



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

"EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL - NOMINAL DE LA
CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO DE ACUERDO A LA
CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO."

Presentado por los bachilleres:

GÓMEZ ALLENDE, Gary Rossano.

QUISPE MEJÍA, José Luis.

**Para Optar al Título Profesional de Ingeniero
Civil**

Asesor:

Ing. Robert Milton Merino Yépez.

CUSCO – PERÚ

2017



DEDICATORIA

A mis padres Rossano y Celia por ser el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, por la confianza depositada en mí, por su inmenso amor y estar presente en cada instante que necesité, porque como grandes personas que son, es como quiero reflejarme en mi vida futura.

A mis familiares, amigos y personas especiales para mí, por su orientación preocupada y apoyo desinteresado durante el desarrollo del presente proyecto.

A Dios, por haberme privilegiado la dicha de tener los padres que tengo.

Gary Rossano Gómez Allende

A Dios por protegerme y bendecirme durante todo mi camino. Por los triunfos y momentos especiales que me han enseñado a valorar cada día.

A mis padres Gerardo y Paulina, a mis hermanos Johan y Nayeli por ser personas que me han acompañado y apoyado durante todo mi trayecto académico y mi vida, a mis parientes y amigos por la confianza que me han depositado.

José Luis Quispe Mejía



AGRADECIMIENTO

Gracias Dios, por todo;

Cuando estamos empezando a concretar nuestros sueños, es fácil creer que todo se debe a un esfuerzo individual, cuando en realidad es gracias al esfuerzo de todo un grupo que se logra el triunfo, por esta razón, no hubiese sido posible obtener esta meta sin las motivaciones y experiencias valiosas de las personas que formaron parte de proceso.

Nuestra más sincera gratitud a la Universidad Andina del Cusco, por darnos la Oportunidad de ser profesionales, a la Facultad de Ingeniería Civil, por ser nuestra formadora intelectual, y a las innumerables personas y amigos que nos brindaron su apoyo para la culminación del presente proyecto.





RESUMEN

El Perú por su topografía diversa, la mayoría de sus carreteras son clasificadas, según su demanda, como carreteras de primera, segunda y tercera clase con una calzada de dos carriles de 3.60m, 3.30m y 3.00m de ancho como mínimo respectivamente. La presente investigación fue desarrollada en la región del Cusco, provincia del Cusco, distrito de San Sebastián, este estudio se basó en un análisis descriptivo y exploratorio con un enfoque de investigación no experimental y transversal, de tipo cuantitativo y de método hipotético-deductivo. La investigación tuvo como objetivo determinar la consistencia de diseño y **seguridad vial – nominal** (que viene dada por el grado de cumplimiento de los criterios y preceptos recogidos en las guías y normativas de diseño, concepto extraído de la Plataforma Tecnológica de la Carretera), de la carretera Enaco - Abra Ccorao. Para alcanzar el objetivo de la investigación se realizó previamente un conteo vehicular, el levantamiento topográfico y procesamiento de datos, del cual se obtuvo las características geométricas de la vía a detalle, tales como: curvas horizontales, tangentes, pendientes, curvas verticales, distancias de visibilidad, sobre anchos y peraltes máximos. Los procedimientos adoptados para la verificación de la hipótesis fueron: estimación de velocidades de operación del percentil 85 en curvas y tangentes a partir de las ecuaciones propuestas por Fitzpatrick y Lamm, asimismo se midió las velocidades de operación en campo con el fin de comparar las velocidades estimadas y medidas para la construcción de un perfil de velocidades de la vía en estudio. Se concluyó que los elementos geométricos inconsistentes o puntos de riesgo que representa el 41.66% de la longitud total de la carretera (**seguridad vial – nominal**), no están cumpliendo con los parámetros establecidos del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2014. Por lo que se recomienda contar con herramientas, como la evaluación de la consistencia, que permitan evaluar los diseños geométricos previos a la ejecución de los proyectos viales para obtener la seguridad vial deseada.

Palabras clave: Consistencia de diseño geométrico - seguridad vial nominal - puntos de riesgo.



ABSTRACT

Peru for its diverse topography, most of its roads are classified according to their demand, such as roads of first, second and third class with a two-lane causeway of 3.60m, 3.30m and 3.00m wide respectively. The present research was developed in the Cusco region, province of Cusco, district of San Sebastian, this study was based on an analysis descriptive and exploratory research approach with a non-experimental and cross-sectional quantitative and hypothetical-deductive method. The research was aimed at determining the consistency of design and **road safety - nominal** (which is given by the degree of fulfilment of the criteria and precepts contained in the guidelines and regulations of design, concept extracted from the Technological Platform of the road), the road Enaco – Abra Ccorao. To achieve the objective of the research was previously a vehicular count, the topographic survey and data processing, of which there were obtained the geometrical characteristics of the track in detail, such as: horizontal curves, tangents, earrings, vertical curves, distances of visibility, on maximum widths and cambers. The procedures adopted for the verification of the hypotheses were: estimation of speeds of operation of the 85 percentile in curves and tangents from the equations proposed by Fitzpatrick and Lamm, was also measured the speeds of operation in the field in order to compare the speeds estimated and measures for the construction of a speed profile of the track in the studio. It was concluded that the geometric elements inconsistent or risk points that represents the 41.66% of the total length of the road (**road safety - nominal**), are not in compliance with the established parameters of the Manual of geometric design of roads DG-2014. It is recommended to have tools, such as the evaluation of the consistency, to assess the geometric designs prior to the implementation of the road projects to obtain the desired road safety.

Key words: Consistency of geometric design - Road safety rating - points of risk.



INTRODUCCIÓN

En el Perú las carreteras de primera, segunda y tercera clase con una calzada de dos carriles, en áreas rurales con topografía accidentada tienden a estar diseñadas al límite de la norma, debido a los altos costos que conlleva un diseño generoso en este tipo de terrenos, el uso de elementos de diseño geométrico por debajo de las expectativas del conductor hace que este tipo de carreteras sean más inseguras que las carreteras en terreno llano u ondulado, donde la topografía del terreno permite al proyectista lograr un diseño generoso sin mayores dificultades.

El problema de la consistencia del diseño en las carreteras ha sido abordado por varios investigadores en todo el mundo, cada uno con un enfoque distinto, no obstante, la mayoría de ellos tienen algo en común y es que utilizan el perfil de velocidades de operación como herramienta para evaluar la seguridad de un alineamiento, ahora bien, para su construcción utilizan distintas metodologías, sin embargo, las más utilizadas son el conjunto de ecuaciones generadas, por Fitzpatrick. (2000) que se encuentra en el Manual de Diseño Geométrico Carreteras (DG-2014) y Lamm (1999) en estudios realizados en Estados Unidos y Alemania, las cuales predicen la velocidad en curvas horizontales y en tangentes.

La mayoría de los estudios desarrollados en distintos países se enfocan en carreteras con terrenos llanos y accidentados, estos tipos de investigaciones contrasta con la realidad de Perú en donde la mayoría de carreteras bidireccionales están ubicadas en estos tipos de terrenos, por lo que este estudio valida las características en relación a la carretera Enaco - Abra Ccorao.

Con el fin de aplicar lo mencionado anteriormente, la presente investigación tuvo como objetivo principal evaluar la seguridad vial – nominal de la carretera Enaco - Abra Ccorao realizando previamente un estudio de tráfico vehicular, levantamiento topográfico y procesamiento de estos datos, para evaluar la consistencia de diseño geométrico de acuerdo a los criterios de Lamm, el cual contribuyó a obtener el objetivo en mención.



La presente investigación consta de los siguientes capítulos:

Capítulo I: Identificación del problema, justificación e importancia, limitaciones, objetivos, hipótesis y variables de la investigación.

Capítulo II: Marco teórico, antecedentes tales como investigaciones referidos al estudio de consistencia de diseño, estimación de velocidades en curvas horizontales y tangentes, y los conceptos requeridos para el desarrollo de la investigación.

Capítulo III: Metodología y diseño de la investigación, descripción de la población y muestra, instrumentos metodológicos y de ingeniería, proceso de recolección de datos y análisis de datos.

En los capítulos IV y V se muestran los resultados de la investigación y su interpretación. Finalmente constan las discusiones, conclusiones, recomendaciones, referencias y anexos.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
INTRODUCCIÓN	V
ÍNDICE GENERAL	VII
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS	XVII
ÍNDICE DE ANEXOS	XIX
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. ÁMBITO DE INFLUENCIA DE LA TESIS	1
1.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1.2. FORMULACIÓN INTERROGATIVA DEL PROBLEMA	3
1.1.2.1. Formulación interrogativa del problema general	3
1.1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos	3
1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.2.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA	3
1.2.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL	3
1.2.3. JUSTIFICACIÓN POR VIABILIDAD	4
1.2.4. JUSTIFICACIÓN POR RELEVANCIA	4
1.3. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.3.1. LIMITACIONES GEOGRÁFICAS	4
1.3.2. LIMITACIONES INTERNAS	5
1.3.3. LIMITACIONES EXTERNAS	6



1.4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN.....6

1.4.1. OBJETIVO GENERAL 6

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 6

1.5. HIPÓTESIS.....6

1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL 6

1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS 7

1.6. DEFINICIÓN DE VARIABLES7

1.6.1. VARIABLES INDEPENDIENTES 7

1.6.2. INDICADORES DE VARIABLES INDEPENDIENTES 7

1.6.3. VARIABLES DEPENDIENTES 7

1.6.4. INDICADORES DE VARIABLES DEPENDIENTES 7

1.6.5. CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES 8

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO DE LA TESIS 9

2.1. ANTECEDENTES DE LA TESIS O INVESTIGACIÓN ACTUAL9

2.1.1. ANTECEDENTES A NIVEL NACIONAL 9

2.1.2. ANTECEDENTES A NIVEL INTERNACIONAL 10

2.2. ASPECTOS TEÓRICOS PERTINENTES.....15

2.3. DISEÑO GEOMÉTRICO.....15

2.3.1. ETAPAS PARA REALIZAR ESTUDIOS DE UNA CARRETERA 16

2.3.2. CONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA 16

2.3.3. LA SEGURIDAD EN LAS NORMAS DE DISEÑO GEOMÉTRICO 16

2.3.4. ORIGEN DEL CONCEPTO DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO 18

2.3.5. USO ACTUAL DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO 18

2.3.6. CRÍTICA AL PROCESO DE SELECCIÓN DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO 19

2.3.7. PROCESO DE SELECCIÓN DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO 20

2.3.7.1. Clasificación de la vía 20

2.3.7.1.1. Autopista de primera clase. 20

2.3.7.1.2. Autopista de segunda clase 20

2.3.7.1.3. Carreteras de primera clase 21

2.3.7.1.4. Carretera de segunda clase 21

2.3.7.1.5. Carretera de tercera clase 21

2.3.7.1.6. Trocha carrozable 21

2.3.7.2. Índice medio diario anual (IMDA) 22

2.3.7.2.1. Vehículo de diseño 22



2.3.7.2.2. Ubicación de la estación de conteo vehicular 23

2.3.7.3. Clasificación según condiciones orográficas 23

2.3.7.3.1. Terreno plano (tipo 1) 23

2.3.7.3.2. Terreno ondulado (tipo 2) 23

2.3.7.3.3. Terreno accidentado (tipo 3). 24

2.3.7.3.4. Terreno escarpado (tipo 4). 24

2.3.8. DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA 24

2.3.8.1. Consideraciones de diseño 25

2.3.8.2. Tramos en tangente 25

2.3.8.3. Curvas circulares 26

2.3.8.4. Radios mínimos 27

2.3.8.5. Clasificación de curvas circulares 28

2.3.8.6. Curvas de vuelta 29

2.3.8.7. Distancia de visibilidad 30

2.3.8.8. Distancia de visibilidad de parada 30

2.3.8.9. Sobre ancho en curvas 31

2.3.9. DISEÑO GEOMÉTRICO EN PERFIL 32

2.3.9.1. Pendiente 33

2.3.9.2. Curvas verticales 34

2.3.9.3. Clasificación de las curvas verticales 35

2.3.9.3.1. Curva vertical simétrica 35

2.3.9.3.2. Curva vertical asimétrica 37

2.3.9.4. Longitud de las curvas convexas 38

2.3.10. PERALTE 39

2.4. VELOCIDADES MEDIDAS EN CAMPO.....40

2.4.1. VELOCIDADES DE OPERACIÓN EN CURVAS Y TANGENTES MEDIDAS EN CAMPO 40

2.5. CONSISTENCIA DE DISEÑO.....41

2.5.1. DISPARIDAD ENTRE LA VELOCIDAD DE DISEÑO Y LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN. 43

2.5.2. INFLUENCIA DE LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN DEL PERCENTIL 85. 43

2.5.3. VELOCIDADES DE OPERACIÓN DEL PERCENTIL 85 EN CURVAS Y TANGENTES 46

2.5.3.1. Velocidades de operación para curvas horizontales. 46

2.5.3.2. Velocidades de operación para tramos en tangente. 48

2.5.4. ENFOQUE DE LAMM 50

2.5.5. INDICADORES BASADOS EN VELOCIDAD, PROPUESTOS POR LAMM 50

2.5.6. CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DE CONSISTENCIA DE DISEÑO PROPUESTOS POR LAMM. 51



2.5.7. CONSTRUCCIÓN DEL PERFIL DE VELOCIDAD DE OPERACIÓN	52
2.6. SEGURIDAD VIAL.....	54
2.6.1. DIMENSIONES DE LA SEGURIDAD VIAL	54
2.6.1.1. Seguridad legal.	55
2.6.1.2. Seguridad sustantiva.	55
2.6.1.3. Seguridad real.	55
2.6.1.4. Seguridad nominal.	55
 CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	 57
 3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	 57
3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	57
3.1.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	57
3.1.3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	57
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	57
3.2.2. DISEÑO DE INGENIERÍA	58
3.3. UNIVERSO Y MUESTRA	59
3.3.1. UNIVERSO	59
3.3.1.1. Descripción del universo	59
3.3.1.2. Cuantificación del universo	59
3.3.2. MUESTRA	59
3.3.2.1. Descripción de la muestra	59
3.3.2.2. Cuantificación de la muestra	60
3.3.2.3. Método de muestreo	60
3.3.2.4. Criterios de evaluación de muestra	62
3.4. INSTRUMENTOS.....	62
3.4.1. INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS O INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	62
3.4.1.1. Formato N° 1 ficha de conteo vehicular	63
3.4.1.2. Formato N° 02 ficha de cálculo del IMDA	64
3.4.1.3. Formato N°03 ficha de elementos de alineamiento horizontal	65
3.4.1.4. Formato N°04 ficha de elementos de alineamiento vertical	66
3.4.1.5. Formato N°05 ficha de mediciones de velocidades de operación en campo	67
3.4.1.6. Formato N°06 ficha de estimación de velocidades de operación por Fitzpatrick y Lamm	68
3.4.1.7. Formato N°07 ficha de evaluación de consistencia de diseño por los criterios de Lamm	69





3.4.1.8. Formato N°08 ficha de evaluación de elementos geométricos en planta 70

3.4.1.9. Formato N°09 ficha de evaluación de elementos geométricos en perfil 71

3.4.1.10. Formato N°10 ficha de porcentaje de distancia de visibilidad 72

3.4.1.11. Formato N°11 ficha de distancia de visibilidad en curvas 73

3.4.1.12. Formato N°12 ficha de distancia de visibilidad en curvas horizontales 74

3.4.1.13. Formato N°13 ficha de evaluación de peraltes 75

3.4.1.14. Formato N°14 ficha de resumen de velocidades 76

3.4.1.15. Herramientas de evaluación de normas y manuales. 77

3.4.2. INSTRUMENTOS DE INGENIERÍA 84

3.5. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS86

3.5.1. CONTEO VEHICULAR 86

3.5.1.1. Equipos y materiales 86

3.5.1.2. Procedimiento 86

3.5.1.3. Toma de datos del tránsito actual 91

3.5.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO 92

3.5.2.1. Equipos utilizados 92

3.5.2.2. Muestra 92

3.5.2.3. Procedimiento 93

3.5.2.4. Toma de datos 94

3.5.2.5. Tabla de recolección del levantamiento topográfico 95

3.5.3. MEDICIÓN DE VELOCIDADES DE OPERACIÓN EN CAMPO 100

3.5.3.1. Equipos utilizados 100

3.5.3.2. Muestra 100

3.5.3.3. Toma de datos 101

3.5.4. Medición de peraltes máximos en campo 106

3.5.4.1. Equipos utilizados 106

3.5.4.2. Muestra 106

3.5.4.3. Proceso de toma de datos 106

3.5.5. MEDICIÓN DE ANCHO MÍNIMO DE DESPEJE NECESARIO 107

3.5.5.2. Muestra 107

3.5.5.3. Proceso de toma de datos 107

3.5.6. MEDICIÓN DE SOBRESANCHOS 109

3.5.6.1. Equipos utilizados 109

3.5.6.2. Muestra 109

3.5.6.3. Proceso de toma de datos 109

3.6. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE DATOS112



3.6.1. CÁLCULO DEL ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL (I.M.D.A.)	112
3.6.1.1. Determinación de los factores de corrección estacional	112
3.6.1.2. Aplicación de la formula, para el conteo de 7 días	112
3.6.1.3. Demanda actual	114
3.6.1.4. Demanda proyectada	114
3.6.1.5. Tasa de crecimiento por región en porcentaje	114
3.6.2. CLASIFICACIÓN DE LA VÍA Y VELOCIDAD DE DISEÑO	117
3.6.2.1. Proceso de cálculo	117
3.6.3. PROCESAMIENTO DE DATOS EN AUTOCAD CIVIL 3D 2015 DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	118
3.6.3.1. Procedimiento	118
3.6.3.2. Tablas	119
3.6.4. VELOCIDADES DE OPERACIÓN DEL PERCENTIL 85 ESTIMADAS EN CURVAS Y TANGENTES.	123
3.6.4.1. Proceso de cálculo	123
3.6.4.2. Tablas	128
3.6.5. ANÁLISIS DE LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO	133
3.6.5.1. Proceso de cálculo	133
3.6.5.2. Tablas	136
3.6.6. MEDICIÓN DE VELOCIDADES DE OPERACIÓN EN CAMPO.	145
3.6.6.1. Proceso de cálculo	145
3.6.6.2. Tablas	145
3.6.7. PERFIL DE VELOCIDADES DE OPERACIÓN.	152
3.6.7.1. Proceso de cálculo	152
3.6.7.2. Diagrama	153
3.6.8. PUNTOS DE RIESGO DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO	153
3.6.8.1. Proceso de cálculo	153
3.6.9. CUMPLIMIENTO DE LOS REQUERIMIENTOS Y NORMAS DEL REGLAMENTO CON EL DG-2014	154
3.6.9.1. Evaluación del alineamiento horizontal	154
3.6.9.2. Tablas y figuras	156
3.6.9.3. Evaluación del alineamiento en perfil	161
3.6.9.5. Evaluación de peraltes máximos	165
CAPÍTULO IV RESULTADOS	166



4.1. ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA) DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO.	166
4.2. CLASIFICACIÓN DE LA VÍA Y VELOCIDAD DE DISEÑO.	167
4.3. VELOCIDADES DE OPERACIÓN DEL PERCENTIL 85 ESTIMADAS (CURVAS - TANGENTES) Y CONSISTENCIA DE DISEÑO.....	169
4.4. VELOCIDADES MEDIDAS EN CAMPO	180
4.5. PERFIL DE VELOCIDADES.....	188
4.6. PUNTOS DE RIESGO Y SEGURIDAD VIAL - NOMINAL	189
CAPÍTULO V: DISCUSIONES	198
GLOSARIO	203
CONCLUSIONES	205
RECOMENDACIONES	207
REFERENCIAS	209
ANEXOS	212



ÍNDICE DE TABLAS

TABLA: 1 COORDENADAS U.T.M5

TABLA: 2 CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES8

TABLA: 3 ECUACIONES PARA LA ESTIMACIÓN DE VELOCIDADES DE OPERACIÓN EN CURVAS
HORIZONTALES48

TABLA: 4 INDICADORES Y CRITERIOS DE LAMM.....52

TABLA: 5 CUANTIFICACIÓN DE LA MUESTRA A60

TABLA: 6 CUANTIFICACIÓN DE LA MUESTRA B60

TABLA: 7 NORMATIVIDAD PARA LA EVALUACIÓN62

TABLA: 8 FORMATO DE CONTEO VEHICULAR.....63

TABLA: 9 FORMATO DEL CÁLCULO DEL I.M.D.A.64

TABLA: 10 FORMATO DE ELEMENTOS DE ALINEAMIENTO HORIZONTAL.....65

TABLA: 11 FORMATO DE ELEMENTOS DE ALINEAMIENTO VERTICAL66

TABLA: 12 FORMATO DE VELOCIDADES DE OPERACIÓN EN CAMPO67

TABLA: 13 FORMATO DE ESTIMACIONES DE VELOCIDADES DE OPERACIÓN POR FITZPATRICK
Y LAMM.....68

TABLA: 14 FORMATO DE EVALUACIÓN DE CONSISTENCIA DE DISEÑO MEDIANTE LOS
CRITERIOS DE LAMM69

TABLA: 15 FORMATO DE EVALUACIÓN DE ELEMENTOS GEOMÉTRICOS EN PLANTA70

TABLA: 16 FORMATO DE EVALUACIÓN DE ELEMENTOS GEOMÉTRICOS EN PERFIL71

TABLA: 17 FORMATO DE PORCENTAJE DE DISTANCIA DE VISIBILIDAD72

TABLA: 18 FORMATO DE DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS VERTICALES73

TABLA: 19 FORMATO DE DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES74

TABLA: 20 FORMATO DE EVALUACIÓN DE PERALTES.....75

TABLA: 21 FORMATO DE RESUMEN DE VELOCIDADES76

TABLA: 22 FACTOR DE CORRECCIÓN PROMEDIO PARA VEHÍCULOS LIGEROS/PESADOS
(ESTACIÓN SAYLLA 2010)77

TABLA: 23 TASA ANUAL REGIONAL DEL PBI (PRODUCTO BRUTO INTERNO).....77

TABLA: 24 TASA DE CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN POR REGIÓN77

TABLA: 25 DATOS BÁSICOS DE VEHÍCULOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE CARRETERAS .78

TABLA: 26 DEFLEXIÓN MÁXIMA.....79

TABLA: 27 RANGOS DE VELOCIDADES EN FUNCIÓN A LA CLASIFICACIÓN DE LA CARRETERA
POR TIPO DE DEMANDA Y OROGRAFÍA.....79

TABLA: 28 LONGITUDES DE TRAMO EN TANGENTE80

TABLA: 29 VALORES DEL RADIO MÍNIMO PARA VELOCIDADES ESPECÍFICAS DE DISEÑO,
PERALTES MÁXIMO Y VALORES LÍMITE DE FRICCIÓN80



TABLA: 30 MÁXIMAS LONGITUDES DE PASO O ADELANTAMIENTO81

TABLA: 31 PORCENTAJE DEL TRAMO CON VISIBILIDAD PARA ADELANTAR81

TABLA: 32 MÍNIMA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO PARA CARRETERAS DE
DOS CARRILES81

TABLA: 33 PENDIENTE MÁXIMA.....82

TABLA: 34 CONSTANTES CORRESPONDIENTES AL NIVEL DE CONFIANZAS83

TABLA: 35 DESVIACIONES ESTÁNDAR DE VELOCIDADES INSTANTÁNEAS PARA DETERMINAR
EL TAMAÑO DE LA MUESTRA Y SENTIDO83

TABLA: 36 INSTRUMENTO DE INGENIERÍA84

TABLA: 37 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO
N° CU-1133.....87

TABLA: 38 CLASIFICACIÓN VEHICULAR PARA EL CONTEO88

TABLA: 39 CONTEOS DE TRÁFICO VEHICULAR VOLUMÉTRICO (6:00 AM A 18:00 PM)91

TABLA: 40 CONTEOS DE TRÁFICO VEHICULAR VOLUMÉTRICO, ESTACIÓN 2 - PUMAMARCA
(18:00 PM – 6:00 AM)92

TABLA: 41 RECOLECCIÓN DE DATOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.95

TABLA: 42 TOMA DE DATOS DE LA MEDICIÓN DE VELOCIDADES EN CAMPO 102

TABLA: 43 DATOS MEDIDOS DE PERALTES MÁXIMOS EN CAMPO 107

TABLA: 44 ANCHOS MÍNIMOS DE DESPEJE NECESARIO EN CURVAS 108

TABLA: 45 DATOS SOBRE ANCHOS EN CURVAS HORIZONTALES 110

TABLA: 46 ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL..... 113

TABLA: 47 PROYECCIÓN DE TRÁFICO NORMAL (PARA VEHÍCULOS DE PASAJEROS)..... 114

TABLA: 48 PROYECCIÓN DE TRAFICO NORMAL (PARA VEHÍCULOS DE CARGA) 115

TABLA: 49 TRÁFICO GENERADO POR TIPO DE VEHÍCULO 115

TABLA: 50 PROYECCIÓN DE TRÁFICO GENERADO POR TIPO DE VEHÍCULO
(PARA VEHÍCULOS DE CARGA) 115

TABLA: 51 PROYECCIÓN DE TRÁFICO GENERADO (PARA VEHÍCULOS DE PASAJEROS) 115

TABLA: 52 PROYECCIÓN DE TRÁFICO NORMAL DEL EXPEDIENTE TÉCNICO (PARA VEHÍCULOS DE
PASAJEROS) 116

TABLA: 53 PROYECCIÓN DE TRAFICO NORMAL DEL EXPEDIENTE TÉCNICO
(PARA VEHÍCULOS DE CARGA) 116

TABLA: 54 PROYECCIÓN DE TRÁFICO GENERADO POR TIPO DE VEHÍCULO DEL EXPEDIENTE
TÉCNICO (PARA VEHÍCULOS DE PASAJEROS) 117

TABLA: 55 PROYECCIÓN DE TRÁFICO GENERADO POR TIPO DE VEHÍCULO DEL EXPEDIENTE
TÉCNICO (PARA VEHÍCULOS DE CARGA)..... 117

TABLA: 56 ELEMENTOS DE ALINEAMIENTO HORIZONTAL 119



TABLA: 57 CUADROS DE ESTIMACIONES DE VELOCIDADES DE CURVAS Y TANGENTES 128

TABLA: 58 CRITERIO I DE DISEÑO GEOMÉTRICO 134

TABLA: 59 CRITERIO II DE DISEÑO GEOMÉTRICO 135

TABLA: 60 DATOS NUMÉRICOS PARA EL PROCESO DE EVALUACIÓN DE LA CONSISTENCIA DE DISEÑO GEOMÉTRICO 136

TABLA: 61 VELOCIDADES DE OPERACIÓN MEDIDAS EN CAMPO 145

TABLA: 62 EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL – NOMINAL EN PORCENTAJE 153

TABLA: 63 ELEMENTOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL DE LA VÍA EVALUADA 156

TABLA: 64 EVALUACIÓN DE LA CARRETERA CON VISIBILIDAD ADECUADA PARA ADELANTAR.. 158

TABLA: 65 EVALUACIÓN DE DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES 159

TABLA: 66 ANÁLISIS DE PARÁMETROS DEL ALINEAMIENTO VERTICAL 163

TABLA: 67 EVALUACIÓN DE LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS VERTICALES 164

TABLA: 68 EVALUACIÓN DE PERALTES MÁXIMOS 165

TABLA: 69 RESULTADOS DEL ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL PROYECTADO AL AÑO 2016..... 166

TABLA: 70 RESULTADOS DE LA CLASIFICACIÓN DE LA VÍA Y DE LA SELECCIÓN DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO 167

TABLA: 71 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA CONSISTENCIA DE DISEÑO, SEGÚN LOS CRITERIOS ESTABLECIDOS POR LAMM. 169

TABLA: 72 FLUCTUACIÓN EN EL RANGO DE VELOCIDADES ESTIMADAS (30-80KM/H) 178

TABLA: 73 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA CONSISTENCIA DE DISEÑO DE LA CARRETERA ENACO – ABRA CCORAO 179

TABLA: 74 RESULTADOS DE LAS VELOCIDADES OBTENIDAS 180

TABLA: 75 FLUCTUACIÓN DE VELOCIDADES MEDIDAS EN CAMPO..... 188

TABLA: 76 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL NOMINAL..... 189

TABLA: 77 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL 190

TABLA: 78 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES. 193

TABLA: 79 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LAS DISTANCIAS DE VISIBILIDAD DE PARADA Y DE ADELANTAMIENTO 194

TABLA: 80 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA EVALUACIÓN DE ALINEAMIENTO VERTICAL 195

TABLA: 81 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS VERTICALES 196

TABLA: 82 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE PERALTES MÁXIMOS..... 197

TABLA: 83 CRITERIOS DE CONSISTENCIA DE LAMM 1986 - 1991 202



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA: 1 CURVAS CON RADIOS POR DEBAJO DEL MÍNIMO ESTABLECIDO PROGRESIVA 6+320.....2
FIGURA: 2 BARANDAS DE SEGURIDAD CON PRESENCIA DE ABOLLADURAS, SEÑALIZACIONES
INOPERANTES Y PENDIENTES MUY PRONUNCIADAS.....2
FIGURA: 3 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN5
FIGURA: 4 SIMBOLOGÍA DE LA CURVA CIRCULAR26
FIGURA: 5 ILUSTRACIÓN DE LA CURVA COMPUESTA29
FIGURA: 6 DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES31
FIGURA: 7 SOBRE ANCHO32
FIGURA: 8 TIPOS DE CURVAS VERTICALES.....35
FIGURA: 9 CURVAS VERTICALES SIMÉTRICAS36
FIGURA: 10 CURVAS VERTICALES ASIMÉTRICAS37
FIGURA: 11 LONGITUD MÍNIMA DE CURVA VERTICAL CONVEXA CON DISTANCIA DE
VISIBILIDAD DE PARADA.....38
FIGURA: 12 LONGITUD MÍNIMA DE CURVAS VERTICAL CONVEXAS CON DISTANCIA
DE VISIBILIDAD DE PASO O ADELANTAMIENTO39
FIGURA: 13 MEDICIÓN DE VELOCIDADES DEL ESTUDIO REALIZADO EN GUATEMALA.....41
FIGURA: 14 VELOCIDAD DEL PERCENTIL 85 PARA UNA DISTRIBUCIÓN FORMAL.....45
FIGURA: 15 DISTRIBUCIÓN DE LA VELOCIDAD DEL PERCENTIL 85 EN TANGENTE DE UNA VÍA
URBANA Y SUBURBANA POR CLASE FUNCIONAL46
FIGURA: 16 ECUACIONES PARA LA ESTIMACIÓN DE VELOCIDADES DE OPERACIÓN PARA
TANGENTES49
FIGURA: 17 PERFIL DE VELOCIDADES DE LA VELOCIDAD DEL PERCENTIL 85 Y LAS
VELOCIDADES DE DISEÑO.....53
FIGURA: 18 PERALTES EN ZONAS RURALES (TIPO 3 O 4)83
FIGURA: 19 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ESTACIONES87
FIGURA: 20 CONTEO VEHICULAR ESTACIÓN E-1 ENACO.....89
FIGURA: 21 CONTEO VEHICULAR ESTACIÓN E-2 PUMAMARCA89
FIGURA: 22 CONTEO VEHICULAR ESTACIÓN E-3 CCORAO90
FIGURA: 23 ESTACIONAMIENTO EN EL PUNTO DE CAMBIO94
FIGURA: 24 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO TRAMO FINAL94
FIGURA: 25 MEDICIÓN DE VELOCIDADES DE OPERACIÓN EN CAMPO..... 101
FIGURA: 26 MEDICIÓN DE PERALTES MÁXIMOS EN CAMPO..... 106
FIGURA: 27 MEDICIÓN DE ANCHOS MÍNIMOS DE DESPEJE 108
FIGURA: 28 MEDICIÓN EN CAMPO DE SOBRE ANCHOS 109
FIGURA: 29 ANCHO DE DESPEJE MÉTODO GRÁFICO SITIO 140-141 160



FIGURA: 30 ANCHO DE DESPEJE MÉTODO GRÁFICO SITIO 122-123 160

FIGURA: 31 ANCHO DE DESPEJE MÉTODO GRÁFICO SITIO 85 160

FIGURA: 32 CONTEO VEHICULAR EN LA ESTACIÓN N°3 HORA 12:30 PM..... 213

FIGURA: 33 CONTEO VEHICULAR ESTACIÓN N° 2 HORA 6:30 AM 213

FIGURA: 34 ESTACIONAMIENTO DEL BM N°1..... 213

FIGURA: 35 UBICACIÓN DEL EJE DE LA VÍA TRAMO ENACO..... 213

FIGURA: 36 MEDIDAS DE SEGURIDAD CONOS, CHALECOS Y CARTELES..... 213

FIGURA: 37 UBICACIÓN DE LOS PRISMAS 213

FIGURA: 38 RADIACIÓN DE PUNTOS 213

FIGURA: 39 MARCACIÓN DE LAS PROGRESIVAS EN EL EJE DE LA VÍA 213

FIGURA: 40 INCONVENIENTES AL MOMENTO DE REALIZAR LA RADIACIÓN DE PUNTOS..... 213

FIGURA: 41 UBICACIÓN DE PRISMAS EN CURVAS 213

FIGURA: 42 EQUIPO TÉCNICO E INSTRUMENTOS DE TRABAJO 213

FIGURA: 43 MOVILIDAD DEL EQUIPO TÉCNICO 213

FIGURA: 44 RADIACIÓN DE PUNTOS C.C PUMAMARCA 213

FIGURA: 45 PREPARACIÓN DE BALIZAS PARA LA MEDICIÓN DE VELOCIDADES DE
OPERACIÓN EN CAMPO 213

FIGURA: 46 MEDICIÓN DE VELOCIDADES DE VEHÍCULOS LIGEROS (MOTO) 213

FIGURA: 47 MEDICIÓN DE VELOCIDADES DE VEHÍCULOS LIGEROS (MINIBÚS)..... 213

FIGURA: 48 RECOLECCIÓN DE DATOS DE VELOCIDADES DE OPERACIÓN EN CAMPO..... 213

FIGURA: 49 PISTOLA RADAR DE VELOCIDADES BUSHNELL SPEEDSTER III..... 213



ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 PANEL FOTOGRÁFICO.....	212
ANEXO 2 PLANOS TOPOGRÁFICOS (PLANTA Y PERFIL)	213
ANEXO 3 MÉTODO GRÁFICO PARA LA EVALUACIÓN DEL ANCHO MÁXIMO DE DESPEJE	213
ANEXO 4 PERFIL DE VELOCIDADES.....	213
ANEXO 5 DISCO COMPACTO.....	213
ANEXO 6 CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA PISTOLA RADAR	
BUSHNELL SPEEDSTER III	213
ANEXO 7 MATRIZ DE CONSISTENCIA DE LA INVESTIGACIÓN	213





CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Ámbito de Influencia de la tesis

1.1.1. Descripción del problema

La carretera Enaco - Abra Ccorao N° CU-1133, (según la Actualización del Clasificador de Rutas del Sistema Nacional de Carreteras – SINAC, del decreto supremo N° 011-2016-MTC), es una vía rural de tránsito vehicular que une una vía Nacional como es la carretera longitudinal de la Sierra Sur PE-3S (Av. De la Cultura en el sector de Enaco) con la carretera Cusco Písaq PE-28G (Abra Ccorao) de carácter regional o circuito turístico al Valle Sagrado de los Incas, a su vez permite el traslado de productos y pasajeros de los centros poblados aledaños del distrito como Quillahuata, Ayarmaca, Pumamarca, Ticapata, Ccorao todos estos confluyendo al distrito de San Sebastián a la altura de Enaco en la Avenida de la Cultura, a través de vehículos los cuales prestan servicios.

Así mismo esta carretera de acuerdo al Expediente Técnico con el nombre de “Mejoramiento carretera Santutis Chico, Cc. Pumamarca, Abra San Martín, distrito de San Sebastián - Cusco – Cusco”, donde el perfil del proyecto fue realizado el año 2008, e inaugurado en el año 2011 por el Gobierno Regional Cusco, tiene como características: una distancia de 9.5 km, según su condición orográfica la clasificación de la vía es de tipo 2 (terreno ondulado) el cual tiene como pendiente transversales al eje de la vía entre 11% y el 50% y pendientes longitudinales entre 3% y 6%, de acuerdo a la demanda la clasificación de la vía corresponde a una de tercera clase en relación al DG-2001, que según a su IMDA son menores a 400 veh/día; cuenta con un derecho de vía de 12.00 m, con un ancho de plataforma de 6.00 m, en toda su longitud la carretera cuenta con cunetas definidas, y obras de arte como muros de contención con gaviones, las pendientes oscilan entre los 0.5 % hasta 9 % excepcional, el bombeo es de 2 %, la velocidad de directriz máxima es de 30 km/h.

Como se dio a conocer la importancia y las características que tiene esta vía rural en la región del Cusco para el tránsito vehicular, la problemática que tiene la carretera estudiada de acuerdo al reconocimiento de ruta en

campo son las distintas deficiencias de seguridad en sus elementos geométricos, tales como son: curvas horizontales cerradas, pendientes pronunciadas, señalizaciones inoperantes, derecho de vía ajustada por la presencia de edificaciones y áreas de cultivos, tramos con distancias de visibilidad cortas, constante variación de velocidades al momento de ingresar y salir de un elemento a otro (tangente - curva - tangente), todo aquello conlleva a que los conductores se ajusten a las expectativas que se forman al recorrer la carretera y estén propensos a accidentes vehiculares y peatonales.



Fuente: Propia según datos preliminares. (2016)

Figura: 1 Curvas con radios por debajo del mínimo establecido progresiva 6+320.



Fuente: Propia según datos preliminares. (2016)

Figura: 2 Barandas de seguridad con presencia de abolladuras, señalizaciones inoperantes y pendientes muy pronunciadas

1.1.2. Formulación interrogativa del problema

1.1.2.1. Formulación interrogativa del problema general

¿Cuál es la seguridad vial – nominal, de la carretera Enaco - Abra Ccorao, de acuerdo a la evaluación de la consistencia de diseño geométrico, conforme a los criterios establecidos por Lamm y al perfil de velocidades?

1.1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos

- **Problema específico N° 1:** ¿Cuáles son las velocidades de operación del percentil 85 estimadas en curvas y tangentes, de la carretera Enaco - Abra Ccorao?
- **Problema específico N° 2:** ¿Cuáles son las velocidades de operación medidas de curvas y tangentes en campo, de la carretera Enaco - Abra Ccorao?
- **Problema específico N° 3:** ¿Qué porcentaje representa de la longitud total de la carretera Enaco - Abra Ccorao, los puntos de riesgo para la evaluación de su seguridad vial - nominal, conforme a la consistencia de diseño y al perfil de velocidades?

1.2. Justificación e importancia de la investigación

1.2.1. Justificación técnica

La prioridad de la presente investigación fue conocer la consistencia del diseño geométrico de la carretera Enaco - Abra Ccorao, utilizando los criterios de Lamm (1999) propuestos en base a estudios realizados en Estados Unidos y Alemania, quien relacionó los ángulos de curvaturas de curvas sucesivas con la tasa de accidentes. Mediante esta investigación concluye que a mayor ángulo de curvatura, menor es la tasa de accidentes, es decir; a mayor radio, menor tasa de accidentes. Esto indica que la velocidad de operación se ve condicionada por el radio, significando una inconsistencia del diseño geométrico. Por lo tanto, que un diseño sea inconsistente significa que es poco seguro para los conductores, de ahí la importancia de la aplicación de estos criterios en la presente investigación.

1.2.2. Justificación social

Con esta investigación los beneficiados fueron, los conductores, peatones y pobladores de las comunidades de: Ayarmaca - Pumamarca (Quillahuata,

Miskyuno, Ticapata), Corroa, los distritos, la provincia de Cusco, el Valle Sagrado y las nuevas urbanizaciones en expansión en el área de influencia quienes circulan por la carretera Enaco - Abra Ccorao.

1.2.3. Justificación por viabilidad

La presente investigación fue viable, porque se contó con todos los instrumentos en gabinete de topografía de la Universidad Andina del Cusco, para recolectar los datos en campo como son: estación total, trípode, prismas, porta prismas, eclímetro, GPS y cinta métrica, para procesar los datos se tuvo la facilidad de acceder a los software Civil 3D-2015 y Microsoft Excel.

Para facilitar la toma de datos de las velocidades de operación de los vehículos medidas en campo, fue viable acceder a la compra de la pistola radar medidor de velocidades, a pesar del costo relativamente considerable.

1.2.4. Justificación por relevancia

La importancia de esta investigación radica que en nuestro país no existen criterios de evaluación para la clasificación de una vía de acuerdo a su consistencia de diseño, por ello al utilizar estos métodos se aportará a la evaluación de nuevos proyectos en carreteras rurales de nuestra zona identificando tramos inseguros y mejorando la seguridad de los que lo transiten.

Asimismo la investigación aportó a los estudiantes de la escuela profesional de Ingeniería Civil con fines de investigaciones futuras y a los profesores para tomar en cuenta la información como tema en las aulas.

1.3. Limitaciones de la investigación

1.3.1. Limitaciones geográficas

Región : Cusco.
Provincia : Cusco.
Distrito : San Sebastián.



Fuente: Google Earth. (2016).

Figura: 3 Ubicación Geográfica de la Investigación

Tabla: 1 Coordenadas U.T.M

COORDENADAS U.T.M		
	INICIO (ENACO)	FINAL (ABRA CCORAO)
Y (NORTE)	8502003 m.	8506936 m.
X (ESTE)	184825 m.	182152 m.
Z (ALTURA)	3255 msnm.	3775 msnm.

Fuente: Propia según datos preliminares. (2016)

1.3.2. Limitaciones internas

- Se delimitó la evaluación solamente a la vía Enaco – Pumamarca - Abra Ccorao (sentido de subida), en cuanto a la determinación del IMDA, el factor de corrección estacional que se utilizó fue del peaje de Saylla (cercano a la vía en estudio), correspondiente al mes de Julio.
- El trabajo se limitó a datos obtenidos con los instrumentos: estación total (TOPCON OS-105 con precisión de 5”), GPS MAP 64s (error +- 3 m), AutoCAD civil 3D 2015, eclímetro y pistola radar de velocidades BUSHNELL SPEEDSTER III (error de +- 2 km/h).
- En cuanto a la presentación de los planos para la investigación solo se tomó en cuenta los planos de planta y perfil longitudinal.
- Para predecir las velocidades en curvas horizontales se utilizó las ecuaciones clasificadas por la pendiente longitudinal la cual va desde -9 % a 9 %, y los distintos elementos que forman el alineamiento como: curva horizontal, curva vertical y tangente.

- Se evaluó solo a elementos inconsistentes del diseño geométrico para determinar su seguridad vial - nominal respecto a la norma DG-2014 como: (curvas horizontales, radios mínimos, longitud de curva mínima, tangentes, distancias de visibilidad, pendientes, curvas verticales convexas, sobre anchos, peraltes máximos). Más no con el Plan Nacional de Seguridad Vial 2015-2024.
- Respecto a la medición de velocidades de operación en campo, se tomó a vehículos ligeros y pesados que mantengan su carril y que circulen a flujo libre, sin dispositivos reductores de velocidad, buenas condiciones de pavimento, sin cruces ni puentes, condiciones climáticas favorables, y observaciones en la longitud media de cada sitio.

1.3.3. Limitaciones externas

- El tiempo para realizar la investigación fue parcial y limitado.

1.4. Objetivo de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la seguridad vial – nominal, de la carretera Enaco - Abra Ccorao, de acuerdo a la consistencia de diseño geométrico, conforme a los criterios establecidos por Lamm y al perfil de velocidades.

1.4.2. Objetivos específicos

- **Objetivo específico N°1:** Determinar las velocidades de operación del percentil 85 estimadas en curvas y tangentes, de la carretera Enaco - Abra Ccorao.
- **Objetivo específico N°2:** Medir las velocidades de operación de curvas y tangentes en campo, de la carretera Enaco - Abra Ccorao.
- **Objetivo específico N°3:** Identificar los puntos de riesgo de la carretera Enaco - Abra Ccorao para la evaluación de su seguridad vial - nominal, conforme a la consistencia de diseño y al perfil de velocidades.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

La seguridad vial – nominal de la carretera Enaco - Abra Ccorao dependerá significativamente de la consistencia de diseño geométrico, conforme a los criterios establecidos por Lamm y al perfil de velocidades.

1.5.2. Hipótesis específicos

- **Sub hipótesis N° 1:** Las velocidades de operación del percentil 85 estimadas en curvas y tangentes, de la carretera Enaco - Abra Ccorao, fluctuaran en un rango de 30km/h a 80km/h.
- **Sub hipótesis N° 2:** Las velocidades de operación en curvas y tangentes medidas en campo, de la carretera Enaco - Abra Ccorao., fluctuaran en un rango de 30km/h a 80km/h.
- **Sub hipótesis N° 3:** Los puntos de riesgo para la evaluación de la seguridad vial - nominal representaran más del 50% de la longitud total de la carretera Enaco - Abra Ccorao, conforme a la consistencia de diseño geométrico y al perfil de velocidades.

1.6. Definición de variables

1.6.1. Variables independientes

VI 1. Diseño geométrico.

VI 2. Velocidades medidas en campo.

1.6.2. Indicadores de variables independientes

- Tramos en tangente. (m)
- Curvas horizontales. (m)
- Distancia de visibilidad. (m)
- Curvas verticales. (m)
- Sobre ancho. (m)
- Pendiente. (%)
- Peralte. (%)
- Velocidades medidas de curvas en campo. (Km/h)
- Velocidades medidas de tangentes en campo. (Km/h)

1.6.3. Variables dependientes

VD 1. Consistencia de diseño.

VD 2. Seguridad vial - nominal.

1.6.4. Indicadores de variables dependientes

- Velocidad de operación del percentil 85 estimada. (Km/h)
- Porcentaje de sitios seguros e inseguros. (%)

1.6.5. Cuadro de operacionalización de variables

Tabla: 2 Cuadro de operacionalización de variables

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE	DEFINICIÓN	INDICADOR	UNIDADES	INSTRUMENTO METODOLÓGICO	INSTRUMENTOS DE INGENIERÍA
VARIABLE INDEPENDIENTE (X)	DISEÑO GEOMÉTRICO	Es la parte importante dentro de un proyecto de construcción o mejoramiento de una vía, allí se determina su configuración tridimensional, es decir, ubicación y forma geométrica definida para los elementos de la carretera.	Tramos en tangentes. Curvas Horizontales. Distancia de visibilidad. Curvas verticales. Sobreechancho. Pendientes. Peraltes.	.(m) .(m) .(m) .(m) .(m) .(%) .(%)	Ficha de recolección y tablas de resultados	.Estación total .Prisma .Porta prisma .GPS .Tripode .Eclímetro .Cinta métrica
	VELOCIDADES MEDIDAS EN CAMPO	Hace referencia a las velocidades de operación de los vehículos ligeros y pesados medidas en campo, en el punto medio de la longitud del elemento geométrico, mediante la pistola radar	velocidades medidas en curvas horizontales velocidades medidas en tangentes	.(km/h) .(km/h)	Ficha de recolección y tablas de resultados	.Pistola radar medidor de velocidades
TIPO DE VARIABLE	NOMBRE	DEFINICIÓN	INDICADOR	UNIDADES	INSTRUMENTO METODOLÓGICO	INSTRUMENTOS DE INGENIERÍA
VARIABLE DEPENDIENTE (Y)	CONSISTENCIA DE DISEÑO	Grado de adecuación entre el comportamiento de la vía y las expectativas del conductor	Velocidad de operación (V85) estimada en curvas horizontales. Velocidades de operación (V85) estimada en tangentes.	.Km/h .Km/h	Ficha de recolección y tablas de resultados	-
	SEGURIDAD VIAL - NOMIAL	Es el grado de cumplimiento de los criterios y preceptos recogidos en las guías y normativas de diseño representado en porcentaje respecto de los puntos de riesgo o sitios inconsistentes.	Porcentaje de sitios seguros. Porcentaje de sitios inseguros.	.%	Ficha de recolección y tablas de resultados	-

Fuente: Elaboración Propia (2016)

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO DE LA TESIS

2.1. Antecedentes de la tesis o investigación actual

2.1.1. Antecedentes a nivel nacional

Antecedente N°1

Por: Reinoso Rojas, Víctor Alejandro (2013).

Título: “Análisis de las características geométricas de la ruta PE-06 A en el departamento de Lambayeque con propuesta de solución al empalme PE-1 N en el área metropolitana de Chiclayo”.

Institución: Universidad San Martín de Porras-Lima.

Título profesional: Para optar el título de ingeniero civil.

Tipo de investigación: Pre - Grado.

Resumen: Este proyecto corresponde a una investigación descriptiva sobre el tránsito entre Lambayeque y la sierra de Cajamarca mediante la ruta PE-06 A, proponiendo un empalme en la zona de Moche con la ruta PE-1N, mejorando las condiciones de tráfico y de seguridad para los usuarios, realizando asimismo un análisis específico de las condiciones geométricas de la primera carretera mencionada, dentro del ámbito de la provincia de Chiclayo.

La problemática pone en manifiesto la importancia de conocer una realidad de diseño y de transporte, determinando la existencia de elementos geométricos y la correcta disposición de ellos. El objetivo general es, precisamente, conocer las condiciones geométricas de la vía. Las variables independientes son alineamiento horizontal, vertical y seccionamiento transversal. Los resultados están basados en la reglamentación actual del M.T.C (Jerarquización vial, Tránsito, Diseño de carreteras, Vehículos) y fueron obtenidos por comparación directa.

Conclusión: La conclusión relevante a la que llegó esta tesis es que a lo largo de toda la ruta PE-06 A no existían curvas espirales. También que ciertos tramos rectos no cumplían con las distancias mínimas y/o máximas,

que a ciertas curvas verticales se les podía corregir la velocidad directriz y colocar la señalización para una seguridad ideal. Asimismo, se considera una propuesta para un correcto empalme con la Panamericana norte y se justifica la nueva clasificación de la ruta LA-102 dado el intercambio comercial existente con la provincia de Ferreñafe y el nuevo acceso a las rutas nacionales que se tendría como consecuencia del replanteo de la variante entre Chiclayo y Lambayeque.

Aporte a la tesis: El presente antecedente colaboró a la investigación en la elaboración de los formatos de evaluación del cumplimiento del diseño geométrico en planta y perfil, con respecto a la normatividad peruana de la carretera Enaco Abra - Ccorao.

2.1.2. Antecedentes a nivel internacional

Antecedente N°1

Por: Raoul, Laura (2009).

Título: “Evaluación de la seguridad vial a partir de la consistencia del trazado de la carretera Santa Clara”.

Institución: Universidad Central “Marta Abreu de las Villas”.

Título profesional: Para optar al grado de Magister en ingeniería Civil.

Tipo de investigación: Post - Grado.

Resumen: La presente investigación tuvo como objetivo proponer y aplicar una metodología para la evaluación de la seguridad vial en las vías rurales de interés nacional de dos carriles, en la provincia central de Villa Clara - Cuba, a partir del estudio de los parámetros geométricos de la vía. Para lograr este objetivo se realizó una revisión bibliográfica donde se analizó el estado actual del conocimiento acerca de los parámetros del diseño geométrico que influyen en la seguridad vial, los métodos empleados para su evaluación en otros países y las regulaciones y normas existentes en Cuba sobre el tema. Se elaboró una propuesta de metodología la cual se aplicó a un tramo de una vía declarado como Tramo de Concentración de Accidentes de la provincia de Villa Clara, apoyándose en la documentación

existente de: planta, perfil, sección transversal y control de accesos. Finalmente se realizó un análisis de la seguridad vial a partir de los elementos geométricos que concuerdan con los resultados de la accidentalidad en los lugares estudiados, lo que valida la propuesta inicial.

Conclusión: La presente investigación llegó a las siguientes conclusiones:

Los puntos de posible ocurrencia de accidentes se encontraron a partir de la evaluación del trazado de la carretera y se encuentran entre las estaciones 0+890.344 hasta 1+091.700 y entre 4+601.507 hasta 4+780.220. Asimismo con la confección de la hoja de Excel programada para la aplicación del método cubano se facilita la evaluación de la consistencia del trazado en carreteras de 2 carriles en Cuba.

Aporte a la tesis: El presente antecedente cooperó a la investigación en los conocimientos acerca de los parámetros de diseño geométrico que influyen en la seguridad vial, asimismo apporto a entender sobre los conceptos para la evaluación de la consistencia.

Antecedente N°2

Por: García Depestre, Rene (2012).

: Delgado Martínez, Domingo (2012).

: Díaz García, Eduardo (2012).

Título: “Modelos de perfil de velocidad para evaluación de consistencia del trazado en carreteras de la provincia de Villa Clara, Cuba.”

Institución: Universidad Central de las Villas, Santa Clara, Villa Clara.

Resumen: Entre los aspectos relativos a la carretera que influyen en la accidentalidad, tiene un gran peso el diseño geométrico, internacionalmente el método más empleado para la evaluación del diseño es a partir de la consistencia del trazado con modelos de perfil de velocidades de operación. Cuba no cuenta con modelos que consideren las características de carreteras y conductores, por tanto desarrollar modelos de predicción de velocidades para la evaluación de la consistencia del



trazado. El desarrollo de modelos de predicción del perfil de velocidades de operación para diferentes condiciones de alineación en carreteras rurales de dos carriles en el contexto de Cuba, se efectúa a partir de características geométricas y velocidades puntuales, con análisis estadístico de las principales variables que relacionan la velocidad con el diseño. Una vez desarrollados los modelos, se aplican a un tramo de carretera declarado como tramo de concentración de accidentes (TCA) de la provincia de Villa Clara localizada en la región central de Cuba, los resultados obtenidos confirman la validez de los modelos desarrollados para determinar los perfiles de velocidad de operación y de esta forma, evaluar la consistencia del trazado, con el objetivo de detectar los lugares de mayores dificultades con relación al trazado.

Conclusiones: La presente investigación llegó a las siguientes conclusiones:

La aplicación de estos modelos permite localizar los puntos con dificultades en el trazado y determinar la evaluación de la consistencia del trazado de un tramo de carretera para ambos sentidos de circulación.

De igual manera demuestra que, en el tramo de carretera Santa Clara – Hatillo, un factor de riesgo para la seguridad vial lo constituye, la evaluación de la consistencia del trazado para ambos sentidos de circulación, siendo necesario proponer medidas que contribuyan a la disminución de la accidentalidad.

Aporte a la tesis: El presente antecedente contribuyó a la investigación, a entender sobre la construcción de un perfil de velocidades, identificando los tramos inseguros o puntos de riesgo de manera didáctica.

Antecedente N°3

Por: Posada Henao, John Jairo (2014).

: Cadavid Agudelo, Sara (2014).

: Castro Gómez, Laura (2014).



Título: “Consistencia en el diseño predicción de la velocidad de operación en carreteras”.

Institución: Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

Resumen: La consistencia es un concepto utilizado, entre otros, para evaluar parte de la seguridad en las carreteras, tanto en la fase de diseño como en la de operación; por ejemplo, identificando la variación de la velocidad de operación con respecto a la velocidad de diseño a lo largo de una carretera. En este artículo se presenta el concepto de consistencia en el diseño de carreteras y sus diferentes enfoques, mostrando los principales modelos que se han aplicado y que se aplican actualmente según el perfil de velocidad, el cual se basa en la velocidad de operación a la cual se observa que los conductores operan sus vehículos en condiciones de flujo libre a lo largo de la carretera. Con el fin de simplificar los modelos de predicción de velocidad de operación, pero sin perder la calidad de los resultados, se presenta una propuesta para unificar varios de los modelos existentes que posean características similares, obteniendo como resultado altos coeficientes de correlación que soportan su validez. Además, se hacen unas recomendaciones para desarrollar futuros modelos aplicados a las condiciones colombianas para carreteras con calzada sencilla bidireccional o unidireccional y para dobles calzadas.

Conclusiones: En esta investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

Se pudieron encontrar modelos para predecir la velocidad de operación de los vehículos, que unifican algunos existentes, con altos coeficientes de correlación indicando su validez; sin embargo, algunos presentan variaciones superiores a 10 km/h con respecto al modelo original. Se determina que el modelo unificado que mejor se ajusta a los modelos originales es el que relaciona curvas horizontales con pendientes entre 0% y 4%, que muestra variación no mayor a 5 km/h.

