TIPO DE VÍA	NÚMERO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN	ÁREA (m ²)
Expresas	1 cada	1000
Arteriales	1 cada	1200
Colectoras	1 cada	1500
Locales	1 cada	1800

Fuente: Tabla 2 NTE CE.010 PAVIMENTOS URBANOS

- La Norma Técnica NTE CE.010 PAVIMENTOS URBANOS, en el Capítulo 3, en el ítem 3.2.5, indica que la profundidad mínima de investigación será de 1.50 m por debajo de la cota rasante final de la vía.
- La Norma Técnica NTE CE.010 PAVIMENTOS URBANOS, en el Capítulo 3, en el ítem 3.2.8, indica que efectuado el registro de la estratigrafía, el muestreo, se deberá rellenar las excavaciones con los materiales extraídos.
- La Norma Técnica NTE CE.010 PAVIMENTOS URBANOS, en el Capítulo 3, en el ítem 3.2.9, indica que durante la investigación de campo se elaborará un perfil estratigráfico para cada punto de investigación, basado en la clasificación visual manual, según la NTP 339.150:2001.
- La Norma Técnica NTE CE.010 PAVIMENTOS URBANOS, en el Capítulo 3, en el ítem 3.2.12, indica que se determinará un (1) CBR por cada 5 puntos de investigación o menos según lo indicado en el Cuadro 2 y por lo menos un (1) CBR por cada tipo de suelo de sub-rasante.

ELECCIÓN DEL NÚMERO Y CARACTERÍSTICAS DE LOS PUNTOS DE INVESTIGACIÓN

Tomando de criterio la referencia del Cuadro 2 Número de Puntos de Investigación, y tomando en cuenta la longitud de la vía en estudio de 500.00 metros lineales, se adoptó lo siguiente:

- Tipo de Exploración : Exploración a cielo abierto (calicatas)
- Número de Puntos de Investigación : 4
- Ubicación : En las progresivas 0+120, 0+230, 0+355 y 0.495 de la Avda. Túpac Amaru.

- Taras metálicas
- Cuchara metálica
- Guantes de asbesto

Procedimiento

- Pesar la tara metálica (pequeña) en la cual se depositará una muestra de suelo.
- Pesar la muestra húmeda en la tara con aproximación de 0.01 gr.
- La muestra en el recipiente colocarla en el horno a una temperatura de $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ por un tiempo de 24 horas aproximadamente, para posteriormente dejarla enfriar a temperatura ambiente.
- Pesar la muestra seca incluyendo el recipiente, hasta verificar un peso constante.

3.1.3.2.2 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Materiales

- Juego completo de tamices con tapa y fondo
- Balanza de torsión con sensibilidad de 0.1 %
- Balanza de tres escalas con sensibilidad de 0.1 %
- Horno Eléctrico de $110\pm 5^{\circ}\text{C}$
- Cepillo de alambre fino
- Martillo de goma
- Bandejas de loza o aluminio
- Recipientes con agua limpia

Procedimiento

- Cuartear la muestra seca, pesarla y registrarla como peso total de la muestra seca.
- Depositar la muestra en el recipiente con agua y removerla a fin de disolver la arcilla contenida y verter el agua limpia a través del tamiz N° 200, repitiendo esta operación, hasta que el agua se observe clara.
- Secar 18 horas la muestra en el horno a una temperatura de 105°C .
- Secada la muestra, se efectúa el tamizado a través del juego de tamices ordenados en forma decreciente, agitando vigorosamente con un movimiento rotatorio horizontal y vertical. Pesar el material retenido en los diferentes tamices.

3.1.3.2.3 LÍMITES DE ATTERBERG O DE CONSISTENCIA

A. Limite Líquido (LL)

Equipo

- Balanza de tres escalas (sensibilidad al 0.01 gr).
- Pocillo de porcelana y espátulas.
- Copa de Casagrande y acanalador.
- Tamiz N°40.
- Pipeta (cuentagotas).
- Cápsulas metálicas.

Procedimiento

- Se tamiza la muestra seca a través de la malla N° 40 hasta obtener 150 gr. Aproximadamente y descartar el material retenido en él.
- Mezclar el material en el pocillo de porcelana con agua, hasta la consistencia de una pasta espesa suave. Cubrirla con un paño y dejarla reposar 1 hora.
- Colocar material desde el pocillo a la cuchara de la Copa de Casagrande, llenando 1/3 del total aproximadamente.
- Usando la espátula se extiende y empareja el material, formando una torta circular de un centímetro en el punto de máxima profundidad.
- Con el acanalador se hace una ranura firme a lo largo del diámetro y a través de la línea central de la mezcla contenida en la cuchara, para evitar el desgarramiento del suelo a lo largo de la ranura, se hace varias pasadas.
- Girar la manivela a razón de 2 vueltas/seg y anotar los golpes necesarios para que las paredes de la ranura se unan en el fondo de la misma $\frac{1}{2}$ ".

B. Límite Plástico (LP)

Equipo

- Balanza de tres escalas (sensibilidad al 0.01 gr.)
- Horno Eléctrico de $110 \pm 5^{\circ}C$
- Placa de vidrio esmerilado
- Cápsulas metálicas

Procedimiento

- Se emplea material usado para el límite líquido, verificando una consistencia tal que pueda ser rolado entre los dedos de la mano y el virio esmerilado.
- Se toman aproximadamente 2 gr. de material y se forma bastones cilíndricos de modo que lo podamos rodar sobre el vidrio esmerilado para quitarle humedad.
- Se inicia el rolado, a razón de 80 a 90 ciclos por minuto. Un ciclo es un movimiento de la mano hacia adelante y hacia atrás de la posición de arranque.
- El Límite Plástico (humedad) se obtiene al formar bastones de 3.2 mm de diámetro, en el instante en que se forman resquebrajaduras superficiales.

3.1.3.3 ENSAYOS DE SUELOS PARA DETERMINAR SU COMPORTAMIENTO

3.1.3.3.1 PROCTOR MODIFICADO

Equipo

- Tamices de 2", 3/4", 3/8" y N° 4.
- Martillo de goma.
- Brocha y badilejo.
- Molde cilíndrico de próctor estándar ó modificado.
- Pisón de 10 lb de peso.
- Horno Eléctrico de 110 ± 5 °C.
- Balanza de tres escalas.
- Balanza de 20 kls de capacidad.
- Probeta graduada de 500 cm³.

Procedimiento

- Se requiere de 40 Kg. en promedio de material de ensayo, el cual debe ser secado preferiblemente al aire para un mejor manejo, y luego disgregar los terrones del material con el martillo de goma, para no alterar sus propiedades mecánicas.

- Tamizar el material por los tamices 2", 3/4", 3/8" y N°4, descartando el material retenido en la malla de 2".
- De acuerdo al ensayo previo de granulometría, seleccionar el método de ensayo a practicar y preparar cuatro puntos de ensayo en peso del material a utilizar. Si es el método A o B se tomará 2.50Kg, y si es el método C será 6.00Kg.
- Colocar el material de un punto en la bandeja y adicionar el 2% ó 4% de agua según se estime por conveniente y revolverlo manualmente con el material hasta lograr una mezcla uniforme.
- Dividir la mezcla en cinco partes proporcionalmente iguales y depositar con la cuchara metálica una de ellas en el molde (con extensión) de ensayo correspondiente, para luego proceder a compactarlo con el pisón en caída libre y en el número de golpes que especifica el método determinado y repartidos uniformemente en toda la superficie del material. Repetir nuevamente la misma operación con las otras cuatro partes de la muestra del material.
- Compactadas las 5 partes de la muestra, retirar la extensión desmontable y proceder a enrasarla con la regla metálica a nivel del borde del molde.
- Pesar la muestra húmeda en el molde sin extensión y registrar el peso obtenido. Luego desechar el material del molde para su limpieza, y de la parte central separar en una tara metálica una porción de muestra para su secado en el horno eléctrico para posteriormente determinar su contenido de humedad.

3.1.3.3.2 ABRASION DE LOS ANGELES

Equipo

- Balanza de 20 kg. (sensibilidad ± 1 gr).
- Horno Eléctrico de 110 ± 5 °C.
- Tamices
- Maquina de los Angeles
- Carga abrasiva; son 12 esferas de fundición o acero, con un diámetro de 46.038mm y 47.625mm y con un peso entre 390 y 445 g cada una. El peso total deberá ser de 5000 ± 25 g.

Procedimiento

- Se pesan aproximadamente 10000g de muestra, y se colocan junto con la carga abrasiva dentro del cilindro, haciéndolo girar con una velocidad entre 30 y 33 rpm hasta completar 1000 vueltas.
- Se descarga el material de la máquina y se hace una separación preliminar de la muestra sobre un tamiz más grueso que el de 1.7mm (N°12). Se tamiza la porción más fina. El material más grueso se lava y se seca a temperatura de 105° a 110°C.
- Se puede obtener una valiosa información sobre la uniformidad de la muestra que se está ensayando, determinando la pérdida después de 200 revoluciones.
- La diferencia entre el peso inicial de la muestra seca y el peso del material seco retenido en el tamiz de 1.70mm (N°12), expresada como porcentaje del peso inicial, será el desgaste de la muestra.

3.1.3.3.3 VALOR RELATIVO DE SOPORTE (CBR)

Equipo

- Tamices de 2", 3/4", 3/8" y N° 4.
- Molde cilíndrico de CBR.
- Disco espaciador.
- Pisón de 10 Lb de peso.
- Horno Eléctrico de 110 ± 5 °C.
- Balanza de tres escalas (sensibilidad al 0.01 gr).
- Balanza de 20 kg. (sensibilidad ± 1 gr).
- Probeta graduada de 500 cm³.
- Bandeja metálica grande y cucharón metálico.
- Cápsulas metálicas (Taras).
- Máquina de Prueba o gata de tornillo con tornillo de carga.
- Vástago ajustable y juego de placas (10 Lb).
- Trípode y micrómetro para medir la expansión del suelo.

Procedimiento

- Del mismo material seleccionado para el ensayo Proctor, se preparan tres muestras secas en peso de dicho material y el molde de CBR.

- Preparar en una probeta una cantidad de agua similar en porcentaje del contenido óptimo de humedad determinado para la máxima densidad seca en el ensayo de Proctor.
- Remover en una bandeja la muestra con el agua hasta lograr una mezcla uniforme y dividirla en cinco partes proporcionales.
- Colocar dentro del molde el disco espaciador y un papel filtro sobre este, para adicionar muestra, y someterlas a una compactación de 56 golpes con el pisón.
- Se invierte el molde, colocándole previamente un papel filtro y retirar el disco espaciador, para luego proceder a registrar el peso de la muestra húmeda.
- Repetir todo el procedimiento descrito hasta ahora, para las otras dos muestras de suelo, con la diferencia que en el proceso de compactación con el pisón, para la segunda muestra será a 25 golpes y de la tercera muestra a 12 golpes.
- Lecturar el extensómetro cada 24 horas, de cada molde sumergido y anotarlas en los formatos correspondientes. Al cabo de 96 horas registrar la lectura final, para calcular la expansión del material.
- Al cabo de los cuatro días, extraer los tres moldes sumergidos y dejar drenando el agua libre que queda por un espacio de 15 minutos de tiempo.
- Colocar el espécimen en la prensa con su respectiva sobrecarga, asentar el pistón sobre la muestra, verificando el cero el extensómetro que mide la penetración para la aplicación de la carga y el extensómetro que va en el anillo para medir la carga.
- Se hinca el pistón a velocidad constante de penetración de 0.05" por minuto, y se anota las lecturas del dial de carga para penetración de 0.25, 0.05, 0.075, 0.10, 0.15, 0.20, 0.30, 0.40 y 0.50 pulgadas.

3.1.3.4 RESUMEN DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LABORATORIO

En el Cuadro 3 se puede apreciar un resumen de los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio de las muestras del Terreno de Fundación.

Cuadro 3 Resumen de los Resultados de los Ensayos de Laboratorio.

ENSAYO DE LABORATORIO	Calicata C-1	Calicata C-2	Calicata C-3	Calicata C-4	Mezcla de Suelos
Humedad Natural (%)	25.9	33.94	16.59	25.27	11.31
Clasificación AASHTO	A-3(0)	A-4(5)	A-4(2)	A-4(2)	A-1-a(0)
Clasificación SUCS	SM	ML	CL	CL	GM-GC
Límite Líquido	NP	30.97	26.49	26.4	22.88
Límite Plástico	NP	23.12	20.37	20.3	19.39
Índice Plasticidad	NP	7.85	6.09	6.12	3.41
Máxima Densidad Seca (g/cm ³)	1.864	1.71	1.70	1.69	2.14
Óptimo Contenido de Humedad (%)	12	15.7	17	17.3	7.5
95% de la Máxima Densidad Seca (g/cm ³)	1.8	1.62	1.60	1.61	2.033
C.B.R. al 100% de la M.D.S. (%)	36	11	14	12	95
C.B.R. al 95% de la M.D.S. (%)	30	7	13	11	65

Fuente: Elaboración Propia

3.1.3.5 DETERMINACIÓN DEL C.B.R. DE DISEÑO

Los resultados de los valores de C.B.R. obtenidos de las calicatas descritas. Procedemos a hallar el C.B.R. de diseño.

Los resultados deben procesarse por medios estadísticos que permitan la selección de un valor correcto de resistencia de diseño para cada unidad o suelo predominante en cada una de las calicatas.

El criterio más difundido para la determinación del valor de resistencia de diseño es el propuesto por el Instituto del Asfalto, el cual recomienda tomar un valor total, que el 60, o el 75 o el 87.5% de los valores individuales sea igual o mayor que él, de acuerdo con el tránsito que se espera circule sobre el pavimento, como se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 4 Límites para selección de resistencia (CBR de diseño).

Número de ejes de 8.2 toneladas en el carril de diseño (N)	Percentil a seleccionar para hallar la resistencia (%)
< 10 ⁴	60
10 ⁴ - 10 ⁶	75
> 10 ⁶	87.5

Fuente: Alfonso MONTEJO FONSECA.

Tomando los datos del Cuadro 3, respecto al C.B.R. al 95% de la M.D.S. (%), podemos determinar el valor del C.B.R. de diseño para el Terreno de Fundación, el cual será un dato de mucha utilidad en los diseños posteriores. En nuestro caso tenemos un ESAL de diseño de 0.42×10^6 el cual corresponde a un percentil de 75 %.

El proceso de cálculo es el siguiente:

1. Se ordena los valores de resistencia de menor a mayor y se determina el número y el porcentaje de valores iguales o mayores de cada uno. Este proceso se puede apreciar en el Cuadro 5.

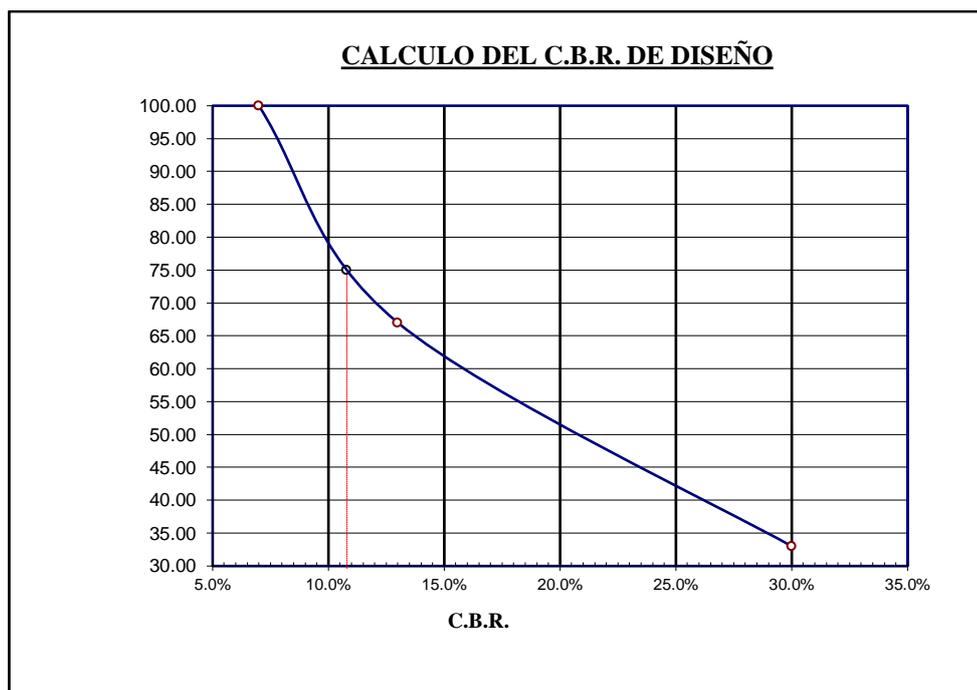
Cuadro 5 Determinación del CBR de diseño (Terreno de Fundación).

Resultado de ensayo CBR (de menor a mayor)	Número de resultados CBR iguales o mayores	% de resultados iguales o mayores
7	4	100
11	3	75
13	2	50
30	1	25

Fuente: Elaboración Propia

2. Se dibuja un gráfico que relacione los valores de C.B.R. con los porcentajes anteriormente calculados (Figura 14) y en la curva resultante se determina el C.B.R. para el percentil elegido que para este caso, según el Cuadro 5 y con los datos del Estudio Vial, debe ser 75%, al cual le corresponde un CBR de diseño de 11%.

Figura 14 Cálculo del CBR de Diseño



Fuente: Elaboración Propia

3.1.3.6 MEZCLA DE SUELOS PARA SUB BASE

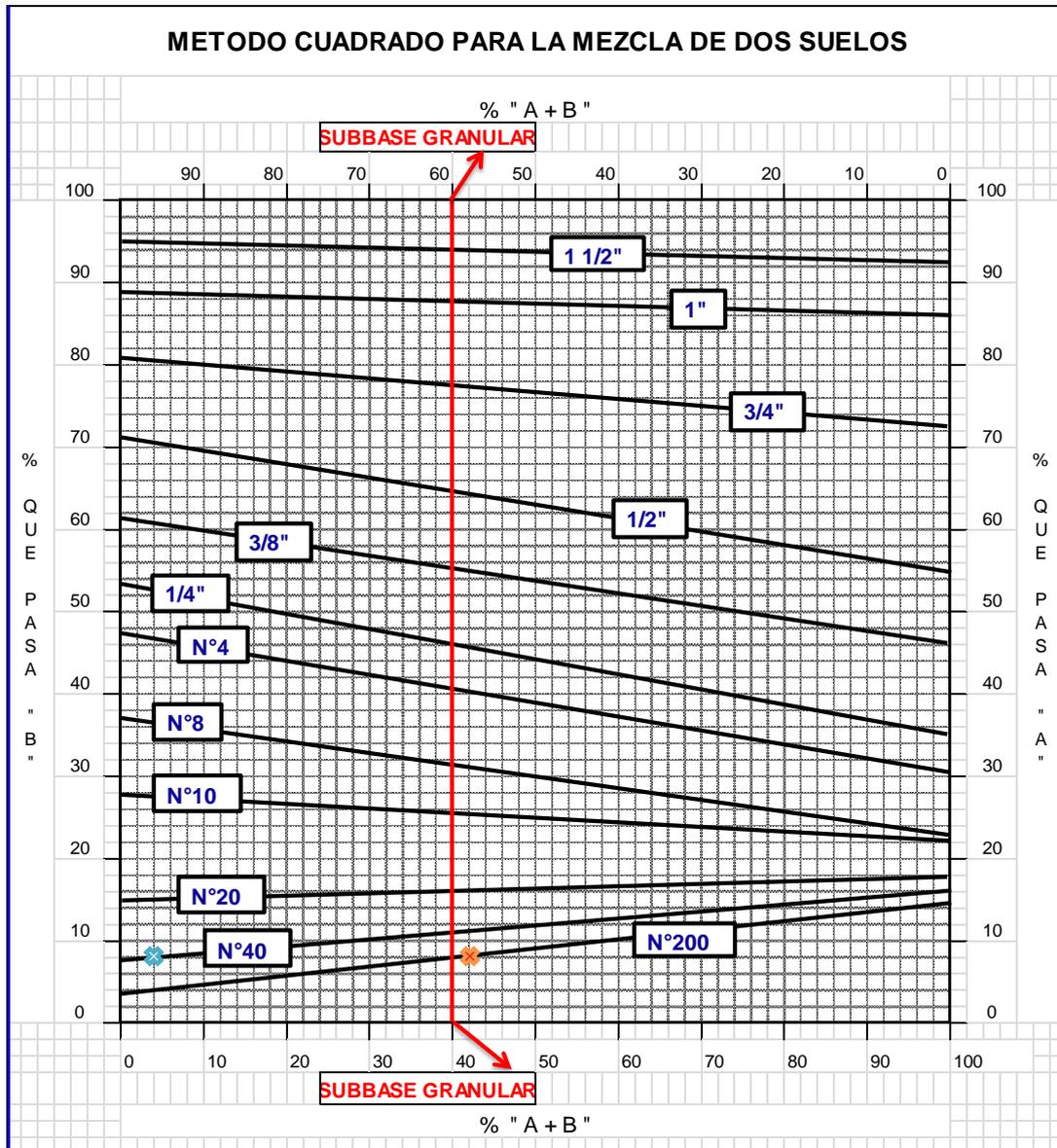
En base a los resultados de los ensayos de Caracterización, cuyos reportes se encuentran anexas al presente trabajo, y en base a las especificaciones contenidas en la norma EG-2013 para Sub Base se procedió al diseño de la mezcla de suelos y cuyos resultados se encuentran dentro de las especificaciones de la norma mencionada. En las tablas 402-1 y 402-2 se encuentran las especificaciones para Sub Base (EG-2013).

Cuadro 6 Requerimientos granulométricos para sub base granular.

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A (1)	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	---	---
25 mm (1")	---	75 – 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4.75 mm (Nº 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2.0 mm (Nº 10)	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
4.25 um (Nº 40)	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
75 um (Nº 200)	2 – 8	5 – 15	5 – 15	8 – 15

Fuente: EG-2013 Tabla 402-01

Figura 15 Método cuadrado para la mezcla de dos suelos.



Fuente: Elaboración Propia.

En base a los resultados del Análisis granulométrico y los Límites Consistencia (ver Anexos) y además haciendo uso del Diagrama Cuadrado para la mezcla de dos suelos para Sub Base Granular, se obtuvo la proporción de 60 % de material Hormigón (Cantera Rio Llallí) +40 % de material Ligante (Cantera Umachiri), con lo cual el material resultante cumple con los requerimientos granulométricos Gradación A.

Cuadro 7 Resultados de la Mezcla de Suelos para Sub Base.

Tamiz	% QUE PASA			Observación	
	Especificac. Base Grad. A (EG-2013)	Suelo A Umachiri	Suelo B Rio Llalli		Mezcla 40%*A+_60%*B
76.2 mm (3")		100.00	100.00	100.00	
63.5 mm (2 1/2")		100.00	100.00	100.00	
50 mm (2")	100	100.00	100.00	100.00	SI CUMPLE
9.5 mm (3/8")	30 – 65	46.37	61.60	55.51	SI CUMPLE
4.75 mm (Nº 4)	25 – 55	30.57	47.93	40.98	SI CUMPLE
2.0 mm (Nº 10)	15 – 40	21.82	27.94	25.49	SI CUMPLE
4.25 um (Nº 40)	8 – 20	16.58	7.86	11.35	SI CUMPLE
75 um (Nº 200)	2 – 8	14.90	3.37	7.98	SI CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia.

3.1.4 ESTUDIOS HIDROLÓGICOS

En el presente Estudio Hidrológico muestra la determinación del caudal de aporte de las aguas pluviales, para un adecuado diseño de drenaje bajo determinado periodo de retorno.

El estudio hidrológico consiste en la estimación de las descargas de diseño de las respectivas obras de drenaje a partir de la información pluviométrica disponible de la estación meteorológica de Chuquibambilla, es la estación más cercana al distrito de Llalli, que es una estación del tipo Convencional y cuyas coordenadas de ubicación son Latitud 14°47'05.2" y Longitud 70°42'56.5".

