



### 2.2.17. Procedimientos cuantitativos para realizar un mantenimiento o rehabilitación de vías

Existe una gran cantidad de métodos que realizan el diseño de un mejoramiento, rehabilitaciones y refacciones de los pavimentos tanto para evaluaciones funcionales como estructurales.

#### 2.2.17.1. Renovación Superficial

Éste procedimiento consiste en conferirle nuevamente al pavimento las condiciones de regularidad e impermeabilidad, pero no aumenta su capacidad portante de la estructura. Según el Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2013, pág. 201, 202, 203), las condiciones que justifican su utilización son las siguientes:

- La superficie presenta defectos que afectan las condiciones de seguridad, confort y durabilidad del pavimento, éstas se pueden medir cuantitativamente con los ensayos de círculo de arena para la macro-textura, regularidad superficial (IRI) o grietas en el pavimento.
- Luego de identificar los sectores que requieren renovación funcional, se debe de aplicar a todos éstos y a los adyacentes a fin de obtener una capa de rodadura homogénea.
- La AASTHO-93 recomienda algunos procedimientos que se enumeran en el Siguiete Cuadro.
- 

Tabla 26. Reparaciones y procedimientos preventivos para Pavimentos Flexibles (AASTHO 93)

DETERIORO	REPARACIONES	PROCEDIMIENTOS PREVENTIVOS
Fisuras en piel de cocodrilo	Reparación en espesor total	Sellado de fisuras
Exudación	Aplicar arena caliente	
Fisuras en bloque	Sellado de fisuras	

Continúa...



DETERIORO	REPARACIONES	PROCEDIMIENTOS PREVENTIVOS
Depresión	Capa nivelante	
Agregados pulidos	Resistencia al deslizamiento. Tratamiento superficial	
Baches	Parchado profundo	Sellado de fisuras y sellos de capa
Bombeo	Parchado profundo	Sellado de fisuras y sellos de capa
Descascaramiento y oxidación	Sellos de capa	Sello o lechada asfáltica rejuvenecedor
Ahuellamiento	Capa nivelante y fresado en frío	
Abultamiento	Remoción y remplazo	Impermeabilización de la berma

Fuente: Guía AASTHO'93(Indicado en Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotécnia y Pavimentos – 2013)

Según el Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2013, pág. 202, 203). Los procedimientos de renovación superficial se clasifican en tres grupos:

- a. Con aporte de material: Mezcla asfáltica, micropavimento, tratamientos superficiales, sellos y lechadas asfálticas, y otros.
- b. Con sustitución de material: Consiste en la sustitución de las capas antiguas por otras nuevas, en nuestro medio la técnica más utilizada es el fresado. Este procedimiento se usa a menudo en caso de pavimentos con ahuellamientos por deformación plástica de sus capas bituminosas, generalmente tienen dos causas, uno por espesor menor al proyectado y otra por la falta de estabilidad de la subrasante.



### 2.2.17.2. Refuerzos de Pavimentos Flexibles

Según el Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2013), refiere que: “El refuerzo recomendado en este manual es un refuerzo de mezcla asfáltica en caliente, que se aplicará cuando se presenten el primero y segundo caso de análisis combinado de la evaluación estructural. Para el tercer y cuarto caso, el ingeniero Proyectista podrá utilizar otras metodologías, llevando a cabo una evaluación de la capacidad portante y el análisis estructural de las capas del pavimento existente, definiendo la reducción de su capacidad por el deterioro de las capas del pavimento; en este caso es importante la ejecución de calicatas y ensayos de laboratorio que contribuirán en el análisis para determinar el refuerzo o la reconstrucción de ser necesario. Los catálogos de espesores de refuerzo asfáltico, presenta una zona donde los espesores de refuerzo son mayores de 150 mm y las deflexiones son altas, para estos casos se recomienda utilizar un estudio especial. Éste estudio requerirá, en general, la realización de calicatas y toma de muestras de los materiales de las capas del pavimento y de la sub-rasante para su ensayo y calificación en el laboratorio; así mismo, verificarán los espesores de las capas, grado de compactación y humedad, etc.” (pág. 204

		CATALOGO DE REFUERZOS DE PAVIMENTO FLEXIBLE							
Dc (cm/mm)	EE	TP0	TP1	TP2	TP3	TP4	TP5	TP6	TP7
		75,001-150,000	150,001-300,000	300,001-500,000	500,001-750,000	750,001-1'000,000	1'000,001-1'500,000	1'500,001-3'000,000	3'000,001-5'000,000
< 20									
20-40									
40-60		RENOVACION SUPERFICIAL MEDIANTE SELLOS ASFALTICOS O MORTEROS ASFALTICOS							
60-80								Micropavimento e=25mm	Micropavimento e=25mm
80-100							Micropavimento e=25mm	4cm	7cm
100-120					Micropavimento e=25mm	Micropavimento e=25mm	4cm	7cm	9cm
120-140			Micropavimento e=25mm	Micropavimento e=25mm	4cm	5cm	6cm	9cm	10cm
140-160			Micropavimento e=25mm	4cm	5cm	6cm	8cm	11cm	14cm
160-180		Micropavimento e=25mm	4cm	5cm	7cm	8cm	10cm	13cm	16cm
180-200		Micropavimento e=30mm	5cm	7cm	8cm	9cm	11cm	14cm	ESTUDIO ESPECIAL

Nota: 1. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.  
 2. Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada dos años.  
 3. Evaluaciones Estructurales del pavimento: Diseños, se efectuarán al menos una medición cada cuatro años.  
 4. Refuerzo con Mezcla Asfáltica en Caliente, colocado previa reparación de fisuras, grietas, baches, resaca y/o colocación de capa nivelante.

Fuente: Elaboración propia en base a CONREVIAL

Figura 37. Catálogo de refuerzos de pavimento flexible. Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2013) en base a la metodología CONREVIAL



## 2.2. Hipótesis

### 2.3.1. Hipótesis general

No existe una discrepancia mayor del diez por ciento (10%), entre el porcentaje de Vida Remanente Útil estimada a partir de una evaluación funcional con equipos topográficos, y el porcentaje de Vida Remanente Útil remanente estimada a partir de la evaluación estructural con la Viga Benkelman, del pavimento flexible del tramo Sector de T'icapata – Comunidad de Pumamarca en la carretera ENACO – Abra Ccorao.

### 2.3.2. Sub hipótesis

- **Sub hipótesis N° 1:** El Índice de Nivel de Serviciabilidad - PSI del pavimento flexible del tramo Sector de T'icapata – Comunidad de Pumamarca en la carretera ENACO – Abra Ccorao, no tiene un valor mayor que 2.
- **Sub hipótesis N° 2:** El pavimento flexible del tramo Sector de T'icapata – Comunidad de Pumamarca en la carretera ENACO - Abra Ccorao, no tiene un porcentaje mayor que el veinticinco por ciento (25%) de Vida Remanente Útil, utilizando la Distribución Weibull para la Evaluación Funcional con Equipos Topográficos.
- **Sub hipótesis N° 3:** El pavimento flexible del tramo Sector de T'icapata – Comunidad de Pumamarca en la carretera ENACO – Abra Ccorao, presenta parámetros de respuesta como Radios de Curvatura y Deflexiones Características no mayores a los admisibles.
- **Sub hipótesis N° 4:** El pavimento flexible del tramo Sector de T'icapata – Comunidad de Pumamarca en la carretera ENACO – Abra Ccorao, no tiene un porcentaje mayor que el veinticinco por ciento (25%) de Vida Remanente Útil, utilizando la metodología del Consorcio de Rehabilitación de Carreteras – CONREVIAl, para la Evaluación Estructural con la Viga Benkelman.



## 2.4. Definición de variables

### 2.4.1. Variables independientes

- Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)
  - ❖ **Indicador:**  
Número [0,5]
  
- Porcentaje de Vida Remanente Útil funcional
  - ❖ **Indicador:**  
Porcentaje (%)
  
- Parámetros de respuesta de estructura pavimento sub-rasante:
  - Radio de Curvatura ( $R_c$ )
    - ❖ **Indicador:**  
Valor (m)
  - Deflexión Característica ( $D_c$ )
    - ❖ **Indicador:**  
Valor (mm)
  - Deflexión Admisible ( $D_a$ )
    - ❖ **Indicador:**  
Valor (mm)
  
- Porcentaje de Vida Remanente Útil Estructural
  - ❖ **Indicador:**  
Porcentaje (%)

### 2.4.2. Variables dependientes

- Razón aritmética entre porcentajes
  - ❖ **Indicador:**  
Número [0,100]



2.4.3. Cuadro de operacionalización de variables

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE	NIVEL	INDICADOR	INSTRUMENTO METODOLÓGICO	INSTRUMENTO DE INGENIERÍA
VARIABLE INDEPENDIENTE	Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)	Cuantifica el comportamiento del pavimento relacionado con la seguridad y comodidad que tiene el usuario (vehículo), al circular éste por la vía.	0-1: Muy mala	PSI	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fichas de recolección de datos en campo</li> <li>- Obtención indirecta del índice de rugosidad internacional (IRI)</li> <li>- Norma para cálculo de PSI en función del IRI</li> </ul>	- Equipos Topográficos
			1-2:Mala	PSI		
			2-3:Regular	PSI		
			3-4:Buena	PSI		
			4-5:Muy buena	PSI		
Porcentaje de vida remanente útil funcional	Porcentaje en base a la carga acumulada para conseguir el Índice de Serviciabilidad terminal, basada en una evaluación funcional.	[0,100]	PORCENTAJE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obtención indirecta de la vida remanente útil</li> <li>- Metodología de distribución de Weibull</li> </ul>		
Parámetros de respuesta de la estructura pavimento-subrasante	<p>Son parámetros de respuesta a las sollicitaciones de carga, de la estructura pavimento-subrasante, del pavimento flexible evaluado como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Radio de curvatura (R<sub>c</sub>):</b> Es el grado de curvatura de la línea elástica de deflexión.</li> <li>- <b>Deflexión característica (D<sub>c</sub>):</b> Parámetro estadístico para la caracterización de pavimentos</li> <li>- <b>Deflexión admisible (D<sub>a</sub>):</b> Establece el límite para la deflexión característica</li> </ul>	<u>Radio de curvatura (R<sub>c</sub>):</u> [0,∞]	[Longitud] m	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fichas de recolección de datos de campo</li> <li>- Obtención indirecta de los parámetros de respuesta en función de deflexiones del pavimento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Viga Benkelman</li> <li>- Aforos de tráfico</li> <li>- Sondeos en el suelo adyacente al pavimento</li> </ul>	
		<u>Deflex. característica (D<sub>c</sub>):</u> [0,∞]	[Longitud] mm			
		<u>Deflex. admisible (D<sub>a</sub>):</u> [0,∞]	[Longitud] mm			
Porcentaje de vida remanente útil estructural	Porcentaje en base a la carga acumulada para conseguir el Índice de Serviciabilidad terminal, basada en una evaluación estructural	[0,100]	PORCENTAJE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obtención indirecta de la vida remanente útil</li> <li>- Metodología de Consorcio de Rehabilitación de Vías CONREVIAL -MTC</li> </ul>		
VARIABLE DEPENDIENTE	Razón aritmética de porcentajes	Variable que mide la discrepancia entre los porcentajes obtenidos de vida remanente útil, tomando como metodología de evaluación funcional y estructural	[0,100]	PORCENTAJE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obtención indirecta en gabinete</li> </ul>	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA 2019



### **3. Capítulo III: Metodología**

#### **3.3. Metodología de la investigación**

##### **3.3.1. Enfoque de la investigación**

La investigación es cuantitativa, según Sampieri, Collado y Baptista (2014) refieren que el enfoque cuantitativo es secuencial. Inicia con una idea, luego ésta es acotada y limitada, se desarrollan los objetivos y las preguntas de la investigación, en base a las preguntas se propone una hipótesis. A continuación, de la hipótesis se extrae las variables que se medirán en la etapa probatoria, una vez obtenidos los datos se analizan con métodos estadísticos. Finalmente se extraen una serie de conclusiones.

Por lo anterior, la presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, pues las variables a medirse, identificadas en las hipótesis, se basan en datos numéricos medibles con la ayuda de instrumentos del gabinete de topografía y el laboratorio de suelos, concreto y pavimentos; con procedimientos normalizados por Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC, Asociación Estadounidense de Funcionarios de Carreteras Estatales- AASHTO, Sociedad Americana para Pruebas y Materiales - ASTM, etc. En el tramo del pavimento flexible Sector T'icapata - CC Pumamarca, de la carretera ENACO – Abra Málaga. Finalmente, éstos en gabinete son analizados e interpretados gráfica y estadísticamente, de donde se extraen conclusiones.

##### **3.3.2. Nivel o alcance de la investigación**

La presente investigación es de nivel descriptivo y comparativo. Según Tamayo (2003): “La investigación descriptiva comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición de los procesos de los fenómenos” (p.46). Y según Colino (2009), refiere que el nivel comparativo va encaminado a la generación o refutación de hipótesis. Esto se lleva a cabo mediante el análisis de variaciones a través del estudio de semejanzas y diferencias entre dos o más casos, con la finalidad de establecer relaciones causales, correlacionales y generalizaciones.



La presente investigación, inicialmente es de tipo descriptivo, pues cada uno de los métodos de evaluación tanto funcional con Mira y Nivel y evaluación estructural con la Viga Benkelman, describen el comportamiento de la estructura pavimento-subrasante; y obtienen parámetros de respuesta propios de cada método para luego realizar estimaciones de porcentaje de Vida Útil Remanente. En la última etapa es comparativo, pues trata de obtener establecer la discrepancia entre los porcentajes de Vida Remanente Útil, obtenidos a partir de ambos métodos de evaluación en el pavimento del tramo Sector T'icapata – CC Pumamarca, de la carretera ENACO – Abra Ccorao.

### **3.3.3. Método de investigación**

El método de investigación utilizado es hipotético – deductivo, pues, en base a un análisis rutinario previo y bibliográfico del pavimento flexible del tramo Sector de T'icapata – CC Pumamarca, de la carretera ENACO – Abra Ccorao, se plantean las hipótesis iniciales de porcentaje de Vida Remanente Útil del pavimento a evaluar; posteriormente, en el campo se recolectó los datos con los instrumentos y metodologías propios de cada método. Los porcentajes obtenidos en el campo se compararon con los porcentajes dados en las hipótesis iniciales, con la finalidad de afirmar o refutar éstas.