Aporte a la tesis: El presente antecedente contribuyó a la investigación, en entender sobre la aplicación de las fórmulas de predicción de



velocidades en curvas y tangentes, asimismo sobre la sección de la vía y el perfil de velocidades.

Antecedente N°4

Por: Felipe Chiquitó, Erlin Aroldo (2014).

Título: “Análisis de consistencia de trazado en caminos de montaña, en la república de Guatemala”.

Institución: Universidad de San Carlos de Guatemala.

Resumen: La consistencia del trazado se refiere a la situación en la cual la geometría de la carretera concuerda con las expectativas del conductor. La mayoría de métodos que evalúan la consistencia del trazado están basados en el análisis del perfil de la velocidad operación.

En la presente tesis, se desarrolla un modelo propio para la predicción de velocidades en curvas y se valida el modelo propuesto por Lamm et al. (1999), para la predicción de velocidades en tangentes, esto con el objetivo de construir el perfil de velocidades en los caminos de montaña.

Guatemala por su topografía, muchos de sus caminos son de dos carriles y están ubicados en zonas montañosas, por lo que es de suma importancia contar con una herramienta que permita evaluar la seguridad de los diseños geométricos.

El modelo que se desarrolla se validó en un departamento distinto de donde fue obtenido, con el objetivo de demostrar que es transferible y así poder utilizarlo para evaluar el nivel de seguridad en caminos de montaña a nivel nacional.

En el último capítulo se realiza un ejemplo práctico, de cómo se emplean los modelos de predicción de velocidades para evaluar la consistencia del trazado, utilizando para ello los umbrales de seguridad propuestos por Lamm et al. (1999).

Conclusiones: En esta investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

La comprobación del modelo desarrollado proporcionó resultados satisfactorios, después de comparar las velocidades medidas con las velocidades estimadas.

Se demostró que los parámetros usados para el diseño de caminos no varían, según la zona del país, sino más bien, varían por la topografía del terreno.

Por los resultados estadísticos obtenidos, se concluye que el modelo para caminos de montaña desarrollado en Baja Verapaz es transferible a otros departamentos del país.

Aporte a la tesis: El presente antecedente apporto en la investigación:

- A determinar las características y parámetros de datos obtenidos de velocidades de operación en campo.
- A entender más el concepto del percentil 85.
- A la elaboración de formatos de recolección y análisis de datos de consistencia de diseño y predicción de velocidades.
- A determinar la muestra respecto a la cantidad de mediciones de velocidades en campo de cada elemento geométrico.
- A determinar las características y parámetros de consistencia de diseño de acuerdo a los criterios establecidos por Lamm.

2.2. Aspectos teóricos pertinentes

En este capítulo se presentan los conceptos básicos asociados a esta investigación. Esencialmente se analizaron los conceptos de diseño geométrico, consistencia de diseño y sus criterios de aplicación, así como también modelos de estimación de velocidad para curvas y tangentes.

2.3. Diseño geométrico

De acuerdo a Cárdenas J., (2002 p.1) el diseño geométrico es la parte más importante dentro de un proyecto de construcción o mejoramiento de una vía, pues allí se determina su configuración tridimensional, es decir, la ubicación y la forma geométrica definida para los elementos de la carretera; de manera

que ésta sea funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente.

Por otra parte Céspedes, J. (2001 p.27) define el diseño geométrico como el trazado del eje definitivo, a la determinación de los volúmenes de tierra a mover, a la estimación de las cantidades de obra a ejecutarse el replanteo de la vía en el terreno. Este proceso se divide en dos etapas: anteproyecto y proyecto, cada una de enlaces diferentes.

2.3.1. Etapas para realizar estudios de una carretera

Céspedes, J. (2001 p.25) describe en su libro “Carreteras Diseño Moderno” que desde el momento en que se ha decidió el enlace de varios puntos de una región mediante una vía hasta su puesta en servicio, es necesario y completar cada una de las siguientes etapas:

1. Estudios económicos: justificación económica del proyecto pre factibilidad y factibilidad.
2. Estudios de planeación de caminos.
3. Estudios de reconocimiento de ruta y selección de ruta.
4. Diseño de caminos y estudios preliminares definitivo.

2.3.2. Construcción de la carretera

Según Céspedes, J. (2001 p.27), la construcción de las vías es la materialización de una concepción que se encuentra detalladamente plasmada en los planos de diseño y que por lo tanto su ejecución se tendrá que realizar siguiendo fielmente con las especificaciones indicadas en estos. Es la etapa que en definitiva pondrá a prueba el arte, el ingenio y la técnica que el ingeniero haya desarrollado durante el estudio y el diseño.

2.3.3. La seguridad en las normas de diseño geométrico

Hauer E. (2000 p.6-16), conceptualiza que “los proyectistas viales tienen demasiada confianza en los comités que formulan y mejoran las normas de diseño geométrico, sin saber que muchas de las hipótesis sobre las que se basan no están bien fundamentadas” a continuación se presentan tres casos que él analizó.



- **Primer caso:** La elección del ancho de calzada, inicialmente, se basó en la conjetura de que los conductores viraban a la derecha cuando veían venir un vehículo en sentido contrario lo que generó el paradigma de que a mayor separación entre vehículos opuestos, significaba una mayor seguridad, es decir, las primeras especificaciones para el diseño geométrico de la AASHTO se basaron en un comportamiento de conducción y no sobre la seguridad vial.
- **Segundo caso:** El procedimiento desarrollado para el diseño de curvas horizontales no se basó sobre información de ocurrencia de accidentes, sino sobre las ciencias físico-matemáticas, el problema fundamental de esta concepción es que no incluye al conductor en ningún momento, lo que hace que el escenario previsto no concuerde con la realidad. La fricción lateral y el peralte, son parte de este paradigma, pero lo que han observado varios investigadores es que no todos los vehículos que se accidentan en una curva salen por la parte externa de la curva, sino que muchos de ellos salen por la parte interna, es decir, no es un problema de fricción sino que se debe a que el conductor no tiene la suficiente visibilidad para advertir que viene en el alineamiento.

La seguridad en las curvas horizontales no debería ser muy diferente que las secciones rectas del camino, pero investigadores alrededor del mundo demostraron que los choques en estos elemento son más frecuentes que en las rectas.

En el Perú este efecto se agudiza debido a que para el trazado de las carreteras en zonas accidentados y escarpadas, generalmente, se utilizan los radios mínimos seguros, según lo recomendado por las normas peruanas.

- **Tercer caso:** El elemento fundamental en el trazo de las curvas verticales es la distancia de visibilidad de detención, la cual depende del tiempo de reacción, la fricción, altura de los ojos del conductor y la altura del objeto, al igual que las curvas horizontales y el ancho

del carril, en este procedimiento no se relacionó la frecuencia y la gravedad de accidentes con la elección de parábolas de diseño.

Con estos tres casos, Hauer, E. (2000), hace una dura crítica a los comités que formulan las normas de diseño, de lo que al final de su artículo se disculpa, pero el punto que él busca es hacer entender a los proyectistas viales que ninguna norma puede superar el buen criterio de un diseñador con experiencia, inclusive, recomienda que no se debe permitir diseñar a ingenieros viales que no entiendan el concepto de la seguridad vial.

Es así que el conductor para la elección de los distintos elementos de un alineamiento, debe basarse en su seguridad, objetivo buscado desde un principio pero que por una u otra razón se perdió en el camino.

2.3.4. Origen del concepto de la velocidad de diseño

Felipe E. (2014 p.3) menciona en su investigación que el concepto de la velocidad de diseño ha evolucionado durante el transcurso de los años, Barnett (1936) definió la velocidad de diseño como "la máxima velocidad, razonablemente, uniforme que adoptaría el grupo más rápido de conductores, una vez alejados de zonas urbanas", concepto que adoptaría la AASTHO en 1938 realizándole una pequeña corrección "la velocidad de diseño es la velocidad máxima, aproximadamente, uniforme que, probablemente, será adoptada por el grupo más rápido de conductores, pero no, necesariamente, por el pequeño porcentaje de imprudentes". Pero no fue sino hasta la década de los 60 cuando se inició darle importancia a la verdadera velocidad de conducción con el objetivo de poder evaluar los parámetros de diseño.

2.3.5. Uso actual de la velocidad de diseño

La velocidad de diseño, según el Manual DG-2014 es un dato importante en el proceso del diseño geométrico de carreteras, su selección es todo un reto para los proyectistas. Con el paso del tiempo el diseño geométrico de caminos se ha vuelto a enfocar en la seguridad vial, objetivo buscado desde un principio, un claro ejemplo de esto es la evolución del concepto de la velocidad de diseño a lo largo del tiempo:



El Manual (DG – 2001 p. 229-230). Definió el concepto de la velocidad de diseño como:

La velocidad de diseño es la velocidad seleccionada para fines del diseño vial y que condiciona las principales características de la carretera, tales como: curvatura, peralte y distancia de visibilidad, de las cuales depende la operación segura y cómoda de los vehículos.

Este concepto del DG-2001, simplemente, es una traducción del concepto que se extrae del Green Book de la AASHTO 1994, concepto que fue modificado a medida que transcurrían los años.

A continuación se muestra el concepto que contiene la última versión del Manual DG – 2014 que entro en vigencia el 28 de Junio del 2015.

El Manual (DG – 2014 p.100) definió la velocidad de diseño de la siguiente manera:

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

En el proceso de asignación de la Velocidad de Diseño, se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad vial de los usuarios.

Como se pudo ver, este es un concepto mucho más coherente y fácil de entender, además, menciona que la velocidad de diseño debe estar en concordancia con la velocidad de operación, concepto que a continuación se amplia.

2.3.6. Crítica al proceso de selección de la velocidad de diseño

(Felipe E. 2014 p.12) La crítica a la selección de la velocidad de diseño, es que en ninguna etapa del proceso se incluye al conductor, es decir que nos olvidamos de enlazar nuestras ecuaciones con la realidad, esto no es raro como indica Hauer E.(2000), debido a que la cuna de los ingenieros viales es la ingeniería civil, ingeniería que no tiene el hábito de diseñar algo con el que interactúen las personas, ahora bien los ingenieros viales tienen que

saber que un camino interactúa con el conductor y viceversa, es decir que, el conductor reaccionará conforme al diseño.

A continuación se describe el proceso de la selección de la velocidad de diseño propuesto por el Manual DG-2014 con el objetivo demostrar que en ninguna etapa se incluye al conductor.

2.3.7. Proceso de selección de la velocidad de diseño

El proceso propuesto por el Manual DG-2014 para diseñar un camino inicia por la selección de la velocidad de diseño y, los factores usados para seleccionarla son: La clasificación de la vía y clasificación según condiciones orográficas, conceptos que se amplían a continuación:

2.3.7.1. Clasificación de la vía

El Manual de Diseño Geométrico de carreteras. (2014) clasifica la vía en función a la demanda de la siguiente manera:

2.3.7.1.1. Autopista de primera clase.

Son aquellas carreteras con el IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6.000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6,00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3,60 m de ancho como mínimo, con control total de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos, sin cruces o pasos a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas.

2.3.7.1.2. Autopista de segunda clase

Son aquellas carreteras con un IMDA entre 6.000 y 4.001 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6,00 m hasta 1,00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3,60 m de ancho como mínimo, con control parcial de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos; pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas.

2.3.7.1.3. Carreteras de primera clase

Son aquellas carreteras con un IMDA entre 4.000 y 2.001 veh/día, de con una calzada de dos carriles de 3,60 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad.

2.3.7.1.4. Carretera de segunda clase

Son aquellas carreteras con IMDA entre 2.000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3,30 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad.

2.3.7.1.5. Carretera de tercera clase

Son aquellas carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3,00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2,50 m, contando con el sustento técnico correspondiente.

Estas carreteras pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas, consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura. En caso de ser pavimentadas deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase.

2.3.7.1.6. Trocha carrozable

Son aquellas vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4,00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m. La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar.

2.3.7.2. Índice medio diario anual (IMDA)

El (DG – 2014) define al Índice Medio Diario Anual (IMDA) como el valor numérico estimado del tráfico vehicular en un determinado tramo de la red vial en un año. El IMDA es el resultado de los conteos volumétricos y clasificación vehicular en campo en una semana, y un factor de corrección que estime el comportamiento anualizado del tráfico de pasajeros y mercancías.

El IMDA se obtiene de la multiplicación del Índice Medio Diario Semanal (IMDS) y el Factor de Corrección Estacional (FC) como se muestra en la siguiente expresión:

$$\text{IMDA} = \text{IMDS} \times \text{FC}$$

Dónde:

IMDS: representa el Índice Medio Diario Semanal o Promedio de Tráfico Diario Semanal.

FC: representa el Factor de Corrección Estacional.

El Índice Medio Diario Semanal (IMDS) se obtiene a partir del volumen de tráfico diario registrado por tipo de vehículo en un tramo de la red vial durante 7 días como se muestra en la siguiente expresión:

$$\text{IMDS} = \sum V_i / 7$$

Dónde:

$\sum V_i$: Sumatoria del volumen de tráfico diario durante 7 días.

2.3.7.2.1. Vehículo de diseño

Conforme al Reglamento Nacional de Vehículos, descrito por el (DG – 2014 p.27) se consideran como vehículos ligeros aquellos correspondientes a las categorías L (vehículos automotores con menos de cuatro ruedas) y M1 (vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de pasajeros con ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor).

De igual manera serán considerados como vehículos pesados, los pertenecientes a las categorías M (vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de pasajeros, excepto la M1), N (vehículos automotores de cuatro ruedas o más, diseñados y construidos para el transporte de mercancías), O (remolques y semirremolques) y S (combinaciones especiales de los M, N y O).

2.3.7.2.2. Ubicación de la estación de conteo vehicular

Rosales E.,(2011 p.15) recomienda para la ubicación de las estaciones de conteo vehicular con fines de estudio de tráfico evaluar la red vial en estudio teniendo en cuenta que la estación de conteo debe ubicarse al principio y al final de las secciones o tramos en estudio, que represente flujos vehiculares continuos, en lo posible que tenga menor flujo vehicular adicional de incremento o de salida, por ello debe planificarse previamente al estudio de tráfico formando redes con nodos, donde deben ubicarse las estaciones de conteo, desde las cuales permitan obtener una información lo más real posible, registrándose todos los vehículos que crucen la estación de conteo en ambos sentidos.

2.3.7.3. Clasificación según condiciones orográficas

El manual de diseño geométrico de carreteras. (DG – 2014 p.14) clasifica la vía en función a la orografía de la siguiente manera:

2.3.7.3.1. Terreno plano (tipo 1)

Son aquellas vías que tienen pendientes transversales al eje de la vía menor o iguales al 10% y sus pendientes longitudinales son por lo general menores de tres por ciento (3%), demandando un mínimo de movimiento de tierras, por lo que no presenta mayores dificultades en su trazado.

2.3.7.3.2. Terreno ondulado (tipo 2)

Son aquellas vías que tienen pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50% y sus pendientes longitudinales se encuentran entre 3% y 6 %, demandando un moderado movimiento de tierras, lo que

permite alineamientos más o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado.

2.3.7.3.3. Terreno accidentado (tipo 3).

Son aquellas vías que tienen pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y el 100% y sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre 6% y 8%, por lo que requiere importantes movimientos de tierras, razón por la cual presenta dificultades en el trazado.

2.3.7.3.4. Terreno escarpado (tipo 4).

Son aquellas vías que tienen pendientes transversales al eje de la vía superiores al 100% y sus pendientes longitudinales excepcionales son superiores al 8%, exigiendo el máximo de movimiento de tierras, razón por la cual presenta grandes dificultades en su trazado.

Como se puede observar, la selección de la velocidad de diseño obvia por completo las expectativas del conductor, varios investigadores han detectado este error y su búsqueda de la solución dio origen a varios enfoques para evaluar la consistencia del diseño geométrico, que se demostrara posteriormente en el ítem 2.5.4.

2.3.8. Diseño geométrico en planta

Según el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, (DG - 2014 p.134) el diseño geométrico en planta o alineamiento horizontal, está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y de grado de curvatura variable, que permiten una transición suave al pasar de alineamientos rectos a curvas circulares o viceversa o también entre dos curvas circulares de curvatura diferente.

Asimismo Cárdenas J., (2002 p.34) define el diseño geométrico en planta de una carretera, o alineamiento horizontal, como la proyección sobre un plano horizontal de su eje real o espacial. Dicho eje horizontal está constituido por una serie de tramos rectos denominados tangentes, enlazados entre sí por curvas.

(Laurina. R. 2009 p.22) Para realizar cualquier estudio sobre seguridad se deben analizar todos los elementos que se dividen el diseño (planta, perfil y sección transversal) para concebir una carretera completa y funcional que cumpla los objetivos de seguridad vial y comodidad para los usuarios y compatibilidad con el medio ambiente, es decir que su construcción sea sostenible y los beneficios esperados sean muchos mayores que los costos.

2.3.8.1. Consideraciones de diseño

(DG – 2014 p.135) Algunos aspectos a considerar en el diseño en planta:

- Deben evitarse tramos con alineamientos rectos demasiado largos. Tales tramos son monótonos durante el día, y en la noche aumenta el peligro de deslumbramiento de las luces del vehículo que avanza en sentido opuesto. Es preferible reemplazar grandes alineamientos, por curvas de grandes radios.
- Para las autopistas de primer y segundo nivel, el trazado deberá ser más bien una combinación de curvas de radios amplios y tangentes no extensas.
- En el caso de ángulos de deflexión Δ pequeños, iguales o inferiores a 5° , los radios deberán ser suficientemente grandes para proporcionar longitud de curva mínima L obtenida con la fórmula siguiente:

$$L > 30 (10 - \Delta), \Delta < 5^\circ$$

(L en metros; Δ en grados)

- En carreteras de tercera clase no será necesario disponer curva horizontal cuando la deflexión máxima no supere los valores del siguiente cuadro (Tabla 26).

2.3.8.2. Tramos en tangente

Las longitudes mínimas admisibles y máximas deseables de los tramos en tangente, está en función a la velocidad de diseño, el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, (DG – 2014 p.137) aplica las siguientes fórmulas para el cálculo de estas:

$L_{\text{mín.s}} : 1,39 V$ $L_{\text{mín.o}} : 2,78 V$ $L_{\text{máx}} : 16,70 V$

Dónde:

$L_{\text{mín.s}}$: Longitud mínima (m) para trazados en "S" (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura de sentido contrario).

$L_{\text{mín.o}}$: Longitud mínima (m) para el resto de casos (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura del mismo sentido).

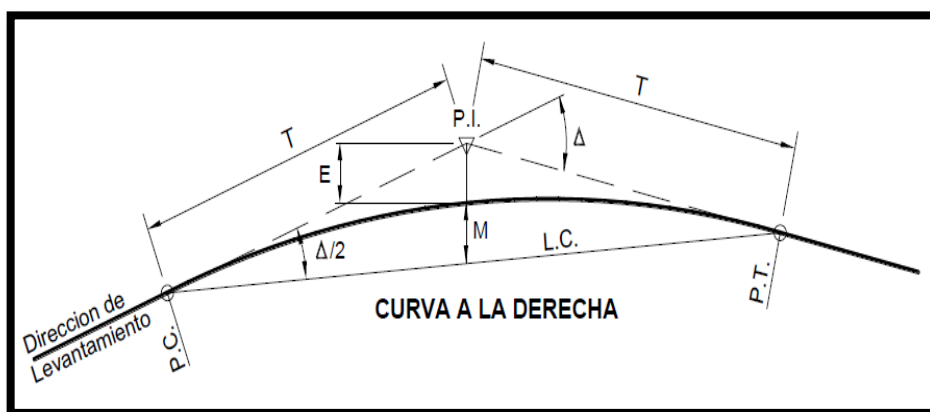
$L_{\text{máx}}$: Longitud máxima deseable (m).

V : Velocidad de diseño (km/h).

2.3.8.3. Curvas circulares

Céspedes J., (2011 p.217) define a las curvas circulares como "arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas se expresan ya sea por su radio o por el ángulo subtendido por su arco o cuerda".

De acuerdo al Manual de Diseño de Carreteras, (DG - 2014 p.237) las curvas circulares simples son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes consecutivas, conformando la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales.



Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).

Figura: 4 Simbología de la Curva Circular



Dónde:

P.C. = Punto de Inicio de la Curva.

P.I. = Punto de Intersección.

P.T. = Punto de Tangencia.

E = Distancia a Externa (m.)

M = Distancia de la Ordenada Media (m.)

R = Longitud del Radio de la Curva (m.)

T = Longitud de la Subtangente.

L = Longitud de la Curva (m.)

L.C. = Longitud de la Cuerda (m.)

Δ = Angulo de Deflexión. (°)

Formulas:

$$T = R \tan \Delta / 2$$

$$L.C. = 2 R \sin \Delta / 2$$

$$L = 2 \pi R (\Delta / 360)$$

$$M = R [1 - \cos (\Delta / 2)]$$

$$E = R [\sec (\Delta / 2) - 1]$$

2.3.8.4. Radios mínimos

Los radios mínimos de curvatura horizontal son los menores radios que pueden recorrerse con la velocidad de diseño y la tasa máxima de peralte, en condiciones aceptables de seguridad y comodidad, para cuyo cálculo puede utilizarse la siguiente fórmula:

$$R_{\text{mín}} = \frac{V^2}{127(P_{\text{máx}} + f_{\text{máx}})}$$

Dónde:

$R_{\text{mín}}$: Radio Mínimo. (m)

V : Velocidad de diseño. (Km/h)

$P_{\text{máx}}$: Peralte máximo asociado a la V . (%)

$f_{\text{máx}}$: Coeficiente de fricción transversal máximo asociado a la V .

Para el caso de carreteras de Tercera Clase, aplicando la fórmula que a continuación se indica, se obtienen los valores precisados en la tabla 29:

$$R_{\text{mín}} = \frac{V^2}{127(0,01e_{\text{máx}} + f_{\text{máx}})}$$

Dónde:

$R_{\text{mín}}$: mínimo radio de curvatura. (m)

$e_{\text{máx}}$: valor máximo del peralte. (%)

$f_{\text{máx}}$: factor máximo de fricción.

V : velocidad específica de diseño. (Km/h)

2.3.8.5. Clasificación de curvas circulares

Las curvas circulares se clasifican en simples, compuestas e inversas o reversas de acuerdo a Céspedes J., (2011 p.217) como se muestran a continuación:

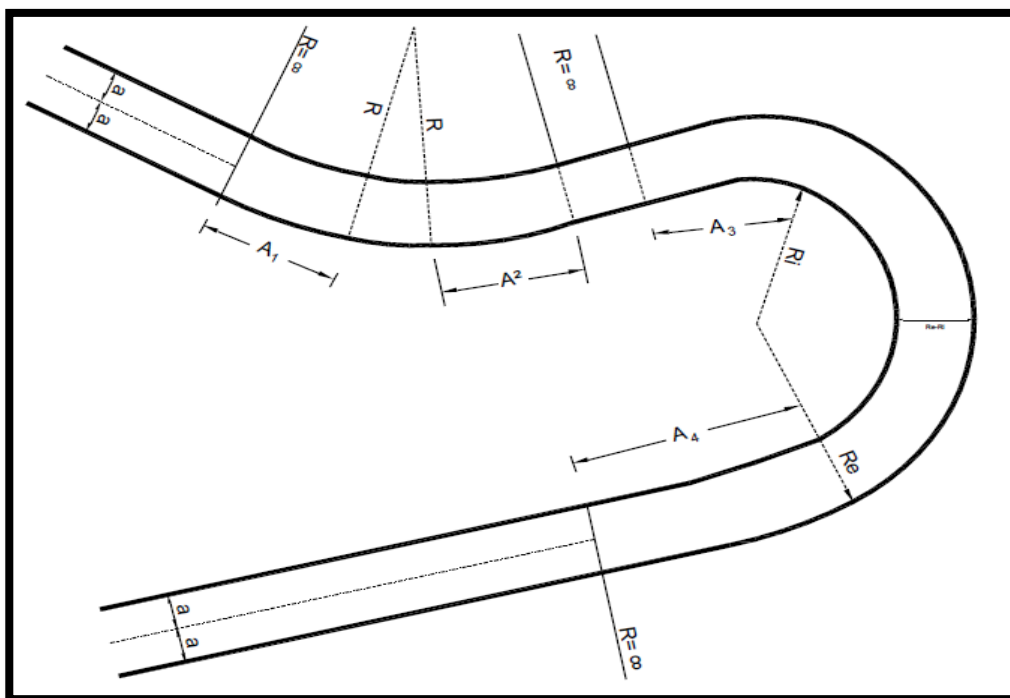
- Curvas simples: es un arco circular que une dos tangentes.
- Curvas compuestas: es una curva formada por dos o más curvas circulares contiguas y de diferente radio que cruzan hacia el mismo lado. A los puntos de tangentes se les llama PCC, que significa punto de curvatura compuesta.
- Curvas inversas o reversas: Es una curva formada por dos curvas que tienen su centro a lado opuesto de la tangente en común, siendo sus radios iguales o diferentes. El punto de contacto se llama PCR, que significa punto de curvatura revertida.

- Curvas de transición: son curvas espirales que tienen por objetivo evitar la discontinuidad en la curva de trazado a fin de pasar de la sección transversal con bombeo.

2.3.8.6. Curvas de vuelta

El Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, (DG - 2014 p.165) define a las curvas de vuelta como aquellas curvas que se proyectan sobre una ladera, en terrenos accidentados, con el propósito de obtener o alcanzar una cota mayor, sin sobrepasar las pendientes máximas, y que no es posible lograr mediante trazados alternativos (p.165).

Por lo general, las ramas pueden ser alineamientos rectos con sólo una curva de enlace intermedia, y según el desarrollo de la curva de vuelta, dichos alineamientos pueden ser paralelas entre sí, divergentes, etc. En tal sentido, la curva de vuelta quedará definida por dos arcos circulares de radio interior " R_i " y radio exterior " R_e ".



Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).

Figura: 5 Ilustración de la Curva Compuesta

2.3.8.7. Distancia de visibilidad

Es la longitud continua hacia adelante de la carretera, que es visible al conductor del vehículo para poder ejecutar con seguridad las diversas maniobras a que se vea obligado o que decida efectuar. En los proyectos se consideran dos distancias de visibilidad de acuerdo al Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG - 2014 pág.108):

- Visibilidad de parada.
- Visibilidad de paso o adelantamiento.

2.3.8.8. Distancia de visibilidad de parada

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

La distancia de parada sobre una alineación recta de pendiente uniforme, se calcula mediante la siguiente fórmula expresada:

$$D_p = \frac{V * t_p}{3.6} + \frac{V^2}{254(f \pm i)}$$

Dónde:

D_p: Distancia de parada (m).

V : Velocidad de diseño. (Km/h)

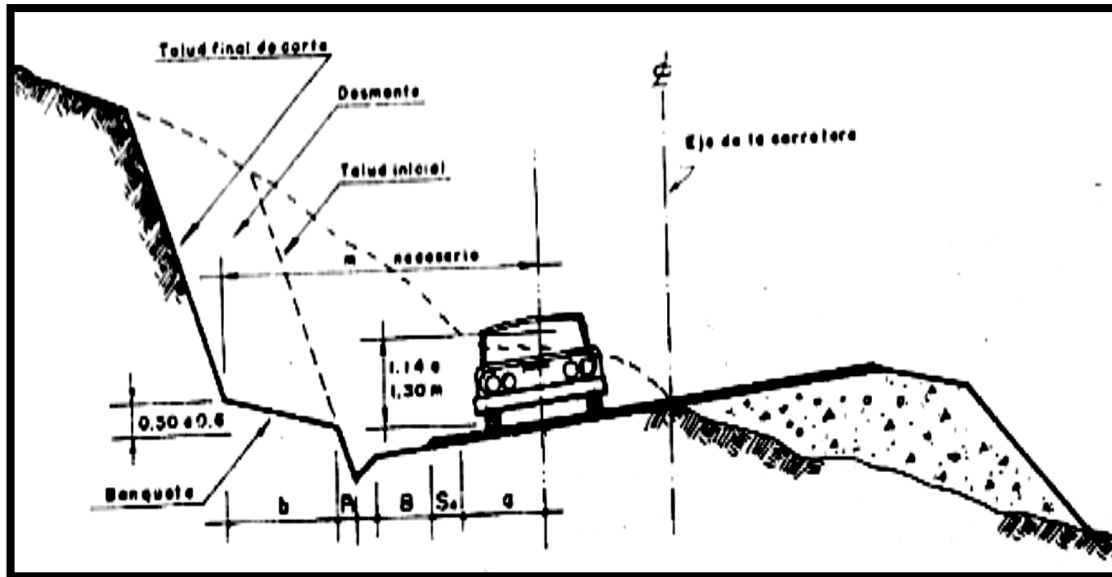
t_p : Tiempo de percepción + reacción (s)

f : Coeficiente de fricción.

i : Pendiente longitudinal (tanto por uno).

+i : Subidas respecto al sentido de circulación.

-i : Bajadas respecto al sentido de circulación.



Fuente: Resumen Manual de Diseño Merino R. (2016).

Figura: 6 Distancia de visibilidad en curvas horizontales

2.3.8.9. Sobre ancho en curvas

De acuerdo a Cárdenas J., (2002 p.227) cuando un vehículo circula por una curva horizontal ocupa un ancho de calzada mayor que en recta. Esto es debido a que por la rigidez y dimensiones del vehículo sus ruedas traseras siguen una trayectoria distinta a las de las ruedas delanteras, ocasionando dificultad a los conductores para mantener su vehículo en el eje del carril de circulación correspondiente. En estas circunstancias y con el propósito de que las condiciones de operación de los vehículos en las curvas sean muy similares a las de en recta, la calzada en las curvas debe ensancharse. Este aumento del ancho se llama sobre ancho.

El sobre ancho variará en función del tipo de vehículo, del radio de la curva y de la velocidad de diseño y se calculará con la siguiente fórmula descrita en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, (DG - 2014 p.174).

$$Sa = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

Dónde:

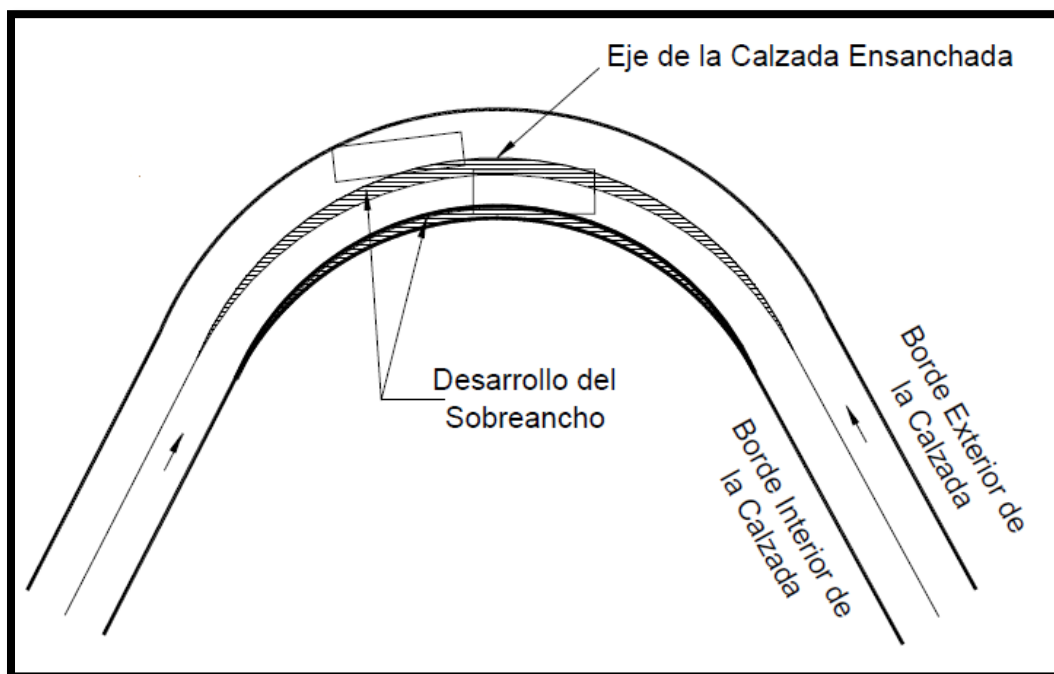
Sa: Sobre ancho (m).

n : Número de carriles.

R : Radio (m).

L : Distancia entre eje posterior y parte frontal (m).

V : Velocidad de diseño (km/h).



Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).

Figura: 7 Sobre ancho

2.3.9. Diseño geométrico en perfil

Cárdenas J., (2002 p.265) define el diseño geométrico en perfil como la proyección del eje real o espacial de la vía sobre una superficie vertical paralela al mismo. Debido a este paralelismo dicha proyección mostrará la longitud real del eje de la vía, a este eje se le denomina rasante o sub rasante.

2.3.9.1. Pendiente

Céspedes J., (2001 p.245) define la pendiente de una carretera como la tangente trigonométrica del ángulo de inclinación cuando el radio es igual a la unidad.

Pendientes mínimas: Es conveniente proveer una pendiente mínima del orden de 0,5%, a fin de asegurar en todo punto de la calzada un drenaje de las aguas superficiales. Se pueden presentar los siguientes casos particulares Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG - 2014 p.189):

- Si la calzada posee un bombeo de 2% y no existen bermas y/o cunetas, se podrá adoptar excepcionalmente sectores con pendientes de hasta 0,2%.
- Si el bombeo es de 2,5% excepcionalmente podrá adoptarse pendientes iguales a cero.
- Si existen bermas, la pendiente mínima deseable será de 0,5% y la mínima excepcional de 0,35%.
- En zonas de transición de peralte, en que la pendiente transversal se anula, la pendiente mínima deberá ser de 0,5%.

Pendiente máxima: El Manual (DG-2014 p.190) también menciona que es conveniente considerar las pendientes máximas que están indicadas en la Tabla 33, no obstante, se pueden presentar los siguientes casos particulares:

- En zonas de altitud superior a los 3.000 msnm, los valores máximos, se reducirán en 1% para terrenos accidentados o escarpados.
- En autopistas las pendientes de bajada podrán superar hasta en un 2% los máximos.

Pendientes máximas excepcionales

Así mismo el Manual menciona que para pendientes excepcionales, el valor de la pendiente máxima podrá incrementarse hasta en 1%, para

todos los casos. Deberá justificarse técnica y económicamente la necesidad de dicho incremento.

Para carreteras de Tercera Clase deberán tenerse en cuenta además las siguientes consideraciones:

- En el caso de ascenso continuo y cuando la pendiente sea mayor del 5%, se proyectará, más o menos cada tres kilómetros, un tramo de descanso de una longitud no menor de 500 m con pendiente no mayor de 2%. La frecuencia y la ubicación de dichos tramos de descanso, contara con la correspondiente evaluación técnica y económica.
- En general, cuando se empleen pendientes mayores a 10%, los tramos con tales pendientes no excederán de 180 m.
- La máxima pendiente promedio en tramos de longitud mayor a 2.000 m, no debe superar el 6%.
- En curvas con radios menores a 50 m de longitud debe evitarse pendientes mayores a 8%, para evitar que las pendientes del lado interior de la curva se incrementen significativamente.

2.3.9.2. Curvas verticales

Las curvas verticales definida por Céspedes J., (2001 p.262) son aquellas que unen las rasantes que se cortan en las carreteras, tienen por objetivo suavizar los cambios en el movimiento vertical de los vehículos. Contribuyen a la seguridad, comodidad y aspecto de un modo tan importante como las curvas horizontales.

Los tramos consecutivos de rasante, serán enlazados con curvas verticales parabólicas, cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea mayor del 1%, para carreteras pavimentadas y del 2% para las demás.

Dichas curvas verticales parabólicas, son definidas por su parámetro de curvatura K, que equivale a la longitud de la curva en el plano horizontal, en metros, para cada 1% de variación en la pendiente, así:

$$K=L/A$$

Dónde:

K: Parámetro de curvatura.

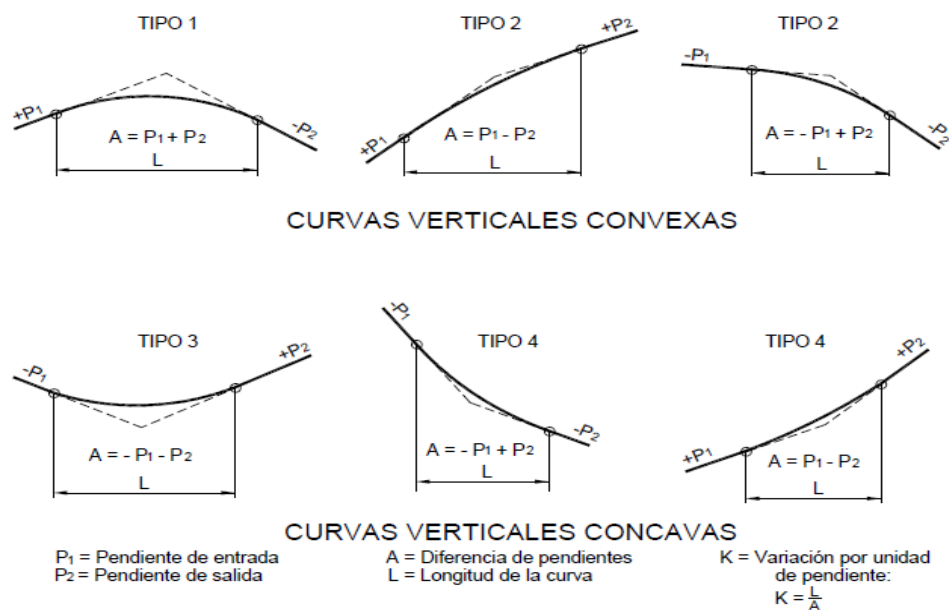
L: Longitud de la curva vertical.

A: Valor Absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes.

2.3.9.3. Clasificación de las curvas verticales

Según el Manual de Diseño de Carreteras, (2014 p.194) las curvas verticales usadas en carreteras como curvas de enlace de los alineamientos rectos longitudinales, pueden ser arcos de círculo, arcos de parábola, de parábola cubica, etc.

Asimismo las curvas verticales pueden ser: Convexas en divisorias, sobre cimas, o sobre crestas. O Cóncavas en vaguada o en columpio.



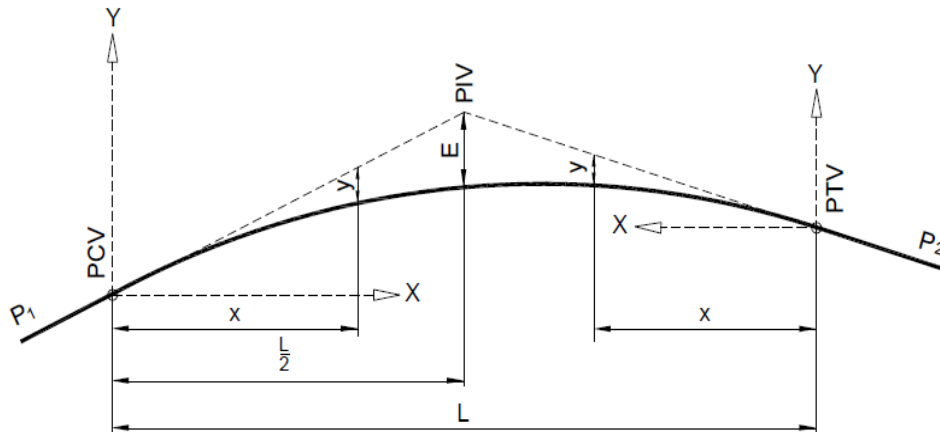
Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).

Figura: 8 Tipos de curvas verticales

2.3.9.3.1. Curva vertical simétrica

Conforme lo establece en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, (DG - 2014 p.195) las curvas verticales simétricas está conformada por dos parábolas de igual longitud, que se unen en la proyección vertical del PIV. La curva vertical recomendada es la

parábola cuadrática, cuyos elementos principales y expresiones matemáticas se incluyen a continuación.



Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).

Figura: 9 Curvas Verticales Simétricas

Dónde:

PCV : Principio de la curva vertical.

PIV : Punto de intersección de las tangentes verticales.

PTV : Término de la curva vertical.

L : Longitud de la curva vertical, medida por su proyección horizontal, en metros (m).

S_1 : Pendiente de la tangente de entrada, en porcentaje (%).

S_2 : Pendiente de la tangente de salida, en porcentaje (%).

A : Diferencia algebraica de pendientes, en porcentaje (%).

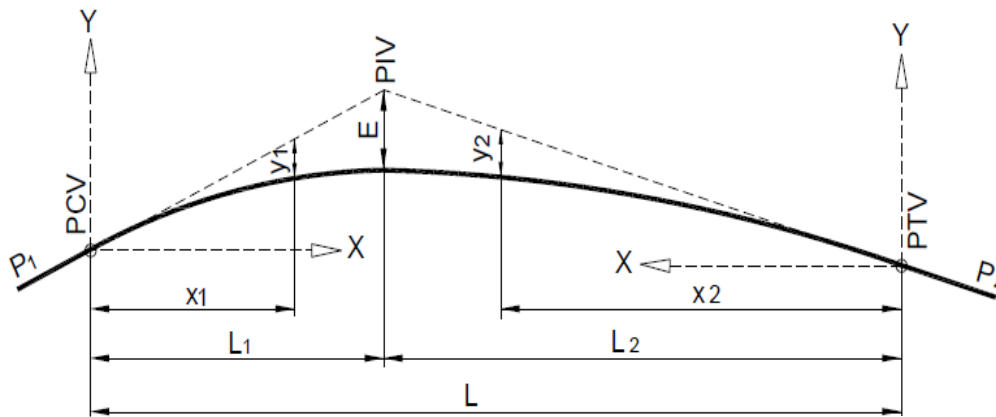
E : Externa. Ordenada vertical desde el PIV a la curva, en metros (m).

X : Distancia horizontal a cualquier punto de la curva desde el PCV o desde el PTV.

Y : Ordenada vertical en cualquier punto, también llamada corrección de la curva vertical.

2.3.9.3.2. Curva vertical asimétrica

Las curvas asimétricas están conformadas por dos parábolas de diferente longitud (L_1 , L_2) que se unen en la proyección vertical del PIV. El Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (2014 p.195) lo presenta en el libro de la siguiente manera.



Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).

Figura: 10 Curvas verticales asimétricas

Dónde:

PCV : Principio de la curva vertical.

PIV : Punto de intersección de las tangentes verticales.

PTV : Término de la curva vertical.

L : Longitud de la curva vertical, medida por su proyección horizontal, en metros (m), se cumple: $L = L_1 + L_2$ y $L_1 \neq L_2$.

S1 : Pendiente de la tangente de entrada, en porcentaje (%).

S2 : Pendiente de la tangente de salida, en porcentaje (%).

L1 : Longitud de la primera rama, medida por su proyección horizontal en metros (m).

L2 : Longitud de la segunda rama, medida por su proyección horizontal, en metros (m).

A : Diferencia algebraica de pendientes, en porcentaje (%).

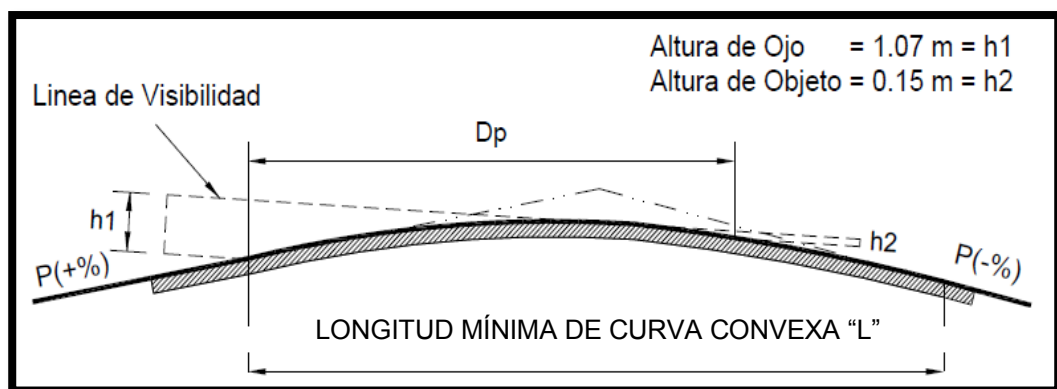
E : Externa. Ordenada vertical desde el PIV a la curva, en metros (m).

- X1 : Distancia horizontal a cualquier punto de la primera rama de la curva medida desde el PCV.
- X2 : Distancia horizontal a cualquier punto de la segunda rama de la curva medida desde el PTV.
- Y1 : Ordenada vertical en cualquier punto de la primera rama medida desde el PCV.
- Y2 : Ordenada vertical en cualquier punto de la primera rama medida desde el PTV.

2.3.9.4. Longitud de las curvas convexas

En el manual (DG-2014), la longitud de las curvas verticales convexas, se determina con las siguientes fórmulas:

a) Para contar con la visibilidad de parada (D_p).



Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).

Figura: 11 Longitud Mínima de Curva Vertical Convexa con Distancia de Visibilidad de Parada

L = Longitud de la curva vertical (m).

D_p = Distancia de Visibilidad de Parada (m).

V = Velocidad de Diseño (Km/h).

A = Diferencia Algebraica de Pendientes (%).

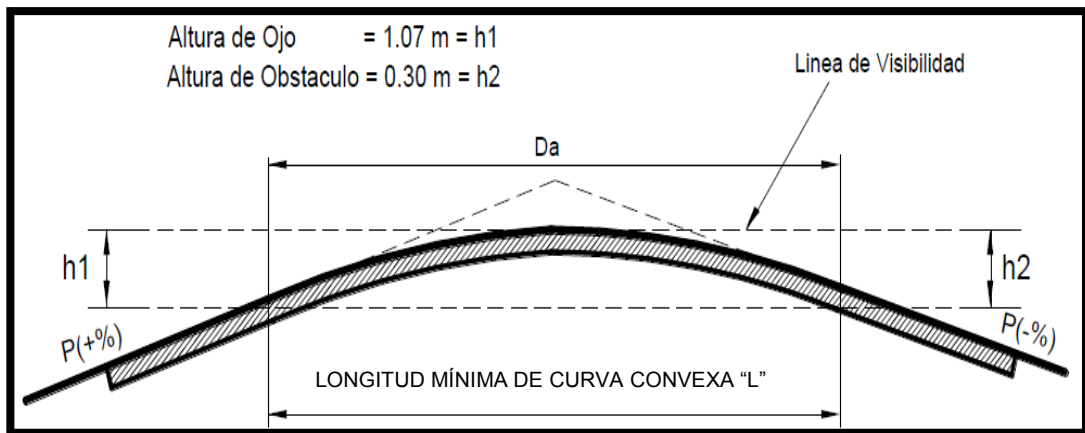
Para $D_p > L$

$$L = 2D_p - 404/A$$

Para $D_p < L$

$$L = AD_p^2 / 404$$

b) Para contar con la visibilidad de adelantamiento o paso (D_a).



Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).

Figura: 12 Longitud Mínima de Curvas Vertical Convexas con Distancia de Visibilidad de Paso o Adelantamiento

L = Longitud de la curva vertical (m).

D = Distancia de Visibilidad de Paso (m).

V = Velocidad de Diseño (Km/h).

A = Diferencia Algebraica de Pendientes (%).

Para $D_a > L$

$$L = 2D_a - 946/A$$

Para $D_a < L$

$$L = AD_a^2 / 946$$

2.3.10. Peralte

De acuerdo a lo establecido en el Manual (DG-2014 p.215), el peralte es la inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo.

Para calcular el peralte bajo el criterio de seguridad ante el deslizamiento, se utilizará la siguiente formula:

$$p = \frac{v^2}{127 * R} - f$$

Donde:

p:Peralte máximo asociado a la V.

v:Velocidad de diseño (km/h).

R:radio mínimo (m).

f:Coeficiente de fricción lateral máxima asociado a la V.

2.4. Velocidades medidas en campo.

2.4.1. Velocidades de operación en curvas y tangentes medidas en campo

De acuerdo a la investigación realizada por Felipe E.,(2014 p.42) menciona que una de las ventajas de trabajar con datos tomados de las velocidades de operación de curvas y tangentes en campo, recientemente, es que refleja la velocidad del parque automotor que circula por el área, actualmente, inclusive los entes rectores de transportes en otros países recomiendan que después de algunos años es necesario volver a calcular la velocidad de operación del parque automotor para determinar si el percentil 85 ha cambiado, paralelamente, con el aumento de las prestaciones de los vehículos.

En su investigación para realizar las mediciones puntuales de velocidades los observadores se ubicaron en el centro de las curvas horizontales, lugar en donde existe un aumento de la velocidad de operación, según estudios realizados por Fitzpatrick. (2000).

Las pautas necesarias que tomó en su investigación el autor en mención para efectuar las observaciones son:

- Medir automóviles ligeros.
- A vehículos que circulen a flujo libre.
- Condiciones de iluminación adecuada.
- Condiciones climáticas favorables.

El equipo con el que contó el investigador en mención para realizar las mediciones instantáneas en su investigación fue una pistola radar como se muestra en la siguiente imagen.



Fuente: Felipe E., (2014).

Figura: 13 Medición de Velocidades del Estudio Realizado en Guatemala.

2.5. Consistencia de diseño

Según Gallegos G (2013 p.6) la consistencia del diseño geométrico de una vía se entiende como la homogeneidad geométrica de los elementos que la componen. Cuando un conductor recorre un tramo de vía, espera que sus elementos sean de lo más uniformes, ya que cambios repentinos de los mismos pueden producir situaciones inseguras que se traducen en accidentes. Gran parte de las normativas de diseño entregan procedimientos para la elección de los elementos geométricos mínimos que componen una vía. Para el alineamiento horizontal se proporcionan recomendaciones según la velocidad de diseño: selección de radio, factor de fricción y peralte. Sin embargo, diversos estudios han demostrado debilidades de los métodos basados en la velocidad de diseño (McLean, 1980), ya que no incorporan el concepto de consistencia explícitamente. No obstante, durante el proceso de diseño, es necesario anticipar la interacción de los elementos de la carretera, con la operación vehicular y el entorno, con la finalidad de lograr un diseño



consistente que cumpla con las expectativas del conductor en la ruta. En las últimas décadas se han documentado estudios en Australia (McLean, 1981), Estados Unidos (Krames, 1995), Chile (Echaveguren y Sáez, 2001) y otros, que demuestran que los conductores superan las velocidades de diseño cuando éstas están bajo los 90 Km/h. Un estudio realizado en los Estados Unidos demostró que en curvas que obligan a decelerar más de 20 Km/h, la posibilidad de sufrir accidentes aumenta seis veces si se la compara con la situación de velocidad uniforme. Por lo tanto el nivel de consistencia de una vía influye en el comportamiento de los conductores que la recorren y en la frecuencia de accidente en el camino. Esta idea fue postulada por Glennon y Horwod (1980) los cuales, determinaron que un diseño consistente tiene directa relación con la expectativa del conductor. Por lo tanto un diseño es considerado consistente si su geometría se encuentra acorde a las expectativas del conductor, de esta manera estos evitan maniobras críticas que pueden resultar en accidentes (Irizarry y Krames, 1998).

Por lo anterior este trabajo se aboca en analizar la consistencia del considerando los criterios de consistencia propuestos por Lamm que posteriormente se describirá, a continuación se muestra diversos conceptos descritos por varios autores:

Del grupo de investigadores en ingeniería de carreteras de la universidad de Valencia (Pérez. A, Camacho. F, García. A, 2011), mencionaron en la Plataforma Tecnológica Española de la Carretera PTC (foro de encuentro apoyado por el ministerio de economía y competitividad para todos los agentes de ciencia y tecnología – empresa con un papel relevante en el fomento del empleo, la competitividad y el crecimiento en el sector de la infraestructuras viales en Europa), que la consistencia del diseño geométrico de una carretera puede definirse como el grado de adecuación entre el comportamiento de la vía y las expectativas del conductor. Estas expectativas pueden dividirse en dos categorías distintas:

- Expectativas a priori. El conductor basa su criterio de decisión en la experiencia acumulada tras conducir por otras carreteras anteriormente. Para cumplir con estas expectativas, en la carretera debe cumplirse una relación



directa entre el tipo de vía y la geometría y las dotaciones que presenta. De esta forma, por ejemplo, un conductor espera que una carretera convencional se comporte de forma diferente a una autopista o autovía.

- Experiencia ad hoc. El conductor adquiere experiencia a partir de la percepción de las características del itinerario a medida que es recorrido. A medida que un conductor recorre un tramo de carretera, espera que en los siguientes kilómetros, la carretera se comporte de forma similar. De este modo, un diseño será consistente cuando los elementos geométricos que lo componen y su coordinación impliquen una conducción cómoda y libre de sorpresas. El cumplimiento de las diferentes normativas no asegura que la carretera diseñada sea consistente.

2.5.1. Disparidad entre la velocidad de diseño y la velocidad de operación.

(Felipe E. 2014 p.10) En el proceso de diseño geométrico de la normativa Peruana, en ningún momento se incluye al conductor, por lo tanto, es obvio que la velocidad de diseño no coincida con la velocidad de operación, el indicarle al conductor por medio de señales verticales y horizontales la velocidad seleccionada por el proyectista no tiene ningún efecto, considerando que nadie la respeta.

Cuando se tienen modelos calibrados para predecir la velocidad operación, generalmente, se utiliza el perfil de velocidad como herramienta para detectar las incoherencias entre la velocidad de diseño y la velocidad de operación a lo largo del alineamiento de un tramo carretero, el concepto se presenta más adelante.

Para la evaluación de la consistencia de diseño es importante tener en cuenta los conceptos de la velocidad de operación del percentil 85 en curvas y tangentes como se muestra a continuación:

2.5.2. Influencia de la velocidad de operación del percentil 85.

La velocidad de operación como lo describe el Green Book de la (AASHTO 2011 p. 2-54), tiene una gran influencia en la elección de la velocidad de diseño al punto de decir que debe ser coherente a ella, en otras palabras la elección de la velocidad de diseño depende de la velocidad de operación del percentil 85.



La velocidad de operación es la velocidad a la que se observan los conductores que operan sus vehículos en condiciones de flujo libre. El percentil 85 de la distribución de las velocidades observadas es la medida utilizada con mayor frecuencia para determinar la velocidad de operación asociado a un lugar en particular o característica geométrica.

A continuación se presenta el concepto dado por la normativa peruana.

El manual (DG – 2014 p.105) definió la velocidad de operación de la siguiente manera:

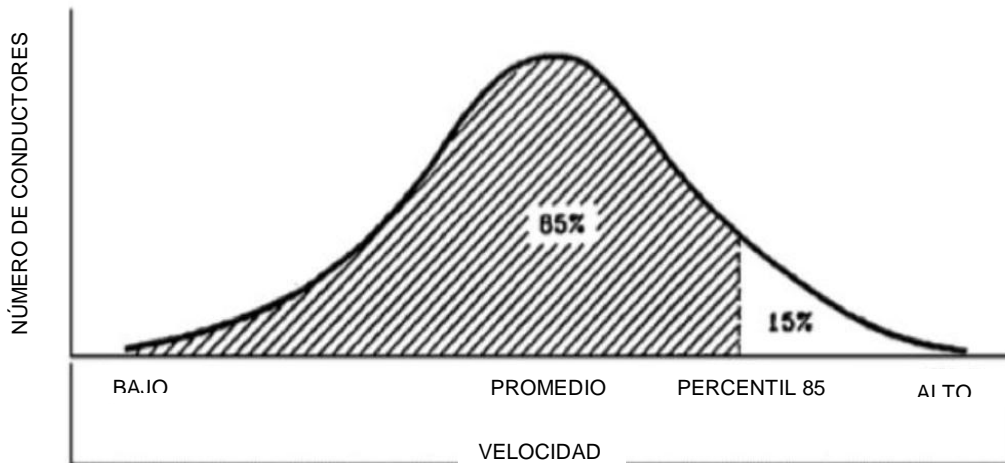
Es la velocidad máxima a la que pueden circular los vehículos en un determinado tramo de una carretera, en función a la velocidad de diseño, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito, estado del pavimento, meteorológicas y grado de relación de ésta con otras vías y con la propiedad adyacente.