3.1.4.1 ANÁLISIS HIDROLÓGICO

INTENSIDAD

La ecuación 3.1 representa la expresión de la Intensidad.

$$I = \frac{P}{T} \tag{3.1}$$

Dónde:

- I : Intensidad en mm/hora.
- P : Precipitación en altura de agua, en mm.
- T : Tiempo en horas.

FRECUENCIA

Una de las expresiones más sencillas y prácticas es la que se muestra en la ecuación 3.2, que corresponde a la ecuación.

$$F = \frac{m}{N} \quad (3.2)$$

Dónde:

F : Frecuencia.

m : El orden que ocupa el evento en orden decreciente.

N : Número de eventos componentes.

PERÍODO DE RETORNO

Está expresado matemáticamente por la inversa de la relación 3.2, es decir la inversa de la frecuencia, como se muestra en la ecuación 3.3.

$$I = \frac{P}{T} \quad (3.3)$$

Dónde:

- I : Intensidad en mm/hora.
- P : Precipitación en altura de agua, en mm.
- T : Tiempo en horas.

PROBABILIDAD

Está dado por la ecuación 3.4.

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n \quad (3.4)$$

Dónde:

- P : Probabilidad.
- T : Periodo de retorno.
- n : Periodo de tiempo de análisis.

3.1.4.2 CÁLCULO DEL PERIODO DE RETORNO

La precipitación anual promedio es del orden de 706 mm, según la estación meteorológica de Chuquibambilla.

En el siguiente cuadro, tenemos un extracto de los datos de los datos de precipitaciones extremas en la estación meteorológica de Chuquibambilla.

Cuadro 8 Años de precipitaciones extremas, estación Chuquibambilla.

Año de Exedencias	1992	1995	2004	2008	2013
Precipitación Mensual (mm)	851.1	1012.5	850.3	985.6	947.5
Intervalo de Recurrencia (Años)		3	9	4	5

Fuente: SENAMHI

PERIODO DE RETORNO

Consideramos además 20 años como periodo de vida útil para el diseño de nuestro pavimento.

Por lo tanto el cálculo del periodo de retorno se da con los datos:

- N : Periodo total entre la primera y última excedencia ($\geq 706\text{mm}$) = 21 años (2013 – 1992 = 21 años).
- M : Número total de intervalos de recurrencia = 4 (Del cuadro 8).

Por lo tanto se tiene que:

$$P = \frac{N}{M} = \frac{21}{4} = 6 \text{ años}$$

$P = 6 \text{ años}$

PROBABILIDAD DEL PERIODO DE RETORNO

Para la vía en estudio se ha proyectado para una vida útil de 20 años, la ecuación 3.4 nos sirve para calcular la Probabilidad del Periodo de Retorno, teniendo los siguientes datos: *probabilidad*

- T : Periodo de retorno = 6 años.
- n : Periodo de vida útil = 20 años.

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n = 1 - \left(1 - \frac{1}{6}\right)^{20} = 0.97 = 97\%$$

Probabilidad = 97%

Se puede mencionar que existe la posibilidad en un 97 % que un evento de precipitaciones extremas ocurra en los 20 años de vida útil proyectada.

3.1.4.3 CÁLCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Existen varias formas de determinar el tiempo de concentración, ya sea haciendo uso de las características hidráulicas de la cuenca, estimando velocidades, o haciendo uso de fórmulas empíricas propuestas por varios autores a fin de ahorrar tiempo en su cálculo, de las cuales la Fórmula de Kirpich (ecuación 3.5), es una de las más utilizadas.

$$T_c = \left(0.871 \frac{L^3}{H} \right)^{0.385} \quad (3.5)$$

Dónde:

- TC: Tiempo de concentración, en horas.
- L: Longitud del curso de agua más largo, en Km.
- H: Desnivel máximo del curso de agua más largo, en m.

De los cálculos hechos en nuestra microcuenca se tiene: $L = 0.6508\text{Km}$ y $H = 37.238\text{ m}$.

Reemplazando datos en la ecuación 3.5, se obtuvo lo siguiente:

$$T_c = \left(0.871 \frac{L^3}{H} \right)^{0.385} = \left(0.871 \frac{0.6508}{37.238} \right)^{0.385} = 0.14$$

Por lo tanto: $T_c = 0.14$ horas

$T_c = 8.61\text{min}$

3.1.4.4 CALCULO DE INTENSIDAD DE LLUVIA

La determinación del evento de lluvia que debe emplearse es un paso importante en el diseño de drenaje urbano, para lo cual la forma más común de hacerlo, es utilizar un evento extraordinario que involucre una relación entre la intensidad de lluvia, la duración y las frecuencias o periodos de retorno apropiados para el sitio mediante el trazo de curvas IDF, en la que fácilmente se puede obtener el dato de intensidad para cualquier periodo de tiempo requerido.

EL MODELO GENERAL DE FREDERICH BELL

La fórmula matemática propuesta es la expresión que se muestra en la ecuación 3.6, que corresponde a la fórmula de Frederich Bell.

$$P_t^T = (0.21 * \text{Log}_e T + 0.52)(0.54t^{0.25} - 0.50) * P_{60}^{10} \quad (3.6)$$

Dónde:

- P_t^T : Precipitación caída en t minutos con periodo de retorno de T años.
- T : Periodo de retorno en años.
- t : Duración en minutos.
- P_{60}^{10} : Precipitación de 60 minutos de duración con periodo de retorno de 10 años.

La ecuación 3.6 es válida para duraciones de lluvia (t) comprendidas entre 5 y 120 minutos de duración y con periodos de retorno comprendidos entre 2 y 100 años.

El investigador Chileno Espíldora, obtuvo que la relación entre la lluvia máxima diaria y la lluvia de una hora para un periodo de retorno de 10 años es más o menos constante e igual a 4.04.

REGISTROS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA HORARIA

La serie de registros de precipitación máxima horaria se presentan en el siguiente cuadro son datos correspondientes al Registro de Precipitación Máxima en 24 horas de las estaciones meteorológicas de Llalli, Ayaviri y Chuquibambilla.

Cuadro 9 Registro de Precipitación Máxima en las estaciones meteorológicas.

	CHUQUIBAN	LLALLI	AYAVIRI
1977	20.08	27.06	15.35
1978	27.14	15.09	20.96
1979	27.93	26.65	21.48
1980	17.31	24.28	14.42
1981	26.20	18.53	20.94
1982	18.64	23.72	16.34
1983	21.51	22.75	20.36
1984	23.39	26.99	29.00
1985	20.91	15.02	26.30
1986	25.37	26.65	26.81
1987	20.18	33.79	12.37
1988	23.11	24.20	57.72
1989	27.47	26.10	18.90
1990	17.90	22.75	21.17
1991	21.69	26.99	29.72
1992	28.37	15.02	12.97
1993	25.58	26.65	29.72
1994	12.09	24.28	12.97
1995	33.75	18.53	71.68
1996	24.72	28.49	43.11
1997	23.26	33.79	23.06
1998	16.35	24.20	18.83
1999	21.79	26.10	21.78
2000	21.71	25.06	20.39
2001	26.19	36.82	21.93
2002	21.39	28.52	21.63
2003	19.74	20.11	16.05
2004	28.34	23.36	28.17
2005	26.51	27.75	20.27
2006	19.17	23.37	18.91
2007	20.59	25.78	19.49
2008	32.85	32.55	25.85
2009	22.59	26.03	18.62
2010	25.89	31.22	21.65
2011	26.42	29.14	23.42
2012	23.00	24.66	22.81
2013	31.58	32.88	28.10

Fuente: SENAMHI

Ley de Gumbel, siendo esta última la más recomendable y de la que se hizo uso.

$$F(x) = E^{-e^{-y}}, -\alpha \leq x \leq \alpha \tag{3.7}$$

Resolviendo para y (variable reducida), se tiene:

$$y = -\ln \left[\ln \left(\frac{1}{F(x)} \right) \right] \quad (3.8)$$

Sabiendo que:

- $1/T$: $P(x > x_T)$
- $1/T$: $1 - P(x < x_T)$
- $1/T$: $1 - F(x)$

Luego se tiene:

$$F(x) = \frac{T-1}{T} \quad (3.9)$$

Expresando la variable reducida en función del Periodo de retorno T , tenemos:

$$y = -\ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \quad (3.10)$$

Adopta la siguiente forma general:

$$X_T = v + \beta Y_T \quad (3.11)$$

La ecuación 3.11, es llamada la ley de Gumbel.

Dónde:

- $\beta = 0.78 S_x$; S_x es Desviación Estándar.
- $v = X - 0.5772 \beta$; X =Media Aritmética.
- $Y_T = -\ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]$; T = Periodo de Retorno.

PROCESO DE CÁLCULO DE INTENSIDAD DE LLUVIA

Se hizo el análisis solamente con 20 años, correspondientes a los años entre 1981 al año 2000, tomando los datos solo de la Estación de Chuquibambilla del cuadro 9.

Es necesario mencionar algunos datos o parámetros de entrada:

- $N = 20$ años.
- La Media Aritmética \bar{X} se calcula la ecuación 3.12.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X}{N} \quad (3.12)$$

Cuadro 10 Desarrollo del cálculo de intensidad de lluvia

	AÑO	Pmax=x	F	T	Xprom	(X-Xprom) ²
1	1995.00	33.75	0.05	20.00	23.90	97.02
2	2008.00	32.85	0.10	10.00	23.90	80.16
3	2013.00	31.58	0.15	6.67	23.90	59.03
4	2004.00	28.34	0.20	5.00	23.90	19.74
5	2005.00	26.51	0.25	4.00	23.90	6.79
6	2011.00	26.42	0.30	3.33	23.90	6.37
7	2001.00	26.19	0.35	2.86	23.90	5.23
8	2010.00	25.89	0.40	2.50	23.90	3.97
9	1996.00	24.72	0.45	2.22	23.90	0.68
10	1997.00	23.26	0.50	2.00	23.90	0.41
11	2012.00	23.00	0.55	1.82	23.90	0.82
12	2009.00	22.59	0.60	1.67	23.90	1.72
13	1999.00	21.79	0.65	1.54	23.90	4.45
14	2000.00	21.71	0.70	1.43	23.90	4.78
15	2002.00	21.39	0.75	1.33	23.90	6.32
16	2007.00	20.59	0.80	1.25	23.90	10.96
17	2003.00	19.74	0.85	1.18	23.90	17.28
18	2006.00	19.17	0.90	1.11	23.90	22.34
19	1998.00	16.35	0.95	1.05	23.90	57.05
20	1994.00	12.09	1.00	1.00	23.90	139.48
	SUMA	477.94				544.60

Fuente: Elaboración Propia.

- La desviación estándar se calcula mediante la ecuación 3.13.

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{R}} \tag{3.13}$$

Dónde:

- R = N – 1, si N >= 30.
- R = N, si N < 30.

Aplicando la ecuación 3.13 con los datos del cuadro anterior, se tiene:

$$S_x = \sqrt{\frac{544.60}{20}} = 5.2182$$

$s_x = 5.2182$

- Aplicación de la Ley de Gumbel:

El desarrollo del cálculo de la Ley de Gumbel se encuentra en el siguiente cuadro, en el cual se desarrolla convenientemente para los periodos de retorno T de 2, 5, 10, 15 y 20 años.

Cuadro 11 Aplicación de la LEY DE GUMBEL

T (AÑOS)	β	v	YT	XT
	$0.785x$	$X-0.5772\beta$	$-\text{LN}(\text{LN}(T/T-1))$	$v+\beta Y T$
2	4.0702	21.5507	0.36651	23.0425
5	4.0702	21.5507	1.49994	27.6557
10	4.0702	21.5507	2.25037	30.7101
15	4.0702	21.5507	2.67375	32.4334
20	4.0702	21.5507	2.97020	33.6400

Fuente: Elaboración Propia.

Del cuadro 11 extraemos la precipitación máxima para un periodo de retorno de 10 años y cuyo dato corresponde a 30.71 mm, y de la relación propuesta por Espíldora (factor de 4.04) obtenemos la precipitación de una hora para dicho periodo de retorno, como se muestra a continuación:

$$P_{60}^{10} = \frac{30.71}{4.04} = 7.60 \text{ mm}$$

Por lo que la precipitación de 60 minutos de duración y 10 años de periodo de retorno es:

$$P_{60}^{10} = 7.60 \text{ mm}$$

Aplicando la Ecuación de Frederick Bell (ecuación 3.6), se obtiene el siguiente cuadro, en donde se muestra las Lluvias Máximas en (mm) para la estación de Chuquibambilla.

$$P_t^T = (0.21 * \text{Log}_e T + 0.52)(0.54t^{0.25} - 0.50) * P_{60}^{10} \quad (3.14)$$

Cuadro 12 Lluvias Máximas en (mm) para la estación meteorológica de Chuquibambilla.

T (AÑOS)	Duracion t (minutos)					
	5	10	15	20	30	40
2	1.5554	2.3282	2.8464	3.2472	3.8634	4.3401
6	2.0945	3.1352	3.8330	4.3728	5.2027	5.8446
10	2.3452	3.5105	4.2918	4.8962	5.8254	6.5441
15	2.5442	3.8083	4.6559	5.3116	6.3196	7.0994
20	2.6854	4.0196	4.9143	5.6064	6.6703	7.4933

Fuente: Elaboración Propia.

En el cuadro anterior, se tiene los siguientes resultados para las precipitaciones con las siguientes características:

- Periodos de retorno (T) de : 2, 6, 10, 15 y 20 años.
- Duraciones (t) de : 10, 15, 20, 30, 40 minutos.

• **Curvas IDF:**

Para el cálculo de las curvas IDF es necesario hallar, además de todo lo anterior, las intensidades máximas en (mm/hora) para la estación de Chuquibambilla, cuyos datos se muestra en el cuadro 12. Esto se realiza a partir de los datos del cuadro 11.

Cuadro 13 Intensidades Máximas en mm/hora para la estación meteorológica Chuquibambilla

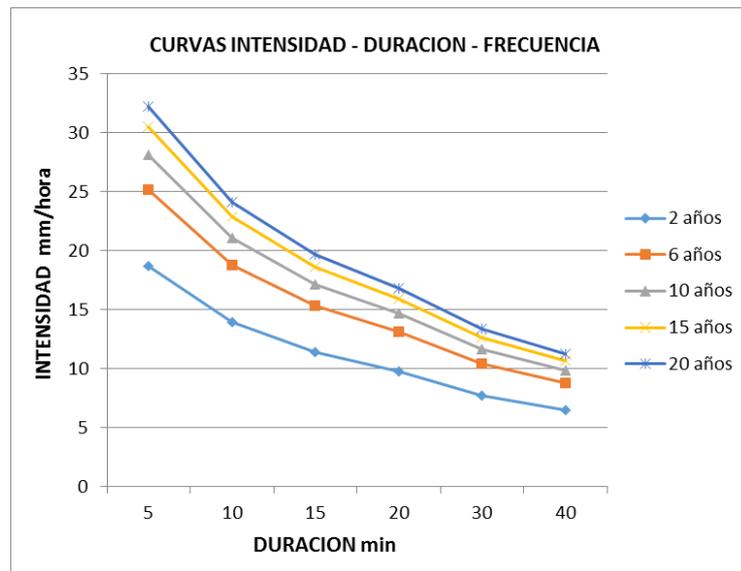
T (AÑOS)	Duracion t (minutos)					
	5	10	15	20	30	40
2	18.6643	13.9690	11.3854	9.7416	7.7269	6.5102
6	25.1340	18.8112	15.3321	13.1184	10.4053	8.7669
10	28.1423	21.0627	17.1671	14.6886	11.6507	9.8162
15	30.5301	22.8498	18.6237	15.9348	12.6392	10.6490
20	32.2242	24.1178	19.6572	16.8191	13.3406	11.2400

Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente las curvas IDF, se calculan a partir de los datos del cuadro 13 y en la figura 16 se muestra las curvas IDF obtenidas de los cálculos realizados.

Las curvas IDF servirán para los cálculos de los caudales mediante el método Racional. Específicamente para hallar: Intensidad máxima de lluvia para un periodo de duración igual al tiempo de concentración, y para frecuencia de diseño (mm/h).

Figura 16 Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF)



Fuente: Elaboración propia

3.1.4.5 DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DE AGUAS PLUVIALES

Cuadro 14 Coeficientes de escorrentía para ser utilizados en el Método Racional

CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
AREAS URBANAS							
Asfalto	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto / Techos	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc)							
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano 0 - 2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio 2 - 7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente Superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condición promedio (cubierta de pasto menor del 50% al 75% del área)							
Plano 0 - 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio 2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente Superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano 0 - 2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio 2 - 7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente Superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
AREAS NO DESARROLLADAS							
Área de Cultivos							
Plano 0 - 2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio 2 - 7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente Superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano 0 - 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio 2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente Superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Plano 0 - 2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio 2 - 7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente Superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

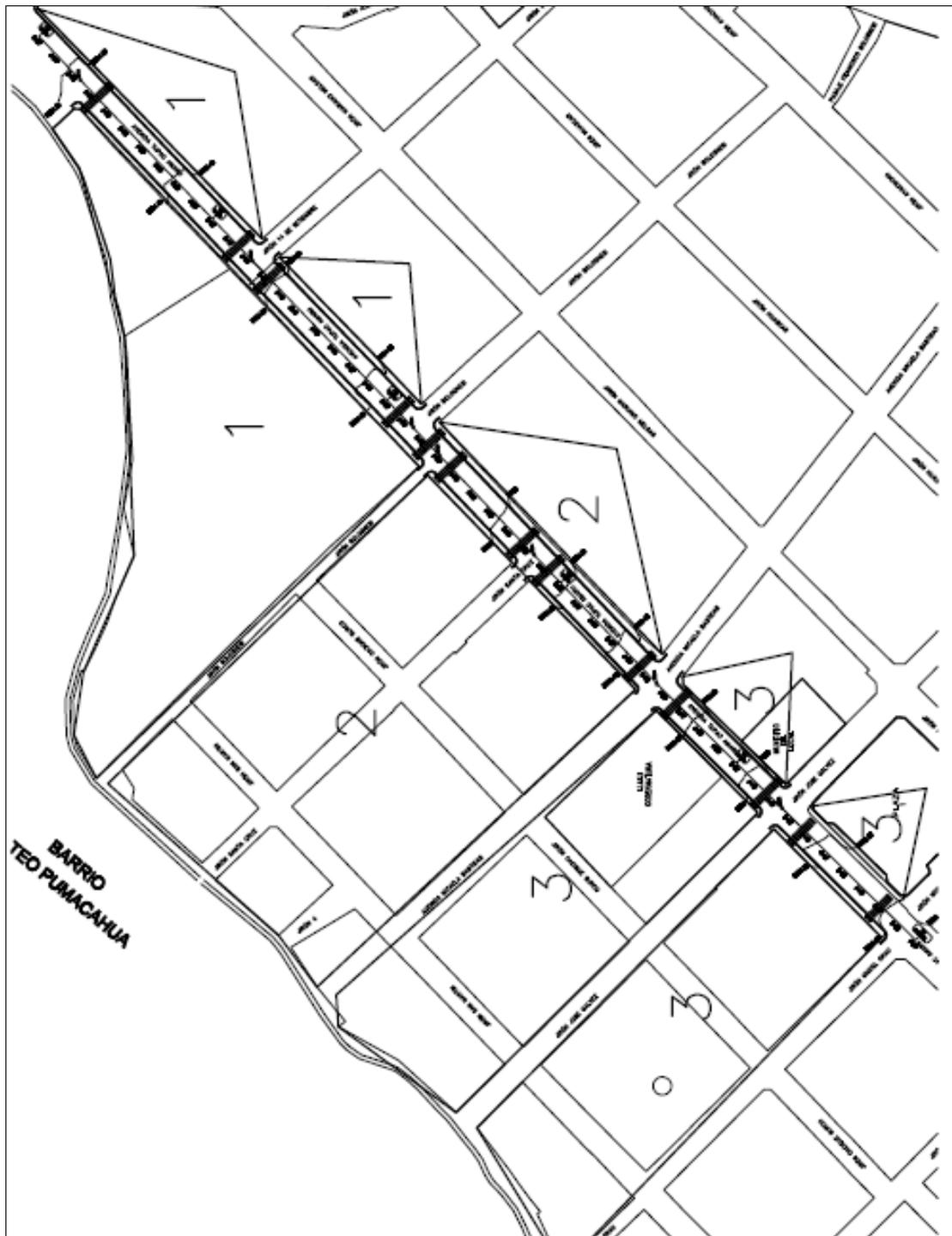
Fuente: Tabla 1.a de la Norma Técnica O.S. 060 Drenaje Pluvial Urbano

Cuadro 15 Hallando el coeficiente de escorrentía (C)

CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA	Factor T = 5 años	Area %	Coeficiente Parcial
Concreto / techos	0.80	10.00	0.08
Condición pobre (< 50% del área)			
plano, 0 - 2%	0.34	25.00	0.09
promedio, 2 - 7%	0.40	15.00	0.06
Pendiente, superior a 7 %	0.43	20.00	0.09
pastizales			
promedio, 2 - 7%	0.36	30.00	0.11
Coeficiente de escorrentía \sum		100.00	0.42

Fuente: Tabla 1.a de la Norma Técnica O.S. 060 Drenaje Pluvial Urbano

Figura 17 Áreas Tributarias



Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 16 Determinación de las áreas tributarias.

AT	AREA (m2)	AREA (Ha)	LONG. HORIZ. (m)
1	19507.92	1.95	220
2	22992.70	2.30	130
3	23770.48	2.38	150
TOTAL	66271.10	6.63	

Fuente: Elaboración Propia.

APLICACIÓN DE LA FORMULA DEL MÉTODO RACIONAL

Este método esta expresado matemáticamente por la relación 3.15.

$$Q = \frac{CIA}{360} \tag{3.15}$$

Dónde:

- Q : Caudal máximo de escorrentía (m3/seg).
 - C : Coeficiente de escorrentía.
 - A : Área de la cuenca (Ha).
 - I : Intensidad máxima de la lluvia para un periodo de duración igual al tiempo de concentración, y para la frecuencia de diseño (mm/h).
-
- C = 0.42 (Coeficiente de escorrentía, hallado en el cuadro 15).
 - I = 21 mm/hr (Intensidad máxima de la lluvia para un tiempo de concentración Tc = 8.61 minutos, hallado de las curvas IDF de la figura 16).

Reemplazando los datos en la ecuación 3.15, los datos obtenidos se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 17 Determinación de caudales para las áreas tributarias

AT	AREA (m2)	AREA (Ha)	COEF. ESCORREN C	INT. MAX (mm/h)	CAUDAL (m3/seg)	CAUDAL (Lt/seg)
1	19507.92	1.95	0.42	21	0.04779	47.79
2	22992.70	2.30	0.42	21	0.05633	56.33
3	23770.48	2.38	0.42	21	0.05824	58.24
TOTAL	66271.10	6.63			0.16236	162.36

Fuente: Elaboración Propia.

3.2 ESTUDIO DE CANTERAS

3.2.1 EVALUACIÓN DE CANTERAS

Para que una cantera pueda ser catalogada como tal debería presentar las siguientes características:

- 1. Calidad de material.**- esta se manifiesta por el grado de cumplimiento de las especificaciones que se busca, como son la forma de las partículas, granulometría, ensayos de compactación, CBR, límites de consistencia y otros.
- 2. Accesibilidad y estado de vías de acceso.**- se refiere a las vías de acceso, su estado o costos de construcción para la extracción del material.
- 3. Su situación legal.**- este es un aspecto fundamental que puede ocasionar gastos innecesarios, atrasos y/o paralizaciones de la obra, si no se toman en cuenta durante la etapa exploratoria.