## **3.4. Diseño de la investigación**

### **3.4.1. Diseño metodológico**

La investigación presente es de Diseño no Experimental Transeccional Descriptiva y Comparativo, según Sampieri et al. (2014), indica: “Los diseños transeccionales descriptivos tienen como objetivo indagar la incidencia de las modalidades o niveles de una o más variables en una población. El procedimiento consiste en ubicar en una o diversas variables a un grupo de personas u otros seres vivos, objetos, situaciones, contextos, fenómenos, comunidades; y así proporcionar su descripción. Son, por tanto, estudios puramente descriptivos y cuando

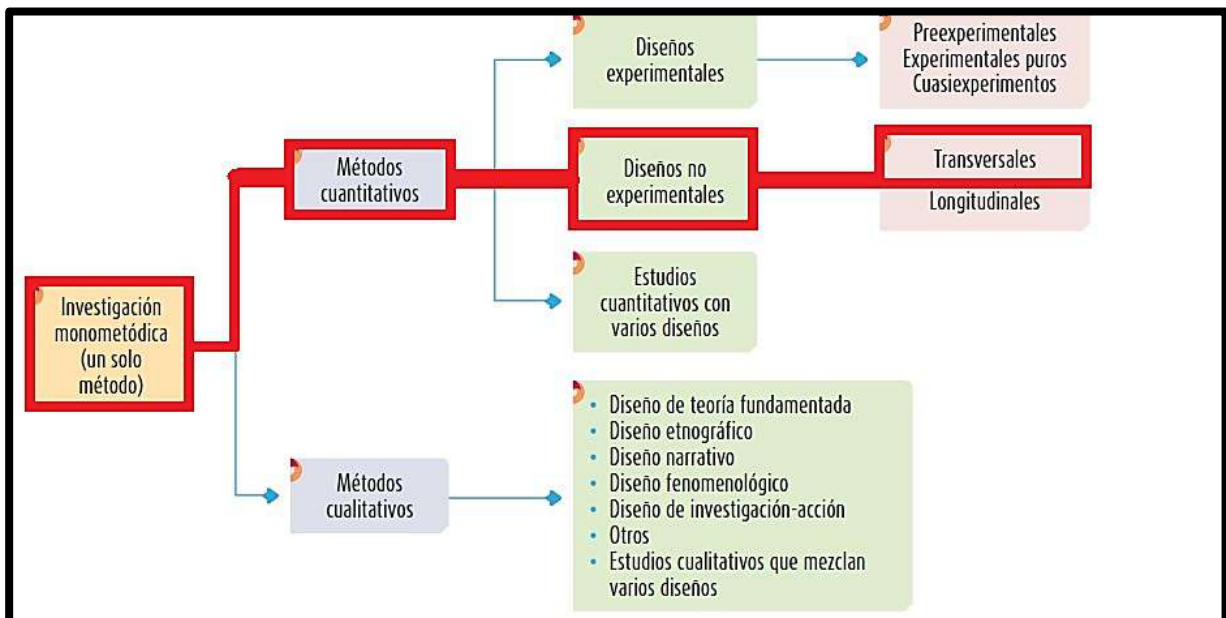


establecen hipótesis, estas son también descriptivas (de pronóstico de una cifra o valores)” (p.155).

La presente investigación, como se ve en la *Figura 37*, se enmarca en un método cuantitativo de tipo no experimental transversal, también denominado “Ex – postfacto”, porque no se manipulan las variables independientes, el objeto de investigación ya está dado (el pavimento); y los datos recolectados se tomaron en un único momento de la Vida Útil del pavimento flexible del tramo Sector T'icapata – CC Pumamarca, de la carretera ENACO – Abra Ccorao.

El diseño por tanto es de tipo No Experimental Transeccional Descriptivo, pues cada método de evaluación, funcional y estructural, se enmarca en describir el comportamiento de la estructura pavimento – subrasante, por medio de los parámetros estimados propios de cada metodología.

Finalmente es comparativo, pues se verificó el contraste que tienen los parámetros hallados, pero sin precisar el sentido de causalidad.



*Figura 38.* Tipología de los métodos y diseños de investigación. Fuente: Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio (2014)

### 3.4.2. Diseño de ingeniería

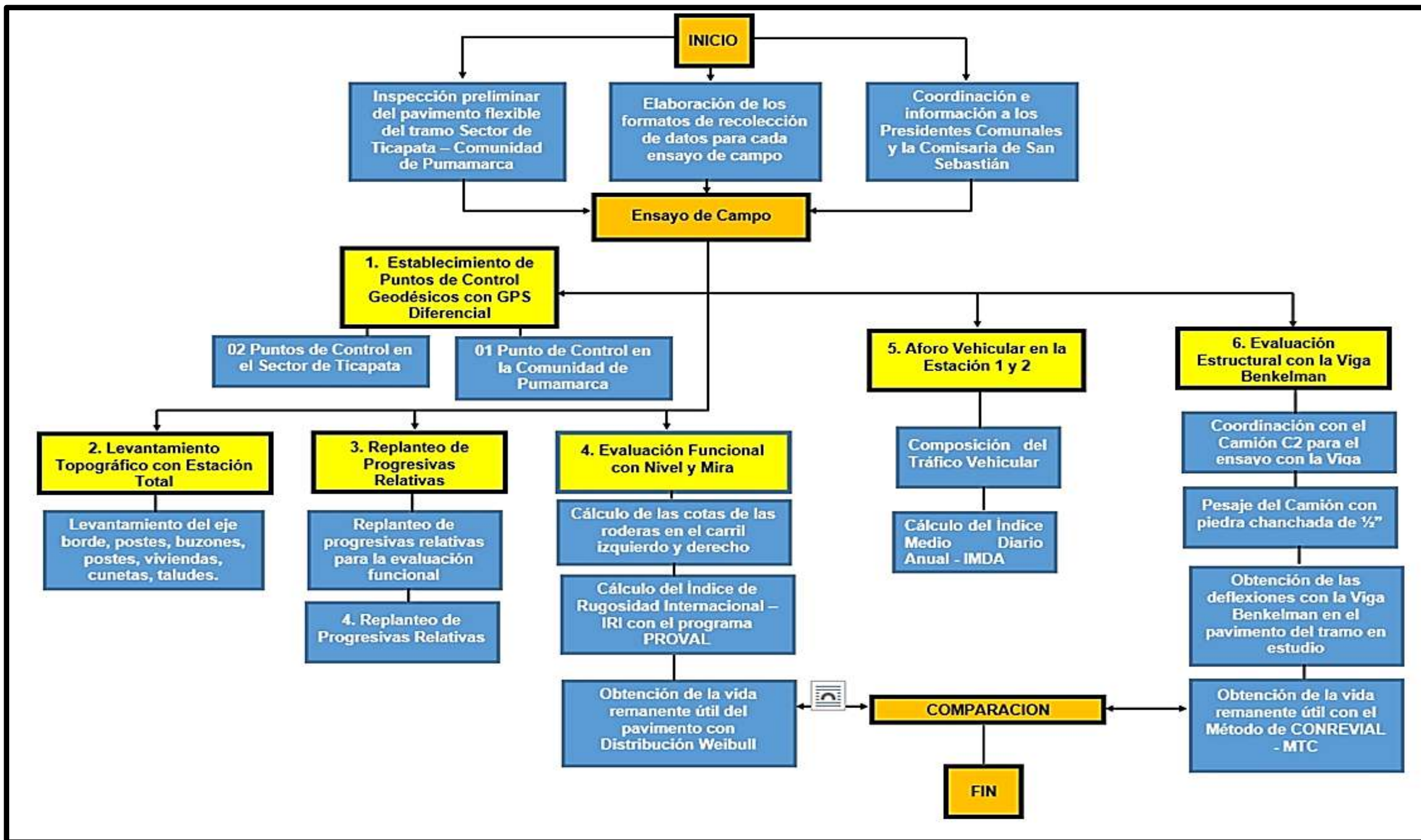


Figura 39. Diseño de Ingeniería de la Investigación. Fuente: Elaboración Propia 2019



### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

##### **3.5.1.1. Descripción de la población**

Según G. Arias, Fidas (2012) define como: “La población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda limitada por el problema y por lo objetivos del estudio” (p.81).

La presente investigación contempla dos tipos de poblaciones para cada tipo de ensayo, es decir, para la evaluación funcional y para la evaluación estructural del pavimento flexible del tramo en estudio.

##### **3.5.1.1.1. Descripción de la población para la evaluación funcional**

Para el método de evaluación funcional del pavimento con Mira y Nivel, la población total de acuerdo a la norma Método de prueba estándar para medir la rugosidad de la carretera mediante el método de nivel estático, E 1364 – 95(2005) dado por la ASTM-International, se debe tomar en un carril del pavimento, el perfil del ahuellamiento externo ocasionado por los vehículos a una distancia de 1.10 m del borde del pavimento, pues este es el más crítico y más representativo para calcular el Índice de Rugosidad Internacional – IRI de carril.

##### **3.5.1.1.2. Descripción de la población para la evaluación estructural**

En el pavimento flexible de acuerdo con lo que indica la Dirección de Caminos y Ferrocarriles del Ministerio de Transportes y Comunicaciones – MTC, en su Manual de Inventarios Viales (2013). Se debe de medir todos los puntos que se encuentren sobre una línea distanciada a 0.75 metros del borde del pavimento, por ser esta la más crítica.



### **3.5.1.2. Cuantificación de la población**

#### **3.5.1.2.1. Cuantificación de la población para la evaluación funcional**

Existen una infinidad de puntos sobre el perfil longitudinal representativo, en el cual se pueden de medir las cotas. Por lo tanto, la cantidad de población para la evaluación funcional se encuadra dentro infinito no contable.

#### **3.5.1.2.2. Cuantificación de la población para la evaluación estructural**

Existen una infinidad de puntos sobre la línea a 0.75 metros del borde, en el cual se deben de medir las deflexiones en el pavimento. Por lo tanto, la cantidad de población para la evaluación estructural se encuadra dentro infinito no contable.

### **3.5.2. Muestra**

#### **3.5.2.1. Descripción de la muestra**

Cabezas et al. (2018) define a la muestra como: "(...) la muestra es una parte del universo total de una población, (...) si se estudia todo el universo se necesita invertir gran tiempo y suele convertirse en un contexto amplio y costoso (...). De esta forma se puede comprender que la muestra es utilizada para conocer los datos de un universo de una forma sintética y sin incurrir en demasiados gastos" (p.93).

##### **3.5.2.1.1. Descripción de la muestra para la evaluación funcional**

En la presente investigación se tomaron los perfiles con el Nivel y Mira, tanto en el carril de ascendente como el carril de descendente, a una distancia de 1.10 metros del borde del pavimento, en unidades de 15 metros, y los intervalos donde se midieron las cotas sobre el perfil fue a 0.5 metros.



### 3.5.2.1.2. Descripción de la muestra para la evaluación estructural

Los puntos sobre la línea a 0.75 metros del borde del pavimento distanciados a 200 metros en cada carril, pues ésta es la línea más crítica donde se deben de realizar los ensayos de deflexión.

### 3.5.2.2. Cuantificación de la muestra

#### 3.5.2.2.1. Cuantificación de la muestra para la evaluación funcional

Los 02 perfiles a medir, uno en cada carril, fueron divididos en unidades de muestra distanciados cada 15 metros en el pavimento se obtuvieron:

Tabla 28. Cuantificación de la población para la Evaluación Funcional

Carril	Cantidad de Unidades de 15 metros	Total
Izquierdo o Descendente	144 UM	288
Derecho o Ascendente	144 UM	

Fuente: Elaboración propia 2019

#### 3.5.2.2.2. Cuantificación de la muestra para la evaluación estructural

La cantidad total de puntos donde se medirán las deflexiones estuvieron sobre la línea a 0.75 metros del borde del pavimento en cada carril en intervalos de 200 metros. Cabe aclarar que estos puntos se realizaron intercaladamente, de manera que el intervalo final de ensayo fue cada 100 metros en el tramo del pavimento.

Tabla 29. Cuantificación de la población para la Evaluación Estructural

Carril	Cantidad de puntos	Total
Izquierdo o Descendente	11 puntos	22 puntos
Derecho o Ascendente	11 puntos	

Fuente: Elaboración propia 2019





### **3.5.2.3. Método de muestreo**

En la presente investigación en cuanto al método de muestreo utilizado, se fundamenta en lo establecido en las normas nacionales e internacionales; para evaluar funcionalmente y estructuralmente el pavimento flexible del tramo Sector T'icapata – CC Pumamarca de la carretera ENACO – Abra Ccorao. En estas normas indica la forma de recolección de datos, los equipos necesarios, el procedimiento y la forma de cálculo de los parámetros finales requeridos.

### **3.5.2.4. Criterios de evaluación de muestra**

Tanto para la evaluación funcional como para la evaluación estructural se evaluó todas las muestras de todo el pavimento flexible del tramo Sector T'icapata – CC Pumamarca de la carretera ENACO – Abra Ccorao, el tramo de estudio cuenta con una longitud de 2151.1 metros.

### **3.5.3. Criterios de inclusión**

La presente investigación involucra la carpeta de rodadura del pavimento del tramo Sector T'icapata – CC Pumamarca de la carretera ENACO – Abra Ccorao, ubicada en la Región del Cusco. Así mismo, se utilizó el equipo topográfico de Mira y Nivel para la evaluación funcional y el equipo de la Viga Benkeman para la evaluación estructural del pavimento.

## **3.6. Instrumentos**






















### **3.6.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos**

Los instrumentos metodológicos utilizados en la presente investigación, con los que se recolectaron los datos, se basaron en normas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC, Asociación Estadounidense de Funcionarios de Carreteras Estatales- AASHTO y Sociedad Americana para Pruebas y Materiales - ASTM; diversos libros y artículos de investigadores en la especialidad de evaluación funcional y estructural de pavimentos.