El concepto que presenta el Manual, es muy claro y fácil de comprender, donde el denominado percentil 85 de la velocidad, que consiste en determinar la velocidad bajo la cual circula el 85% de los vehículos. Considerando la velocidad de operación en cada punto del camino, es posible construir un diagrama de velocidad de operación: velocidad de operación – distancia, donde se podrán apreciar aquellos lugares que puedan comprometer la seguridad en el trazado.

Fitzpatrick, K. publicó en agosto del año 2000 en la (FHWA) Federal Highway Administration – Alternative Design Consistency Rating Methods for Two-Lane Rural Highways (Administración de Carreteras Federales – Clasificación de consistencia de diseño alternativo métodos para carreteras rurales de dos vías) definió la velocidad del percentil 85 como “la velocidad por debajo del cual viaja el 85% de los conductores y, se utiliza con frecuencia para establecer los límites de velocidad”.

(Felipe, E. 2014 p.6) El concepto de la velocidad del percentil 85 se basa en la hipótesis de que la gran mayoría de los conductores son razonables y prudentes al manejar y que no quieren tener un accidente, además que desean llegar a su destino en el menor tiempo posible. La estadística ha demostrado que al realizar una muestra aleatoria del tránsito en un punto,

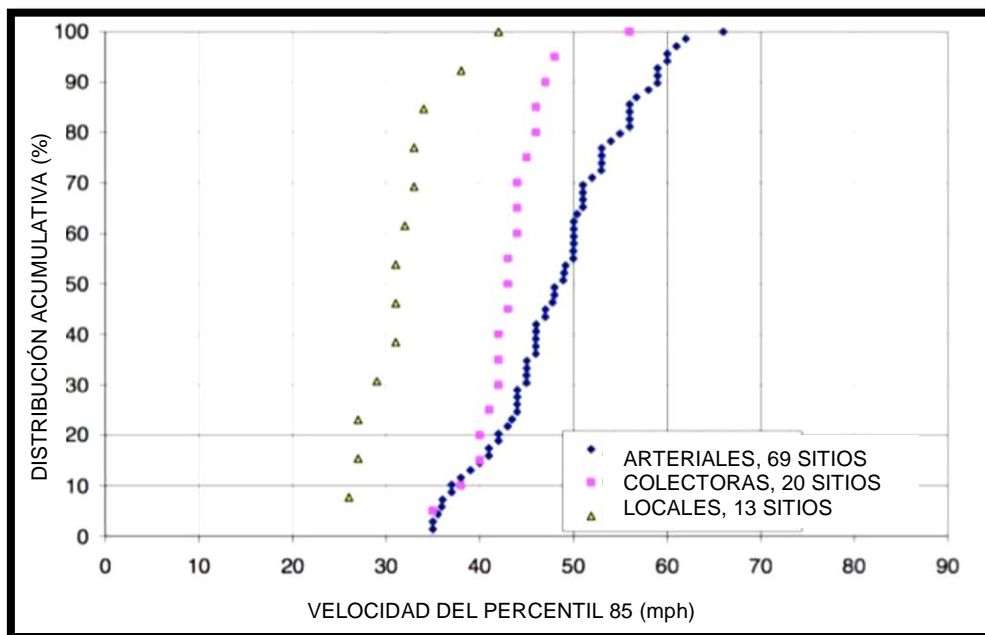
se producirá una distribución de probabilidad normal (distribución de Gauss).



Fuente: Felipe E., (2014).

Figura: 14 Velocidad del Percentil 85 para una Distribución Formal

(Felipe, E. 2014 p.7) en su investigación menciona que Fitzpatrick (2000), realizó un estudio de velocidades en áreas urbanas y suburbanas, diferenciadas por su funcionalidad (arterial, colector, local), donde observo que existe un fuerte cambio de la pendiente de la frecuencia arriba del 85% y debajo del 15%, la explicación a esto es que los conductores que están por debajo del 15% de las observaciones realizadas, viajan demasiado lento y los que están arriba del 85% viajan demasiado rápido superando la velocidad, razonablemente, segura, es por esto que en muchos países se utiliza la velocidad del percentil 85 para determinar la velocidad máxima y los conductores que la superen son multados.



Fuente: Felipe E., (2014).

Figura: 15 Distribución de la velocidad del percentil 85 en tangente de una vía urbana y suburbana por clase funcional

Al leer los conceptos se tiene una mejor idea de la importancia que tiene predecir la velocidad de operación, este tema fue abordado por Fitzpatrick y publicando para la Federal Highway Administration (FHWA) en el mismo año, en este artículo postularon que los conductores cometen menos errores cuando la geometría del alineamiento se ajustaba a sus expectativas y, para demostrarlo presentaron un conjunto de ecuaciones para predecir la velocidad en función de la geometría del camino, estas ecuaciones están clasificadas por la pendiente longitudinal la cual va desde -9% a 9% y por los distintos elementos que forman el alineamiento como: curva horizontal, curva vertical y tangente, los cuales se muestran en la tabla 03, con estos modelos se puede construir un perfil de velocidades a lo largo del alineamiento, el cual nos ayuda a comparar la velocidad de diseño con la velocidad de operación.

2.5.3. Velocidades de operación del percentil 85 en curvas y tangentes

2.5.3.1. Velocidades de operación para curvas horizontales.

(Sánchez, J. – 2011 p.16-33) Siendo la velocidad uno de los factores más relevantes y fácil de apreciar, los primeros estudios se centraron en la



realización del perfil de velocidades de operación del percentil 85 a lo largo de la vía, teniendo en cuenta únicamente el trazado en planta.

La representación gráfica del perfil permite localizar los puntos donde se incumple la regla establecida, con el fin de aplicar los correctivos pertinentes. Este procedimiento no fue muy difundido entonces, y se basó en las normas del Green Book de la AASHTO de 1965 y 1973, que se actualizaron posteriormente.

Si bien algunos autores hicieron estudios en los que se tiene en cuenta el trazado en alzado, sólo en el año 1999 se presentó una metodología que considera explícitamente parámetros del trazado en planta y en alzado; tomando en cuenta la normatividad del Green Book de la AASHTO, Fitzpatrick (2000) calibro los datos de esta normatividad correspondientes a la estimación de velocidades de operación del percentil 85 donde realizó estudios en 176 lugares localizados en carreteras de seis regiones de los Estados Unidos con diferentes combinaciones de alineaciones horizontal y vertical. Tomando al menos 100 mediciones de velocidad en cada emplazamiento, con radar y con sensores piezoeléctricos localizados en recta y en curva, bajo diferentes condiciones de circulación.

Estas ecuaciones mostradas en la tabla 3 son las más utilizadas por diversos investigadores a nivel mundial, para evaluar la consistencia de una carretera basándose exclusivamente en el perfil de velocidades y como se muestra en la presente investigación tiene buenos resultados.

Tabla: 3 Ecuaciones para la estimación de velocidades de operación en curvas horizontales

	Condiciones de alineamiento	Ecuación
1	Curva horizontal sobre pendiente (-9% < i < -4%)	$V_{85} = 102,10 - \frac{3077,13}{R}$
2	Curva horizontal sobre pendiente (-4% < i < 0%)	$V_{85} = 105,98 - \frac{3709,90}{R}$
3	Curva horizontal sobre pendiente (0% < i < 4%)	$V_{85} = 104,82 - \frac{3574,51}{R}$
4	Curva horizontal sobre pendiente (4% < i < 9%)	$V_{85} = 96,61 - \frac{2752,19}{R}$
5	Curva horizontal combinada con curvas cóncavas (sag)	$V_{85} = 105,32 - \frac{3438,19}{R}$
6	Curva horizontal combinada con curvas convexas sin limitación de visibilidad	(Nota 2)

Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).

Notas:

- a) Usa la menor velocidad estimada con las ecuaciones 1 ó 2 (para pendientes descendentes) y 3 ó 4 (para pendientes ascendentes).
- b) Además, comparar con la velocidad estimada con las ecuaciones 1 ó 2 (para pendientes descendentes) y 3 ó 4 (para pendientes ascendentes) y usar la menor. Esto asegurará que la velocidad estimada a lo largo de curvas combinadas no será mejor que si solo la curva horizontal está presente. (Es decir, la inclusión de una curva convexa con visibilidad limitada resulte en una mayor velocidad).
- c) V₈₅: Percentil 85 de velocidad de automóviles (km/h).
- d) R: Radio de curva (m).

2.5.3.2. Velocidades de operación para tramos en tangente.

Según Felipe E., (2014 p. 55) para el cálculo de la velocidad de operación en tangentes se utilizó el modelo propuesto por Lamm, en el cual la tangente está condicionada por las curvas que la preceden y suceden, por lo tanto, es necesario determinar si la tangente es o no independiente, para ello es necesario establecer LT_{mín} y LT_{máx} con el objetivo de diferenciar entre los tres casos siguientes:

- caso 1: $LT \leq LT_{\min}$ la tangente no es independiente, no se alcanza a acelerar hasta $V_{85,n+1}$.
- caso 2: $LT \geq LT_{\max}$ la tangente es independiente, se alcanza a acelerar hasta V_{des} .
- caso 3: $LT_{\min} < LT < LT_{\max}$ la tangente es independiente, se alcanza a acelerar hasta $V_{85,+1}$.

Lamm et al.	Tangente caso 1: $LT \leq LT_{\min}$	$V_{85,T} = \frac{(V_{85,n-1} + V_{85,n+1})}{2}$	3.1	GER
	Tangente caso 2: $LT \geq LT_{\max}$	$V_{85,T} = V_{des}$	3.2	
	Tangente caso 3: $LT_{\min} < LT < LT_{\max}$	$V_{85,T} = \sqrt{12.04a(TL - TL_{\min}) + V_{85,n-1}^2}$	3.3	
Dónde:				
EC. 3.4				
$L_{T\min} = \frac{ V_{85,n-1}^2 - V_{85,n+1}^2 }{25.92a}$				
EC. 3.5				
$L_{T\max} = \frac{ 2 \cdot V_{des}^2 - V_{85,n-1}^2 - V_{85,n+1}^2 }{25.92 \cdot a}$				
R	= Radio de curva			
Ls	= Longitud de curva de transición			
a = d	= 0.85 m/s ²			
LT	= Longitud de la tangente			
LTmin	= Longitud de tangente mínima para acelerar o desacelerar de $V_{85,n-1}$ a $V_{85,n+1}$.			
LTmax	= Longitud de tangente máxima			

Fuente: Felipe E., (2014).

Figura: 16 Ecuaciones para la estimación de velocidades de operación para tangentes

De acuerdo a la investigación de (Felipe, E. 2014 p.15-26) donde muestra los diferentes enfoques relacionados a la evaluación de la consistencia de diseño y a su vez utiliza el enfoque de Lamm, para la presente investigación se utilizó el enfoque en mención:

- Enfoque de homogeneidad geométrica.
- Enfoque de Lamm.
- Enfoque de Polus
- Enfoque de la carga mental.

2.5.4. Enfoque de Lamm

El enfoque de Lamm (1986, 1987, 1991 y 1999), el cual propuso un enfoque basado en el estudio del comportamiento de dos elementos geométricos: Curvas aisladas simples y curvas compuestas. Postuló que existía una correlación positiva entre la tasa de cambio de curvatura y la ocurrencia de accidentes. Sobre esa hipótesis, determinó que los conductores seleccionaban una velocidad de operación, en función de la percepción de curvatura, la cual no necesariamente correspondía a la de diseño. (Echaveguren T., 2001 p.7)

Asimismo, planteó que bajo la perspectiva de la estabilidad dinámica, la diferencia entre la fricción lateral provista por el diseño y la requerida, también era una fuente de inconsistencia. Esto se debe a que si el conductor excede la velocidad de diseño, esto se traduce en una mayor demanda de fricción, la cual puede superar la fricción de diseño hasta llegar al deslizamiento en la curva.

2.5.5. Indicadores basados en velocidad, propuestos por Lamm

(Echaveguren T, 2001 p.14) Para desarrollar estos criterios Lamm (1999) realizó estudios en Nueva York y Alemania. A partir de bases de datos de accidentes realizó un análisis de conglomerados para agrupar las distintas clases de tasa de cambio de curvatura (CCR) que otorgaran valores estadísticamente diferentes de tasa media de accidentes. Para ello, primero determinó diversas clases de CCR. Luego para cada clase de CCR calculó la tasa media de accidentes. Posteriormente aplicó sucesivamente un test t de diferencia de medias, modificando los rangos de CCR hasta llegar a valor vecinos de tasa media de accidentes estadísticamente diferentes.

Los indicadores de consistencia pueden agruparse, según sus variables, las cuales varían, según la línea de investigación, entre ellos tenemos a los indicadores de fricción, visibilidad, entre otras cosas.

(Felipe E. 2014 p.24) Los indicadores que propuso Lamm (1999), se basan en la velocidad, para el caso específico de caminos de dos carriles, se mide la velocidad por medio de sensores y se determina el percentil 85. En

el caso de caminos en proceso de diseño se estima, según la geometría del camino, por medio de modelos que el desarrollo.

A continuación se muestra los indicadores basados en la velocidad, que se utilizó en la presente tesis.

- **Criterio I:** Consistencia en elementos simples, se basa en la diferencia de la velocidad de operación del percentil 85 y la velocidad de diseño para curvas y tangentes.
- **Criterio II:** Consistencia entre elementos sucesivos, se determina por la diferencia de velocidades del percentil 85 entre elementos continuos.

2.5.6. Criterios para la evaluación de consistencia de diseño propuestos por Lamm.

Lamm (1999) propuso tres umbrales para cada uno de sus dos criterios para calificar la seguridad del diseño geométrico de un camino, correlacionó el número de accidentes con la geometría de los caminos (Felipe E. 2014 p.25).

- **Calificación bueno:** significa que no necesita cambios y que está acorde con las expectativas del conductor, en nuestro caso para hacerla más visual se le asignó el color verde para identificarlo.
- **Calificación tolerable:** significa que el sitio necesita cambios o está, relativamente, bien, depende a que margen se acerque, si se acerca a la calificación bueno se acepta, a diferencia, si se acerca a la calificación pobre éste necesita cambios, este umbral depende del grado de inconsistencia que el diseñador está dispuesto a aceptar, para identificarlo en la presente tesis se le asignó el color anaranjado.
- **Calificación pobre:** significa que dicho sitio atenta contra los conductores y es necesario rediseñarlo, se le asignó el color rojo para identificarlo.

A pesar de que estos criterios fueron propuestos hace varios años estos, aun son ampliamente utilizados por investigadores de todo el mundo y, en la presente investigación se emplearán estos criterios para calificar la inconsistencia de la carretera Enaco - Abra Ccorao.

Tabla: 4 Indicadores y criterios de Lamm

DISEÑO	COLOR	CS I (Km/h)	CS II (Km/h)
BUENO	Verde	$ V_{85n} - V_d \leq 10$	$ V_{85n} - V_{85n+1} \leq 10$
TOLERABLE	Amarillo	$10 < V_{85n} - V_d \leq 20$	$10 < V_{85n} - V_{85n+1} \leq 20$
POBRE	Rojo	$ V_{85n} - V_d > 20$	$ V_{85n} - V_{85n+1} > 20$

Fuente: Elaboración propia 2016.

Dónde:

CSI: Criterio de evaluación I.

CSII: Criterio de evaluación II.

V85n: Velocidad del percentil 85 del sitio (km/h).

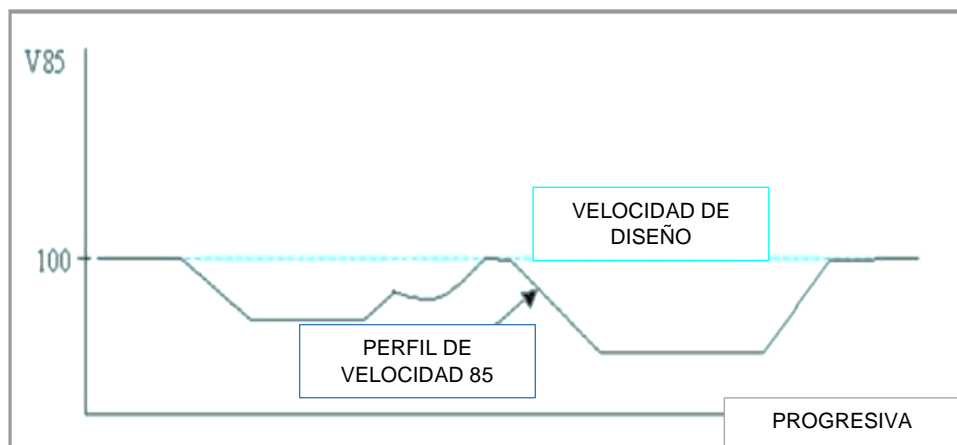
V85n+1: Velocidad del percentil 85 del sitio que le sucede (km/h).

Vd: Velocidad de diseño (km/h).

2.5.7. Construcción del perfil de velocidad de operación

En su investigación Felipe. E. (2014 p.11), toma el concepto del IHSDM (2003), Interactive Highway Safety Design Model (Modelo Interactivo de Diseño de Seguridad de la Carretera), el cual define al perfil de velocidad como sigue: "Un perfil de velocidades es un gráfico de las velocidades de operación en el eje vertical frente a la distancia a lo largo de la carretera en el eje horizontal.

Según los estudios realizados por Posada J., Cadavid S. Castro L. (2014 p.41) definen al perfil de velocidad como un gráfico básicamente de velocidades de operación en el eje vertical frente a la distancia a lo largo de la calzada en el eje horizontal. Este perfil se obtiene midiendo las velocidades de operación de los elementos geométricos sucesivos, de los alineamientos horizontal y vertical.



Fuente: Felipe E., (2014).

Figura: 17 Perfil de velocidades de la velocidad del percentil 85 y las velocidades de diseño

Por su parte, en la Plataforma Tecnológica Española de la Carretera (PTC), describe que para cada tramo de carretera existirá un perfil de velocidades de operación estos se desarrollan a partir de los modelos presentados por García A., Camacho F., Pérez A., Moreno A., & Llorca C., (2013 p.39) aplicando las siguientes reglas de construcción:

Cálculo de la velocidad de operación en todas las rectas y curvas circulares que componen el trazado. Las velocidades calculadas deberán extenderse hasta los límites de dichos elementos geométricos. Las curvas de transición, permanecerán sin velocidad asignada.

Para la construcción del perfil de velocidades se debe tomar en cuenta las velocidades que se detallaron anteriormente como son: velocidad de operación del percentil 85 en curvas y tangentes, velocidad de diseño y la velocidad de operación medida en campo. También las velocidades que detallaremos a continuación:

Según Felipe, E. (2014 p.11) la velocidad deseada se obtiene de medir la velocidad en secciones en tangentes muy largas o curvas de gran desarrollo en donde los conductores no se vean limitados por gradientes verticales o curvas verticales.

Por otra parte según García, Y. (2014 p.186) la velocidad deseada ha sido relacionada a la velocidad en rectas del conductor, esta velocidad es aquella que los conductores elijen para viajar en condiciones de flujo libre cuando no están restringidas por características del alineamiento.

Según Gallegos, G. (2013 p.13) la velocidad deseada corresponde a una velocidad en el cual el conductor se siente cómodo y seguro, bajo una condición en que la densidad de transito tiende a cero y sin restricciones en el trazado. También se establece como la velocidad de flujo libre según el Highway Capacity Manual (Manual de Capacidad de Carreteras) HCM-2000.

Para fines de este estudio, en la estimación de velocidades en tangentes del percentil 85, de acuerdo a los conceptos prescritos se consideró a la velocidad deseada a la velocidad máxima desarrollada por un vehículo ligero (pick up), sin ninguna restricción de las características del alineamiento, siendo igual a $V_{deseada}=73$ km/h.

2.6. Seguridad vial

Lauma. R. (2009 p.18), en su investigación tomo en cuenta el concepto de Radelat (2002). Definiendo que la seguridad vial no es más que la reducción del riesgo de accidentes, fallecidos y lesiones en la carretera, lograda a través de enfoques multidisciplinarios que abarcan ingeniería vial y gestión de tráfico, educación y formación de los usuarios de la carretera y diseño de los vehículos.

2.6.1. Dimensiones de la seguridad vial

Este nuevo proceso de diseño de carreteras gira en torno a la seguridad vial. Por ello el primer paso deberá consistir en definir dicho objetivo y cómo puede medirse. La seguridad vial es uno de los objetivos del diseño más importantes. Gran parte del contenido de normas y recomendaciones se centran en este aspecto, por lo que también debe recibir una atención especial en el proceso de diseño. A las diferentes formas de medir el grado de cumplimiento de la seguridad vial se les denomina dimensiones de la seguridad vial, existiendo cuatro dimensiones. (García, 2011)

2.6.1.1. Seguridad legal.

Es una parte constituyente de la seguridad nominal. Deja en el ámbito exclusivo del conductor la responsabilidad de la siniestralidad debida a una infraestructura con limitaciones. El cumplimiento de determinados preceptos legales no tiene por qué garantizar ningún nivel concreto de seguridad vial, ya que muchos de ellos están establecidos para limitar las repercusiones económicas.

2.6.1.2. Seguridad sustantiva.

Al contrario que las anteriores, está relacionada con la siniestralidad y no con la adaptación a la normativa de la solución proporcionada.

Así pues, está asociada a la cantidad de accidentes y a su gravedad. Mediante la consideración de esta dimensión de la seguridad, es posible llevar a cabo una estimación del impacto que un determinado diseño viario o actuación de mejora puede tener sobre la siniestralidad, empleando diversos métodos previamente calibrados. Esta dimensión presenta un carácter continuo, en el que se podrá estimar el impacto que la alteración de un factor del diseño tiene sobre la siniestralidad. Esto se corresponde con una interpretación de la seguridad más próxima a la realidad que las dimensiones nominal y legal, que tienen un carácter discreto (el diseño es o no es seguro).

2.6.1.3. Seguridad real.

Viene determinada por la siniestralidad que se produce en una red viaria en explotación. Su análisis debe alimentar la búsqueda de soluciones locales efectivas; pero su investigación conjunta y rigurosa mejora el conocimiento de seguridad, para propiciar una seguridad sustantiva más eficiente.

2.6.1.4. Seguridad nominal.

En la investigación de Justo, F., Graciela, M., Debora, A. (2013 p.9) tomaron como referencia los conceptos descritos por Hauer (2000) donde la seguridad nominal: Condición de seguridad de un proyecto o camino existente según el grado de cumplimiento de normas, términos de referencia, órdenes, guías y procedimientos de diseño generales del organismo vial.



La medida de la seguridad nominal es simplemente una comparación de las dimensiones de los elementos de diseño (ancho de carril, ancho de banquetas, la distancia visual, etc.) con los criterios de diseño adoptados. Es un "Sí - No"; una característica de diseño Sí cumple, o No cumple, con los criterios o rangos mínimos. Así, los caminos proyectados y construidos para satisfacer al menos los criterios mínimos de diseño pueden denominarse "nominalmente seguros". Una Excepción de Diseño es aceptar una condición que no cumple con la seguridad nominal.

Para la presente investigación se utilizó la evaluación de la seguridad vial – nominal conforme a los parámetros establecidos por la normatividad peruana, que se mostraron en el ítem 2.3 y herramientas de ingeniería en el capítulo 3.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Metodología de la investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Según el tipo de investigación es cuantitativa, porque buscó comprobar la hipótesis a base de recolección de datos de las mediciones numéricas realizadas, generalmente con ayuda de herramientas del campo de estadística.

3.1.2. Nivel de investigación

De acuerdo al nivel de investigación es descriptivo y exploratorio porque tuvo como fin evaluar las características geométricas de la carretera Enaco - Abra Ccorao y a partir de ello su consistencia de diseño, considerando que en la región del Cusco no se tienen investigaciones en este tema.

3.1.3. Método de investigación

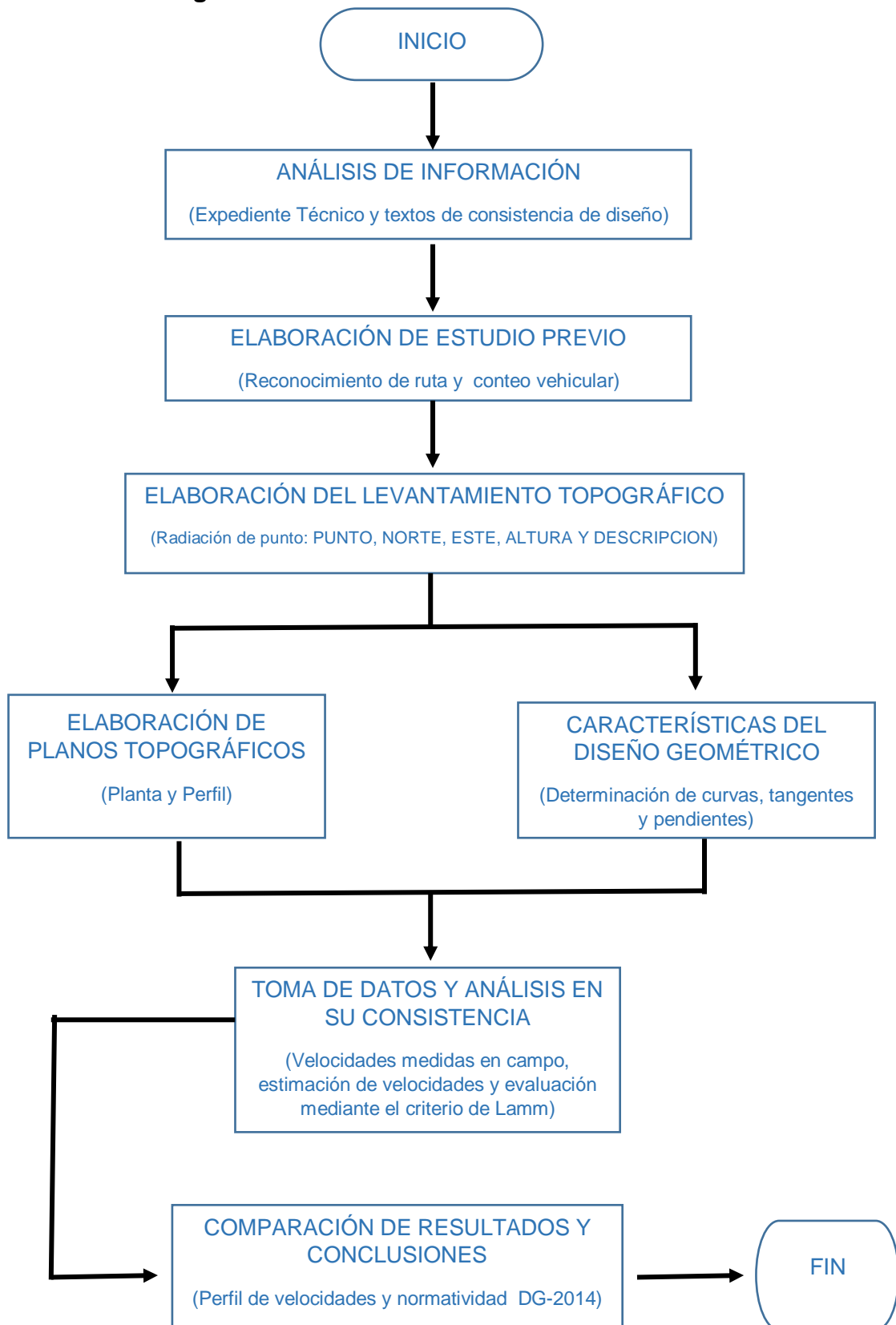
La presente investigación se realizó mediante el método Hipotético-Deductivo. El método consiste en un procedimiento que parte de unas aseveraciones en calidad de hipótesis y busca refutar tales hipótesis, deduciendo de ellas conclusiones que deben confrontarse con los hechos. (Bernal, 2006)

3.2. Diseño de la investigación

De acuerdo a su diseño, la investigación es no experimental, porque se estudió y mostró las variables tal como están sin alterar el terreno, sobre estas se evaluó la consistencia de diseño y se realizó verificaciones respecto al grado de cumplimiento con la norma, así mismo se correlacionó las variables de estudio para determinar la seguridad vial - nominal del diseño geométrico.

También fue de tipo transversal, porque las variables se midieron en una sola oportunidad y en un tiempo corto.

3.2.2. Diseño de ingeniería



3.3. Universo y muestra

3.3.1. Universo

3.3.1.1. Descripción del universo

Para lograr los objetivos trazados, la presente investigación incluyo el estudio de dos universos:

- ❖ Primero, denominado en adelante como universo A, constituido por las características geométricas del trazado de la carretera Enaco - Abra Ccorao el cual posee la orografía y la ruta adecuada para la recolección de datos de campo.
- ❖ Segundo, universo B, es la medición de velocidades de operación en campo, de los vehículos que transitan en la carretera Enaco - Abra Ccorao.

3.3.1.2. Cuantificación del universo

A continuación se describe la cuantificación de elementos evaluados:

- ❖ **Universo A:** Constituido por los 227 elementos de diseño geométrico (tangentes, curvas horizontales y verticales), que comprende a los 9+263.68 kilómetros de la carretera Enaco – Abra Ccorao.
- ❖ **Universo B:** Constituido por las 21,924 mediciones de las velocidades de operación en campo de cada curva y tangente, tanto en sentido de subida como de bajada de la carretera Enaco - Abra Ccorao.

3.3.2. Muestra

3.3.2.1. Descripción de la muestra

Para la presente investigación se cuentan con dos muestras correspondientes a los dos universos descritos en el ítem 3.3.1.1.

- ❖ **Muestra A:** constituyen 209 elementos de diseño geométrico de la carretera Enaco - Abra Ccorao, que comprende desde el Km 0+252.08 hasta el final que es el Km 9+263,68.
- ❖ **Muestra B:** constituida por las 21,924 mediciones de las velocidades de operación de los vehículos en campo, de cada tangente y curva, que comprende desde el kilómetro 0+252.08 hasta el final Abra Ccorao en ambos sentidos (subida - bajada).

3.3.2.2. Cuantificación de la muestra

Muestra A: Consta de los 209 elementos de diseño geométrico de la carretera en estudio.

Tabla: 5 Cuantificación de la Muestra A

Curvas horizontales	tangentes	Curvas verticales
87 und.	87 und.	35 und.

Fuente: Elaboración propia 2016.

Muestra B: La cuantificación de la muestra está constituida por 21,924 mediciones de las velocidades de operación de los vehículos en campo de las curvas horizontales y tangentes que comprenden desde el kilómetro 0+252.08 hasta el final (Abra Ccorao) en ambos sentidos (subida - bajada).

Tabla: 6 Cuantificación de la Muestra B

Sentido	Cantidad de curvas horizontales	Cantidad de tangentes	Cantidad de mediciones	Total
Subida	87	87	63	10,962 obs
Bajada	87	87	63	10,962 obs
TOTAL				21,924 obs

Fuente: Elaboración propia 2016.

3.3.2.3. Método de muestreo

No es posible determinar un solo muestreo debido a que cada una de las dos muestras fueron resultados de procedimientos distintos.

Muestreo A: Del levantamiento topográfico, que permite tener la misma cuantificación de universo y muestra, por ende es de tipo censal.

Muestreo B: Antes de iniciar las mediciones de velocidades puntuales en las curvas horizontales y tangentes fue necesario definir una muestra que satisfaga requerimientos estadísticos mínimos, por lo que se utilizó la expresión 1.0, donde un estudio de velocidades instantáneas requiere un tamaño de muestra adecuada para satisfacer consideraciones estadísticas. La siguiente ecuación es usada para calcular el número de

velocidades a ser medidas en el ámbito del transporte, cuando no se conoce el tamaño de la población descrito por el manual normativo “Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano para la ciudades medias Mexicanas” (p. 15-16, tomo XII), de tipo probabilístico.

$$N = \frac{S^2 K^2 (2+U^2)}{2E^2} \dots\dots\dots (1.0)$$

Dónde:

- ❖ N = tamaño de muestra.
- ❖ S = desviación estándar.
- ❖ K = constante para nivel de confiabilidad.
- ❖ U = depende del percentil buscado (constante correspondiente a la estadística de velocidad deseada; para velocidad media, use 0,00; para el 15 ú 85 percentil, use 1,04; para el 5 ó 95 percentil, use 1,64.)
- ❖ E = error permitido (kph).

Los valores asumidos para la presente investigación son:

- ❖ $S = 8.0$ este valor corresponde a un valor medio observado en estudios de velocidad. (ver tabla 35)
- ❖ $k = 2.0$ este valor corresponde a una probabilidad de 95.5% de que la velocidad estimada sea real. (ver tabla 34)
- ❖ $U = 1.04$ este valor corresponde para 15 y 85 percentil.
- ❖ $E = 2.5 \text{ km/h}$ este valor corresponde a la precisión requerida para el valor medio de la velocidad, en este caso se tomó de la investigación realizada por Felipe. E (2014) “Análisis de Consistencia del Trazado en Caminos de Montaña en la República de Guatemala”

$$N = \frac{8^2 2^2 (2+1.04^2)}{2 * 2.5^2}$$

$N = 63$ mediciones.

El resultado obtenido para el tamaño de la muestra es de 63 mediciones, se acepta ya que supera a la muestra mínima recomendada para estudios de velocidad (30 observaciones).

3.3.2.4. Criterios de evaluación de muestra

Para considerar los criterios de evaluación de la muestra se hizo uso de las siguientes normas:

Tabla: 7 Normatividad para la Evaluación

EVALUACIONES	NORMA E INVESTIGACIONES
CONTEO VEHICULAR.	- DG-2014 DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS PAG.102.
ESTIMACIÓN DE VELOCIDADES EN CURVAS Y TANGENTES.	- DG-2014 DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS TABLA 204.03 FÓRMULAS CALIBRADAS POR FITZPATRICK. -MÉTODOS DE LAMM (2000).
CANTIDAD DE OBSERVACIONES DE VELOCIDADES EN CAMPO.	-PROGRAMA DE ASISTENCIA TÉCNICA EN TRANSPORTE URBANO PARA LAS CIUDADES MEDIAS MEXICANAS.
EVALUACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO (PLANTA Y PERFIL).	-MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERAS PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO 2008.
EVALUACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO (PLANTA Y PERFIL)	-DG-2014 DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS.

Fuente: Elaboración propia 2016.

3.4. Instrumentos

3.4.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos utilizados fueron los formatos de campo y gabinete, donde se anotaron de manera organizada los datos recabados en el proceso del estudio del tráfico, procesamiento de datos del levantamiento topográfico, observación de velocidades de operación medidas en campo y evaluación de los sitios inconsistentes, que sirvieron para llegar a los resultados que se muestran en la presente investigación, dichos formatos mejoraron la posibilidad de análisis de datos y resultados.

Como instrumentos metodológicos se emplearon textos especializados en teoría de la metodología de la investigación de diversos autores así como otros especializados en la rama de transportes como el manual DG-2014.

Es así que los instrumentos para la recolección de datos en la investigación fueron:

3.4.1.1. Formato N° 1 ficha de conteo vehicular

Tabla: 8 Formato de conteo vehicular

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL												
TESIS:	"EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL NOMINAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO, DE ACUERDO A LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO"											
TIPO DE ESTUDIO:												
ESTACIÓN:												
SENTIDO:												
FECHA												
FORMATO N°1												
TIPO DE VEHÍCULO		M	M	M	M	M	N	N	L	OTROS	PARCIAL	
		AUTO	STATION WAGON	PICK UP	MINI BUS	MICRO	BUS 2E	C 2 E	C 3E			MOTOS
HORA												
6.00	7.00											
7.00	8.00											
8.00	9.00											
9.00	10.00											
10.00	11.00											
11.00	12.00											
12.00	13.00											
13.00	14.00											
14.00	15.00											
15.00	16.00											
16.00	17.00											
17.00	18.00											

ENCUESTADOR

RESPONSABLE

Fuente: Elaboración propia 2016.

3.4.1.2. Formato N° 02 ficha de cálculo del IMDA

Tabla: 9 Formato del cálculo del I.M.D.A.

CÁLCULO EL IMDA	
IMDA LIGERO	
IMDA PESADO	
IMDA TOTAL	

FACTOR DE CORRECCIÓN	
Fc LIGEROS	
Fc PESADOS	
IMDA* Fc TOTAL	

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL											
ESTUDIO DE TRÁFICO											
CARRETERA:											
TIPO DE ESTUDIO:											
ESTACIÓN:											
SENTIDO:											
FECHA:											
FORMATO N°2											
TIPO DE VEHÍCULO	M	M	M	M	M	M	N	N	L		
	AUTO	STATION VAGON	PICK UP	MINI BUS	MICRO	BUS 2 E	2E	3E	MOTOS	OTROS	TOTAL
DIA	FECHA										
MIÉRCOLES	20/07/2016										
JUEVES	21/07/2016										
VIERNES	22/07/2016										
SÁBADO	23/07/2016										
DOMINGO	24/07/2016										
LUNES	25/07/2016										
MARTES	26/07/2016										
TOTAL DE VEHÍCULOS SEMANAL											
TOTAL DE VEHÍCULOS LIGEROS											
TOTAL DE VEHÍCULOS PESADOS											

Fuente: Elaboración propia 2016.

3.4.1.3. Formato N°03 ficha de elementos de alineamiento horizontal

Tabla: 10 Formato de elementos de alineamiento horizontal

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
TESIS:		"EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL NOMINAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO, DE ACUERDO A LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO"									
TIPO DE ESTUDIO:											
FECHA:											
FORMATO N°3											
ELEMENTOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO											
PI	DELTA	R (m)	T (m)	LC (m)	C (m)	EXT. (m)	P.I.	P.C.	P.T.	ESTE(X)	NORTE(Y)

Fuente: Elaboración propia 2016.

- ❖ PI: Punto de intersección.
- ❖ DELTA: Ángulo de deflexión.
- ❖ R: Radio.
- ❖ T: Tangente.
- ❖ LC: Longitud de curva.
- ❖ C: Curva.
- ❖ EXT: External.
- ❖ P.C: Principio de curva.
- ❖ P.T: Principio de tangente.

3.4.1.4. Formato N°04 ficha de elementos de alineamiento vertical

Tabla: 11 Formato de elementos de alineamiento vertical



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL									
TESIS:		“EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL – NOMINAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO, DE ACUERDO A LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO”.							
TIPO DE ESTUDIO:									
FECHA:									
ELEMENTOS DE ALINEAMIENTO VERTICAL DE LA CARRETERA ENACO ABRA CCORAO									
FORMATO N°4									
DESCRIPCIÓN						ELEMENTOS DE CURVA			
PVI	PVI Estación	PVI Elevación	Pendiente de entrada	Pendiente de salida	Tipo de curva	(Diferencia algebraica de pendiente)	Lc	K	

Fuente: Elaboración propia 2016.

- ❖ PVI: Punto de intersección de tangentes verticales.
- ❖ Lc: Longitud de curva.
- ❖ K: Parámetro de curvatura.

3.4.1.5. Formato N°05 ficha de mediciones de velocidades de operación en campo

Tabla: 12 Formato de velocidades de operación en campo

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS:		"EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL NOMINAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO, DE ACUERDO A LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO"			
PROGRESIVA:					
INSTRUMENTO:					
TIPO DE ELEMENTO:					
FORMATO N°5					
Vehículos ligeros (SUBIDA)			Vehículos ligeros (BAJADA)		
N° Medición	velocidad(km/h)	vehículo	N° Medición	velocidad(km/h)	vehículo

Fuente: Elaboración propia 2016.

3.4.1.6. Formato N°06 ficha de estimación de velocidades de operación por Fitzpatrick y Lamm**Tabla: 13 Formato de estimaciones de velocidades de operación por fitzpatrick y Lamm**

CONDICIONES DE ALINEAMIENTO		ECUACIÓN		DATOS	DATOS	TIPOS DE PENDIENTE	DATOS DE ENTRADA				
CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (-9% < i > -4%)		V85=102.10 - (3077.13/R)		102.1	3077.13	P1	a				m/s ²
CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (-4% < i > 0%)		V85=105.98 - (3709.90/R)		105.98	3709.9	P2	V.deseada				km/h
CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (0% < i > 4%)		V85=104.82 - (3574.51/R)		104.82	3574.51	P3	V Diseño				km/h
CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (4% < i > 9%)		V85=96.61 - (2752.19/R)		96.61	2752.19	P4					
CURVA HORIZONTAL COMBINADA CON CURVA CÓNCAVA		V85=105.32 - (3438.19/R)		105.32	3438.19	P5					
CURVA HORIZONTAL COMBINADA CON CURVA CONVEXA		CONSIDERAR CASO 2				P6					
N° PI	ELEMENTO	LONG (m)	RADIO (m)	P.C	P.T	PENDIENTE (%)	TIPO DE PENDIENTE FITZPATRICK	V(85) C. Km/h	LTMÍN (m)	LTMÁX (m)	V85 T.G (Km/h)

Fuente: Elaboración propia 2016.

- ❖ N° PI: Número de punto de intersección.
- ❖ P.C: Principio de curva.
- ❖ P.T: Principio de tangente.
- ❖ V85 C.: Velocidad estimada de curvas
- ❖ V85 T.G.: Velocidad estimada de tangentes.
- ❖ LTMÍN: Longitud de tangente mínima.
- ❖ LTMÁX: Longitud de tangente máxima.
- ❖ a: Aceleración

3.4.1.7. Formato N°07 ficha de evaluación de consistencia de diseño por los criterios de Lamm

Tabla: 14 Formato de evaluación de consistencia de diseño mediante los criterios de Lamm

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p> 														
TESIS:		"EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL NOMINAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO, DE ACUERDO A LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO"												
TIPO DE ESTUDIO:														
FECHA:														
EVALUACIÓN DE LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO														
FORMATO N° 7														
N°	PI	VALORES EN CURVAS HORIZONTALES							VALORES EN TANGENTES				C - I	C - II
		LONG. TANGENTE	RADIO	LC	DELTA	V85,C	V.DISEÑO.	V.DESEADA	LTMÍN	LTMÁX	a	V85,T	V85-Vdis	V85-V85
		m	m	m	°	km/h	km/h	km/h	m	m	m/s2	km/h	km/h	km/h

Fuente: Elaboración propia 2016.

- ❖ PI: Punto de intersección.
- ❖ L.C: Longitud de curva.
- ❖ DELTA: Ángulo de deflexión.
- ❖ V85 C.: Velocidad estimada de curvas.
- ❖ V85 T.: Velocidad estimada de tangentes.
- ❖ LTMÍN: Longitud de tangente mínima.
- ❖ LTMÁX: Longitud de tangente máxima.
- ❖ a: Aceleración.
- ❖ C-I: Criterio de consistencia I.
- ❖ C-II: Criterio de consistencia II.
- ❖ Vdis: Velocidad de diseño.

3.4.1.8. Formato N°08 ficha de evaluación de elementos geométricos en planta

Tabla: 15 Formato de evaluación de elementos geométricos en planta

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL													
TESIS:	"EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL NOMINAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO, DE ACUERDO A LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO"												
TIPO DE ESTUDIO:													
FECHA:													
DATOS DE ENTRADA	L MÍN S (m)	RADIO MÍNIMO (m)											
	L MÍN O (m)	NECESIDAD DE CURVA HORIZONTAL (m).											
	L MÁX (m)	VELOCIDAD DE DISEÑO											
FORMATO N° 8													
DATOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL					EVALUACIÓN DE PARÁMETROS								
PI	Km PI	ELEMENTO	L (m)	RADIO (m)	DEFLEXIÓN		TIPO DE TANGENTE EN CURVA.	SOBRE ANCHO CAMPO (m)	NECESIDAD DE CURVA HORIZONTAL (m).	L.C MÍN.	VERIF. R MÍN.	VERIF. L TG.	SOBRE ANCHO (m)
					Δ	SENTIDO							

- ❖ PI: Punto de intersección.
- ❖ L.C: Longitud de curva.
- ❖ (Δ) DELTA: Ángulo de deflexión.
- ❖ L TG: Longitud de tangente.
- ❖ LMÁX: Longitud de tangente máxima.
- ❖ Vdis: Velocidad de diseño.
- ❖ R: Radio
- ❖ L MÍN S: Longitud mínima de tangente en tipo de curvas en S.
- ❖ L MÍN O: Longitud mínima de tangente en tipo de curvas en O.

Fuente: Elaboración propia 2016.

3.4.1.9. Formato N°09 ficha de evaluación de elementos geométricos en perfil

Tabla: 16 Formato de evaluación de elementos geométricos en perfil



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
TESIS:	"EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL NOMINAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO, DE ACUERDO A LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO"						
RESPONSABLES:							
FECHA:							
FORMATO 9							
EVALUACIÓN DE CURVAS VERTICALES Y PENDIENTES							
PIV	PENDIENTE ENTRADA %	PENDIENTE SALIDA %	A (%)	TIPO DE CURVAS	PENDIENTE MÍNIMA	PENDIENTE MÁXIMA	NECESIDAD DE CURVA VERTICAL

Fuente: Elaboración propia 2016.

- ❖ PIV: Punto de intersección de las tangentes verticales.
- ❖ A: Diferencia algebraica de pendientes Longitud de curva.

3.4.1.10. Formato N°10 ficha de porcentaje de distancia de visibilidad

Tabla: 17 Formato de porcentaje de distancia de visibilidad

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 							
TESIS:	"EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL NOMINAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO, DE ACUERDO A LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO"						
RESPONSABLES:							
FECHA:							
EVALUACIÓN DE LA CARRETERA CON VISIBILIDAD ADECUADA PARA ADELANTAR							
FORMATO 10							
TRAMO I ENACO (0+530) - PUMAMARCA(05+100)							
TRAMO II PUMAMARCA (05+100)- ABRA CCORAO (FINAL)							
CONDICIÓN OROGRÁFICA							
ESCARPADO TIPO 4							
CONDICIÓN OROGRÁFICA							
ACCIDENTADO TIPO3							
LONGITUD TOTAL							
LONGITUD TOTAL							
Dp (m)	%	Da (m)	%	Dp (m)	%	Da (m)	%


Fuente: Elaboración propia 2016.

- ❖ Dp: Distancia de parada.
- ❖ Da: Distancia de adelantamiento.



3.4.1.11. Formato N°11 ficha de distancia de visibilidad en curvas verticales

Tabla: 18 Formato de distancia de visibilidad en curvas verticales

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL																		
		TESIS:	"EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL NOMINAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO, DE ACUERDO A LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO"																	
RESPONSABLES:																				
EVALUACIÓN DE LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS VERTICALES																				
FORMATO N° 11																				
VISIBILIDAD									LONGITUD DE CURVA VERTICAL											
PIV	A (%)	K (%)	P (%)	TIPO DE CURVA	PROGRESIVA (km)	Dp vs Da	Dp (m)	Da (m)	POR SEGURIDAD											
									LC (m)	D > LC	D < LC	LONGITUD MÍNIMA RECOMENDADA	CUMPLIMIENTO							

Fuente: Elaboración propia 2016.

- ❖ PIV: Punto de intersección de las tangentes verticales.
- ❖ Da: Distancia de adelantamiento.
- ❖ Dp: Distancia de parada.
- ❖ A: Diferencia algebraica de pendientes.
- ❖ K: Parámetro de curvatura.
- ❖ P: Pendiente.

3.4.1.12. Formato N°12 ficha de distancia de visibilidad en curvas horizontales

Tabla: 19 Formato de distancia de visibilidad en curvas horizontales

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL											
		TESIS:	"EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL NOMINAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO, DE ACUERDO A LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO"										
RESPONSABLES:													
FORMATO N° 12													
DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES													
SITIO	PI	PROGRESIVA (km)	ELEMENTO	RADIO (m)	LC (m)	VELOCIDAD (km/h)	Tp (s)	f MÁX	± i (%)	Dp CALCULADO (m)	"a" DE DESPEJE REQUERIDO METODO GRÁFICO (m)	"a" DE DESPEJE EN CAMPO (m)	CUMPLIMIENTO

Fuente: Elaboración propia 2016.

- ❖ PI: Punto de intersección
- ❖ LC: Longitud de curva.
- ❖ Tp: Tiempo de parada.
- ❖ Dp: Distancia de parada.
- ❖ f MÁX: Coeficiente de fricción.
- ❖ a: ancho de despeje requerido.

3.4.1.13. Formato N°13 ficha de evaluación de peraltes

Tabla: 20 Formato de evaluación de peraltes

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL								
TESIS:	"EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL NOMINAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO, DE ACUERDO A LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO"							
RESPONSABLES:								
FECHA:								
FORMATO N°13								
EVALUACIÓN DE PERALTES MÁXIMOS								
DATOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL				ANÁLISIS DE PARÁMETROS				
SITIOS	PI (km)	ELEMENTO	RADIO (m)	VELOCIDAD (km/h)	PERALTE (%)	MEDICIÓN CON EL ECLÍMETRO(°)	CONVERSIÓN DE PENDIENTE EN (°) A PENDIENTE (%)	VERIFICACIÓN

Fuente: Elaboración propia 2016.

❖ PI: Punto de intersección

3.4.1.14. Formato N°14 ficha de resumen de velocidades

Tabla: 21 Formato de resumen de velocidades

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONA DE INGENIERÍA CIVIL				
TESIS:		"EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL - NOMINAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO, DE ACUERDO A LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO"				
RESPONSABLES						
FECHA:						
VELOCIDADES DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO						
FORMATO 14						
1	2	3	5	6	7	
SITIO	ELEMENTO	PROGRESIVAS (km)	V. DE DISEÑO (km/h)	V. MEDIDA SUBIDA (km/h)	V. MEDIDA BAJADA (km/h)	

Fuente: Elaboración propia 2016.

3.4.1.15. Herramientas de evaluación de normas y manuales.

Tabla: 22 Factor de corrección promedio para vehículos ligeros/pesados (estación Saylla 2010)

COD.	PEAJE	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
P061	Saylla Ligeros	1.012254	0.962672	1.064325	1.292215	1.179586	1.17181	1.045055	0.979378	0.93148	1.056679	1.06744	0.987959
P061	Saylla Pesados	1.033154	1.002258	1.048227	1.197009	1.087123	1.085906	1.02681	0.967106	0.969674	0.99655	0.959322	0.913599

Fuente: Resumen Manual de Diseño Merino R. (2016).

Tabla: 23 Tasa anual regional del PBI (Producto Bruto Interno)

Región	Año 2015
Cusco	4.30

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática

Tabla: 24 Tasa de crecimiento de la población por región

Región	AÑOS			
	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015
Perú	1.70	1.6	1.50	1.30
Cusco	1.20	1.20	1.10	1.00

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática



Tabla: 25 Datos básicos de vehículos para el dimensionamiento de carreteras

Tipo de vehículo	Alto total	Ancho Total	Vuelo lateral	Ancho ejes	Largo total	Vuelo delantero	Separación ejes	Vuelo trasero	Radio mín. rueda exterior
Vehículo ligero (VL)	1,30	2,10	0,15	1,80	5,80	0,90	3,40	1,50	7,30
Ómnibus de dos ejes (B2)	4,10	2,60	0,00	2,60	13,20	2,30	8,25	2,65	12,80
Ómnibus de tres ejes (B3-1)	4,10	2,60	0,00	2,60	14,00	2,40	7,55	4,05	13,70
Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)	4,10	2,60	0,00	2,60	15,00	3,20	7,75	4,05	13,70
Ómnibus articulado (BA-1)	4,10	2,60	0,00	2,60	18,30	2,60	6,70 / 1,90 / 4,00	3,10	12,80
Semirremolque simple (T2S1)	4,10	2,60	0,00	2,60	20,50	1,20	6,00 / 12,50	0,80	13,70
Remolque simple (C2R1)	4,10	2,60	0,00	2,60	23,00	1,20	10,30 / 0,80 / 2,15 / 7,75	0,80	12,80
Semirremolque doble (T3S2S2)	4,10	2,60	0,00	2,60	23,00	1,20	5,40 / 6,80 / 1,40 / 6,80	1,40	13,70
Semirremolque remolque (T3S2S1S2)	4,10	2,60	0,00	2,60	23,00	1,20	5,45 / 5,70 / 1,40 / 2,15 / 5,70	1,40	13,70
Semirremolque simple (T3S3)	4,10	2,60	0,00	2,60	20,50	1,20	5,40 / 11,90	2,00	1

Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).

Tabla: 26 Deflexión máxima

Velocidad de diseño Km/h	Deflexión máxima aceptable sin curva circular
30	2° 30´
40	2° 15´
50	1° 50´
60	1° 30´
70	1° 20´
80	1° 10´

Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).

Tabla: 27 Rangos de velocidades en función a la clasificación de la carretera por tipo de demanda y orografía

CLASIFICACION	OROGRAFIA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)												
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130		
Autopista de primera clase	Plano													
	Ondulado													
	Accidentado													
	Escarpado													
Autopista de segunda clase	Plano													
	Ondulado													
	Accidentado													
	Escarpado													
Carretera de primera clase	Plano													
	Ondulado													
	Accidentado													
	Escarpado													
Carretera de segunda clase	Plano													
	Ondulado													
	Accidentado													
	Escarpado													
Carretera de tercera clase	Plano													
	Ondulado													
	Accidentado													
	Escarpado													

Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).

Tabla: 28 Longitudes de tramo en tangente

V (km/h)	L min.s (m)	L min.o (m)	L máx (m)
30	42	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
70	97	194	1169
80	111	222	1336
90	125	250	1503
100	139	278	1670
110	153	306	1837
120	167	333	2004
130	180	362	2171

Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).

Tabla: 29 Valores del radio mínimo para velocidades específicas de diseño, peralte máximo y valores límite de fricción

Velocidad específica Km/h	Peralte máximo e (%)	Valor límite de fricción $f_{máx}$	Calculado radio mínimo (m)	Redondeo radio mínimo (m)
20	4,0	0,18	14,3	15
30	4,0	0,17	33,7	35
40	4,0	0,17	60,0	60
50	4,0	0,16	98,4	100
60	4,0	0,15	149,1	150
20	6,0	0,18	13,1	15
30	6,0	0,17	30,8	30
40	6,0	0,17	54,7	55
50	6,0	0,16	89,4	90
60	6,0	0,15	134,9	135
20	8,0	0,18	12,1,	10
30	8,0	0,17	28,3	30
40	8,0	0,17	50,4	50
50	8,0	0,16	82,0	80
60	8,0	0,15	123,2	125
20	10,0	0,18	11,2	10
30	10,0	0,17	26,2	25
40	10,0	0,17	46,6	45
50	10,0	0,16	75,7	75
60	10,0	0,15	113,3	115
20	12,0	0,18	10,5	10
30	12,0	0,17	24,4	25
40	12,0	0,17	43,4	45
50	12,0	0,16	70,3	70
60	12,0	0,15	104,9	105

Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).

Tabla: 30 Máximas longitudes de paso o adelantamiento

Categoría de vía	Longitud
Autopistas de primera y segunda	1.500 m
Carretera de Primera clase	2.000 m
Carretera de Segunda clase	2.500 m

Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).

Tabla: 31 Porcentaje del tramo con visibilidad para adelantar

Condiciones orográficas	% mínimo	% deseable
Terreno plano Tipo 1	50	> 70
Terreno ondulado Tipo 2	33	> 50
Terreno accidentado Tipo 3	25	> 35
Terreno escarpado Tipo 4	15	> 25

Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).

Tabla: 32 Mínima Distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles

V (kph)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Da (m)	110	170	230	290	350	410	470	530	580	650	700	760	820

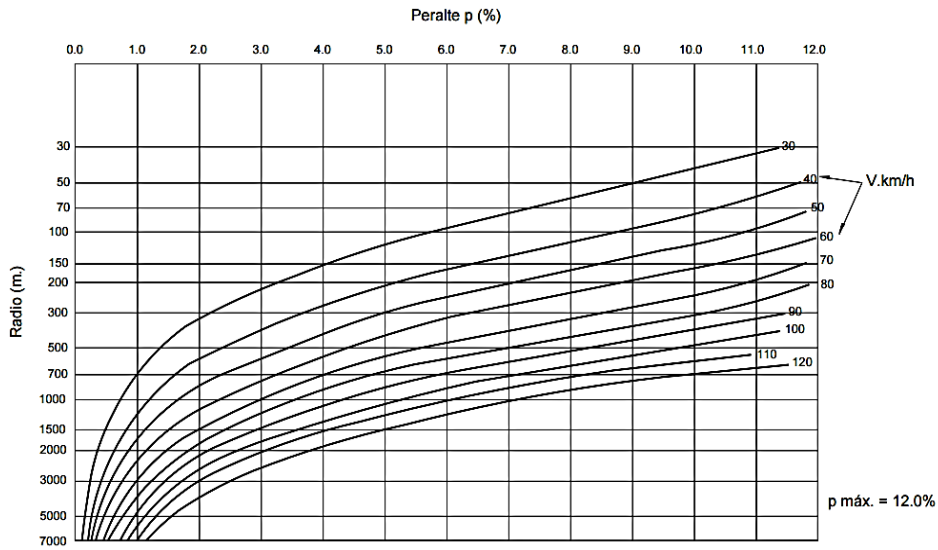
Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).