3.2.2 LOCALIZACIÓN DE CANTERAS

- **Cantera Rio Llalli (Pumacahua).**- Cantera de material Hormigón para Sub Base, ubicado en la zona Nor Este de la ciudad de Llalli, y está a una distancia de 4.5 Km. de la ciudad de Llalli (ver figura 18). Se usara para la mezcla de suelos, resultando un material apto para Sub Base de la estructura del pavimento. En actual explotación; propiedad del distrito de Llalli.

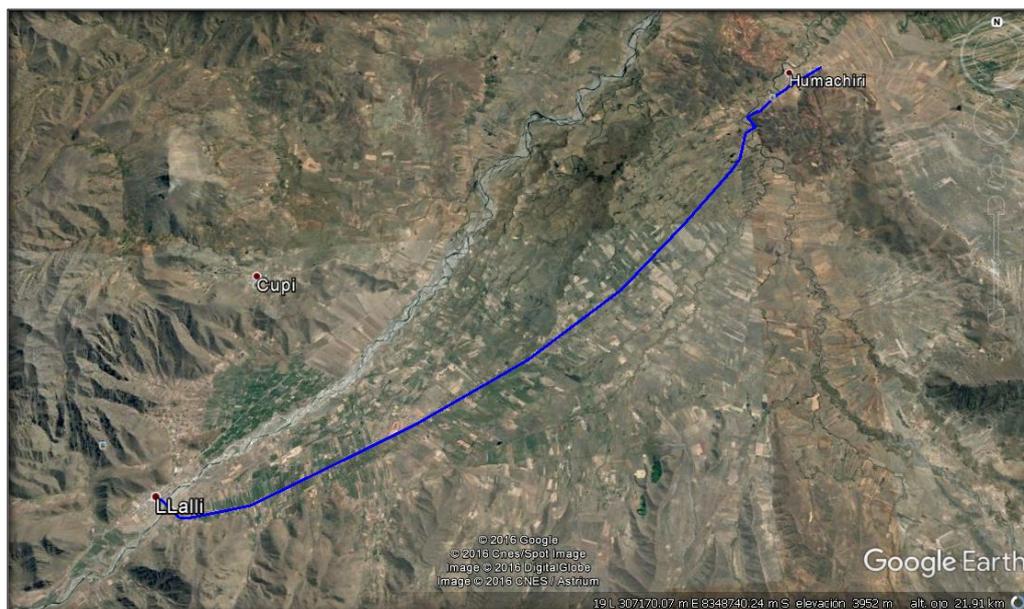
Figura 18 Ubicación de la Cantera Rio Llalli (Material Hormigón para Sub Base).



Fuente: Ubicación de cantera, en <http://earth.google.es/>, Recuperado el 11/11/2015

- **Cantera Umachiri.-** Cantera de material ligante para Sub Base, ubicado en la ciudad de Umachiri, a una distancia de 20 Km. de la zona del estudio, con coordenadas UTM 312,091 E, 8, 357,497 N (ver figura 19). Se usará para la mezcla de suelos, resultando un material apto para Sub Base de la estructura del pavimento. Cuyas características del material de la cantera son materiales granular con finos de fácil explotación con Cargador Frontal o cargador S/oruga.

Figura 19 Ubicación de la Cantera de Umachiri (Material para Sub Base).



Fuente: Ubicación de cantera, en <http://earth.google.es/>., Recuperado el 11/11/2015

3.2.3 TRABAJOS DE CAMPO

En los trabajos de campo, se efectuaron la toma de muestras aprovechando los cortes existentes en las mismas. Se obtuvieron muestras alteradas de cada horizonte significativo, remitiéndose a laboratorio para su análisis respectivo, se cubicaron volúmenes disponibles y explotables, se tomaron muestras alteradas, como sigue:

- De 70 kg (CBR, Proctor).
- De 10 kg (Estudios de clasificación, límites de consistencia).

En la figura 20 se puede apreciar 01 fotografía de los trabajos de campo en la Cantera Umachiri.

Figura 20 Cantera del distrito de Umachiri (Material para Sub Base).



Fuente: Foto tomado por el tesista

3.2.4 ENSAYOS DE LABORATORIO

Se practicaron los siguientes ensayos para la Cantera:

- Ensayos de Caracterización:
 1. Contenido de humedad.
 2. Análisis granulométrico por tamizado.
 3. Límites de Atterberg o de Consistencia.
 - Límite Líquido.
 - Límite Plástico.
 - Índice de Plasticidad.
- Ensayos de Comportamiento:
 1. Proctor Modificado.
 2. CBR.

El ensayo Proctor Modificado básicamente nos sirvió para la determinación de la humedad óptima y densidad máxima del suelo para Sub base.

La importancia de realizar el ensayo CBR radica fundamentalmente en que por medio de estos se conoce las características del terreno de fundación y puede realizarse el diseño del pavimento.

3.2.5 DESCRIPCIÓN DE CANTERAS

A continuación se hace una descripción del lugar donde se encuentran ubicadas las canteras para proveer los materiales a utilizarse en la Sub Base del presente estudio.

CANTERA N° 01

- Nombre : Cantera Umachiri.
- Ubicación : A 20.00 Km en dirección Nor este de la zona de estudio.
- Coordenadas : 312,091 E – 8,357,497 N
- Propiedad : Distrito de Umachiri.
- Tipo de acceso : Trocha carrozable y pavimento rígido.
- Potencia Bruta :
 - Área de la cantera : 3500 m².
 - Profundidad promedio : 5.00 m.
 - Factor de Esponjamiento : 1.25.
 - P.B. = 3 500 m²x 5.00mx1.25 = 15 312.5m³
- Potencia Neta :
 - Over: 5 %.
 - Desbroce: 0.20 m.
 - P.N. = (15312.5 m³ -0.05x 15 312.5 m³x1.25 - 3500m²x0.20mx 1.25) = 13 743 m³
- Uso : Para material de Sub Base.
- Periodo de explotación : Todo el año.
- Tipo de Explotación : Equipo convencional de movimiento de tierras
- Tipo de Maquinaria a utilizar : Tractor Oruga o Excavadora, Cargador Frontal y Volquetes.
- Descripción : Grava bien graduada.
- Clasificación : GM (SUCS), A-2-4 (0) (AASHTO).
- Color : marrón claro levemente.
- Forma de Grava : textura rugosa-dureza mediana.
- Pasa la malla N° 200 : 23.07 %.
- Límite Líquido : 24.35.

- Índice de Plasticidad : 0.99.

CANTERA N° 02

- Nombre : Rio Llalli (Material Hormigón).
- Ubicación : A 4.5 Km en dirección Nor este de la zona de estudio.
- Coordenadas : 298,334 E – 8,346,825 N
- Propiedad : Distrito de Llalli.
- Tipo de acceso : Falta habilitar acceso.
- Potencia Bruta :
 - Área de la cantera : 6 400 m².
 - Profundidad promedio : 2.00 m.
 - Factor de Esponjamiento : 1.10.
$$P.B. = 6\ 400m^2 \times 2.00m \times 1.10 = 14\ 080m^3$$
- Uso : Para material de Sub Base.
- Periodo de explotación : En los meses de Abril a Diciembre.
- Tipo de Explotación : Equipo convencional de movimiento de tierras
- Tipo de Maquinaria a utilizar : Tractor Oruga, Cargador Frontal y Volquetes.
- Tipo de depósito : Ligante – Aluvial clastos subredondeados.
- Color : blanco grisáceo.
- Forma de Grava : cantos rodados subangulosos.
- Pasa la malla No 200 : 3.37 %.
- Abrasion de los angeles: 50% máximo.

3.3 DISEÑO DE MEZCLAS DE AGREGADOS

En el anexo 2 se muestran los cálculos y resultados obtenidos en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la facultad de Ingeniería Civil.

Cuadro 18 Características de los materiales.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CEMENTO	AGREGADOS	
		RUMI TIPO IP	FINO	GRUESO
CANTERA PROCEDENCIA : LLALLI				
TAMAÑO MÁXIMO	Pulg.		N° 4	1"
PESO ESPECIFICO	gr/cc	3.15	2.31	2.42
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m3		1528	1381
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m3		1647	1501
CONTENIDO DE HUMEDAD	%		3.45	1.73
ABSORCIÓN	%		3.78	3.68
MODULO DE FINEZA			3.05	6.54

Fuente: Elaboración Propia.

MÉTODO DEL MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS

- DATOS.**

$$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

$$TM \text{ agregado} = 1'' \quad M.F.ag. \text{ Fino} = 3.05 \quad Ag. \text{ Grueso} = 2.42 \text{ gr/cm}^3$$

$$TMN \text{ agregado} = 3/4'' \quad M.F.ag. \text{ Grueso} = 8.07 \quad Ag. \text{ Fino} = 2.31 \text{ gr/cm}^3$$

$$Slump \approx 3'' - 4''$$

- Determinación De La Resistencia Promedio:**

$$f'cr = f'c + 84 \Rightarrow f'cr = 210 + 84 \Rightarrow f'cr = 294 \text{ Kg/cm}^2$$

- Volumen Unitario De Agua:**

$$\left. \begin{array}{l} TMN \text{ agregado} = 3/4'' \\ Slump \approx 3'' - 4'' \end{array} \right\} 205 \text{ Lit. /m}^3$$

- Selección Del Contenido De Aire:**

$$TMN \text{ agregado} = 3/4'' \Rightarrow 2.0\%$$

$$\text{Aire atrapado} \approx 2.0 \%$$

- Relación Agua – Cemento:**

$f'cr$	a/c
250	0.62
294	a/c

$$f'_{cr} = f'_c + 84 \quad 300 \quad 0.55$$

$$f'_{cr} = 294 \quad a/c \approx 0.5584$$

- Contenido De Cemento:**

$$C = \frac{205}{0.5584} = 367.12 \text{ Kg/m}^3 \approx 8.64 \text{ bolsas/m}^3$$

- Calculo Del Volumen Absoluto:**

Cemento:

$$C = \frac{367.12 \text{ Kg/m}^3}{3.15 \times 1000} = 0.117 \text{ m}^3$$

Agua:

$$A = \frac{205 \text{ Lt/m}^3}{1000} = 0.205 \text{ m}^3$$

Aire:

$$A = \frac{2.0}{100} = 0.020 \text{ m}^3$$

La suma de los tres componentes del concreto es: 0.342 m^3

- Volumen Absoluto Del Agregado:**

$$\text{Vol. Abs. Agregados} = 1 - 0.342 = 0.658 \text{ m}^3$$

- Calculo Del Módulo De Fineza De Combinación De Agregados:**

$$\text{M.F. ag. Fino} = 3.05$$

$$\text{M.F. ag.grueso} = 6.54$$

Sac/m ³	MF comb	
8	5.11	$MF_{comb} = 5.17$
8.7	MFcomb	
9	5.19	

Porcentaje De Agregado Fino:

$$R_f = \frac{m_g - m}{m_g - m_f} \times 100$$

M.g: Modulo de fineza agregado grueso.

M.f: Modulo de fineza agregado fino.

M: Modulo de fineza combinación de agregados.

$$R_f = \frac{6.54 - 5.17}{6.54 - 3.05} \times 100 = 39.26 \%$$

- Volúmenes Absolutos De Dosificación De Agregados:**

$$V.af = \frac{39.26}{100} \times 0.658 = 0.258m^3$$

$$V.ag = 0.658 - 0.258 = 0.400m^3$$

- **Peso Seco De Los Agregados:**

$$W.af = 2.31 \times 1000 \times 0.258 = 595.98Kg/m^3$$

$$W.ag = 2.42 \times 1000 \times 0.400 = 968.00 Kg/m^3$$

- **Corrección Por Humedad Del Agregado:**

Peso húmedo de los agregados

$$W.af (\%w) = 595.98 \times (1 + 3.45/100) = 616.54 Kg/m^3$$

$$W.ag (\%w) = 968.00 \times (1 + 1.73/100) = 984.75Kg/m^3$$

Humedad superficial:

$$AF = 3.45\% - 3.78\% = -0.33\%$$

$$AG = 1.73\% - 3.68\% = -1.95\%$$

Aporte de humedad:

$$\left. \begin{aligned} AF &= 595.98 \times (-0.0033) = -1.97Kg/m^3 \\ AG &= 968.00 \times (-0.0195) = -18.87Kg/m^3 \end{aligned} \right\} \text{Aporte: } -20.85 \text{ Lt}/m^3$$

$$V. \text{ agua ef.} = 205 + 20.85 = 225.85 \text{ Lts}/m^3$$

- **Proporción De Componentes Del Concreto En Peso:**

CEMENTO	367.12 Kg/m ³
---------	--------------------------

AGREGADO FINO	616.54 Kg/m ³
---------------	--------------------------

AGREGADO GRUESO	984.75Kg/m ³
-----------------	-------------------------

AGUA	225.85Lt/m ³
------	-------------------------

$$\frac{367.12}{367.12}, \frac{616.54}{367.12}, \frac{984.75}{367.12} \Rightarrow 1 : 1.68 : 2.68 / 26.15 \text{ lt/saco}$$

Relación agua - cemento de diseño	:	$\frac{205}{367.12} = 0.56$
-----------------------------------	---	-----------------------------

Relación agua - cemento efectivo	:	$\frac{225.85}{367.12} = 0.62$
----------------------------------	---	--------------------------------

Cuadro 19 Diseño de mezclas para concreto de 210kg/cm²

	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES							
<h3 style="margin: 0;">DISEÑO DE MEZCLAS</h3> <p style="margin: 0;">CONCRETO $f'c=210$ Kg/cm² MODULO DE FINEZA</p>								
PROYECTO :	ESTUDIO DEFINITIVO DE LA PAVIMENTACION DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DEL DISTRITO DE LLALLI - MELGAR - PUNO							
SOLICITADO POR :	ROMULO LUPACA HUICHI	MUESTRA AGREGADOS						
FECHA :	10-04-2015	CANTERA Llalli UBICACIÓN Río Llalli						
CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES								
DESCRIPCION	UNIDAD	CEMENTO	AGREGADOS					
CANTERA PROCEDENCIA :		RUMI TIPO IP	FINO	GRUESO				
TAMAÑO MAXIMO	Pulg		Nº 4	1				
PESO ESPECIFICO	gr/cc	3.15	2.31	2.42				
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m ³		1528	1381				
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m ³		1647	1501				
CONTENIDO DE HUMEDAD	%		3.45	1.73				
ABSORCION	%		3.78	3.68				
MODULO DE FINEZA			3.05	6.54				
DOSIFICACION								
CONCRETO: sin aire incorporado								
f'c PROM. f'cr (Kg/m ²)	TMN (pulg)	SLUMP (pulg)	AGUA (lit/m ³)	AIRE (%)	Agua/cem A/C	Factor cem FC (Kg/m ³)	Factor cem. FC (bol/m ³)	mf Comb. De Agreg
294	3/4"	3" - 4"	205	2.0	0.56	367.12	8.64	5.170
CALCULO DE LOS VALORES RELATIVOS DEL MODULO DE FINEZA								
CALCULO DE RF				39.26				
VOLUMEN ABSOLUTO DE LOS AGREGADOS				0.658				
DOSIFICACIÓN EN PESO								
DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS	PESOS SECOS/M3	HUMEDAD	PESOS KG/M3	PROPORCION			
CEMENTO	0.117	367.120		367.12	1.00			
AGREGADO FINO	0.258	595.980	-1.97	616.54	1.68			
AGREGADO GRUESO	0.400	968.000	-18.88	984.75	2.68			
AGUA	0.205	205.000	-20.85	225.85	26.15			
AIRE	0.020							
Rel A/C Efectiva		0.62						
DOSIFICACION EN VOLUMEN								
DESCRIPCION	EN P3	PARA M3 CONCRETO						
CEMENTO	8.638	8.638 BOL						
AGREGADO FINO	14.247	0.403 M3						
AGREGADO GRUESO	25.178	0.713 M3						
AGUA	26.146	0.226 M3						

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 20 Diseño de mezclas para concreto de 175kg/cm².

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES								
DISEÑO DE MEZCLAS CONCRETO $f_c=175 \text{ Kg/cm}^2$ MODULO DE FINEZA								
PROYECTO :	ESTUDIO DEFINITIVO DE LA PAVIMENTACION DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DEL DISTRITO DE LLALLI - MUESTRA AGREGADOS							
SOLICITADO POR :	ROMULO LUPACA HUICHI CANTERA Llalli							
FECHA :	10-04-2015 UBICACIÓN Rio Llalli							
CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES								
DESCRIPCION	UNIDAD CEMENTO AGREGADOS							
CANTERA PROCEDENCIA :	RUMI TIPO IP FINO GRUESO							
TAMAÑO MAXIMO	Pulg N° 4 1							
PESO ESPECIFICO	gr/cc 3.15 2.31 2.42							
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m ³ 1528 1381							
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m ³ 1647 1501							
CONTENIDO DE HUMEDAD	% 3.45 1.73							
ABSORCION	% 3.78 3.68							
MODULO DE FINEZA	3.05 6.54							
DOSIFICACION								
CONCRETO: sin aire incorporado								
f'_c PROM. f'_c (Kg/m ²)	TMN (pulg)	SLUMP (pulg)	AGUA (lit/m ³)	AIRE (%)	Agua/cem A/C	Factor cem. FC (Kg/m ³)	Factor cem. FC (bol/m ³)	mf Comb. De Agreg
245	3/4"	3" - 4"	205	2.0	0.63	325.40	7.66	5.086
CALCULO DE LOS VALORES RELATIVOS DEL MODULO DE FINEZA								
CALCULO DE RF	41.66							
VOLUMEN ABSOLUTO DE LOS AGREGADOS	0.672							
DOSIFICACIÓN EN PESO								
DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS	PESOS SECOS/M3	HUMEDAD	PESOS KG/M3	PROPORCION			
CEMENTO	0.103	325.400		325.40	1.00			
AGREGADO FINO	0.280	646.800	-2.1	669.11	2.06			
AGREGADO GRUESO	0.392	948.640	-18.5	965.05	2.97			
AGUA	0.205	205.000	-20.6	225.63	29.47			
AIRE	0.020							
Rel A/C Efectiva	0.69							
DOSIFICACION EN VOLUMEN								
DESCRIPCION	EN P3	PARA M3 CONCRETO						
CEMENTO	7.656	7.656 BOL						
AGREGADO FINO	15.462	0.438 M3						
AGREGADO GRUESO	24.675	0.699 M3						
AGUA	29.469	0.226 M3						

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 21 Diseño de mezclas para concreto de 140 kg/cm².

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES	
DISEÑO DE MEZCLAS CONCRETO $f_c=140$ Kg/cm ² MODULO DE FINEZA	
PROYECTO :	ESTUDIO DEFINITIVO DE LA PAVIMENTACION DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DEL DISTRITO DE LLALLI - ROMULO LUPACA HUICHI
SOLICITADO POR :	ROMULO LUPACA HUICHI
FECHA :	10-04-2015
MUESTRA :	AGREGADOS
CANTERA :	Llalli
UBICACIÓN :	Rio Llalli
CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES	
DESCRIPCION	UNIDAD CEMENTO AGREGADOS
CANTERA PROCEDENCIA :	RUMI TIPO IP FINO GRUESO
TAMAÑO MAXIMO	Pulg N° 4 1
PESO ESPECIFICO	gr/cc 3.15 2.31 2.42
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m ³ 1528 1381
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m ³ 1647 1501
CONTENIDO DE HUMEDAD	% 3.45 1.73
ABSORCION	% 3.78 3.68
MODULO DE FINEZA	3.05 6.54
DOSIFICACION	
CONCRETO: sin aire incorporado	
f'c PROM.	TMN SLUMP AGUA AIRE Agua/cem Factor cem Factor cem. mf
f'cr (Kg/m ²)	(pulg) (pulg) (lit/m ³) (%) A/C FC (Kg/m ³) FC (bol/m ³) Comb. De Agreg
210	3/4" 3" - 4" 205 2.0 0.68 301.47 7.09 5.046
CALCULO DE LOS VALORES RELATIVOS DEL MODULO DE FINEZA	
CALCULO DE RF	42.80
VOLUMEN ABSOLUTO DE LOS AGREGADOS	0.679
DOSIFICACIÓN EN PESO	
DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS PESOS SECOS/M3 HUMEDAD PESOS KG/M3 PROPORCION
CEMENTO	0.096 301.470 -2.2 301.47 1.00
AGREGADO FINO	0.291 672.210 -18.3 695.40 2.31
AGREGADO GRUESO	0.388 938.960 -20.5 955.20 3.17
AGUA	0.205 205.000 225.53 31.79
AIRE	0.020
Rel A/C Efectiva	0.75
DOSIFICACION EN VOLUMEN	
DESCRIPCION	EN P3 PARA M3 CONCRETO
CEMENTO	7.093 7.093 BOL
AGREGADO FINO	16.070 0.455 M3
AGREGADO GRUESO	24.423 0.692 M3
AGUA	31.794 0.226 M3

Fuente: Elaboración Propia.

3.4 EVALUACIÓN DEL TRANSITO

3.4.1 AFORO DE VOLUMEN VEHICULAR

Para poder tener datos y realizar un conteo del tráfico, se consideró la recolección de datos de campo, para ello se hizo el conteo vehicular durante 07 días, teniendo la consideración de hacerlo por horas, en la avenida Túpac Amaru de la ciudad de Llalli.

Se consideró como un nodo de características más relevantes en la intersección de la Avenida Túpac Amaru con la Avenida Micaela Bastidas, el cual nos sirvió como punto o estación de aforo vehicular.

Los días en que se realizó el conteo vehicular fueron desde el lunes 10 de Agosto hasta el domingo 16 de Agosto del año 2015.

En el cuadro 23, se presenta el resumen del aforo vehicular diario, en las fechas del lunes (10/08/2015) al domingo (16/08/2015).