3.6.1.1. Formato N°1:

Tabla 30. Formato de Conteo Vehicular

		UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																			
		PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS ESTIMACIONES DEL PORCENTAJE DE VIDA REMANENTE ÚTIL OBTENIDAS A PARTIR DE UNA EVALUACIÓN FUNCIONAL Y UNA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL, DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL TRAMO TICAPATA - PUMAMARCA EN LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO																			
		TESISTA: BACH. VLADIMIR BENITO CÁRDENAS																			
ESTUDIO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR																					
TRAMO DE LA CARRETERA										ESTACIÓN											
SENTIDO										DÍA											
UBICACIÓN										FECHA											
HORA	MOTOS	CAMIONETAS					BUS			CAMIÓN			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
		AUTO	STATION WAGON	PICK UP	PANEL	RURAL Combi	MICRO	2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
0-1																					
1-2																					
2-3																					
3-4																					
4-5																					
5-6																					
6-7																					
7-8																					
8-9																					
9-10																					
10-11																					
11-12																					
12-13																					
13-14																					
14-15																					
15-16																					
16-17																					
17-18																					
18-19																					
19-20																					
20-21																					
21-22																					
22-23																					
23-24																					
TOTALES																					
ENCUESTADOR:										ASESOR:											

Fuente: Elaboración en función del formato del Ministerio de Transportes y Comunicaciones – MTC



3.6.1.2. Formato N° 2:

Tabla 31. Formato de cálculo del Índice Medio Diario Semanal - IMDS

	UNIVERSIDAD:	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO	
	PROYECTO:	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS ESTIMACIONES DEL PORCENTAJE DE VIDA REMANENTE ÚTIL OBTENIDAS A PARTIR DE UNA EVALUACIÓN FUNCIONAL Y UNA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL, DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL TRAMO TICAPATA - PUMAMARCA EN LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO	
	TESISTA:	BACH. VLADIMIR BENITO CÁRDENAS	

RESUMEN SEMANAL - ESTACIÓN 1

TRAMO DE LA CARRETERA		ESTACIÓN	
PROGRESIVA			
UBICACIÓN			

DÍA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMIÓN			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	Veh/día
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
LUNES																					
MARTES																					
MIÉRCOLES																					
JUEVES																					
VIERNES																					
SÁBADO																					
DOMINGO																					
PROMEDIO TOTAL																					

ENCUESTADOR:

ASESOR:

Fuente: Elaboración en función del formato del Ministerio de Transportes y Comunicaciones – MTC





3.6.1.3. Formato N°3:

Tabla 32. Formato de toma de coordenadas UTM de los Puntos de Control Geodésicos con Equipo GPS Diferencial Trimble R8s

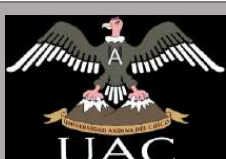

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
	TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS ESTIMACIONES DEL PORCENTAJE DE VIDA REMANENTE ÚTIL OBTENIDAS A PARTIR DE UNA				
	EVALUACIÓN FUNCIONAL Y UNA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL, DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL TRAMO TICAPATA - PUMAMARCA EN LA				
	CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO				
TRABAJO DE CAMPO: COORDENADAS UTM DE LOS PUNTOS DE CONTROL GEODÉSICO					
DEPARTAMENTO :				ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO GPS TRIMBLE R8s	
PROVINCIA :				TIPO DE RECEPTOR:	
DISTRITO :				MODO DE LECTURAS:	
LUGAR:				PRECISIÓN EN MODO ESTÁTICO:	
DÍA:				CONSTELACIONES:	
FECHA:				NÚMERO DE CANALES:	
TESISTA:				NÚMERO DE SATÉLITES VISIBLES:	
DATOS DE PUNTOS DE CONTROL REFERENCIALES TOMADOS CON GPS DIFERENCIAL TRIMBLE:					
DESCRIPCIÓN:	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	UBICACIÓN	
PUNTO DE CONTROL 1					
PUNTO DE CONTROL 2					
PUNTO DE CONTROL 3					

Fuente: Elaboración Propia 2019



3.6.1.4. Formato N°4:

Tabla 33. Formato de toma de coordenadas UTM de los puntos obtenidos con la Estación Total Leica TS06 PLUS



 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS ESTIMACIONES DEL PORCENTAJE DE VIDA REMANENTE ÚTIL OBTENIDAS A PARTIR DE UNA EVALUACIÓN FUNCIONAL Y UNA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL, DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL TRAMO TICAPATA - PUMAMARCA EN LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO TRABAJO DE CAMPO: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL TRAMO DE LA CARRETERA										
DEPARTAMENTO :					DATOS DE PUNTOS DE CONTROL REFERENCIALES TOMADOS CON GPS DIFERENCIAL TRIMBLE:					
PROVINCIA :					DESCRIPCIÓN:	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	UBICACIÓN	
DISTRITO :					PUNTO DE CONTROL 1					
LUGAR:					PUNTO DE CONTROL 2					
DÍA:					PUNTO DE CONTROL 3					
FECHA:										
TESISTA:										
<b>PUNTOS DEL LEVANTAMIENTO DEL TRAMO SECTOR DE TICAPATA - CC DE PUMAMARCA DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO</b>										
<b>PUNTOS</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>ALTURA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>ALTURA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	

Fuente: Elaboración propia 2019 en base a Gómez Allende & Quispe Mejía (2017)



3.6.1.5. Formato N°5:

Tabla 34. Formato de toma de datos de la evaluación funcional con mira y nivel en el pavimento flexible del tramo en estudio

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
		TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS ESTIMACIONES DEL PORCENTAJE DE VIDA REMANENTE ÚTIL OBTENIDAS A PARTIR DE UNA EVALUACIÓN FUNCIONAL Y UNA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL, DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL TRAMO TICAPATA - PUMAMARCA EN LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO TRABAJO DE CAMPO : EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON NIVEL AUTOMÁTICO TOPOGRÁFICO									
		DATOS DE PUNTOS DE CONTROL REFERENCIALES TOMADOS CON GPS DIFERENCIAL TRIMBLE:									
		DESCRIPCIÓN:	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	UBICACIÓN					
		PUNTO DE CONTROL 1	8503698.925	185221.456	3452.636	SECTOR DE TICAPATA					
PUNTO DE CONTROL 2	8503802.728	185192.76	3455.949	SECTOR DE TICAPATA							
PUNTO DE CONTROL 3	8505062.327	183962.785	3557.868	COMUNIDAD DE PUMAMARCA							
DEPARTAMENTO :		PROGRESIVA DE INICIO:								PROGRESIVA DE FIN:	
PROVINCIA :											
DISTRITO :											
LUGAR:											
DÍA:											
FECHA:											
TESISTA:											
PRECISIÓN DEL NIVEL:											
CLASE DEL EQUIPO:											
PUNTO VISADO	DISTANCIA (m)	DISTANCIA ACUMULADA (m)	VISTA ATRÁS	ALTURA INSTRUMENTAL	VISTA INTERMEDIA	VISTA ADELANTE	COTA TERRENO	CARRIL	SENTIDO DE LA NIVELACIÓN	OBSERVACIÓN	

Fuente: Elaboración propia en base a Casanova Matera (2002)



3.6.1.6. Formato N°6:

Tabla 35. Formato de compensación de cotas en la nivelación cerrada con mira y nivel en el pavimento flexible del tramo en estudio

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO												
	TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS ESTIMACIONES DEL PORCENTAJE DE VIDA REMANENTE ÚTIL OBTENIDAS A PARTIR DE UNA EVALUACIÓN FUNCIONAL Y UNA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL, DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL TRAMO TICAPATA - PUMAMARCA EN LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO												
	TRABAJO DE CAMPO : LIBRETA DE CAMPO DE LA NIVELACIÓN CERRADA												
DEPARTAMENTO :													
PROVINCIA :													
DISTRITO :													
LUGAR:													
DÍA:													
FECHA:													
TESISTA:													
PRECISIÓN DEL NIVEL:													
CLASE DEL EQUIPO:													
DATOS DE PUNTOS DE CONTROL REFERENCIALES TOMADOS CON GPS DIFERENCIAL TRIMBLE:													
DESCRIPCIÓN:	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	UBICACIÓN									
PUNTO DE CONTROL 1	8503698.925	185221.456	3452.636	SECTOR DE TICAPATA									
PUNTO DE CONTROL 2	8503802.728	185192.76	3455.949	SECTOR DE TICAPATA									
PUNTO DE CONTROL 3	8505062.327	183962.785	3557.868	COMUNIDAD DE PUMAMARCA									
PROGRESIVA DE INICIO:													
PROGRESIVA FINAL:													
PUNTO VISADO	DISTANCIA (m)	DISTANCIA ACUMULADA (m)	VISTA ATRÁS	ALTURA INSTRUMENTAL	VISTA INTERMEDIA	VISTA ADELANTE	COTA TERRENO CALCULADAS	CARRIL	SENTIDO DE LA NIVELACIÓN	ALTURA A COMPENSAR	ALTURA INSTRUMENTAL CORREGIDA	COTA TERRENO COMPENSADA	OBSERVACIÓN

Fuente: Elaboración propia en base a Casanova Matera (2002)



3.6.1.7. Formato N° 7:

Tabla 36. Formato de conversión de cotas topográficas al formato ERD

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
	TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS ESTIMACIONES DEL PORCENTAJE DE VIDA REMANENTE ÚTIL OBTENIDAS A PARTIR DE UNA				
	EVALUACIÓN FUNCIONAL Y UNA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL, DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL TRAMO TICAPATA - PUMAMARCA EN LA				
	CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO				
TRABAJO DE CAMPO : COTAS EN FORMATO ERD					
DEPARTAMENTO :		POGRESIVA INICIAL:			
PROVINCIA :		PROGRESIVA FINAL			
DISTRITO :		TESISTA:			
LUGAR:		SENTIDO DEL PERFIL :			
PROGRESIVA	CARRIL	COTAS POR EL NIVEL TOPOGRÁFICO	CONVERSIÓN PRELIMINAR	COTAS EN FORMATO ERD	

Fuente: Adaptado en base a Montoya Goicochea (Tesis de Maestría, 2013)



3.6.1.8. Formato N° 8:

Tabla 37. Formato de recolección de deflexiones en los puntos de prueba sobre el pavimento flexible en el tramo en estudio



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO										ESCUOLA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		
		TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS ESTIMACIONES DEL PORCENTAJE DE VIDA REMANENTE ÚTIL OBTENIDAS A PARTIR DE UNA EVALUACIÓN FUNCIONAL Y UNA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL, DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL TRAMO TICAPATA - PUMAMARCA EN LA												
		TRABAJO DE CAMPO : HOJA DE CAMPO PARA RECOPIACIÓN DE DEFLEXIONES												
DEPARTAMENTO :							PRESIÓN DE INFLADO:							
PROVINCIA :							CARGA DE EJE:							
DISTRITO :							MODELO DE LA VIGA BENKELMAN:							
LUGAR:							PRECISIÓN DEL DIAL:							
DÍA:							PROGRESIVA INICIAL:							
FECHA:							PROGRESIVA FINAL:							
TESISTA:							FORMA DE MEDICIÓN:							
PROGRESIVA ORIGINAL DE LA CARRETERA ENACO -ABRA CCORAO	PROGRESIVA RELATIVA	CARRIL	LECTURAS DE DEFLEXIÓN EN CAMPO ( 10 <sup>-3</sup> mm)					ESPESOR DE ASFALTO EN CM	RESULTADOS DE DEFLEXIONES (10 <sup>-3</sup> mm)					OBSERVACIONES
			L <sub>0</sub>	L <sub>25</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>100</sub>	L <sub>∞</sub>		D <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>100</sub>	D <sub>∞</sub>	

Fuente: Elaboración en base S. Hoffman y M. del Águila (1985)



3.6.1.9. Formato N° 9:

Tabla 38. Formato de corrección de deflexiones por la relación de brazo de la Viga Benkelman

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS ESTIMACIONES DEL PORCENTAJE DE VIDA REMANENTE ÚTIL OBTENIDAS A PARTIR DE UNA EVALUACIÓN FUNCIONAL Y UNA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL, DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL TRAMO TICAPATA - PUMAMARCA EN LA TRABAJO DE CAMPO : CORRECCION DE LAS DEFLEXIONES POR RELACION DE BRAZO DE LA VIGA BENKELMAN		 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
DEPARTAMENTO :		PRESIÓN DE INFLADO:	
PROVINCIA :		CARGA DE EJE:	
DISTRITO :		MODELO DE LA VIGA BENKELMAN:	
LUGAR:		PRECISIÓN DEL DIAL:	
DÍA:		PROGRESIVA INICIAL:	
FECHA:		PROGRESIVA FINAL:	
TESISTA:		FORMA DE MEDICIÓN:	

PROGRESIVA ORIGINAL DE LA CARRETERA ENACO -ABRA CCORAO	PROGRESIVA RELATIVA	CARRIL	DEFLEXIONES CALCULADAS EN EL CAMPO ( mm)					ESPESOR DE ASFALTO EN PULGADAS	DEFLEXIONES REALES O CORREGIDAS (mm) - RELACIÓN DEL BRAZO DE LA VIGA BENKELMAN 1:4					OBSERVACIONES
			D'0	D'25	D'50	D'100	D'∞		D0=4*D'0	D25=4*D'25	D50=4*D'50	D100=4*D'100	D∞=4*D'∞	

Fuente: Elaboración propia 2019







3.6.1.11. Formato N° 11:

Tabla 40. Formato para el cálculo del Radio de Curvatura



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO								
	TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS ESTIMACIONES DEL PORCENTAJE DE VIDA REMANENTE ÚTIL OBTENIDAS A PARTIR DE UNA EVALUACIÓN FUNCIONAL Y UNA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL, DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL TRAMO TICAPATA - PUMAMARCA EN LA TRABAJO DE CAMPO : CÁLCULO DE RADIO DE CURVATURA								
DEPARTAMENTO :						PRESIÓN DE INFLADO:			
PROVINCIA :						CARGA DE EJE:			
DISTRITO :						MODELO DE LA VIGA BENKELMAN:			
LUGAR:						PRECISIÓN DEL DIAL:			
DÍA:						PROGRESIVA INICIAL:			
FECHA:						PROGRESIVA FINAL:			
TESISTA:						FORMA DE MEDICIÓN:			
PROGRESIVA ORIGINAL DE LA CARRETERA ENACO -ABRA CCORAO	PROGRESIVA RELATIVA	CARRIL	RESULTADOS DE DEFLEXIONES CORREGIDAS ( $10^{-2}$ mm)					ESPESOR DE ASFALTO EN	RADIO DE CURVATURA (m)
			D <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>100</sub>	D <sub>∞</sub>		

Fuente: Elaboración Propia 2019



3.6.1.12. Formato N° 12:

Tabla 41. Formato para el Análisis Estadístico – Deflexión media y Desviación Estandar

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS ESTIMACIONES DEL PORCENTAJE DE VIDA REMANENTE ÚTIL OBTENIDAS A PARTIR DE UNA EVALUACIÓN FUNCIONAL Y UNA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL, DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL TRAMO TICAPATA - PUMAMARCA EN LA		 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
TRABAJO DE CAMPO : CÁLCULO DEL DEFLEXIÓN MEDIA(Dm) Y LA DESVIACIÓN ESTANDAR(ds)						
DEPARTAMENTO :		PRESIÓN DE INFLADO:				
PROVINCIA :		CARGA DE EJE:				
DISTRITO :		MODELO DE LA VIGA BENKELMAN:				
LUGAR:		PRECISIÓN DEL DIAL:				
DÍA:		PROGRESIVA INICIAL:				
FECHA:		PROGRESIVA FINAL:				
TESISTA:		FORMA DE MEDICIÓN:				
PROGRESIVA ORIGINAL DE LA CARRETERA ENACO -ABRA CCORAO	PROGRESIVA RELATIVA	n	D <sub>0</sub> o D <sub>máxima</sub>	(D <sub>m</sub> - D <sub>0</sub> )	(D <sub>m</sub> - D <sub>0</sub> ) <sup>2</sup>	OBSERVACIONES
		Suma			Suma	
			Deflexión Media o $D_m = \frac{\sum D_0}{n}$ :		Desviación estandar o $ds = \sqrt{\frac{(D_m - D_0)^2}{n - 1}}$	





Fuente: Elaboración Propia 2019



### 3.6.2. Instrumentos de ingeniería



Los instrumentos de ingeniería utilizados se solicitaron en su mayoría al Gabinete de Topografía y al Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos, de la Universidad Andina del Cusco. Éstos son necesarios para la realización de cada prueba de campo. Se enumeran a continuación:

Tabla 42. Instrumentos de Ingeniería en el establecimiento de 03 puntos de control en el tramo Sector de T'icapata – CC Pumamarca

Instrumento	Componentes	Especificaciones	Imagen referencial
<b>GPS Diferencial Trimble R8s</b>	Movil GNSS Trimble R8s (Controlador TSC3 con Trimble Access)	Para operaciones de medición, replanteo y comprobación de cota en obra.	
	UHF Radio Antena with TNC Connector	406-430          MHZ frecuencia de radio Trimble.	
	Rover Trimble R8S Integrated GNSS System	Tecnología RTK con 440 canales de satélites.	
	02 Trípodes	Sirven de apoyo tanto para la base y la antena.	