Tabla: 33 Pendiente máxima

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 20 km/h																	8,00	9,00	10,00	12,00
30 km/h																	8,00	9,00	10,00	12,00
40 km/h																9,00	8,00	9,00	10,00	10,00
50 km/h											7,00	7,00			8,00	9,00	8,00	8,00	8,00	8,00
60 km/h					6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	7,00	8,00	9,00	8,00	8,00	8,00	8,00
70 km/h			5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	7,00	7,00		7,00	7,00	7,00	7,00
80 km/h	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00		6,00	6,00			7,00	7,00	7,00	7,00
90km/h	4,50	5,00	5,00		5,00	5,00	6,00		5,00	5,00			6,00				6,00	6,00	6,00	6,00
100km/h	4,50	4,50	4,50		5,00	5,00	6,00		5,00				6,00							
110 km/h	4,00	4,00			4,00															
120 km/h	4,00	4,00			4,00															
130 km/h	3,50																			

Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).



Fuente: Manual de Diseño (DG-2014).

Figura: 18 Peraltes en zonas rurales (tipo 3 o 4)

Tabla: 34 Constantes correspondientes al nivel de confianzas

Constante, K	Nivel de Confianza (%)
1,00	68,3
1,50	86,6
1,64	90,0
1,96	95,0
2,00	95,5
2,50	98,8
2,58	99,0
3,00	99,7

Fuente: Programa de Asistencia Técnica en Transporte

Tabla: 35 Desviaciones estándar de velocidades instantáneas para determinar el tamaño de la muestra y sentido

Área de Tránsito	Tipo de Carretera	Desviación Estándar Media (kph)
Rural	2 carriles	8,5
Rural	4 carriles	6,8
Intermedio	2 carriles	8,5
Intermedio	4 carriles	8,5
Urbana	2 carriles	7,7
Urbana	4 carriles	7,9
Valor Redondeado		8,0

Fuente: Programa de Asistencia Técnica en Transporte

3.4.2. Instrumentos de ingeniería

Para la recolección de datos del levantamiento topográfico y medición de velocidades de operación en campo, se hicieron uso de los siguientes equipos:

Tabla: 36 Instrumento de Ingeniería

INSTRUMENTO	DEFINICIÓN ESPECIFICACIONES	IMAGEN REFERENCIAL
CINTA MÉTRICA - STANLEY (50 M)	Cinta reforzada con fibra de vidrio para mediciones precisas.	
GPSMAP 64s	Posee un receptor GPS y GLONASS de alta sensibilidad con una antena Cuadrifilar Hélix para una identificación rápida y una capacidad de recepción de calidad superior.	
ESTACIÓN TOTAL (TOPCON OS-105)	Con precisión de 5".	
PRISMA	Objeto circular formado por una serie de cristales que tienen la función de regresar la señal emitida por una estación total.	
PORTA PRISMA	Estructura de aluminio. Extensible hasta 4.6mts y con un nivel esférico (ojo de pollo) calibrado.	

Continúa...

INSTRUMENTO	DEFINICION O ESPECIFICACIONES	IMAGEN REFERENCIAL
TRÍPODE	Base que sirve de apoyo a la estación total.	
ECLÍMETRO	Es un goniómetro cenital, que mide ángulos de inclinación de un plano.	
PISTOLA RADAR DE VELOCIDADES BUSHNELL SPEEDSTER III	La pistola radar de velocidad de Bushnell es una tecnología digital para ofrecer mediciones instantáneas de velocidad con una precisión de hasta +/- una milla por Hora (MPH) / +/- 2 kilómetro por Hora (KPH).	
JALÓN	Jalón o baliza es un accesorio para realizar mediciones con instrumentos topográficos.	

Fuente: Elaboración propia 2016.

3.5. Procedimiento de recolección de datos

3.5.1. Conteo vehicular

3.5.1.1. Equipos y materiales

- Ficha del conteo vehicular.
- Reloj de mano.
- Materiales de escritorio (bolígrafos, lápiz, etc.)

3.5.1.2. Procedimiento

Conteo vehicular (transito)

Conocer el tráfico que ha soportado una carretera es dato fundamental para proyectar y valorar su seguridad. Es necesario conocer el número total de vehículos, su tipo, distribución en el tiempo y su factor de crecimiento anual, no solo para determinar la sección transversal sino también las pendientes longitudinales máximas admisibles, entre otras.

Toma de muestra ubicación de la estación de conteo

En general, para la ubicación de las estaciones de conteo vehicular con fines de estudio de tráfico, se recomienda evaluar la red vial en estudio teniendo en cuenta que la estación de conteo debe ubicarse al principio y al final de las secciones o tramos en estudio, que represente flujos vehiculares continuos, en lo posible que tenga menor flujo vehicular adicional de incremento o de salida, por ello se planificó previamente al estudio de tráfico redes con nodos, donde se ubicó las estaciones de conteo, desde la cual permitió obtener una información lo más real posible, registrándose todos los vehículos que crucen la estación de conteo en ambos sentidos.

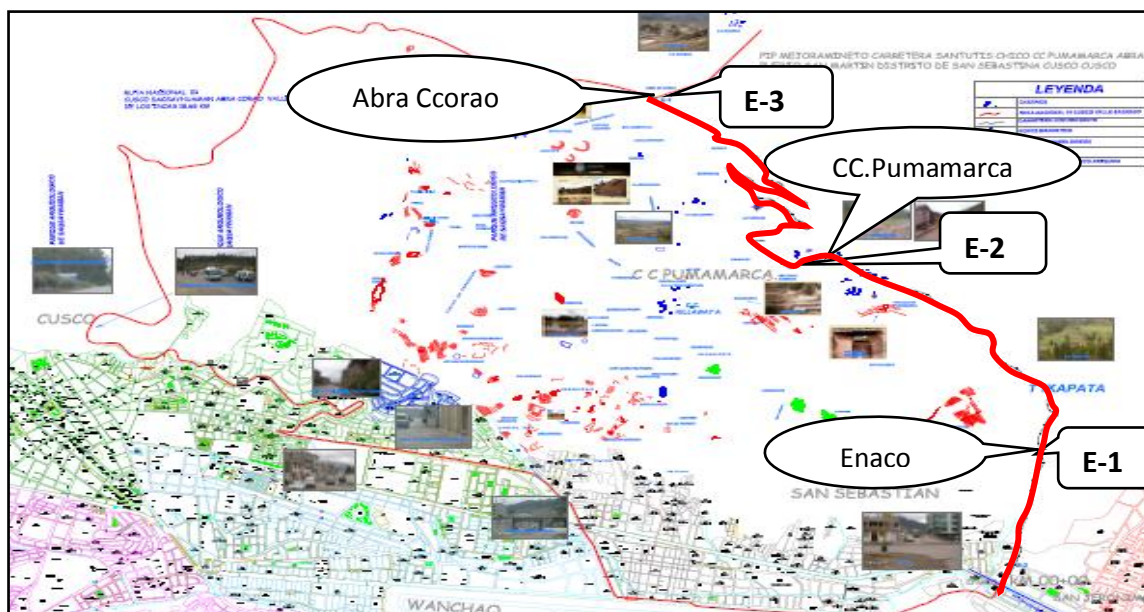
Para efectos del presente estudio se fijó como punto inicial la progresiva 00+430 ubicado en la estación Enaco, punto intermedio en la progresiva 4+240 ubicado en C.C Pumamarca y como punto final en la progresiva 09+225 ubicado en Abra Ccorao. El estudio de campo se realizó desde el miércoles 20 de julio hasta el martes 26 de julio del 2016 durante los 7 días consecutivos.

Tabla: 37 Características generales de la carretera Enaco - Abra Ccorao N° CU-1133

ESTACIONES	LUGARES	DISTANCIA
E-1	Enaco (Inicio de la carretera)	Km. 0+430
E-2	Cc. Pumamarca (Punto intermedio de la carretera)	Km. 4+240
E-3	Abra Ccorao (Punto de intersección con la carretera Cusco-Pisac-Calca, final de carretera)	Km. 9+225

Fuente: Elaboración propia 2016.

Para una mejor apreciación en el cuadro adjunto se indican las características y ubicación de las estaciones del conteo del tramo de la vía en estudio.



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 19 Ubicación geográfica de las estaciones

Características generales del conteo

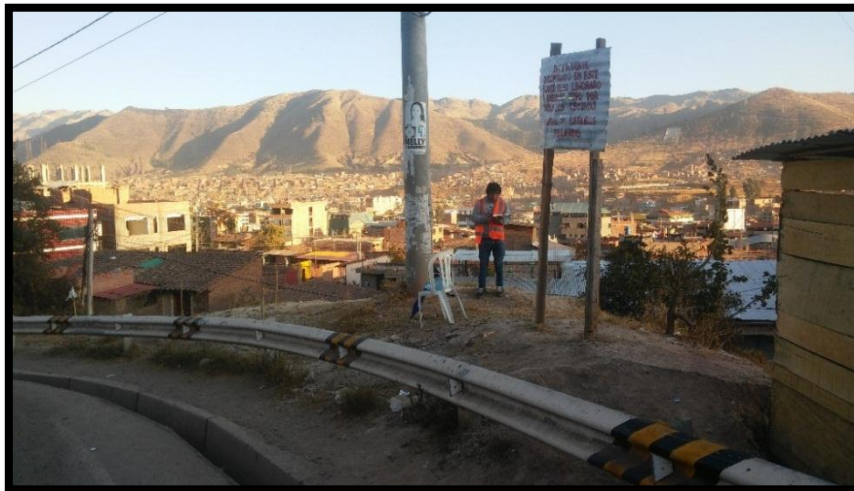
Las características básicas del conteo vehicular fueron los siguientes:

- a) Los conteos fueron realizados durante 7 días por estación siendo estos: miércoles, jueves, viernes, sábado, domingo, lunes y martes.
- b) Los conteos se realizaron durante 24 horas, con el objetivo de identificar el comportamiento del flujo vehicular durante el día y la noche.
- c) Las horas de conteo fueron desde las 06:00 AM hasta 06:00 AM del día siguiente, dos turnos: de día y de noche de 12 horas respectivamente.
- d) Los conteos vehiculares fueron cerrados cada hora, con el objetivo de evaluar posibles variaciones horarias.
- e) Los vehículos fueron agrupados según la siguiente clasificación:

Tabla: 38 Clasificación vehicular para el conteo

LIGEROS	PESADOS
Auto	Micro
Station Wagon	Bus 2 E
Mini Bus	Camión 2 E
Motos	Camiones 3 E
Pick up	

Fuente: Elaboración propia 2016.



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 20 *Conteo vehicular estación E-1 Enaco*



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 21 *Conteo vehicular estación E-2 Pumamarca*



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 22 Conteo vehicular estación E-3 Ccorao

3.5.1.3. Toma de datos del tránsito actual

Tabla: 39 Conteos de tráfico vehicular volumétrico (6:00 am a 18:00 pm)

ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL EXISTENTE (USANDO FACTOR DE CORRECIÓN ESTACIONAL)											
ESTUDIO DE TRÁFICO											
CARRETERA:		ENACO - ABRA CCORAO									
TIPO DE ESTUDIO:		CONTEO VEHICULAR									
ESTACIÓN:		ENACO - PUMAMARCA - ABRA CCORAO									
SENTIDO:		SUBIDA - BAJADA									
FECHA:		20 AL 26 DE JULIO DEL 2016									
TIPO DE VEHÍCULO	M	M	M	M	M	M	N	N	L	TOTAL	
	AUTO	STATION VAGON	PICK UP	MINI BUS	MICRO	BUS 2 E	2E	3E	MOTOS		
DIA	FECHA										
MIÉRCOLES	20/07/2016	320 v/d	160 v/d	226 v/d	63 v/d	5 v/d	2 v/d	130 v/d	25 v/d	40 v/d	969 v/d
JUEVES	21/07/2016	274 v/d	192 v/d	211 v/d	65 v/d	5 v/d	0 v/d	121 v/d	37 v/d	50 v/d	955 v/d
VIERNES	22/07/2016	278 v/d	117 v/d	223 v/d	46 v/d	4 v/d	1 v/d	118 v/d	35 v/d	29 v/d	851 v/d
SÁBADO	23/07/2016	334 v/d	139 v/d	230 v/d	64 v/d	4 v/d	2 v/d	116 v/d	24 v/d	36 v/d	949 v/d
DOMINGO	24/07/2016	485 v/d	187 v/d	339 v/d	70 v/d	1 v/d	1 v/d	52 v/d	7 v/d	47 v/d	1189 v/d
LUNES	25/07/2016	243 v/d	156 v/d	231 v/d	57 v/d	4 v/d	1 v/d	116 v/d	22 v/d	32 v/d	862 v/d
MARTES	26/07/2016	318 v/d	158 v/d	243 v/d	55 v/d	4 v/d	1 v/d	112 v/d	29 v/d	39 v/d	959 v/d
TOTAL DE VEHÍCULOS SEMANAL		2252 v/d	1109 v/d	1703 v/d	420 v/d	26 v/d	8 v/d	764 v/d	178 v/d	273 v/d	6734 v/d
TOTAL DE VEHÍCULOS LIGEROS + conteo de noche		6100 v/d									
TOTAL DE VEHÍCULOS PESADOS + conteo de noche								1140 v/d			

Fuente: Elaboración propia 2016.

Para el caso del conteo vehicular volumétrico de las 18:00 pm a las 6:00 am se tomó solo el conteo de la estación 2 Pumamarca, debida a la peligrosidad de las altas horas en las demás estaciones, de acuerdo a las recomendaciones del asesor.

Tabla: 40 Conteos de tráfico vehicular volumétrico, estación 2 - Pumamarca (18:00 pm – 6:00 am)

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
CARRETERA:		CARRETERA ENACO ABRA CCORAO	
TIPO DE ESTUDIO:		CONTEO VEHICULAR	
ESTACIÓN:		PUMAMARCA E-2	
SENTIDO:		SUBIDA - BAJADA	
FECHA:		DEL 20 DE JULIO AL 26 DE JULIO (2016)	
HORA:		18:00 PM - 6:00 AM	
DIAS		LIGEROS	PESADOS
MARTES	20/07/2016	48	24
MIÉRCOLES	21/07/2016	47	25
JUEVES	22/07/2016	54	25
VIERNES	23/07/2016	49	27
SÁBADO	24/07/2016	41	22
DOMINGO	25/07/2016	62	15
LUNES	26/07/2016	41	25
TOTAL		342	163

Fuente: Elaboración propia 2016.

3.5.2. Levantamiento topográfico

3.5.2.1. Equipos utilizados

Para la recolección de los datos del relieve terrestre se necesitaron los instrumentos que se muestran a continuación:

- Estación total (TOPCON OS-105).
- Prismas con bastones.
- Trípode que soporte el equipo de medición.
- GPS MAP 64s.
- Wincha de 3m.

3.5.2.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por todos los datos necesarios para la representación gráfica del área en estudio, a todo ello los datos fueron tomados secuencialmente como: eje, borde, cuneta y terreno, con el fin

de obtener y determinar la configuración de la vía a detalle y que permita apreciar las características geométricas.

3.5.2.3. Procedimiento

- Primero que todo, se observó antes del levantamiento el terreno a representar con la finalidad de adelantarse a cualquier problema que se pudiera presentar en la toma de datos.
- Obtuvimos las coordenadas y la cota de nuestra estación, con GPS y las introducimos en la estación total. Las coordenadas obtenidas fueron:

PUNTOS	NORTE	ESTE	ALTURA	DESCRIPCIÓN	PUNTOS
1	8502065	184886	3277	BM 1	101

- Introducimos coordenadas norte, este y la cota del punto de referencia en la estación total en la parte de orientación. Atendiendo a estas consideraciones, se radió con la estación total el punto de referencia. Los datos del punto de referencia son :

PUNTOS	NORTE	ESTE	ALTURA	DESCRIPCIÓN	PUNTOS
2	8502036.61	184865.476	3275.126	RF 1	102

- Por otra parte se tomó los datos de la radiación de los puntos arbitrarios, recordando que la altura del instrumento usada fue: 1.60 m y la altura del prisma fue: 2.50m.
- A todo ello la información se organizó por días en diferentes archivos, los cuales contienen puntos con sus coordenadas y otros datos.
- En la investigación se obtuvieron 2852 puntos, de los cuales se realizaron 35 cambios de punto que fueron ubicados estratégicamente.
- Es importante mencionar que para la recolección de los puntos del levantamiento topográfico, el equipo de trabajo estuvo conformado por 5 personas, con la debida implementación de medidas de seguridad tales como chalecos, conos, señalizaciones etc.



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 23 Estacionamiento en el punto de cambio



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 24 Levantamiento topográfico tramo final

3.5.2.4. Toma de datos

- Debido a que la información de los datos obtenidos del levantamiento topográfico son de 2852 puntos, en las siguientes tablas solo se presentarán del 1 al 500, y las demás en el disco compacto del anexo 5.

3.5.2.5. Tabla de recolección del levantamiento topográfico

Tabla: 41 Recolección de datos del levantamiento topográfico.

CARRETERA:		ENACO - ABRA CCORAO							
TIPO DE ESTUDIO:		PUNTOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO							
INSTRUMENTO:		TOPCON- PRISMAS - GPS							
FECHA:		OCTUBRE del 2016							
PUNTOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO									
PUNTOS	NORTE	ESTE	ALTURA	DESCRIPCIÓN	PUNTOS	NORTE	ESTE	ALTURA	DESCRIPCIÓN
1	8502065	184886	3277	BM 1	51	8502118.11	184904.007	3280.192	BORDE
2	8502036.61	184865.476	3275.126	RF 1	52	8502125.13	184911.784	3280.819	EJE
3	8502008.47	184820.399	3271.251	ESQ	53	8502126.95	184908.705	3280.74	BORDE
4	8502004.29	184830.361	3271.016	ESQ	54	8502123.95	184914.183	3280.761	BORDE
5	8502016.02	184828.715	3271.776	BORDE	55	8502134	184916.417	3281.438	EJE
6	8502010.62	184835.071	3271.808	BORDE	56	8502135.56	184913.412	3281.36	BORDE
7	8502013.05	184832.159	3271.847	EJE	57	8502133.14	184918.635	3281.379	BORDE
8	8502020.29	184839.015	3272.981	EJE	58	8502142.72	184921.272	3282.051	EJE
9	8502017.19	184841.871	3272.906	BORDE	59	8502144.49	184918.211	3282.018	BORDE
10	8502023.44	184836.289	3272.853	BORDE	60	8502141.79	184923.028	3282.013	BORDE
11	8502026.68	184846.565	3273.825	EJE	61	8502336.33	184998.977	3300.362	BM
12	8502023.5	184849.247	3273.755	BORDE	62	8502314.22	184989.461	3297.626	BM
13	8502029.87	184844.023	3273.802	BORDE	63	8502126.44	184918.853	3280.951	ESQ
14	8502032.77	184854.534	3274.541	EJE	64	8502130.37	184921.061	3281.001	ESQ
15	8502035.9	184851.859	3274.482	BORDE	65	8502128.35	184913.581	3281.019	EJE
16	8502029.71	184857.065	3274.437	BORDE	66	8502126.69	184916.294	3280.903	EJE
17	8502038.84	184862.5	3275.17	EJE	67	8502134.11	184916.218	3281.416	EJE
18	8502041.96	184859.797	3275.117	BORDE	68	8502132.39	184919.377	3281.245	BORDE
19	8502036.16	184864.668	3275.12	BORDE	69	8502135.75	184913.092	3281.272	BORDE
20	8502045.95	184869.533	3275.684	EJE	70	8502142.76	184921.061	3282.021	EJE
21	8502045.66	184866.794	3275.54	BUSO	71	8502141.31	184924.159	3281.908	BORDE
22	8502042.6	184873.229	3275.66	BORDE	72	8502144.34	184917.665	3281.856	BORDE
23	8502048.36	184866.188	3275.618	BORDE	73	8502151.74	184925.482	3282.712	EJE
24	8502054.52	184874.529	3276.241	EJE	74	8502150.44	184928.555	3282.623	BORDE
25	8502051.53	184878.988	3276.129	BORDE	75	8502152.92	184921.976	3282.581	BORDE
26	8502056.7	184871.056	3276.149	BORDE	76	8502160.99	184929.045	3283.348	EJE
27	8502063.18	184879.415	3276.848	EJE	77	8502159.69	184932.258	3283.319	BORDE
28	8502061.01	184883.615	3276.768	BORDE	78	8502162	184925.599	3283.338	BORDE
29	8502065.18	184875.796	3276.712	BORDE	79	8502161.53	184928.943	3283.48	BUSO
30	8502068.19	184874.595	3277.103	ESQ	80	8502170.47	184932.234	3284.155	EJE
31	8502071.8	184876.581	3277.152	ESQ	81	8502169.39	184935.635	3284.122	BORDE
32	8502073.3	184893.995	3277.47	ESQ	82	8502171.28	184928.669	3283.995	BORDE
33	8502068.08	184888.011	3277.207	BORDE	83	8502180	184935.278	3284.956	EJE
34	8502071.14	184878.947	3277.07	BORDE	84	8502178.59	184938.747	3284.847	BORDE
35	8502070.03	184883.707	3277.327	EJE	85	8502181.02	184931.855	3284.792	BORDE
36	8502086.4	184899.996	3278.026	ESQ	86	8502189.28	184938.991	3285.78	EJE
37	8502080.8	184888.922	3277.999	EJE	87	8502187.65	184942.399	3285.743	BORDE
38	8502079.39	184892.5	3277.932	BORDE	88	8502190.55	184935.735	3285.683	BORDE
39	8502082.66	184885.282	3277.909	BORDE	89	8502187.36	184943.712	3285.641	ESQ
40	8502089.71	184893.407	3278.537	EJE	90	8502189.14	184934.51	3285.569	ESQ
41	8502088.63	184896.292	3278.516	BORDE	91	8502191.72	184939.43	3286.012	BUSO
42	8502091.48	184889.75	3278.494	BORDE	92	8502199.39	184939.219	3286.528	ESQ
43	8502098.6	184897.982	3279.131	EJE	93	8502192.12	184945.281	3286.082	ESQ
44	8502100.63	184894.476	3279.064	BORDE	94	8502198.23	184943.294	3286.532	EJE
45	8502097.35	184900.656	3279.085	BORDE	95	8502196.9	184946.556	3286.513	BORDE
46	8502107.62	184902.126	3279.675	EJE	96	8502199.62	184940.114	3286.588	BORDE
47	8502109.3	184899.193	3279.631	BORDE	97	8502215.56	184954.079	3288.29	BORDE
48	8502106.04	184905.463	3279.611	BORDE	98	8502217.83	184947.421	3288.256	BORDE
49	8502116.39	184906.983	3280.276	EJE	99	8502216.79	184950.754	3288.378	EJE
50	8502114.72	184910.066	3280.207	BORDE	100	8502235.45	184957.64	3290.017	EJE

Continúa...



PUNTOS	NORTE	ESTE	ALTURA	DESCRIPCIÓN	PUNTOS	NORTE	ESTE	ALTURA	DESCRIPCIÓN
101	8502236.58	184954.25	3289.937	BORDE	151	8502387.29	184969.052	3307.938	EJE
102	8502234.53	184960.922	3290.014	BORDE	152	8502388.08	184973.482	3308.01	SUMEDERO
103	8502254.79	184963.296	3291.741	BUSO	153	8502382.85	184964.369	3307.491	SUMEDERO
104	8502254.19	184964.427	3291.794	EJE	154	8502387.29	184964.945	3307.93	BORDE
105	8502253.04	184967.66	3291.663	BORDE	155	8502386.58	184973.155	3307.81	BORDE
106	8502255.34	184961.05	3291.676	BORDE	156	8502386.64	184973.673	3307.245	CUNE
107	8502272.95	184971.205	3293.473	EJE	157	8502396.18	184971.483	3309.03	EJE
108	8502271.74	184974.596	3293.347	BORDE	158	8502395.59	184975.009	3308.993	BORDE
109	8502273.94	184967.791	3293.386	BORDE	159	8502397.21	184967.733	3309.021	BORDE
110	8502291.65	184978.073	3295.183	EJE	160	8502395.6	184975.438	3308.421	CUNE
111	8502290.65	184981.409	3295.133	BORDE	161	8502405.85	184973.736	3310.218	EJE
112	8502292.75	184974.603	3295.088	BORDE	162	8502405.42	184977.11	3310.168	BORDE
113	8502310.41	184984.75	3297.154	EJE	163	8502406.63	184970.323	3310.233	BORDE
114	8502311.16	184983.955	3297.191	BUSO	164	8502405.36	184977.53	3309.614	CUNE
115	8502311.27	184981.49	3297.048	BORDE	165	8502415.61	184975.591	3311.439	EJE
116	8502308.98	184988.047	3297.048	BORDE	166	8502416.25	184972.222	3311.326	BORDE
117	8502329	184991.606	3299.319	EJE	167	8502414.89	184979.076	3311.257	BORDE
118	8502327.72	184995.062	3299.308	BORDE	168	8502414.77	184979.589	3310.901	CUNE
119	8502330.16	184988.361	3299.252	BORDE	169	8502435.19	184979.062	3313.798	EJE
120	8502349.38	184999.688	3301.977	BUSO	170	8502435.77	184975.941	3313.72	BORDE
121	8502348.23	184996.05	3301.708	EJE	171	8502434.67	184982.5	3313.668	BORDE
122	8502348.33	184991.794	3301.6	BORDE	172	8502434.51	184982.972	3313.32	CUNE
123	8502349.45	185000.71	3301.991	BORDE	173	8502433.58	184978.58	3313.632	BUSO
124	8502342.64	185002.81	3301.781	ESQ	174	8502474.58	184984.687	3317.661	EJE
125	8502357.45	185001.503	3303.126	ESQ	175	8502475.23	184981.143	3317.606	BORDE
126	8502349.1	185005.16	3302.59	ESQ	176	8502474.29	184988.244	3317.551	BORDE
127	8502352.03	185004.652	3302.73	ESQ	177	8502474.27	184988.771	3317.241	CUNE
128	8502354.66	184988.333	3302.65	ESQ	178	8502529.8	184992.38	3321.199	BM3
129	8502347.96	184990.28	3302.111	ESQ	179	8502501.92	184986.735	3319.396	RF2
130	8502378.85	184965.687	3307.119	BM2	180	8502474.5	184984.722	3317.649	EJE
131	8502357.61	184993.073	3302.978	EJE	181	8502475.1	184981.098	3317.564	BORDE
132	8502354.82	184989.572	3302.747	BORDE	182	8502474.07	184988.211	3317.56	BORDE
133	8502360.42	184996.567	3303.114	BORDE	183	8502474.13	184988.866	3317.123	CUNE
134	8502355.11	184988.976	3302.269	CUNE	184	8502494.14	184988.493	3319.005	EJE
135	8502364.06	184985.756	3304.175	EJE	185	8502495.73	184988.275	3319.097	BUSO
136	8502361.05	184983.421	3304.121	BORDE	186	8502494.74	184984.848	3318.935	BORDE
137	8502367.01	184988.056	3304.202	BORDE	187	8502493.36	184991.761	3318.96	BORDE
138	8502360.82	184983.17	3303.686	CUNE	188	8502493.2	184992.494	3318.557	CUNE
139	8502367.39	184987.991	3303.654	CUNE	189	8502513.66	184992.562	3320.255	EJE
140	8502369.33	184977.274	3305.341	EJE	190	8502514.3	184989.15	3320.171	BORDE
141	8502366.52	184975.264	3305.396	BORDE	191	8502513.06	184995.975	3320.179	BORDE
142	8502372.45	184979.83	3305.282	BORDE	192	8502512.89	184996.576	3319.704	CUNE
143	8502366.26	184975.065	3305.087	CUNE	193	8502514.27	184988.033	3320.681	TERRE
144	8502372.67	184979.966	3304.722	CUNE	194	8502512.75	184997.583	3320.771	TERRE
145	8502376.79	184970.613	3306.62	EJE	195	8502536.76	184997.363	3321.676	EJE
146	8502374.42	184966.701	3306.688	BORDE	196	8502537.17	184993.822	3321.603	BORDE
147	8502378.79	184974.283	3306.558	BORDE	197	8502536.18	185000.781	3321.593	BORDE
148	8502379.19	184974.574	3306.016	CUNE	198	8502536.24	185001.443	3321.191	CUNE
149	8502374.33	184966.371	3306.378	CUNE	199	8502537.8	184992.171	3321.897	TERRE
150	8502379.27	184969.435	3306.992	BUSO	200	8502536.07	185002.251	3322.063	TERRE

Continúa...



PUNTOS	NORTE	ESTE	ALTURA	DESCRIPCIÓN	PUNTOS	NORTE	ESTE	ALTURA	DESCRIPCIÓN
201	8502552.83	185000.756	3322.64	EJE	251	8502841.68	185087.29	3351.086	BUSO
202	8502553.78	184997.346	3322.691	BORDE	252	8502845.9	185086.511	3351.465	EJE
203	8502552.35	185004.125	3322.507	BORDE	253	8502846.01	185089.926	3351.411	BORDE
204	8502552.55	185004.86	3322.058	CUNE	254	8502845.91	185082.74	3351.539	BORDE
205	8502553.94	184996.279	3322.717	TERRE	255	8502846.09	185090.754	3350.964	CUNE
206	8502552.39	185006.135	3322.837	TERRE	256	8502845.96	185080.984	3351.534	TERRE
207	8502562.61	185002.865	3323.262	EJE	257	8502846.22	185092.689	3352.36	TERRE
208	8502562.14	185006.251	3323.158	BORDE	258	8502855.93	185089.809	3352.122	BORDE
209	8502563.5	184999.402	3323.346	BORDE	259	8502856.06	185082.448	3352.312	BORDE
210	8502562.02	185006.878	3322.721	CUNE	260	8502855.88	185086.322	3352.198	EJE
211	8502563.71	184998.279	3323.439	TERRE	261	8502855.96	185090.767	3351.667	CUNE
212	8502561.68	185008.985	3323.542	TERRE	262	8502856.2	185080.249	3352.449	TERRE
213	8502572.2	185005.429	3323.906	EJE	263	8502855.77	185091.404	3352.109	CASA
214	8502573.29	185001.924	3323.973	BORDE	264	8502875.8	185087.322	3353.68	EJE
215	8502571.57	185008.68	3323.802	BORDE	265	8502875.74	185090.546	3353.612	BORDE
216	8502571.5	185009.419	3323.358	CUNE	266	8502876.18	185083.524	3353.719	BORDE
217	8502573.69	185000.96	3324.176	TERRE	267	8502875.41	185092.726	3353.734	CASA
218	8502571.18	185010.212	3323.75	CASA	268	8502876.43	185081.778	3353.778	TERRE
219	8502574.64	185004.357	3323.858	BUSO	269	8502885.6	185088.611	3354.404	EJE
220	8502581.79	185008.332	3324.559	EJE	270	8502886.29	185085.012	3354.386	BORDE
221	8502583.07	185004.921	3324.648	BORDE	271	8502885.3	185092.068	3354.379	BORDE
222	8502580.63	185011.635	3324.415	BORDE	272	8502885.38	185094.602	3354.582	CASA
223	8502580.4	185012.23	3324.006	CUNE	273	8502891.92	185088.308	3354.837	BUSO
224	8502583.37	185004.145	3324.541	TERRE	274	8502895.5	185090.194	3355.09	EJE
225	8502580.21	185013.219	3324.445	CASA	275	8502896.32	185086.761	3355.076	BORDE
226	8502600.66	185014.774	3326.228	EJE	276	8502894.97	185093.718	3355.075	BORDE
227	8502602.2	185011.274	3326.159	BORDE	277	8502894.98	185094.375	3355.192	CUNE
228	8502599.35	185018.075	3326.042	BORDE	278	8502896.98	185084.462	3355.19	TERRE
229	8502599.17	185018.61	3325.627	CUNE	279	8502905.33	185091.798	3355.792	EJE
230	8502602.61	185009.912	3326.341	TERRE	280	8502905.79	185088.225	3355.761	BORDE
231	8502599.91	185019.277	3326.581	CASA	281	8502904.17	185095.343	3355.748	BORDE
232	8502740.43	185063.018	3342.856	BM4	282	8502904.26	185095.862	3355.825	CUNE
233	8502708.06	185054.228	3339.198	RF3	283	8502905.51	185086.08	3356.428	TERRE
234	8502619.2	185021.925	3328.278	EJE	284	8502903.89	185096.826	3356.153	TERRE
235	8502618.25	185025.326	3328.297	BORDE	285	8502925.14	185094.202	3357.26	EJE
236	8502621.04	185018.09	3328.288	BORDE	286	8502925.46	185090.541	3357.205	BORDE
237	8502618.64	185026.242	3327.912	CUNE	287	8502924.19	185097.61	3357.323	BORDE
238	8502618.2	185028.349	3328.771	CASA	288	8502924.15	185098.218	3357.615	CUNE
239	8502637.51	185029.697	3330.634	EJE	289	8502926.17	185088.938	3356.907	TERRE
240	8502635.97	185033	3330.533	BORDE	290	8502924.2	185098.964	3357.679	TERRE
241	8502638.75	185026.194	3330.53	BORDE	291	8502945	185095.96	3358.745	EJE
242	8502635.72	185033.632	3330.07	CUNE	292	8502945.33	185092.356	3358.64	BORDE
243	8502639.35	185025.004	3330.664	TERRE	293	8502944.56	185099.432	3358.688	BORDE
244	8502643.18	185032.214	3331.363	BUSO	294	8502944.52	185099.854	3358.783	CUNE
245	8502646.58	185033.695	3331.739	EJE	295	8502945.56	185091.217	3358.845	TERRE
246	8502645.13	185036.943	3331.786	BORDE	296	8502944.53	185100.693	3359.58	TERRE
247	8502647.92	185030.169	3331.609	BORDE	297	8503050.75	185106.741	3366.46	BM6
248	8502644.98	185037.692	3331.377	CUNE	298	8503021.97	185098.785	3364.383	RF4
249	8502648.54	185028.986	3331.777	CUNE	299	8502964.77	185097.599	3360.141	EJE
250	8502644.74	185038.851	3331.417	CASA	300	8502965	185093.861	3359.973	BORDE

Continúa...



PUNTOS	NORTE	ESTE	ALTURA	DESCRIPCIÓN	PUNTOS	NORTE	ESTE	ALTURA	DESCRIPCIÓN
301	8502965.18	185101.148	3360.048	BORDE	351	8503091.65	185121.417	3367.549	TERRE
302	8502965.23	185101.548	3359.581	CUNE	352	8503108.05	185135.488	3371.036	EJE
303	8502965.4	185092.151	3359.967	TERRE	353	8503108.05	185135.49	3371.038	EJE
304	8502984.66	185099.17	3361.552	EJE	354	8503106.93	185138.894	3371.088	BORDE
305	8502985.07	185095.508	3361.493	BORDE	355	8503109.33	185131.997	3370.933	BORDE
306	8502984.33	185102.413	3361.408	BORDE	356	8503106.73	185139.63	3370.63	CUNE
307	8502985.32	185094.369	3361.502	TERRE	357	8503105.75	185141.867	3371.336	TERRE
308	8503004.64	185100.927	3362.975	EJE	358	8503110.72	185129.101	3370.06	TERRE
309	8503004.23	185104.414	3362.841	BORDE	359	8503117.43	185138.639	3371.846	EJE
310	8503004.87	185097.257	3363.029	BORDE	360	8503116.22	185142.183	3371.806	BORDE
311	8503004.15	185104.985	3362.478	CUNE	361	8503118.43	185135.104	3371.721	BORDE
312	8503005.06	185094.756	3363.67	TERRE	362	8503115.99	185142.72	3371.4	CUNE
313	8503004.18	185107.276	3363.515	TERRE	363	8503121.43	185129.047	3371.722	TERRE
314	8503014.53	185101.766	3363.733	EJE	364	8503115.31	185145.643	3372.107	TERRE
315	8503014.29	185105.317	3363.629	BORDE	365	8503122.13	185141.5	3372.235	BUSO
316	8503015.02	185097.94	3363.812	BORDE	366	8503127.06	185141.494	3372.687	EJE
317	8503014.22	185106.007	3363.172	CUNE	367	8503128.21	185137.891	3372.734	BORDE
318	8503014.13	185107.676	3364.29	TERRE	368	8503126.17	185144.887	3372.625	BORDE
319	8503016.1	185094.583	3363.681	TERRE	369	8503125.88	185145.502	3372.247	CUNE
320	8503034.24	185104.992	3365.192	EJE	370	8503130.21	185132.159	3372.846	TERRE
321	8503030.02	185102.482	3364.921	BUSO	371	8503124.99	185147.148	3373.03	TERRE
322	8503035.34	185101.286	3365.315	BORDE	372	8503136.57	185144.366	3373.523	EJE
323	8503033.63	185108.327	3365.075	BORDE	373	8503137.92	185140.398	3373.54	BORDE
324	8503033.57	185109.055	3364.613	CUNE	374	8503135.42	185147.366	3373.42	BORDE
325	8503036.67	185095.988	3365.231	TERRE	375	8503135.19	185147.96	3373.058	CUNE
326	8503033.08	185109.814	3366.22	TERRE	376	8503141	185131.857	3373.668	TERRE
327	8503043.76	185107.968	3365.923	EJE	377	8503135.09	185148.535	3373.66	TERRE
328	8503045	185104.353	3366.007	BORDE	378	8503145.98	185147.525	3374.431	EJE
329	8503042.32	185111.167	3365.795	BORDE	379	8503147.65	185143.881	3374.528	BORDE
330	8503042.18	185111.807	3365.375	CUNE	380	8503144.48	185150.743	3374.248	BORDE
331	8503046.94	185098.506	3366.11	TERRE	381	8503144.23	185151.27	3373.822	CUNE
332	8503041.85	185112.719	3367.156	TERRE	382	8503149.94	185135.649	3374.505	TERRE
333	8503053.08	185111.755	3366.63	EJE	383	8503143.89	185151.928	3374.58	TERRE
334	8503051.61	185114.964	3366.555	BORDE	384	8503224.71	185184.617	3382.899	BM7
335	8503054.54	185108.359	3366.705	BORDE	385	8503183.45	185169.932	3378.413	RF5
336	8503051.32	185115.7	3366.116	CUNE	386	8503154.84	185151.859	3375.292	EJE
337	8503051.21	185116.555	3367.216	TERRE	387	8503156.22	185150.491	3375.417	BUSO
338	8503056.42	185103.531	3366.769	TERRE	388	8503156.89	185148.491	3375.446	BORDE
339	8503071.26	185119.853	3368.112	EJE	389	8503152.91	185155.194	3375.22	BORDE
340	8503069.8	185123.036	3368.038	BORDE	390	8503152.57	185155.868	3374.771	CUNE
341	8503072.82	185116.559	3368.044	BORDE	391	8503159.89	185143.416	3375.661	TERRE
342	8503075.05	185111.397	3367.978	TERRE	392	8503152.01	185156.85	3375.327	TERRE
343	8503069.53	185123.695	3367.601	CUNE	393	8503162.98	185157.552	3376.251	EJE
344	8503069.31	185124.411	3368.231	TERRE	394	8503165.36	185154.355	3376.339	BORDE
345	8503089.51	185127.98	3369.565	EJE	395	8503160.74	185160.715	3376.122	BORDE
346	8503091.02	185124.498	3369.435	BORDE	396	8503165.31	185154.361	3376.346	BORDE
347	8503088.26	185131.244	3369.637	BORDE	397	8503160.3	185161.247	3375.672	CUNE
348	8503076.59	185120.973	3368.454	BUSO	398	8503167.9	185151.091	3375.99	TERRE
349	8503087.9	185131.911	3369.202	CUNE	399	8503159.54	185162.232	3376.336	TERRE
350	8503087.56	185132.453	3369.749	TERRE	400	8503177.84	185170.952	3378.142	EJE



PUNTOS	NORTE	ESTE	ALTURA	DESCRIPCIÓN	PUNTOS	NORTE	ESTE	ALTURA	DESCRIPCIÓN
401	8503180.56	185168.14	3378.092	BORDE	451	8503250.44	185181.248	3385.552	BORDE
402	8503175.26	185173.709	3378.129	BORDE	452	8503252.67	185188.943	3385.333	CUNE
403	8503174.94	185174.26	3377.745	CUNE	453	8503250.24	185179.192	3385.352	TERRE
404	8503183.17	185163.406	3377.772	TERRE	454	8503252.18	185190.473	3386.224	TERRE
405	8503173.5	185175.524	3378.597	TERRE	455	8503270.72	185180.094	3387.562	EJE
406	8503185.16	185177.638	3379.054	EJE	456	8503272.15	185183.812	3387.636	BORDE
407	8503187.73	185174.509	3378.958	BORDE	457	8503269.59	185176.437	3387.405	BORDE
408	8503182.6	185180.46	3379.131	BORDE	458	8503272.19	185184.414	3387.188	CUNE
409	8503182.28	185181.089	3378.725	CUNE	459	8503268.62	185172.515	3386.991	TERRE
410	8503181.32	185182.272	3379.641	TERRE	460	8503272.51	185185.215	3387.966	TERRE
411	8503190.95	185170.093	3378.615	TERRE	461	8503280.14	185176.874	3388.536	EJE
412	8503196.25	185162.877	3377.985	TERRE	462	8503278.73	185173.38	3388.372	BORDE
413	8503193.23	185183.497	3379.987	EJE	463	8503281.44	185180.494	3388.617	BORDE
414	8503195.18	185180.099	3379.779	BORDE	464	8503281.71	185181.186	3388.181	CUNE
415	8503190.89	185186.859	3380.135	BORDE	465	8503277.58	185168.733	3387.426	TERRE
416	8503190.49	185187.455	3379.732	CUNE	466	8503283.22	185182.688	3389.072	TERRE
417	8503197.67	185175.49	3379.481	TERRE	467	8503289.28	185172.893	3389.454	EJE
418	8503187.35	185190.699	3382.883	TERRE	468	8503290.43	185176.702	3389.465	BORDE
419	8503201.36	185169.365	3379.506	TERRE	469	8503287.84	185169.528	3389.375	BORDE
420	8503202.21	185187.982	3380.954	EJE	470	8503290.77	185177.194	3389.075	CUNE
421	8503200.68	185191.83	3381.136	BORDE	471	8503286.43	185165.092	3388.217	TERRE
422	8503203.58	185183.775	3380.612	BORDE	472	8503291.76	185179.242	3389.79	TERRE
423	8503200.52	185192.439	3380.751	CUNE	473	8503339.45	185152.906	3394.746	BM8
424	8503205.98	185178.805	3380.343	TERRE	474	8503305.14	185160.022	3391.487	RF6
425	8503199.23	185195.283	3382.26	TERRE	475	8503298	185168.301	3390.434	EJE
426	8503208.99	185172.167	3380.298	TERRE	476	8503296.07	185164.961	3390.341	BORDE
427	8503202.8	185191.354	3381.255	BUSO	477	8503296.08	185164.96	3390.344	BORDE
428	8503211.97	185189.918	3381.858	EJE	478	8503299.63	185171.628	3390.424	BORDE
429	8503212.86	185186.156	3381.639	BORDE	479	8503300.1	185172.143	3389.974	CUNE
430	8503212.85	185186.215	3381.648	BORDE	480	8503294.96	185162.094	3390.192	TERRE
431	8503211.48	185194.34	3382.115	BORDE	481	8503306.72	185163.529	3391.433	EJE
432	8503211.6	185195.123	3381.712	CUNE	482	8503308.62	185166.883	3391.375	BORDE
433	8503214.62	185182.858	3381.366	TERRE	483	8503305.15	185159.912	3391.463	BORDE
434	8503215.55	185178.115	3381.074	TERRE	484	8503308.96	185167.496	3390.942	CUNE
435	8503211.43	185196.629	3382.412	TERRE	485	8503302.73	185155.416	3391.518	CASA
436	8503221.97	185190.111	3382.823	EJE	486	8503316.05	185159.911	3392.393	EJE
437	8503221.9	185186.404	3382.697	BORDE	487	8503317.49	185163.841	3392.229	BORDE
438	8503222.09	185194.44	3382.97	BORDE	488	8503315.1	185156	3392.518	BORDE
439	8503222.18	185195.205	3382.53	CUNE	489	8503317.61	185164.17	3391.81	CUNE
440	8503222.17	185195.553	3382.991	TERRE	490	8503314.85	185151.871	3392.539	CASA
441	8503222.05	185180.76	3382.117	TERRE	491	8503317.88	185164.728	3392.24	TERRE
442	8503231.91	185188.822	3383.783	EJE	492	8503324.95	185155.996	3393.398	BUSO
443	8503232.59	185192.534	3383.889	BORDE	493	8503325.76	185158.009	3393.413	EJE
444	8503231.51	185185.131	3383.734	BORDE	494	8503325.25	185154.082	3393.488	BORDE
445	8503232.89	185193.266	3383.481	CUNE	495	8503326.45	185161.9	3393.254	BORDE
446	8503233.1	185194.233	3384.213	TERRE	496	8503326.57	185162.606	3392.814	CUNE
447	8503231.39	185181.034	3382.746	TERRE	497	8503326.41	185163.164	3393.349	TERRE
448	8503251.42	185184.864	3385.667	EJE	498	8503324.91	185149.676	3393.307	CASA
449	8503252.47	185186.27	3385.768	BUSO	499	8503335.7	185157.285	3394.373	EJE
450	8503252.42	185188.314	3385.773	BORDE	500	8503335.84	185161.025	3394.274	BORDE

Fuente: Elaboración propia 2016.



3.5.3. Medición de velocidades de operación en campo

3.5.3.1. Equipos utilizados

- Pistola radar Bushnell Speedster III.
- Cinta métrica (50 mts).

3.5.3.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por las 63 mediciones en cada sitio (curva – tangente) de acuerdo a la fórmula del número de observaciones, de la muestra “B” que se aprecia en la pág. 62.

Proceso de toma de datos

Para obtener las velocidades de operación medidas en campo se realizó una ronda de mediciones utilizando las pistolas radar.

Asimismo con la ayuda de los planos, cinta métrica y balizas para la ubicación de los puntos intermedios de los sitios los observadores se ubicaron a un costado de estos, lugar en donde existe un aumento de la velocidad de operación, según estudios realizados por Fitzpatrick (2000) y Lamm (1999). Dichos datos se anotaron en los formatos.

Las pautas necesarias que se tuvieron en cuenta al momento de efectuar las observaciones del presente estudio fueron:

- Solo se midió automóviles ligeros.
- Vehículos que circulen a flujo libre.
- Condiciones de iluminación adecuada.
- Condiciones climáticas favorables.
- Condiciones de la carpeta de rodadura adecuada.
- Solo vehículos que mantengas su carril.



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 25 Medición de velocidades de operación en campo

3.5.3.3. Toma de datos

- Debido a que la información de los datos obtenidos de la medición de las velocidades de operación en campo, fueron de 200 formatos, en las siguientes tablas solo se presentan algunas de estas aleatoriamente, y las demás en el disco compacto del anexo 5.

Tabla: 42 Toma de datos de la medición de velocidades en campo

RESPONSABLES			GARY ROSSANO GOMEZ ALLENDE- JOSE LUIS QUISPE MEJIA		
CARRETERA			ENACO-ABRA CCORAO		
PROGRESIVA			3+880		
TIPO DE ELEMENTO			CURVA		
VEHÍCULO LIGERO (SUBIDA)			VEHÍCULO LIGERO (BAJADA)		
Nº Medición	velocidad (km/h)	vehículo	Nº Medición	velocidad (km/h)	vehículo
1	60	auto	1	68	minibus
2	52	auto	2	88	camioneta
3	65	auto	3	51	auto
4	61	camioneta	4	68	station
5	54	auto	5	55	camioneta
6	63	station	6	53	camioneta
7	73	camioneta	7	55	station
8	73	camioneta	8	55	auto
9	73	auto	9	73	station
10	37	auto	10	48	minibus
11	73	auto	11	72	auto
12	73	auto	12	53	auto
13	70	auto	13	55	auto
14	59	station	14	44	camioneta
15	71	auto	15	68	auto
16	73	auto	16	68	auto
17	71	station	17	44	minibus
18	73	camioneta	18	66	camioneta
19	73	auto	19	48	minibus
20	73	auto	20	55	auto
21	70	auto	21	47	camioneta
22	71	auto	22	75	auto
23	71	camioneta	23	85	minibus
24	54	auto	24	80	minibus
25	37	camioneta	25	60	auto
26	73	station	26	60	camioneta
27	60	station	27	73	station
28	50	camioneta	28	84	camioneta
29	39	station	29	55	auto
30	73	minibus	30	79	auto
31	71	minibus	31	73	auto
32	37	auto	32	61	auto
33	65	auto	33	60	auto
34	52	auto	34	82	camioneta
35	70	auto	35	61	auto
36	60	camioneta	36	48	auto
37	49	auto	37	81	auto
38	72	camioneta	38	79	camioneta
39	57	auto	39	89	minibus
40	65	auto	40	86	auto
41	73	station	41	90	auto
42	53	auto	42	87	camioneta
43	52	auto	43	68	auto
44	60	camioneta	44	43	auto
45	73	station	45	89	station
46	52	auto	46	57	camioneta
47	73	auto	47	61	camioneta
48	66	camioneta	48	61	auto
49	72	auto	49	61	camioneta
50	60	camioneta	50	68	auto
51	65	auto	51	53	camioneta
52	62	station	52	53	camioneta
53	72	auto	53	48	minibus
54	54	minibus	54	55	auto
55	70	auto	55	59	auto
56	52	auto	56	64	auto
57	73	auto	57	48	camioneta
58	73	auto	58	44	station
59	70	minibus	59	64	auto
60	73	auto	60	53	station
61	37	auto	61	73	camioneta
62	65	camioneta	62	65	auto
63	48	minibus	63	73	minibus

Continúa...



CARRETERA			ENACO-ABRA CCORAO		
PROGRESIVA			3+720		
TIPO DE ELEMENTO			TANGENTE		
VEHÍCULO LIGERO (SUBIDA)			VEHÍCULO LIGERO (BAJADA)		
N° Medición	velocidad (km/h)	vehículo	N° Medición	velocidad (km/h)	vehículo
1	66	camioneta	1	66	camioneta
2	56	minibus	2	53	auto
3	73	auto	3	84	auto
4	64	moto	4	72	auto
5	50	minibus	5	46	minibus
6	69	auto	6	91	station
7	53	camioneta	7	66	auto
8	56	minibus	8	64	auto
9	60	station	9	68	minibus
10	53	auto	10	84	station
11	39	minibus	11	90	auto
12	58	auto	12	61	auto
13	73	auto	13	64	station
14	73	auto	14	54	auto
15	53	auto	15	44	auto
16	64	camioneta	16	52	auto
17	55	station	17	61	minibus
18	54	station	18	46	minibus
19	54	camioneta	19	66	minibus
20	45	station	20	64	auto
21	45	auto	21	46	minibus
22	55	auto	22	93	auto
23	64	auto	23	49	auto
24	62	station	24	61	auto
25	56	minibus	25	84	auto
26	45	moto	26	53	camioneta
27	62	station	27	84	auto
28	61	auto	28	64	station
29	58	minibus	29	66	auto
30	55	auto	30	47	camioneta
31	73	minibus	31	84	auto
32	37	station	32	53	auto
33	56	station	33	61	auto
34	70	minibus	34	58	camioneta
35	58	auto	35	64	auto
36	69	auto	36	44	auto
37	72	camioneta	37	66	camioneta
38	67	auto	38	52	minibus
39	62	auto	39	61	auto
40	69	moto	40	73	camioneta
41	56	auto	41	52	auto
42	54	station	42	44	camioneta
43	40	minibus	43	65	auto
44	53	auto	44	54	auto
45	37	minibus	45	57	auto
46	53	auto	46	84	auto
47	65	auto	47	66	minibus
48	70	auto	48	84	minibus
49	64	auto	49	70	auto
50	66	auto	50	65	auto
51	57	auto	51	93	station
52	54	camioneta	52	54	auto
53	55	auto	53	46	minibus
54	68	camioneta	54	84	camioneta
55	64	auto	55	88	auto
56	45	auto	56	52	auto
57	69	moto	57	54	minibus
58	69	auto	58	44	auto
59	42	auto	59	93	auto
60	52	auto	60	61	auto
61	55	auto	61	84	auto
62	45	camioneta	62	53	minibus
63	62	station	63	54	camioneta

Continúa...



CARRETERA			ENACO-ABRA CCORAO		
PROGRESIVA			3+490		
TIPO DE ELEMENTO			CURVA		
VEHÍCULO LIGERO (SUBIDA)			VEHÍCULO LIGERO (BAJADA)		
Nº Medición	velocidad (km/h)	vehículo	Nº Medición	velocidad (km/h)	vehículo
1	48	moto	1	60	station
2	72	camioneta	2	55	camioneta
3	42	auto	3	50	camioneta
4	52	auto	4	55	auto
5	40	auto	5	60	station
6	48	auto	6	49	auto
7	38	auto	7	57	auto
8	41	moto	8	57	station
9	40	station	9	66	auto
10	45	auto	10	46	auto
11	47	auto	11	60	station
12	49	auto	12	48	auto
13	43	moto	13	60	auto
14	39	station	14	46	auto
15	50	auto	15	55	auto
16	48	camioneta	16	48	auto
17	66	auto	17	49	camioneta
18	49	moto	18	66	auto
19	52	minibus	19	63	auto
20	63	auto	20	47	camioneta
21	68	station	21	47	station
22	52	minibus	22	66	auto
23	52	minibus	23	55	minibus
24	49	auto	24	47	station
25	63	minibus	25	65	camioneta
26	48	station	26	57	auto
27	45	auto	27	49	camioneta
28	43	station	28	63	auto
29	63	station	29	50	auto
30	49	auto	30	50	camioneta
31	38	auto	31	60	auto
32	42	minibus	32	60	minibus
33	40	minibus	33	57	camioneta
34	42	station	34	49	auto
35	61	auto	35	50	minibus
36	52	auto	36	63	auto
37	55	auto	37	50	minibus
38	38	camioneta	38	50	camioneta
39	41	auto	39	57	camioneta
40	52	auto	40	49	auto
41	42	auto	41	50	station
42	45	minibus	42	57	minibus
43	45	minibus	43	55	auto
44	41	auto	44	59	camioneta
45	63	auto	45	56	camioneta
46	45	camioneta	46	66	auto
47	45	auto	47	50	camioneta
48	45	station	48	62	auto
49	45	station	49	50	camioneta
50	41	station	50	57	camioneta
51	48	auto	51	63	camioneta
52	51	minibus	52	66	minibus
53	40	auto	53	48	auto
54	45	camioneta	54	57	auto
55	43	camioneta	55	57	camioneta
56	43	camioneta	56	53	station
57	48	auto	57	57	camioneta
58	49	auto	58	60	auto
59	38	camioneta	59	55	auto
60	42	minibus	60	47	auto
61	70	auto	61	49	minibus
62	41	auto	62	47	minibus
63	63	camioneta	63	62	auto

Continúa...