Cuadro 22 Aforo De Vehículos del 10 al 16 de agosto del 2015

HOJA DE CONTROL 01 DE TRÁNSITO VEHICULAR - Día Lunes (10/08/15)								
Tipo de Vehículo	TRÁNSITO HORARIO - VÍA							TOTAL
	6:00 - 8:00	8:00 - 10:00	10:00 - 12:00	12:00 - 14:00	14:00 - 16:00	16:00 - 18:00	18:00 - 20:00	
Minibuses B2	3	1			1	2	1	8
Omnibus B3	1		1					2
Camión C2	1		1				1	3
Camión C3		1	3	2				6
Camión C4			1	2	2			5
Semitrayler T 2S1						1		1
Semitrayler T 2S2								0
Semitrayler T 2S3		1						1
Autos y camionetas	5	2	0	0	1	2	2	12
TOTAL								38

HOJA DE CONTROL 02 DE TRÁNSITO VEHICULAR - Día Martes (11/08/15)								
Tipo de Vehículo	TRÁNSITO HORARIO - VÍA							TOTAL
	6:00 - 8:00	8:00 - 10:00	10:00 - 12:00	12:00 - 14:00	14:00 - 16:00	16:00 - 18:00	18:00 - 20:00	
Minibuses B2	2	1			1	2		6
Omnibus B3			1					1
Camión C2	2							2
Camión C3			1	2		2	2	7
Camión C4		1	2		2		1	6
Semitrayler T 2S1			1					1
Semitrayler T 2S2				1				1
Semitrayler T 2S3								0
Autos y camionetas	3	1	3	3		2	1	13
TOTAL								37

HOJA DE CONTROL 03 DE TRÁNSITO VEHICULAR - Día Miércoles (12/08/15)

Tipo de Vehículo	TRÁNSITO HORARIO - VÍA							TOTAL
	6:00 - 8:00	8:00 - 10:00	10:00 - 12:00	12:00 - 14:00	14:00 - 16:00	16:00 - 18:00	18:00 - 20:00	
Minibuses B2	1	3	1			2	2	9
Omnibus B3	2	2	1		2		1	8
Camión C2		2	2	1		2		7
Camión C3	1			2	2			5
Camión C4	2	2	2					6
Semitrayler T 2S1				1	1	1		3
Semitrayler T 2S2								0
Semitrayler T 2S3								0
Autos y camionetas	3	2	1			1	1	8
TOTAL								46

HOJA DE CONTROL 04 DE TRÁNSITO VEHICULAR - Día Jueves (13/08/15)

Tipo de Vehículo	TRÁNSITO HORARIO - VÍA							TOTAL
	6:00 - 8:00	8:00 - 10:00	10:00 - 12:00	12:00 - 14:00	14:00 - 16:00	16:00 - 18:00	18:00 - 20:00	
Minibuses B2	2		1			2	1	6
Omnibus B3		2		2	1			5
Camión C2	1				1		1	3
Camión C3				1				1
Camión C4			2	2		1		5
Semitrayler T 2S1		1			2	1	1	5
Semitrayler T 2S2								0
Semitrayler T 2S3								0
Autos y camionetas	1	2		1	3		3	10
TOTAL								35

HOJA DE CONTROL 05 DE TRÁNSITO VEHICULAR - Día Viernes (14/08/15)

Tipo de Vehículo	TRÁNSITO HORARIO - VÍA							TOTAL
	6:00 - 8:00	8:00 - 10:00	10:00 - 12:00	12:00 - 14:00	14:00 - 16:00	16:00 - 18:00	18:00 - 20:00	
Minibuses B2	1	3		1		2	1	8
Omnibus B3		1						1
Camión C2		1	2		1	4	1	9
Camión C3		2	2				2	6
Camión C4			1		2	1		4
Semitrayler T 2S1		1			1	1		3
Semitrayler T 2S2								0
Semitrayler T 2S3								0
Autos y camionetas	3	2	3	3	4	5	3	23
TOTAL								54

HOJA DE CONTROL 06 DE TRÁNSITO VEHICULAR - Día Sabado (15/08/15)

Tipo de Vehículo	TRÁNSITO HORARIO - VÍA							TOTAL
	6:00 - 8:00	8:00 - 10:00	10:00 - 12:00	12:00 - 14:00	14:00 - 16:00	16:00 - 18:00	18:00 - 20:00	
Minibuses B2		3			1	2		6
Omnibus B3			1			1		2
Camión C2	1	2					1	4
Camión C3			1					1
Camión C4			2		1	1	1	5
Semitrayler T 2S1		1		2	2			5
Semitrayler T 2S2								0
Semitrayler T 2S3								0
Autos y camionetas	1	1			2	1	2	7
TOTAL								30

HOJA DE CONTROL07 DE TRÁNSITO VEHICULAR - Día Domingo (16/08/15)								
Tipo de Vehículo	TRÁNSITO HORARIO - VÍA							TOTAL
	6:00 - 8:00	8:00 - 10:00	10:00 - 12:00	12:00 - 14:00	14:00 - 16:00	16:00 - 18:00	18:00 - 20:00	
Minibuses B2	3						1	4
Omnibus B3		2						2
Camión C2	2	1		1		1	1	6
Camión C3	1	3	1		2	2	2	11
Camión C4								0
Semitrayler T 2S1	1			1		1		3
Semitrayler T 2S2								0
Semitrayler T 2S3								0
Autos y camionetas	5	2		1	2		3	13
TOTAL								39

Fuente: Elaboración Propia.

3.4.2 RESUMEN DEL AFORO VEHICULAR

Con respecto a volúmenes de tránsito, para obtener el tránsito promedio diario anual, TPDA, es necesario disponer del número total de vehículos que pasan durante el año por el punto de referencia, mediante aforos continuos a lo largo de todo el año, ya sea en periodos horarios, diarios, semanales o mensuales.

Cuadro 23 Resumen de Aforo Vehicular de la Vía

RESUMEN DE AFORO VEHICULAR DE LA SEMANA (DEL LUNES 10/08/15 AL DOMINGO 16/08/15)									
DIAS DE LA SEMANA	TIPOS DE VEHICULOS							TOTAL	
	AUTOS Y CAMIONETAS		COMBIS, MICROS, CUSTERS		BUSES	CAMIÓN	CAMIÓN		SEMITRAYLER
			B2	B3	C2	C3	T2S1		
LUNES (10/08/15)	12		8		2	3	6	1	32
MARTES (11/08/15)	13		6		1	2	7	1	30
MIERCOLES (12/08/15)	8		9		8	7	5	3	40
JUEVES (13/08/15)	10		6		5	3	1	5	30
VIERNES (14/08/15)	23		8		1	9	6	3	50
SABADO (15/08/15)	7		6		2	4	1	5	25
DOMINGO (16/08/15)	13		4		2	6	11	3	39
TOTAL	86		47		21	34	37	21	246

Fuente: Elaboración Propia.

3.4.3 TRANSITO PROMEDIO DIARIO SEMANAL

El cálculo del TPDS se realiza usando la expresión 3.16, se hace uso de los aforos vehiculares diarios durante una semana.

$$TPDS = \frac{\sum VTD}{7} * (f.c.e) \tag{3.16}$$

Dónde:

- VTD: Volumen de tránsito diario de lunes a domingo, o promedios aforados durante la semana.
- f.c.e.: Factor de corrección por eje. $f.c.e = 2b / a$
- b: Número total de vehículos que han transitado.
- a: Total de ejes correspondientes a estos vehículos.

Cuadro 24 Cálculo del Tránsito promedio diario Semanal

	TIPOS DE VEHICULOS						TOTAL		
	AUTOS Y CAMIONETAS		COMBIS, MICROS, CUSTERS	BUSES	CAMIÓN	CAMIÓN		SEMITRAYLER	
			B2	B3	C2	C3		T2S1	
Total de Vehículos (T)	86		47	21	34	37	21	246	
Número de Ejes (e)	2		2	3	2	3	3		
Vehículos por Numero de ejes (a) = (T)*(e)	172		94	63	68	111	63		
fce (fce) = 2* (T) / (a)	1		1	0.67	1.00	0.67	0.67		
TPDS por tipo de Vehiculo (f) = (T) * (fce) / 7	12		7	2	5	4	2	31	

Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente, del anterior cuadro, se tiene que el: TPDS = 31 Vehículos/día

$$TPDS = 31 \text{ veh} / \text{ dia.}$$

3.4.4 TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL

El análisis de volúmenes de tránsito, la media poblacional o tránsito promedio diario anual, TPDA, se estima con base en la media muestral o tránsito promedio diario semanal, TPDS, según la expresión 3.17.

$$TPDA = TPDS \pm A \tag{3.17}$$

Dónde:

- TPDA: Tránsito promedio diario anual.
- TPDA: Tránsito promedio diario semanal.
- A: Máxima diferencia entre el TPDA y el TPDS.

El valor de A, sumado o restado del TPDS, define el intervalo de confianza dentro del cual se encuentra el TPDA.

Para un determinado nivel de confianza, el valor de A esta dado por la expresión 3.18.

$$A = KE \quad (3.18)$$

Dónde:

- A: Máxima diferencia entre el TPDA y el TPDS.
- K: Número de desviaciones estándar correspondiente al nivel de confiabilidad.
- E: Error estándar de la media.

Estadísticamente se ha demostrado que las medias de diferentes muestras, tomadas de la misma población, se distribuyen normalmente alrededor de la media poblacional con una desviación estándar equivalente al error estándar. Por lo tanto para el valor de E es posible usar la expresión 3.19.

$$E = \sigma' \quad (3.19)$$

Dónde:

- σ' : Estimador de la desviación estándar poblacional (s).

El estimador de la desviación estándar poblacional, σ' , se calcula con la siguiente expresión 3.20.

$$\sigma' = \frac{s}{\sqrt{n}} \left[\sqrt{\frac{(N-n)}{(N-1)}} \right] \quad (3.20)$$

Dónde:

- σ' : Estimador de la desviación estándar poblacional (s).
- s: Desviación estándar de la distribución de los volúmenes de transito diario o desviación estándar muestral.
- n: Tamaño de la muestra en número de días del aforo.
- N: Tamaño de la población en número de días del año.

La desviación estándar muestral s, se calcula como se indica en la expresión 3.21.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TDi - TPDS)^2}{n - 1}} \quad (3.21)$$

Dónde:

- TDi: Volumen de tránsito del día.
- s: Desviación estándar muestral.
- n: Tamaño de la muestra en número de días del aforo.

Reemplazando las ecuaciones 3.20, 3.19 y 3.18 en 3.17, se tiene finalmente la relación entre los volúmenes de tránsito promedio diario anual y semanal, el cual se presenta en la ecuación 3.22.

$$TPDA = TPDS \pm A = TPDS \pm KE = TPDS \pm K\sigma'$$

$$TPDA = TPDS \pm K\sigma' \tag{3.22}$$

En la distribución normal, para niveles de confiabilidad del 90% y 95% los valores de la constante K son 1.64 y 1.96 respectivamente. Intervalos del TPDA:

Asumimos una confiabilidad del 90%

K = 1.64

N = 365 días.

n = 7 días (De Lunes a Domingo).

TPDS = 31 Vehículos/día.

Cuadro 25 Datos para el cálculo de “s” (Desviación Estándar)

DIAS DE LA SEMANA	Total de Vehículos = Tdi = Xi	Xmed	Xi - Xmed	(Xi - Xmed)^2
LUNES (10/08/15)	32	35.14	- 3.14	9.88
MARTES (11/08/15)	30	35.14	- 5.14	26.45
MIERCOLES (12/08/15)	40	35.14	4.86	23.59
JUEVES (13/08/15)	30	35.14	- 5.14	26.45
VIERNES (14/08/15)	50	35.14	14.86	220.73
SABADO (15/08/15)	25	35.14	- 10.14	102.88
DOMINGO (16/08/15)	39	35.14	3.86	14.88
TOTAL	246			424.86

Fuente: Elaboración Propia.

Del anterior cuadro se obtiene los datos que se usa en la ecuación 3.21 para hallar “s”. Luego reemplazando en la ecuación:

$$s = \sqrt{\frac{424.86}{6}} = 8.41$$

Ahora usando los valores de: $N=365$, $n=7$ y $s=8.41$, el cálculo del valor σ' se desarrolla utilizando la ecuación 3.20.

$$\sigma' = \frac{8.41}{\sqrt{7}} \left[\sqrt{\frac{(365 - 7)}{(365 - 1)}} \right] = 3.15$$

Por último calculamos el TPDA, para lo cual utilizaremos la ecuación 3.22, con los datos $TPDS=31$, $K=1.96$ y $\sigma' = 3.15$, con lo que se obtiene:

$$TPDA = TPDS \pm K\sigma' = 31 + 1.96 * 3.15 = 38$$

Por lo tanto el TPDA = 38 Veh/día.

$TPDA = 38 \text{ veh/día.}$

En el siguiente cuadro se presenta el TPDA por tipo de vehículo, que viene a ser una distribución por tipo de vehículo para el TPDA.

Cuadro 26 TPDA por tipo de vehículo

	TIPOS DE VEHICULOS							TOTAL	
	AUTOS Y CAMIONETAS		COMBIS, MICROS, CUSTERS		BUSES	CAMIÓN	CAMIÓN		SEMITRAYLER
			B2	B3	C2	C3	T2S1		
TPDS por tipo de Vehículo (f) = (a) * (d) / 7	12		7		2	5	4	2	31
TPDA POR VEHÍCULO	15		8		2	6	4	2	38.00
% DE VEHICULOS	39		21		6	15	11	6	100.00

Fuente: Elaboración Propia.

3.4.5 TASA ANUAL DE CRECIMIENTO DE TRÁFICO

Para la determinación de la Tasa de Crecimiento Anual del Tránsito de las vías en estudio, se ha hecho uso de dichas recomendaciones, siendo los porcentajes considerados los siguientes:

- Crecimiento Anual Normal del Tránsito = 1.50 %.
- Tránsito Generado Anual del Tránsito = 1.00 %.
- Tránsito Desarrollado Anual del Tránsito = 0.50 %.
- Tasa Anual de Crecimiento del Tránsito o Incremento de Tránsito = 3.00 %.

De acuerdo al cuadro estadístico, Proyecciones de parque Vehicular de Puno

Cuadro 27 Proyecciones del Parque Vehicular estimado, según Departamento.

REGION O DEPARTAMENTO	2010	2011 *	TASA PROMEDIO ANUAL
TOTAL	1,849,690	1,914,526	3.5
AMAZONAS	2,390	2,490	4.2
ANCASH	22,086	22,904	3.7
APURIMAC	3,969	4,101	3.3
AREQUIPA	106,521	110,645	3.9
AYACUCHO	5,716	5,926	3.7
CAJAMARCA	15,107	15,753	4.3
CUZCO	45,090	46,636	3.4
HUANCAVELICA	1,319	1,366	3.6
HUANUCO	11,864	12,313	3.8
ICA	26,135	26,975	3.2
JUNIN	51,094	52,965	3.7
LA LIBERTAD	158,672	164,941	4.0
LAMBAYEQUE	45,881	47,650	3.9
LIMA	1,195,353	1,235,802	3.4
LORETO	5,089	5,279	3.7
MADRE DE DIOS	986	1,026	4.1
MOQUEGUA	13,348	13,810	3.5
PASCO	7,351	7,625	3.7
PIURA	36,367	37,773	3.9
PUNO	34,169	35,036	2.5
SAN MARTIN	10,151	10,628	4.7
TACNA	40,465	41,792	3.3
TUMBES	3,086	3,208	4.0
UCAYALI	7,481	7,882	5.4
* Proyeccion			

Fuente: <http://www.mtc.gob.pe/estadisticas/index.html> - OGPP - Oficina de Estadística

Analizando el cuadro anterior, se deduce que la tasa promedio anual para el parque vehicular del departamento de Puno es de 2.5 %, el cual refleja todo el

departamento en su conjunto y no brinda información más específica de las provincias, distritos, etc.

Por esta razón se utilizara: Tasa de crecimiento anual = 3.0 %

$$T_c = 3.0\%$$

3.4.6 FACTOR CAMIÓN

Los Factores Equivalentes de Carga publicada según el Reglamento Nacional de Vehículos (D.S. No 058-2003-MTC) modificado por el D.S. No 002-2005-MTC, en donde se da valores para el peso máximo por eje o conjunto de ejes.

Los Factores Camión pueden aplicarse a vehículos de un solo tipo o clase o a un grupo de vehículos de diferentes tipos.

3.4.6.1 FACTOR DE EQUIVALENCIA DE CARGA

Por otro lado, con el objeto de evaluar el efecto dañino, en un pavimento, de las cargas diferentes a un eje estándar, se han considerado factores de equivalencia de carga por eje, FEC. Estos valores se obtuvieron del “Manual de Carreteras”: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Sección Suelos y Pavimentos menciona para pavimentos rígido en el capítulo VI, Tráfico Vial, se muestra en la ecuación 3.23.

$$FEC = \left(\frac{P_1}{P_0}\right)^{4.1} \quad (3.23)$$

Dónde:

- FEC: Factor de Equivalencia de Carga.
- P1: Carga cuya equivalencia de daño se desea calcular, en toneladas.
- P0: Carga estándar, los valores a asumir son los siguientes:
 - Para Eje Simple de ruedas simples (EE_{S1}), P0 = 6.6, fórmula:

$$FEC = \left(\frac{P_1}{6.6}\right)^{4.1}$$
 - Para Eje Simple de ruedas dobles (EE_{S1}), P0 = 8.2, fórmula:

$$FEC = \left(\frac{P_1}{8.2}\right)^{4.1}$$
 - Para Eje Tándem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple)

- (EE_{TA1}) , $P0 = 13$, fórmula: $FEC = \left(\frac{P1}{13}\right)^{4.1}$
- Para Eje Tándem (2 ejes ruedas dobles) (EE_{TA2}) , $P0 = 13.3$, fórmula: $FEC = \left(\frac{P1}{13.3}\right)^{4.1}$
- Para Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje de rueda simple) (EE_{TR1}) , $P0 = 16.6$, fórmula: $FEC = \left(\frac{P1}{16.6}\right)^{4.1}$
- Para Ejes Tridem (3 ejes ruedas dobles) (EE_{TR2}) , $P0 = 17.5$, fórmula: $FEC = \left(\frac{P1}{17.5}\right)^{4.1}$

Sin embargo es posible aplicar la ecuación 3.23 con valores del Reglamento Nacional de Vehículos (D.S. No 058-2003-MTC) modificado por el D.S. No 002-2005-MTC, en donde se da valores para el peso máximo por eje o conjunto de ejes, los mismos que se muestran en la figura siguiente, de donde se tienen los valores de P1.

Figura 21 Peso máximo por Eje o conjunto de Ejes (Valores de P1)

Conjunto de eje(s)	Nomenclatura	Simbología	Nº de Neumáticos	GRAFICO	Peso máximo por eje(s) (t)
Simple	1RS		02		7
Simple	1RD		04		11
Doble	2RD		08		18
Triple	1RS+2RD		10		23

Fuente: DECRETO SUPREMO Nº 058-2003-MTC. Reglamento Nacional de Vehículos

3.4.6.2 CÁLCULO DEL FACTOR CAMIÓN

El cálculo del Factor Camión se ha utilizado la ecuación 3.23.

Cuadro 28 Cálculo del Factor Camión

		CÁLCULO DEL FACTOR CAMIÓN					
		TIPOS DE VEHICULOS					
		AUTOS Y CAMIONETAS	COMBIS, MICROS, CLUSTERS B2	BUSES B3-1	CAMIÓN C2	CAMIÓN C3	SEMITRAILER T2S1
P1 (Tn)	GRUPO EJE 1	1.102	7	7	7	7	7
	GRUPO EJE 2	1.102	10	15	10	16	11
	GRUPO EJE 3						11
P0 (Tn)	GRUPO EJE 1	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6
	GRUPO EJE 2	6.6	8.2	13	8.2	13.3	8.2
	GRUPO EJE 3						8.2
$FEC = \left(\frac{P1}{P0}\right)^4$	GRUPO EJE 1	0.00065	1.2728	1.2728	1.2728	1.2728	1.2728
	GRUPO EJE 2	0.00065	2.2561	1.7981	2.2561	2.1335	3.3348
	GRUPO EJE 3						3.3348
FACTOR CAMIÓN		0.0013	3.5290	3.0709	3.5290	3.4064	7.9425

Fuente: Elaboración Propia.

3.4.7 NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES

A partir de conteos vehiculares y conversión a ejes equivalentes, se debe afectar al ESAL en ambas direcciones por factores direccionales y de carril, aplicando la ecuación 3.24.

$$W18 = DD * DL * \bar{w}18 \tag{3.24}$$

Dónde:

- W18 : Número de ejes equivalentes (ESAL) para el periodo de análisis en el carril de diseño.
- DD : Factor de distribución Direccional.
- DL : Factor de distribución por carril.
- $\bar{w}18$: Tráfico total en ambas direcciones para el periodo de diseño.

El factor de distribución direccional DD generalmente es 0.5 (50%) para la mayoría de las carreteras; sin embargo, este puede variar de 0.3 a 0.7 dependiendo de la incidencia de tráfico en una dirección. En el presente proyecto, se asumirá un valor de DD=0.5, debido a que el conteo de tráfico realizado y mostrado en el anexos, se hizo en forma general y los resultados del tránsito promedio diario anual (TPDA) por tipo de vehículo han sido para ambos carriles.

Los factores de distribución por carril, DL, recomendados por AASHTO se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 29 Factor de Distribución por carril

N° de carriles en una dirección	% de ESAL en el carril de diseño
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

Fuente: Elaboración Propia.

Por lo que el valor asumido es DL = 100%.

CÁLCULO DEL FACTOR DE CRECIMIENTO (Fcr).

El cálculo del factor de crecimiento se realiza con la siguiente ecuación 3.25.

$$Factor\ de\ Crecimiento = \frac{(1 + r)^n - 1}{r} \quad (3.25)$$

Dónde:

- r : Tasa de crecimiento anual, en %.
- n : Periodo de diseño en años.

Reemplazando en la ecuación 3.25; se tiene que:

$$Factor\ de\ Crecimiento = \frac{(1 + 0.03)^{20} - 1}{0.03} = 26.87$$

En el siguiente cuadro, se muestra el desarrollo del cálculo del ESAL de diseño.

Cuadro 30 Cálculo del ESAL de diseño

CÁLCULO DEL ESAL DE DISEÑO								
	AUTOS Y CAMIONETAS		COMBIS, MICROS, CLUSTERS		TIPOS DE VEHICULOS			
								
	B2		BUSES B3-1		CAMIÓN C2	CAMIÓN C3	SEMITRAILER T2S1	
IMD (a)	15		8		2	6	4	2
FC (b)	0.0013		3.5290		3.0709	3.5290	3.4064	7.9425
Fcr (c)	26.87		26.87		26.87	26.87	26.87	26.87
DD (d)	1		1		1	1	1	1
DL (e)	0.5		0.5		0.5	0.5	0.5	0.5
ESAL PARCIAL = (a)(b)(c)(d)(e)*365	94.8184		140,700.1287		36,470.7059	101,783.0718	58,861.9904	77,896.3357
ESAL DE DISEÑO	415,807.0509				=	4.16E+05		

Fuente: Elaboración Propia.

3.5 DISEÑO DE LA VÍA

- El diseño estructural del pavimento.
- El diseño geométrico del pavimento.

3.5.1 DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO.

- MÉTODO AASHTO 93
- MÉTODO PCA

3.5.1.1 DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO POR EL MÉTODO AASHTO 93

La ecuación fundamental AASHTO para el diseño de pavimentos rígidos es:

$$\log_{10}(ESAL) = ZrSo + 7.35 \log_{10}(D + 1) - 0.06 + \left[\frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} \right] + (4.22 - 0.32Pt) \log_{10} \left[\frac{S'c \times Cd (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{(Ec/K)^{0.25}} \right]} \right] \quad (3.26)$$

Dónde:

ESAL: Número previsto de ejes equivalentes de 18Kips (80KN), a lo largo del periodo de diseño.

Zr: Desviación normal estándar.

So: Error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento.

D: Espesor del pavimento (in).

ΔPSI : Diferencia entre los índices de servicio inicial y final.

Pt: Índice de servicio final.

S'c: Resistencia media del concreto (Psi) o flexotracción (método de carga en los tercios de luz).

Cd: Coeficiente de drenaje.

J: Coeficiente de transmisión de cargas en las juntas.

E: Módulo de elasticidad del concreto (Psi).

- K: Modulo de reacción del suelo (Pci), en el que se apoya el pavimento de concreto (sub rasante, sub base, o combinación de ambos).

3.5.1.1.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

a. ESAL (Ejes Simples Equivalentes de 82 kN):

En el título evaluación del tránsito se hizo el estudio en donde se calculó los distintos factores de tránsito como: Tránsito Promedio diario Anual, Índice medio diario (IMD), Factor de crecimiento, Factor camión, ESAL de diseño, etc.

En tanto el resumen queda de la siguiente manera:

$$W_{18} (\text{diseño}) = 0.42 \times 10^6$$

b. Periodo de Diseño:

El período de diseño se refiere al tiempo desde que la estructura de pavimento entra en servicio hasta antes que necesite algún trabajo de rehabilitación.

Cuadro 31 Periodos de diseño a adoptar en función del tipo de carretera.

TIPO DE CARRETERA	PERIODO DE DISEÑO
Urbana de alto volumen de tráfico	30 – 50 años
Rural de alto volumen de tráfico	20 – 50 años
Pavimentada de bajo volumen de tráfico	15 – 25 años
No pavimentada de bajo volumen de tráfico	10 – 20 años

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

En tal efecto, se consideró tomar un periodo de diseño de 20 años, como valor recomendable y común para vía pavimentada de bajo volumen de tráfico.

$$\text{Periodo de Diseño} = 20 \text{ años}$$

c. Desviación normal estándar Z_r :

El cual define el tránsito que puede soportar un pavimento considerando distintas variables que intervienen en su diseño (características de los

materiales, condiciones de borde, de drenaje, etc.) en un periodo determinado de años.