Continúa...



Instrumento	Componentes	Especificaciones	Imagen referencial
<b>GPS Diferencial Trimble R8s</b>	Cinta métrica	De longitud de 5 m, para medir la altura instrumental de la base.	
	01 Bípode	Es un accesorio de apoyo, para el rover con la colectora de datos.	





Fuente: Elaboración propia 2019

Tabla 43. Instrumentos de Ingeniería en el levantamiento topográfico del tramo Sector T'icapata – CC Pumamarca de la Carretera ENACO – Abra Ccorao

Instrumento	Componentes	Especificaciones	Imagen referencial
<b>Estación Total Flexline TS06 Plus</b>	Estación Total Leica Flexline TS06 plus	Teclado alfanumérico, conexión USB. Precisión a prima de 1.5 mm + 2 ppm. Rango de 500-1000 metros de medición sin prisma. Alta resolución.	
	01 Trípode leica	Sirve de base para la Estación Total	
	Prismas leica	Prisma circular, en soporte de polímero rojo. Precisión de centrado 2.0 mm	

Continúa...



Instrumento	Componentes	Especificaciones	Imagen referencial
<b>Estación Total Flexline TS06 Plus</b>	Portaprisma leica	Bastón de aplomar Leica hasta una altura de 2.60 m. Incorporada con una burbuja nivelante.	
<b>Cinta métrica Stanley 5m</b>	-	Para medir la altura instrumental de la estación total estacionada.	
<b>Cinta métrica Stanley 30 m</b>	-	Para realizar secciones de la tramo del pavimento, de acuerdo si es tangente o curva.	
<b>Jalón</b>	-	Jalón o baliza, es instrumento necesario para realizar mediciones con instrumentos topográficos.	

Fuente: Elaboración propia 2019







Tabla 44. Instrumentos de Ingeniería en la evaluación funcional – Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional – en el tramo del Sector T'icapata – CC Pumamarca de la Carretera ENACO – Abra Ccorao.

Instrumento	Componentes	Especificaciones	Imagen referencial
<b>Nivel Óptico Leica Automático NA728</b>	Nivel Óptico Leica NA728	Aumentos hasta 28X, precisión a 30 – 1 mm, precisión al Km – 1.5 mm. Implementado el círculo horizontal con grados sexagesimales o centesimales.	
	01 Trípode leica	Sirve de base para la nivel automático	
	Mira telescópica Leica	Instrumento hecho de aluminio para nivel óptico, de 5 m en cuatro tramos. Lado frontal con graduación –E y el lado posterior con graduación en mm.	
	Ojo de pollo para mira	Accesorio que se añade a la mira, para colocar verticalmente la mira.	

Continúa...





Instrumento	Componentes	Especificaciones	Imagen referencial
<b>Cinta métrica Stanley 5m</b>	-	Para medir distancias cortas longitudinales o transversales en el pavimento.	
<b>Cinta métrica Stanley 30 m</b>	-	Para realizar secciones de prueba en el tramo del pavimento, de acuerdo si es tangente o curva; a distancias exigidas en la norma.	
<b>Libreta de topografía electrónica para celular</b>	-	Libreta de topografía, App de Google Store, con funciones de exportación a .csv en Excel.	
<b>Jalón</b>	-	Jalón o baliza, es instrumento necesario para realizar mediciones con instrumentos topográficos.	

Fuente: Elaboración propia





Tabla 45. Instrumentos de Ingeniería en la evaluación estructural – Viga Benkelman - en el tramo del Sector T'icapata – CC Pumamarca de la Carretera ENACO – Abra Ccorao.

Instrumento	Componentes	Especificaciones	Imagen referencial
<b>Viga Benkelman</b>	Viga Benkelman de un brazo	Marca ELE Modelo 471460. Tiene manilla de sujeción, brazo de extensión y una caja de pernos de nivelación. Lleva incorporado un vibrador que permite leer lecturas en el dial sin interferencias internas como externas.	
	01 dial analógico en mm	Dial que se acopla a la Viga Benkelman, también llamado deformímetro, mide la deformación ocurrida en el pavimento flexible, con una precisión de 0.1 mm	
<b>Cinta métrica Stanley 5m</b>	-	Para medir distancias cortas longitudinales o transversales en el pavimento.	

Continúa...





Instrumento	Componentes	Especificaciones	Imagen referencial
<p><b>Camión normalizado</b></p>	<p>Camión de carga</p>	<p>Con frenos tipo break en la parte posterior y una tolva de carga</p>	
	<p>Llantas o neumáticos en el eje posterior</p>	<p>Deben de ser un eje simple de ruedas duales, con un aro de 10x20" o 1000x20".</p>	
<p><b>Medidor de presión de llantas</b></p>	<p>-</p>	<p>Tipo lápiz metálico, con una presión máxima de 120 psi, para medir en la rueda dual interna como externa</p>	
<p><b>Termómetro digital de contacto</b></p>	<p>-</p>	<p>Multi-thermometer en grados centígrados y farenheith</p>	

Fuente: Elaboración propia 2019



### 3.7. Procedimientos de recolección de datos

#### 3.7.1. Conteo Vehicular

##### a) Equipos utilizados en la prueba

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

##### b) Procedimiento

###### Conteo vehicular (tránsito)

Es necesario conocer el volumen de vehículos en el tramo Sector T'icapata – CC Pumamarca, de la carretera ENACO – Abra Ccorao. Las normas dadas por la Asociación Estadounidense de Funcionarios de Carreteras Estatales- AASHTO y Sociedad Americana para Pruebas y Materiales – ASTM, indican que, en la evaluación funcional y estructural un parámetro importante para el cálculo del porcentaje de Vida Remanente Útil es el Índice Medio Diario Anual – IMDA.

###### Estaciones de conteo vehicular

Se establecieron 02 estaciones de conteo vehicular, al inicio y al fin del tramo de estudio. Uno en el sector T'icapata, conocido por los pobladores como paradero Calle Armaycalle, y otra en la Comunidad de Pumamarca ubicado como referencia en la señal informativa de ingreso a la comunidad.

Se consideró 02 estaciones en el tramo Sector T'icapata – CC Pumamarca, de la carretera ENACO – Abra Ccorao, por ser un tramo de longitud corta (2151 m) y con un volumen vehicular casi homogéneo. Además, tiene un número pequeño de nodos y ramificaciones que permitan el ingreso o salida de vehículos y acarreen en una diferencia importante en el volumen vehicular registrado en cada estación.

El aforo vehicular fue realizado con el personal necesario, distribuidos en las 02 estaciones mencionadas en la siguiente tabla, utilizando los formatos basados en la normatividad del Ministerio de Transporte y Comunicaciones – MTC.

Tabla 46. Ubicación de las estaciones para el conteo vehicular en el tramo de estudio

ESTACIONES	LUGAR	REFERENCIA	PROGRESIVA
E1	Sector de T'icapata	Paradero T'icapata – calle Armaycalle	1+683
E2	CC Pumamarca	Señal informativa de lugar	3+834

Fuente: Elaboración propia 2019

Las progresivas utilizadas en el cuadro anterior son de la Carretera ENACO – Abra Ccorao, obtenidas de investigaciones anteriores

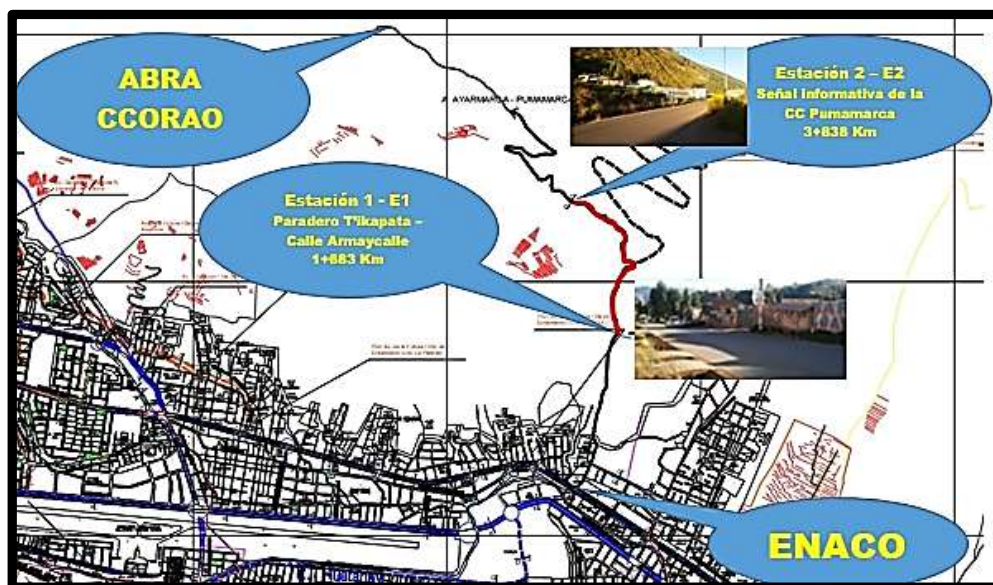


Figura 40. Ubicación geográfica de las estaciones. Fuente: COPESCO – Plano base del Cusco

### Características generales del conteo vehicular

- Los conteos se realizaron durante una semana, entre 03 y 09 de junio del año 2019. Correspondientes a los días lunes, martes, miércoles, jueves, viernes, sábado y domingo, respectivamente.
- En el conteo se abarcó las 24 horas de cada día, con el objetivo de identificar el comportamiento del volumen vehicular horario.
- Las horas del conteo se realizaron desde las 00:00 horas hasta las 24:00 horas.



- Los conteos vehiculares fueron cerrados cada hora, con el objetivo de evaluar posibles variaciones horarias.

### Consideraciones sobre el flujo vehicular

2. El conteo vehicular tiene por objetivo conocer el Índice Medio Diario Anual (IMDA), para una evaluación funcional y estructural del pavimento en el tramo Sector de T'icapata – Cc.Pumamarca, de la carretera ENACO - Abra Ccorao, en un momento determinado.
3. Se realizó un conteo previo durante todo el día lunes 27 de mayo del año 2019, con la finalidad de conocer la variación del volumen vehicular en el transcurso de las horas. En la figura 40 se muestra la variación por horas del volumen vehicular de dicho día, se aprecia que el mayor volumen vehicular se da en el intervalo de 6:00 am – 7:00 pm.

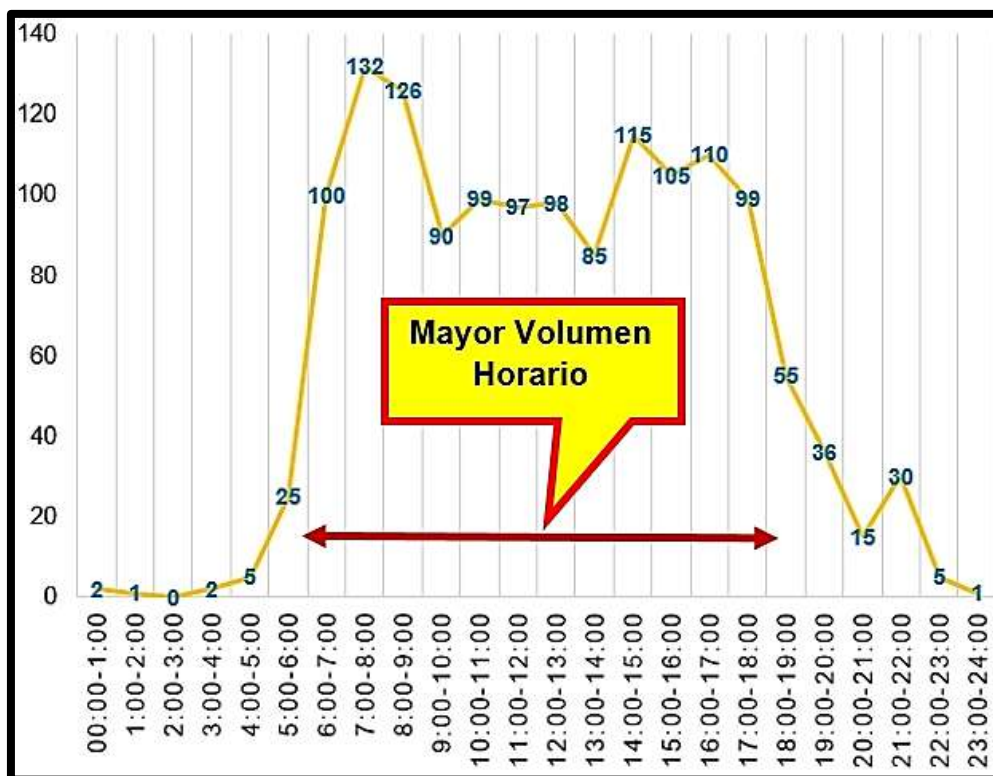


Figura 41. Conteo Vehicular el día lunes 27 de mayo del 2019, previo al Estudio de Tráfico. Fuente: Elaboración propia





4. En el conteo vehicular se intercalaron el registro manual con las cámaras visuales, ambas fueron analizados posteriormente en gabinete.

A continuación, se muestran algunas fotografías de vehículos pesados que circulan por la carretera ENACO – Abra Ccorao.



*Figura 42.* Camión tipo 3E circulando en el tramo Sector T'ikapara - CC Pumamarca. Fuente: Elaboración propia 2019



*Figura 43.* Camión 3S3 circulando en el tramo Sector T'ikapara - CC Pumamarca. Fuente: Elaboración propia 2019

### c) Toma de datos

El conteo manual y visual en gabinete fue consolidado en el programa Excel, con el que se calculó el Índice Medio Diario Anual – IMDA y los volúmenes horarios diarios.

Las estaciones para el conteo vehicular diario contaban con una adecuada iluminación y seguridad.

Figura 44. Formato de conteo vehicular el día lunes 03 de junio del 2019, de la Estación 1. Fuente: Elaboración propia 2019



Figura 45. Conteo vehicular Estación 1 – E1, Paradero T'icapata Calle Armaycalles. Fuente: Elaboración Propia 2019





*Figura 46.* Conteo vehicular Estación 2 – E1, junto a la señal Informativa de la CC Pumamarca. Fuente: Elaboración propia 2019

### 3.7.2. Establecimiento de Puntos de Control Geodésico con GPS Diferencial

#### a) Equipos utilizados en la prueba

- Base, Radio UHF, Rover, Penta-Band antena, colectora de datos y accesorios del GPS diferencial.
- Vehículo que sirva de movilidad para registrar los puntos de control.
- Herramientas y materiales para la monumentación.

#### b) Procedimiento

Las etapas para la colocación de Puntos de Control Geodésicos colocados en el tramo de la carretera Sector T'icapata – CC Pumamarca, de la carretera ENACO - Abra Ccorao, se detallan a continuación:

- **Planeamiento**

Se realizó una pre-evaluación sobre nivel de precisión del Punto de Control Geodésico y el lugar de monumentación.