CARRETERA			ENACO-ABRA CCORAO		
PROGRESIVA			3+410		
TIPO DE ELEMENTO			TANGENTE		
VEHÍCULO LIGERO (SUBIDA)			VEHÍCULO LIGERO (BAJADA)		
Nº Medición	velocidad (km/h)	vehículo	Nº Medición	velocidad (km/h)	vehículo
1	45	auto	1	56	auto
2	41	auto	2	50	auto
3	42	minibus	3	60	station
4	62	auto	4	49	camioneta
5	41	auto	5	62	camioneta
6	64	auto	6	62	auto
7	60	camioneta	7	50	minibus
8	62	camioneta	8	56	minibus
9	73	auto	9	59	auto
10	48	auto	10	57	camioneta
11	46	auto	11	67	camioneta
12	44	auto	12	55	auto
13	45	minibus	13	62	station
14	45	station	14	44	auto
15	63	moto	15	64	camioneta
16	45	station	16	52	station
17	47	auto	17	50	auto
18	46	minibus	18	52	auto
19	42	auto	19	44	minibus
20	46	auto	20	52	auto
21	41	auto	21	46	minibus
22	44	auto	22	68	station
23	45	camioneta	23	52	auto
24	45	camioneta	24	45	minibus
25	47	moto	25	50	camioneta
26	68	auto	26	62	auto
27	45	camioneta	27	54	auto
28	45	station	28	50	minibus
29	55	minibus	29	60	minibus
30	37	station	30	64	auto
31	41	minibus	31	57	auto
32	37	minibus	32	64	auto
33	42	camioneta	33	61	auto
34	55	station	34	45	minibus
35	41	moto	35	50	auto
36	44	auto	36	50	auto
37	45	auto	37	58	auto
38	45	station	38	44	auto
39	42	auto	39	44	auto
40	42	auto	40	56	camioneta
41	47	auto	41	50	camioneta
42	44	auto	42	50	auto
43	55	auto	43	48	auto
44	51	station	44	55	camioneta
45	66	camioneta	45	50	camioneta
46	50	camioneta	46	57	camioneta
47	37	moto	47	45	auto
48	57	minibus	48	57	camioneta
49	73	station	49	64	station
50	45	auto	50	56	station
51	37	auto	51	57	auto
52	56	minibus	52	54	auto
53	42	auto	53	60	auto
54	37	station	54	52	auto
55	70	auto	55	45	camioneta
56	62	minibus	56	50	camioneta
57	45	auto	57	45	camioneta
58	45	camioneta	58	64	auto
59	46	auto	59	60	auto
60	49	minibus	60	44	auto
61	55	camioneta	61	56	camioneta
62	46	auto	62	60	station
63	47	auto	63	64	auto

Fuente: Elaboración propia 2016.

3.5.4. Medición de peraltes máximos en campo

3.5.4.1. Equipos utilizados

- Eclímetro.
- Jalón.
- Cinta métrica.

3.5.4.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por 10 sitios, donde la cuantificación deriva a partir de la evaluación de la consistencia de diseño y a criterio de los investigadores.

3.5.4.3. Proceso de toma de datos

Tomando referencia los planos topográficos y con ayuda de la cinta métrica se ubicó la longitud media de la curva.

Posteriormente se colocó el jalón al ras de la superficie de rodadura en forma transversal al eje y sobre este el eclímetro, de donde se obtuvo la medición del peralte máximo de la curva. Los datos medidos se anotaron en los formatos correspondientes.



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 26 Medición de peraltes máximos en campo

Tabla: 43 Datos Medidos de peraltes máximos en campo

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
MEDICIÓN DE PERALTES MÁXIMOS (CAMPO)				
SITIO	PI (km)	ELEMENTO	RADIO (m)	MEDICIÓN CON ECLÍMETRO (°)
39	2+034.45	curva	40	3.0 °
53	2+803.56	curva	46	1°30´
81	4+695.65	curva	27.5	5°15´
85	5+208.86	curva	50	5°30´
99	5+716.81	curva	22	6.0 °
100	5+751.49	curva	22	6.0 °
122	6+696.71	curva	26	5.0 °
123	6+739.51	curva	26	5.0 °
139	7+526.98	curva	19	5.0 °
140	7+557.93	curva	19	5.0 °

Fuente: Elaboración propia 2016.

	Diseño bueno
	Diseño tolerable
	Diseño pobre

3.5.5. Medición de ancho mínimo de despeje necesario

3.5.5.1. Equipos utilizados

- Cinta métrica.

3.5.5.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por 10 sitios de acuerdo a la consistencia de diseño y a criterio de los investigadores.

3.5.5.3. Proceso de toma de datos

Para obtener los anchos mínimos de despeje necesario en curvas, se ubicó un punto en el eje del carril interior, a partir de aquello se midió hacia el talud de corte, a 60 cm de la superficie de la carpeta de rodadura. Los datos medidos se anotaron en los formatos, los cuales nos ayudaron a evaluar la distancia de visibilidad en curvas horizontales.



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 27 Medición de anchos mínimos de despeje

Tabla: 44 Anchos mínimos de despeje necesario en curvas

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TESIS:	"EVALUACIÓN DE SEGURIDAD VIAL - NOMINAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO, DE ACUERDO ALA CONSISTENCIA DE DISEÑO GEOMÉTRICO."						
RESPONSABLES:	GARY ROSSANO GOMEZ ALLENDE - JOSE LUIS QUISPE MEJIA						
FECHA:	dic-16						
MEDICIÓN DE ANCHO MÍNIMO DE DESPEJE NECESARIO (CAMPO)							
N°	SITIO	PI	PROGRESIVA (km)	ELEMENTO	RADIO (m)	LC (m)	"a" DE DESPEJE EN CAMPO (m)
1	39	28	2+034.45	curva	40	40.52	2.30
2	57	37	2+803.56	curva	46	53.07	2.60
3	81	49	4+695.65	curva	28	53.22	2.10
4	85	51	5+208.86	curva	50	116.15	2.20
5	99	58	5+716.81	curva	22	34.68	2.10
6	100	59	5+751.49	curva	22	34.68	2.10
7	122	70	6+696.71	curva	26	43.51	2.20
8	123	71	6+739.51	curva	26	42.27	2.20
9	139	79	7+526.98	curva	19	30.94	2.15
10	140	80	7.557.93	curva	19	30.94	2.15

Fuente: Elaboración propia 2016.

PI: Punto de intersección.

LC: Longitud de curva.

"a": Ancho de despeje necesario.

	Diseño bueno
	Diseño tolerable
	Diseño pobre

3.5.6. Medición de sobre anchos

3.5.6.1. Equipos utilizados

- Cinta métrica.

3.5.6.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por 27 sitios, de acuerdo a la evaluación de la consistencia de diseño.

3.5.6.3. Proceso de toma de datos



Tomando referencia los planos topográficos y con ayuda de la cinta métrica se ubicó la longitud media de la curva (punto medio), donde se midió el ancho total de los dos carriles, los datos fueron anotados en los formatos correspondientes.



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 28 Medición en campo de sobre anchos

Tabla: 45 Datos sobre anchos en curvas horizontales

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 								
TESIS:			"EVALUACIÓN DE SEGURIDAD VIAL - NOMINAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO, DE ACUERDO A LA CONSISTENCIA DE DISEÑO GEOMÉTRICO."					
RESPONSABLES:				GARY ROSSANO GOMEZ ALLENDE JOSE LUIS QUISPE MEJIA				
FECHA:				dic-16				
MEDICIÓN DE SOBRE ANCHOS (CAMPO)								
N°	PI	PI (km)	ELEMENTO	L (m)	RADIO (m)	DEFLEXIÓN		SOBRE ANCHO CAMPO (m)
						Δ	SENTIDO	
1	21	1+300.601	curva	46.67	50	53°28´	I	1.5
2	22	1+334.496	tangente	30.13				
3	29	1+554.719	curva	32.67	60	31°12´	D	1.5
4	30	1+639.031	tangente	137.60				
5	31	1+723.344	curva	30.19	350	4°56´	D	0.9
6	32	1+772.18	tangente	66.28				
7	33	1+821.016	curva	30.97	40	44°21´	I	1.35
8	34	1+845.494	tangente	21.16				
9	35	1+869.973	curva	26.20	150	10°00´	D	1.5
10	36	1+952.211	tangente	72.78				
11	39	2+034.45	curva	40.52	40	58°02´	I	1.5
12	40	2+065.655	tangente	11.63				
13	57	2+803.56	curva	53.07	46	66°06´	I	1.5
14	58	2+472.59	tangente	79.34				
15	68	3+318.32	tangente	318.32				
16	75	4+345.69	curva	81.97	98	47°55´	I	1.5
17	76	4+458.165	tangente	156.83				
18	77	4+570.64	curva	52.50	45	66°50´	I	1.5
19	78	4+610.005	tangente	48.32				
20	79	4+649.38	curva	15.22	150	5°48´	D	0.6
21	80	4+672.515	tangente	10.74				
22	81	4+695.65	curva	53.22	27.5	110°53´	D	2.4
23	82	4+840.925	tangente	257.26				
24	83	4+986.2	curva	15.99	250	3°39´	D	0.4

Continúa...

RESPONSABLES:				GARY ROSSANO GOMEZ ALLENDE JOSE LUIS QUISPE MEJIA				
FECHA:				dic-16				
MEDICIÓN DE SOBRE ANCHOS (CAMPO)								
N°	PI	PI (km)	ELEMENTO	L (m)	RADIO (m)	DEFLEXIÓN		SOBRE ANCHO CAMPO
						Δ	SENTIDO	
25	84	5+097.53	tangente	156.42				
26	85	5+208.86	curva	116.15	50	133°05'	D	1.3
27	86	5+311.76	tangente	53.52				
28	89	5+414.66	curva	17.51	150	6°41'	I	0.6
29	90	5+473.485	tangente	18.35				
30	93	5+532.31	curva	44.86	43	59°46'	D	1.3
31	94	5+593.59	tangente	11.10		Δ		
32	97	5+654.87	curva	39.19	75	29°56'	D	0.9
33	98	5+685.84	tangente	20.69				
34	99-100	5+716.81	curva	69.36	22	90°19'	I	2
35	101	5+788.195	tangente	38.92				
36	102	5+824.9	curva	43.56	150	16°38'	I	1.5
37	103	5+857.010	tangente	24.53				
38	112	6+163.37	curva	30.38	50	34°48'	I	1.5
39	113	6+209.765	tangente	51.24				
40	118	6+380.69	curva	20.03	250	4°35'	I	1.5
41	120	6+612.48	curva	33.81	80	24°13'	I	1.3
42	121	6+654.595	tangente	38.77				
43	122-123	6+696.71	curva	85.78	26	94°31'	D	2.27
44	124	6+761.015	tangente	18.14				
45	138	7+373.130	tangente	269.51				
46	139-140	7+526.98	curva	61.89	19	93°19'	I	3.68
47	141	7+587.420	tangente	32.02				
48	144	7+783.38	curva	41.16	180	13°06'	D	1.5
49	145	7+824.600	tangente	42.52				
50	160	8+387.34	curva	20.59	120	9°49'	D	1.5
51	161	8+436.665	tangente	74.48				
52	162	8+485.99	curva	27.12	50	31°04'	I	1.5
53	163	8+521.73	tangente	26.92				
54	167	8+796.170	tangente	191.17				
55	168	8+905.23	curva	13.50	450	1°43'	D	1.5
56	169	9+069.240	tangente	290.23				

Fuente: Elaboración propia 2016.

PI: Punto de intersección.

L: Longitud de curva o tangente.

Δ : Ángulo de deflexión en $^{\circ} \prime$.

	Diseño bueno
	Diseño tolerable
	Diseño pobre

3.6. Procedimiento de análisis de datos

3.6.1. Cálculo del índice medio diario anual (I.M.D.A.)

3.6.1.1. Determinación de los factores de corrección estacional

La determinación de los factores de corrección promedio de una estación está en función al peaje más cercano al camino, en este caso se tomó el de SAYLLA del mes de Julio.

- F.C.E. Vehículos Ligeros: 1.045055 (ver tabla 22)
- F.C.E. Vehículos Pesados: 1.026910 (ver tabla 22)

3.6.1.2. Aplicación de la formula, para el conteo de 7 días

Para convertir el volumen de tráfico obtenido del conteo, en Índice Medio Diario (I.M.D), se ha empleado la siguiente fórmula:

$$\text{I.M.D.A.} = \text{I.M.D.S.} \times \text{F.C.E.}$$

Dónde:

I.M.D.S.: Índice medio diario semanal o promedio de tráfico diario.

F.C.E.: Factor de corrección estacional.

Tabla: 46 Índice medio diario anual

CÁLCULO DEL IMDA	
IMDA LIGERO / 7 días	871 v/d
IMDA PESADO / 7 días	163 v/d
IMDA TOTAL	1034 v/d

FACTOR DE CORRECCIÓN (MES DE JULIO)	
Fc LIGEROS (1.045055) x IMDA	911 Veh/día
Fc PESADOS (1.02681) x IMDA	167 Veh/día
IMDA * Fc TOTAL	1078 Veh/día

ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL EXISTENTE (USANDO FACTOR DE CORRECCIÓN ESTACIONAL)											
ESTUDIO DE TRÁFICO											
CARRETERA:		ENACO - ABRA CCORAO									
TIPO DE ESTUDIO:		CONTEO VEHICULAR									
ESTACIÓN:		ENACO - PUMAMARCA - ABRA CCORAO									
SENTIDO:		SUBIDA - BAJADA									
FECHA:		20 AL 26 DE JULIO DEL 2016									
TIPO DE VEHÍCULO	M	M	M	M	M	M	N	N	L	TOTAL	
	AUTO	STATION VAGON	PICK UP	MINI BUS	MICRO	BUS 2 E	2E	3E	MOTOS		
DIA	FECHA										
MIÉRCOLES	20/07/2016	320 v/d	160 v/d	226 v/d	63 v/d	5 v/d	2 v/d	130 v/d	25 v/d	40 v/d	969 v/d
JUEVES	21/07/2016	274 v/d	192 v/d	211 v/d	65 v/d	5 v/d	0 v/d	121 v/d	37 v/d	50 v/d	955 v/d
VIERNES	22/07/2016	278 v/d	117 v/d	223 v/d	46 v/d	4 v/d	1 v/d	118 v/d	35 v/d	29 v/d	851 v/d
SÁBADO	23/07/2016	334 v/d	139 v/d	230 v/d	64 v/d	4 v/d	2 v/d	116 v/d	24 v/d	36 v/d	949 v/d
DOMINGO	24/07/2016	485 v/d	187 v/d	339 v/d	70 v/d	1 v/d	1 v/d	52 v/d	7 v/d	47 v/d	1189 v/d
LUNES	25/07/2016	243 v/d	156 v/d	231 v/d	57 v/d	4 v/d	1 v/d	116 v/d	22 v/d	32 v/d	862 v/d
MARTES	26/07/2016	318 v/d	158 v/d	243 v/d	55 v/d	4 v/d	1 v/d	112 v/d	29 v/d	39 v/d	959 v/d
TOTAL DE VEHÍCULOS SEMANAL		2252 v/d	1109 v/d	1703 v/d	420 v/d	26 v/d	8 v/d	764 v/d	178 v/d	273 v/d	6734 v/d
TOTAL DE VEHÍCULOS LIGEROS + conteo de noche		6100 v/d									
TOTAL DE VEHÍCULOS PESADOS + conteo de noche								1140 v/d			

Fuente: Elaboración propia 2016.

3.6.1.3. Demanda actual

Del análisis llevado a cabo, se tiene el siguiente Índice Medio Diario: 1078 vehículos diarios, compuesto por el 84.51% de vehículos ligeros y 15.49% de vehículos pesados.

3.6.1.4. Demanda proyectada

Para la proyección de la demanda se utilizó la siguiente formula:

$$T_n = T_0(1 + r)^{(n-1)}$$

Dónde:

T_n = Tránsito proyectado al año en vehículo por día.

T_0 = Tránsito actual (año base) en vehículo por día.

n = Año futuro de proyección.

r = Tasa anual de crecimiento de tránsito.

3.6.1.5. Tasa de crecimiento por región en porcentaje

r_{vp} = Tasa de Crecimiento Anual de la Población (para vehículos de pasajeros) ver tabla 23.

r_{vp} = Tasa de Crecimiento Anual del PBI Regional (para vehículos de carga) ver tabla 24.

Tabla: 47 Proyección de tráfico normal (para vehículos de pasajeros)

CARRETERA	ENACO - ABRA CCORAO	Tasa de crecimiento poblacional	1%
TIPO DE ESTUDIO	PROYECCIÓN DE TRÁFICO NORMAL	Tasa de crecimiento PBI	4.3%
IMDA (2016)	1078	Periodo de diseño (n)	1 años
$T_n = T_0(1 + i)^{n-1}$			
AÑO	PROYECCIÓN DE TRÁFICO NORMAL	n	
2016	1078	1	

Fuente: Elaboración propia 2016.

Tabla: 48 Proyección de tráfico normal (para vehículos de carga)

CARRETERA	ENACO - ABRA CCORAO	Tasa de crecimiento poblacional	1%
TIPO DE ESTUDIO	PROYECCIÓN DE TRÁFICO GENERADO	Tasa de crecimiento PBI	4.3%
IMDA (2016)	1078	Periodo de diseño (n)	1 años
$T_n = T_o(1 + i)^{n-1}$			
AÑO	PROYECCIÓN DE TRÁFICO NORMAL		n
2016	1078		1

Fuente: Elaboración Propia 2016.

Tabla: 49 Tráfico generado por tipo de vehículo

Tipo de Intervención	% de Tráfico Normal
Mejoramiento	15

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – MTC

Tabla: 50 Proyección de tráfico generado por tipo de vehículo (para vehículos de carga)

AÑO	PROYECCIÓN DE TRÁFICO NORMAL	n	TRÁFICO NORMAL	TRÁFICO GENERADO
2016	1078	1	162	1240

Fuente: Elaboración Propia 2016.

Tabla: 51 Proyección de tráfico generado (para vehículos de pasajeros)

AÑO	PROYECCIÓN DE TRÁFICO NORMAL	n	TRÁFICO NORMAL	TRÁFICO GENERADO
2016	1078	1	162	1240

Fuente: Elaboración propia 2016.

Para el caso del I.M.D.A. del expediente técnico se tomó en cuenta del año en el cual fue calculado (año del 2008) el cual fue **575** veh/día.

Tabla: 52 Proyección de tráfico normal del expediente técnico (para vehículos de pasajeros)

CARRETERA	ENACO - ABRA CCORAO	Tasa de crecimiento poblacional	1%
TIPO DE ESTUDIO	PROYECCIÓN DE TRÁFICO NORMAL	Tasa de crecimiento PBI	4.3%
IMDA (2008)	575	Periodo de diseño (n)	10 años
$T_n = T_o(1 + i)^{n-1}$			
AÑO	PROYECCIÓN DE TRÁFICO NORMAL	n	
2008	575	1	
2009	581	2	
2010	587	3	
2011	592	4	
2012	598	5	
2013	604	6	
2014	610	7	
2015	616	8	
2016	623	9	
2017	629	10	

Fuente: Elaboración propia 2016.

Para el cálculo del Tráfico generado por tipo de vehículo se tomó en cuenta la tabla 49.

Tabla: 53 Proyección de tráfico normal del expediente técnico (para vehículos de carga)

CARRETERA	ENACO - ABRA CCORAO	Tasa de crecimiento poblacional	1%
TIPO DE ESTUDIO	PROYECCIÓN DE TRÁFICO GENERADO	Tasa de crecimiento PBI	4.3%
IMDA (2008)	575	Periodo de diseño (n)	10 años
$T_n = T_o(1 + i)^{n-1}$			
AÑO	TRÁFICO TOTAL PROYECTADO A 10 AÑOS	n	
2008	575	1	
2009	600	2	
2010	626	3	
2011	652	4	
2012	680	5	
2013	710	6	
2014	740	7	
2015	772	8	
2016	805	9	
2017	840	10	

Fuente: Elaboración propia 2016.

Tabla: 54 Proyección de tráfico generado por tipo de vehículo del expediente técnico (para vehículos de pasajeros)

AÑO	PROYECCIÓN DE TRÁFICO NORMAL	n	TRÁFICO NORMAL	TRÁFICO GENERADO
2008	575	1	86	661
2009	581	2	87	668
2010	587	3	88	675
2011	592	4	89	681
2012	598	5	90	688
2013	604	6	91	695
2014	610	7	92	702
2015	616	8	92	709
2016	623	9	93	716
2017	629	10	94	723

Fuente: Elaboración propia 2016.

Tabla: 55 Proyección de tráfico generado por tipo de vehículo del expediente técnico (para vehículos de carga)

AÑO	TRÁFICO TOTAL PROYECTADO A 10 AÑOS	n	TRÁFICO NORMAL	TRÁFICO GENERADO
2008	575	1	86	661
2009	600	2	90	690
2010	626	3	94	719
2011	652	4	98	750
2012	680	5	102	783
2013	710	6	106	816
2014	740	7	111	851
2015	772	8	116	888
2016	805	9	121	926
2017	840	10	126	966

Fuente: Elaboración propia 2016.

3.6.2. Clasificación de la vía y velocidad de diseño

3.6.2.1. Proceso de cálculo

De acuerdo al ÍMDA (Índice Medio Diario Anual) igual a **1078** veh/día calculado del tráfico vehicular y del Manual de Diseño de Carreteras DG-2014 se tuvo:

Clasificación:

- ✓ Según su demanda: una carretera de Segunda Clase.
- ✓ Según su orografía: una carreta de terreno accidentado (TIPO 3).

Velocidad de diseño

Para la elección de la velocidad de diseño se consideró aquella que permita tener control sobre los radios en las curvas más pronunciadas, para ello la velocidad de diseño es igual a 50 Km/h de acuerdo a la tabla 27.

Parámetros mínimos de diseño

Vehículo de diseño: **B2-C2 (Vehículo pesado)** ver tabla 25.

- Velocidad de diseño: **50 Km / h.**
- Alineamiento horizontal: **Radio mínimo: 70 m.**
- Sección transversal:
 - Número de carriles: 2
 - Ancho calzada: 6,6 m
 - Berma: 0,5 m
 - Peralte máximo: 10 %
 - Bombeo: 2 %

3.6.3. Procesamiento de datos en AutoCAD CIVIL 3D 2015 del levantamiento topográfico

3.6.3.1. Procedimiento

Una vez obtenidos los datos en campo, apoyándose de la estación total, se procesó los datos y se obtuvo el plano en AutoCAD CIVIL 3D 2015 de acuerdo a los siguientes pasos:

- Importación de puntos, el cual estuvo en formato (P N E Z D).
- Generación de curvas de nivel, el cual sirve para identificar los desniveles que se presentan en el área de estudio.
- Alineamiento del eje de la vía, el cual permitió identificar las características de diseño de curvas horizontales y tangentes.
- Perfil del eje de la vía, permitió identificar las diferentes pendientes en la carretera de estudio. Incluyendo curvas verticales (cóncavas y convexas).

3.6.3.2. Tablas

Tabla: 56 Elementos de alineamiento horizontal

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL											
TESIS:		"EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL – NOMINAL DE LA CARRETERA ENACO – ABRA CCORAO, DE ACUERDO A LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO"									
RESPONSABLES:		GARY ROSSANO GOMEZ ALLENDE - JOSE LUIS QUISPE MEJIA									
FECHA:		nov-16									
ELEMENTOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO											
PI	DELTA	R (m)	T (m)	LC (m)	C (m)	EXT. (m)	P.I.	P.C.	P.T.	ESTE(X)	NORTE(Y)
PI1	7°38'	35	2.338	4.669	4.665	0.078	0+019.33	0+016.99	0+021.66	184841.29	8502020.672
PI2	24°17'	50	10.758	21.194	21.035	1.144	0+060.42	0+049.66	0+070.86	184872.7	8502047.183
PI3	7°07'	150	9.346	18.668	18.656	0.291	0+179.92	0+170.57	0+189.24	184924.36	8502155.289
PI4	2°35'	150	3.397	6.793	6.792	0.038	0+219.12	0+215.73	0+222.52	184936.75	8502192.513
PI5	2°38'	150	3.467	6.933	6.932	0.04	0+248.61	0+245.15	0+252.08	184947.32	8502220.044
PI6	78°14'	20	16.264	27.309	25.236	5.778	0+395.61	0+379.35	0+406.66	184993.62	8502359.562
PI7	72°16'	18	13.145	22.707	21.231	4.289	0+431.30	0+418.15	0+440.86	184958.25	8502380.089
PI8	5°25'	150	7.099	14.188	14.183	0.168	0+463.32	0+456.22	0+470.41	184965.89	8502414.864
PI9	3°10'	350	9.684	19.364	19.361	0.134	0+530.64	0+520.96	0+540.32	184974.08	8502481.698
PI10	10°49'	350	33.173	66.148	66.05	1.569	0+638.45	0+605.27	0+671.42	184993.09	8502587.82
PI11	11°48'	150	15.521	30.932	30.877	0.801	0+734.11	0+718.59	0+749.52	185027.41	8502677.325
PI12	16°42'	90	13.226	26.264	26.171	0.967	0+800.16	0+786.93	0+813.20	185037.95	8502742.636
PI13	29°07'	70	18.187	35.588	35.206	2.324	0+868.03	0+849.84	0+885.43	185067.66	8502803.865
PI14	10°08'	180	15.962	31.841	31.8	0.706	0+937.68	0+921.72	0+953.56	185063.68	8502874.192
PI15	3°45'	180	5.909	11.813	11.811	0.097	0+988.87	0+982.96	0+994.78	185069.84	8502925.097
PI16	19°19'	120	20.421	40.454	40.263	1.725	1+106.33	1+085.91	1+126.37	185076.26	8503042.386
PI17	6°44'	120	7.074	14.132	14.124	0.208	1+180.47	1+173.39	1+187.53	185104.71	8503111.26
PI18	24°48'	60	13.193	25.973	25.771	1.433	1+234.96	1+221.76	1+247.74	185119.46	8503163.732
PI19	53°28'	50	25.191	46.67	44.994	5.987	1+300.60	1+275.41	1+322.08	185162.37	8503213.96
PI20	16°29'	120	17.384	34.528	34.409	1.253	1+369.59	1+352.21	1+386.74	185146.04	8503284.808
PI21	27°30'	60	14.683	28.801	28.525	1.771	1+418.44	1+403.75	1+432.55	185121.9	8503327.543
PI22	6°51'	180	10.788	21.549	21.537	0.323	1+493.55	1+482.76	1+504.31	185119.31	8503403.176
PI23	31°12'	60	16.752	32.671	32.269	2.295	1+554.72	1+537.97	1+570.64	185109.93	8503463.65
PI24	4°56'	350	15.103	30.188	30.178	0.326	1+723.34	1+708.24	1+738.43	185174.45	8503620.343

Continúa...

ELEMENTOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO

PI	DELTA	R (m)	T (m)	LC (m)	C (m)	EXT. (m)	P.I.	P.C.	P.T.	ESTE(X)	NORTE(Y)
PI25	44°21'	40	16.308	30.969	30.202	3.197	1+821.02	1+804.71	1+835.68	185219.29	8503707.137
PI26	10°00'	150	13.132	26.197	26.164	0.574	1+869.97	1+856.84	1+883.04	185204.46	8503755.519
PI27	38°41'	60	21.062	40.511	39.746	3.589	1+976.88	1+955.82	1+996.33	185191.37	8503861.691
PI28	58°02'	40	22.193	40.523	38.812	5.744	2+034.45	2+012.25	2+052.78	185222.42	8503912.064
PI29	22°57'	160	32.483	64.094	63.666	3.264	2+096.89	2+064.41	2+128.50	185192.95	8503971.458
PI30	5°14'	100	4.579	9.151	9.148	0.105	2+211.40	2+206.83	2+215.98	185105.41	8504046.634
PI31	10°24'	90	8.191	16.337	16.314	0.372	2+262.13	2+253.94	2+270.28	185070.1	8504083.069
PI32	6°32'	150	8.566	17.113	17.104	0.244	2+320.52	2+311.95	2+329.06	185022.53	8504116.997
PI33	11°21'	150	14.913	29.728	29.68	0.739	2+420.80	2+405.88	2+435.61	184948.04	8504184.155
PI34	6°15'	350	19.142	38.246	38.227	0.523	2+493.56	2+474.42	2+512.66	184885.38	8504221.331
PI35	25°34'	120	27.237	53.567	53.123	3.052	2+588.56	2+561.33	2+614.89	184809.41	8504278.453
PI36	28°48'	70	17.979	35.198	34.828	2.272	2+681.29	2+663.31	2+698.51	184766.2	8504361.519
PI37	66°06'	46	29.931	53.07	50.175	8.88	2+803.56	2+773.63	2+826.70	184769.05	8504484.515
PI38	3°34'	150	4.687	9.37	9.369	0.073	2+910.73	2+906.04	2+915.41	184665.96	8504533.083
PI39	27°37'	80	19.666	38.567	38.195	2.382	3+055.30	3+035.63	3+074.20	184539.27	8504602.743
PI40	23°48'	160	33.733	66.492	66.015	3.517	3+239.07	3+205.34	3+271.83	184437.22	8504756.499
PI41	28°20'	140	35.345	69.243	68.539	4.393	3+349.50	3+314.15	3+383.39	184343.39	8504816.541
PI42	38°10'	180	62.281	119.92	117.715	10.47	3+489.09	3+426.81	3+546.73	184274.91	8504939.842
PI43	5°50'	350	17.831	35.632	35.616	0.454	3+882.88	3+865.05	3+900.68	183907.56	8505094.126
PI44	1°29'	250	3.261	6.521	6.521	0.021	4+012.17	4+008.91	4+015.43	183794.04	8505156.058
PI45	9°25'	450	37.072	73.976	73.893	1.524	4+167.76	4+130.69	4+204.67	183659.44	8505234.113
PI46	47°55'	98	43.552	81.966	79.598	9.242	4+345.69	4+302.14	4+384.11	183522.07	8505347.463
PI47	66°50'	45	29.698	52.501	49.574	8.916	4+570.64	4+540.94	4+593.45	183294.45	8505313.878
PI48	5°48'	150	7.615	15.217	15.21	0.193	4+649.38	4+641.77	4+656.98	183272.63	8505231.069
PI49	110°53'	27.5	39.926	53.221	45.295	20.98	4+695.65	4+667.72	4+720.94	183252.15	8505176.506

Continúa...

ELEMENTOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO

PI	DELTA	R (m)	T (m)	LC (m)	C (m)	EXT. (m)	P.I.	P.C.	P.T.	ESTE(X)	NORTE(Y)
PI50	3°39'	250	7.998	15.99	15.988	0.128	4+986.20	4+978.20	4+994.19	183023.43	8505378.556
PI51	133°05'	50	115.252	116.147	91.739	75.63	5+208.86	5+150.61	5+266.76	182826.1	8505576.727
PI52	2°49'	250	6.151	12.299	12.298	0.076	5+326.43	5+320.28	5+332.58	183000.94	8505582.172
PI53	6°41'	150	8.766	17.513	17.503	0.256	5+414.66	5+405.90	5+423.41	183089.16	8505580.579
PI54	50°13'	40	18.749	35.065	33.953	4.176	5+460.50	5+441.76	5+476.82	183134.8	8505585.098
PI55	59°46'	43	24.714	44.861	42.854	6.596	5+532.31	5+507.60	5+552.46	183176.44	8505646.56
PI56	4°34'	150	5.993	11.98	11.976	0.12	5+569.56	5+563.56	5+575.54	183218.15	8505643.721
PI57	29°56'	75	20.053	39.189	38.744	2.634	5+654.87	5+634.82	5+674.00	183302.54	8505631.156
PI58	90°19'	22	22.121	34.679	31.198	9.199	5+716.81	5+694.69	5+729.37	183351.8	8505592.103
PI59	90°19'	22	22.121	34.679	31.198	9.199	5+751.49	5+729.37	5+764.05	183379.1	8505626.923
PI60	16°38'	150	21.933	43.558	43.405	1.595	5+824.90	5+802.97	5+846.53	183313.51	8505677.753
PI61	39°43'	50	18.059	34.659	33.969	3.161	5+889.12	5+871.06	5+905.72	183253.33	8505701.024
PI62	16°22'	80	11.515	22.873	22.795	0.824	5+948.68	5+937.16	5+960.03	183223.61	8505754.311
PI63	25°08'	50	11.152	21.945	21.769	1.229	5+987.38	5+976.23	5+998.17	183195.88	8505781.534
PI64	35°19'	70	22.291	43.161	42.48	3.464	6+057.09	6+034.80	6+077.96	183129.76	8505804.725
PI65	34°48'	50	15.674	30.377	29.912	2.399	6+163.37	6+147.69	6+178.07	183067.46	8505892.571
PI66	20°18'	150	26.864	53.164	52.886	2.387	6+256.17	6+229.31	6+282.47	182979.25	8505924.402
PI67	11°26'	150	15.018	29.937	29.887	0.75	6+303.90	6+288.88	6+318.82	182942.34	8505955.541
PI68	4°35'	250	10.022	20.034	20.029	0.201	6+380.69	6+370.66	6+390.70	182894.57	8506015.786
PI69	24°13'	80	17.162	33.811	33.56	1.82	6+612.48	6+595.32	6+629.13	182736.46	8506185.302
PI70	94°31'	26	28.811	43.505	38.604	12.808	6+696.71	6+667.90	6+711.40	182658.33	8506218.112
PI71	94°29'	26	27.471	42.271	37.767	11.824	6+739.51	6+712.04	6+754.31	182685.62	8506268.064
PI72	14°20'	80	10.066	20.027	19.974	0.631	6+782.52	6+772.45	6+792.48	182732.94	8506238.725
PI73	24°11'	90	19.289	38.003	37.722	2.044	6+860.75	6+841.46	6+879.46	182787.22	8506182.236
PI74	11°10'	150	14.681	29.27	29.223	0.717	6+928.60	6+913.92	6+943.19	182850.68	8506156.659

Continúa...

ELEMENTOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO

PI	DELTA	R (m)	T (m)	LC (m)	C (m)	EXT. (m)	P.I.	P.C.	P.T.	ESTE(X)	NORTE(Y)
PI75	12°48'	150	16.844	33.547	33.477	0.943	7+004.54	6+987.70	7+021.25	182914.36	8506115.099
PI76	18°48'	120	19.872	39.386	39.21	1.634	7+113.79	7+093.92	7+133.31	182990.42	8506036.486
PI77	17°20'	80	12.203	24.219	24.127	0.925	7+154.70	7+142.50	7+166.72	183027.14	8506017.661
PI78	20°55'	100	18.468	36.524	36.321	1.691	7+219.28	7+200.81	7+237.34	183090.97	8506006.645
PI79	93°19'	19	20.133	30.945	27.636	8.683	7+526.98	7+506.85	7+537.79	183355.84	8505849.248
PI80	93°19'	19	20.133	30.945	27.636	8.683	7+557.93	7+537.79	7+568.74	183374.37	8505884.995
PI81	18°21'	100	16.151	32.026	31.889	1.296	7+616.91	7+600.76	7+632.78	183312.02	8505912.873
PI82	13°06'	180	20.672	41.163	41.073	1.183	7+783.38	7+762.71	7+803.87	183188.96	8506025.39
PI83	38°57'	55	19.456	37.4	36.684	3.34	7+865.85	7+846.39	7+883.79	183142.19	8506093.538
PI84	80°51'	50	42.59	70.554	64.844	15.68	7+970.90	7+928.31	7+998.87	183040.06	8506123.946
PI85	42°56'	75	29.493	56.2	54.894	5.591	8+075.70	8+046.21	8+102.41	183055.5	8506242.368
PI86	7°44'	120	8.125	16.226	16.214	0.275	8+151.31	8+143.19	8+159.41	183009.97	8506306.189
PI87	22°35'	80	15.976	31.538	31.334	1.58	8+209.77	8+193.79	8+225.33	182982.73	8506357.936
PI88	6°24'	80	4.478	8.946	8.941	0.125	8+265.09	8+260.61	8+269.56	182939.82	8506393.507
PI89	10°50'	80	7.587	15.128	15.105	0.359	8+323.77	8+316.18	8+331.31	182899.09	8506435.769
PI90	9°49'	120	10.32	20.59	20.564	0.443	8+387.34	8+377.02	8+397.61	182847.12	8506472.465
PI91	31°04'	50	13.901	27.117	26.786	1.896	8+485.99	8+472.09	8+499.21	182777.4	8506542.327
PI92	31°48'	110	31.338	61.058	60.277	4.377	8+557.47	8+526.13	8+587.19	182707.38	8506559.764
PI93	13°37'	170	20.398	40.601	40.505	1.219	8+687.11	8+666.72	8+707.32	182615.85	8506653.847
PI94	1°43'	450	6.748	13.495	13.495	0.051	8+905.23	8+898.49	8+911.98	182431.02	8506770.032
PI95	14°09'	250	31.044	61.771	61.614	1.92	9+233.25	9+202.21	9+263.98	182158.68	8506952.876

Fuente: Elaboración propia 2016.

PI: Punto de intersección.

PC: Principio de curva.

PT: Principio de tangente.

DELTA: Ángulo de deflexión.

R: Radio.

T: Tangente.

LC: Longitud de curva.

C: Longitud de cuerda.

EXT: External.

3.6.4. Velocidades de operación del percentil 85 estimadas en curvas y tangentes.

3.6.4.1. Proceso de cálculo

Luego de obtener los elementos del alineamiento horizontal, se clasificó las curvas horizontales según sus radios y la pendiente, para poder realizar esta clasificación se tomó los intervalos desarrollados por Fitzpatrick (2000).

El objetivo de que todas las combinaciones geométricas estén representadas, es para que el modelo calcule adecuadamente la velocidad de las distintas combinaciones geométricas existentes en el área seleccionada.

Velocidad de operación estimada con modelos.

Se calculó la velocidad de operación en cada sitio a lo largo del tramo, para las curvas horizontales se utilizó el modelo desarrollado por Fitzpatrick (2000) y para las tangentes se utilizó el modelo propuesto por Lamm (1999), que se presentan en la tabla 3 y figura 16 respectivamente del marco teórico.

A continuación se muestra algunas de la estimación en curvas y tangentes como ejemplo por las diferentes fórmulas:

Velocidad de operación en curvas horizontales.

Ejemplos del cálculo de la velocidad de operación en curvas horizontales, de la carretera en estudio, utilizando el modelo desarrollado por Fitzpatrick ver tabla 57.

- **Sitio 170**, curvas horizontales con pendiente entre $(-4% < i > 0\%)$

$$V(85) = 105.98 - (3709.90/R) \text{ km/h} \dots (Ec 1)$$

$$\text{Radio} = 250 \text{ m.}$$

$$\text{Tipo de pendiente} = \boxed{P2}$$

$$V(85)_{170} = 105.98 - (3709.90 / 250\text{m}) \text{ km/h}$$

$$V(85)_{170} = 91 \text{ km/h.}$$

- **Sitio 37**, en curvas horizontales con pendiente entre ($0% < i > 4%$)

$$V(85) = 104.82 - (3574.51 / R) \text{ km/h} \dots (\text{Ec } 2)$$

Radio = 60 m.

Tipo de pendiente = P3

$$V(85)_{37} = 104.82 - (3574.51 / 60 \text{ m}) \text{ km/h}$$

$$V(85)_{37} = 45 \text{ km/h}$$

- **Sitio 27**, en curvas horizontales con pendiente entre ($4% < i > 9%$)

$$V(85) = 96.61 - (2752.19 / R) \text{ km/h} \dots (\text{Ec } 3)$$

Radio = 180 m.

Tipo de pendiente = P4

$$V(85)_{27} = 96.61 - (2752.19 / 180 \text{ m}) \text{ km/h}$$

$$V(85)_{27} = 81 \text{ km/h}.$$

- **Sitio 89**, en curva horizontal combinada con curva cóncava

$$V(85) = 105.32 - (3438.19 / R) \text{ km/h}$$

Radio = 150 m

Tipo de pendiente = P5

$$V(85)_{89} = 105.32 - (3438.19 / 150 \text{ m}) \text{ km/h}$$

$$V(85)_{89} = 82 \text{ km/h}.$$

- **Sitio 114**, en curva horizontal combinada con curva convexa.
Considerar el siguiente paramento, para comparar con la velocidad estimada con las ecuaciones 1 o 2 (para pendientes descendentes) y 3 o 4 (para pendientes ascendentes) y usar la menor.

Radio = 150 m

Tipo de pendiente = P6

Pendiente ascendente utilizar ecuaciones 3 o 4.

Ecuación 3

$$V(85) = 104.82 - (3574.51/R) \text{ km/h}$$

$$V(85)_{114} = 104.82 - (3574.51 / 150 \text{ m}) \text{ km/h}$$

$$V(85)_{114} = 81 \text{ km/h.}$$

Ecuación 4

$$V(85) = 96.61 - (2752.19 / R) \text{ km/h}$$

$$V(85)_{114} = 96.61 - (2752.19 / 150 \text{ m}) \text{ km/h}$$

$$V(85)_{114} = 78 \text{ km/h.}$$

Como se puede observar de acuerdo a las ecuaciones, la velocidad menor es la que corresponde a la ecuación 4 que como resultado es de 78 km/h, velocidad que se consideró para la estimación.

Velocidad de operación en tangentes.

Ejemplos del cálculo de la velocidad de operación en tangentes, en la carretera en estudio, utilizando el modelo propuesto por Lamm (1999) ver tabla 57.

Para el cálculo de la velocidad de operación en tangentes, es necesario determinar si la tangente es o no independiente, para ello es necesario establecer $LT_{mín}$ y $LT_{máx}$ con el objetivo de diferenciar entre los tres casos siguientes:

- caso 1: Si $LT \leq LT_{mín}$, entonces la tangente no es independiente, no se alcanza acelerar hasta $V_{85.n+1}$.
- caso 2: Si $LT \geq LT_{máx}$, entonces la tangente es independiente, se alcanza a acelerar hasta V_{des} .
- caso 3: Si $LT_{mín} < LT < LT_{máx}$, entonces la tangente es independiente, se alcanza a acelerar hasta $V_{85,+1}$.

El procedimiento para determinar la velocidad de operación en tangentes, dependerá al caso que corresponda.

• Sitio 20

$$LT_{mín} = | (V^2_{85,n-1}) - (V^2_{85,n+1}) | / 25.92 * a \dots \dots \dots (Ec1. Lt.)$$

$$\text{Longitud de tangente} = 27.67 \text{ m}$$

$$V_{85,19} = 48 \text{ km/h}$$

$$V_{85,21} = 42 \text{ km/h}$$

$$a = 0.85 \text{ m/s}^2$$

$$LT_{\text{mín}} = | (V^2_{85,n-1}) - (V^2_{85,n+1}) | / 25.92 * a$$

$$LT_{\text{mín}} = | (48^2) - (42^2) | / 25.92 * 0.85$$

$$LT_{\text{mín}} = 25 \text{ m.}$$

La longitud de tangente del sitio 20 es mayor que la longitud de tangente mínima, se descarta el caso 1. Para determinar si los conductores alcanzan la velocidad deseada, es necesario establecer la longitud de tangente máxima utilizando la ecuación Ec2.Lt2.

$$LT_{\text{máx}} = | 2 \times V^2_{\text{des}} - V^2_{85,n-1} - V^2_{85,n+1} | / 25.92 \times a \dots \dots \dots (\text{Ec2. Lt2})$$

$V_{\text{des}} = 73 \text{ km/h}$. velocidad de operación establecida por la medición en campo.

$$LT_{\text{máx}} = | 2 \times V^2_{\text{des}} - V^2_{85,n-1} - V^2_{85,n+1} | / 25.92 \times a$$

$$LT_{\text{máx}} = | (2 \times 73^2) - (48^2 - 42^2) | / 25.92 \times 0.85$$

$$LT_{\text{máx}} = 299 \text{ m.}$$

Se pueda observar que la longitud de la tangente se encuentra entre la longitud mínima y máxima el cual corresponde a utilizar el caso 3. Por ende la velocidad de operación del sitio 20 será 48km/h de acuerdo a la ecuación (Ec1.V (85) Tg).

$$V_{85T} = \sqrt{12.04 \times a \times (LT - LT_{\text{mín}}) + V^2_{85,n} - 1} \dots \dots (\text{Ec 1.V (85) Tg})$$

$$V_{85T} = \sqrt{12.04 \times 0.85 \times (27.67 - 25) + 48^2}$$

$$V_{85T} = 48 \text{ km/h.}$$

- **Sitio 16**

Long de tangente = 47.03 m

$$V_{85,1} = 74 \text{ km/h}$$

$$V_{85,3} = 77 \text{ km/h}$$

$$a = 0.85 \text{ m/s}^2$$

$$LT_{\text{mín}} = | (V^2_{85,n-1}) - (V^2_{85,n+1}) | / 25.92 * a$$

$$LT_{\text{mín}} = | (74^2) - (77^2) | / 25.92 * 0.85$$

$$LT_{\min} = 21 \text{ m.}$$

Longitud de tangente del sitio 16 es mayor que la longitud de tangente mínima, se descarta el caso 1, es necesario establecer la longitud de tangente máxima utilizando la ecuación Ec 2.Lt2.

$$V_{\text{des}} = 73 \text{ km/h.}$$

$$LT_{\max} = |2 \times V_{\text{des}}^2 - V_{85,n-1}^2 - V_{85,n+1}^2| / 25.92 \times a$$

$$LT_{\max} = |(2 \times 73^2) - (74^2 - 77^2)| / 25.92 \times 0.85$$

$$LT_{\max} = 34 \text{ m.}$$

En este sitio se cumple el caso 2, la longitud de tangente del sitio 16 es mayor que la longitud de tangente máxima, se determinó que se logra alcanzar la velocidad deseada, por lo tanto, la velocidad de operación en tangente del sitio 16 es igual a la velocidad deseada.

$$V_{85} = V_{\text{des}}$$

$$V_{85} = 73 \text{ km/h.}$$

- **Sitio 96**

$$\text{Long de tangente} = 59.28 \text{ m}$$

$$V_{85,1} = 78 \text{ km/h}$$

$$V_{85,3} = 60 \text{ km/h}$$

$$a = 0.85 \text{ m/s}^2$$

$$LT_{\min} = |(V_{85,n-1}^2) - (V_{85,n+1}^2)| / 25.92 * a$$

$$LT_{\min} = |(78^2) - (60^2)| / 25.92 * 0.85$$

$$LT_{\min} = 112.75 \text{ m.}$$

En este sitio se cumple el caso 1, la longitud de tangente 16 es menor que la longitud de tangente mínima, la tangente no es independiente y no se alcanza acelerar hasta $V_{85,n+1}$, Para establecer la velocidad de operación en tangente del sitio 96 se utiliza la ecuación (Ec 2.V (85) Tg)

$$V_{85} = (V_{85,n-1} + V_{85,n+1}) / 2 \quad \text{..... (Ec 2.V (85) Tg)}$$

$$V_{85} = (78 + 60) / 2$$

$$V_{85} = 69 \text{ km/h}$$

3.6.4.2. Tablas

Tabla: 57 Cuadros de estimaciones de velocidades de curvas y tangentes

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL											
TESIS:		"EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL - NOMINAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO, DE ACUERDO A LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMETRICO"									
RESPONSABLES:		GARY ROSSANO GOMEZ ALLENDE - JOSE LUIS QUISPE MEJIA									
ESTIMACIÓN DE VELOCIDADES POR LAS FORMULAS DE FITZPATRIK Y LAMM											
CONDICIONES DE ALINEAMIENTO					ECUACIÓN	DATOS	DATOS	TIPOS DE PENDIENTE	DATOS DE ENTRADA		
CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (-9% < i > -4%)					$V(85)=102.10 - (3077.13/R)$	102.1	3077.13	P1	a	0.85	m/s2
CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (-4% < i > 0%)					$V(85)=105.98 - (3709.90/R)$	105.98	3709.9	P2	V.deseada	73	km/h
CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (0% < i > 4%)					$V(85)=104.82 - (3574.51/R)$	104.82	3574.51	P3	V Diseño	30	km/h
CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (4% < i > 9%)					$V(85)=96.61 - (2752.19/R)$	96.61	2752.19	P4			
CURVA HORIZONTAL COMBINADA CON CURVA CONCAVA					$V(85)=105.32 - (3438.19/R)$	105.32	3438.19	P5			
CURVA HORIZONTAL COMBINADA CON CURVA CONVEXA					CONSIDERAR CASO 2			P6			
SITIO	ELEMENTO	LONG (m)	RADIO (m)	P.C	P.T	PENDIENTE (%)	TIPO DE PENDIENTE FITZPATRICK	V(85) Km/h	LTMIN (m)	LTMAX (m)	VEL TANG (Km/h)
-	tangente	127.27							69	474	82
PI 6	curva	27.31	20	0+379.35	0+406.66	12.04	P4	-41			
-	tangente	11.49							138	N	-49
PI 7	curva	22.71	18	0+418.15	0+440.86	12.04	P4	-56			
-	tangente	15.36							138	N	11
PI 8	curva	14.19	150	0+456.22	0+470.41	12.04	P4	78			
-	tangente	50.59							143	N	87
1	curva	19.36	350	0+520.96	0+540.32	6.13	P5	95			
2	tangente	64.96							0	335.51	98
3	curva	66.15	350	0+605.27	0+671.42	6.13	P5	95			
4	tangente	47.17							133	N	87
5	curva	30.93	150	0+718.59	0+749.52	11.62	P4	78			
6	tangente	37.41							78	N	72
7	curva	26.26	90	0+786.93	0+813.20	11.62	P4	66			
8	tangente	36.65							50	N	62
9	curva	35.59	70	0+849.84	0+885.43	7.26	P4	57			
10	tangente	36.29							150.33	N	69
11	curva	31.84	180	0+921.72	0+953.56	7.26	P4	81			
12	tangente	29.40							0	111.84	83
13	curva	11.81	180	0+982.96	0+994.78	7.26	P4	81			
14	tangente	91.13							49.25	62.59	73
15	curva	40.45	120	1+085.91	1+126.37	7.26	P4	74			
16	tangente	47.03							20.56	33.91	73
17	curva	14.13	120	1+173.39	1+187.53	7.26	P5	77			
18	tangente	34.24							164.53	N	63
19	curva	25.97	60	1+221.76	1+247.74	9.57	P5	48			
20	tangente	27.67							24.51	299.11	48
21	curva	46.67	50	1+275.41	1+322.08	9.57	P4	42			
22	tangente	30.13							168.48	N	58
23	curva	34.53	120	1+352.21	1+386.74	9.57	P4	74			
24	tangente	17.01							130.49	N	63
25	curva	28.80	60	1+403.75	1+432.55	9.57	P4	51			

Continúa...

ESTIMACIÓN DE VELOCIDADES POR LAS FORMULAS DE FITZPATRIK Y LAMM											
CONDICIONES DE ALINEAMIENTO					ECUACIÓN	DATOS	DATOS	TIPOS DE PENDIENTE	DATOS DE ENTRADA		
CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (-9% < i > -4%)					$V(85)=102.10 - (3077.13/R)$	102.1	3077.13	P1	a	0.85	m/s2
CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (-4% < i > 0%)					$V(85)=105.98 - (3709.90/R)$	105.98	3709.9	P2	V.deseada	73	km/h
CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (0% < i > 4%)					$V(85)=104.82 - (3574.51/R)$	104.82	3574.51	P3	V Diseño	30	km/h
CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (4% < i > 9%)					$V(85)=96.61 - (2752.19/R)$	96.61	2752.19	P4			
CURVA HORIZONTAL COMBINADA CON CURVA CONCAVA					$V(85)=105.32 - (3438.19/R)$	105.32	3438.19	P5			
CURVA HORIZONTAL COMBINADA CON CURVA CONVEXA					CONSIDERAR CASO 2			P6			
SITIO	ELEMENTO	LONG (m)	RADIO (m)	P.C	P.T	PENDIENTE (%)	TIPO DE PENDIENTE FITZPATRICK	V(85) Km/h	LTMIN (m)	LTMAX (m)	VEL TANG (Km/h)
26	tangente	50.21							179.74	N	66
27	curva	21.55	180	1+482.76	1+504.31	9.57	P4	81			
28	tangente	33.66							179.74	N	66
29	curva	32.67	60	1+537.97	1+570.64	9.57	P4	51			
30	tangente	137.60							241.47	N	70
31	curva	30.19	350	1+708.24	1+738.43	9.57	P6	89			
32	tangente	66.28							349.31	N	52
33	curva	30.97	40	1+804.71	1+835.68	2.74	P6	15			
34	tangente	21.16							265.93	N	47
35	curva	26.20	150	1+856.84	1+883.04	2.74	P6	78			
36	tangente	72.78							184.23	N	62
37	curva	40.51	60	1+955.82	1+996.33	2.74	P3	45			
38	tangente	15.92							81.70	N	30
39	curva	40.52	40	2+012.25	2+052.78	2.74	P3	15			
40	tangente	11.63							294.98	N	49
41	curva	64.09	160	2+064.41	2+128.50	2.74	P3	82			
42	tangente	78.33							89.10	N	76
43	curva	9.15	100	2+206.83	2+215.98	2.74	P3	69			
44	tangente	37.96							12.35	64.00	71
45	curva	16.34	90	2+253.94	2+270.28	2.74	P5	67			
46	tangente	41.67							72.39	N	73
47	curva	17.11	150	2+311.95	2+329.06	7.44	P4	78			
48	tangente	76.82							0.00	69.00	73
49	curva	29.73	150	2+405.88	2+435.61	7.44	P4	78			
50	tangente	38.81							83.38	N	84
51	curva	38.25	350	2+474.42	2+512.66	7.44	P4	89			
52	tangente	48.67							110.97	N	82
53	curva	53.57	120	2+561.33	2+614.89	7.44	P4	74			
54	tangente	48.42							106.21	N	65
55	curva	35.20	70	2+663.31	2+698.51	8.59	P5	56			

Continúa...

ESTIMACIÓN DE VELOCIDADES POR LAS FORMULAS DE FITZPATRIK Y LAMM											
CONDICIONES DE ALINEAMIENTO					ECUACIÓN	DATOS	DATOS	TIPOS DE PENDIENTE	DATOS DE ENTRADA		
CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (-9% < i > -4%)					$V(85)=102.10 - (3077.13/R)$	102.1	3077.13	P1	a	0.85	m/s2
CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (-4% < i > 0%)					$V(85)=105.98 - (3709.90/R)$	105.98	3709.9	P2	V.deseada	73	km/h
CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (0% < i > 4%)					$V(85)=104.82 - (3574.51/R)$	104.82	3574.51	P3	V Diseño	30	km/h
CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (4% < i > 9%)					$V(85)=96.61 - (2752.19/R)$	96.61	2752.19	P4			
CURVA HORIZONTAL COMBINADA CON CURVA CONCAVA					$V(85)=105.32 - (3438.19/R)$	105.32	3438.19	P5			
CURVA HORIZONTAL COMBINADA CON CURVA CONVEXA					CONSIDERAR CASO 2			P6			
SITIO	ELEMENTO	LONG (m)	RADIO (m)	P.C	P.T	PENDIENTE (%)	TIPO DE PENDIENTE	V(85) Km/h	LTMIN (m)	LTMAX (m)	VEL TANGE (Km/h)
56	tangente	75.12							109.25	N	42
57	curva	53.07	46	2+773.63	2+826.70	8.59	P6	27			
58	tangente	79.34							243.06	N	53
59	curva	9.37	150	2+906.04	2+915.41	6.49	P4	78			
60	tangente	120.22							101.67	N	73
61	curva	38.57	80	3+035.63	3+074.20	6.49	P4	62			
62	tangente	131.14							108.80	N	73
63	curva	66.49	160	3+205.34	3+271.83	6.49	P4	79			
64	tangente	42.32							14.16	69.00	81
65	curva	69.24	140	3+314.15	3+383.39	5.61	P4	77			
66	tangente	43.42							28.69	83.00	78
67	curva	119.92	180	3+426.81	3+546.73	5.61	P4	81			
68	tangente	318.32							N	224.00	73
69	curva	35.63	350	3+865.05	3+900.68	2.28	P3	95			
70	tangente	108.23							33.77	302.00	99
71	curva	6.52	250	4+008.91	4+015.43	2.28	P3	91			
72	tangente	115.26							8.22	260.00	97
73	curva	73.98	450	4+130.69	4+204.67	2.28	P6	90			
74	tangente	97.27							145.24	N	80
75	curva	81.97	98	4+302.14	4+384.11	0.91	P5	70			
76	tangente	156.83							194.04	N	48
77	curva	52.50	45	4+540.94	4+593.45	0.91	P3	25			
78	tangente	48.32							276.82	N	54
79	curva	15.22	150	4+641.77	4+656.98	5.68	P5	82			
80	tangente	10.74							287.04	N	31
81	curva	53.22	27.5	4+667.72	4+720.94	5.68	P5	-20			
82	tangente	257.26							317.54	N	33
83	curva	15.99	250	4+978.20	4+994.19	3.08	P6	86			
84	tangente	156.42							273.56	N	62
85	curva	116.15	50	5+150.61	5+266.76	6.14	P5	37			
86	tangente	53.52							273.56	N	62
87	curva	12.30	250	5+320.28	5+332.58	6.14	P4	86			

Continúa...