Cuadro 32 Valores de Zr en función de la confiabilidad

Confiabilidad R%	Desviación normal estándar
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.764
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
92	-1.405
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Adicionalmente, se sugieren valores de confiabilidad R indicados en el siguiente Cuadro de acuerdo con el tipo de pavimento que se trate. Para el presente diseño se adoptó un valor de R de 55% y por consiguiente un valor de Zr de -0.127.

Cuadro 33 Niveles de confiabilidad a adoptar en función del tipo de carretera.

TIPO DE PAVIMENTO	CONFIABILIDAD
AUTOPISTAS	90%
CARRETERAS	75%
CARRETERAS RURALES	65%
ZONAS INDUSTRIALES	60%
URBANAS PRINCIPALES	55%
URBANAS SECUNDARIAS	50%

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

$R = 55\%$

$Z_r = -0.127$

d. Error estándar combinado S_o :

Los valores recomendados por AASHTO están comprendidos dentro de los siguientes intervalos.

Cuadro 34 Valores de desviación estándar.

CONDICIÓN DE DISEÑO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	
	Pavimento Rígido	Pavimento Flexible
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito.	0.34	0.44
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito.	0.39	0.49

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

En la presente evaluación: $S_o=0.39$ (pavimento rígido, con errores de tránsito)

$S_o = 0.39$

e. Variación ΔPSI en el índice de servicio:

Parámetro que está en función de la serviciabilidad inicial y final. La selección del índice de servicio final está basada en el valor más bajo que pueda tolerar el pavimento, antes de la rehabilitación o reconstrucción.

Cuadro 35 Valores de serviciabilidad inicial y final para pavimentos rígidos.

PAVIMENTO RÍGIDO	ÍNDICE DE SERVICIO	
	Inicial	Final
Autopistas	4.5	3.00
Colectores	4.5	2.50
Calles comerciales e industriales	4.5	2.25
Calles residenciales y estacionamientos	4.5	2.00

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Del anterior cuadro, los parámetros de índice de servicio inicial y final estimados son de 4.5 y 2.00 respectivamente para las características de tránsito considerados.

$$P_o = 4.5$$

$$P_t = 2.0$$

f. Coeficiente de drenaje Cd:

Que depende de dos parámetros como se indica en el siguiente cuadro.

Cuadro 36 Valores de coeficiente de drenaje de acuerdo a la calidad de drenaje.

Calidad del drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser evacuada	Porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación			
		< 1%	1 – 5%	5 – 25%	> 25%
Excelente	2 horas	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1 día	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Mediano	1 semana	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Malo	1 mes	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy malo	No drena	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Asumiendo una calidad de drenaje de bueno, con una exposición del pavimento a humedad de 30% debido normalmente a la presentación de precipitaciones durante un año. Por tanto de acuerdo al cuadro 36 un valor de 1.0 para Cd es adecuado.

$$C_d = 1.0$$

g. Coeficiente de transferencia de cargas J:

Capacidad de transmitir cargas a través de las discontinuidades en un pavimento, su valor depende de varios factores que son señalados en el siguiente cuadro.

Cuadro 37 Valores de coeficiente de transmisión de cargas, J.

Berma	De asfalto		De concreto	
	si	no	si	no
Dispositivo de transmisión de cargas				
Pavimento con juntas reforzado o no	3.2	3.8 – 4.4	2.5 – 3.1	3.6 – 4.2
Pavimento reforzado continuo	2.9 – 3.2	-	2.3 – 2.9	-

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

$$j = 3.0$$

h. Módulo de elasticidad del concreto Ec:

Se recomienda determinarlo de acuerdo con el procedimiento descrito en la Norma ASTM C469, o en su defecto, correlacionarlo con otras características del material, como la resistencia a compresión. A este respecto el Reglamento Nacional de Edificaciones indica que el valor de Ec puede ser considerado como la siguiente expresión.

$$E = 15000 * \sqrt{f'_c} \tag{3.27}$$

Habiendo realizado un diseño de mezclas para un concreto con f'c de 210Kg/cm2, con el que generalmente son diseñados losas de pavimento en nuestro medio, es posible la determinación de E a partir de la anterior ecuación.

$$E = 217,370.6512 \text{ ka/cm2}$$

i. Módulo de reacción K de la superficie en la que se apoya el pavimento:

A partir de valores de CBR de sub rasante y sub base en caso sea necesario, es posible determinar el valor de K (Mpa/m) a partir de las expresiones propuestas por AASHTO.

$$k = 2.55 + 52.5 * \log CBR \rightarrow CBR < 10\% \tag{3.28}$$

$$k = 46 + 9.08 * (\log CBR)^{4.34} \rightarrow CBR \geq 10\% \tag{3.29}$$

Si la sub rasante no posee una adecuada capacidad de soporte, resulta conveniente el uso de una capa de sub base, que conlleva a un aumento en el valor de K , el cual debe aprovecharse en el diseño estructural del pavimento. La siguiente ecuación considera tal efecto.

$$k_c = k * \left[\sqrt{1 + \left(\frac{h_b}{38}\right)^2 * \left(\frac{k_b}{k}\right)^{2/3}} \right] \quad (3.30)$$

Dónde:

k_c : módulo de reacción combinado

h_b : espesor de capa de sub base

k_b : módulo de reacción de sub base

k : módulo de reacción de sub rasante

Teniendo los datos y las características del suelo de fundación, los valores de CBR de sub rasante de 11%, y CBR de 65%, valor que se obtuvo para la sub base aceptado de acuerdo a normas. Se obtuvo el parámetro de módulo de reacción combinado k_c del conjunto sub rasante – sub base.

$$k = 46 + 9.08 * (\log 11)^{4.34} = 56.83 \text{MPa/m} \rightarrow \text{CBR} = 11\% \geq 10\%$$

$$k_b = 46 + 9.08 * (\log 65)^{4.34} = 166.07 \text{MPa/m} \rightarrow \text{CBR} = 65\% \geq 10\%$$

$$k_c = 56.83 * \left[\sqrt{1 + \left(\frac{20}{38}\right)^2 * \left(\frac{166.07}{56.83}\right)^{2/3}} \right] = 71.53 \text{MPa/m}$$

$$K_c = 71.53 \text{Mpa/m}$$

j. Resistencia del concreto a flexión:

Es considerado en el diseño por el criterio de fatiga, expresado por el Modulo de Rotura S'_c .

El código ACI sugiere para este parámetro los siguientes valores (ACI-9.5.2.3):

$$f_r = S'_c = 2\sqrt{f'_c} \quad (3.31)$$

$$f_r = S'_c = 2\sqrt{210} = 28.98 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_r = 28.98 \text{kg/cm}^2$$

Para cada uno de los parámetros necesarios estimados, valores constantes y variables se desarrolla el diseño de pavimento y determinación de espesor de losa. Los valores que se ha obtenido son:

- Desviación normal estándar **Zr**.
- Error estándar combinado **So**.
- Índice de serviciabilidad inicial **Po** y final **Pt**.
- Coeficiente de drenaje **Cd** y coeficiente de transmisión de cargas **J**.
- Módulo de reacción del suelo de apoyo **K**.

Cuadro 38 Proceso de cálculo por el Método AASHTO.

METODO AASHTO 1993			
$\text{Log}_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 7.35 \times \text{Log}_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta\text{PSI}}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}}$ $+ (4.22 - 0.32 \times P_t) \times \text{Log}_{10}\left[\frac{S'_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(\frac{E}{k})^{0.25}})}\right]$			
1. REQUISITOS DE DISEÑO			
1.1. TRANSITO			
- PERIODO DE DISEÑO (Años)		20	
- NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)		4.16E+05	
1.2. SERVICIABILIDAD			
- SERVICIABILIDAD INICIAL (Po)		4.5	
- SERVICIABILIDAD FINAL (Pt)		2.0	
1.3. CONFIANZA			
- FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)		55%	
STANDARD NORMAL DEVIATE (Zr)		-0.127	
OVERALL STANDARD DEVIATION (So)		0.39	
2. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES			
2.1. CONCRETO			
- RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO (f'c)	210.00 Kg/cm2	2987.41 Psi	
- MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO (E)	217370.65 Kg/cm2	3092266.63 Psi	
- MODULO DE ROTURA (S'c)	28.98 Kg/cm2	412.26 Psi	
- TRANSFERENCIA DE CARGA (J)	3.00		
- COEFICIENTE DE DRENAJE (Cd)	1.00		
2.2. SUELO			
- CBR SUBRASANTE	11.00 %		
- CBR SUB BASE	95.00 %		
- MODULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE (K)	56.83 Mpa/m	209.34 Pci	
- MODULO DE REACCION DE LA SUB BASE (Kb)	221.16 Mpa/m	814.73 Pci	
- MODULO DE REACCION COMBINADO (Kc)	74.26 Mpa/m	273.55 Pci	
3. CALCULO DEL ESPESOR DE LOSA (Variar D Requerido hasta que N18 Nominal = N18 Calculo)			
D (pulg)	G_t	N18 NOMINAL	N18 CALCULO
5.500	-0.07918	5.62	5.62
4. ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO			
- ESPESOR DE SUB BASE (Db)	8 in	20 cm	
- ESPESOR DE LOSA REQUERIDO (D)	6 in	16 cm	

Fuente: Elaboración Propia.

3.5.1.2 DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO POR EL MÉTODO PCA

3.5.1.2.1 FACTORES DE DISEÑO:

a. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO

Los valores de resistencia a flexión, usados en la metodología de diseño AASHTO, también son usados para el presente método.

$$f_r = 28.98 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

$$f_r = 412.26 \text{ Psi}$$

b. CAPACIDAD SOPORTE DE LA SUB RASANTE Ó DE LA SUB BASE (K)

Los valores de CBR para sub rasante y sub base son los usados para el diseño por el método AASHTO, 11% y 65% respectivamente, con un espesor de capa de sub base de 20 **cm**, se obtuvo un valor de *K* del conjunto sub rasante – sub base de:

$$K_c = 71.53 \text{ Mpa} / \text{m}$$

$$K_c = 263.51 \text{ Pci}$$

c. PERÍODO DE DISEÑO

Dado que el tráfico muy probablemente no puede ser supuesto con precisión por un período muy largo, el período de diseño de 20 años es el comúnmente empleado en el diseño de pavimentos.

Para el caso de nuestro proyecto se asume un Periodo de diseño = 20 años

d. NUMERO DE REPETICIONES ESPERADAS PARA CADA EJE O N° DE VEHÍCULOS COMERCIALES EN CARRIL DE DISEÑO.

Repeticiones Esperadas.

$$Re = TPDA \times \%Te \times FS \times FC \times Pd \times FCA \times 365 \quad (3.32)$$

Dónde:

Re = NVC (N° de vehículos comerciales en carril de diseño)

TPDA = Tránsito Promedio Diario Anual.

% Te = % del TPDA para cada tipo de eje.

FS = Factor de Sentido.

- FC = Factor de Carril.
Pd = Período de Diseño.
FCA = Factor de Crecimiento Anual.
365 = días de un año.

- Tránsito promedio diario anual (TPDA)

El método de diseño de la PCA recomienda que se considera únicamente el tráfico pesado, es decir que se desprece todo el tráfico ligero como automóviles. Sin embargo no es tan importante el hacer caso a esta recomendación debido a que el tráfico ligero no influye demasiado en el diseño de espesores.

- Factor de Crecimiento Anual (FCA)

Para conocer el factor de crecimiento anual se requiere únicamente del período de diseño en años y de la tasa de crecimiento anual. Con estos datos podemos saber el factor de crecimiento de manera rápida con la ayuda del siguiente cuadro que presenta relaciones entre tasas de crecimiento anual y factores de crecimiento anual para períodos de diseño de 20 y 40 años.

Cuadro 39 Tasas anuales de crecimiento con sus factores de proyección.

Tasas de crecimiento anual de tránsito, %	Factores de proyección	
	20 años	40 años
1	1.1	1.2
1 1/2	1.2	1.3
2	1.2	1.5
2 1/2	1.3	1.6
3	1.3	1.8
3 1/2	1.4	2
4	1.5	2.2
4 1/2	1.6	2.4
5	1.6	2.7
5 1/2	1.7	2.9
6	1.8	3.2

Fuente: Ingeniería de Pavimentos, Alfonso Montejo Fonseca.

Para una tasa de crecimiento de 3% y un periodo de diseño de 20 años, se tiene un factor de proyección igual a 1.3.

- Factor de Sentido

El factor de sentido se emplea para diferenciar las vialidades de un sentido de las de doble sentido, de manera que para vialidades en doble sentido se utiliza un factor de sentido de 0.5 y para vialidades en un solo sentido un factor de 1.0

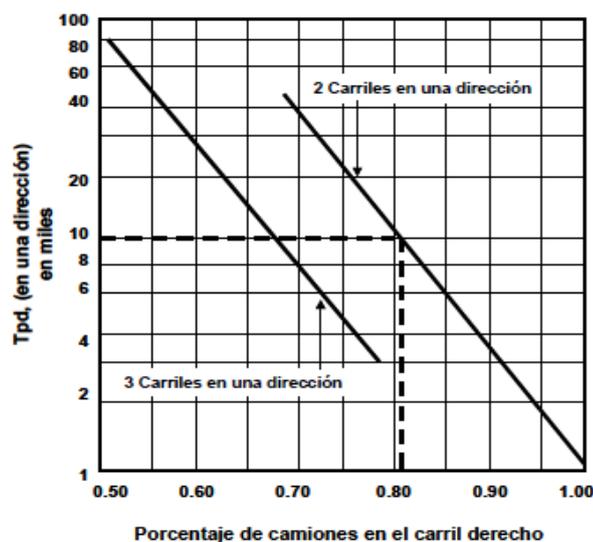
En el caso de vialidades de doble sentido generalmente se asume que el tránsito (en sus diferentes tipos y pesos) viajan en igual cantidad para cada dirección (FS=0.5). Sin embargo esto puede no aplicar en algunos casos especiales en que muchos de los camiones viajan cargados en una dirección y regresan vacíos, Si éste es el caso, se deberá hacer el ajuste apropiado y tomar en cuenta el sentido con mayor tráfico.

Para nuestro caso, se tiene un factor de sentido de 1.0.

- Factor de Carril

Después de verse afectado el tráfico por el factor de sentido, también debemos de analizar el número de carriles por sentido mediante el factor de carril. El factor de carril nos va a dar el porcentaje de vehículos que circulan por el carril de la derecha, que es el carril con más tráfico. Para esto, la PCA recomienda emplear la siguiente figura en donde este factor depende del número de carriles por sentido o dirección del tráfico y del tránsito promedio diario anual en un solo sentido.

Cuadro 40 Porcentaje de camiones en el carril de diseño.



Fuente: Ingeniería de Pavimentos para carreteras, Ing. Alfonso Montejo Fonseca.

Para nuestro caso el **factor carril es igual a 1.00**

- Factor de Seguridad de Carga

Una vez que se conoce la distribución de carga por eje, es decir ya que se conoce cuantas repeticiones se tendrán para cada tipo y peso de eje, se utiliza el factor de seguridad de carga para multiplicarse por las cargas por eje.

Los factores de seguridad de carga recomendados son:

- 1.3 Casos especiales con muy altos volúmenes de tráfico pesado y cero mantenimientos.
- 1.2 Para Autopistas ó vialidades de varios carriles en donde se presentará un flujo ininterrumpido de tráfico y altos volúmenes de tráfico pesado.
- 1.1 Autopistas y vialidades urbanas con volúmenes moderados de tráfico pesado.
- 1.0 Caminos y calles secundarias con muy poco tráfico pesado.

En nuestro caso se tiene un tráfico bajo, por lo que **el Factor de Seguridad de Carga es igual a 1.0.**

3.5.1.2.2 ESTIMACIÓN DEL TRANSITO DE DISEÑO

a) Estimación del tránsito y de las cargas de diseño

Con los datos que se muestran a continuación, se calcularon el capítulo Estudio de Tránsito Vehicular.

Cuadro 41 Índice Medio Diario Anual o Tránsito Promedio Diario Anual.

	TPDA POR TIPO DE VEHÍCULO							TOTAL	
	AUTOS Y CAMIONETAS		COMBIS, MICROS, CUSTERS		BUSES	CAMIÓN	CAMIÓN		SEMITRAYLER
			B2	B3	C2	C3	T2S1		
TPDS por tipo de Vehículo (f) = (a) * (d) / 7	12		7	2	5	4	2	31	
TPDA POR VEHÍCULO	15		8	2	6	4	2	38.00	
% DE VEHICULOS	39		21	6	15	11	6	100.00	

Fuente: Elaboración Propia.

Del cuadro anterior se tiene:

IMDA = TPDA = 38 Vehículos en ambas direcciones

% Vehículos comerciales = 61%

Cuadro 42 Configuración de las cargas de los vehículos comerciales.

TIPO DE VEHICULO	CARGA TOTAL		EJE SIMPLE						EJETANDEM	
			1ER EJE		2DO EJE		3ER EJE			
	TN	KN	TN	KN	TN	KN	TN	KN	TN	KN
B2	18	176.58	7	68.67	11	107.91	-	-	-	-
B3 - 1	23	225.63	7	68.67	-	-	-	-	16	156.96
C2	18	176.58	7	68.67	11	107.91	-	-	-	-
C3	25	245.25	7	68.67	-	-	-	-	18	176.58
T2S1	29	284.49	7	68.67	11	107.91	11	107.91	-	-

Fuente: Elaboración Propia.

b) Número de vehículos comerciales diarios en el carril de diseño

Cuadro 43 Distribución del número de los vehículos comerciales.

TIPO DE VEHICULO	TPDA VEHICULOS (1)	% VEHICULOS COMERCIAL ES (2)	N° DE EJES COMERCIALES POR DIA/CARRIL (1)*(2)*FS*FC
B2	8.13	21.00%	1.71
B3-1	2.42	6.00%	0.15
C2	5.88	15.00%	0.88
C3	4.27	11.00%	0.47
T2S1	2.42	6.00%	0.15
		TOTAL	3.35

Fuente: Elaboración Propia.

c) Proyección del tránsito de vehículos comerciales en el carril de diseño durante el periodo de diseño

$$Re = NVC = TPDA \times \%Te \times FS \times FC \times Pd \times FCA \times 365$$

$$Re = NVC = 38 \times 61\% \times 1.0 \times 1.0 \times 20 \times 1.3 \times 365$$

Re = NVC = 219,978.2 vehículos Comerciales/carril de diseño/periodo de diseño.

d) Distribución de los vehículos comerciales por día/carril de diseño y por cada 1,000 vehículos comerciales

Cuadro 44 Distribución de los VC por día y carril de diseño, por cada 1,000 VC.

TIPO DE VEHICULO	N° DE EJES COMERCIALES POR DIA/CARRIL (1)	N° DE VEHICULOS COMERCIALES/DIA/CARRIL/CADA 1000VC (1)*1000/3.35
B2	1.71	509.00
B3-1	0.15	45.00
C2	0.88	262.00
C3	0.47	139.00
T2S1	0.15	45.00
TOTAL	3.35	1000.00

Fuente: Elaboración Propia.

e) Número de ejes esperados por cada 1,000 vehículos comerciales

Cuadro 45 Número de ejes esperados por cada 1,000 VC.

TIPO DE VEHICULO	N° DE VEHICULOS COMERCIALES/DIA/CARRIL/CADA 1000VC	N° EJES POR CADA 1,000 VEHICULOS COMERCIALES	
		EJE SIMPLES	EJE TANDEM
B2	509.00	1018	
B3-1	45.00	45	45
C2	262.00	524	
C3	139.00	139	139
T2S1	45.00	90	
TOTAL	1000.00	1816	184

Fuente: Elaboración Propia.

f) Distribución del número de ejes por cada 1,000 vehículos comerciales por carga y tipo de eje

Se distribuyen los ejes por cada 1,000 vehículos comerciales y se determina el número esperado de ejes en el carril de diseño para el periodo de diseño.

$$Ejes_{\text{periodo de diseño/ carril de diseño}} = \frac{NVC * Ejes \text{ por cada } 1000 \text{ VC}}{1000} \quad (3.33)$$

Cuadro 46 Número esperado de ejes en el carril de diseño para el periodo.

CARGAS		EJES POR CADA 1000 VEH. COMERCIALES	N° DE EJES EN EL CARRIL DE DISEÑO / PERIODO DE DISEÑO
TON	KN		
EJES SIMPLES			
11	107.91	1018	223937.81
7	68.67	798	175542.60
TOTAL		1816	399480.41
EJES TANDEM			
18	176.58	45	9899.02
16	156.96	139	30576.97
TOTAL		184	40475.99
TOTAL		2000	439956.40

Fuente: Elaboración Propia.

3.5.1.2.3 ANÁLISIS DE EROSIÓN Y FATIGA DEL PAVIMENTO RÍGIDO

a) Análisis por Erosión.

Este sirve para limitar los efectos de deflexión que se producen en los bordes de las losas, juntas y esquinas del pavimento; también para tener control sobre la erosión que se produce en la Sub base o Sub rasante y los materiales que conforman las bermas.

b) Análisis por Fatiga.

Esta sirve para mantener los esfuerzos que se producen dentro de los límites de seguridad, ya que el paso de cargas sobre las losas del pavimento produce esfuerzos que se convierten en agrietamientos.

3.5.1.2.4 CALCULO DE ESPESOR DE PAVIMENTO CON EL PROGRAMA BS-PCA

Figura 22 Presentación del programa BS PCA

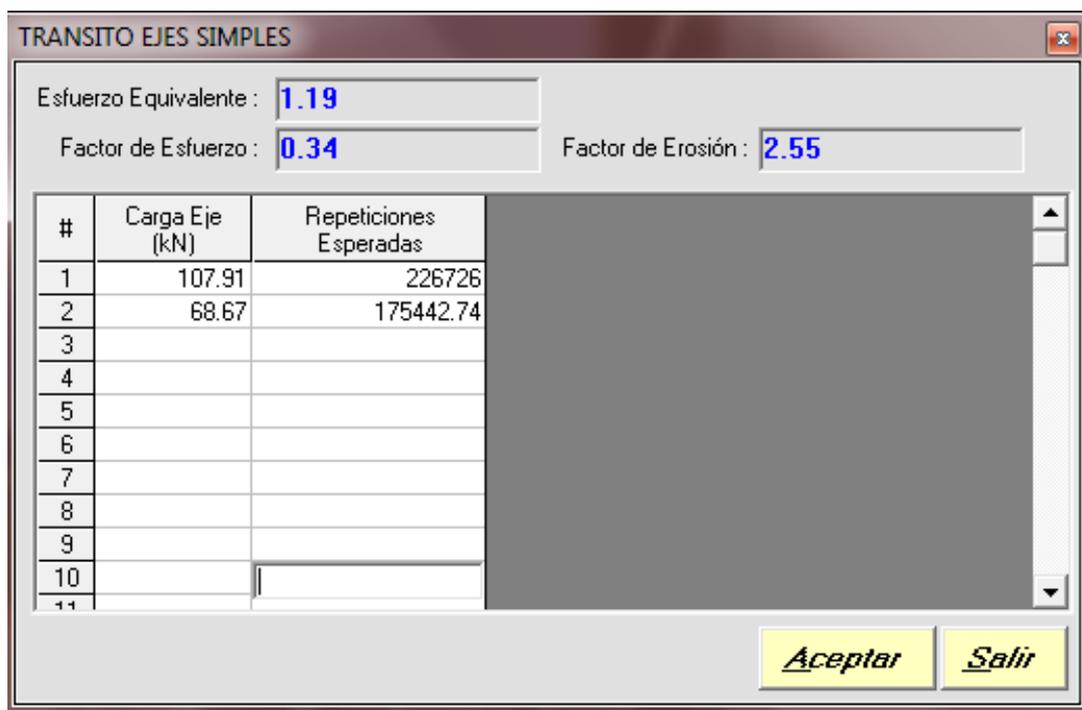


Fuente: Programa BS PCA.