Teniendo en cuenta que el presente ensayo de campo es esencial para posteriores ensayos como:



- El levantamiento topográfico del tramo Sector de T'ikapata – CC Pumamarca, de la carretera ENACO – Abra Ccorao.
  - Replanteo de progresivas relativas bases en la superficie del pavimento para la evaluación funcional y estructural del tramo de estudio.
  - La evaluación funcional del pavimento con el Nivel y Mira.
- **Reconocimiento**

Los ensayos posteriores conjuntamente con los resultados deseados de cada uno, podemos resumirlos en la siguiente tabla:

*Tabla 47. Resultados deseados para cada ensayo posterior*

ENSAYO	RESULTADO DESEADO
<b>Levantamiento topográfico del tramo de estudio</b>	Levantamiento y posicionamiento a detalle de eje, bordes, cunetas, señales, postes, alcantarillas, etc.
<b>Replanteo de progresivas con Estación total</b>	Establecimiento de progresivas relativas de control referenciales, para la evaluación funcional y estructural.
<b>Evaluación funcional del tramo en estudio</b>	Cota Base y cotas de control para los perfiles longitudinales de cada carril.

Fuente: Elaboración propia 2019

Las especificaciones del GPS Diferencial R8s de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, son detalladas a continuación:





Tabla 48. Especificaciones Equipo GPS Trimble R8s

Especificaciones Técnicas	Características
Tipo de receptor	Doble frecuencia Geodésico-RTK
Modo de lecturas	Estático, Cinemático, RTK
Antena	Módem de radio 450 MHZ
Precisión en modo Estático	H 3 mm + 0.5 ppm V 5 mm + 0.5 ppm
Intervalo de Registro/Operación	≤ 8 segundos
Tiempo de posicionamiento	De acuerdo a puntos
Número de canales	440
Constelaciones	GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou y QZSS
Número de Satélites visibles	≥ 5

Fuente: Datos obtenidos del Gabinete de Topografía de la Universidad Andina del Cusco

Por lo tanto, el Equipo GPS diferencial Trimble R8s de la Universidad Andina del Cusco cumple con la precisión Media ESTÁTICO con una precisión de (10 - 60 mm), recomendada por la Instituto Real de Topógrafos Colegiados – RICS, del Reino Unido en sus notas de guía: “Directrices para el uso de GNSS en levantamientos topográficos y cartografía”, señalado en la tabla 11 del marco teórico de la presente investigación.

Se tomó 03 puntos de control con la medición GNSS estática con valores de precisión indicados en el marco teórico, en el tramo de estudio. A continuación, se detallan sus respectivas ubicaciones:

Tabla 49. Descripción general de los puntos de control

PUNTOS DE CONTROL GEODÉSICO	SECTOR O COMUNIDAD	PROGRESIVA
P.C. 1	Sector de T'icapata	1+833 Km
P.C. 2	Sector de T'icapata	1+943 Km
P.C. 3	Comunidad campesina de Pumamarca	3+834 Km

Fuente: Elaboración propia 2019

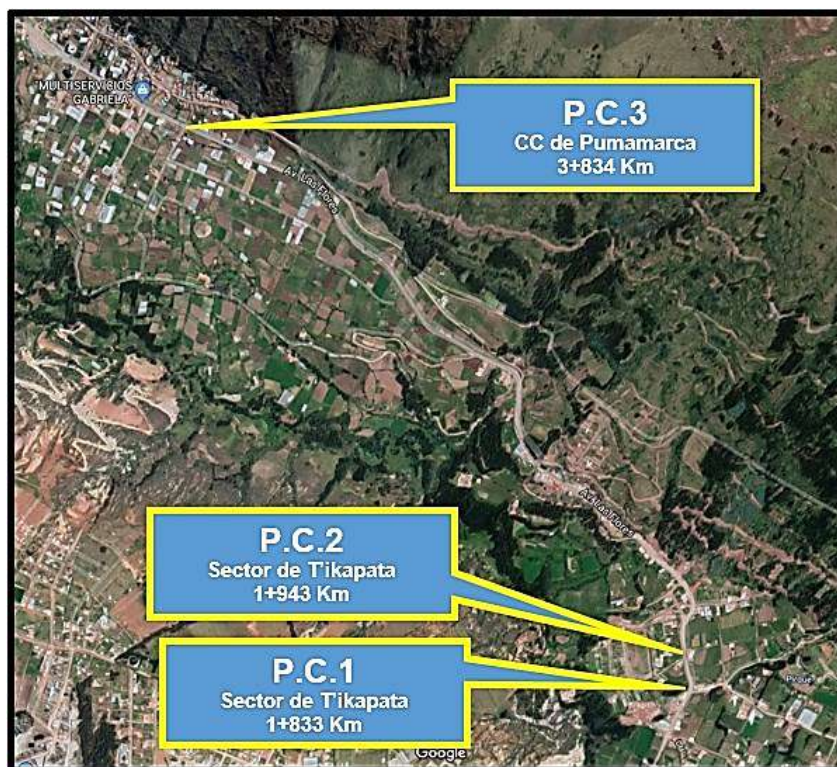


Figura 47. Ubicación geográfica de los 03 puntos de control geodésico. Fuente: Google Earth Pro 2019

- **Monumentación**

Una vez ubicado las progresivas de ubicación de los Puntos de Control Geodésicos con el Equipo GPS Diferencial Trimble R8s, se realizó coordinaciones para el conocimiento y autorización del presidente de la Comunidad de Pumamarca, Sr. Gregorio Castro Florez; y con el presidente del Sector de T'icapata, Sr. Simón Qolque Pompilla.

Las características generales de la monumentación de los puntos geodésicos se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 50. Características generales para la monumentación de puntos geodésicos.

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Largo	0.40 m
Ancho	0.40 m
Profundidad	0.60 m
Varilla	Incrustada en la parte central con casquete
Concreto	Concreto ciclópeo $f'c=140 \text{ kg/cm}^2$ + 70% de piedra grande

Fuente: Elaboración propia 2019

A continuación, se muestran algunas figuras sobre el proceso de monumentación de los puntos geodésicos.

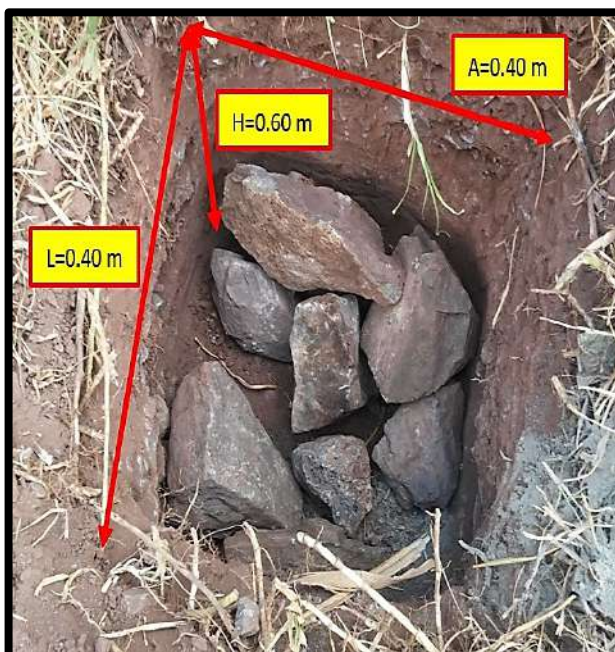


Figura 48. Características geométricas generales de los puntos de control geodésico. Fuente: Elaboración Propia 2019



Figura 49. Características de los materiales utilizados. Fuente: Elaboración propia 2019





### c) Toma de datos

Debido a la cercanía de los puntos de control geodésicos con la Universidad Andina del Cusco, pues el Punto de Control más cercano P.C.1. en el Sector T'icapata se halla a una distancia aproximada de 2 km y el Punto de Control más lejano P.C.3 en la Comunidad de Pumamarca se halla a una distancia aproximada de 3.5 Km; y conociendo que el GPS Diferencial R8s estacionado cubre una distancia de 8 Km a la redonda. Se armó el equipo, tanto la base como como la radio, en el cuarto nivel de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Andina del Cusco, con la supervisión del Ingeniero de la Gabinete de Topografía.



*Figura 50.* Amado de la Base del GPS en la Universidad Andina del Cusco. Fuente: Elaboración propia 2019



*Figura 51.* Armado de la Radio UHF en la Universidad Andina del Cusco.  
Fuente: Elaboración propia 2019

Posteriormente con el rover y la colectora de datos del GPS diferencial, el día martes 20 de agosto del 2019 a horas 11:00 am se procedió a tomar los 03 puntos de control geodésico en el tramo Sector T'icapata – CC de Pumamarca, de la carretera ENACO – Abra Ccorao.





*Figura 52.* Salida con el ROVER y la COLECTORA de datos para la toma de puntos de control geodésico el día 20/08/2019. Fuente: Elaboración Propia 2019





*Figura 53.* Toma de datos GNSS estático del punto de control geodésico P.C.1 Sector de T'icapata en la progresiva 1+833 km de la Carretera ENACO – Abra Ccorao. Fuente: Elaboración propia 2019





*Figura 54.* Toma de datos GNSS estático del punto de control geodésico P.C.2 Sector de T'icapata en la progresiva 1+943 km de la Carretera ENACO – Abra Ccorao. Fuente: Elaboración propia 2019



*Figura 55.* Toma de datos GNSS estático del punto de control geodésico P.C.2 la CC Pumamarca en la progresiva 3+834 km de la Carretera ENACO – Abra Ccorao. Fuente: Elaboración propia 2019



*Figura 56.* Posicionamiento del ROVER en la varilla en el monumentado del punto de control geodésico. Fuente: Elaboración propia 2019





Las coordenadas UTM tomadas en los 03 puntos de control geodésico se muestran a continuación en la siguiente Tabla:

Tabla 51. Coordenadas UTM de los Puntos de Control Geodésico tomados con el Equipo GPS Diferencial TRIMBLE R8s.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
	TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS ESTIMACIONES DEL PORCENTAJE DE VIDA REMANENTE ÚTIL OBTENIDAS A PARTIR DE UNA EVALUACIÓN FUNCIONAL Y UNA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL, DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL TRAMO TICAPATA - PUMAMARCA EN LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO				
	TRABAJO DE CAMPO: COORDENADAS UTM DE LOS PUNTOS DE CONTROL GEODÉSICO				
DEPARTAMENTO :	CUSCO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO GPS TRIMBLE R8s			
PROVINCIA :	CUSCO	TIPO DE RECEPTOR:	DOBLE FRECUENCIA GEODÉSICO - RTK		
DISTRITO :	SAN SEBASTIÁN	MODO DE LECTURAS:	ESTÁTICO, CINEMÁTICO Y RTK		
LUGAR:	SECTOR TICAPATA - COMUNIDAD DE P	PRECISIÓN EN MODO ESTÁTICO:	H 3 mm + 0.5 ppm; V 5 mm + 0.5 ppm		
DÍA:	1	CONSTELACIONES:	GPS, GLONASS, GALILEO, BEIDOU y QZSS		
FECHA:	20/08/2019	NÚMERO DE CANALES:	440		
TESISTA:	BACH. VLADIMIR BENITO CÁRDENAS	NÚMERO DE SATÉLITES VISIBLES:	≥5		
DATOS DE PUNTOS DE CONTROL REFERENCIALES TOMADOS CON GPS DIFERENCIAL TRIMBLE:					
DESCRIPCIÓN:	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	UBICACIÓN	
PUNTO DE CONTROL 1	8503698.925	185221.456	3452.636	1+833 Km Carretera ENACO - Abra Ccorao - SECTOR DE TICAPATA	
PUNTO DE CONTROL 2	8503802.728	185192.76	3455.949	1+943 Km Carretera ENACO - Abra Ccorao - SECTOR DE TICAPATA	
PUNTO DE CONTROL 3	8505062.327	183962.785	3557.868	3+834 Km Carretera ENACO - Abra Ccorao - COMUNIDAD DE PUMAMARCA	

Fuente: Datos obtenidos en Gabinete de Topografía de la memoria interna del GPS diferencial Trimble R8s



### 3.7.3. Levantamiento topográfico de la carretera

#### a) Equipos utilizados en la prueba

Los equipos e instrumentos utilizados en el levantamiento a detalle del tramo Sector T'ikacapata – CC Pumamarca, de la carretera ENACO – Abra Ccorao, se enumeran a continuación:

- Estación Total Leica TS06 Plus
- Prismas y portaprismas
- Trípode para soporte de la Estación Total
- Equipos de comunicación acústica
- Elementos de seguridad como casco, chalecos personales.
- Elementos de seguridad como conos para advertencia a los vehículos que transitan por la carretera ENACO – Abra Ccorao.
- Wincha de 3 m y 30 metros
- Jalones
- Libreta de campo

#### b) Procedimiento

- La estación total se programó previamente para un levantamiento de la carretera, con la finalidad que nos permita representar gráficamente el terreno y la vía a detalle.

Se enumera los elementos principales que se registraron en el levantamiento:

- Eje del pavimento flexible de la carretera
  - Borde del pavimento flexible de la carretera
  - Bordos de veredas o calles en las zonas urbanas
  - Obras de arte como alcantarillas y sardineles
  - Borde superior e inferior de cortes y terraplenes
- En la siguiente tabla se muestra los códigos que se pre-programaron en la Estación Total Leica TS06 Plus:



Tabla 52. Elementos a considerar en el levantamiento topográfico con la Estación Total Leica TS06 Plus

Elementos a levantar	Códigos introducidos en la Estación Total
Eje	EJE
Borde	BORDE
Fondo de cuneta	FCUNETA
Cabecera de cuneta	CCUNETA
Poste	POSTE
Señales	SEÑAL
Vereda	VER
Vivienda	VIV
Esquina	ESQ
Buzón	BZ
Curva de nivel de terreno	CN
Alcantarilla	ALC
Puente	PUENTE

Fuente: Elaboración propia 2019

- Se inició el levantamiento en el Sector T'icapata por la disponibilidad de contar con dos puntos de control geodésico P.C. 1 y P.C. 2, tomados con el equipo GPS diferencial Trimble R8s, de manera que el levantamiento este correctamente orientado espacialmente en base a sistema de posicionamiento global UTM - Datum WGS 84.
- En la tabla 52 se muestra las coordenadas de los Puntos de Control Geodésicos P.C.1 y P.C.2, utilizadas para orientar por coordenadas la Estación Total Leica TS06 Plus, y las respectivas progresivas en la carretera de ENACO – Abra Ccorao. También se muestra el tercer punto de control utilizado para corroborar el levantamiento topográfico de la carretera.