ESTIMACIÓN DE VELOCIDADES POR LAS FORMULAS DE FITZPATRIK Y LAMM											
CONDICIONES DE ALINEAMIENTO					ECUACIÓN	DATOS	DATOS	TIPOS DE PENDIENTE	DATOS DE ENTRADA		
CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (-9% < i > -4%)					$V(85)=102.10 - (3077.13/R)$	102.1	3077.13	P1	a	0.85	m/s2
CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (-4% < i > 0%)					$V(85)=105.98 - (3709.90/R)$	105.98	3709.9	P2	V.deseada	73	km/h
CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (0% < i > 4%)					$V(85)=104.82 - (3574.51/R)$	104.82	3574.51	P3	V Diseño	30	km/h
CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (4% < i > 9%)					$V(85)=96.61 - (2752.19/R)$	96.61	2752.19	P4			
CURVA HORIZONTAL COMBINADA CON CURVA CONCAVA					$V(85)=105.32 - (3438.19/R)$	105.32	3438.19	P5			
CURVA HORIZONTAL COMBINADA CON CURVA CONVEXA					CONSIDERAR CASO 2			P6			
SITIO	ELEMENTO	LONG (m)	RADIO (m)	P.C	P.T	PENDIENTE (%)	TIPO DE PENDIENTE	V(85) Km/h	LTMIN (m)	LTMAX (m)	VEL TANGE (Km/h)
88	tangente	73.32							30.50	157.00	89
89	curva	17.51	150	5+405.90	5+423.41	8.09	P5	82			
90	tangente	18.35							269.61	N	55
91	curva	35.07	40	5+441.76	5+476.82	8.09	P4	28			
92	tangente	30.78							13.84	399.00	31
93	curva	44.86	43	5+507.60	5+552.46	8.09	P4	33			
94	tangente	11.10							226.72	N	56
95	curva	11.98	150	5+563.56	5+575.54	8.09	P6	78			
96	tangente	59.28							112.75	N	69
97	curva	39.19	75	5+634.82	5+674.00	7.22	P4	60			
98	tangente	20.69							45.34	N	5
99	curva	34.68	22	5+694.69	5+729.37	7.22	P5	-51			
100	curva	34.68	22	5+729.37	5+764.05	7.22	P5	-51			
101	tangente	38.92							158.09	N	14
102	curva	43.56	150	5+802.97	5+846.53	8.83	P4	78			
103	tangente	24.53							196.08	N	60
104	curva	34.66	50	5+871.06	5+905.72	8.83	P4	42			
105	tangente	31.44							94.41	N	52
106	curva	22.87	80	5+937.16	5+960.03	8.83	P4	62			
107	tangente	16.20							94.41	N	52
108	curva	21.95	50	5+976.23	5+998.17	8.83	P4	42			
109	tangente	36.63							67.40	N	50
110	curva	43.16	70	6+034.80	6+077.96	8.83	P4	57			
111	tangente	69.73							67.40	256.00	57
112	curva	30.38	50	6+147.69	6+178.07	8.83	P4	42			
113	tangente	51.24							196.08	N	60
114	curva	53.16	150	6+229.31	6+282.47	3.97	P6	78			
115	tangente	6.41							21.65	90.00	77
116	curva	29.94	150	6+288.88	6+318.82	3.97	P3	81			
117	tangente	51.84							78.07	N	86
118	curva	20.03	250	6+370.66	6+390.70	3.97	P3	91			
119	tangente	204.62							N	67.00	73
120	curva	33.81	80	6+595.32	6+629.13	7.26	P4	62			

Continúa...

ESTIMACIÓN DE VELOCIDADES POR LAS FORMULAS DE FITZPATRIK Y LAMM											
CONDICIONES DE ALINEAMIENTO					ECUACIÓN	DATOS	DATOS	TIPOS DE PENDIENTE	DATOS DE ENTRADA		
CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (-9% < i > -4%)					$V(85)=102.10 - (3077.13/R)$	102.1	3077.13	P1	a	0.85	m/s2
CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (-4% < i > 0%)					$V(85)=105.98 - (3709.90/R)$	105.98	3709.9	P2	V.deseada	73	km/h
CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (0% < i > 4%)					$V(85)=104.82 - (3574.51/R)$	104.82	3574.51	P3	V Diseño	30	km/h
CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (4% < i > 9%)					$V(85)=96.61 - (2752.19/R)$	96.61	2752.19	P4			
CURVA HORIZONTAL COMBINADA CON CURVA CONCAVA					$V(85)=105.32 - (3438.19/R)$	105.32	3438.19	P5			
CURVA HORIZONTAL COMBINADA CON CURVA CONVEXA					CONSIDERAR CASO 2			P6			
SITIO	ELEMENTO	LONG (m)	RADIO (m)	P.C	P.T	PENDIENTE (%)	TIPO DE PENDIENTE	V(85) Km/h	LTMIN (m)	LTMAX (m)	VEL TANGE (Km/h)
121	tangente	38.77							170.80	N	27
122	curva	43.51	26	6+667.90	6+711.40	7.26	P4	-9			
123	curva	42.27	26	6+712.04	6+754.31	7.26	P4	-9			
124	tangente	18.14							159.72	N	26
125	curva	20.03	80	6+772.45	6+792.48	1.69	P6	60			
126	tangente	48.98							28.37	129.00	62
127	curva	38.00	90	6+841.46	6+879.46	1.69	P3	65			
128	tangente	34.46							113.43	N	74
129	curva	29.27	150	6+913.92	6+943.19	3.24	P5	82			
130	tangente	44.51							7.40	119.00	84
131	curva	33.55	150	6+987.70	7+021.25	3.24	P3	81			
132	tangente	72.67							28.69	83.00	84
133	curva	39.39	120	7+093.92	7+133.31	3.24	P5	77			
134	tangente	9.19							94.64	N	70
135	curva	24.22	80	7+142.50	7+166.72	5.53	P4	62			
136	tangente	34.00							41.62	N	66
137	curva	36.52	100	7+200.81	7+237.34	5.53	P4	69			
138	tangente	269.51							N	163.00	73
139	curva	30.95	19	7+506.85	7+537.79	7.37	P4	-48			
140	curva	30.95	19	7+537.79	7+568.74	7.37	P4	-48			
141	tangente	32.02							111.52	N	11
142	curva	32.03	100	7+600.76	7+632.78	2.69	P3	69			
143	tangente	129.93							N	60.00	73
144	curva	41.16	180	7+762.71	7+803.87	2.69	P3	85			
145	tangente	42.52							255.31	N	63
146	curva	37.40	55	7+846.39	7+883.79	2.69	P3	40			
147	tangente	44.52							7.44	331.00	44
148	curva	70.55	50	7+928.31	7+998.87	6.18	P4	42			
149	tangente	47.34							83.33	N	51
150	curva	56.20	75	8+046.21	8+102.41	6.18	P4	60			
151	tangente	40.78							85.15	N	67
152	curva	16.23	120	8+143.19	8+159.41	7.99	P4	74			

Continúa...

ESTIMACIÓN DE VELOCIDADES POR LAS FORMULAS DE FITZPATRIK Y LAMM											
CONDICIONES DE ALINEAMIENTO				ECUACIÓN		DATOS	DATOS	TIPOS DE PENDIENTE	DATOS DE ENTRADA		
CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (-9% < i > -4%)				V(85)=102.10 - (3077.13/R)		102.1	3077.13	P1	a	0.85	m/s ²
CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (-4% < i > 0%)				V(85)=105.98 - (3709.90/R)		105.98	3709.9	P2	V.deseada	73	km/h
CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (0% < i > 4%)				V(85)=104.82 - (3574.51/R)		104.82	3574.51	P3	V Diseño	30	km/h
CURVAS HORIZONTALES SOBRE PENDIENTE (4% < i > 9%)				V(85)=96.61 - (2752.19/R)		96.61	2752.19	P4			
CURVA HORIZONTAL COMBINADA CON CURVA CONCAVA				V(85)=105.32 - (3438.19/R)		105.32	3438.19	P5			
CURVA HORIZONTAL COMBINADA CON CURVA CONVEXA				CONSIDERAR CASO 2				P6			
SITIO	ELEMENTO	LONG (m)	RADIO (m)	P.C	P.T	PENDIENTE (%)	TIPO DE PENDIENTE	V(85) Km/h	LTMIN (m)	LTMAX (m)	VEL TANGE
153	tangente	34.38							74.07	N	68
154	curva	31.54	80	8+193.79	8+225.33	7.99	P4	62			
155	tangente	35.28							0.00	135.00	65
156	curva	8.95	80	8+260.61	8+269.56	7.99	P4	62			
157	tangente	46.62							0.00	135.00	66
158	curva	15.13	80	8+316.18	8+331.31	7.99	P4	62			
159	tangente	45.71							74.07	N	68
160	curva	20.59	120	8+377.02	8+397.61	7.99	P4	74			
161	tangente	74.48							199.12	N	54
162	curva	27.12	50	8+472.09	8+499.21	4.88	P3	33			
163	tangente	26.92							185.87	N	53
164	curva	61.06	110	8+526.13	8+587.19	4.88	P3	72			
165	tangente	79.53							N	42.00	73
166	curva	40.60	170	8+666.72	8+707.32	6.88	P4	80			
167	tangente	191.17							N	174.00	73
168	curva	13.50	450	8+898.49	8+911.98	6.88	P4	90			
169	tangente	290.23							N	260.00	73
170	curva	61.77	250	9+202.21	9+263.98	-0.68	P2	91			

Fuente: Elaboración propia 2016.

LONG: Longitud de tangente o curva.

PC: Principio de curva.

PT: Principio de Tangente.

V85: Velocidad estimada en curvas del percentil 85

LTMÍN: Longitud de tangente mínima.

LTMÁX: Longitud de tangente máxima.

VEL TANGE: Velocidad estimada en tangentes del percentil 85.

a: Aceleración =0.85 m/s²

3.6.5. Análisis de la consistencia del diseño geométrico

3.6.5.1. Proceso de cálculo

Para la verificación de la consistencia de diseño geométrico, Lamm propuso 2 criterios, a continuación se presenta ejemplos de acuerdo a cada criterio.

Resultados del criterio de seguridad I (C – I).

Se aplicó el criterio de seguridad I, desarrollado por Lamm en 1999, para comparar la velocidad de operación del percentil 85 con la velocidad de diseño para curvas y tangentes. Para calcular el criterio de seguridad I se utiliza la ecuación Ec CI 1.

$$SCI=|V85,-Vd|.....(Ec CI 1)$$

Tabla: 58 criterio I de diseño geométrico

DISEÑO	COLOR	C - I (Km/h)
BUENO	Verde	$ V85n - Vd \leq 10$
TOLERABLE	Naranja	$10 < V85n - Vd \leq 20$
POBRE	Rojo	$ V85n - Vd > 20$

Fuente: Elaboración propia 2016.

- **Sitio 10**, tangente
 $V85=69 \text{ km/h}$
 $Vd=30 \text{ km/h}$
 $CI=|63-30|$
 $CI=39 \text{ km/h}$
 (Rojo - Diseño Pobre)
- **Sitio 19**, curva
 $V85=48 \text{ km/h}$
 $Vd=30 \text{ km/h}$
 $CI=|48-30|$
 $CI=18 \text{ km/h}$
 (Naranja - Diseño Tolerable)
- **Sitio 38**, tangente
 $V85=30 \text{ km/h}$
 $Vd=30 \text{ km/h}$
 $CI=|30-30|$
 $CI=0 \text{ km/h}$
 (Verde - Diseño Bueno)

Los valores obtenidos de criterio I para los diferentes sitios dentro del tramo en estudio, se listan en la tabla 60, columna 14.

Resultados del criterio de seguridad II (C – II).

Se aplicó el criterio de seguridad II de Lamm desarrollado en el año 1999, para determinar la coherencia de la velocidad de operación a lo largo del alineamiento analizado, relacionando la transición entre elementos de diseño consecutivo. Para calcular el criterio de seguridad II se utiliza la ecuación Ec CI 2.

$$SCII=|V_{85n}-V_{85,+1}|,\dots\dots\dots (Ec CI 1)$$

Tabla: 59 Criterio II de diseño geométrico

DISEÑO	COLOR	C - II (Km/h)
BUENO		$ V_{85n} - V_{85n+1} \leq 10$
TOLERABLE		$10 < V_{85n} - V_{85n+1} \leq 20$
POBRE		$ V_{85n} - V_{85n+1} > 20$

Fuente: Elaboración propia 2016.

- Transición entre **Sitio 31 y 32** - Curva

$$V_{85,1}=89 \text{ km/h}$$

$$V_{85,2}=52 \text{ km/h}$$

$$CII=|89-52|$$

$$CII=37 \text{ km/h}$$

(Rojo - Diseño Pobre)

- Transición entre **Sitio 25 y 26** - Curva

$$V_{85,1}=51 \text{ km/h}$$

$$V_{85,2}=66 \text{ km/h}$$

$$CII=|51-66|$$

$$CII=15 \text{ km/h}$$

(Anaranjado - Diseño Tolerable)

- Transición entre **Sitio 66 y 67**.

$$V_{85,1}=78 \text{ km/h}$$

$$V_{85,2}=81 \text{ km/h}$$

$$CII=|78-81|$$

$$CII=3 \text{ km/h}$$

(Verde - Diseño Bueno)

Los valores obtenidos de criterio II para los diferentes sitios dentro del tramo en estudio, se listan en la tabla 60, columna 15.

3.6.5.2. Tablas

Tabla: 60 Datos numéricos para el proceso de evaluación de la consistencia de diseño geométrico

SITIO Nº		VALORES EN CURVAS HORIZONTALES							VALORES EN TANGENTES				C - I	C - II
PI	LONG. TANGENTE	RADIO	LC	DELTA	V85,C	VDIS.	VDES.	L.TMÍN	L.TMÁX	a	V85,T	V85-VDIS	V85-V85	
	m	m	m	°	km/h	km/h	km/h	m	m	m/s2	km/h	km/h	km/h	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
-	tangente	127.27					30	73	69	474	0.85	82	52	123
PI	6	curva	20	27.31	78°14'	-41	30	73					71	8
-	tangente	11.49					30	73	138	N	0.85	-49	79	7
PI	7	curva	18	22.71	72°16'	-56	30	73					86	67
-	tangente	15.36					30	73	138	N	0.85	11	19	67
PI	8	curva	150	14.19	5°25'	78	30	73					48	9
-	tangente	50.59					30	73	143	N	0.85	87	57	8
1	9	curva	350	19.36	3°10'	95	30	73					65	3
2	tangente	64.96					30	73	0.00	335.51	0.85	98	68	3
3	10	curva	350	66.15	10°49'	95	30	73					65	8
4	tangente	47.17					30	73	133.00	N	0.85	87	57	9
5	11	curva	150	30.93	11°48'	78	30	73					48	6
6	tangente	37.41					30	73	78.00	N	0.85	72	42	6
7	12	curva	90	26.26	16°42'	66	30	73					36	4
8	tangente	36.65					30	73	50.00	N	0.85	62	32	5
9	13	curva	70	35.59	29°07'	57	30	73					27	12
10	tangente	36.29					30	73	150.00	N	0.85	69	39	12
11	14	curva	180	31.84	10°08'	81	30	73					51	2
12	tangente	29.40					30	73	0.00	111.84	0.85	83	53	2
13	15	curva	180	11.81	3°45'	81	30	73					51	

Continúa...



Sitio N°	PI	VALORES EN CURVAS HORIZONTALES							VALORES EN TANGENTES				C - I	C - II
		LONG. TANGENTE	RADIO	LC	DELTA	V85,C	VDIS.	VDES.	L.TMÍN	L.TMÁX	a	V85,T	V85-VDIS	V85-V85
		m	m	m	°	km/h	km/h	km/h	m	m	m/s2	km/h	km/h	km/h
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
														8
14	tangente	91.13					30	73	49.25	62.59	0.85	73	43	
														1
15	16	curva	120	40.45	19°19'	74	30	73					44	
														1
16	tangente	47.03					30	73	24.56	33.91	0.85	73	43	
														4
17	17	curva	120	14.13	6°44'	77	30	73					47	
														14
18	tangente	34.24					30	73	164.53	N	0.85	63	33	
														15
19	18	curva	60	25.97	24°48'	48	30	73					18	
														0
20	tangente	27.67					30	73	24.51	299.11	0.85	48	18	
														6
21	19	curva	50	46.67	53°28'	42	30	73					12	
														16
22	tangente	30.13					30	73	168.48	N	0.85	58	28	
														16
23	20	curva	120	34.53	16°29'	74	30	73					44	
														12
24	tangente	17.01					30	73	130.49	N	0.85	63	33	
														12
25	21	curva	60	28.80	27°30'	51	30	73					21	
														15
26	tangente	50.21					30	73	179.74	N	0.85	66	36	
														15
27	22	curva	180	21.55	6°51'	81	30	73					51	
														15
28	tangente	33.66					30	73	179.74	N	0.85	66	36	
														15
29	23	curva	60	32.67	31°12'	51	30	73					21	
														19
30	tangente	137.602					30	73	241.47	N	0.85	70	30	
														19
31	24	curva	350	30.19	4°56'	89	30	73					59	
														37
32	tangente	66.28					30	73	339.31	N	0.85	52	22	
														37

Continúa...



Sitio N°	PI	VALORES EN CURVAS HORIZONTALES							VALORES EN TANGENTES				C - I	C - II
		LONG. TANGENTE	RADIO	LC	DELTA	V85,C	VDIS	VDES	L.TMÍN	L.TMÁX	a	V85,T	V85-VDIS	V85-V85
		m	m	m	° '	km/h	km/h	km/h	m	m	m/s2	km/h	km/h	km/h
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
33	25	curva	40	30.97	44°21'	15	30	73					15	
														32
34	tangente	21.164					30	73	265.63	N	0.85	47	17	
														31
35	26	curva	150	26.20	10°00'	78	30	73					48	
														16
36	tangente	72.785					30	73	184.23	N	0.85	62	32	
														17
37	27	curva	60	40.51	38°41'	45	30	73					15	
														15
38	tangente	15.916					30	73	81.7	N	0.85	30	0	
														15
39	28	curva	40	40.52	58°02'	15	30	73					15	
														34
40	tangente	11.63					30	73	294.98	N	0.85	49	19	
														33
41	29	curva	160	64.09	22°57'	82	30	73					52	
														6
42	tangente	78.33					30	73	89.1	N	0.85	76	46	
														7
43	30	curva	100	9.15	5°14'	69	30	73					39	
														2
44	tangente	37.96					30	73	12.35	44	0.85	71	41	
														4
45	31	curva	90	16.34	10°24'	67	30	73					37	
														6
46	tangente	41.67					30	73	72.39	N	0.85	73	43	
														5
47	32	curva	150	17.11	6°32'	78	30	73					48	
														5
48	tangente	76.82					30	73	0	69	0.85	73	43	
														5
49	33	curva	150	29.73	11°21'	78	30	73					48	
														6
50	tangente	38.81					30	73	83.38	N	0.85	84	54	
														6
51	34	curva	350	38.25	6°15'	89	30	73					59	
														8
52	tangente	48.67					30	73	110.97	N	0.85	82	52	

Continúa...



Sitio N°	PI	VALORES EN CURVAS HORIZONTALES							VALORES EN TANGENTES				C - I	C - II
		LONG. TANGENTE	RADIO	LC	DELTA	V85,C	VDIS.	VDES.	L.TMÍN	L.TMÁX	a	V85,T	V85-VDIS	V85-V85
		m	m	m	°'	km/h	km/h	km/h	m	m	m/s2	km/h	km/h	km/h
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
														8
53	35	curva	120	53.57	25°34'	74	30	73					44	
														9
54	tangente	48.42					30	73	106.21	N	0.85	65	35	
														9
55	36	curva	70	35.20	28°48'	56	30	73					26	
														14
56	tangente	75.12					30	73	109.25	N	0.85	42	12	
														15
57	37	curva	46	53.07	66°06'	27	30	73					3	
														26
58	tangente	79.34					30	73	243.06	N	0.85	53	23	
														25
59	38	curva	150	9.37	3°34'	78	30	73					48	
														5
60	tangente	120.22					30	73	101.67	N	0.85	73	43	
														11
61	39	curva	80	38.57	27°37'	62	30	73					32	
														11
62	tangente	131.14					30	73	108.8	N	0.85	73	43	
														6
63	40	curva	160	66.49	23°48'	79	30	73					49	
														2
64	tangente	42.32					30	73	14.16	69	0.85	81	51	
														4
65	41	curva	140	69.24	28°20'	77	30	73					47	
														1
66	tangente	43.42					30	73	28.69	83	0.85	78	48	
														3
67	42	curva	180	119.92	38°10'	81	30	73					51	
														8
68	tangente	318.32					30	73	N	224	0.85	73	43	
														22
69	43	curva	350	35.63	5°50'	95	30	73					65	
														4
70	tangente	108.23					30	73	33.77	302	0.85	99	69	
														8
71	44	curva	250	6.52	1°29'	91	30	73					61	
														6

Continúa...



Sitio N°	PI	VALORES EN CURVAS HORIZONTALES							VALORES EN TANGENTES				C - I	C - II
		LONG. TANGENTE	RADIO	LC	DELTA	V85,C	VDIS.	VDES.	L.TMÍN	L.TMÁX	a	V85,T	V85-VDIS	V85-V85
		m	m	m	°'	km/h	km/h	km/h	m	m	m/s2	km/h	km/h	km/h
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
72	tangente	115.26					30	73	8.22	260	0.85	97	67	
														7
73	45	curva	450	73.98	9°25'	90	30	73					60	
														11
74	tangente	97.27					30	73	145.24	N	0.85	80	50	
														10
75	46	curva	98	81.97	47°55'	70	30	73					40	
														22
76	tangente	156.83					30	73	194.04	N	0.85	48	18	
														23
77	47	curva	45	52.50	66°50'	25	30	73					5	
														29
78	tangente	48.32					30	73	276.82	N	0.85	54	24	
														28
79	48	curva	150	15.22	5°48'	82	30	73					52	
														51
80	tangente	10.74					30	73	287.04	N	0.85	31	1	
														51
81	49	curva	27.5	53.22	110°53'	-20	30	73					50	
														53
82	tangente	257.26					30	73	317.74	N	0.85	33	3	
														53
83	50	curva	250	15.99	3°39'	86	30	73			0.85		56	
														24
84	tangente	156.42					30	73	273.56	N	0.85	62	32	
														25
85	51	curva	50	116.15	133°05'	37	30	73					7	
														25
86	tangente	53.52					30	73	273.56	N	0.85	62	32	
														24
87	52	curva	250	12.30	2°49'	86	30	73					56	
														3
88	tangente	73.32					30	73	30.5	157	0.85	89	59	
														7
89	53	curva	150	17.51	6°41'	82	30	73					52	
														27
90	tangente	18.35					30	73	269.61	N	0.85	55	25	
														27
91	54	curva	40	35.07	50°13'	28	30	73					2	

Continúa...



Sitio N°	PI	VALORES EN CURVAS HORIZONTALES							VALORES EN TANGENTES				C - I	C - II
		LONG. TANGENTE	RADIO	LC	DELTA	V85,C	VDIS.	VDES.	L.TMÍN	L.TMÁX	a	V85,T	V85-VDIS	V85-V85
		m	m	m	°'	km/h	km/h	km/h	m	m	m/s2	km/h	km/h	km/h
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
														3
92	tangente	30.78					30	73	13.84	399	0.85	31	1	
														2
93	55	curva	43	44.86	59°46'	33	30	73					3	
														23
94	tangente	11.1					30	73	226.72	N	0.85	56	26	
														23
95	56	curva	150	11.98	4°34'	78	30	73					48	
														9
96	tangente	59.28					30	73	112.75	N	0.85	69	39	
														9
97	57	curva	75	39.19	29°56'	60	30	73					30	
														55
98	tangente	20.69					30	73	43.34	N	0.85	5	25	
														56
99	58	curva	22	34.68	90°19'	-51	30	73					81	
100	59	curva	22	34.68	90°19'	-51	30	73					81	
														65
101	tangente	38.92					30	73	158.09	N	0.85	14	16	
														64
102	60	curva	150	43.56	16°38'	78	30	73					48	
														18
103	tangente	24.53					30	73	196.08	N	0.85	60	30	
														18
104	61	curva	50	34.66	39°43'	42	30	73					12	
														10
105	tangente	31.44					30	73	94.41	N	0.85	52	22	
														10
106	62	curva	80	22.87	16°22'	62	30	73					32	
														10
107	tangente	16.2					30	73	94.41	N	0.85	52	22	
														10
108	63	curva	50	21.95	25°08'	42	30	73					12	
														8
109	tangente	36.63					30	73	67.4	N	0.85	50	20	
														8
110	64	curva	70	43.16	35°19'	57	30	73					27	
														0
111	tangente	69.73					30	73	67.4	256	0.85	57	27	

Continúa...



Sitio N°	PI	VALORES EN CURVAS HORIZONTALES							VALORES EN TANGENTES				C - I	C - II
		LONG. TANGENTE	RADIO	LC	DELTA	V85,C	VDIS.	VDES.	L.TMÍN	L.TMÁX	a	V85,T	V85-VDIS	V85-V85
		m	m	m	°	km/h	km/h	km/h	m	m	m/s2	km/h	km/h	km/h
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
														15
112	65	curva	50	30.38	34°48'	42	30	73					12	
														18
113	tangente	51.24					30	73	196.08	N	0.85	60	30	
														18
114	66	curva	150	53.16	20°18'	78	30	73					48	
														1
115	tangente	6.41					30	73	21.65	90	0.85	77	47	
														4
116	67	curva	150	29.94	11°26'	81	30	73					51	
														5
117	tangente	51.84					30	73	78.07	N	0.85	86	56	
														5
118	68	curva	250	20.03	4°35'	91	30	73					61	
														18
119	tangente	204.62					30	73	N	67	0.85	73	43	
														11
120	69	curva	80	33.81	24°13'	62	30	73					32	
														36
121	tangente	38.77					30	73	170.8	N	0.85	27	4	
														36
122	70	curva	26	43.51	94°31'	-9	30	73					39	
123	71	curva	26	42.27	94°29'	-9	30	73					39	
														35
124	tangente	18.14					30	73	159.72	N	0.85	26	4	
														34
125	72	curva	80	20.03	14°20'	60	30	73					30	
														2
126	tangente	48.98					30	73	28.37	129	0.85	62	32	
														3
127	73	curva	90	38.00	24°11'	65	30	73					35	
														9
128	tangente	34.46					30	73	113.43	N	0.85	74	44	
														8
129	74	curva	150	29.27	11°10'	82	30	73					52	
														2
130	tangente	44.51					30	73	7.4	119	0.85	84	54	
														3
131	75	curva	150	33.55	12°48'	81	30	73					51	

Continúa...



Sitio N°	PI	VALORES EN CURVAS HORIZONTALES							VALORES EN TANGENTES				C - I	C - II
		LONG. TANGENTE	RADIO	LC	DELTA	V85,C	VDIS.	VDES.	L.TMÍN	L.TMÁX	a	V85,T	V85-VDIS	V85-V85
		m	m	m	°	km/h	km/h	km/h	m	m	m/s2	km/h	km/h	km/h
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
														3
132	tangente	72.67					30	73	28.69	83	0.85	84	54	7
														7
133	76	curva	120	39.39	18°48'	77	30	73					47	7
														7
134	tangente	9.19					30	73	94.64	N	0.85	70	40	8
														8
135	77	curva	80	24.22	17°20'	62	30	73					32	4
														4
136	tangente	34.09					30	73	41.62	N	0.85	66	36	4
														4
137	78	curva	100	36.52	20°55'	69	30	73					39	4
														4
138	tangente	269.51					30	73	N	163	0.85	73	43	121
														121
139	79	curva	19	30.95	93°19'	-48	30	73					78	
140	80	curva	19	30.95	93°19'	-48	30	73					78	59
														59
141	tangente	32.02					30	73	111.52	N	0.85	11	19	58
														58
142	81	curva	100	32.03	18°21'	69	30	73					39	4
														4
143	tangente	129.93					30	73	N	60	0.85	73	43	12
														12
144	82	curva	180	41.16	13°06'	85	30	73					55	22
														22
145	tangente	42.52					30	73	255.31	N	0.85	63	33	23
														23
146	83	curva	55	37.40	38°57'	40	30	73					10	4
														4
147	tangente	44.52					30	73	7.44	331	0.85	44	14	2
														2
148	84	curva	50	70.55	80°51'	42	30	73					12	9
														9
149	tangente	47.34					30	73	83.33	N	0.85	51	21	9
														9
150	85	curva	75	56.20	42°56'	60	30	73					30	7
														7
151	tangente	40.78					30	73	85.15	N	0.85	67	37	

Continúa...

Sitio N°	PI	VALORES EN CURVAS HORIZONTALES							VALORES EN TANGENTES				C - I	C - II
		LONG. TANGENTE	RADIO	LC	DELTA	V85,C	VDIS.	VDES.	L.TMÍN	L.TMÁX	a	V85,T	V85-VDIS	V85-V85
		m	m	m	°'	km/h	km/h	km/h	m	m	m/s ²	km/h	km/h	km/h
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
														7
152	86	curva	120	16.23	7°44'	74	30	73					44	
														6
153	tangente	34.38					30	73	74.07	N	0.85	68	38	
														6
154	87	curva	80	31.54	22°35'	62	30	73					32	
														3
155	tangente	35.28					30	73	0	135	0.85	65	35	
														3
156	88	curva	80	8.95	6°24'	62	30	73					32	
														4
157	tangente	46.62					30	73	0	135	0.85	66	36	
														4
158	89	curva	80	15.13	10°50'	62	30	73					32	
														6
159	tangente	45.71					30	73	74.07	N	0.85	68	38	
														6
160	90	curva	120	20.59	9°49'	74	30	73					44	
														20
161	tangente	74.48					30	73	199.12	N	0.85	54	24	
														21
162	91	curva	50	27.12	31°04'	33	30	73					3	
														20
163	tangente	26.92					30	73	185.87	N	0.85	53	23	
														19
164	92	curva	110	61.06	31°48'	72	30	73					42	
														1
165	tangente	79.53					30	73	N	42	0.85	73	43	
														7
166	93	curva	170	40.60	13°37'	80	30	73					50	
														7
167	tangente	191.17					30	73	N	174	0.85	73	43	
														17
168	94	curva	450	13.50	1°43'	90	30	73					60	
														17
169	tangente	290.23					30	73	N	260	0.85	73	43	
														18
170	95	curva	250	61.77	14°09'	91	30	73					61	

Fuente: Elaboración propia 2016.

PI: Punto de intersección.

LC: Longitud de curva.

DELTA: Ángulo de deflexión.

V85,C: Velocidad estimada del percentil 85 de curvas.

VDIS: velocidad de diseño.

VDES: Velocidad deseada.

LTMÍN: Longitud mínima de tangente.

LTMÁX: Longitud máxima de tangente.

a : aceleración m/s².

	Diseño bueno
	Diseño tolerable
	Diseño pobre

3.6.6. Medición de velocidades de operación en campo.

3.6.6.1. Proceso de cálculo

Para llevar a cabo el proceso de cálculo de las velocidades de operación en campo, de las 63 observaciones de velocidades de cada curva y tangente se realizó un promedio, a continuación se muestra las velocidades en la tabla 61 columnas 6 y 7 (subida y bajada).

3.6.6.2. Tablas

Tabla: 61 velocidades de operación medidas en campo

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		ESCUELA PROFESIONA DE INGENIERÍA CIVIL			
RESPONSABLES		GARY ROSSANO GOMEZ ALLENDE - JOSE LUIS QUISPE MEJIA			
FECHA:		ene-17			
VELOCIDADES DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCOARO					
1	2	3	5	6	7
SITIO	ELEMENTO	PROGRESIVAS	V. Diseño (Km/h)	V. Medida subida (Km/h)	V. Medida bajada (Km/h)
-	tangente	0+315	30	30	33
PI 6	curva	0+379	30	27	26
-	tangente	0+431	30	27	21
PI 7	curva	0+418	30	25	21
-	tangente	0+448	30	28	23
PI 8	curva	0+456	30	29	25
-	tangente	0+495	30	15	15
1	curva	0+530	30	34	48
2	tangente	0+572	30	34	48
3	curva	0+638	30	37	52
4	tangente	0+695	30	38	52
5	curva	0+734	30	34	50
6	tangente	0+768	30	35	45
7	curva	0+800	30	39	40
8	tangente	0+831	30	40	44
9	curva	0+868	30	42	45
10	tangente	0+903	30	40	52
11	curva	0+937	30	40	52
12	tangente	0+968	30	40	52
13	curva	0+988	30	40	52
14	tangente	1+040	30	40	52
15	curva	1+106	30	37	52

Continúa...

VELOCIDADES DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCOARO					
1	2	3	5	6	7
SITIO	ELEMENTO	PROGRESIVAS	V. Diseño (Km/h)	V. Medida subida (Km/h)	V. Medida bajada (Km/h)
16	tangente	1+149	30	39	55
17	curva	1+180	30	41	44
18	tangente	1+204	30	41	44
19	curva	1+234	30	37	41
20	tangente	1+261	30	39	43
21	curva	1+300	30	41	46
22	tangente	1+337	30	40	47
23	curva	1+369	30	40	47
24	tangente	1+395	30	40	47
25	curva	1+418	30	39	47
26	tangente	1+457	30	36	47
27	curva	1+493	30	36	47
28	tangente	1+521	30	36	47
29	curva	1+554	30	35	41
30	tangente	1+639	30	36	49
31	curva	1+723	30	36	49
32	tangente	1+771	30	38	47
33	curva	1+821	30	33	43
34	tangente	1+846	30	44	51
35	curva	1+869	30	44	51
36	tangente	1+919	30	44	51

Continúa...



VELOCIDADES DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCOARO					
1	2	3	5	6	7
SITIO	ELEMENTO	PROGRESIVAS	V. Diseño (Km/h)	V. Medida subida (Km/h)	V. Medida bajada (Km/h)
37	curva	1+976	30	41	44
38	tangente	2+004	30	39	41
39	curva	2+034	30	39	41
40	tangente	2+058	30	42	42
41	curva	2+096	30	42	42
42	tangente	2+167	30	47	60
43	curva	2+211	30	47	60
44	tangente	2+234	30	47	60
45	curva	2+262	30	53	71
46	tangente	2+291	30	51	69
47	curva	2+320	30	41	69
48	tangente	2+367	30	51	69
49	curva	2+420	30	46	64
50	tangente	2+455	30	46	66
51	curva	2+493	30	48	66
52	tangente	2+536	30	46	63
53	curva	2+588	30	51	54
54	tangente	2+639	30	47	56
55	curva	2+681	30	46	53
56	tangente	2+736	30	48	55
57	curva	2+803	30	47	49
58	tangente	2+866	30	49	60

Continúa...

VELOCIDADES DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCOARO					
1	2	3	5	6	7
SITIO	ELEMENTO	PROGRESIVAS	V. Diseño (Km/h)	V. Medida subida (Km/h)	V. Medida bajada (Km/h)
59	curva	2+910	30	49	60
60	tangente	2+975	30	49	60
61	curva	3+055	30	45	53
62	tangente	3+139	30	50	60
63	curva	3+239	30	47	54
64	tangente	3+292	30	47	54
65	curva	3+349	30	47	56
66	tangente	3+405	30	48	54
67	curva	3+489	30	48	55
68	tangente	3+705	30	58	64
69	curva	3+882	30	63	64
70	tangente	3+954	30	68	65
71	curva	4+012	30	68	65
72	tangente	4+073	30	68	65
73	curva	4+167	30	65	60
74	tangente	4+253	30	61	55
75	curva	4+345	30	54	52
76	tangente	4+462	30	56	55
77	curva	4+570	30	40	40
78	tangente	4+617	30	45	44
79	curva	4+649	30	45	44
80	tangente	4+662	30	45	44

Continúa...

VELOCIDADES DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCOARO					
1	2	3	5	6	7
SITIO	ELEMENTO	PROGRESIVAS	V. Diseño (Km/h)	V. Medida subida (Km/h)	V. Medida bajada (Km/h)
81	curva	4+695	30	41	34
82	tangente	4+849	30	55	57
83	curva	4+986	30	55	57
84	tangente	5+072	30	54	58
85	curva	5+208	30	43	44
86	tangente	5+293	30	53	57
87	curva	5+326	30	53	57
88	tangente	5+369	30	53	57
89	curva	5+414	30	53	57
90	tangente	5+432	30	53	57
91	curva	5+460	30	46	47
92	tangente	5+492	30	53	57
93	curva	5+532	30	46	47
94	tangente	5+558	30	42	52
95	curva	5+569	30	42	52
96	tangente	5+605	30	42	52
97	curva	5+654	30	38	43
98	tangente	5+684	30	34	35
99	curva	5+716	30	30	31
100	curva	5+751	30	30	31
101	tangente	5+783	30	33	43

Continúa...

VELOCIDADES DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCOARO					
1	2	3	5	6	7
SITIO	ELEMENTO	PROGRESIVAS	V. Diseño (Km/h)	V. Medida subida (Km/h)	V. Medida bajada (Km/h)
102	curva	5+824	30	35	54
103	tangente	5+858	30	37	51
104	curva	5+889	30	39	49
105	tangente	5+921	30	38	54
106	curva	5+948	30	38	54
107	tangente	5+968	30	38	54
108	curva	5+987	30	38	58
109	tangente	6+016	30	39	53
110	curva	6+057	30	41	51
111	tangente	6+112	30	39	49
112	curva	6+163	30	36	49
113	tangente	6+203	30	50	65
114	curva	6+256	30	54	70
115	tangente	6+285	30	54	70
116	curva	6+303	30	54	70
117	tangente	6+344	30	57	74
118	curva	6+380	30	57	74
119	tangente	6+493	30	57	74
120	curva	6+612	30	56	63
121	tangente	6+648	30	41	52
122	curva	6+696	30	34	35
123	curva	6+739	30	34	35

Continúa...

VELOCIDADES DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCOARO					
1	2	3	5	6	7
SITIO	ELEMENTO	PROGRESIVAS	V. Diseño (Km/h)	V. Medida subida (Km/h)	V. Medida bajada (Km/h)
124	tangente	6+763	30	40	46
125	curva	6+782	30	40	46
126	tangente	6+816	30	40	46
127	curva	6+860	30	49	63
128	tangente	6+896	30	52	55
129	curva	6+928	30	52	65
130	tangente	6+965	30	52	65
131	curva	7+004	30	59	67
132	tangente	7+057	30	60	63
133	curva	7+113	30	62	58
134	tangente	7+137	30	62	58
135	curva	7+154	30	62	58
136	tangente	7+183	30	64	63
137	curva	7+219	30	64	63
138	tangente	7+372	30	64	63
139	curva	7+526	30	26	27
140	curva	7+557	30	26	27
141	tangente	7+584	30	28	32
142	curva	7+616	30	33	49
143	tangente	7+697	30	53	64
144	curva	7+783	30	53	64
145	tangente	7+825	30	52	61

Continúa...

VELOCIDADES DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCOARO					
1	2	3	5	6	7
SITIO	ELEMENTO	PROGRESIVAS	V. Diseño (Km/h)	V. Medida subida (Km/h)	V. Medida bajada (Km/h)
146	curva	7+865	30	56	59
147	tangente	7+906	30	48	56
148	curva	7+970	30	45	52
149	tangente	8+022	30	47	55
150	curva	8+075	30	48	45
151	tangente	8+122	30	44	49
152	curva	8+151	30	45	52
153	tangente	8+176	30	45	52
154	curva	8+209	30	45	50
155	tangente	8+242	30	45	50
156	curva	8+265	30	45	50
157	tangente	8+292	30	45	50
158	curva	8+323	30	47	66
159	tangente	8+354	30	47	59
160	curva	8+387	30	47	59
161	tangente	8+434	30	47	59
162	curva	8+485	30	42	56
163	tangente	8+512	30	44	60
164	curva	8+557	30	45	65
165	tangente	8+626	30	47	65
166	curva	8+687	30	50	68
167	tangente	8+802	30	56	74
168	curva	8+905	30	56	74
169	tangente	9+057	30	58	67
170	curva	9+233	30	15	15

Fuente: Elaboración propia 2016.

3.6.7. Perfil de velocidades de operación.

3.6.7.1. Proceso de cálculo

Para la construcción del perfil de velocidades, se tomaron los 8+917.30 km de la longitud de la vía, para demostrar los límites de aplicación del modelo, y que no se haga mal uso de éste.

Perfil de velocidades de operación del percentil 85.

El perfil de velocidad de operación obtenido a partir de los modelos propuestos corresponden a un perfil teórico, para su construcción fue necesario conocer la geometría del tramo, dado que no se contaba con los planos de construcción, se realizó la restitución de la geometría, para obtener las variables independientes y a partir de ello obtener las velocidades estimadas.

Perfil de velocidades medidas.

Para construir del perfil de velocidad de operación real se realizó una ronda de mediciones en cada sitio que forman el tramo estudiado, el cual se presentó en la tabla 61.

Comparación de velocidad estimada vs. Velocidad medida.

Se realizó una comparación entre la velocidad medida y estimada, con el objetivo de obtener diferencias entre estas en la vía de estudio para posteriormente evaluar su seguridad vial – nominal con la Norma, los perfiles se muestran a continuación.

3.6.7.2. Diagrama

Perfil de velocidades de operación ver anexo 4.

3.6.8. Puntos de riesgo de la carretera Enaco - Abra Ccorao

3.6.8.1. Proceso de cálculo

De la progresiva 0+520.96 al 9+263.98, se pudo determinar de acuerdo a la consistencia de diseño y perfil de velocidades que los puntos de riesgo son 56 sitios entre tangentes y curvas horizontales, a partir de aquello se determinó el porcentaje de tramos de inseguridad vial – nominal en función a toda la longitud de la vía estudiada. Como se muestra en la tabla 62.

Tabla: 62 Evaluación de la seguridad vial – nominal en porcentaje

Longitud total evaluada en metros			8743.02
Diseño	Puntos de Riesgo	Longitud (m)	Inseguridad (%)
Pobre	39	2557.09	29.25
Tolerable	17	1085.32	12.41
Total	56	3642.41	41.66

Fuente: Elaboración propia 2016.

Para evaluar los sitios inseguros viales – nominales se tomó como criterios y preceptos, las guías y normativas de diseño del manual DG-2014, el cual viene establecido por el grado de cumplimiento.

3.6.9. Cumplimiento de los requerimientos y normas del reglamento con el DG-2014

3.6.9.1. Evaluación del alineamiento horizontal

El diseño geométrico en planta es la proyección sobre un plano horizontal de su eje real o espacial, dicho eje horizontal está constituido por una serie de tramos rectos denominados tangentes, enlazados entre sí por curvas.

Para la evaluación del alineamiento horizontal se consideraron los siguientes parámetros:

- Necesidad de curva horizontal. Según el Manual DG-2014, para la velocidad de diseño $V_d = 30$ Km/h, existe necesidad de curva horizontal cuando la deflexión es mayor a $2,5^\circ$. Conforme a este criterio se encontró que en toda la vía existe la necesidad de proyectar curvas de enlace a excepción del sitio 168.
- Radio mínimo. Según el Manual DG-2014, para la velocidad de diseño $V_d = 30$ Km/h, todas las curvas deben tener como mínimo un radio de 30 m. Conforme a este criterio se identificó curvas con radios menores al mínimo, correspondientes a los sitios: 81 con $R = 27.5$ m, 99 y 100 con $R = 22$ m, así mismo los sitios 122 y 123 con $R = 26$ m y los sitios 139 y 140 con $R = 19$ m.
- Longitud mínima y máxima para tramos en tangente. Según el manual DG – 2014, existen longitudes mínimas y máximas para tramos en tangente comprendidos entre curvas consecutivas, dependiendo si la curvatura tiene el mismo sentido (Curvas en “O”) o sentido contrario (Curvas en “S”); para la velocidad de diseño de 30 Km/h, la longitud mínima en curvas en “S” es 42 m, la longitud mínima en curvas en “O”



es 84 m y la longitud máxima es 500 m. Conforme a este criterio, se identificó que las tangentes comprendidas entre los sitios 30, 36, 58, 68, 76, 82, 84, 113, 138, 161, 167 y 169, cuentan con la longitud mínima para curvas en “S” y “O”. En todos los casos no sobrepasan la longitud máxima.

- Longitud de curva. Según el Manual DG-2014, la longitud de curva está dada por 3 veces la velocidad de diseño siendo esta 90 metros de acuerdo al cálculo, Conforme a este criterio se determinó que en todas las curvas de la vía existe la necesidad de cambiar sus longitudes de curva, a excepción del sitio 85.
- Sobre ancho. Según el DG-2014, el sobre ancho de las curvas está dada por la fórmula que se presentan en la página (31), conforme a este criterio, se encontró que los sitios 31, 35, 75, 102, 118, 144, 160 y 168 no cumplen los parámetros establecidos.

3.6.9.2. Tablas y figuras

Tabla: 63 Elementos del alineamiento horizontal de la vía evaluada

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL														
FECHA:		OCTUBRE del 2016												
DATOS DE ENTRADA	L mín S (m)	42	Radio mínimo (m)		30	m								
	L mín O (m)	84	Necesidad de curva Horizontal.		> 2° 30'									
	L máx (m)	500	Velocidad de diseño		30	km/h								
DATOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL									EVALUACIÓN DE PARÁMETROS					
1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11	12	13	14
SITIO	PI (km)	ELEMENTO	L (m)	Radio (m)	DEFLEXIÓN		TIPO DE TANGENTE EN CURVA	SOBRE ANCHO EN CAMPO (m)	NECESIDAD DE CURVA HORIZONTAL	LC MÍN	VERIF. RMIN.	VERIF. LTG	SOBRE ANCHO NECESARIO (m)	
					Δ	SENTIDO								
21	1+300.601	curva	46.67	50	53°28'	I		1.5	C	Usar Lc. Min	OK		2.68	
22	1+334.496	tangente	30.13				S					L.min.		
29	1+554.719	curva	32.67	60	31°12'	D		1.5	C	Usar Lc. Min	OK		2.26	
30	1+639.031	tangente	137.60				S					OK		
31	1+723.344	curva	30.19	350	4°56'	D		0.9	C	Usar Lc. Min	OK		0.48	
32	1+772.18	tangente	66.28				O					L.min.		
33	1+821.016	curva	30.97	40	44°21'	I		1.35	C	Usar Lc. Min	OK		3.31	
34	1+845.494	tangente	21.16				S					L.min.		
35	1+869.973	curva	26.20	150	10°00'	D		1.5	C	Usar Lc. Min	OK		0.74	
36	1+952.211	tangente	72.78				S					OK		
39	2+034.45	curva	40.52	40	58°02'	I		1.5	C	Usar Lc. Min	OK		3.31	
40	2+065.655	tangente	11.63				S					L.min.		
57	2+803.56	curva	53.07	46	66°06'	I		1.5	C	Usar Lc. Min	OK		2.89	
58	2+472.59	tangente	79.34				S					OK		
68	3+318.32	tangente	318.32				S					OK		
75	4+345.69	curva	81.97	98	47°55'	I		1.5	C	Usar Lc. Min	OK		1.44	
76	4+458.165	tangente	156.83				S					OK		
77	4+570.64	curva	52.50	45	66°50'	I		1.5	C	Usar Lc. Min	OK		2.96	
78	4+610.005	tangente	48.32				O					L.min.		
79	4+649.38	curva	15.22	150	5°48'	D		0.6	C	Usar Lc. Min	OK		0.99	
80	4+672.515	tangente	10.74				S					L.min.		
81	4+695.65	curva	53.22	27.5	110°53'	D		2.4	C	Usar Lc. Min	Usa R. min		4.78	
82	4+840.925	tangente	257.26				O					OK		
83	4+986.2	curva	15.99	250	3°39'	D		0.4	C	Usar Lc. Min	OK		0.64	

Continúa...

DATOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL									EVALUACIÓN DE PARÁMETROS					
1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11	12	13	14
SITIO	PI (km)	ELEMENTO	L (m)	Radio (m)	DEFLEXIÓN		TIPO DE TANGENTE EN CURVA	SOBRE ANCHO EN CAMPO (m)	NECESIDAD DE CURVA HORIZONTAL	LC MÍN	VERIF. RMIN.	VERIF. LTG	SOBRE ANCHO NECESARIO (m)	
					Δ	SENTIDO								
84	5+097.53	tangente	156.42				O						OK	
85	5+208.86	curva	116.15	50	133°05'	D		1.3	C	Usar Lc. Min	OK			2.68
86	5+311.76	tangente	53.52				O						L.min.	
89	5+414.66	curva	17.51	150	6°41'	I		0.6	C	Usar Lc. Min	OK			0.99
90	5+473.485	tangente	18.35				S						L.min.	
93	5+532.31	curva	44.86	43	59°46'	D		1.3	C	Usar Lc. Min	OK			3.09
94	5+593.59	tangente	11.10		Δ		S						L.min.	
97	5+654.87	curva	39.19	75	29°56'	D		0.9	C	Usar Lc. Min	OK			1.84
98	5+685.84	tangente	20.69				O						L.min.	
99-100	5+716.81	curva	69.36	22	90°19'	I		2	C	Usar Lc. Min	Usa R. min			6.03
101	5+788.195	tangente	38.92				O						L.min.	
102	5+824.9	curva	43.56	150	16°38'	I		1.5	C	Usar Lc. Min	OK			0.99
103	5+857.010	tangente	24.53				O						L.min.	
112	6+163.37	curva	30.38	50	34°48'	I		1.5	C	Usar Lc. Min	OK			2.68
113	6+209.765	tangente	51.24				S						OK	
118	6+380.69	curva	20.03	250	4°35'	I		1.5	C	Usar Lc. Min	OK			0.64
120	6+612.48	curva	33.81	80	24°13'	I		1.3	C	Usar Lc. Min	OK			1.73
121	6+654.595	tangente	38.77				O						L.min.	
122-123	6+696.71	curva	85.78	26	94°31'	D		2.27	C	Usar Lc. Min	Usa R. min			5.06
124	6+761.015	tangente	18.14				O						L.min.	
138	7+373.130	tangente	269.51				S						OK	
139-140	7+526.98	curva	61.89	19	93°19'	I		3.68	C	Usar Lc. Min	Usa R. min			7.08
141	7+587.420	tangente	32.02				O						L.min.	
144	7+783.38	curva	41.16	180	13°06'	D		1.5	C	Usar Lc. Min	OK			0.84
145	7+824.600	tangente	42.52				O						L.min.	
160	8+387.34	curva	20.59	120	9°49'	D		1.5	C	Usar Lc. Min	OK			0.93
161	8+436.665	tangente	74.48				S						OK	
162	8+485.99	curva	27.12	50	31°04'	I		1.5	C	Usar Lc. Min	OK			2.25
163	8+521.73	tangente	26.92				S						L.min.	
167	8+796.170	tangente	191.17				S						OK	
168	8+905.23	curva	13.50	450	1°43'	D		1.5	NC	Usar Lc. Min	OK			0.25
169	9+069.240	tangente	290.23				S						OK	

Fuente: Elaboración propia 2016.

L: Longitud de curva o tangente.

Δ: Ángulo de deflexión en ° ´.

R MÍN: Radio mínimo.

LTG: Longitud tangente.

Lmín S: Longitud mínima de tangente en curvas tipo S.

Lmín O: Longitud mínima de tangente en curvas tipo O.

Lmáx: Longitud de tangente máxima.

	Diseño bueno
	Diseño tolerable
	Diseño pobre



Tabla: 64 Evaluación de la carretera con visibilidad adecuada para adelantar

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
RESPONSABLES:				GARY ROSSANO GOMEZ ALLENDE - JOSELUIS QUISPE MEJIA			
FECHA:				dic-16			
EVALUACIÓN DE LA CARRETERA CON VISIBILIDAD ADECUADA PARA ADELANTAR							
TRAMO I ENACO (0+530) - PUMAMARCA(05+100)				TRAMO II PUMAMARCA (05+100)- ABRA CCORAO (FINAL)			
CONDICIÓN OROGRÁFICA		ESCARPADO TIPO 4		CONDICIÓN OROGRÁFICA		ACCIDENTADO TIPO3	
LONGITUD TOTAL		4570		LONGITUD TOTAL		4100	
dp		da		dp		da	
%		%		%		%	
0+530 al 0+900	8%	0+900 al 1+160	6%	5+100 al 6+300 pendiente	29%	6+300 al 6+580	7%
1+160 al 2+100	21%	2+110 al 2+560	10%	6+580 al 6+800 pendiente y curva	5%	6+800 al 7+440	16%
2+560 al 2+820	6%	2+820 al 4+240	31%	7+440 al 7+620 curva	4%	7+620 al 7+880	6%
4+240 al 4+740	11%	4+740 al +5+100	8%	7+880 al 8+020	3%	8+020 al 9+200(final)	29%
TOTAL	45%	TOTAL	55%	TOTAL	42%	TOTAL	58%
De acuerdo a la tabla 205.05 del DG 2014 el porcentaje de la carretera Enaco (0+530) a Pumamarca (05+100) con visibilidad adecuada de adelantamiento cumple con el mínimo establecido que es de 15%.				De acuerdo a la tabla 205.05 del DG 2014 el porcentaje de la carretera Pumamarca (5+100) al Abra Ccorao (final) con visibilidad adecuada de adelantamiento cumple con el mínimo establecido que es de 25%.			
MÁXIMAS LONGITUDES SIN VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO O PASO ES DE 2070 m		CUMPLE		MÁXIMAS LONGITUDES SIN VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO O PASO ES DE 1740 m		CUMPLE	

Fuente: Elaboración propia 2016.

dp: distancia de parada.

da: distancia de adelantamiento.



Tabla: 65 Evaluación de distancia de visibilidad en curvas horizontales

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL													
TESIS:		"EVALUACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO RESPECTO AL MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS DG-2014, Y SU INCIDENCIA EN LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO EN CURVAS HORIZONTALES Y TANGENTES"											
FECHA:		dic-16											
RESPONSABLES :		GARY ROSSANO GOMEZ ALLENDE - JOSE LUIS QUISPE MEJIA											
EVALUACIÓN DE DISTANCIAS DE VISIBILIDAD													
SITIO	PI	PROGRESIVA (km)	ELEMENTO	RADIO (m)	LC (m)	VELOCIDAD (km/h)	tp (s)	f max	± i (%)	Dp CALCULADO (m)	"a" DESPEJE REQUERIDO MÉTODO GRÁFICO	"a" DESPEJE EN CAMPO	CUMPLIMIENTO
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
39	28	2+034.45	curva	40	40.52	30	2	0.17	0.0274	35	4.50	2.30	NO CUMPLE
57	37	2+803.56	curva	46	53.07	30	2	0.17	0.0744	31	2.90	2.60	NO CUMPLE
81	49	4+695.65	curva	28	53.22	30	2	0.17	0.0568	32	5.60	2.10	NO CUMPLE
85	51	5+208.86	curva	50	116.15	30	2	0.17	0.0614	32	2.85	2.20	NO CUMPLE
99	58	5+716.81	curva	22	34.68	30	2	0.17	0.0722	31	6.54	2.10	NO CUMPLE
100	59	5+751.49	curva	22	34.68	30	2	0.17	0.0883	30	6.54	2.10	NO CUMPLE
122	70	6+696.71	curva	26	43.51	30	2	0.17	0.0726	31	5.41	2.20	NO CUMPLE
123	71	6+739.51	curva	26	42.27	30	2	0.17	0.0726	31	5.41	2.20	NO CUMPLE
139	79	7+526.98	curva	19	30.94	30	2	0.17	0.0737	31	9.31	2.15	NO CUMPLE
140	80	7.557.93	curva	19	30.94	30	2	0.17	0.0737	31	9.31	2.15	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración propia 2016.

PI: Punto de intersección.