A partir del *Cuadro 46*, se procede a calcular el espesor de la losa de concreto rígido mediante los criterios de diseño de la PCA: Erosión y Fatiga, de acuerdo con los siguientes datos:

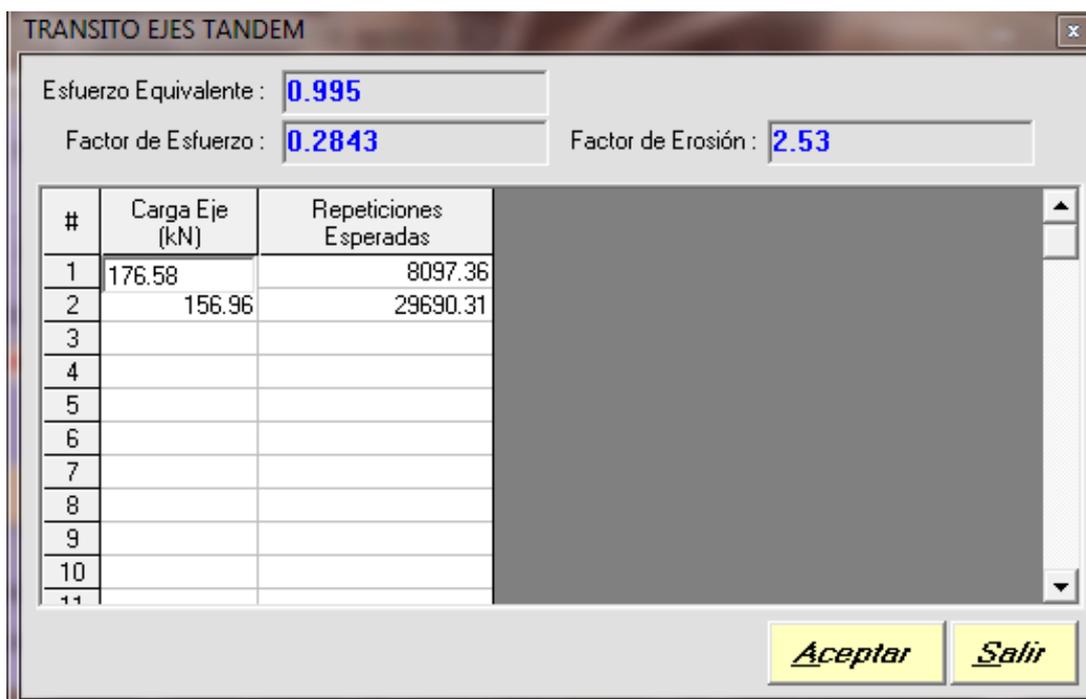
- Módulo de reacción de la sub rasante, $K = 268.65$ Pci.
- Espesores considerados de la losa: 176, 177, 178,..... 205 mm.
- Módulo de rotura del concreto, $S'c = 3.50$ Mpa.
- Factor de seguridad de carga, $Fsc = 1.0$.
- Juntas con dovelas: NO.
- Bermas de concreto: SI.
- Cargas de tránsito presentadas en el Cuadro 46.

Figura 23 Transito de ejes simple en carril de diseño



Fuente: Programa BS PCA.

Figura 24 Transito de ejes tándem en carril de diseño.



Fuente: Programa BS PCA.

Figura 25 Resumen tanteos con los diferentes espesores.

ANALISIS DE SENSIBILIDAD						
K Subrasante (PCI (lb/pulg3))	Espesor (mm)	Modulo_Rotura (Mpa)	Factor Repeticion	May Fatiga	Consumo	Consumo Erosion
268.7	175.00	3.5	1.0	907.34	55.29	
268.7	176.00	3.5	1.0	799.78	52.44	
268.7	177.00	3.5	1.0	706.10	49.74	
268.7	178.00	3.5	1.0	624.38	47.17	
268.7	179.00	3.5	1.0	552.96	44.75	
268.7	180.00	3.5	1.0	490.46	42.46	
268.7	181.00	3.5	1.0	435.66	40.28	
268.7	182.00	3.5	1.0	387.56	38.21	
268.7	183.00	3.5	1.0	345.26	36.24	
268.7	184.00	3.5	1.0	308.02	34.37	
268.7	185.00	3.5	1.0	275.17	32.59	
268.7	186.00	3.5	1.0	246.16	30.89	
268.7	187.00	3.5	1.0	220.51	29.28	
268.7	188.00	3.5	1.0	197.78	27.75	
268.7	189.00	3.5	1.0	177.37	26.29	
268.7	190.00	3.5	1.0	159.08	24.91	
268.7	191.00	3.5	1.0	142.33	23.59	
268.7	192.00	3.5	1.0	127.02	22.34	
268.7	193.00	3.5	1.0	113.05	21.14	
268.7	194.00	3.5	1.0	100.33	20.01	
268.7	195.00	3.5	1.0	88.77	18.93	
268.7	196.00	3.5	1.0	78.29	17.90	
268.7	197.00	3.5	1.0	68.80	16.92	
268.7	198.00	3.5	1.0	60.23	16.00	
268.7	199.00	3.5	1.0	52.52	15.11	
268.7	200.00	3.5	1.0	45.60	14.27	
268.7	201.00	3.5	1.0	39.40	13.47	
268.7	202.00	3.5	1.0	33.88	12.71	
268.7	203.00	3.5	1.0	28.96	11.99	
268.7	204.00	3.5	1.0	24.62	11.30	
268.7	205.00	3.5	1.0	20.78	10.65	

Fuente: Programa BS PCA.

Figura 26 Datos de entrada y resultados.

The screenshot shows the 'BS-PCA - DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS PCA' window. The 'Opciones' tab is active. Input fields include: Resistencia K del Apoyo: 268.65 (unit: PCI (lb/pulg3)); Espesor de la Losa: 195 (unit: mm); Módulo de Rotura Losa: 3.5 (unit: Mpa). There are checkboxes for 'Con Bermas' (checked) and 'Con Pasadores' (unchecked). Under 'TRANSITO', the unit is 'kN', Factor de Seguridad Carga is 1, and Factor de Mayoración de Repeticiones is 0. Three buttons are available: 'Ejes Sencillos', 'Ejes Tandem', and 'Ejes Tridem'. The 'Calcular' button is highlighted. At the bottom, the results are displayed: Total Consumo Esfuerzo (%): 88.7718 and Total Consumo Erosión (%): 18.9285. Other buttons include 'Cargar', 'Guardar', 'Imprimir', and 'Salir'.

Fuente: Programa BS PCA.

Figura 27 Reporte final del programa BS – PCA

Software : BS-PCA							
Datos :							
	Resistencia K del Apoyo : 268.65 PCI (lb/pulg3)						
	Espesor Losa : 195 mm						
	Modulo de Rotura : 3.5 Mpa						
	Bermas : SI						
	Pasadores : NO						
	Factor de Seguridad Cargas : 1						
	Factor de Mayoración Repeticiones : 0						
Resultados :							
Carga	Carga	Repeticiones	Repeticiones	Consumo	Repeticiones	Consumo	
kN	FS	Esperadas	Admisib_Fatiga	Fatiga	Admisi_Erosion	Erosion	
	kN			%		%	
EJES SIMPLES							
Esfuerzo Equivalente: 1.4 Factor Esfuerzo: 0.3923 Factor Erosion: 2.6053							
107.91	107.91	0	255,403	88.77	1,216,020	18.64	
68.67	68.67	0	Inf	0.00	Inf	0.00	
EJES TANDEM							
Esfuerzo Equivalente: 1.2 Factor Esfuerzo: 0.3304 Factor Erosion: 2.6610							
176.58	176.58	0	Inf	0.00	4,558,252	0.18	
156.96	156.96	0	Inf	0.00	28,039,736	0.11	
EJES TRIDEM							
Esfuerzo Equivalente: 0.9 Factor Esfuerzo: 0.2627 Factor Erosion: 2.6778							
				-----			-----
				Total :	88.77		18.93

Fuente: Programa BS PCA.

De acuerdo con los resultados anteriores, el espesor más adecuado para la losa de concreto es de 195 mm., el cual cumple con los criterios de fatiga y erosión.

$$D = 20.00 \text{ cm}$$

3.5.1.3 DISEÑO DE JUNTAS Y REFUERZO DEL PAVIMENTO RÍGIDO.

3.5.1.3.1 Determinación de Juntas en el pavimento.

El diseño de juntas incluye la determinación del espaciamiento de juntas longitudinales y transversales, la transferencia de cargas y los materiales de sellado. Su finalidad es evitar que las grietas inducidas por secado, temperatura y cambios en el contenido de agua se presenten de manera desordenada, sin patrones geométricos.

3.5.1.3.2 Juntas Transversales y Longitudinales.

Se tiene la relación entre largo y ancho de un tablero de losas debe estar entre los límites que se expresa según la Ecuación 2.4:

3.5.1.3.3 Cálculo de Separación Entre Juntas Transversales y Longitudinales.

Para determinar las dimensiones de las losas de concreto se tiene que ver la situación topográfica de la zona esto en la vía con una longitud por calles:

Realizando un bosquejo de las medidas de ancho de las calles se concluye con lo siguiente:

Para el cálculo de la separación entre juntas transversales consideramos la relación de para el caso de un carril del ancho para cada calle y de acuerdo a ello se realiza el reemplazo a la Ecuación 2.4 se tiene el siguiente cuadro:

$$0.71 < \frac{\text{largo de la losa}}{\text{ancho de losa}} < 1.4$$

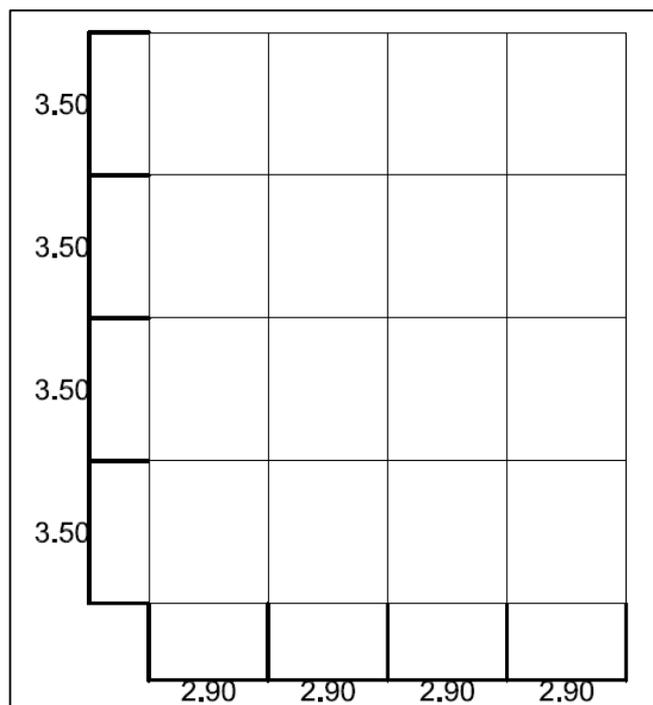
$$0.71 < \frac{x}{2.90 \text{ m}} < 1.4$$

De donde los valores son: $2.06 \text{ m} < x < 4.06 \text{ m}$, se toma el valor de 3.50m de separación entre las juntas transversales

LA Avenida Tupac Amaru del distrito de Llalli cuenta con un ancho de calzada de 11.60 m., y un ancho de carril de 5.80 m., entonces las medidas de las juntas serán:

- Ancho de losa 2.90 m
- Largo de losa 3.50 m

Figura 28 Detalle de diseño de juntas – separaciones.



FUENTE: Elaboración Propia.

3.5.1.3.3 Factores que contribuyen a la Transferencia de Carga

a) Trabazón De Agregados

La trabazón de agregados depende de la resistencia al cortante entre las partículas del agregado en las caras de la junta, debajo del corte inducido en la junta. Este sistema de transferencia de carga es más efectivo para pavimentos construidos con una corta separación de las juntas y bases estabilizadas no erosionables o bases permeables que experimenten bajos volúmenes de tráfico pesado.

En general se recomienda dejar la transferencia de carga únicamente a la trabazón de agregados para proyectos con menos de 5 millones de ESAL's rígidos (Ejes Sencillos Equivalentes de 18 kips o 8.2 ton) o con un tráfico inferior a los 80 o 120 vehículos pesados diarios, ya que se ha encontrado con la experiencia que un tráfico mayor a este ya produce molestas fallas en las juntas,

como lo son las diferencias de elevación, es decir que no empatan ambos lados de la junta.

3.5.1.4 DISEÑO DE VEREDAS

El diseño de veredas se considera como pavimentos especiales ya que en ellos solo se tendrá a peatones (personas), de acuerdo a las consideraciones de la norma CE 010 se optan por las siguientes consideraciones de diseño:

- por proceso constructivo se ha optado para el presente proyecto un espesor de 0.15 m. de espesor de losa de concreto en veredas.
- Vereda de concreto simple de $f'c = 175\text{Kg/cm}^2$, con un espesor de 0.15 m.
- Sub base con las mismas características de la sub base del pavimento rígido correspondiente a la calzada con un CBR = 65 % el cual es mayor al CBR = 30% que considera la Norma CE 010 Pavimentos Urbanos, y un espesor de 0.15m.

Con las consideraciones anteriores los espesores de la estructura de la vereda de diseño para el normal funcionamiento.

3.5.2 DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA.

3.5.2.1 PARÁMETROS VINCULADOS A LA CLASIFICACIÓN DE VÍAS URBANAS

Según el “Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas 2005”, la velocidad de diseño, características del flujo, control de accesos, relación con otras vías, número de carriles, servicio a propiedades adyacentes, transporte público y estacionamiento. Lo cual se puede observar en el siguiente cuadro.

Cuadro 47 Parámetros de Diseño vinculados a la Clasificación de Vías Urbanas.

ATRIBUTOS Y RESTRICCIONES	VÍAS EXPRESAS	VÍAS ARTERIALES	VÍAS COLECTORAS	VÍAS LOCALES
Velocidad de Diseño	Entre 80 y 100 Km/hora Se registrará por lo establecido en los artículos 160 a 168 del Reglamento Nacional de Tránsito (RNT) vigente.	Entre 50 y 80 Km/hora Se registrará por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.	Entre 40 y 60 Km/hora Se registrará por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.	Entre 30 y 40 Km/hora Se registrará por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.
Características del flujo	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 restringido. El flujo de vehículos semipesados es eventual. Se permite el tránsito de bicicletas.
Control de Accesos y Relación con otras vías	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.
Número de carriles	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
Servicio a propiedades adyacentes	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.
Servicio de Transporte público	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 debe 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
Estacionamiento, carga y descarga de mercaderías	No permitido salvo en emergencias.	No permitido salvo en emergencias o en las vías de servicio laterales diseñadas para tal fin. Se registrará 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 registrará por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente.	El estacionamiento está permitido y se registrará por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente

Fuente: Cap. 02, MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS URBANAS – 2005.

3.5.2.2 CRITERIOS BÁSICOS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO

3.5.2.2.1 VELOCIDAD DIRECTRIZ O DE DISEÑO

La velocidad directriz o de diseño es la escogida para el diseño, entendiéndose que será la máxima que se podrá mantener con seguridad sobre una sección determinada de la carretera, cuando las circunstancias sean favorables para que prevalezcan las condiciones de diseño.

Para el presente proyecto, se ha adoptado una **velocidad directriz o de diseño de 30 Km/h**. Esto tomando en cuenta el cuadro anterior para vías

3.5.2.2 VISIBILIDAD

- **DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA**

Según el siguiente cuadro, para la velocidad directriz de 30 Km/h, la Distancia de Visibilidad de Parada es de 30 m.

Cuadro 48 Distancia de Visibilidad de Parada respecto a la Velocidad de diseño

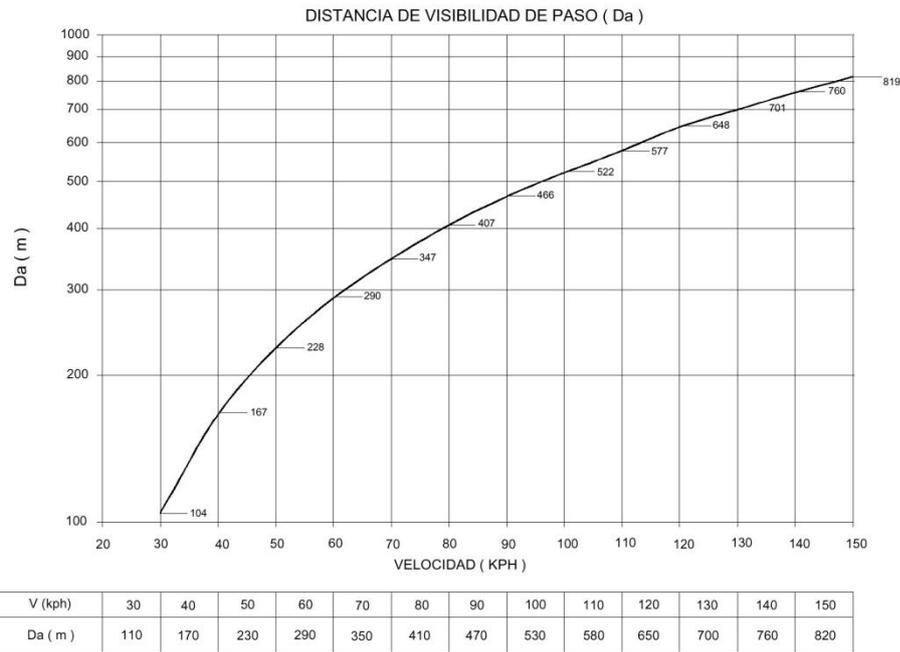
Velocidad De Diseño (km/h)	DISTANCIA (m)
30	30
40	45
50	63
60	85
70	111
80	140
90	469
100	205
110	247
120	286

Fuente: Cuadro 7.1.2, Manual De Diseño Geométrico De Vías Urbanas – 2005

- **DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PASO**

La distancia de paso con respecto a la Velocidad directriz se determina usando la siguiente figura, según la cual, la Distancia de Visibilidad de Paso es de 110 m.

Figura 29 Distancia de Visibilidad de Paso (Da) respecto a la Velocidad de diseño



Fuente: Fig. 402.06 del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2014)

3.5.2.3 DISEÑO EN PLANTA

a. ALINEAMIENTOS RECTOS

Cuadro 49 Alineamientos Rectos

VELOCIDAD DIRECTRIZ		LONGITUD MÍNIMA DE TANGENTES PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO			
		EXPRESAS Y ARTERIALES		COLECTORAS Y LOCALES	
		1	2	3	4
Km/h	m/s	Metros	Metros	Metros	Metros
30	8.33	—	—	15	20
40	11.11	—	—	20	25
50	13.88	35	50	25	30
60	16.66	45	60	30	35
80	22.22	60	80	—	—

Fuente: Cuadro 8.1.1, Manual De Diseño Geométrico De Vías Urbanas – 2005

Del cuadro anterior se obtiene la longitud mínima de tangentes para el diseño geométrico, en el proyecto se utilizará los valores que corresponden a la velocidad directriz de 30 Km/h. que varía entre 15 – 20 metros.

b. CURVAS HORIZONTALES

En el siguiente cuadro se puede apreciar valores de Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras, valores que dependen de la velocidad directriz. De la cual se ha podido obtener, para una velocidad directriz de 30 Km/h en nuestro proyecto, un radio mínimo de 35 m y un peralte máximo de 4 %.

Cuadro 50 Radios Mínimos.

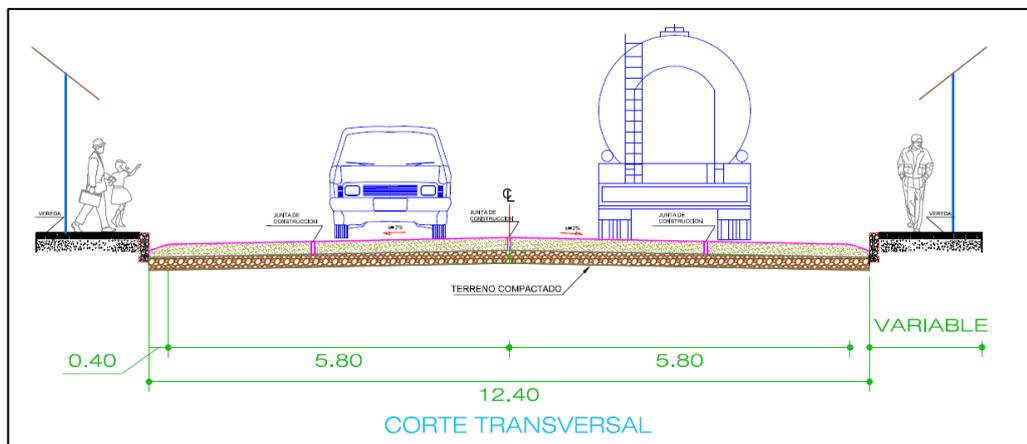
V(Km/hr)	Coef.Fricción Transversal f max	Valor Real de R Mínimo con p max deseable		Valor Práctico de R Mínimo con p max deseable	
		p max 4%	p max 6%	p max 4%	p max 6%
20	0.18	14.32	13.12	15	15
30	0.17	33.75	30.81	35	30
40	0.17	59.99	54.78	60	55
50	0.16	98.43	89.48	100	90
60	0.15	149.19	134.98	150	135
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: Cuadro 8.2.2 del Manual De Diseño Geométrico De Vías Urbanas – 2005

c. SECCIÓN TRANSVERSAL

En la siguiente figura se puede apreciar un esquema de la Sección Transversal con veredas de ancho variable y se ha adoptado un ancho de calzada de 6.20 m. (incluye cunetas de 0.40 m. ambos lados).

Figura 30 Sección Transversal.



Fuente: Elaboración Propia.

En el siguiente cuadro; según el Manual de Diseño geométrico en la sección 10.2 Ancho de Carriles, se adoptaron los anchos de carriles.

Cuadro 51 Ancho de Carril.

CLASIFICACION DE VIAS		Velocidad (Km/Hr)	Ancho Recomendable (Mts)	Ancho Mínimo de Carril en Pista Normal (Mts) (2, 3)	Ancho Mínimo de Carril único del tipo Solo Bus (Mts)	Ancho de dos carriles juntos (mts) (5)
	LOCAL	30 A 40	3.00	2.75	3.50 (4)	6.50
	COLECTORA	40 A 50	3.30	3.00	3.50 (4)	6.50
ARTERIAL		50 A 60	3.30	3.25	3.50	6.75
		60 a 70	3.50	3.25	3.75	6.75
EXPRESAS		70 a 80	3.50	3.50	3.75	7.0
		80 a 90	3.60	3.50	3.75	7.25
		90 a 100	3.60	3.50	No aplicable	No aplicable

Fuente: Cuadro 10.2.1 del Manual De Diseño Geométrico De Vías Urbanas – 2005.

d. BOMBEO

En el siguiente cuadro, se muestra el Bombeo en la Calzada.

Cuadro 52 Bombeo de la Calzada.

Ancho Mínimo de Carril en Pista Normal (Mts) (2, 3) 2.75	Bombeo %	
	Precipitación < 500 mm/año	Precipitación > 500 mm/año
Pavimento superior	2.0	2.5
Tratamiento superficial	2.5 (1)	2.5 – 3.0
Afirmado	3.0 – 3.5 (1)	3.0 – 4.9

Fuente: Cuadro 10.3.1 del Manual De Diseño Geométrico De Vías Urbanas – 2005.

Del cuadro anterior, el proyecto presenta un pavimento superior y precipitación > 500 mm/año, en consecuencia representa un Bombeo de 2.5 %.