Figura 57. Estacionamiento de la Estación Total en P.C. 1 para orientación por coordenadas del levantamiento topográfico del tramo de la carretera en estudio. Fuente: Elaboración propia

Tabla 53. Coordenadas utilizadas en la orientación de la Estación Total Leica TS06 Plus

PUNTOS	ESTE (X)	NORTE (Y)	ALTITUD(Z)	PPROGRESIVA
P.C. 1	185221.456	8503698.925	3452.636	1+833 Km
P.C. 2	185192.76	8503802.728	3455.949	1+943 Km
P.C. 3	183962.785	8505062.327	3557.868	3+834 Km

Fuente: Datos obtenidos del equipo GPS diferencial Trimble R8s



- Existió un error no mayor a 1 cm, en la longitud horizontal, al orientar por coordenadas en la estación, esto se debe a que los 02 Puntos de Control Geodésico utilizados fueron tomados de forma satelital o georreferenciada considerando el geoide que cubre la tierra; y la estación total trabaja de forma planimétrica.
- Las especificaciones técnicas de la Estación Total TS06 PLUS del gabinete de topografía de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Andina del Cusco, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 54. Especificaciones técnicas de la Estación Total LEICA TS06 PLUS

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	ESTACIÓN TOTAL LEICA TS06 PLUS
Medición de ángulos, desviación típica	5" (1.5 mgon)
Compensador de nivelación automática	Compensación por cuádruple
Método de medición	Absoluto, continuo y diametral
Rango de medición con prisma modo estándar	3500 m
Rango de medición sin prisma modo estándar	≥1000 m
Precisión distancia con prisma	Preciso: 1.5 mm+2.0 ppm
Precisión distancia sin prisma	2 mm + 2.0 ppm
Batería	Ión Litio, aprox. 30 horas
Plomada base nivelante	Puntero laser, 5 niveles de brillo
Memoria Interna	Max: 60000 medidas
Nivelación	electrónica
Software	Flexfield plus (completa)
Aumento antejojo	30 X
Formato de datos	GSI/DFX/LandXML/CSV

Fuente: Datos obtenidos del Gabinete de Topografía



### c) Toma de datos

- Se realizó el levantamiento topográfico del pavimento flexible del Sector T'icapata – CC Pumamarca de la carretera ENACO – Abra Ccorao, los días miércoles 22 y miércoles 23 de agosto del 2019, con el cuidado de referenciar las Estaciones de Cambio con estacas y pintura caterpillar.
- Se obtuvo 540 puntos y 13 Estaciones de Cambio en el levantamiento topográfico de la carretera Sector de T'icapata-CC Pumamarca.
- El método utilizado fue por seccionamiento de la siguiente forma, cada 20 m en tramos rectos y 5 metros en tramos de curva.
- La altura del prisma utilizada generalmente en la mayoría de los puntos fue a 1.8 m.



Figura 58. Colocando en posición horizontal con el Nivel & Promada de la Estación Total Leica TS06 PLUS. Fuente: Elaboración propia 2019





*Figura 59.* Disparó con láser de la Estación Total al prisma ubicado en buzones, alcantarillas y otros detalles.  
Fuente: Elaboración propia 2019



*Figura 60.* Disparo con láser de la Estación Total al prisma ubicado en el eje, bordes y cunetas de la vía.  
Fuente: Elaboración propia 2019





*Figura 61.* Disparó con láser de la Estación Total al prisma ubicado en esquinas, veredas, postes y predios de vivienda.  
Fuente: Elaboración propia 2019



- En la siguiente tabla se muestran los datos de la recolección de datos del levantamiento topográfico de la carretera en estudio:

Tabla 55. Recolección de datos del levantamiento topográfico del tramo de la carretera

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		DATOS DE PUNTOS DE CONTROL REFERENCIALES TOMADOS CON GPS DIFERENCIAL TRIMBLE:							
 TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS ESTIMACIONES DEL PORCENTAJE DE VIDA REMANENTE ÚTIL OBTENIDAS A PARTIR DE UNA EVALUACIÓN FUNCIONAL Y UNA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL, DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL TRAMO TICAPATA - PUMAMARCA EN LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO TRABAJO DE CAMPO: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL TRAMO DE LA CARRETERA									
DEPARTAMENTO :	CUSCO	DESCRIPCIÓN:	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	UBICACIÓN			
PROVINCIA :	CUSCO	PUNTO DE CONTROL 1	8503698.925	185221.456	3452.636	SECTOR DE TICAPATA			
DISTRITO :	SAN SEBASTIÁN	PUNTO DE CONTROL 2	8503802.728	185192.76	3455.949	SECTOR DE TICAPATA			
LUGAR:	SECTOR TICAPATA - COMUNIDAD DE PUMAMARCA	PUNTO DE CONTROL 3	8505062.327	183962.785	3557.868	COMUNIDAD DE PUMAMARCA			
DÍA:	1 y 2								
FECHA:	21/08/2019 - 22/08/2019								
TESISTA:	BACH. VLADIMIR BENITO CÁRDENAS								
PUNTOS DEL LEVANTAMIENTO DEL TRAMO SECTOR DE TICAPATA - CC DE PUMAMARCA DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO									
PUNTOS	ESTE	NORTE	ALTURA	DESCRIPCIÓN	PUNTOS	ESTE	NORTE	ALTURA	DESCRIPCIÓN
1	185221.456	8503698.925	3452.681	P.C.1	21	185195.503	8503646.425	3449.426	VIV
2	185153.312	8503578.221	3442.561		22	185194.066	8503646.974	3449.077	CN
3	185153.318	8503578.215	3442.559	E1	23	185193.785	8503647.203	3448.904	FCUN
4	185149.457	8503569.362	3441.565	E1	24	185193.420	8503647.543	3449.101	FCUN
5	185153.318	8503578.215	3442.531		25	185190.992	8503649.855	3449.266	EJE
6	185144.980	8503556.217	3440.250	BZ	26	185187.505	8503651.653	3449.214	EJE
7	185135.277	8503534.926	3438.136	SENL	27	185187.496	8503651.635	3449.212	BORDE
8	185142.355	8503557.119	3440.613	VIV	28	185185.745	8503650.941	3449.224	POSTE
9	185145.074	8503555.719	3440.206	VIV	29	185190.183	8503661.356	3449.813	POSTE
10	185147.983	8503553.968	3440.218	EJE	30	185190.183	8503661.356	3449.812	VIV
11	185151.743	8503552.888	3440.155	BORDE	31	185221.656	8503698.797	3452.626	E2
12	185152.193	8503552.858	3440.027	FCUN	32	185220.225	8503701.057	3452.549	E2
13	185152.567	8503552.762	3440.168	CN	33	185221.656	8503698.797	3452.617	
14	185153.910	8503552.608	3440.806	VIV	34	185218.041	8503690.837	3452.283	VIV
15	185162.612	8503567.304	3442.464	VIV	35	185217.199	8503691.333	3452.129	CN
16	185165.715	8503568.334	3442.501	VIV	36	185216.091	8503689.791	3451.703	FCUN
17	185176.825	8503562.455	3444.469	VIV	37	185215.655	8503690.082	3451.959	BORDE
18	185190.063	8503555.658	3445.268	VIV	38	185211.923	8503691.012	3451.819	EJE
19	185172.373	8503576.036	3444.198	VIV	39	185208.844	8503692.507	3451.640	BORDE
20	185168.019	8503585.065	3443.942	VIV	40	185206.168	8503694.446	3451.712	BORDE

Continúa...





PUNTOS	ESTE	NORTE	ALTURA	DESCRIPCIÓN	PUNTOS	ESTE	NORTE	ALTURA	DESCRIPCIÓN
41	185209.6171	8503703.295	3452.565	VIV	81	8503826.302	8503826.302	3456.667	POSTE
42	185209.9966	8503693.606	3451.869	BZ	82	8503827.112	8503827.112	3456.647	BORDE
43	185216.8052	8503698.097	3452.357	BZ	83	8503827.785	8503827.785	3456.687	EJE
44	185262.4627	8503696.945	3454.973	VIV	84	8503827.026	8503827.026	3456.516	BORDE
45	185248.2413	8503701.395	3454.638	VIV	85	8503826.818	8503826.818	3456.314	FCUN
46	185225.268	8503700.006	3453.144	VIV	86	8503826.825	8503826.825	3456.506	CN
47	185223.617	8503702.593	3453.029	VIV	87	8503826.58	8503826.58	3456.737	CN
48	185220.2471	8503703.313	3452.764	BORDE	88	8503859.268	8503859.268	3457.813	POSTE
49	185215.3445	8503704.3	3452.516	EJE	89	8503858.28	8503858.28	3457.946	CN
50	185212.4329	8503705.044	3452.348	BORDE	90	8503858.319	8503858.319	3457.626	BORDE
51	185210.0363	8503706.031	3452.595	VIV	91	8503858.02	8503858.02	3457.541	EJE
52	185209.9204	8503713.028	3453.027	VIV	92	8503857.482	8503857.482	3457.385	BORDE
53	185212.0548	8503710.15	3452.720	BZ	93	8503858.083	8503858.083	3457.379	FCUN
54	185212.5561	8503713.732	3452.822	BORDE	94	8503858.093	8503858.093	3457.509	CN
55	185216.2267	8503713.885	3453.006	EJE	95	8503857.9	8503857.9	3457.506	VIV
56	185220.4465	8503714.757	3453.154	BORDE	96	8503866.165	8503866.165	3457.918	E4
57	185223.5972	8503715.83	3452.832	VIV	97	8503875.144	8503875.144	3458.317	AMAR
58	185205.8166	8503733.752	3454.066	VIV	98	8503866.165	8503866.165	3457.891	
59	185207.3869	8503734.528	3453.958	BORDE	99	8503876.173	8503876.173	3458.077	POSTE
60	185210.6105	8503735.495	3453.972	EJE	100	8503874.702	8503874.702	3457.997	BORDE
61	185214.4987	8503736.741	3453.883	BORDE	101	8503873.487	8503873.487	3457.958	EJE
62	185214.8208	8503737.56	3453.616	FCUN	102	8503872.567	8503872.567	3457.894	BORDE
63	185215.2716	8503737.513	3453.882	CN	103	8503872.332	8503872.332	3457.737	FCUN
64	185216.9496	8503737.066	3454.234	CN	104	8503871.898	8503871.898	3457.956	CN
65	185215.2911	8503738.52	3454.162	POSTE	105	8503871.446	8503871.446	3457.874	VIV
66	185199.1695	8503761.31	3455.012	VIV	106	8503898.674	8503898.674	3458.576	POSTE
67	185201.0511	8503762.043	3454.887	BORDE	107	8503898.455	8503898.455	3458.588	BORDE
68	185204.2007	8503762.909	3454.865	EJE	108	8503897.294	8503897.294	3458.635	EJE
69	185208.4008	8503763.882	3454.720	BORDE	109	8503895.31	8503895.31	3458.702	BORDE
70	185208.8328	8503764.667	3454.709	FCUN	110	8503894.351	8503894.351	3458.843	VIV
71	185198.1335	8503776.067	3455.350	SENL	111	8503915.63	8503915.63	3459.633	E5
72	185193.5712	8503802.744	3455.892	E3	112	8503908.783	8503908.783	3459.533	AMAR
73	185193.5712	8503802.744	3455.929		113	8503915.63	8503915.63	3459.629	
74	185196.1088	8503786.227	3455.374	VIV	114	8503910.134	8503910.134	3460.270	
75	185197.6733	8503786.465	3455.495	VIV	115	8503915.17	8503915.17	3459.102	POSTE
76	185197.6729	8503786.467	3455.495	BORDE	116	8503915.813	8503915.813	3458.975	BORDE
77	185201.3528	8503786.842	3455.576	EJE	117	8503918.481	8503918.481	3459.329	EJE
78	185204.9578	8503786.907	3455.429	BORDE	118	8503925.644	8503925.644	3459.657	BORDE
79	185205.3257	8503787.362	3455.241	FCUN	119	8503925.927	8503925.927	3459.354	FCUN
80	185206.0972	8503787.796	3455.607	SENL	120	8503926.087	8503926.087	3459.639	CN

Continúa ...



PUNTOS	ESTE	NORTE	ALTURA	DESCRIPCIÓN	PUNTOS	ESTE	NORTE	ALTURA	DESCRIPCIÓN
121	185212.272	8503923.624	3459.403	BZ	161	185063.567	8504078.481	3465.791	BORDE
122	185207.232	8503932.194	3459.771	POSTE	162	185066.199	8504082.113	3465.956	EJE
123	185204.327	8503936.545	3460.006	VIV	163	185068.232	8504085.290	3465.946	BORDE
124	185206.459	8503937.362	3459.839	BORDE	164	185069.127	8504086.334	3466.281	VIV
125	185210.241	8503939.226	3460.002	EJE	165	185038.122	8504089.528	3467.778	VIV
126	185212.872	8503941.336	3460.014	BORDE	166	185043.528	8504090.093	3467.467	POSTE
127	185213.290	8503941.710	3459.748	FCUN	167	185044.728	8504092.447	3467.269	BORDE
128	185213.585	8503941.837	3460.078	CN	168	185046.515	8504095.711	3467.285	EJE
129	185195.638	8503953.846	3460.330	POSTE	169	185046.495	8504095.727	3467.286	EJE
130	185196.364	8503954.508	3460.367	BORDE	170	185048.029	8504099.018	3467.250	BORDE
131	185199.742	8503956.633	3460.518	EJE	171	185048.755	8504099.859	3467.437	CN
132	185202.738	8503958.992	3460.600	BORDE	172	185021.810	8504106.043	3469.145	VIV
133	185203.935	8503960.792	3460.870	CN	173	185022.401	8504107.671	3469.167	BORDE
134	185182.022	8503971.188	3460.994	AMAR	174	185024.405	8504110.796	3469.179	EJE
135	185188.582	8503978.696	3461.506	E6	175	185025.567	8504114.921	3469.147	BORDE
136	185188.582	8503978.696	3461.515		176	185025.568	8504114.921	3469.146	BORDE
137	185154.598	8503996.265	3462.036	POSTE	177	185025.798	8504115.542	3468.757	FCUN
138	185155.417	8503997.404	3462.067	BORDE	178	185025.904	8504115.796	3469.199	CN
139	185157.060	8504000.795	3462.208	EJE	179	185026.153	8504116.343	3469.400	VIV
140	185158.681	8504004.033	3462.245	BORDE	180	184990.892	8504132.443	3472.169	VIV
141	185159.622	8504005.857	3462.315	VIV	181	184991.660	8504133.868	3471.973	BORDE
142	185124.853	8504020.836	3463.181	POSTE	182	184993.653	8504137.045	3472.164	EJE
143	185123.911	8504019.637	3463.348	VIV	183	184995.936	8504139.878	3472.084	BORDE
144	185125.390	8504021.847	3463.195	BORDE	184	184995.993	8504140.389	3471.630	FCUN
145	185127.203	8504025.379	3463.226	EJE	185	184954.249	8504165.835	3475.604	VIV
146	185129.376	8504028.380	3463.145	BORDE	186	184955.193	8504165.856	3475.555	AMAR
147	185130.441	8504031.494	3463.478	CN	187	184955.252	8504165.988	3475.556	BORDE
148	185098.314	8504042.952	3464.198	POSTE	188	184957.212	8504169.673	3475.841	EJE
149	185097.220	8504041.902	3464.232	VIV	189	184958.477	8504172.699	3475.956	BORDE
150	185099.251	8504044.116	3464.170	BORDE	190	184953.123	8504167.763	3475.790	E7
151	185101.824	8504047.195	3464.165	EJE	191	184953.123	8504167.763	3475.786	
152	185103.972	8504050.258	3464.049	BORDE	192	184928.281	8504182.999	3478.043	VIV
153	185105.557	8504053.888	3464.253	VIV	193	184928.943	8504184.456	3478.032	BORDE
154	185109.603	8504048.659	3464.116	POSTE	194	184931.210	8504187.838	3478.135	EJE
155	185081.829	8504057.286	3464.095	VIV	195	184932.989	8504190.707	3478.175	BORDE
156	185083.749	8504058.839	3464.650	BORDE	196	184934.327	8504192.786	3478.242	VIV
157	185086.707	8504062.678	3464.768	EJE	197	184896.282	8504202.472	3481.016	CN
158	185089.431	8504065.517	3464.837	BORDE	198	184895.531	8504202.929	3481.089	BORDE
159	185088.465	8504068.509	3464.777	CN	199	184896.849	8504206.192	3481.072	EJE
160	185062.348	8504077.002	3465.792	CN	200	184898.217	8504209.761	3480.961	BORDE

Continúa...