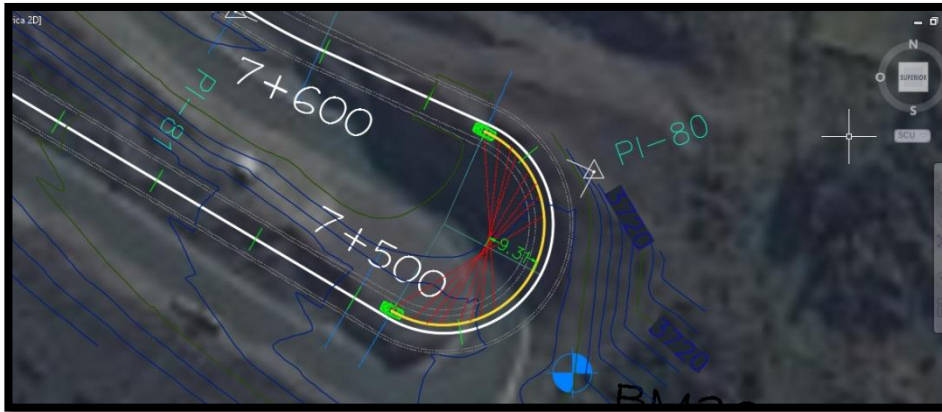
tp: Tiempo de percepción.

Dp: Distancia de parada.

a : Ancho de despeje necesario

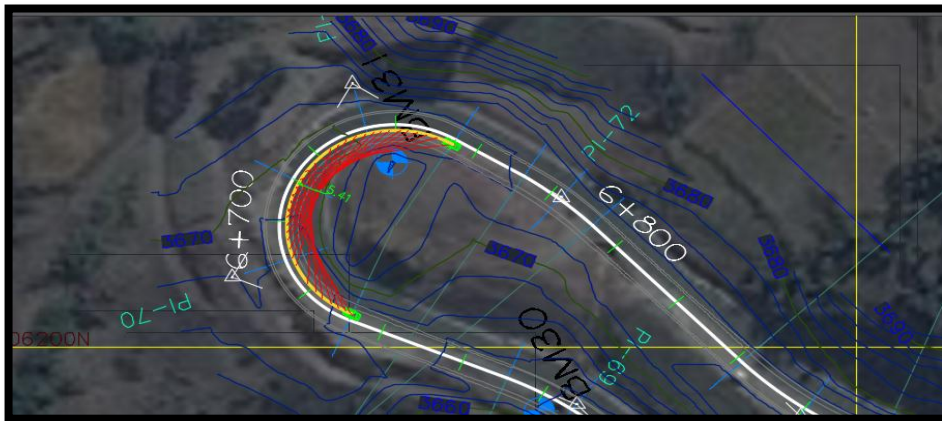
f máx: Coeficiente de fricción.

	Diseño bueno
	Diseño tolerable
	Diseño pobre



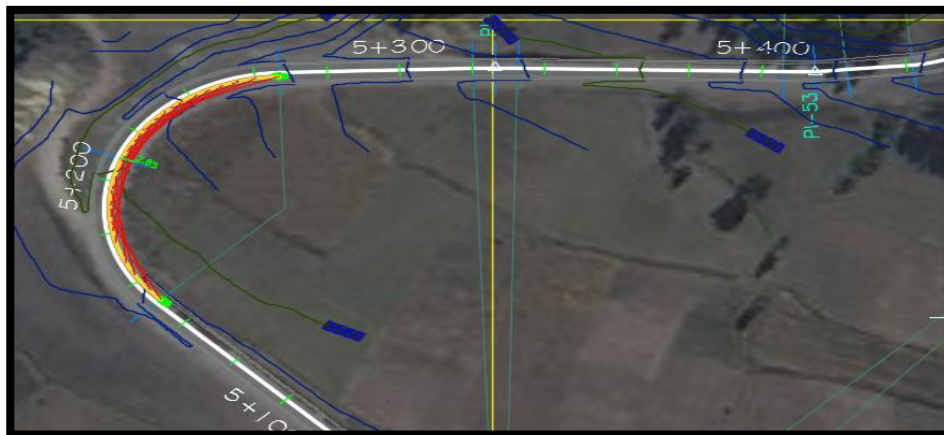
Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 29 Ancho de despeje método gráfico sitio 140-141



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 30 Ancho de despeje método gráfico sitio 122-123



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 31 Ancho de despeje método gráfico sitio 85

3.6.9.3. Evaluación del alineamiento en perfil

El diseño geométrico vertical, es la proyección del eje real o espacial de la vía sobre una superficie vertical paralela al mismo, debido a este paralelismo, dicha proyección mostrará la longitud real del eje de la vía, el perfil longitudinal añade datos imprescindibles para la construcción de carreteras. Para la evaluación del alineamiento en perfil se identificaron los siguientes parámetros:

- Pendiente mínima. Teóricamente, lo ideal sería construir las carreteras a nivel, puesto que el vehículo no tuviese que vencer resistencias propias a las pendientes, las carreteras a nivel tienen como inconveniente el drenaje pluvial a no ser que se adecuen cunetas con la suficiente pendiente que garantice el drenaje. Se recomienda usar como mínimo una pendiente igual a 0,50 %. Conforme a lo mencionado se identificó que toda la vía cumple con la pendiente mínima.
- Pendiente máxima. Según el DG-2014, para la velocidad de diseño de 30 Km/h, la pendiente máxima para una carretera tipo 3, es igual a 10%, así mismo el reglamento consigna que para altitudes mayores a 3000 metros y de tipo 3 y 4 de orografía se reducirán en 1% excepcionalmente. Conforme a este criterio se identificó que las pendientes de los PIV de entrada: 1, 8, 4 y 6 no cumplen lo establecido.
- Necesidad de curva vertical. Según el Manual DG-2014, se requiere enlazar los tramos consecutivos de rasante cuando la diferencia algebraica de pendientes $A > 2\%$. Conforme a este criterio se encontró que para A correspondiente al PIV 12 y 22 sólo sería necesario identificarlos como puntos de inflexión vertical.
- Longitud de curva vertical. El DG - 2014, resume cuatro criterios para determinar la longitud de curvas verticales, estos son: criterio de comodidad, criterio de operación, criterio de drenaje y criterio de seguridad, siendo éste último el que prevalece ante los demás.



Asimismo indica que para velocidades menores a 80 Km/h, los criterios de drenaje y operación no tienen relevancia. Para casos donde $D_a > L$, la longitud puede ser negativa, significando que no necesitaría curva, sin embargo se exige, considerando que para procedimiento de campo finalmente se producen curvas verticales. Conforme a lo mencionado se identificó que todas las curvas cumplen con la longitud mínima.

3.6.9.4. Tabla

Tabla: 66 Análisis de parámetros del alineamiento vertical

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
TESIS:		"EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL NOMINAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO, DE ACUERDO A LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO"					
RESPONSABLES:		GARY ROSSANO GOMEZ ALLENDE - JOSELUIS QUISPE MEJIA					
FECHA:		ene-17					
EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DEL ALINEAMIENTO VERTICAL							
PIV	PENDIENTE DE ENTRADA (%)	PENDIENTE DE SALIDA (%)	A (%)	TIPO DE CURVA	PENDIENTE MÍNIMA	PENDIENTE MÁXIMA	NECESIDAD DE CURVA VERTICAL
1	11.97	5.73	6.24	Convexa	CUMPLE	NO CUMPLE	C.Vert.
2	5.73	8.67	2.94	Cóncava	CUMPLE	CUMPLE	C.Vert.
3	8.67	12.04	3.37	Cóncava	CUMPLE	CUMPLE	C.Vert.
4	12.04	6.13	5.91	Convexa	CUMPLE	NO CUMPLE	C.Vert.
5	6.13	11.62	5.49	Cóncava	CUMPLE	CUMPLE	C.Vert.
6	11.62	7.26	4.36	Convexa	CUMPLE	NO CUMPLE	C.Vert.
7	7.26	9.57	2.31	Cóncava	CUMPLE	CUMPLE	C.Vert.
8	9.57	2.74	6.83	Convexa	CUMPLE	NO CUMPLE	C.Vert.
9	2.74	7.44	4.7	Cóncava	CUMPLE	CUMPLE	C.Vert.
10	7.44	8.59	1.15	Cóncava	CUMPLE	CUMPLE	C.Vert.
11	8.59	6.49	2.1	Cóncava	CUMPLE	CUMPLE	C.Vert.
12	6.49	5.61	0.88	Convexa	CUMPLE	CUMPLE	P.inflex.
13	5.61	1.15	4.46	Convexa	CUMPLE	CUMPLE	C.Vert.
14	1.15	2.28	1.13	Cóncava	CUMPLE	CUMPLE	C.Vert.
15	2.28	-1.01	3.29	Convexa	CUMPLE	CUMPLE	C.Vert.
16	-1.01	0.91	1.92	Cóncava	CUMPLE	CUMPLE	C.Vert.
17	0.91	5.68	4.77	Cóncava	CUMPLE	CUMPLE	C.Vert.
18	5.68	3.08	2.6	Convexa	CUMPLE	CUMPLE	C.Vert.
19	3.08	1.18	1.9	Convexa	CUMPLE	CUMPLE	C.Vert.
20	1.18	6.14	4.96	Cóncava	CUMPLE	CUMPLE	C.Vert.
21	6.14	8.09	1.95	Convexa	CUMPLE	CUMPLE	C.Vert.
22	8.09	7.22	0.87	Convexa	CUMPLE	CUMPLE	P.inflex.
23	7.22	8.83	1.61	Cóncava	CUMPLE	CUMPLE	C.Vert.
24	8.83	3.97	4.86	Convexa	CUMPLE	CUMPLE	C.Vert.
25	3.97	7.26	3.29	Cóncava	CUMPLE	CUMPLE	C.Vert.
26	7.26	1.69	5.57	Convexa	CUMPLE	CUMPLE	C.Vert.
27	1.69	3.24	1.55	Cóncava	CUMPLE	CUMPLE	C.Vert.
28	3.24	5.53	2.29	Cóncava	CUMPLE	CUMPLE	C.Vert.
29	5.53	7.37	1.84	Cóncava	CUMPLE	CUMPLE	C.Vert.
30	7.37	2.69	4.68	Convexa	CUMPLE	CUMPLE	C.Vert.
31	2.69	6.18	3.49	Cóncava	CUMPLE	CUMPLE	C.Vert.
32	6.18	7.99	1.81	Cóncava	CUMPLE	CUMPLE	C.Vert.
33	7.99	4.88	3.11	Convexa	CUMPLE	CUMPLE	C.Vert.
34	4.88	6.88	2	Cóncava	CUMPLE	CUMPLE	C.Vert.
35	6.88	3.81	3.07	Convexa	CUMPLE	CUMPLE	C.Vert.
36	3.81	8.1	4.29	Cóncava	CUMPLE	CUMPLE	C.Vert.
37	8.1	-0.68	8.78	Convexa	CUMPLE	CUMPLE	C.Vert.

A: Diferencia algebraica de pendiente.

Fuente: Elaboración propia 2016.



Tabla: 67 Evaluación de la distancia de visibilidad en curvas verticales

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		RESPONSABLES: GARY ROSSANO GOMEZ ALLENDE - JOSE LUIS QUISPE MEJIA												
		EVALUACIÓN DE LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS VERTICALES												
VISIBILIDAD									LONGITUD DE CURVA VERTICAL					CUMPLIMIENTO
PIV	A (%)	K (%)	P (%)	TIPO DE CURVA	PROGRESIVA (km)	Dp vs Da	Dp (m)	Da (m)	POR SEGURIDAD					
									LC (m)	D > LC (m)	D < LC (m)	LONGITUD MÍNIMA (m) (RECOMENDADA)		
4	5.91	11.00	12.04	Convexa	0+514.56	Dp	28.87	110	65	-	12.19	14	CUMPLE	
6	4.36	14.91	11.62	Convexa	0+811.43	Dp	29.05	110	65	-	9.11	10	CUMPLE	
8	6.83	30.01	9.57	Convexa	1+775.08	Dp	30.00	110	205	-	15.22	16	CUMPLE	
12	0.88	90.91	6.49	Convexa	3+287.42	Da	31.75	110	80	-855	-	SN	CUMPLE	
13	4.46	17.04	5.61	Convexa	3+565.48	Da	32.34	110	76	7.89	-	8	CUMPLE	
15	3.29	28.88	2.28	Convexa	4+169.65	Da	35.04	110	95	-67.54	-	SN	CUMPLE	
18	2.6	25.00	5.68	Convexa	4+769.41	Da	32.29	110	65	-143.85	-	SN	CUMPLE	
19	1.9	55.26	3.08	Convexa	4+989.44	Da	34.31	110	105	-277.89	-	SN	CUMPLE	
22	0.87	103.45	8.09	Convexa	5+586.50	Dp	30.79	110	90	-	2.04	4	CUMPLE	
24	4.86	18.52	8.83	Convexa	6+225.39	Dp	30.38	110	90	-	11.11	12	CUMPLE	
26	5.57	12.57	7.26	Convexa	6+754.64	Dp	31.27	110	70	-	13.48	14	CUMPLE	
30	4.68	19.23	7.37	Convexa	7+596.28	Dp	31.21	110	90	-	11.28	12	CUMPLE	
33	3.11	38.59	7.99	Convexa	8+447.39	Da	30.85	110	120	39.78	-	40	CUMPLE	
35	3.07	14.66	6.88	Convexa	8+912.97	Da	31.50	110	45	-88.14	-	SN	CUMPLE	
37	8.78	4.56	8.1	Convexa	9+198.62	Dp	30.78	110	40	-	20.59	22	CUMPLE	

A: Diferencia algebraica de pendiente.

Da: Distancia de adelantamiento.

Fuente: Elaboración propia 2016.

K: Parámetro de curvatura.

LC: Longitud de curva.

P: Pendiente.

Dp: Distancia de parada

3.6.9.5. Evaluación de peraltes máximos

- Para efectos de la investigación se realizó la evaluación de peraltes máximos en sitios seleccionados a criterio de los investigadores, llegado a los resultados como se muestra en la tabla 68. De aquello se puede deducir que las mediciones realizadas en campo no cumplen con los obtenidos de acuerdo a la formula, a excepción de los sitios 81 y 85.

Tabla: 68 Evaluación de peraltes máximos

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL									
RESPONSABLE:		GARY ROSSANO GOMEZ ALLENDE - JOSE LUIS QUISPE MEJIA							
EVALUACIÓN DE PERALTES MÁXIMOS									
DATOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL					ANÁLISIS DE PARÁMETROS				
SITIO	PI (Km)	ELEMENTO	RADIO (m)	VELOCIDAD (km/h)	PERALTE SEGÚN EL TIPO DE OROGRAFÍA ACCIDENTADO - ESCARPADO		MEDICIÓN CON EL ECLÍMETRO (°)	CONVERSIÓN DE PENDIENTE EN (°) A PENDIENTE EN (%)	EVALUACIÓN
					NORMAL	ABSOLUTO			
39	2+034.45	curva	40	30	8%	12%	3.0 °	6.67	no cumple
53	2+803.56	curva	46	30	8%	12%	1°30'	3.33	no cumple
81	4+695.65	curva	27.5	30	8%	12%	5°15'	11.67	cumple
85	5+208.86	curva	50	30	8%	12%	5°30'	12.22	cumple
99	5+716.81	curva	22	30	8%	12%	6.0 °	13.33	no cumple
100	5+751.49	curva	22	30	8%	12%	6.0 °	13.33	no cumple
122	6+696.71	curva	26	30	8%	12%	5.0 °	11.11	no cumple
123	6+739.51	curva	26	30	8%	12%	5.0 °	11.11	no cumple
139	7+526.98	curva	19	30	8%	12%	5.0 °	11.11	no cumple
140	7+557.93	curva	19	30	8%	12%	5.0 °	11.11	no cumple

Fuente: Elaboración propia 2016.

PI: Punto de intersección.

	Diseño bueno
	Diseño tolerable
	Diseño pobre

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1. Índice Medio Diario Anual (IMDA) de la carretera Enaco - Abra Ccorao.

Tabla: 69 Resultados del índice medio diario anual proyectado al año 2016

PROYECCIÓN DE TRÁFICO	EVALUACIÓN	EXPEDIENTE TÉCNICO
PROYECCIÓN DE TRÁFICO NORMAL (VEHÍCULOS DE PASAJEROS)	1078 Veh/día	623 veh/día
PROYECCIÓN DE TRÁFICO NORMAL (VEHÍCULOS DE CARGA)	1078 Veh/día	805 veh/día
TRÁFICO GENERADO (15%) PARA VEHÍCULOS DE PASAJEROS	1240 veh/día	716 veh/día
TRÁFICO GENERADO (15%) PARA VEHÍCULOS DE CARGA	1240 veh/día	926 veh/día

Fuente: Elaboración propia 2016.

Comentario de la tabla N° 69

- El IMDA según el conteo vehicular y su respectivo factor de corrección estacional es de 1078 veh/día, así mismo la proyección para el tráfico normal de vehículos de pasajeros es igual a 1078veh/día por ser proyectado para el mismo año. En comparación con el IMDA del expediente técnico del año 2008 respecto a lo proyectado para el año 2016, se observa que los resultados son totalmente distintos.
- El IMDA según el conteo vehicular y su respectivo factor de corrección estacional es de 1078veh/día, así mismo su proyección para el tráfico normal de vehículos de carga es igual a 1078veh/día por ser proyectado para el mismo año. En comparación con el IMDA del expediente técnico del año 2008 respecto a lo proyectado para el año 2016, se observa que los resultados son totalmente distintos.

- Para obtener el tráfico generado para vehículos de pasajeros se le asigna el 15% del IMDA, por el tipo de intervención (mejoramiento), obteniendo como resultado 1240 veh/día. En comparación con el IMDA del expediente técnico del año 2008, proyectado para el año 2016, se observa que los resultados son totalmente distintos.
- Para obtener el tráfico generado para vehículos de carga se le asigna el 15% del IMDA, por el tipo de intervención (mejoramiento), obteniendo como resultado 1240 veh/día. En comparación con el IMDA del expediente técnico del año 2008, proyectado para el año 2016, se observa que los resultados son totalmente distintos.

De la tabla 69, se infiere que la proyección del tráfico normal y generado del año 2016 respecto al tráfico proyectado en el expediente técnico para el mismo año, son totalmente distintos.

4.2. Clasificación de la vía y velocidad de diseño.

Tabla: 70 Resultados de la clasificación de la vía y de la selección de la velocidad de diseño

EXP. TÉCNICO – DG 2001			EVALUACIÓN – DG 2014		
IMDA	575	Vh/d	IMDA	1078	Vh/d
Clasificación de la vía			Clasificación de la vía		
Según su Demanda	Carretera de 3ra clase		Según su Demanda	Carretera de 2da clase	
Según su Orografía	Terreno ondulado (Tipo2)		Según su Orografía	Terreno accidentado (Tipo3)	
VELOCIDAD DE DISEÑO			VELOCIDAD DE DISEÑO		
30 Km/h			50 Km/h		

Fuente: Elaboración propia 2016.

Comentarios de la tabla N° 70

- De acuerdo al expediente técnico la clasificación de la vía según su demanda de la carretera Enaco – Abra Ccorao es carretera de tercera clase, clasificación que no corresponde,



por cuanto según el IMDA del expediente técnico (575 vh/d) correspondía a una carretera de segunda clase por superar los 400 veh/día, establecidos por el DG – 2001, vigente a la fecha de formulación del expediente. Asimismo de acuerdo a nuestra evaluación la clasificación de la vía es carretera de segunda clase.

- De acuerdo al expediente técnico, la clasificación de la vía según su orografía, corresponde a terreno ondulado (tipo 2); sin embargo según la presente evaluación se clasifica en terreno accidentado (tipo 3), debido a que la mayor parte de sus pendientes longitudinales se encuentra entre 6% y 8%.
- Existiendo clasificaciones diferenciadas de la vía tanto por el expediente técnico como por lo evaluado en la presente investigación, las velocidades de diseño serán diferentes.
- Es importante recalcar que para la investigación se tomó en cuenta la velocidad de diseño adoptada del expediente técnico debido a que con esta velocidad se diseñó y ejecutó todos los elementos geométricos.

4.3. Velocidades de operación del percentil 85 estimadas (curvas - tangentes) y consistencia de diseño

Tabla: 71 Resultados de la evaluación de la consistencia de diseño, según los criterios establecidos por Lamm.

EVALUACIÓN DE LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO CRITERIOS LAMM														
SITIO N°	PI	VALORES EN CURVAS HORIZONTALES							VALORES EN TANGENTES				C - I	C - II
		LONG. TANGENTE	RADIO	LC	DELTA	V85,C	VDIS.	VDES.	L.TMÍN	L.TMÁX	a	V85,T	V85-VDIS	V85-V85
		m	m	m	°'	km/h	km/h	km/h	m	m	m/s2	km/h	km/h	km/h
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
-	tangente	127.27					30	73	69	474	0.85	82	52	
														123
PI	6	curva	20	27.31	78°14'	-41	30	73					71	
														8
-	tangente	11.49					30	73	138	N	0.85	-49	79	
														7
PI	7	curva	18	22.71	72°16'	-56	30	73					86	
														67
-	tangente	15.36					30	73	138	N	0.85	11	19	
														67
PI	8	curva	150	14.19	5°25'	78	30	73					48	
														9
-	tangente	50.59					30	73	143	N	0.85	87	57	
														8
1	9	curva	350	19.36	3°10'	95	30	73					65	
														3
2	tangente	64.96					30	73	0.00	335.51	0.85	98	68	
														3
3	10	curva	350	66.15	10°49'	95	30	73					65	
														8
4	tangente	47.17					30	73	133.00	N	0.85	87	57	
														9
5	11	curva	150	30.93	11°48'	78	30	73					48	
														6
6	tangente	37.41					30	73	78.00	N	0.85	72	42	
														6
7	12	curva	90	26.26	16°42'	66	30	73					36	
														4
8	tangente	36.65					30	73	50.00	N	0.85	62	32	
														5
9	13	curva	70	35.59	29°07'	57	30	73					27	
														12
10	tangente	36.29					30	73	150.00	N	0.85	69	39	
														12
11	14	curva	180	31.84	10°08'	81	30	73					51	
														2
12	tangente	29.40					30	73	0.00	111.84	0.85	83	53	
														2
13	15	curva	180	11.81	3°45'	81	30	73					51	

Continúa...



SITIO Nº	PI	VALORES EN CURVAS HORIZONTALES							VALORES EN TANGENTES				C - I	C - II
		LONG. TANGENTE	RADIO	LC	DELTA	V85,C	VDIS	VDES	L.TMÍN	L.TMÁX	a	V85,T	V85-VDIS	V85-V85
		m	m	m	°'	km/h	km/h	km/h	m	m	m/s2	km/h	km/h	km/h
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
							30	73	49.25	62.59	0.85	73	43	8
14	tangente	91.13												1
15	16	curva	120	40.45	19°19'	74	30	73					44	1
16	tangente	47.03					30	73	24.56	33.91	0.85	73	43	4
17	17	curva	120	14.13	6°44'	77	30	73					47	14
18	tangente	34.24					30	73	164.53	N	0.85	63	33	15
19	18	curva	60	25.97	24°48'	48	30	73					18	0
20	tangente	27.67					30	73	24.51	299.11	0.85	48	18	6
21	19	curva	50	46.67	53°28'	42	30	73					12	16
22	tangente	30.13					30	73	168.48	N	0.85	58	28	16
23	20	curva	120	34.53	16°29'	74	30	73					44	12
24	tangente	17.01					30	73	130.49	N	0.85	63	33	12
25	21	curva	60	28.80	27°30'	51	30	73					21	15
26	tangente	50.21					30	73	179.74	N	0.85	66	36	15
27	22	curva	180	21.55	6°51'	81	30	73					51	15
28	tangente	33.66					30	73	179.74	N	0.85	66	36	15
29	23	curva	60	32.67	31°12'	51	30	73					21	19
30	tangente	137.602					30	73	241.47	N	0.85	70	30	19
31	24	curva	350	30.19	4°56'	89	30	73					59	37
32	tangente	66.28					30	73	339.31	N	0.85	52	22	37

Continúa...

SITIO Nº	PI	VALORES EN CURVAS HORIZONTALES							VALORES EN TANGENTES				C - I	C - II
		LONG. TANGENTE	RADIO	LC	DELTA	V85,C	VDIS.	VDES.	L.TMÍN	L.TMÁX	a	V85,T	V85-VDIS	V85-V85
		m	m	m	°'	km/h	km/h	km/h	m	m	m/s2	km/h	km/h	km/h
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
33	25	curva	40	30.97	44°21'	15	30	73					15	
														32
34	tangente	21.164					30	73	265.63	N	0.85	47	17	
														31
35	26	curva	150	26.20	10°00'	78	30	73					48	
														16
36	tangente	72.785					30	73	184.23	N	0.85	62	32	
														17
37	27	curva	60	40.51	38°41'	45	30	73					15	
														15
38	tangente	15.916					30	73	81.7	N	0.85	30	0	
														15
39	28	curva	40	40.52	58°02'	15	30	73					15	
														34
40	tangente	11.63					30	73	294.98	N	0.85	49	19	
														33
41	29	curva	160	64.09	22°57'	82	30	73					52	
														6
42	tangente	78.33					30	73	89.1	N	0.85	76	46	
														7
43	30	curva	100	9.15	5°14'	69	30	73					39	
														2
44	tangente	37.96					30	73	12.35	44	0.85	71	41	
														4
45	31	curva	90	16.34	10°24'	67	30	73					37	
														6
46	tangente	41.67					30	73	72.39	N	0.85	73	43	
														5
47	32	curva	150	17.11	6°32'	78	30	73					48	
														5
48	tangente	76.82					30	73	0	69	0.85	73	43	
														5
49	33	curva	150	29.73	11°21'	78	30	73					48	
														6
50	tangente	38.81					30	73	83.38	N	0.85	84	54	
														6
51	34	curva	350	38.25	6°15'	89	30	73					59	
														8
52	tangente	48.67					30	73	110.97	N	0.85	82	52	

Continúa...

SITIO N°	PI	VALORES EN CURVAS HORIZONTALES							VALORES EN TANGENTES				C - I	C - II
		LONG. TANGENTE	RADIO	LC	DELTA	V85,C	VDIS.	VDES.	L.TMÍN	L.TMÁX	a	V85,T	V85-VDIS	V85-V85
		m	m	m	°	km/h	km/h	km/h	m	m	m/s2	km/h	km/h	km/h
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
														8
53	35	curva	120	53.57	25°34'	74	30	73					44	
														9
54	tangente	48.42					30	73	106.21	N	0.85	65	35	
														9
55	36	curva	70	35.20	28°48'	56	30	73					26	
														14
56	tangente	75.12					30	73	109.25	N	0.85	42	12	
														15
57	37	curva	46	53.07	66°06'	27	30	73					3	
														26
58	tangente	79.34					30	73	243.06	N	0.85	53	23	
														25
59	38	curva	150	9.37	3°34'	78	30	73					48	
														5
60	tangente	120.22					30	73	101.67	N	0.85	73	43	
														11
61	39	curva	80	38.57	27°37'	62	30	73					32	
														11
62	tangente	131.14					30	73	108.8	N	0.85	73	43	
														6
63	40	curva	160	66.49	23°48'	79	30	73					49	
														2
64	tangente	42.32					30	73	14.16	69	0.85	81	51	
														4
65	41	curva	140	69.24	28°20'	77	30	73					47	
														1
66	tangente	43.42					30	73	28.69	83	0.85	78	48	
														3
67	42	curva	180	119.92	38°10'	81	30	73					51	
														8
68	tangente	318.32					30	73	N	224	0.85	73	43	
														22
69	43	curva	350	35.63	5°50'	95	30	73					65	
														4
70	tangente	108.23					30	73	33.77	302	0.85	99	69	
														8
71	44	curva	250	6.52	1°29'	91	30	73					61	
														6

Continúa...



SITIO Nº	PI	VALORES EN CURVAS HORIZONTALES							VALORES EN TANGENTES				C - I	C - II
		LONG. TANGENTE	RADIO	LC	DELTA	V85,C	VDIS.	VDES.	L.TMÍN	L.TMÁX	a	V85,T	V85-VDIS	V85-V85
		m	m	m	°'	km/h	km/h	km/h	m	m	m/s2	km/h	km/h	km/h
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
72	tangente	115.26					30	73	8.22	260	0.85	97	67	
														7
73	45	curva	450	73.98	9°25'	90	30	73					60	
														11
74	tangente	97.27					30	73	145.24	N	0.85	80	50	
														10
75	46	curva	98	81.97	47°55'	70	30	73					40	
														22
76	tangente	156.83					30	73	194.04	N	0.85	48	18	
														23
77	47	curva	45	52.50	66°50'	25	30	73					5	
														29
78	tangente	48.32					30	73	276.82	N	0.85	54	24	
														28
79	48	curva	150	15.22	5°48'	82	30	73					52	
														51
80	tangente	10.74					30	73	287.04	N	0.85	31	1	
														51
81	49	curva	27.5	53.22	110°53'	-20	30	73					50	
														53
82	tangente	257.26					30	73	317.74	N	0.85	33	3	
														53
83	50	curva	250	15.99	3°39'	86	30	73			0.85		56	
														24
84	tangente	156.42					30	73	273.56	N	0.85	62	32	
														25
85	51	curva	50	116.15	133°05'	37	30	73					7	
														25
86	tangente	53.52					30	73	273.56	N	0.85	62	32	
														24
87	52	curva	250	12.30	2°49'	86	30	73					56	
														3
88	tangente	73.32					30	73	30.5	157	0.85	89	59	
														7
89	53	curva	150	17.51	6°41'	82	30	73					52	
														27
90	tangente	18.35					30	73	269.61	N	0.85	55	25	
														27
91	54	curva	40	35.07	50°13'	28	30	73					2	

Continúa...

SITIO N°	PI	VALORES EN CURVAS HORIZONTALES							VALORES EN TANGENTES				C - I	C - II
		LONG. TANGENTE	RADIO	LC	DELTA	V85,C	VDIS	VDES	L.TMÍN	L.TMÁX	a	V85,T	V85-VDIS	V85-V85
		m	m	m	°	km/h	km/h	km/h	m	m	m/s2	km/h	km/h	km/h
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
														3
92	tangente	30.78					30	73	13.84	399	0.85	31	1	
														2
93	55	curva	43	44.86	59°46'	33	30	73					3	
														23
94	tangente	11.1					30	73	226.72	N	0.85	56	26	
														23
95	56	curva	150	11.98	4°34'	78	30	73					48	
														9
96	tangente	59.28					30	73	112.75	N	0.85	69	39	
														9
97	57	curva	75	39.19	29°56'	60	30	73					30	
														55
98	tangente	20.69					30	73	43.34	N	0.85	5	25	
														56
99	58	curva	22	34.68	90°19'	-51	30	73					81	
100	59	curva	22	34.68	90°19'	-51	30	73					81	
														65
101	tangente	38.92					30	73	158.09	N	0.85	14	16	
														64
102	60	curva	150	43.56	16°38'	78	30	73					48	
														18
103	tangente	24.53					30	73	196.08	N	0.85	60	30	
														18
104	61	curva	50	34.66	39°43'	42	30	73					12	
														10
105	tangente	31.44					30	73	94.41	N	0.85	52	22	
														10
106	62	curva	80	22.87	16°22'	62	30	73					32	
														10
107	tangente	16.2					30	73	94.41	N	0.85	52	22	
														10
108	63	curva	50	21.95	25°08'	42	30	73					12	
														8
109	tangente	36.63					30	73	67.4	N	0.85	50	20	
														8
110	64	curva	70	43.16	35°19'	57	30	73					27	
														0
111	tangente	69.73					30	73	67.4	256	0.85	57	27	

Continúa...

SITIO N°	PI	VALORES EN CURVAS HORIZONTALES							VALORES EN TANGENTES				C - I	C - II
		LONG. TANGENTE	RADIO	LC	DELTA	V85,C	VDIS.	VDES.	L.TMÍN	L.TMÁX	a	V85,T	V85-VDIS	V85-V85
		m	m	m	° '	km/h	km/h	km/h	m	m	m/s2	km/h	km/h	km/h
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
														15
112	65	curva	50	30.38	34°48'	42	30	73					12	
														18
113	tangente	51.24					30	73	196.08	N	0.85	60	30	
														18
114	66	curva	150	53.16	20°18'	78	30	73					48	
														1
115	tangente	6.41					30	73	21.65	90	0.85	77	47	
														4
116	67	curva	150	29.94	11°26'	81	30	73					51	
														5
117	tangente	51.84					30	73	78.07	N	0.85	86	56	
														5
118	68	curva	250	20.03	4°35'	91	30	73					61	
														18
119	tangente	204.62					30	73	N	67	0.85	73	43	
														11
120	69	curva	80	33.81	24°13'	62	30	73					32	
														36
121	tangente	38.77					30	73	170.8	N	0.85	27	4	
														36
122	70	curva	26	43.51	94°31'	-9	30	73					39	
123	71	curva	26	42.27	94°29'	-9	30	73					39	
														35
124	tangente	18.14					30	73	159.72	N	0.85	26	4	
														34
125	72	curva	80	20.03	14°20'	60	30	73					30	
														2
126	tangente	48.98					30	73	28.37	129	0.85	62	32	
														3
127	73	curva	90	38.00	24°11'	65	30	73					35	
														9
128	tangente	34.46					30	73	113.43	N	0.85	74	44	
														8
129	74	curva	150	29.27	11°10'	82	30	73					52	
														2
130	tangente	44.51					30	73	7.4	119	0.85	84	54	
														3
131	75	curva	150	33.55	12°48'	81	30	73					51	

Continúa...

SITIO N°	PI	VALORES EN CURVAS HORIZONTALES							VALORES EN TANGENTES				C - I	C - II
		LONG. TANGENTE	RADIO	LC	DELTA	V85,C	VDIS.	VDES.	L.TMÍN	L.TMÁX	a	V85,T	V85-VDIS	V85-V85
		m	m	m	°'	km/h	km/h	km/h	m	m	m/s ²	km/h	km/h	km/h
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
														3
132	tangente	72.67					30	73	28.69	83	0.85	84	54	
														7
133	76	curva	120	39.39	18°48'	77	30	73					47	
														7
134	tangente	9.19					30	73	94.64	N	0.85	70	40	
														8
135	77	curva	80	24.22	17°20'	62	30	73					32	
														4
136	tangente	34.09					30	73	41.62	N	0.85	66	36	
														4
137	78	curva	100	36.52	20°55'	69	30	73					39	
														4
138	tangente	269.51					30	73	N	163	0.85	73	43	
														121
139	79	curva	19	30.95	93°19'	-48	30	73					78	
140	80	curva	19	30.95	93°19'	-48	30	73					78	
														59
141	tangente	32.02					30	73	111.52	N	0.85	11	19	
														58
142	81	curva	100	32.03	18°21'	69	30	73					39	
														4
143	tangente	129.93					30	73	N	60	0.85	73	43	
														12
144	82	curva	180	41.16	13°06'	85	30	73					55	
														22
145	tangente	42.52					30	73	255.31	N	0.85	63	33	
														23
146	83	curva	55	37.40	38°57'	40	30	73					10	
														4
147	tangente	44.52					30	73	7.44	331	0.85	44	14	
														2
148	84	curva	50	70.55	80°51'	42	30	73					12	
														9
149	tangente	47.34					30	73	83.33	N	0.85	51	21	
														9
150	85	curva	75	56.20	42°56'	60	30	73					30	
														7
151	tangente	40.78					30	73	85.15	N	0.85	67	37	

Continúa...

SITIO N°	PI	VALORES EN CURVAS HORIZONTALES							VALORES EN TANGENTES				C - I	C - II
		LONG. TANGENTE	RADIO	LC	DELTA	V85,C	VDIS.	VDES.	L.TMÍN	L.TMÁX	a	V85,T	V85-VDIS	V85-V85
		m	m	m	° '	km/h	km/h	km/h	m	m	m/s ²	km/h	km/h	km/h
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
														7
152	86	curva	120	16.23	7°44'	74	30	73					44	
														6
153	tangente	34.38					30	73	74.07	N	0.85	68	38	
														6
154	87	curva	80	31.54	22°35'	62	30	73					32	
														3
155	tangente	35.28					30	73	0	135	0.85	65	35	
														3
156	88	curva	80	8.95	6°24'	62	30	73					32	
														4
157	tangente	46.62					30	73	0	135	0.85	66	36	
														4
158	89	curva	80	15.13	10°50'	62	30	73					32	
														6
159	tangente	45.71					30	73	74.07	N	0.85	68	38	
														6
160	90	curva	120	20.59	9°49'	74	30	73					44	
														20
161	tangente	74.48					30	73	199.12	N	0.85	54	24	
														21
162	91	curva	50	27.12	31°04'	33	30	73					3	
														20
163	tangente	26.92					30	73	185.87	N	0.85	53	23	
														19
164	92	curva	110	61.06	31°48'	72	30	73					42	
														1
165	tangente	79.53					30	73	N	42	0.85	73	43	
														7
166	93	curva	170	40.60	13°37'	80	30	73					50	
														7
167	tangente	191.17					30	73	N	174	0.85	73	43	
														17
168	94	curva	450	13.50	1°43'	90	30	73					60	
														17
169	tangente	290.23					30	73	N	260	0.85	73	43	
														18
170	95	curva	250	61.77	14°09'	91	30	73					61	

Fuente: Elaboración propia 2016.

PI: Punto de intersección.

LC: Longitud de curva.

DELTA: Ángulo de deflexión.

V85,C: Velocidad estimada del percentil 85 de curvas.

VDIS: velocidad de diseño.

VDES: Velocidad deseada.

LTMÍN: Longitud mínima de tangente.

LTMÁX: Longitud máxima de tangente.

a : aceleración m/s².

	Diseño bueno
	Diseño tolerable
	Diseño pobre

Comentarios de la tabla N° 71

- En la tabla se puede observar las columnas 14 y 15, se muestran los criterios de evaluación I y II, teniendo la siguiente referencia:
 - Diseño bueno (verde).
 - Diseño tolerable (anaranjado).
 - Diseño pobre (rojo).
- En la tabla, las velocidades estimadas de operación en curvas y tangentes se encuentran en las columnas 7 y 13 respectivamente.
- Para el caso de la evaluación de la consistencia de diseño se empezó desde el PI N°9 - Sitio 1, considerando que los tramos resaltados de color gris no se evaluaron para la consistencia de diseño geométrico, debido a la presencia de pendientes mayores a las máximas establecidas en las fórmulas de estimación de velocidades, pero si para la representación de estas en el perfil.
- Los sitios (81, 99, 100, 122, 123, 139 y 140) tienen velocidades negativas, esto indica que de acuerdo a las formulas propuestas para la estimación de velocidades en curvas horizontales, los radios se encuentran por debajo del mínimo establecido.
- Para la presente investigación se consideró como puntos de riesgo, los evaluados con el criterio II, Lamm afirma en sus investigaciones que este criterio es el más coherente y se asemeja más a la realidad.

Tabla: 72 Fluctuación en el rango de velocidades estimadas (30-80km/h)

Cantidad de curvas	90	100%
Velocidad (30-80) km/h	54	60%
Velocidades dispersas	36	40%
Cantidad de tangentes	87	100%
Velocidad (30-80) km/h	66	75.86%
Velocidades dispersas	21	24.14%

Fuente: Elaboración propia 2016.

Tabla: 73 Resultados de la evaluación de la consistencia de diseño de la carretera enaco – abra Ccorao

EVALUACIÓN DE LA CONSISTENCIA DE LA CARRETERA ENACO ABRA CCORAO				
Diseño	C I		C II	
	Cantidad de sitios	Longitud (m / %)	Cantidad de sitios	Longitud (m / %)
Bueno	13	737.76 / 8.44	84	3713.27 / 42.48
Tolerable	18	786.68 / 9.00	38	2293.41 / 26.23
Pobre	135	7086.49 / 81.06	39	2557.09 / 29.25
sitios no evaluados	4	131.25 / 1.50	6	178.43 / 2.04
Total	170	8742.20 / 100	167	8742.20 / 100

C I: Criterio de consistencia I.

C II: Criterio de consistencia II.

Fuente: Elaboración propia 2016.

Comentarios de la tabla N° 73

- De la tabla, se observa que hay una diferencia en la cantidad total de sitios, este resultado se debe a que se consideró como un solo sitio (curvas) al 99 y 100, 122 y 123, 139 y 140, por presentar tangentes reducidas.
- De acuerdo a la evaluación de la consistencia de diseño de la carretera Enaco – Abra Ccorao, según el criterio II de Lamm, se determinó que el 29.25% de la longitud total de la carretera califica como diseño pobre.

4.4. Velocidades medidas en campo

Tabla: 74 Resultados de las velocidades obtenidas

VELOCIDADES DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCOARO								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
SITIO	ELEMENTO	PROGRESIVAS	V. Estimada (85)(km/h)	V. Diseño(km/h)	V. Medida Subida(km/h)	V. Medida Bajada(km/h)	V.Máxima (km/h)	V. Media(km/h)
-	tangente	0+315	82	30	30	33	60	45
PI 6	curva	0+379	-41	30	27	26	60	45
-	tangente	0+431	-49	30	27	21	60	45
PI 7	curva	0+418	-56	30	25	21	60	45
-	tangente	0+448	11	30	28	23	60	45
PI 8	curva	0+456	78	30	29	25	60	45
-	tangente	0+495	87	30	15	15	60	45
1	curva	0+530	95	30	34	48	60	45
2	tangente	0+572	98	30	34	48	60	45
3	curva	0+638	95	30	37	52	60	45
4	tangente	0+695	87	30	38	52	60	45
5	curva	0+734	78	30	34	50	60	45
6	tangente	0+768	72	30	35	45	60	45
7	curva	0+800	66	30	39	40	60	45
8	tangente	0+831	62	30	40	44	60	45
9	curva	0+868	57	30	42	45	60	45
10	tangente	0+903	69	30	40	52	60	45
11	curva	0+937	81	30	40	52	60	45
12	tangente	0+968	83	30	40	52	60	45
13	curva	0+988	81	30	40	52	60	45
14	tangente	1+040	73	30	40	52	60	45
15	curva	1+106	74	30	37	52	60	45

Continúa...

VELOCIDADES DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCOARO								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
SITIO	ELEMENTO	PROGRESIVAS	V. Estimada (85)(km/h)	V. Diseño(km/h)	V. Medida Subida(km/h)	V. Medida Bajada(km/h)	V.Máxima (km/h)	V. Media(km/h)
16	tangente	1+149	73	30	39	55	60	45
17	curva	1+180	77	30	41	44	60	45
18	tangente	1+204	63	30	41	44	60	45
19	curva	1+234	48	30	37	41	60	45
20	tangente	1+261	48	30	39	43	60	45
21	curva	1+300	42	30	41	46	60	45
22	tangente	1+337	58	30	40	47	60	45
23	curva	1+369	74	30	40	47	60	45
24	tangente	1+395	63	30	40	47	60	45
25	curva	1+418	51	30	39	47	60	45
26	tangente	1+457	66	30	36	47	60	45
27	curva	1+493	81	30	36	47	60	45
28	tangente	1+521	66	30	36	47	60	45
29	curva	1+554	51	30	35	41	60	45
30	tangente	1+639	70	30	36	49	60	45
31	curva	1+723	89	30	36	49	60	45
32	tangente	1+771	52	30	38	47	60	45
33	curva	1+821	15	30	33	43	60	45
34	tangente	1+846	47	30	44	51	60	45
35	curva	1+869	78	30	44	51	60	45
36	tangente	1+919	62	30	44	51	60	45

Continúa...

VELOCIDADES DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCOARO								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
SITIO	ELEMENTO	PROGRESIVAS	V. Estimada (85)(km/h)	V. Diseño(km/h)	V. Medida Subida(km/h)	V. Medida Bajada(km/h)	V.Máxima (km/h)	V. Media(km/h)
37	curva	1+976	45	30	41	44	60	45
38	tangente	2+004	30	30	39	41	60	45
39	curva	2+034	15	30	39	41	60	45
40	tangente	2+058	49	30	42	42	60	45
41	curva	2+096	82	30	42	42	60	45
42	tangente	2+167	76	30	47	60	60	45
43	curva	2+211	69	30	47	60	60	45
44	tangente	2+234	71	30	47	60	60	45
45	curva	2+262	67	30	53	71	60	45
46	tangente	2+291	73	30	51	69	60	45
47	curva	2+320	78	30	41	69	60	45
48	tangente	2+367	73	30	51	69	60	45
49	curva	2+420	78	30	46	64	60	45
50	tangente	2+455	84	30	46	66	60	45
51	curva	2+493	89	30	48	66	60	45
52	tangente	2+536	82	30	46	63	60	45
53	curva	2+588	74	30	51	54	60	45
54	tangente	2+639	65	30	47	56	60	45
55	curva	2+681	56	30	46	53	60	45
56	tangente	2+736	42	30	48	55	60	45
57	curva	2+803	27	30	47	49	60	45
58	tangente	2+866	53	30	49	60	60	45

Continúa...

VELOCIDADES DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCOARO								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
SITIO	ELEMENTO	PROGRESIVAS	V. Estimada (85)(km/h)	V. Diseño(km/h)	V. Medida Subida(km/h)	V. Medida Bajada(km/h)	V.Máxima (km/h)	V. Media(km/h)
59	curva	2+910	78	30	49	60	60	45
60	tangente	2+975	73	30	49	60	60	45
61	curva	3+055	62	30	45	53	60	45
62	tangente	3+139	73	30	50	60	60	45
63	curva	3+239	79	30	47	54	60	45
64	tangente	3+292	81	30	47	54	60	45
65	curva	3+349	77	30	47	56	60	45
66	tangente	3+405	78	30	48	54	60	45
67	curva	3+489	81	30	48	55	60	45
68	tangente	3+705	73	30	58	64	60	45
69	curva	3+882	95	30	63	64	60	45
70	tangente	3+954	99	30	68	65	60	45
71	curva	4+012	91	30	68	65	60	45
72	tangente	4+073	97	30	68	65	60	45
73	curva	4+167	90	30	65	60	60	45
74	tangente	4+253	80	30	61	55	60	45
75	curva	4+345	70	30	54	52	60	45
76	tangente	4+462	48	30	56	55	60	45
77	curva	4+570	25	30	40	40	60	45
78	tangente	4+617	54	30	45	44	60	45
79	curva	4+649	82	30	45	44	60	45
80	tangente	4+662	31	30	45	44	60	45

Continúa...

VELOCIDADES DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCOARO								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
SITIO	ELEMENTO	PROGRESIVAS	V. Estimada (85)(km/h)	V. Diseño(km/h)	V. Medida Subida(km/h)	V. Medida Bajada(km/h)	V.Máxima (km/h)	V. Media(km/h)
81	curva	4+695	-20	30	41	34	60	45
82	tangente	4+849	33	30	55	57	60	45
83	curva	4+986	86	30	55	57	60	45
84	tangente	5+072	62	30	54	58	60	45
85	curva	5+208	37	30	43	44	60	45
86	tangente	5+293	62	30	53	57	60	45
87	curva	5+326	86	30	53	57	60	45
88	tangente	5+369	89	30	53	57	60	45
89	curva	5+414	82	30	53	57	60	45
90	tangente	5+432	55	30	53	57	60	45
91	curva	5+460	28	30	46	47	60	45
92	tangente	5+492	31	30	53	57	60	45
93	curva	5+532	33	30	46	47	60	45
94	tangente	5+558	56	30	42	52	60	45
95	curva	5+569	78	30	42	52	60	45
96	tangente	5+605	69	30	42	52	60	45
97	curva	5+654	60	30	38	43	60	45
98	tangente	5+684	5	30	34	35	60	45
99	curva	5+716	-51	30	30	31	60	45
100	curva	5+751	-51	30	30	31	60	45
101	tangente	5+783	14	30	33	43	60	45

Continúa...

VELOCIDADES DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCOARO								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
SITIO	ELEMENTO	PROGRESIVAS	V. Estimada (85)(km/h)	V. Diseño(km/h)	V. Medida Subida(km/h)	V. Medida Bajada(km/h)	V.Máxima (km/h)	V. Media(km/h)
102	curva	5+824	78	30	35	54	60	45
103	tangente	5+858	60	30	37	51	60	45
104	curva	5+889	42	30	39	49	60	45
105	tangente	5+921	52	30	38	54	60	45
106	curva	5+948	62	30	38	54	60	45
107	tangente	5+968	52	30	38	54	60	45
108	curva	5+987	42	30	38	58	60	45
109	tangente	6+016	50	30	39	53	60	45
110	curva	6+057	57	30	41	51	60	45
111	tangente	6+112	57	30	39	49	60	45
112	curva	6+163	42	30	36	49	60	45
113	tangente	6+203	60	30	50	65	60	45
114	curva	6+256	78	30	54	70	60	45
115	tangente	6+285	77	30	54	70	60	45
116	curva	6+303	81	30	54	70	60	45
117	tangente	6+344	86	30	57	74	60	45
118	curva	6+380	91	30	57	74	60	45
119	tangente	6+493	73	30	57	74	60	45
120	curva	6+612	62	30	56	63	60	45
121	tangente	6+648	27	30	41	52	60	45
122	curva	6+696	-9	30	34	35	60	45
123	curva	6+739	-9	30	34	35	60	45

Continúa...

VELOCIDADES DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCOARO								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
SITIO	ELEMENTO	PROGRESIVAS	V. Estimada (85)(km/h)	V. Diseño(km/h)	V. Medida Subida(km/h)	V. Medida Bajada(km/h)	V.Máxima (km/h)	V. Media(km/h)
124	tangente	6+763	26	30	40	46	60	45
125	curva	6+782	60	30	40	46	60	45
126	tangente	6+816	62	30	40	46	60	45
127	curva	6+860	65	30	49	63	60	45
128	tangente	6+896	74	30	52	55	60	45
129	curva	6+928	82	30	52	65	60	45
130	tangente	6+965	84	30	52	65	60	45
131	curva	7+004	81	30	59	67	60	45
132	tangente	7+057	84	30	60	63	60	45
133	curva	7+113	77	30	62	58	60	45
134	tangente	7+137	70	30	62	58	60	45
135	curva	7+154	62	30	62	58	60	45
136	tangente	7+183	66	30	64	63	60	45
137	curva	7+219	69	30	64	63	60	45
138	tangente	7+372	73	30	64	63	60	45
139	curva	7+526	-48	30	26	27	60	45
140	curva	7+557	-48	30	26	27	60	45
141	tangente	7+584	11	30	28	32	60	45
142	curva	7+616	69	30	33	49	60	45
143	tangente	7+697	73	30	53	64	60	45
144	curva	7+783	85	30	53	64	60	45
145	tangente	7+825	63	30	52	61	60	45

Continúa...

VELOCIDADES DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCOARO								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
SITIO	ELEMENTO	PROGRESIVAS	V. Estimada (85)(km/h)	V. Diseño(km/h)	V. Medida Subida(km/h)	V. Medida Bajada(km/h)	V.Máxima (km/h)	V. Media(km/h)
146	curva	7+865	40	30	56	59	60	45
147	tangente	7+906	44	30	48	56	60	45
148	curva	7+970	42	30	45	52	60	45
149	tangente	8+022	51	30	47	55	60	45
150	curva	8+075	60	30	48	45	60	45
151	tangente	8+122	67	30	44	49	60	45
152	curva	8+151	74	30	45	52	60	45
153	tangente	8+176	68	30	45	52	60	45
154	curva	8+209	62	30	45	50	60	45
155	tangente	8+242	65	30	45	50	60	45
156	curva	8+265	62	30	45	50	60	45
157	tangente	8+292	66	30	45	50	60	45
158	curva	8+323	62	30	47	66	60	45
159	tangente	8+354	68	30	47	59	60	45
160	curva	8+387	74	30	47	59	60	45
161	tangente	8+434	54	30	47	59	60	45
162	curva	8+485	33	30	42	56	60	45
163	tangente	8+512	53	30	44	60	60	45
164	curva	8+557	72	30	45	65	60	45
165	tangente	8+626	73	30	47	65	60	45
166	curva	8+687	80	30	50	68	60	45
167	tangente	8+802	73	30	56	74	60	45
168	curva	8+905	90	30	56	74	60	45
169	tangente	9+057	73	30	58	67	60	45
170	curva	9+233	91	30	15	15	60	45

Fuente: Elaboración propia 2016.

Comentarios de la Tabla N° 74

- En las columnas 6 y 7 se aprecian las velocidades de operación medidas en campo, que resultan de la ronda de mediciones con la pistola radar de cada sitio de la vía en estudio, tanto de subida como de bajada.
- Con el objetivo de aislar los resultados de factores no relacionados con la geometría de la carretera, los PIS del 1 al 5 no se consideraron, debido a que se encontraban en zona de cruce, afluencia vehicular, malas condiciones de pavimento y zona urbana.

- La columna 8 representa la velocidad máxima, la cual deriva del cálculo de dos veces la velocidad media aritmética menos la velocidad de diseño (mínima).
- La columna 9 describe la velocidad media aritmética, la cual resulta del promedio de las velocidades medidas en campo entre el número de sitios.

Tabla: 75 Fluctuación de velocidades medidas en campo

SENTIDO SUBIDA			SENTIDO DE BAJADA		
Cantidad de curvas	90	100%	Cantidad de curvas	90	100%
Velocidad (30-80) km/h	84	93%	Velocidad (30-80) km/h	84	93%
Velocidades dispersas	6	7%	Velocidades dispersas	6	7%
Cantidad de tangentes	87	100%	Cantidad de tangentes	87	100%
Velocidad (30-80) km/h	83	95.40%	Velocidad (30-80) km/h	84	96.55%
Velocidades dispersas	4	4.60%	Velocidades dispersas	3	3.45%

Fuente: Elaboración propia 2016.

4.5. Perfil de velocidades

Ver anexo 4

Comentarios del anexo 4

- Del diagrama de velocidades, se observa las marcas en las líneas (círculos, cuadrados, cruces) que representan el punto medio del sitio.
- Del diagrama de velocidades, se observa líneas de diferentes colores que representan: celeste (velocidad de operación estimada), lila (velocidad máxima), negro (velocidad media aritmética), azul (velocidad de operación medida en campo de bajada), verde (velocidad de operación medida en campo de subida), amarillo (velocidad de operación medida en campo de subida de vehículos pesados) y anaranjado (velocidad de diseño).

- Del diagrama de velocidades (perfil N°1), se observa al inicio, dos líneas entre cortadas de color rojo, esto se debe a que las velocidades en los tramos fueron estimadas aun así no cumpliendo los parámetros por las formulas propuestas para la estimación de velocidades.
- Del diagrama de velocidades se observa que la velocidad estimada en los sitios (PI6, PI7, 81, 99, 100, 122, 123, 139 y 140) presentan velocidades negativas esto indica que de acuerdo a las formulas propuestas para la estimación de velocidades, los radios están por debajo del radio mínimo establecido por el DG-2014.
- Del diagrama de velocidades se observa una ligera compatibilidad de las velocidades medidas y estimadas (verde, azul – celeste), lo cual indica que la estimación se asemeja a la realidad, pero no necesariamente nos indica que este bien diseñada.

4.6. Puntos de riesgo y seguridad vial - nominal

Tabla: 76 Resultados de la evaluación de la seguridad vial nominal

Longitud total evaluada en metros			8743.02
Diseño	Puntos de Riesgo	Longitud (m)	Inseguridad (%)
Pobre	39	2557.09	29.25
Tolerable	17	1085.32	12.41
Total	56	3642.41	41.66

Fuente: Elaboración propia 2016.

Comentario de la tabla N° 76

- En la tabla, se observa la cantidad de sitios inconsistentes o puntos de riesgo, caracterizados con diseño pobre y tolerable, teniendo un total de 56 sitios inconsistentes de 170 evaluados por el criterio II, dichos sitios inconsistentes llamados también puntos de riesgo representan el 41.66 % de la longitud de la carretera evaluada, calificado también como porcentaje de inseguridad vial - nominal.
- Es importante recalcar que los 17 sitios evaluados calificados con un diseño tolerable, se incluye al porcentaje de inseguridad, debido a que se aproximan a un diseño pobre.

- Teniendo identificados los sitios inseguros, el siguiente paso para evaluar la seguridad vial – nominal es verificar el cumplimiento con el manual DG-2014.