Cuadro 53 Resumen Del Diseño Geométrico

Velocidad Directriz o Diseño	30 Km/h.
Distancia de Visibilidad de Parada	30 m.
Distancia de Visibilidad de Paso	110 m.
Bombeo	2%

Fuente: Elaboración Propia

3.5.2.4 DISEÑO ESTRUCTURAL Y GEOMÉTRICO DE VEREDAS

3.5.2.4.1 DISEÑO ESTRUCTURAL DE VEREDAS

De acuerdo a la NTE C.E. 010 PAVIMENTOS URBANOS, Cap. 4 Diseño Estructural de Pavimentos Urbanos, 4.4 Pavimentos Especiales.

Cuadro 54 Requisitos de los Pavimentos Especiales.

Elemento		Tipo de Pavimento	
		Aceras o Veredas	Pasajes Peatonales
Sub-rasante		95 % de compactación: Suelos Granulares - Proctor Modificado Suelos Cohesivos - Proctor Estándar	
		Espesor compactado: ≥ 150 mm	
Base		CBR ≥ 30 %	CBR ≥ 60%
Espesor de la capa de rodadura	Asfáltico	≥ 30 mm	
	Concreto de cemento Portland	≥ 100 mm	
	Adoquines	≥ 40 mm (Se deberán apoyar sobre una cama de arena fina , de espesor comprendido entre 25 y 40 mm)	
Material	Asfáltico	Concreto asfáltico*	
	Concreto de cemento Portland	$f_c \geq 175 \text{ Kg/cm}^2$ (17,5 MPa)	
	Adoquines	$f_c \geq 320 \text{ Kg/cm}^2$ (32 MPa)	N.R. **

Fuente: Tabla 33 de la NTE C.E. 010 PAVIMENTOS URBANOS.

Del cuadro anterior, se deduce que para las Aceras y Veredas del proyecto, el espesor de la capa de rodadura (Concreto de Cemento Portland) deberá ser ≥ 100 mm.

3.5.2.4.2 DISEÑO GEOMÉTRICO DE VEREDAS

Son elementos geométricos de una vía y paralelos, diseñadas para cumplir funciones de tránsito y seguridad para el peatón.

En el presente proyecto se han considerado anchos de veredas que van como máximo 1.80m.

3.5.2.5 MARCAS Y DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁNSITO

3.5.2.5.1 MARCAS DE TRÁNSITO EN EL PAVIMENTO

a) Marcas en el pavimento y bordes del pavimento

- Línea central.

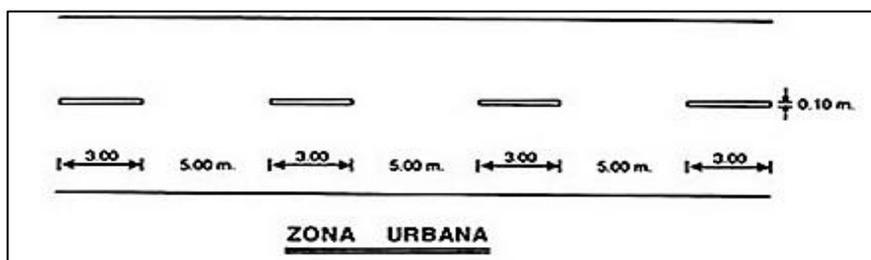
En el caso de una calzada de dos carriles de circulación que soporta el tránsito en ambos sentidos, se utilizará una línea discontinua cuando es permitido cruzar y cuyos segmentos serán de 3.0 m de longitud espaciados 5.0 m en calles.

- Línea de carril.

Las líneas de carril son utilizadas para separar los carriles de circulación que transitan en la misma dirección. Las líneas de carril deberán usarse:

En lugares de congestión del tránsito en que es necesario una mejor distribución del espacio correspondiente a las trayectorias de los vehículos. Las líneas de carril son líneas discontinuas o segmentadas, de ancho 0.10m - 0.15m, de color blanco y cuyos segmentos serán de 3.0m de longitud espaciadas 5.0m en zona urbana.

Figura 31 Líneas de Carril



Fuente: Figura 3.2.2.01 del Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor en Calles y Carreteras.

COLORES

Los colores de pintura de tráfico u otro elemento demarcador a utilizarse en las marcas en el pavimento serán blancos y amarillos, cuyas tonalidades deberán conformarse con aquellas especificadas en el presente manual.

- Las Líneas Blancas: Indican separación de las corrientes vehiculares en el mismo sentido de circulación.
- Las Líneas Amarillas: Indican separación de las corrientes vehiculares en sentidos opuestos de circulación.

REFLECTORIZACIÓN

En el caso de la pintura de tráfico tipo TTP-115-F y con el fin de que sean visibles las marcas en el pavimento en la noche, ésta deberá llevar micro esferas de vidrio integradas a la pintura o esparcidas en ella durante el momento de aplicación.

Dosificación de esferas de vidrio recomendadas.

Vías Urbanas: 2.5 kgs/Gal.

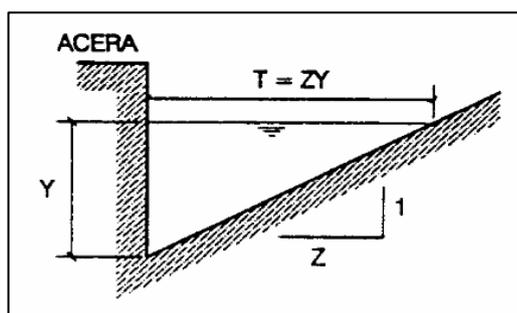
3.6 DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE

3.6.1 DISEÑO DE CUNETAS

3.6.1.1 ECUACIÓN DE MANNING PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES

Tomando como referencia la Norma Técnica O.S. 060 Drenaje Pluvial Urbano. Obtenemos la ecuación 3.34, el cual se relaciona con la siguiente figura.

Figura 32 Cuneta de Sección Transversal: Triangulo Rectángulo



Fuente: Norma Técnica O.S. 060 Drenaje Pluvial Urbano.

$$Q = 315 \frac{Z}{n} S^{1/2} Y^{8/3} \left(\frac{Z}{1 + \sqrt{1 + Z^2}} \right)^{2/3} \quad (3.34)$$

Dónde:

- Q : Caudal en Litros/seg.
- n : Coeficiente de Rugosidad de Manning.
- S : Pendiente longitudinal del Canal.
- Z : Valor recíproco de la pendiente transversal (1:Z)
- Y : Tirante de agua en metros.
- T : Ancho superficial o Espejo de agua en metros.
- P : Perímetro mojado en metros.

Espejo de Agua (T)

Es el ancho de la superficie libre del agua en la sección transversal de la cuneta, esta expresada por la siguiente relación:

$$T = ZY \quad (3.35)$$

Área Hidráulica

Es el área ocupada por el líquido en una sección transversal normal cualquiera, en la sección triangular (Fig. 32) está representada por la ecuación 3.36.

$$A = \frac{1}{2}TY = \frac{1}{2}ZY^2 \tag{3.36}$$

Perímetro Mojado (P)

Es la parte del contorno del conducto que está en contacto con el líquido, esta expresado matemáticamente por la siguiente expresión:

$$P = 2Y\sqrt{1 + Z^2} \tag{3.37}$$

3.6.1.2 COEFICIENTE DE RUGOSIDAD

El siguiente cuadro muestra los valores del coeficiente de rugosidad de Manning correspondiente a los diferentes acabados de los materiales de las cunetas de las calles y berma central.

Cuadro 55 Coeficiente de rugosidad de Manning para Cunetas.

Cunetas de las calles		n
a.	Cuneta de concreto con acabado paletado	0.012
b.	Pavimento Asfáltico	
	1 Textura lisa	0.013
	2 Textura rugosa	0.016
c.	Cuneta de concreto con pavimento asfáltico	
	1 Liso	0.013
	2 Rugoso	0.015
d.	Pavimento de concreto	
	1 Acabado con llano de madera	0.014
	2 Acabado escobillado	0.016
e.	Ladrillo	0.016
f.	Para cunetas con pendiente pequeña, donde el sedimento puede acumularse, se incrementaran los valores de n.	0.002

Fuente: Norma Técnica O.S. 060 Drenaje Pluvial Urbano.

3.6.1.3 RESUMEN DE RESULTADOS DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO.

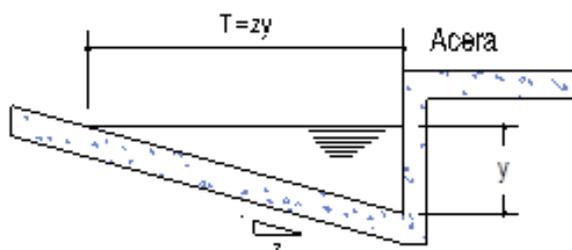
En el ítem ESTUDIOS HIDROLÓGICOS del presente proyecto de tesis, se obtuvo los siguientes resultados, los cuales se utilizarán en el diseño del sistema de drenaje.

Cuadro 56 Determinación de caudales para las áreas tributarias

AT	AREA (m2)	AREA (Ha)	COEF. ESCORREN C	INT. MAX (mm/h)	CAUDAL (m3/seg)	CAUDAL (Lt/seg)
1	19507.92	1.95	0.42	21	0.04779	47.79
2	22992.70	2.30	0.42	21	0.05633	56.33
3	23770.48	2.38	0.42	21	0.05824	58.24
TOTAL	66271.10	6.63			0.16236	162.36

Fuente: Elaboración Propia.

3.6.1.4 PARÁMETROS DE DISEÑO



Ecuación de Manning:

$$Q = 315 \frac{Z}{n} S^{1/2} Y^{8/3} \left(\frac{Z}{1+\sqrt{1+Z^2}} \right)^{2/3} \tag{3.38}$$

a. Caudal en Litros/seg. (Q)

La determinación del caudal se realizó en el cuadro 57

b. Coeficiente de Rugosidad de Manning. (n)

Se obtiene del cuadro 56

$n=0.012$

c. Pendiente longitudinal del Canal. (S)

Se obtiene de la diferencia de las cotas superior e inferior luego divididos entre la longitud del área tributaria. La cual se muestra en el cuadro 58.

d. Valor recíproco de la pendiente transversal (1:Z)

El valor recíproco de la pendiente transversal se asume:

$Z=2.00$

e. Tirante de agua en metros (Y)

El tirante de agua se asume:

$$Y=0.190m$$

Aplicando la ecuación de Manning 3.38 se obtuvo el siguiente cuadro.

Cuadro 57 determinación de caudal aplicando la ecuación de Manning.

AREA	LONG.	COTA SUPERIOR (m.s.n.m)	COTA INFERIOR (m.s.n.m)	PENDIENTE (S)	Z(m)	RUGOSIDAD MANNING	TIRANTE DE AGUA (m)	CAUDAL POR SECCION Q(lt/seg)	CAUDAL Q (lt/seg)	OBS
1	220	3995.554	3994.725	0.020	2	0.012	0.19	64.27254	47.79	Q<Qs
2	130	3995.491	3995.357	0.020	2	0.012	0.19	64.27254	56.33	Q<Qs
3	150	3996.677	3995.354	0.020	2	0.012	0.19	64.27254	58.24	Q<Qs

Fuente: Elaboración Propia.

3.6.1.5 SECCIÓN FINAL DE LA CUNETA

Se observa en el cuadro 58, el caudal que soporta la cuneta es mayor que el caudal que se obtuvo para cada una de las áreas tributarias, por lo tanto concluimos que la sección de la cuneta es la siguiente:

Determinamos el espejo de agua:

$$T = ZY \quad T = (2.00)(0.190) \quad T = 0.38 \text{ m}$$

$$T=0.38m$$

Cuadro 58 características finales de la cuneta.

AREA	LONG.	PENDIENTE (S)	Z(m)	RUGOSIDAD MANNING	TIRANTE DE AGUA (m)	CAUDAL Q (m3/seg)	AREA	VELOCIDAD
1	220	0.0200	2	0.012	0.19	0.04779	0.0361	1.3239
2	130	0.0200	2	0.012	0.19	0.05633	0.0361	1.5604
3	150	0.0200	2	0.012	0.19	0.05824	0.0361	1.6132

Fuente: Elaboración Propia.

3.7 EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

3.7.1 UBICACIÓN POLÍTICA

Llalli es una Ciudad que está situada dentro de la Región Puno. Durante el año acoge a ganaderos, comerciantes y turistas nacionales y extranjeros que la visitan por sus atractivos turísticos y paisajes altiplánicos.

Tiene los siguientes límites:

- Por el Norte : Con el Barrio Pumacahua.
- Por el Sur : Con la Avda. Micaela Bastidas.
- Por el Este : Con el jirón 14 de Setiembre.
- Por el Oeste : Con el jirón José Galves.

3.7.2 ACTIVIDADES RELEVANTES DEL PROYECTO

3.7.2.1 ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

- Cartel de obra de 3.60x2.40m
- Oficina, almacén y caseta de guardianía provisionales
- Señalización de seguridad y/o desvío de tráfico en obra
- Movilización y desmovilización de maquinaria y equipo pesado
- Trazo, nivelación y replanteo durante el proceso
- Corte en terreno normal c/ maquinaria
- Excavación superficial de terreno para veredas
- Carguío y transporte de material excedente
- Perfilado y compactado
- Relleno manual con material de préstamo
- Nivelación y compactado c/equipo liviano
- Material de cantera para sub-base
- Escarificado y batido por capas
- Conformación de sub base c/equipo pesado
- Riego para compactación
- Pavimento rígido: concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$
- Pavimento rígido: encofrado y desencofrado
- Pavimento rígido: junta asfáltica

- Cunetas: concreto $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$
- Cuneta badén: concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$
- Cuneta badén: encofrado y desencofrado
- Sardinel: concreto $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$
- Sardinel: encofrado y desencofrado
- Vereda: concreto $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$
- Vereda: encofrado y desencofrado
- Veredas: acabados con frotachado coloreado según diseño
- Vereda: junta asfáltica
- Rampa: concreto $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$
- Rampa: encofrado y desencofrado
- Rampa: bruña $e=1 \text{ cm}$
- Ensayo de concreto
- Control de suelos
- Nivelación de buzones
- Pintura en sardineles
- Pintura de tráfico para señalización de vías
- Transporte de materiales de almacén a obra
- Riego de vías alternas
- Reconformación de cantera
- Sembrado de arbustos
- Adecuación reconformación de botadero
- Limpieza permanente y final de obra

3.7.2.2 ETAPA DE ABANDONO DE OBRA

- a. Abandono de área ocupada por la maquinaria.
- b. Abandono de canteras.
- c. Abandono de botaderos.

3.7.2.3 ETAPA DE FUNCIONAMIENTO

En esta etapa se considera como actividad de mayor relevancia al funcionamiento en si del sistema vial:

- a. Funcionamiento de la obra
- b. Funcionamiento de las obras de arte (cunetas)

3.7.2.4 MATRIZ DE IMPACTOS AMBIENTALES

Los resultados obtenidos se trabajaron en gabinete para la construcción de las matrices de impacto ambiental, así como de grado de los impactos (ponderación) y las medidas de control ambiental.

3.7.2.4.1 Matriz de Iteración

Para la valoración del presente proyecto, utilizamos una matriz de interacción, en la cual aplicamos la metodología de la Valoración Cualitativa. La base del sistema es una matriz en la cual las entradas según columnas contiene las acciones del hombre que pueden alterar el medio ambiente y las entradas según las filas son características del medio o factores ambientales que pueden ser alteradas. Una vez que se han considerado las acciones (columnas) y todos los factores ambientales de importancia (filas), se procede a evaluar cuantitativamente según la escala del 1 al 3 positiva y negativa. Para los Valores de magnitud utilizaremos una escala de tres rangos que son:

Cuadro 59 valores para matriz de iteración

CATEGORÍA	VALOR
BAJO	1
MEDIO	2
ALTO	3

Fuente: Elaboración Propia.

Los manifestados valores nos dan el grado de afectación de la obra, hacia el medio ambiente, donde la más considerable toma un valor de 3 puntos, al mismo tiempo que cuando la afectación es mínima se tiene un valor de 1 (bajo). Asimismo irán anteceditos del signo (+) o (-), según corresponda si el impacto es positivo o negativo.

3.7.3 MEDIOS DE MANEJO

3.7.3.1 PLAN DE ACCIÓN PREVENTIVO Y/O CORRECTIVO

Considerando que los principales Impactos Ambientales se sintetizan en la eliminación de la cobertura vegetal con la consiguiente alteración del ecosistema local, debido a los cambios en las corrientes superficiales de agua e inestabilidad geomorfológica, las medidas correctivas se orientarán principalmente a evitar que tales impactos se originen y que sean las causas de otras alteraciones menores, que en conjunto actúan sinérgicamente para acelerar el proceso de desertificación de la zona de estudio.

En tal sentido, se viene prestando atención a los principios y prácticas de ingeniería vial, en especial a las recomendaciones del Manual Ambiental para el Diseño y Construcción Vial elaborado por la Dirección General de Medio Ambiente.

A fin de evitar y disminuir los impactos ambientales negativos a niveles aceptables en el área de influencia del proyecto vial se recomienda que se ejecuten las siguientes medidas de prevención y/o corrección:

a) RELACIONES CON LA POBLACIÓN Y MANEJO DE PREDIOS.

En el proceso constructivo se pueden presentar dificultades entre la entidad ejecutora y los propietarios de los predios aledaños a la obra, para lo cual será necesario que la entidad ejecutora se acoja a una serie de normas que garanticen relaciones armónicas con los propietarios y las autoridades locales. Los siguientes aspectos deben ser considerados:

- Al ingresar a un predio se deberá solicitar permiso a los propietarios e informar sobre el trabajo que se realizará, no se accederá a un predio en forma violenta ni amenazante.
- Para una mejor coordinación de los aspectos sociales y comunitarios, la entidad ejecutora deberá implementar una oficina o departamento permanente de relaciones con los pobladores y mantener una constante comunicación con la Dirección General de Medio Ambiente.

b) COORDINACIONES CON GOBIERNOS LOCALES.

Se deberá coordinar con la Municipalidad, entidad ejecutora y beneficiarios, a fin de llegar a acuerdos para los trabajos a realizarse.

Aplicación estricta de las normas sobre manejo de recursos, tales como la Ley Forestal y Fauna, Ley General de Aguas, el Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, y la Ley de Áreas Naturales Protegidas entre otras.

c) AFECTACIÓN DE LA TRANSITABILIDAD EN LA ETAPA DE LA CONSTRUCCIÓN.

La entidad ejecutora deberá prever rutas alternas en las zonas donde no existan vías de desvíos, a fin de que los usuarios no sean perjudicados. En el caso de que no se pueda usar una ruta alterna la entidad ejecutora deberá ejecutar la obra escogiendo un método de trabajo, de tal forma que no perjudique el tránsito vehicular.

d) CONTROL DE LA EROSIÓN.

Se deberán tomar medidas adecuadas para mitigar la erosión en cárcavas, así como en las canteras abandonadas que no presentan taludes verticales, lo cual podría ocasionar deslizamientos sobre la carretera.

Los efectos negativos de cárcavas, deberán evitarse mediante la construcción de diques de piedra, controlando de ésta manera en una primera etapa la extensión de la cárcava que puede ser complementada con el repoblamiento de pastos naturales de la zona, que cumplan un papel importante en cuanto se refiere a la retención hídrica.

e) DRENAJE.

Las secciones transversales de las vías deben tener el bombeo suficiente (2.0%), que permita el drenaje rápido y frecuente de las aguas de escorrentía, desde la plataforma hacia las obras de drenaje de la vía.

Se deberá proteger la entrada y salida de las obras de arte de concreto, enrocado o vegetación para prevenir problemas de socavación local.

f) EXCAVACIONES SUPERFICIALES.

Se deberá evitar o mitigar los impactos ambientales que se generan debido a las actividades que se realizarán para las excavaciones superficiales en la vía, como son:

- Emisión de ruidos y partículas de suelos
- Emisión de ruidos y partículas.
- Desestabilización de taludes
- Cambios en el uso del suelo
- Ahuyentamiento de la fauna

Por lo que se deberá considerar lo siguiente:

Se deberá realizar la excavación de tal manera que no produzca deslizamientos inesperados, identificando el área de trabajo y verificando que no haya personas u obstrucciones cerca.

Para el manejo de los materiales producto del corte, éstos deberán ser transportados a un lugar adecuado, ubicado con anterioridad, para posteriormente serán trasladados a los botaderos establecidos.

Debe procurarse el uso de máquinas pesadas y de explosivos con la menor intensidad. En lo posible eliminar toda práctica de voladura de rocas y resguardar el silencio que la fauna del lugar requiere para no abandonar su hábitat y generar estrés que perjudique la reproducción.

g) SEÑALIZACIÓN.

Durante la etapa de construcción de la vía urbana, deberá observarse los dispositivos reglamentarios existentes, como es la colocación de avisos y señales de interrupción y desvío de tráfico, tanto en el día como en la noche.

Debido a que el tránsito será más fluido y la velocidad de los vehículos serán mayores, se incrementará el riesgo de atropellamiento sobre la población, para lo cual se deberá colocar las respectivas señalizaciones de carácter preventivo a lo largo de las vías a fin de que los vehículos disminuyan su velocidad en los cruces.

h) OTRAS CONSIDERACIONES.

1. CANTERAS.

Las canteras que se utilizarán en la construcción de las vías urbanas serán aquellas que ya se vienen explotando en su rehabilitación, asimismo se está considerando que no se afectará a la vida silvestre, las áreas sensibles y se evitará en lo posible no contaminar las zonas donde se encuentran los ecosistemas frágiles o únicos, como el lago, cursos de agua, zonas de cultivo, y resguardos de las comunidades campesinas existentes en la zona.

La explotación de las canteras en laderas no deberá comprometer la estabilidad de taludes durante ni después de su uso, evitando provocar deslizamientos posteriores, ni se deberán generar cortes inestables de gran altura. De presentarse éste caso, la explotación debe hacerse respetando los taludes mínimos de acuerdo al tipo de material existente en la zona y si el terreno presenta taludes que sobrepasan los tres metros de alto, deberá explotarse en forma de banquetas, para tal fin, se deberá realizar el alisado o redondeado (desquinche) de los taludes, permitiendo suavizar la topografía de la zona.

El material descartado en la selección será apilado convenientemente para ser utilizada posteriormente en el nivelado y recomposición final de la cantera, lo que debe realizarse proporcionándole un talud adecuado al tipo de terreno utilizado, para que no se produzcan derrames posteriores.

2. BOTADEROS.

Entre las medidas para evitar la contaminación de aguas, destrucción de suelos, y también los recursos vegetales y de fauna se recomienda la eliminación de excedentes de cortes hasta los lugares seleccionados, denominados botaderos, en éstos los materiales deben ser colocados, según el diseño que se haga al respecto, que debe estar relacionado con el paisaje fisiográfico que lo rodea, compactándolo por capas y en caso necesario preverlos de muros de contención al pie del talud del relleno que se forma. La parte superior debe ser cubierta con la tierra vegetal que exista en el área ocupada y que al inicio de la construcción del botadero

debe ser guardada adecuadamente. Luego se debe proceder a revegetalizar el área con especies propias del lugar.

Cuando se utilicen como botaderos áreas con vegetación, ésta y la capa superficial con materia orgánica, deben ser previamente removidas y guardadas adecuadamente para ser posteriormente utilizadas en la revegetalización de la superficie del botadero, De requerirse de mayor cantidad de elementos vegetales deberá utilizarse especies nativas similares a las que se encuentren en áreas aledañas.

3. EN EL PATIO DE MÁQUINAS.

La entidad ejecutora de la obra, conjuntamente con el supervisor de la misma, en concordancia con lo señalado en el Manual Ambiental para el Diseño y Construcción de vías, deben proceder a la ubicación definitiva de dichas instalaciones, y se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Los patios de máquinas deben estar localizados en forma aislada de cualquier curso de agua.
- El aprovisionamiento de combustible y el mantenimiento del equipo móvil y maquinaria, incluyendo lavado y cambio de aceite deberá realizarse de manera que las actividades no contaminen los suelos o aguas.
- Se debe revisar frecuentemente el estado de los vehículos y maquinaria a fin de corregir cualquier fuga o escape de lubricante o aceites.
- Por ningún motivo el lavado de los vehículos y la maquinaria deberá realizarse en los cuerpos de agua, o en cursos que lleguen directamente a éstos.