PUNTOS	ESTE	NORTE	ALTURA	DESCRIPCIÓN	PUNTOS	ESTE	NORTE	ALTURA	DESCRIPCIÓN
201	184898.330	8504210.656	3480.996	CN	241	184752.970	8504401.181	3500.552	
202	184898.567	8504211.143	3481.316	CN	242	184755.732	8504401.035	3500.532	BORDE
203	184823.638	8504247.979	3487.074	VIV	243	184759.530	8504401.173	3500.637	EJE
204	184824.836	8504250.239	3487.277	POSTE	244	184763.123	8504400.391	3500.468	BORDE
205	184825.561	8504250.980	3487.348	BORDE	245	184763.723	8504400.197	3500.094	FCUN
206	184827.614	8504253.896	3487.317	EJE	246	184764.014	8504400.233	3500.434	CN
207	184829.383	8504256.844	3487.231	BORDE	247	184766.091	8504400.995	3500.760	VIV
208	184829.900	8504258.178	3487.249	CN	248	184764.654	8504407.243	3501.053	ALCA
209	184799.885	8504272.339	3489.903	BZ	249	184753.370	8504439.892	3503.932	VIV
210	184788.815	8504286.427	3491.076	E8	250	184755.788	8504440.328	3503.870	BORDE
211	184788.815	8504286.427	3491.116		251	184759.723	8504441.057	3504.064	EJE
212	184800.758	8504273.174	3489.896	BORDE	252	184763.457	8504441.636	3504.186	BORDE
213	184803.560	8504275.873	3489.807	EJE	253	184763.923	8504441.236	3503.866	FCUN
214	184806.756	8504278.230	3489.558	BORDE	254	184764.331	8504441.453	3504.178	CN
215	184803.051	8504284.157	3489.806	FCUN	255	184754.230	8504386.299	3499.319	
216	184804.201	8504285.346	3490.596	CN	256	184760.093	8504475.004	3508.033	E10
217	184763.473	8504331.101	3494.982	VIV	257	184762.000	8504464.545	3506.454	AMAR
218	184764.379	8504331.541	3494.949	POSTE	258	184760.093	8504475.004	3508.055	
219	184765.599	8504332.654	3494.951	BORDE	259	184754.143	8504451.925	3504.969	BZ
220	184769.230	8504334.495	3494.872	EJE	260	184752.629	8504447.946	3504.664	VIV
221	184772.682	8504336.131	3494.708	BORDE	261	184755.552	8504449.109	3504.662	BORDE
222	184773.213	8504336.419	3494.321	FCUN	262	184759.810	8504449.372	3504.837	EJE
223	184773.531	8504336.514	3494.675	CN	263	184763.499	8504450.358	3505.020	BORDE
224	184774.567	8504345.847	3496.726	CN	264	184763.994	8504450.475	3504.958	FCUN
225	184754.140	8504356.835	3497.228	VIV	265	184766.426	8504450.717	3505.811	CN
226	184755.517	8504357.291	3497.088	BZ	266	184751.938	8504457.181	3505.293	POSTE
227	184755.577	8504355.260	3496.980	POSTE	267	184753.014	8504457.913	3505.341	BORDE
228	184756.803	8504356.095	3496.940	BORDE	268	184753.009	8504457.900	3505.339	BORDE
229	184760.978	8504357.279	3496.854	EJE	269	184757.917	8504460.049	3505.773	EJE
230	184764.872	8504358.564	3496.630	BORDE	270	184760.635	8504463.187	3506.161	BORDE
231	184765.525	8504358.777	3496.214	FCUN	271	184761.160	8504463.599	3505.931	FCUN
232	184765.788	8504358.908	3496.606	CN	272	184761.358	8504464.041	3506.217	CN
233	184768.837	8504359.745	3497.158	CN	273	184763.020	8504465.017	3506.374	
234	184752.697	8504390.294	3499.737	VIV	274	184767.494	8504463.984	3506.331	
235	184753.819	8504390.329	3499.700	POSTE	275	184767.834	8504472.155	3507.570	
236	184755.778	8504390.687	3499.651	BORDE	276	184763.464	8504471.687	3507.241	
237	184754.301	8504386.379	3499.308	E9	277	184746.009	8504470.998	3506.775	ALCA
238	184754.230	8504386.299	3499.303	E09	278	184744.989	8504474.828	3507.254	BZ
239	184756.305	8504395.025	3500.070	AMAR	279	184737.424	8504477.949	3507.915	POSTE
240	184754.230	8504386.299	3499.316		280	184738.756	8504478.939	3507.809	BORDE

Continúa...



PUNTOS	ESTE	NORTE	ALTURA	DESCRIPCIÓN	PUNTOS	ESTE	NORTE	ALTURA	DESCRIPCIÓN
281	184743.134	8504481.064	3507.928	EJE	321	184529.287	8504582.890	3523.898	E11
282	184746.342	8504483.819	3508.031	BORDE	322	184535.696	8504578.747	3523.371	AMARR
283	184746.591	8504484.371	3507.761	FCUN	323	184529.287	8504582.890	3523.916	
284	184746.848	8504484.612	3508.048	CN	324	184561.431	8504574.098	3521.486	BORDE
285	184747.645	8504485.848	3508.448	CN	325	184555.077	8504577.745	3522.007	ALCA
286	184728.576	8504482.930	3508.712	VIV	326	184535.909	8504579.472	3523.347	BORDE
287	184729.504	8504484.813	3508.826	BORDE	327	184537.980	8504582.680	3523.261	EJE
288	184731.106	8504488.420	3509.009	EJE	328	184539.970	8504586.068	3523.029	BORDE
289	184732.588	8504491.859	3509.095	BORDE	329	184540.204	8504586.581	3522.672	FCUN
290	184732.802	8504492.368	3508.814	FCUN	330	184540.295	8504586.935	3523.038	CN
291	184732.849	8504492.783	3509.091	CN	331	184516.158	8504594.634	3524.891	CN
292	184733.297	8504494.460	3509.430	CN	332	184517.117	8504595.813	3524.918	BORDE
293	184712.998	8504493.022	3510.293	BZ	333	184519.752	8504598.562	3524.819	EJE
294	184709.823	8504493.521	3510.466	ALCA	334	184522.680	8504601.400	3524.632	BORDE
295	184651.463	8504517.671	3514.953	POSTE	335	184522.946	8504601.926	3524.357	FCUN
296	184651.691	8504519.576	3514.791	BORDE	336	184523.368	8504602.212	3524.653	CN
297	184652.333	8504523.330	3514.812	EJE	337	184509.215	8504605.042	3525.660	CN
298	184651.493	8504527.983	3514.879	BORDE	338	184509.769	8504605.704	3525.635	BORDE
299	184651.626	8504528.482	3514.698	FCUN	339	184512.392	8504608.433	3525.648	EJE
300	184651.729	8504528.937	3514.913	CN	340	184515.080	8504611.083	3525.543	BORDE
301	184646.915	8504519.563	3515.021		341	184515.526	8504611.515	3525.160	FCUN
302	184639.017	8504523.532	3515.400		342	184515.771	8504611.794	3525.548	CN
303	184640.110	8504525.308	3515.581	BORDE	343	184478.043	8504647.386	3528.911	CN
304	184641.817	8504528.573	3515.583	EJE	344	184479.352	8504648.801	3528.875	BORDE
305	184643.168	8504532.151	3515.473	BORDE	345	184482.316	8504651.254	3529.037	BORDE
306	184643.079	8504532.839	3515.119	FCUN	346	184482.315	8504651.255	3529.037	EJE
307	184643.200	8504533.141	3515.512	CN	347	184484.758	8504653.865	3528.981	BORDE
308	184583.925	8504552.610	3519.480	SENL	348	184485.082	8504654.313	3528.711	FCUN
309	184584.444	8504553.905	3519.518	BORDE	349	184485.378	8504654.706	3529.016	CN
310	184588.477	8504560.016	3519.477	EJE	350	184437.053	8504706.041	3533.513	CN
311	184586.604	8504557.075	3519.660	EJE	351	184438.322	8504707.140	3533.477	BORDE
312	184587.969	8504560.340	3519.583	BORDE	352	184441.292	8504709.384	3533.659	EJE
313	184587.795	8504561.307	3519.774	FCUN	353	184444.307	8504711.632	3533.697	BORDE
314	184552.079	8504569.303	3521.903	ALCA	354	184444.787	8504712.087	3533.334	FCUN
315	184552.365	8504570.386	3522.084	BORDE	355	184444.954	8504712.412	3533.693	CN
316	184553.877	8504573.910	3522.009	EJE	356	184418.508	8504726.919	3535.231	CN
317	184554.188	8504578.106	3522.058	BORDE	357	184420.166	8504728.938	3535.291	BORDE
318	184537.811	8504576.255	3523.172	CN	358	184422.472	8504732.202	3535.563	EJE
319	184538.692	8504577.835	3523.124	BORDE	359	184425.760	8504734.270	3535.625	BORDE
320	184540.479	8504581.015	3523.048	EJE	360	184426.256	8504734.548	3535.360	FCUN

Continúa...



PUNTOS	ESTE	NORTE	ALTURA	DESCRIPCIÓN	PUNTOS	ESTE	NORTE	ALTURA	DESCRIPCIÓN
361	184426.693	8504734.700	3535.579	CN	406	184300.209	8504849.250	3545.742	CN
362	184400.631	8504744.970	3536.950	CN	407	184281.192	8504862.421	3546.878	CN
363	184401.034	8504745.502	3536.996	BORDE	408	184281.724	8504862.859	3546.888	BORDE
364	184403.677	8504748.325	3537.170	EJE	409	184284.645	8504865.170	3547.046	EJE
365	184406.504	8504751.037	3537.242	BORDE	410	184287.597	8504867.515	3547.082	BORDE
366	184407.055	8504751.453	3536.863	FCUN	411	184287.937	8504868.096	3546.864	FCUN
367	184407.212	8504751.788	3537.216	CN	412	184288.045	8504868.482	3547.165	CN
368	184408.147	8504752.312	3537.576	CN	413	184266.908	8504897.149	3549.196	E13
369	184333.792	8504785.069	3542.036	E12	414	184274.686	8504885.332	3548.407	AMARR
370	184347.592	8504778.563	3541.089	AMARR	415	184266.908	8504897.149	3549.199	
371	184333.792	8504785.069	3542.056		416	184267.584	8504880.064	3547.882	CN
372	184350.638	8504776.830	3540.870	BORDE	417	184268.498	8504880.891	3548.035	BORDE
373	184353.117	8504779.727	3540.820	EJE	418	184271.302	8504883.709	3548.304	EJE
374	184355.102	8504782.957	3540.670	BORDE	419	184274.202	8504886.266	3548.431	BORDE
375	184355.393	8504783.566	3540.285	FCUN	420	184274.727	8504886.572	3548.131	FCUN
376	184355.540	8504783.883	3540.653	CN	421	184275.000	8504886.918	3548.414	CN
377	184355.535	8504783.884	3540.653	CN	422	184250.712	8504897.872	3549.379	CN
378	184356.057	8504784.631	3540.921	CN	423	184252.196	8504899.398	3549.472	BORDE
379	184356.061	8504784.630	3540.921	CN	424	184254.952	8504902.001	3549.659	EJE
380	184329.088	8504790.831	3542.337	CN	425	184257.443	8504905.080	3549.824	BORDE
381	184330.794	8504791.989	3542.292	BORDE	426	184257.800	8504905.639	3549.450	FCUN
382	184332.942	8504795.286	3542.250	EJE	427	184221.988	8504920.627	3551.540	POSTE
383	184335.510	8504798.128	3542.047	BORDE	428	184222.831	8504922.045	3551.535	BORDE
384	184335.847	8504798.735	3541.689	FCUN	429	184225.003	8504925.336	3551.771	EJE
385	184335.852	8504799.112	3542.045	CN	430	184226.884	8504928.738	3551.947	BORDE
386	184336.195	8504799.467	3542.241	CN	431	184194.798	8504933.504	3553.203	POSTE
387	184314.716	8504804.869	3543.568	CN	432	184195.566	8504935.816	3553.309	BORDE
388	184316.616	8504806.578	3543.460	BORDE	433	184197.166	8504939.240	3553.477	EJE
389	184319.677	8504809.047	3543.296	EJE	434	184197.974	8504942.871	3553.525	BORDE
390	184322.130	8504812.195	3543.162	BORDE	435	184197.730	8504943.472	3553.307	FCUN
391	184322.491	8504812.709	3542.886	FCUN	436	184197.895	8504943.882	3553.532	CN
392	184322.761	8504813.009	3543.163	CN	437	184173.720	8504941.899	3554.131	E14
393	184323.169	8504813.388	3543.367	CN	438	184173.728	8504941.897	3554.130	E14
394	184300.656	8504825.125	3544.755	CN	439	184178.194	8504950.573	3554.247	AMARR
395	184302.861	8504826.528	3544.660	BORDE	440	184173.728	8504941.897	3554.103	
396	184305.617	8504828.951	3544.680	EJE	441	184166.724	8504945.859	3554.382	SENL
397	184308.898	8504830.939	3544.536	BORDE	442	184166.826	8504947.155	3554.450	BORDE
398	184309.303	8504831.452	3544.297	FCUN	443	184167.308	8504950.934	3554.627	EJE
399	184309.581	8504831.776	3544.568	CN	444	184167.798	8504954.530	3554.542	BORDE
400	184310.051	8504832.010	3544.815	CN	445	184167.704	8504955.212	3554.224	FCUN
401	184292.493	8504842.679	3545.674	ALCA	446	184167.718	8504955.583	3554.535	CN
402	184293.032	8504843.164	3545.692	BORDE	447	183947.280	8505040.362	3557.581	SENL
403	184296.018	8504845.640	3545.784	EJE	448	183947.233	8505039.985	3557.229	FCUN
404	184299.471	8504847.798	3545.773	BORDE	449	183947.024	8505039.419	3557.581	BORDE
405	184299.807	8504849.006	3545.416	FCUN	450	183947.021	8505039.420	3557.579	BORDE

Fuente: Datos obtenidos en Gabinete de Topografía, de la memoria interna de la Estación Total Leica TS06 PLUS