Tabla: 77 Resultados de la evaluación del alineamiento horizontal

DATOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL									EVALUACIÓN DE PARÁMETROS					
1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11	12	13	14
SITIO	PI (km)	ELEMENTO	L (m)	Radio (m)	DEFLEXIÓN		TIPO DE TANGENTE EN CURVA	SOBRE ANCHO EN CAMPO (m)	NECESIDAD DE CURVA HORIZONTAL	LC MÍN	VERIF. RMIN.	VERIF. LTG	SOBRE ANCHO NECESARIO (m)	
					Δ	SENTIDO								
21	1+300.601	curva	46.67	50	53°28'	I		1.5	C	Usar Lc. Min	OK		2.68	
22	1+334.496	tangente	30.13				S					L.min.		
29	1+554.719	curva	32.67	60	31°12'	D		1.5	C	Usar Lc. Min	OK		2.26	
30	1+639.031	tangente	137.60				S					OK		
31	1+723.344	curva	30.19	350	4°56'	D		0.9	C	Usar Lc. Min	OK		0.48	
32	1+772.18	tangente	66.28				O					L.min.		
33	1+821.016	curva	30.97	40	44°21'	I		1.35	C	Usar Lc. Min	OK		3.31	
34	1+845.494	tangente	21.16				S					L.min.		
35	1+869.973	curva	26.20	150	10°00'	D		1.5	C	Usar Lc. Min	OK		0.74	
36	1+952.211	tangente	72.78				S					OK		
39	2+034.45	curva	40.52	40	58°02'	I		1.5	C	Usar Lc. Min	OK		3.31	
40	2+065.655	tangente	11.63				S					L.min.		
57	2+803.56	curva	53.07	46	66°06'	I		1.5	C	Usar Lc. Min	OK		2.89	
58	2+472.59	tangente	79.34				S					OK		
68	3+318.32	tangente	318.32				S					OK		
75	4+345.69	curva	81.97	98	47°55'	I		1.5	C	Usar Lc. Min	OK		1.44	
76	4+458.165	tangente	156.83				S					OK		
77	4+570.64	curva	52.50	45	66°50'	I		1.5	C	Usar Lc. Min	OK		2.96	
78	4+610.005	tangente	48.32				O					L.min.		
79	4+649.38	curva	15.22	150	5°48'	D		0.6	C	Usar Lc. Min	OK		0.99	
80	4+672.515	tangente	10.74				S					L.min.		
81	4+695.65	curva	53.22	27.5	110°53'	D		2.4	C	Usar Lc. Min	Usa R. min		4.78	
82	4+840.925	tangente	257.26				O					OK		
83	4+986.2	curva	15.99	250	3°39'	D		0.4	C	Usar Lc. Min	OK		0.64	

Continúa...

DATOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL									EVALUACIÓN DE PARÁMETROS					
1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11	12	13	14
SITIO	PI (km)	ELEMENTO	L (m)	Radio (m)	DEFLEXIÓN		TIPO DE TANGENTE EN CURVA	SOBRE ANCHO EN CAMPO (m)	NECESIDAD DE CURVA HORIZONTAL	LC MÍN	VERIF. RMIN.	VERIF. LTG	SOBRE ANCHO NECESARIO (m)	
					Δ	SENTIDO								
84	5+097.53	tangente	156.42					0					OK	
85	5+208.86	curva	116.15	50	133°05'	D		1.3	C	Usar Lc. Min	OK			2.68
86	5+311.76	tangente	53.32					0					L.min.	
89	5+414.66	curva	17.51	150	6°41'	I		0.6	C	Usar Lc. Min	OK			0.99
90	5+473.485	tangente	18.35					S					L.min.	
93	5+532.31	curva	44.86	43	59°46'	D		1.3	C	Usar Lc. Min	OK			3.09
94	5+593.59	tangente	11.10		Δ			S					L.min.	
97	5+654.87	curva	39.19	75	29°56'	D		0.9	C	Usar Lc. Min	OK			1.84
98	5+685.84	tangente	20.69					0					L.min.	
99-100	5+716.81	curva	69.36	22	90°19'	I		2	C	Usar Lc. Min	Usa R. min			6.03
101	5+788.195	tangente	38.92					0					L.min.	
102	5+824.9	curva	43.56	150	16°38'	I		1.5	C	Usar Lc. Min	OK			0.99
103	5+857.010	tangente	24.53					0					L.min.	
112	6+163.37	curva	30.38	50	34°48'	I		1.5	C	Usar Lc. Min	OK			2.68
113	6+209.765	tangente	51.24					S					OK	
118	6+380.69	curva	20.03	250	4°35'	I		1.5	C	Usar Lc. Min	OK			0.64
120	6+612.48	curva	33.81	80	24°13'	I		1.3	C	Usar Lc. Min	OK			1.73
121	6+654.595	tangente	38.77					0					L.min.	
122-123	6+696.71	curva	85.78	26	94°31'	D		2.27	C	Usar Lc. Min	Usa R. min			5.06
124	6+761.015	tangente	18.14					0					L.min.	
138	7+373.130	tangente	269.51					S					OK	
139-140	7+526.98	curva	61.89	19	93°19'	I		3.68	C	Usar Lc. Min	Usa R. min			7.08
141	7+587.420	tangente	32.02					0					L.min.	
144	7+783.38	curva	41.16	180	13°06'	D		1.5	C	Usar Lc. Min	OK			0.84
145	7+824.600	tangente	42.52					0					L.min.	
160	8+387.34	curva	20.59	120	9°49'	D		1.5	C	Usar Lc. Min	OK			0.93
161	8+436.665	tangente	74.48					S					OK	
162	8+485.99	curva	27.12	50	31°04'	I		1.5	C	Usar Lc. Min	OK			2.25
163	8+521.73	tangente	26.92					S					L.min.	
167	8+796.170	tangente	191.17					S					OK	
168	8+905.23	curva	13.50	450	1°43'	D		1.5	NC	Usar Lc. Min	OK			0.25
169	9+069.240	tangente	290.23					S					OK	

Fuente: Elaboración propia 2016.

PI: Punto de intersección

L: Longitud de curva o tangente

Δ: Ángulo de deflexión en ° ' .

	Diseño bueno
	Diseño tolerable
	Diseño pobre

Comentarios de la tabla N° 77

- De la tabla, columna 10, respecto a la evaluación de los parámetros del DG - 2014, para determinar la necesidad de curva horizontal en función al ángulo de deflexión, se observa que el sitio 168 no necesita de curva horizontal, debido a que tiene un ángulo de deflexión menor a $2^{\circ}30'$.
- De la tabla, columna 11, respecto a la evaluación de los parámetros del DG – 2014, para determinar la longitud de curva mínima en función a la velocidad de diseño, se observa que todas las curvas no cumplen con la longitud mínima, a excepción del sitio 85.
- De la tabla, columna 12, respecto a la evaluación de los parámetros del DG – 2014, para determinar el radio mínimo en función a los parámetros de la tabla N° 29, se observa que los sitios: 81, 99, 100, 122, 123, 139 y 140 no cumplen con el radio mínimo.
- De la tabla, columna 8 y 13, respecto a la evaluación de los parámetros del DG – 2014, para determinar el tipo de tangente en curva, se observa que 18 tangentes están entre curvas en S y 12 entre curvas en O, asimismo para la evaluación de longitud de tangente mínima, 17 de estos sitios no cumplen lo establecido.
- De la tabla, columna 9 y 14, respecto a la evaluación de los parámetros del DG – 2014, para determinar el sobre ancho, se puede observar que de 27 sitios evaluados, solamente los sitios 31, 35, 75, 102, 118, 144, 160 y 168 cumplen con la longitud de sobre ancho.

Tabla: 78 Resultados de la evaluación de la distancia de visibilidad en curvas horizontales.

EVALUACIÓN DE DISTANCIAS DE VISIBILIDAD													
SITIO	PI	PROGRESIVA (km)	ELEMENTO	RADIO (m)	LC (m)	VELOCIDAD (km/h)	tp (s)	f max	± i (%)	Dp CALCULADO (m)	"a" DESPEJE REQUERIDO MÉTODO GRÁFICO (m)	"a" DESPEJE EN CAMPO (m)	CUMPLIMIENTO
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
39	28	2+034.45	curva	40	40.52	30	2	0.17	0.0274	35	4.50	2.30	NO CUMPLE
57	37	2+803.56	curva	46	53.07	30	2	0.17	0.0744	31	2.90	2.60	NO CUMPLE
81	49	4+695.65	curva	28	53.22	30	2	0.17	0.0568	32	5.60	2.10	NO CUMPLE
85	51	5+208.86	curva	50	116.15	30	2	0.17	0.0614	32	2.85	2.20	NO CUMPLE
99	58	5+716.81	curva	22	34.68	30	2	0.17	0.0722	31	6.54	2.10	NO CUMPLE
100	59	5+751.49	curva	22	34.68	30	2	0.17	0.0883	30	6.54	2.10	NO CUMPLE
122	70	6+696.71	curva	26	43.51	30	2	0.17	0.0726	31	5.41	2.20	NO CUMPLE
123	71	6+739.51	curva	26	42.27	30	2	0.17	0.0726	31	5.41	2.20	NO CUMPLE
139	79	7+526.98	curva	19	30.94	30	2	0.17	0.0737	31	9.31	2.15	NO CUMPLE
140	80	7.557.93	curva	19	30.94	30	2	0.17	0.0737	31	9.31	2.15	NO CUMPLE

PI: Punto de intersección.

tp: Tiempo de percepción

Dp: Distancia de parada.

a : Ancho de despeje necesario.

f máx: Coeficiente de fricción.

	Diseño bueno
	Diseño tolerable
	Diseño pobre

Fuente: Elaboración propia 2016.

Comentarios de la tabla N° 78

De la tabla, columna 12 y 13, respecto a la evaluación de los parámetros del DG - 2014, para determinar el ancho de despeje requerido por el método gráfico ("a"), se observa que todos los sitios evaluados no cumplen. Ver anexo 3



Tabla: 79 Resultados de la evaluación de las distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento

EVALUACIÓN DE LA CARRETERA CON VISIBILIDAD ADECUADA PARA ADELANTAR							
TRAMO I ENACO (0+530) - PUMAMARCA(05+100)				TRAMO II PUMAMARCA (05+100)- ABRA CCORAO (FINAL)			
CONDICIÓN OROGRÁFICA		ESCARPADO TIPO 4		CONDICIÓN OROGRÁFICA		ACCIDENTADO TIPO3	
LONGITUD TOTAL		4570	100%	LONGITUD TOTAL		4100	100%
dp	%	da	%	dp	%	da	%
0+530 al 0+900	8%	0+900 al 1+160	6%	5+100 al 6+300 pendiente	29%	6+300 al 6+580	7%
1+160 al 2+100	21%	2+110 al 2+560	10%	6+580 al 6+800 pendiente y curva	5%	6+800 al 7+440	16%
2+560 al 2+820	6%	2+820 al 4+240	31%	7+440 al 7+620 curva	4%	7+620 al 7+880	6%
4+240 al 4+740	11%	4+740 al +5+100	8%	7+880 al 8+020	3%	8+020 al 9+200(final)	29%
TOTAL	45%	TOTAL	55%	TOTAL	42%	TOTAL	58%
De acuerdo a la tabla 205.05 del DG 2014 el porcentaje de la carretera Enaco (0+530) a Pumamarca (05+100) con visibilidad adecuada de adelantamiento cumple con el mínimo establecido que es de 15%.				De acuerdo a la tabla 205.05 del DG 2014 el porcentaje de la carretera Pumamarca (5+100) al Abra Ccorao (final) con visibilidad adecuada de adelantamiento cumple con el mínimo establecido que es de 25%.			
MÁXIMAS LONGITUDES SIN VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO O PASO ES DE 2070 m		CUMPLE		MÁXIMAS LONGITUDES SIN VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO O PASO ES DE 1740 m		CUMPLE	

Fuente: Elaboración propia 2016.

Tabla: 80 Resultados de la evaluación de la evaluación de alineamiento vertical

ELEMENTOS DE ALINEAMIENTO VERTICAL DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO								
DESCRIPCIÓN						ELEMENTOS DE CURVA		
PVI	PVI Estación (km)	PVI Elevación (m)	Pendiente de entrada (%)	Pendiente de salida (%)	Tipo de curva	(Diferencia algebraica de pendiente) (m)	Lc (m)	K
1	0+025.13	3273.705	11.97	5.73	Convexa	6.24	30	4.81
2	0+189.57	3283.123	5.73	8.67	Concava	2.94	80	27.21
3	0+347.86	3296.854	8.67	12.04	Cóncava	3.37	60	17.80
4	0+514.56	3316.9	12.04	6.13	Convexa	5.91	65	11.00
5	0+652.75	3325.387	6.13	11.62	Cóncava	5.49	60	10.93
6	0+811.43	3343.832	11.62	7.26	Convexa	4.36	65	14.91
7	1+206.32	3372.487	7.26	9.57	Cóncava	2.31	75	32.47
8	1+775.08	3426.943	9.57	2.74	Convexa	6.83	205	30.01
9	2+268.89	3440.454	2.74	7.44	Cóncava	4.7	90	19.15
10	2+665.72	3469.971	7.44	8.59	Cóncava	1.15	60	52.17
11	2+832.64	3484.311	8.59	6.49	Cóncava	2.1	80	38.10
12	3+287.42	3513.816	6.49	5.61	Convexa	0.88	80	90.91
13	3+565.48	3529.41	5.61	1.15	Convexa	4.46	76	17.04
14	3+796.39	3532.066	1.15	2.28	Cóncava	1.13	60	53.10
15	4+169.65	3540.564	2.28	-1.01	Convexa	3.29	95	28.88
16	4+331.84	3538.919	-1.01	0.91	Cóncava	1.92	95	49.48
17	4+630.22	3541.635	0.91	5.68	Cóncava	4.77	150	31.45
18	4+769.41	3549.537	5.68	3.08	Convexa	2.6	65	25.00
19	4+989.44	3556.311	3.08	1.18	Convexa	1.9	105	55.26
20	5+169.70	3558.434	1.18	6.14	Cóncava	4.96	90	18.15
21	5+380.80	3571.398	6.14	8.09	Cóncava	1.95	60	30.77
22	5+586.50	3587.962	8.09	7.22	Convexa	0.87	90	103.45
23	5+740.24	3599.131	7.22	8.83	Cóncava	1.61	80	49.69
24	6+225.39	3641.975	8.83	3.97	Convexa	4.86	90	18.52
25	6+464.50	3651.498	3.97	7.26	Cóncava	3.29	95	28.88
26	6+754.64	3672.495	7.26	1.69	Convexa	5.57	70	12.57
27	6+907.61	3675.078	1.69	3.24	Cóncava	1.55	60	38.71
28	7+119.16	3681.928	3.24	5.53	Cóncava	2.29	40	17.47
29	7+398.57	3697.37	5.53	7.37	Cóncava	1.84	85	46.20
30	7+596.28	3711.95	7.37	2.69	Convexa	4.68	90	19.23
31	7+926	3720.842	2.69	6.18	Cóncava	3.49	185	53.01
32	8+092.96	3731.112	6.18	7.99	Cóncava	1.81	60	33.15
33	8+447.39	3759.433	7.99	4.88	Convexa	3.11	120	38.59
34	8+644.08	3769.035	4.88	6.88	Cóncava	2	80	40.00
35	8+912.97	3787.533	6.88	3.81	Convexa	3.07	45	14.66
36	9+049.89	3792.747	3.81	8.1	Cóncava	4.29	140	32.63
37	9+198.62	3804.801	8.1	-0.68	Convexa	8.78	40	4.56

Fuente: Elaboración propia 2016.

A: Diferencia algebraica de pendiente

Comentarios de la tabla N° 80

- De la tabla, columna 5, de acuerdo a las pendientes de entrada y salida se obtuvo 16 curvas convexas y 21 curvas cóncavas.
- De la tabla, columna 6, de acuerdo a los parámetros de evaluación de pendientes mínimas, se aprecia que todas las curvas cumplen.
- De la tabla, columna 7, de acuerdo a los parámetros de evaluación de pendientes máximas mostradas en la tabla 33, se observa que no cumplen las curvas 1, 4, 6 y 8.
- De la tabla, columna 8, de acuerdo a los parámetros de evaluación de necesidad de curva vertical, las curvas 12 y 22 no cumplen con dichos parámetros.

Tabla: 81 Resultados de la evaluación de la distancia de visibilidad en curvas verticales

EVALUACIÓN DE LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS VERTICALES													
VISIBILIDAD									LONGITUD DE CURVA VERTICAL				
PIV	A (%)	K (%)	P (%)	TIPO DE CURVA	PROGRESIVA (km)	Dp vs Da	Dp (m)	Da (m)	POR SEGURIDAD				
									LC (m)	D > LC (m)	D < LC (m)	LONGITUD MÍNIMA (m) (RECOMENDADA)	CUMPLIMIENTO
4	5.91	11.00	12.04	Convexa	0+514.56	Dp	28.87	110	65	-	12.19	14	CUMPLE
6	4.36	14.91	11.62	Convexa	0+811.43	Dp	29.05	110	65	-	9.11	10	CUMPLE
8	6.83	30.01	9.57	Convexa	1+775.08	Dp	30.00	110	205	-	15.22	16	CUMPLE
12	0.88	90.91	6.49	Convexa	3+287.42	Da	31.75	110	80	-855	-	SN	CUMPLE
13	4.46	17.04	5.61	Convexa	3+565.48	Da	32.34	110	76	7.89	-	8	CUMPLE
15	3.29	28.88	2.28	Convexa	4+169.65	Da	35.04	110	95	-67.54	-	SN	CUMPLE
18	2.6	25.00	5.68	Convexa	4+769.41	Da	32.29	110	65	-143.85	-	SN	CUMPLE
19	1.9	55.26	3.08	Convexa	4+989.44	Da	34.31	110	105	-277.89	-	SN	CUMPLE
22	0.87	103.45	8.09	Convexa	5+586.50	Dp	30.79	110	90	-	2.04	4	CUMPLE
24	4.86	18.52	8.83	Convexa	6+225.39	Dp	30.38	110	90	-	11.11	12	CUMPLE
26	5.57	12.57	7.26	Convexa	6+754.64	Dp	31.27	110	70	-	13.48	14	CUMPLE
30	4.68	19.23	7.37	Convexa	7+596.28	Dp	31.21	110	90	-	11.28	12	CUMPLE
33	3.11	38.59	7.99	Convexa	8+447.39	Da	30.85	110	120	39.78	-	40	CUMPLE
35	3.07	14.66	6.88	Convexa	8+912.97	Da	31.50	110	45	-88.14	-	SN	CUMPLE
37	8.78	4.56	8.1	Convexa	9+198.62	Dp	30.78	110	40	-	20.59	22	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia 2016.

A: Diferencia algebraica de pendiente. (%)

Da: Distancia de adelantamiento. (m)

K: Parámetro de curvatura.

LC: Longitud de curva. (m)

P: Pendiente. (%)

Dp: Distancia de parada (m)

Comentarios de la tabla N° 81

- De la tabla, columna 7, de acuerdo a los parámetros de evaluación del DG – 2014, se observa la clasificación de cada curva vertical, en función a: si se encuentra dentro de tramos con distancia de visibilidad de parada o de adelantamiento.
- De la tabla, en las columnas 8 y 9, de acuerdo a los parámetros de evaluación del DG – 2014, se observa el resultado de la distancia de visibilidad de parada calculado por formulas y el resultado de distancia de visibilidad de adelantamiento obtenido de la tabla 32.
- De la tabla, en las columnas 11 y 12, verificamos si la longitud de curva vertical es mayor o menor que la D_p o D_a , dependiendo de la condición en la que se encuentre la curva, de esta manera calculamos la longitud mínima que debería tener la curva evaluada, ver figuras 11 y 12.
- De la tabla, columna 13, se observa el valor de la longitud mínima de curva vertical redondeada al inmediato superior par, así mismo se observa que las curvas verticales 12, 15, 18, 19 y 35, presentan valores negativos, lo que significa que no necesitan de longitud de curva respecto a la distancia de adelantamiento ya que el conductor asume que es una recta, y puede optar por adelantar en estos tramos.

Tabla: 82 Resultados de la evaluación de peraltes máximos

EVALUACIÓN DE PERALTES MÁXIMOS									
DATOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL					ANÁLISIS DE PARÁMETROS				
SITIO	PI (Km)	ELEMENTO	RADIO (m)	VELOCIDAD (km/h)	PERALTE SEGÚN EL TIPO DE OROGRAFÍA ACCIDENTADO - ESCARPADO		MEDICIÓN CON EL ECLÍMETRO (°)	CONVERSIÓN DE PENDIENTE EN (°) A PENDIENTE EN (%)	EVALUACIÓN
					NORMAL	ABSOLUTO			
39	2+034.45	curva	40	30	8%	12%	3.0 °	6.67	no cumple
53	2+803.56	curva	46	30	8%	12%	1°30'	3.33	no cumple
81	4+695.65	curva	27.5	30	8%	12%	5°15'	11.67	cumple
85	5+208.86	curva	50	30	8%	12%	5°30'	12.22	cumple
99	5+716.81	curva	22	30	8%	12%	6.0 °	13.33	no cumple
100	5+751.49	curva	22	30	8%	12%	6.0 °	13.33	no cumple
122	6+696.71	curva	26	30	8%	12%	5.0 °	11.11	no cumple
123	6+739.51	curva	26	30	8%	12%	5.0 °	11.11	no cumple
139	7+526.98	curva	19	30	8%	12%	5.0 °	11.11	no cumple
140	7+557.93	curva	19	30	8%	12%	5.0 °	11.11	no cumple

PI: Punto de intersección.

	Diseño bueno
	Diseño tolerable
	Diseño pobre

Fuente: Elaboración propia 2016.

CAPÍTULO V: DISCUSIONES

- **Discusión N° 1:** ¿Por qué los resultados de la evaluación de la consistencia de diseño según los criterios establecidos por Lamm (criterio I y criterio II), tienden a ser diferentes?
 - ❖ Los resultados son diferentes porque el criterio I requiere el paso adicional de inferir la velocidad de diseño, lo cual en ocasiones puede ser muy complejo por el mismo hecho de tomar solo la evaluación de un elemento geométrico.
 - ❖ Mientras que el criterio II, evalúa elementos sucesivos esto quiere decir que toma en cuenta la velocidad de operación del elemento evaluado y del que le sigue, asimismo es más utilizado, ya que su relación con la siniestralidad es clara (es totalmente intuitivo que una mayor reducción de velocidad a priori presentará más problemas para el conductor), además de que localiza la zona sobre la que hay que actuar.

- **Discusión N° 2** ¿Para qué clase de proyecto y porqué se puede utilizar la evaluación de la consistencia de diseño?
 - ❖ La evaluación de la consistencia de diseño se puede utilizar para proyectos de nuevo trazados, porque durante la etapa de diseño el proyectista puede modificar los tramos inconsistentes.
 - ❖ También para proyectos de mejoramiento puntual, porque se puede modificar el eje existente después de una evaluación de su consistencia.

- **Discusión N° 3** ¿En qué parte del proceso de diseño geométrico debe aplicarse la evaluación de la consistencia de diseño?
 - ❖ La respuesta es que debe aplicarse después del trazado en planta y antes del diseño de la rasante, debido a que se tiene radios y tangentes ya casi definidos y pendientes en campo existentes donde aún se puede modificar.



- **Discusión N° 4** ¿Cómo comprobar si la pistola radar, Bushnell Speedster III, está calibrada, para la medición de velocidades de operación en campo?
 - ❖ Para comprobar la calibración del equipo, los investigadores utilizaron un vehículo ligero particular (pick up) donde el copiloto tomo fotos al velocímetro del vehículo y por otra parte en el mismo punto se midió la velocidad con la pistola radar, concluyendo que el error del equipo de acuerdo a sus especificaciones, estaba dentro de lo establecido.

- **Discusión N° 5** ¿Por qué es imprescindible aislar las mediciones de velocidades en campo, de las zonas urbanas?
 - ❖ Porque en zonas urbanas existen diversos factores que interfieren la medición de velocidades de operación en campo tales como: cruces, intersecciones, vehículos estacionados invadiendo el carril, transitabilidad de peatones etc.

- **Discusión N° 6** ¿Cuál es el trabajo para medir velocidades de operación en campo a vehículos ligeros? ¿Por qué?
 - ❖ La toma de muestras de velocidad se realiza a automóviles ligeros que transiten a flujo libre, durante el día, en pavimento seco y en buen estado, con el empleo de pistola láser. Los estudios de velocidad deben ser realizados en el lugar de la curva donde se propicia un aumento de la velocidad de operación (Fitzpatrick, 2000), según los estudios realizados estos lugares están localizados en el centro para curvas horizontales donde estos tienden a desarrollar mayores velocidades que los vehículos pesados.

- **Discusión N° 7** ¿Cuál es la diferencia entre el concepto de la velocidad de operación del percentil 85 estimada y la velocidad deseada?

La diferencia de los conceptos de velocidades se muestra a continuación:

- ❖ La velocidad de operación del percentil 85 estimada, es la velocidad por debajo del cual viaja el 85% de los conductores y se utiliza con frecuencia para establecer los límites de velocidad.
 - ❖ La velocidad deseada, es aquella que se obtiene de medir la velocidad en secciones en tangentes muy largas o curvas de gran desarrollo en donde los conductores no se vean limitados por gradientes verticales o curvas verticales.
- **Discusión N° 8** ¿Por qué se hizo la evaluación de la consistencia de diseño de la carretera Enaco - Abra Ccorao?
 - ❖ Se evaluó la consistencia de la carretera Enaco - Abra Ccorao debido a:
 - Según la Actualización del Clasificador de Rutas del Sistema Nacional de Carreteras – SINAC se encuentra entre una de carreteras ejecutadas en los últimos años en la ciudad del Cusco
 - Es una red vial importante de descongestionamiento de tránsito alterno hacia otras provincias y distritos, entre (Calca, Pisac, San Sebastián, San Jerónimo, Saylla y los distritos de Wanchaq, Santiago de la parte sureste de la ciudad del Cusco).
 - Accesibilidad de información (expediente técnico).
 - **Discusión N °9** ¿Por qué la velocidad de diseño del expediente técnico (30 km/h), no tiene relación con las velocidades de operación medidas en campo?
 - ❖ La velocidad de diseño del expediente técnico no tiene relación con las velocidades de operación medidas en campo, debido a que las Normas peruanas olvidan enlazar las ecuaciones con la realidad, quiere decir que en la etapa de diseño de los elementos geométricos no consideran las expectativas del conductor.

- **Discusión N° 10** ¿Por qué se estimó las velocidades en los sitios con pendientes mayores a 9%?
 - ❖ El cálculo de estas velocidades se estimó netamente para la representación gráfica en el perfil de velocidades aun así no cumpliendo con los parámetros de la pendiente longitudinal, la cual va desde -9% a 9% mostrados en la tabla 3, asimismo a criterio de los investigadores las velocidades estimadas de una vía no deberían representarse de manera incompleta en un perfil de velocidades y acomodarse como en este caso a los parámetros más cercanos, estos sitios se muestran en el perfil 1 con líneas rojas continuas.

- **Discusión N° 11** ¿Cuál debió ser la velocidad de diseño apropiada para el diseño de los elementos geométricos de la carretera Enaco Abra Ccoraro?
 - ❖ De las mediciones de velocidades realizadas en campo, se calculó la velocidad media aritmética para el sentido de subida de 45 km/h y para el de bajada 52 km/h. a criterio de los investigadores la velocidad de diseño debió ser 52 km/h, el cual fue redondeado al inmediato superior que es 60 km/h, debido a que las Normas Peruanas consignan velocidades de diseño que varían de 10 en 10 km/h.

- **Discusión N° 12** ¿Bajo qué estudios Lamm determino los criterios de evaluación de la consistencia de diseño de una vía?
 - ❖ Lamm propuso para sus criterios valores para calificar la consistencia, en base a estudios de correlación entre tasa de ocurrencia de accidentes, tasa de cambio de curvatura, velocidad de operación y fricción lateral.

Para desarrollar estos criterios Lamm realizó estudios en Nueva York y Alemania. A partir de bases de datos de accidentes realizó un análisis de conglomerados para agrupar las distintas clases de tasa de cambio de curvatura (CCR) que otorgarán

valores estadísticamente diferentes de tasa media de accidentes. Para ello, primero determinó diversas clases de CCR. Luego para cada clase de CCR calculó la tasa media de accidentes. Posteriormente aplicó sucesivamente un test “t” de diferencia de medias, modificando los rangos de CCR hasta llegar a valor vecinos de tasa media de accidentes estadísticamente diferentes.

Tabla: 83 Criterios de consistencia de Lamm 1986 - 1991

Criterio	Elemento Geométrico	Intervalo de Tasa de Cambio de Curvatura (CCR)	Criterio de Consistencia	Calificación del Diseño
I	Curvas Simples	$CCR_i \leq 180 \text{ g}$	$IC_i \leq 10 \text{ (km/h)}$	Bueno (Good)
		$180 \leq CCR_i \leq 360 \text{ g}$	$10 \leq IC_i \leq 20 \text{ (km/h)}$	Regular (Fair)
		$CCR_i > 360 \text{ g}$	$IC_i > 20 \text{ (km/h)}$	Malo (Poor)
II	Curvas Sucesivas	$ CCR_i - CCR_{i+1} \leq 180 \text{ g}$	$IC_{II} \leq 10 \text{ (km/h)}$	Bueno (Good)
		$180 \leq CCR_i - CCR_{i+1} \leq 360 \text{ g}$	$10 \leq IC_{II} \leq 20 \text{ (km/h)}$	Regular (Fair)
		$ CCR_i - CCR_{i+1} > 360 \text{ g}$	$IC_{II} > 20 \text{ (km/h)}$	Malo (Poor)

Fuente: Echaveguren T. (2001)

- **Discusión N° 13** ¿Por qué se utilizó la velocidad de operación del percentil 85, en la evaluación de la consistencia de diseño?
 - ❖ Se recurrió al percentil 85 de la distribución de velocidades a la que operan los vehículos ligeros en condiciones de circulación libre y sin restricciones ambientales, debido a que representa aproximadamente la velocidad considerada segura a la que operan los conductores. Por otra parte, el percentil 95 está considerado también (aunque en menor medida que el anterior) como un percentil representativo de la velocidad máxima segura a la que pueden circular los vehículos, donde presentan unas prestaciones mecánicas mucho mayores que el percentil 85. (Pérez. A, Camacho. F, García. A, 2011).



GLOSARIO

1. **CCR:** Tasa de cambio de curvatura o grado de curvatura.
2. **Características geométricas:** Refiere al estado de cómo se encuentra los elementos geométricos de la vía en campo.
3. **Curva aislada:** Curva que se encuentra entre tangentes mayores de 400m, de acuerdo a la normatividad chilena.
4. **Elementos geométricos:** Refiere a los factores de diseño en planta, perfil longitudinal y sección transversal.
5. **FHWA:** Federal Highway Administration (Administración de Carreteras Federales).
6. **Grado de curvatura:** Corresponde al ángulo central subtendido por un arco o una cuerda de unidad de determinada longitud.
7. **IHDSM:** Interactive Highway Safety Desing Model (Modelo Interactivo de Diseño de Seguridad de la Carretera).
8. **Manual DG – 2014:** Refiere al Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2014, elaborado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
9. **Perfil de velocidades:** Es una línea de velocidades de operación en el eje vertical contra la distancia a lo largo de la carretera en el eje horizontal.
10. **Radio:** Es el valor límite de la curvatura para una velocidad de diseño dada, que se relaciona con la sobreelevación máxima y la máxima fricción lateral escogida para diseño.
11. **Seguridad vial:** Es la descripción de una situación futura deseable, fundamentada en una teoría de cómo interactúan o deberían interactuar los distintos componentes del sistema de circulación.
12. **Sitio:** Se considera sitio a la agrupación de una o varias curvas de características geométricas similares de la misma condición, ya sea, tangente, curva horizontal, vertical o la combinación (Fitzpatrick, 2000).
13. **Tramos homogéneos:** Son aquellos que el diseñador identifica a lo largo de una carretera, a los que por las condiciones orográficas, se les asigna una misma velocidad de diseño. Por lo general, una carretera tiene varios tramos homogéneos.



14. **V85:** Es el percentil 85 de una muestra de velocidades observadas en la estadística general utilizado en la descripción de velocidades de operación en una característica geométrica. Es la velocidad a la cual o por debajo del cual operan el 85% de los conductores.
15. **Velocidad de diseño:** Es la velocidad seleccionada utilizada para determinar las distintas características geométricas de la carretera.
16. **Velocidad deseada:** Es la velocidad que seleccionan los conductores cuando no están impedidos por el trazado vertical u horizontal.
17. **Velocidad máxima:** Es la velocidad calculada de dos veces la velocidad media aritmética menos la velocidad de diseño (mínima)
18. **Velocidad media aritmética:** Es la suma de todas las velocidades medidas en campo sobre la cantidad de sitios.
19. **Velocidad medida en campo:** Es aquella velocidad a la cual circulan realmente los vehículos. Está estrechamente relacionada con la accidentalidad.

CONCLUSIONES

1. Se logró demostrar la sub hipótesis N° 1 **“Las velocidades de operación del percentil 85 estimadas en curvas y tangentes, de la carretera Enaco - Abra Ccorao, fluctuaran en un rango de 30km/h a 80km/h”** por cuanto según las formulas propuestas por Fitzpatrick para la estimación de velocidades en curvas, relacionando el radio de curvatura y el tipo de pendiente, el 60% se encuentra dentro del rango establecido y el 40% por debajo, de igual forma en cuanto a las ecuaciones propuestas por Lamm para velocidades de operación estimadas en tangentes el 75.86% se encuentra dentro del parámetro determinado y solo el 24.14% se encuentra por debajo (ver tabla 72).
2. Se logró demostrar la sub hipótesis N° 2 **“Las velocidades de operación en curvas y tangentes medidas en campo, de la carretera Enaco - Abra Ccorao, fluctuaran en un rango de 30km/h a 80km/h”**, de acuerdo al promedio de las 63 mediciones realizadas en cada uno de los 177 sitios, para el sentido de subida el 93% de las mediciones en curvas horizontales, se encuentra dentro del rango establecido y el 7% se encuentra fuera, para tangentes el 95.4% se encuentra dentro del rango establecido y el 4.6% se encuentra fuera; de igual manera para el sentido de bajada el 93% de las mediciones en curvas horizontales se encuentra dentro del parámetro determinado y el 7% se encuentra fuera del rango establecido, para tangentes el 96.55% se encuentra dentro del rango establecido y el 3.45% se encuentra fuera del rango establecido (ver tabla 75).
3. No se logró demostrar la sub hipótesis N° 3 **“Los puntos de riesgo para la evaluación de la seguridad vial - nominal representaran más del 50% de la longitud total de la carretera Enaco - Abra Ccorao, conforme a la consistencia de diseño geométrico y al perfil de velocidades”**, para su demostración se evaluó la consistencia de diseño de acuerdo al criterio II de Lamm y al perfil de velocidades, en el que se obtuvo que 56 sitios califican como diseño pobre y tolerable, representando el 41.66% de la longitud total de la carretera, considerándose como insegura (ver tabla 76).



4. Se logró demostrar la hipótesis general **“La seguridad vial – nominal de la carretera Enaco - Abra Ccorao dependerá significativamente de la evaluación de la consistencia de diseño geométrico, de acuerdo a los criterios establecidos por Lamm y al perfil de velocidades”**, para su demostración se utilizó el criterio II propuesto por Lamm y el perfil de velocidades, identificando 56 puntos de riesgo con diseño pobre y tolerable, a partir del cual se pudo evaluar el cumplimiento de su seguridad vial - nominal respecto a los parámetros establecidos en el manual de diseño geométrico de carreteras DG – 2014, con los siguientes resultados: el alineamiento en planta (ver tablas 77, 78 y 79), perfil y peraltes (ver tablas 80, 81 y 82) no cumplen en su totalidad con los parámetros. Sobre las bases de los resultados expuestos podemos afirmar que la carretera Enaco – Abra Ccorao es insegura.

Por otra parte llegamos a la convicción que la seguridad vial – nominal dependerá significativamente de la evaluación de la consistencia de diseño geométrico, mediante los criterios de Lamm y el Perfil de Velocidades, cuyos resultados son efectivos e importantes en el diseño de una carretera, para evitar accidentes de tránsito.



RECOMENDACIONES

Con el fin de complementar y ampliar la labor emprendida en esta Tesis se sugieren a continuación líneas de investigación complementarias y otros temas que deben ser abordados:

1. A partir del presente estudio se recomienda, para futuras investigaciones profundizar en el tema de seguridad vial, evaluando la consistencia de diseño, con el uso de los umbrales de aceleración y desaceleración para curvas.
2. Se recomienda profundizar en futuras investigaciones la evaluación de la seguridad vial – nominal concernientes a los parámetros de pendientes máximas excepcionales respecto a la longitud de un tramo establecidos en el manual DG-2014. (pendientes mayores al 5% se proyectara un tramo de descanso de longitud no menor a 500m cada 3km., pendientes mayores a 10%, los tramos con tales pendientes no excederán de 180 m, en curvas con radios menores a 50m de longitud debe evitarse pendientes no mayores al 8% y la máxima pendiente promedio en tramos de longitud mayor a 2000m no deberá superar el 6%.)
3. Utilizar la evaluación de consistencia de diseño (estimación de velocidades, medición de velocidades, aplicación de los criterios de consistencia y representación gráfica del perfil de velocidades) en la etapa de proyecto y durante la ejecución de una obra vial, debido a que los proyectistas y ejecutores no interactúan con el conductor al momento de modificar el diseño de la vía.
4. Recomendar a los entes rectores de vialidad (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones, Gobiernos regionales y locales), se involucren en la evaluación de la consistencia de diseño de las carreteras, debido a que la mayor limitante para la investigación fue la falta de información, la efectividad de la herramienta se demostró, ahora corresponde formar una base de datos suficientemente amplia para futuras investigaciones, que pueden desarrollar los estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.



5. El 41.66 % de la longitud total de la carretera Enaco - Abra Ccorao es insegura (ver tabla 76), se recomienda a las autoridades competentes (Gobierno Regional o Local), intervenir en la modificación de los sitios o puntos de riesgo que se muestra en la tabla 77, para brindar mayor seguridad a los conductores y peatones; así mismo incrementar y mejorar las señalizaciones verticales y horizontales.
6. Incluir la evaluación de la consistencia de diseño (Lamm 1999) de carretera en las Normas Peruanas, siendo la más utilizada a nivel internacional y aplicable a nuestra realidad (topografía) como se demostró en esta investigación.
7. Se recomienda al departamento de coordinación y plana de docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la rama de transportes, abordar temas de consistencia de diseño de carreteras, dada la importancia y beneficios de la metodología.
8. Se recomienda para la evaluación de la consistencia de diseño de acuerdo a los criterios propuestos por Lamm. Para la **calificación buena**, las velocidades evaluadas tendrán que ser menores o iguales a 10 km/h lo cual significa que no necesitan cambios y que están de acuerdo a las expectativas del conductor. Para la **calificación tolerable** las velocidades evaluadas tendrán que ser mayores a 10 km/h y menores o iguales a 20 km/h, asimismo dependerá a que margen se acerque, si se acerca a la calificación buena que son menores o iguales a 15 km/h se acepta como tal y no necesitara cambios, caso contrario si se acercan a la calificación pobre que son mayores a 15 km/h, este necesitara cambios en el elemento geométrico. Para la **calificación pobre** la evaluación de las velocidades tendrán que ser mayores a 20 km/h, lo que significa que dicho sitio atenta contra los conductores y es necesario rediseñarlo.

**REFERENCIAS**

- ALTAMIRA A, G. A. (2008). *Herramienta para la Evaluacion del Diseño Geometrico de Caminos Rurales*. San Juan.
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. (2011). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets (6a. Ed.)*. Washington, D.C.
- BASUALTO J. (2003). *Análisis de Aceleración en la Consistencia de Elementos Simples de Alineamientos Horizontales*. Concepcion.
- BERARDO M., B. A. (2006). *Analsis de Consistencia de Diseño en una Ruta de la Provincia de Cordova*. Cordova.
- BERNAL, C. (2006). *Metodología de la Investigación (Segunda ed.)*. México D.F.: Pearson.
- CARDENAS, J. (2002). *Diseño Geometrico de Carreteras*. Cali: Eco Ediciones.
- CASTRO M, .. (2006). *Desarrollo de un Sistema para el Análisis de la Consistencia del Trazado de Carreteras*. Madrid.
- CESPEDES, J. M. (2001). *Carreteras Diseño Moderno*. Cajamarca: Limusa.
- COMUNICACIONES, M. d. (2008). *MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERAS PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO* . Lima.
- COMUNICACIONES, M. d. (2014). *Manual de Carreteras Diseño Geométrico 2014*. Lima.
- DEPESTRE, R., DELGADO, D., & DIAZ, E. (2012). *Modelos de Perfil de Velocidad para Evaluación de Consistencia del Trazado en Carreteras de la Provincia de Villa Clara Cuba*. Villa Clara.
- ECHAVEGUREN T., D. A. (2013). *Perfiles de Velocidad de Operacion en Curvas Horizontales Aisladas*. Concepcion.
- ECHAVEGUREN T., S. J. (2001). *Relaciones Velocidad - Geometria Horizontal en Vias de la VIII Region* . Santiago.



- ELIFIO, Q. R. (2011). *Planeamiento y Diseño Preliminar de Carriles de Sobrepaso para Vías de Primer Orden en Zonas Accidentadas y de Altura*. Lima.
- FELIPE, E. (2014). *Análisis de Consistencia del Trazado en Caminos de Montaña en la República de Guatemala*. Guatemala.
- FERNANDO, S. O. (2011). *Metodología para la Evaluación de la Consistencia del Trazado de Carreteras Interurbanas de dos Carreles*. Madrid.
- FITZPATRICK, K., WOOLDRIDGE, K., TSIMHONI, O., COLLINS, J., GREEN, P., BAUER, K. ET AL. (2000). *Alternative design consistency rating methods for two-lane rural highways*. Washington: Federal Highway Administration, Report No. FHWA-RD-99-172.
- GALLEGOS, G. (2013). *Análisis de consistencia en el diseño geométrico de curvas Sucesivas Inversas*. Concepción.
- GARCIA Y, .. (2014). *Aceleración y Desaceleraciones de Vehículos Livianos en Caminos de Montaña*. San Juan.
- GARCIA, A., CAMACHO, F., PEREZ, A., MORENO, A., & LLORCA, C. (2013). Nuevo Proceso de Diseño Geométrico para unas Carreteras Convencionales más Seguras. *Plataforma Tecnológica Española de la Carretera*, 77.
- LAMM, R., PSARIANOS, B., AND MAILAENDER, T. (1999). *Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook* (1ª. Ed). New York: Mcgraw-Hill.
- LAURNA, R. (2009). *Evaluación de la Seguridad Vial a Partir de la Consistencia del Trazado de la Carretera*. Santa Clara.
- MEXICANAS, M. D. (2001). *Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano para las Ciudades medias Mexicanas: Manual Normativo*. Mexico DF: SEDESOL.
- MILTON, M. Y. (2016). *Apuntes , Recopilaciones de Transportes I, Resumen del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2014*. Cusco.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. (2014). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2014*. Lima.



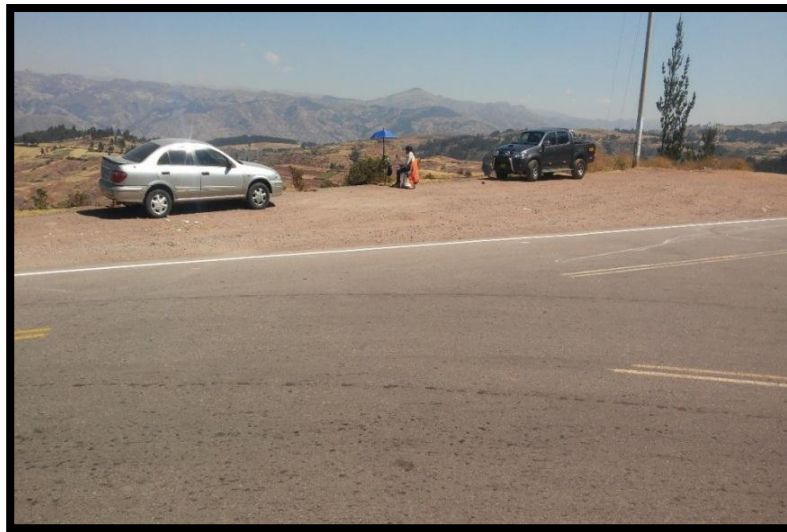
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. (2016). *Oficina General de Planeamiento y Presupuesto*. Obtenido de Oficina General de Planeamiento y Presupuesto: <http://mtcgeo2.mtc.gob.pe/imdweb/>
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2016). *Actualización del Clasificador de Rutas del Sistema Nacional de Carreteras - SINAC. Anexo - decreto supremo n° 011-2016-mtc*. Lima.
- GOBIERNO REGIONAL CUSCO. (2011). *Expediente Tecnico Enaco Abra Ccorao*. Cusco.
- POSADA, J., CADAVID, S., & CASTRO, L. (2014). *Consistencia en el Diseño: Predicción de la Velocidad de Operación en Carretera*. Medellín.
- REINOSO, V. (2013). *Análisis de las Características Geométricas de la Ruta PE-06 A en el Departamento de Lambayeque con Propuesta de Solución al Empalme E-1N en el Área Metropolitana de Chiclayo*. Lima.
- ROSALES, E. R. (2011). *Planeamiento y Diseño Preliminar de Carriles de Sobrepaso para Vías de Primer Orden en Zonas Accidentadas y de Altura*. Lima.
- TOMÁS, E., & ÁLVARO, D. (2013). *Perfil de Velocidad Operación en Curvas Horizontales Aisladas*. Santiago. Obtenido de <http://www.sochitran.cl/wp-content/uploads/Acta-2013-05-02.pdf>



ANEXOS

ANEXO 1 PANEL FOTOGRÁFICO

REFIERE AL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 32 Conteo vehicular en la estación N°3 hora 12:30 pm



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 33 Conteo vehicular estación N° 2 hora 6:30 am



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 34 Estacionamiento del BM N°1

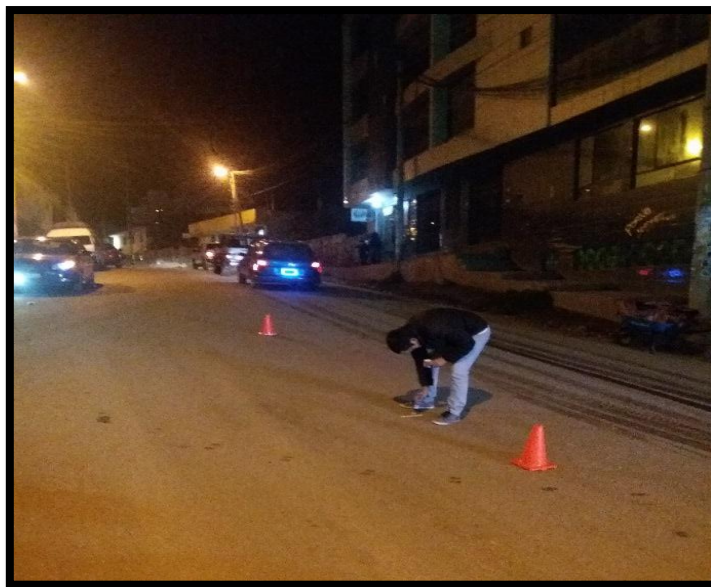


Figura: 35 Ubicación del eje de la vía tramo Enaco



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 36 Medidas de seguridad conos, chalecos y carteles



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 37 Ubicación de los prismas



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 38 Radiación de puntos



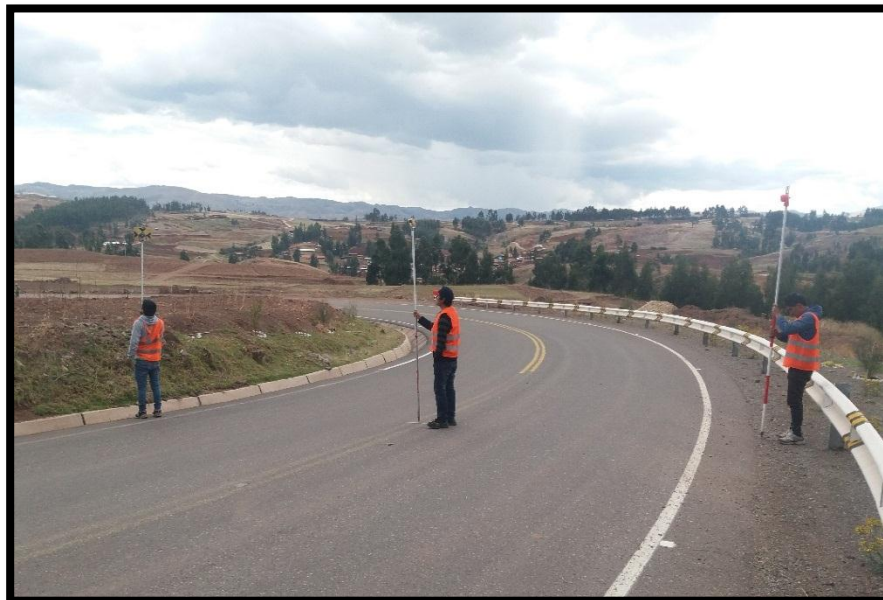
Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 39 Marcación de las progresivas en el eje de la vía



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 40 Inconvenientes al momento de realizar la radiación de puntos



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 41 Ubicación de prismas en curvas



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 42 Equipo técnico e instrumentos de trabajo



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 43 Movilidad del equipo técnico



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 44 Radiación de puntos C.C Pumamarca



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 45 Preparación de balizas para la medición de velocidades de operación en campo



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 46 Medición de velocidades de vehículos ligeros (moto)



Fuente: Elaboración propia 2016.

Figura: 47 Medición de velocidades de vehículos ligeros (minibús)



Figura: 48 Recolección de datos de velocidades de operación en campo

Fuente: Elaboración propia 2016.



ANEXO 2 PLANOS TOPOGRÁFICOS (PLANTA Y PERFIL)

REFIERE A LA REPRESENTACIÓN TOPOGRÁFICA DE LA VÍA EN ESTUDIO.



ANEXO 3 MÉTODO GRÁFICO PARA LA EVALUACIÓN DEL ANCHO MÁXIMO DE DESPEJE
(DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES).



ANEXO 4 PERFIL DE VELOCIDADES

REFIERE AL DIAGRAMA DE VELOCIDADES ESTIMADAS, MEDIDAS, DESEADAS, MEDIAS
Y DE DISEÑO.



ANEXO 5 DISCO COMPACTO

INFORMACIÓN DE DATOS DE LA RECOLECCIÓN EN CAMPO, FORMATOS Y PLANOS.



**ANEXO 6 CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA PISTOLA
RADAR BUSHNELL SPEEDSTER III**



Fuente: Radarguns.com

Figura: 49 Pistola Radar de Velocidades Bushnell Speedster III

Bushnell Speedster™ III.

El Speedster III es un instrumento de precisión de velocidades. Estas instrucciones le ayudarán a lograr un rendimiento óptimo explicando las características y ajustes de este instrumento de medición precisa de la velocidad. Para garantizar un rendimiento óptimo y la longevidad, por favor, lea estas instrucciones antes de usar su Bushnell Speedster III.

INSTALACIÓN DE LA BATERÍA

El Bushnell Speedster III funciona con dos pilas alcalinas tamaño "C". Para instalar, retirar la batería cubrir mediante la rotación de la tapa de la batería hacia la izquierda. Inserte ambas baterías extremo positivo primero y volverla casquillo de las agujas del reloj presionando y girando.

CÓMO UTILIZAR

1. Girar el Speedster III "ON" pulsando el botón de encendido en la parte posterior de la unidad, por debajo la pantalla LCD.
2. Enfoque el Speedster a su objetivo, a continuación, pulse y suelte el botón del disparador en la empuñadura de una vez. Un icono de "radar" aparecerá en la parte superior derecha de la pantalla LCD, y el Speedster comenzara a leer la velocidad actual de lo que se apunta a, la actualización de la pantalla constantemente como los cambios de velocidad del objetivo. Para obtener los mejores resultados con la máxima precisión, mantener la dirección de su destino de viaje en una línea directa con usted (que se mueve en línea recta hacia o lejos de) y no perpendicular (en ángulo) para ti. Presione y suelte el gatillo de nuevo cuando termine de medir la velocidad de su objetivo.
3. El icono de radar ya no se muestra en la pantalla, y la pantalla indica la velocidad más alta que era medida entre la primera y la segunda prensa del gatillo. Para comprobar la velocidad del blanco de nuevo (O después de apuntar a una nueva diana), repita el proceso.
4. Girar el Speedster "OFF" pulsando el botón de encendido debajo de la pantalla LCD durante 3 segundos o hasta que la pantalla se apague.

NOTA: El Speedster tiene una función de apagado automático para prolongar la vida útil de la batería. Después de 10 minutos de inactividad, el Speedster se apagará automáticamente.



Cuando aparece un símbolo de batería en la esquina inferior derecha de la pantalla, esto indica que voltaje de la batería es baja y las nuevas baterías se deben insertar. Retire las pilas cuando vaya a guardarlo Speedster durante un largo período.

OBJETIVO VELOCIDAD DE ADQUISICIÓN

Un objetivo puede ser cualquier cosa que se mueve más rápido que 10 millas por hora. Para adquirir la velocidad de un objetivo, con el Speedster III encendido, un icono aparecerá en la esquina superior derecha de la pantalla LCD. Esto indica que el radar está funcionando.

El radar seguirá buscando la velocidad hasta que se suelta el gatillo. Tras la liberación de se mostrará automáticamente el disparador, la velocidad más rápida capturado dentro de esa serie. La velocidad del objetivo aparecerá en la pantalla LCD en MPH.

Hay ciertas propiedades matemáticas de radar Doppler que afectan a la precisión de su Bushnell Speedster III. Por favor lea "EFECTO SOBRE COSINE Velocidad blanco" a continuación. Para garantizar una óptima exactitud, recuerde mantener sus objetivos sentidos de la marcha en una línea directa con usted, y no perpendiculares.

COSENO EFECTO SOBRE VELOCIDAD DE DESTINO

El Speedster III medirá la velocidad relativa de un objetivo, ya que se acerca al Speedster III. Si el objetivo está en una línea directa (curso de colisión) con el Speedster III, la velocidad medida será exacta. Como el ángulo de incidencia aumenta (si se mueve a la derecha o a la izquierda de esta línea directa), la precisión disminución. La velocidad medida disminuirá a medida que se mueve fuera de esta línea central. Este fenómeno se llama el "Efecto coseno". Se llama así debido a que la velocidad medida se relaciona directamente con el coseno del ángulo entre el Speedster III y la dirección del destino del viaje.

AJUSTES



El Speedster III registrará velocidades, tanto en millas por hora (mph) y los kilómetros por hora (kph). Velocidad unidades pueden cambiarse desde MPH a KPH y viceversa pulsando el gatillo y luego el poder botón situado debajo de la pantalla LCD.

ESPECIFICACIONES:

Rendimiento Velocidad: Pelota: 10-110 MPH, de hasta 90 pies

Coche: 10-200 MPH, hasta 1500 pies

Precisión: +/- Uno MPH

Tipo de batería: C (2)

Tiempo de funcionamiento: Hasta 20 horas

Temperatura de funcionamiento: 32-104 F / C 0-40

Béisbol, softbol, tenis Rango: 10-110 mph hasta 90 pies de distancia

Carreras de Coches (pilas): 10-200 MPH hasta 1500 pies de distancia

Precisión: +/- 1 mph (+/- 2 kilómetros por hora)

Operación: Apunta y dispara - cuenta con función de lectura continua

Unidades de velocidad: millas por hora (mph) y kilómetros por hora (kph)

GARANTÍA / REPARACIÓN - GARANTÍA LIMITADA

Su producto Bushnell está garantizado de estar libre de defectos en materiales y mano de obra durante dos años después de la fecha de compra. En el caso de un defecto bajo esta garantía, nosotros, a nuestra opción, reparación o sustituir el producto, siempre y cuando se devuelva con portes pagados. Esta garantía no cubre los daños causados por mal uso, manipulación indebida, instalación o mantenimiento realizados por alguien que un departamento de servicio autorizado de Bushnell.



+ANEXO 7 MATRIZ DE CONSISTENCIA DE LA INVESTIGACIÓN