3.7.3.2 PLAN DE VIGILANCIA Y CONTROL AMBIENTAL

El Plan de Vigilancia Ambiental, establecerá un sistema de control que garantice el cumplimiento de las acciones y medidas preventivas y correctivas, enmarcadas dentro del manejo y conservación del medio ambiente en armonía con el desarrollo integral y sostenido de las áreas que se incluyen en el

recorrido de la vía de transporte. Las siguientes consideraciones generales para el seguimiento de los impactos ambientales, se tomarán en cuenta:

a) DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.

Durante la construcción de las obras, el plan de seguimiento y vigilancia estará a cargo de la supervisión ambiental constituida por personal profesional idóneo, para verificar el cumplimiento de las medidas propuestas en el Plan de Manejo Ambiental, así mismo deberá tenerse en cuenta el siguiente:

b) DURANTE LA OPERACIÓN DEL PROYECTO.

En ésta etapa del proyecto las acciones de seguimiento estará orientada a:

SISTEMA DE DRENAJE.

Será necesario inspeccionar el funcionamiento de las obras que constituyen el sistema de drenaje durante la ocurrencia de lluvias, a fin de poder detectar problemas relacionados con socavación local y deficiencias en la sección hidráulica de las estructuras para evacuar los gastos de agua.

Igualmente a fin de evitar inundaciones, es de suma importancia la inspección y mantenimiento (limpieza y reparaciones) de las obras de drenaje antes y después de poner en funcionamiento de las obras y de la presencia de lluvias.

3.7.3.3 IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE ABANDONO Y RESTAURACIÓN

El plan de abandono y restauración incluye las medidas necesarias para mitigar el daño ambiental que cause el abandono del proyecto una vez concluidas las obras. Así mismo permitirá restaurar las áreas intervenidas que fueron ocupadas temporalmente durante la ejecución de las obras, al respecto éstas medidas están referidas a:

a) EN LAS CANTERAS.

Respecto a la cantera se debe restaurar en lo posible la geomorfología a fin de evitar deslizamientos durante las épocas de avenidas de precipitaciones pluviales.

b) EN EL CAMPAMENTO.

La instalación del campamento y almacenes serán retirados. El material servible (calamina, madera, etc.) podrá ser donado a los pobladores y/o trabajadores y el que está deteriorado se depositará en el botadero, así mismo los pisos serán demolidos y podrán ser retirados hacia los botaderos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 LOGROS Y OBJETIVOS

4.1.1 LOGROS OBTENIDOS

Se ha elaborado una propuesta de pavimentación en la Avenida Túpac Amaru de la ciudad de Llalli, la cual consiste en la construcción de pavimento rígido, está diseñado por dos métodos para su mayor confiabilidad de diseño estructural de los espesores de dicho pavimento rígido, consecuentemente brindará adecuadas condiciones de transitabilidad vehicular y peatonal en la ciudad de Llalli.

4.1.1.1 ESTUDIO BÁSICOS DE INGENIERÍA

Se realizó los estudios previos de Ingeniería básica, técnicos y normativos para elaborar el presente proyecto las cuales se han dividido en cuatro grupos.

a. Estudio topográfico.

En esta etapa se ha obtenido todos los datos posibles y necesarios para el levantamiento topográfico, para luego realizar los trabajos de gabinete en la que se realizaron todos los cálculos, considerando errores permisibles en el siguiente orden:

- Reconocimiento de terreno
- Datos en libreta de campo
- Levantamiento de datos planimétricos y altimétricos
- Ordenamiento y procesamiento de los datos de campo
- Dibujo de los planos

- Ploteo de los planos.

b. Estudio geológico.

La información geológica fue desarrollada en base al estudio de los cuadrantes 30 – u de Llalli publicado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú (INGEMMET).

Según el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú La litología en general de la Formación está caracterizada por el dominio areniscas subarcosicas de grano fino a medio con estratificación sesgada, intercaladas con lutitas y limo arcillitas micáceas de coloración gris y verdosa con estratificación laminar en el área de estudio.

c. Estudio geotécnico.

El estudio geotécnico se ha desarrollado de acuerdo a las indicaciones de la norma técnica NTE CE.010 PAVIMENTOS URBANOS, en la cual indica para vías locales se debe tomar un punto de investigación cada 1800 m², para el proyecto que se ha elaborado se tomó cuatro puntos de investigación.

El respectivo análisis de la muestra de suelos se ha realizado en el laboratorio de mecánica de suelos y materiales de nuestra facultad, obteniéndose los siguientes resultados.

Cuadro 62 Resultados obtenidos de los ensayos de suelos.

ENSAYO DE LABORATORIO	Material de sub base
Humedad Natural (%)	11.31
Clasificación AASHTO	A-1-a(0)
Clasificación SUCS	GM-GC
Límite Líquido	22.8
Límite Plástico	19.39
Índice Plasticidad	3.41
Máxima Densidad Seca (g/cm ³)	2.14
Óptimo Contenido de Humedad (%)	7.5
95% de la Máxima Densidad Seca (g/cm ³)	2.033
C.B.R. al 100% de la M.D.S. (%)	95
C.B.R. al 95% de la M.D.S. (%)	65

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 63 Requerimientos de calidad para sub base granular.

Ensayo	Norma	Requerimiento	
		< 3000 msnmm	≥ 3000 msnmm
Abrasión Los Angeles	NTP 400.019:2002	50 % máximo	
CBR de laboratorio	NTP 339.145:1999	30-40 % mínimo*	
Limite Líquido	NTP 339.129:1998	25% máximo	
Índice de Plasticidad	NTP 339.129:1998	6% máximo	4% máximo
Equivalente de Arena	NTP 339.146:2000	25% mínimo	35% mínimo
Sales Solubles Totales	NTP 339.152:2002	1% máximo	

Fuente: CE 010, Pavimentos Urbanos.

d. Estudio hidrológico.

Para la determinación de las secciones de las cunetas se ha determinado el caudal que se genera en el área de estudio, el caudal se calculó con la fórmula del método racional, ya que nuestro proyecto tiene un área tributaria de 0.066 Km2 que es menor que 13 Km2 que indica la norma OS 060 ANEXO HIDROLOGIA la cual se obtuvo $Q = 0.058 \text{ m}^3/\text{seg}$.

4.1.1.2 EVALUACIÓN DEL TRANSITO

Se ha determinado el volumen de transito que presenta actualmente la avenida Túpac Amaru, mediante la realización de un aforo, y después ha utilizado como parámetro para la propuesta a realizar. En el cuadro siguiente se muestra el resumen de aforo vehicular de la Avenida Túpac Amaru de la ciudad de Llalli.

Cuadro 64 Resultados obtenidos del conteo de vehículos.

DIAS DE LA SEMANA	TIPOS DE VEHICULOS						TOTAL	
	AUTOS Y CAMIONETAS		COMBIS, MICROS, CUSTERS	BUSES	CAMIÓN	CAMIÓN		SEMITRAYLER
			B2	B3	C2	C3		T2S1
LUNES (10/08/15)								
LUNES (10/08/15)	12		8	2	3	6	1	32
MARTES (11/08/15)	13		6	1	2	7	1	30
MIERCOLES (12/08/15)	8		9	8	7	5	3	40
JUEVES (13/08/15)	10		6	5	3	1	5	30
VIERNES (14/08/15)	23		8	1	9	6	3	50
SABADO (15/08/15)	7		6	2	4	1	5	25
DOMINGO (16/08/15)	13		4	2	6	11	3	39
TOTAL	86		47	21	34	37	21	246

Fuente: Elaboración Propia.

Se ha calculado el transito promedio diario anual TPDA, la cual es uno de los parámetros para el diseño estructural de la vía.

Cuadro 65 Resultados obtenidos del cálculo de TDPA.

TPDA POR TIPO DE VEHÍCULO									
	TIPOS DE VEHICULOS							TOTAL	
	AUTOS Y CAMIONETAS		COMBIS, MICROS, CLUSTERS		BUSES	CAMIÓN	CAMIÓN		SEMITRAYLER
			B2	B3	C2	C3	T2S1		
TPDS por tipo de Vehículo $(f) = (a) * (d) / 7$	12		7		2	5	4	2	31
TPDA POR VEHÍCULO	15		8		2	6	4	2	38.00
% DE VEHICULOS	39		21		6	15	11	6	100.00

Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente se realiza el cálculo del número de ejes equivalentes (ESAL) para el periodo de análisis (W18) en el carril de diseño. A partir de conteos vehiculares y conversión a ejes equivalentes.

Cuadro 66 Resultados obtenidos del cálculo de ESAL.

CÁLCULO DEL ESAL DE DISEÑO								
	TIPOS DE VEHICULOS							
	AUTOS Y CAMIONETAS		COMBIS, MICROS, CLUSTERS		BUSES	CAMIÓN	CAMIÓN	SEMITRAYLER
			B2	B3-1	C2	C3	T2S1	
IMD (a)	15		8		2	6	4	2
FC (b)	0.0013		3.5290		3.0709	3.5290	3.4064	7.9425
Fcr (c)	26.87		26.87		26.87	26.87	26.87	26.87
DD (d)	1		1		1	1	1	1
DL (e)	0.5		0.5		0.5	0.5	0.5	0.5
ESAL PARCIAL = $(a)(b)(c)(d)(e)*365$	94.8184		140,700.1287		36,470.7059	101,783.0718	58,861.9904	77,896.3357
ESAL DE DISEÑO	415,807.0509			=	4.16E+05			

Fuente: Elaboración Propia.

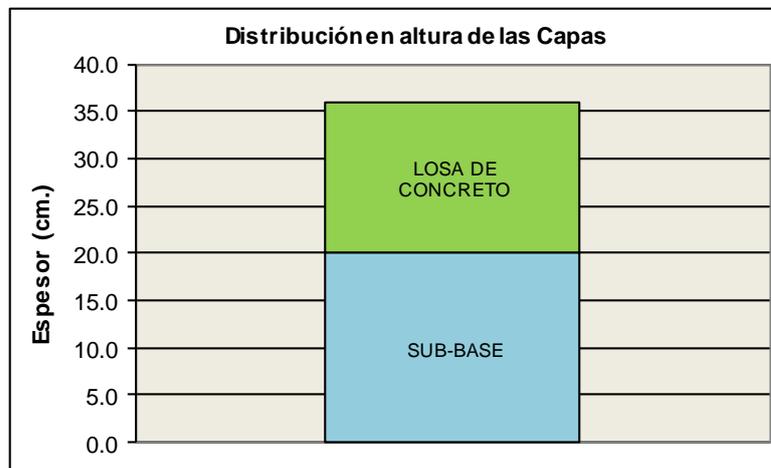
4.1.1.3 DISEÑO DE LA VÍA

El diseño de la estructura del pavimento se ha realizado mediante las recomendaciones del método AASTHO 93 y el método del PCA.

MÉTODO AASHTO:

Cuadro 67 Resultados obtenidos del diseño por el método AASHTO 93.

Espesor Sub-base :	20.0	cm.
Espesor Losa Concreto :	16.0	cm.



Fuente: Elaboración Propia.

MÉTODO PCA

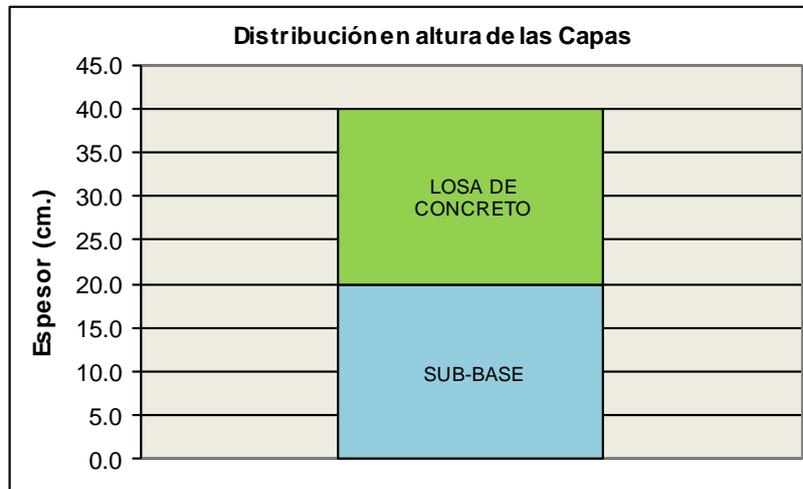
Con los resultados obtenidos del conteo de vehículos se ha calculado la proyección del tránsito de vehículos comerciales en el carril de diseño durante el periodo de diseño.

$$Re = NVC = 219,978.2 \text{ Veh. Comerciales/carril de diseño/periodo de diseño.}$$

A partir de los parámetros obtenidos, se procede a calcular el espesor de la losa de concreto rígido mediante los criterios de diseño de la PCA, Erosión y Fatiga, para el proceso de iteración se ha utilizado el software BS – PCA. Los resultados obtenidos se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 68 Resultados obtenidos en la iteración para diferentes espesores.

Espesor Sub-base :	20.0	cm.
Espesor Losa Concreto :	20.0	cm.



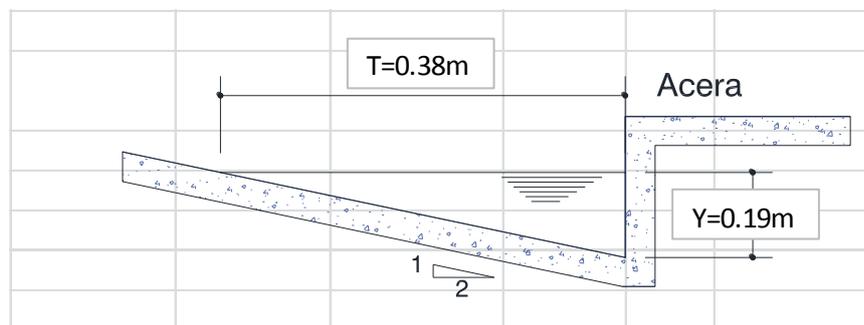
Fuente: Programa BS PCA.

4.1.1.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE

Tomando como referencia la Norma Técnica O.S. 060 Drenaje Pluvial Urbano se ha determinado la sección de la cuneta triangular.

AREA	LONG.	COTA SUPERIOR (m.s.n.m)	COTA INFERIOR (m.s.n.m)	PENDIENTE E (S)	Z(m)	RUGOSIDAD MANNING	TIRANTE DE AGUA (m)	CAUDAL POR SECCION Q(lt/seg)	CAUDAL Q (lt/seg)	OBS
1	220	3995.554	3994.725	0.020	2	0.012	0.19	64.27254	47.79	Q<Qs
2	130	3995.491	3995.357	0.020	2	0.012	0.19	64.27254	56.33	Q<Qs
3	150	3996.677	3995.354	0.020	2	0.012	0.19	64.27254	58.24	Q<Qs

Figura 33 Sección final de la cuneta.



Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 69 Disposiciones del RNE OS. 0.60, Tabla N°3

Velocidad maxima			
Concreto F'c=140 kg/cm2	2.00	m/seg	
Concreto F'c=175 kg/cm2	2.65	m/seg	
Concreto F'c=210 kg/cm2	3.30	m/seg	

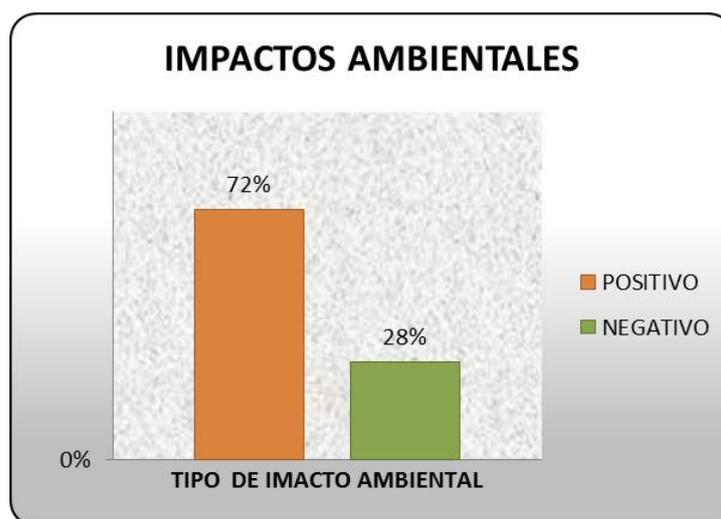
Fuente: RNE OS 060.

Según el anterior cuadro usara una cuneta de sección típica con un f'c=175 kg/cm2.

4.1.1.5 EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Los resultados obtenidos se trabajaron en gabinete para la construcción de las matrices de impacto ambiental, así como de grado de los impactos (ponderación) y las medidas de control ambiental.

Figura 34 Comparación de los impactos ambientales positivos y negativos



Fuente: Elaboración Propia.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se ha elaborado una propuesta de pavimentación en la avenida Túpac Amaru, la cual constituye una vía de suma importancia para la ciudad de Llalli, debido a que dicha avenida se encuentra en la zona céntrica de la ciudad.
- La determinación de los volúmenes de tránsito realizado en la zona de estudio presenta un TPDS de 31 Veh/día y un TPDA DE 38 Veh/día. El tránsito principalmente está constituido por Autos y Camionetas, combis, camiones rurales. Se tomó en cuenta el Reglamento Nacional de Vehículos aprobado por D.S. N° 058-2003-MTC. Teniendo como resultado un ESAL de Diseño de: 0.42×10^6 Número de Ejes Equivalentes.
- El CBR de diseño del terreno de fundación se halló tomando en cuenta las recomendaciones de AASHTO - 93. Para el proyecto teniendo un ESAL de Diseño de 0.42×10^6 Número de Ejes Equivalentes corresponde un percentil del 75%, con lo que se obtiene un CBR de diseño de 11%, siendo los espesores adoptados de Losa 20cm, sub base granular de 20cm, acumulando un espesor total de 40cm.
- El caudal calculado crítico corresponde al Área Tributaria 3 y corresponde a 58.24 litros/seg. Los caudales obtenidos fueron usados para el diseño de cunetas, con lo que se obtiene, adoptando una cuneta de sección triangular, un ancho superficial igual a 0.40 m y un tirante de agua de 0.20 m.
- La Norma Técnica CE. 010 PAVIMENTOS URBANOS (aprobado por D.S. N°001-2010-VIVIENDA de fecha 14 de enero de 2010), utiliza la metodología de diseño de pavimento rígido método PCA. Los espesores finales hallados mediante este método son de las siguientes dimensiones: espesor de Losa 20cm, sub base granular de 20cm, acumulando un espesor total de 40cm.

- El Diseño Geométrico (diseño, trazo y características técnicas) fue definido en función del Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas – 2005 y el Manual de Diseño Geométrico DG-2014. La vía en estudio cumple con los criterios de una Vía local, del cual se obtuvieron los siguientes parámetros de diseño: Velocidad Directriz de 30 Km/hora, Distancia de Visibilidad de Parada de 30 m., Distancia de Visibilidad de Paso 110 m., Pendiente de 0.5% mínimo, Bombeo de 2.5%, Cunetas de diseño triangular.
- Se consideró el Estudio de Señalización de Tránsito con el objetivo de minimizar la posibilidad de accidentes que podrían ocurrir, el mismo que tendrían repercusiones económicas y sociales.
- El impacto Ambiental que se producirá durante la ejecución será beneficioso, el cual permitirá mejorar las condiciones socioeconómicas de la población en la zona de influencia.
- Se ha elaborado el expediente técnico correspondiente la cual se ha adjuntado en el anexo 4.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar el Estudio de Tránsito (aforo vehicular) de una manera cuidadosa, ya que es uno de los factores más importantes e imprescindibles para el diseño de pavimentos.
- Se recomienda un mantenimiento continuo a la señalización con el fin de regular y controlar el tránsito de manera óptima.
- Se recomienda el adecuado control de calidad durante el proceso de construcción del pavimento, tanto de la mano de obra, materiales, equipos y lo referente a la dirección técnica en vista que sólo se garantizará la obra, teniendo especial cuidado en los controles de calidad.
- Se recomienda tener cuidado con las instalaciones sanitarias de los domicilios, con el sistema agua y desagüe, para ello se recomienda realizar reparación y/o mantenimiento de la red de agua y desagüe.

BIBLIOGRAFÍA

- Abanto, F. (2003) Tecnología del Concreto. Perú: Edición San Marcos.
- Bowles, J. (1980) Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil.(2a.ed.) Colombia.: McGRAW-HILL Latinoamericana, S.A.
- Calla, E (2015) Pavimentación de los jirones Achaya, Manco Capac, Conde de Lemus, Arica y Puno de la municipalidad Distrital de Caminaca – Azángaro.
- Cárdenas, J. (2002) Diseño Geométrico de Carreteras. (1a.ed.) Colombia.: Ecoe Ediciones.
- Chereque, W. (2001), HIDROLOGÍA (2da.ed.) Perú: Universidad Católica de Perú.
- Loayza, V. (2005) Manual de diseño geométrico de vías urbanas – 2005 – VCHI. (2a. ed.) Perú: ICG.
- Manual de Carreteras: DG-2014 Diseño Geométrico. Perú: MTC.
- Manual de Carreteras: EG-2013 Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción para el diseño de Carreteras. Perú: MTC.
- Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Seccion Suelos y Pavimentos. Perú: MTC.
- Montejo, A. (2008) Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Fundamentos, estudios básicos y diseño. Tomo I. (3a.ed.) Colombia.: Universidad Católica de Colombia.
- Mora, S. Pavimentos de Concreto Hidráulico, FIC-UNI ASOCEM.
- Minaya, S. (2001) Manual de Laboratorio Ensayos para pavimentos Volumen I. (1a. ed.) Perú.: UNI-Lima.
- Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016.
- Rico, R. (2001) La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres. Volumen I. (2a.ed.) México.: EDITORIAL LIMUSA-Grupo Noriega Editores.

- Rojas, D. (2008) Compendio Geología General. (1a. ed.) Perú: UNI-Lima.
- Villón, M. (2002) Hidrología. (2a.ed.) Peru.: Ed. Villón.
- Vivar, G. (1995) Diseño y Construcción de Pavimentos. (2a.ed.) Perú: Consejo Departamental de Lima del Colegio de Ingenieros del Perú.

ANEXOS

1. ENSAYOS DE SUELOS EN EL LABORATORIO
2. ENSAYO DE LOS AGREGADOS EN EL LABORATORIO
3. PANEL FOTOGRÁFICO
 - 3.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.
 - 3.2. MUESTREO Y EXPLORACIÓN DE SUELOS
 - 3.3. ENSAYOS DE LABORATORIO PARA DETERMINAR LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS
 - 3.4. ENSAYOS DE LABORATORIO PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO DEL SUELO.
 - 3.5. DISEÑO DE MEZCLAS DE LOS AGREGADOS.
4. EXPEDIENTE TÉCNICO

ANEXO 1

ENSAYOS DE SUELOS EN EL LABORATORIO FICA UNAP

ANEXO 2

DISEÑO DE SARDINEL

ANEXO 3

PANEL FOTOGRÁFICO

ANEXO 4

EXPEDIENTE TÉCNICO

INDICE DE EXPEDIENTE TECNICO

- MEMORIA DESCRIPTIVA
- ESPECIFICACIONES TECNICAS
- PLANILLA DE METRADOS
- PRESUPUESTO DE OBRA
- ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS
- COSTO HORA HOMBRE
- RENDIMIENTO DE TRANSPORTE
- PRESUPUESTO ANALITICO
- RELACION DE INSUMOS
- CRONOGRAMA VALORIZADO
- CRONOGRAMA DE EJECUCION
- PLANOS
 - U-L: PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACION
 - P-01: PLANO CLAVE
 - PP-01: PLANO DE PERFIL LONGITUDINAL
 - S-T: PLANO DE SECCIONES TRANSVERSALES
 - D-V: PLANO DE DETALLES