### 3.7.4. Replanteo de coordenadas referenciales en el tramo de estudio

#### a) Equipos utilizados en la prueba

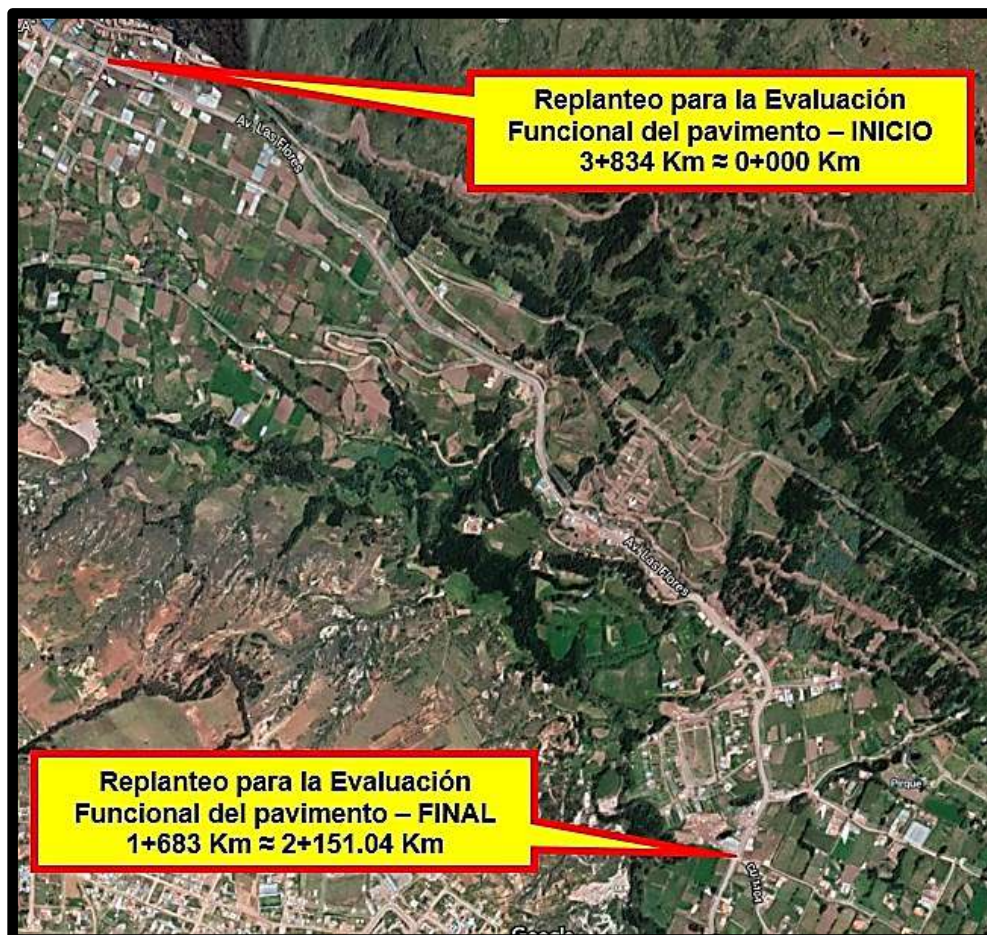
- Estación Total Leica TS06 Plus
- Prismas y portaprismas
- Trípode para soporte de la Estación Total
- Equipos de comunicación acústica
- Elementos de seguridad como casco, chalecos y conos.
- Wincha de 3 m y 30 metros
- Tizas y pinturas para pintar las progresivas
- Libreta de campo

#### b) Procedimiento

- Con los datos obtenidos del levantamiento topográfico de la carretera se realizó el trazo del eje y los bordes en el programa Civil 3D 2019, pues la representación de la carretera estaba correctamente orientada apoyada en los dos primeros Puntos de Control establecidos en el Sector de T'icapata.
- Se realizó un replanteo de progresivas referenciales con inicio en el Sector T'icapata para la evaluación funcional y otra con inicio en CC Pumamarca para la evaluación estructural del pavimento flexible; por lo que se extrajo los puntos de un offset del eje alineamiento a una distancia de la mitad del carril descendente y ascendente respectivamente en el programa Civil 3D 2019, basado en el levantamiento topográfico de la carretera.
- Para el replanteo, tanto de la evaluación funcional como la evaluación estructural, no es necesaria la coordenada de altitud, pues para ubicar planimétricamente el punto solo necesitamos las coordenadas Este y Norte.
- Para la evaluación funcional se realizó un replanteo cada 100 metros en el carril de descendente, tomando referencialmente la progresiva 3+834 Km de la carretera ENACO – Abra Ccorao como progresiva relativa 0+000 Km, hasta la progresiva de 1+683 Km que se tomó como progresiva relativa de 2+151.04 Km. Esto se realizó por la

comodidad y la manejabilidad de la progresivas, al realizar el ensayo de evaluación funcional con la aplicación libreta topográfica electrónica del celular y para el marcado con tiza en la superficie del pavimento.

- En el replanteo se utilizó 13 estaciones de punto de cambio en todo tramo desde el Sector T'icapata – CC Pumamarca; se muestra en la siguiente tabla los 13 puntos con sus coordenadas este y norte que corresponden a un offset del eje a mitad del carril de descendente. Éstos se cargaron a la base de datos de la Estación Total Leica TS06 PLUS en el replanteo para la Evaluación Funcional del pavimento.



*Figura 62.* Cambio de progresivas originales de la carretera ENACO – Abra Ccorao por progresivas relativas en la Evaluación Funcional del pavimento flexible del tramo en estudio. Fuente: Google Earth Pro



Tabla 56. Coordenadas este y norte para replanteo en la evaluación funcional del pavimento flexible del tramo Sector T'icapata – CC Pumamarca, de la carretera ENACO – Abra Ccorao

Puntos para la Evaluación Funcional	Este	Norte	Progresiva original de la Carretera ENACO-Abra Ccorao	Progresiva relativa utilizada en el replanteo
1	183945.038	8505034.394	3+834.04 Km	0+000 Km
2	184038.312	8504998.561	3+734 Km	0+100 Km
3	184131.661	8504962.700	3+634 Km	0+200 Km
4	184223.371	8504923.864	3+534 Km	0+300 Km
5	184289.942	8504852.258	3+434 Km	0+400 Km
6	184354.606	8504776.684	3+334 Km	0+500 Km
7	184432.800	8504716.850	3+234 Km	0+600 Km
8	184490.865	8504635.647	3+134 Km	0+700 Km
9	184562.498	8504567.264	3+034 Km	0+800 Km
10	184651.620	8504521.678	2+934 Km	0+900 Km
11	184741.829	8504479.656	2+834 Km	1+000 Km
12	184758.207	8504386.674	2+734 Km	1+100 Km
13	184790.975	8504293.801	2+634 Km	1+200 Km
14	184863.815	8504226.767	2+534 Km	1+300 Km
15	184948.783	8504174.581	2+434 Km	1+400 Km
16	185024.185	8504108.766	2+334 Km	1+500 Km
17	185100.866	8504045.615	2+234 Km	1+600 Km
18	185177.615	8503981.454	2+134 Km	1+700 Km
19	185211.915	8503896.683	2+034 Km	1+800 Km
20	185197.641	8503800.215	1+934 Km	1+900 Km
21	185214.614	8503702.609	1+834 Km	2+000 Km
22	185172.292	8503612.580	1+734 Km	2+100 Km
23	185151.343	8503565.893	1+683 Km	2+151.04 Km

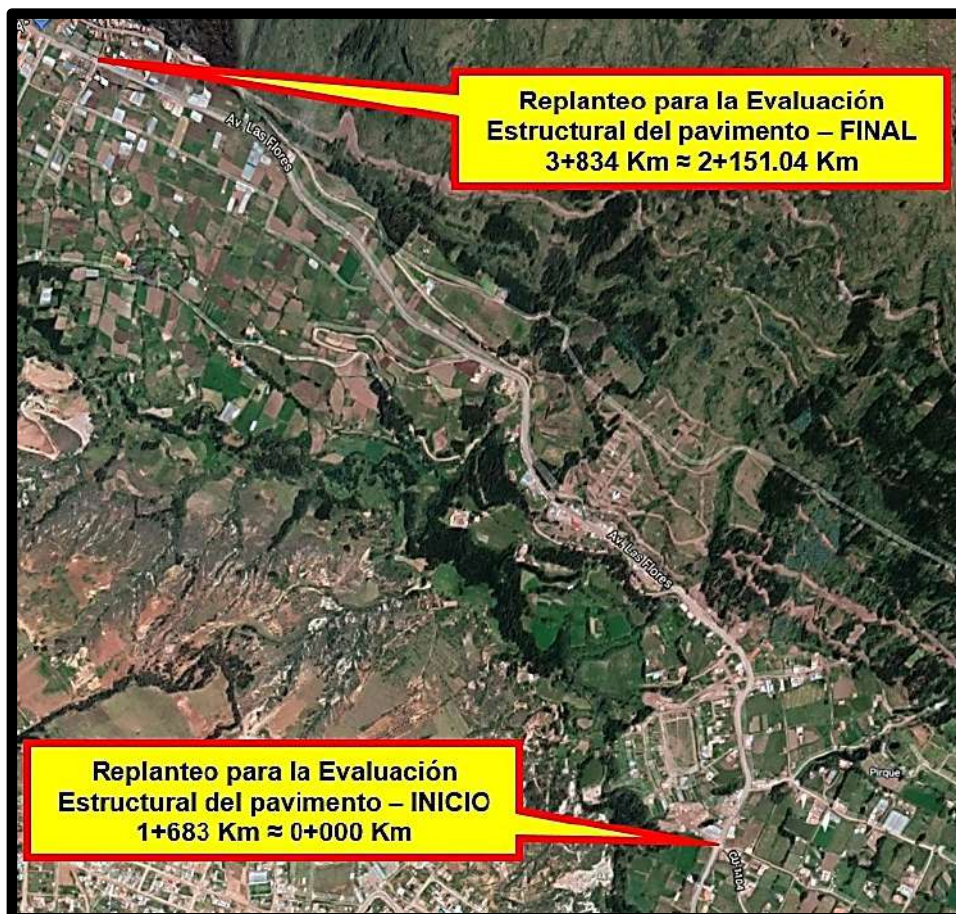
Fuente: Elaboración propia 2019

- Para la evaluación estructural se realizó un replanteo cada 100 metros en el carril de ascendente, se tomó referencialmente la progresiva 1+683 Km de la carretera ENACO – Abra Ccorao como la progresiva 0+000 Km, hasta la progresiva final de 3+834 Km que



se tomó como la progresiva relativa de 2+151.04 Km. Igualmente que, en la anterior evaluación del pavimento, este cambio fue realizado de manera que exista comodidad y manejabilidad de progresivas, al realizar el ensayo de evaluación estructural con los apuntes en la libreta de campo y el marcado con tiza en la superficie del pavimento.

- En el replanteo se utilizó 13 estaciones de punto de cambio en todo tramo desde el Sector T'icapata – CC Pumamarca; se muestra en la siguiente tabla los 13 puntos con sus coordenadas este y norte que corresponden a un offset a mitad del carril de ascendente, éstos, se cargaron a la base de datos de la Estación Total Leica TS06 PLUS en el replanteo para la evaluación estructural.



*Figura 63.* Cambio de progresivas originales de la carretera ENACO – Abra Ccorao por progresivas relativas en la Evaluación Estructural del pavimento flexible del tramo en estudio. Fuente: Google Earth Pro



Tabla 57. Coordenadas este y norte para replanteo en la evaluación estructural del pavimento flexible del tramo Sector T'icapata – CC Pumamarca, de la carretera ENACO – Abra Ccorao

Puntos para la Evaluación Estructural	Este	Norte	Progresiva original de la Carretera ENACO-Abra Ccorao	Progresiva relativa utilizada en el replanteo
1	185154.627	8503564.419	1+683 Km	0+000 Km
2	185195.883	8503655.506	1+783 Km	0+100 Km
3	185209.019	8503750.287	1+883 Km	0+200 Km
4	185196.461	8503849.071	1+983 Km	0+300 Km
5	185210.600	8503942.542	2+083 Km	0+400 Km
6	185142.416	8504015.184	2+183 Km	0+500 Km
7	185068.477	8504082.390	2+283 Km	0+600 Km
8	184989.392	8504143.277	2+383 Km	0+700 Km
9	184908.379	8504202.074	2+483 Km	0+800 Km
10	184825.453	8504257.572	2+583 Km	0+900 Km
11	184769.490	8504337.612	2+683 Km	1+000 Km
12	184761.526	8504434.972	2+783 Km	1+100 Km
13	184699.817	8504504.249	2+883 Km	1+200 Km
14	184609.489	8504547.180	2+983 Km	1+300 Km
15	184524.096	8504596.973	3+083 Km	1+400 Km
16	184465.914	8504677.448	3+183 Km	1+500 Km
17	184399.786	8504752.860	3+283 Km	1+600 Km
18	184320.028	8504811.238	3+383 Km	1+700 Km
19	184264.521	8504893.996	3+483 Km	1+800 Km
20	184180.434	8504947.791	3+583 Km	1+900 Km
21	184087.142	8504983.659	3+683 Km	2+000 Km
22	183994.705	8505019.170	3+783 Km	2+100 Km
23	183946.329	8505037.755	3+834.04 Km	2+151.04 Km

Fuente: Elaboración propia 2019

### c) Trabajo de campo

- Una vez cargado los datos para el replanteo en la Estación Total Leica TS06 PLUS, se ubicó los puntos en la superficie del pavimento flexible Tramo Sector T'icapata – CC Pumamarca, de la carretera ENACO – Abra Ccorao.







- Para marcar el pavimento se utilizó tizas como marcas temporales de ubicación de las progresivas para las fotografías, y también, se utilizó marcas con pintura color Caterpillar diluidas en thiñer; siempre referenciando las progresivas en alguna superficie de concreto, poste o alcantarilla.
- Estas progresivas marcadas en el pavimento con la pintura, se realizaron de manera que permanezca visible al momento de realizar los ensayos de evaluación funcional del pavimento flexible, con el nivel topográfico; y la evaluación estructural del pavimento con la Viga Benkelman.
- Los replanteos se realizaron en 02 días, 04 y 05 de septiembre del año 2019, con un equipo de trabajo de 03 personas con tareas específicas divididas. En total se replanteo 46 puntos, 23 para la evaluación funcional en el carril de descendente y 23 puntos para la evaluación estructural en el carril de ascendente del pavimento flexible.



*Figura 64.* Cargado de las coordenadas obtenidas en el Civil 3D 2018 a la base de datos de la Estación Total Leica TS06 PLUS, para los replanteos en el gabinete de topografía. Fuente: Elaboración propia 2019



Tabla 58. Datos recolectados del replanteo para la evaluación funcional del pavimento flexible del tramo en estudio de la carretera

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		DATOS DE PUNTOS DE CONTROL REFERENCIALES TOMADOS CON GPS DIFERENCIAL TRIMBLE:						
 TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS ESTIMACIONES DEL PORCENTAJE DE VIDA REMANENTE ÚTIL OBTENIDAS A PARTIR DE UNA EVALUACIÓN FUNCIONAL Y UNA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL, DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL TRAMO TICAPATA - PUMAMARCA EN LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO TRABAJO DE CAMPO : REPLANTEO DE PUNTOS SOBRE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO								
DEPARTAMENTO :	CUSCO	DESCRIPCIÓN:	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	UBICACIÓN		
PROVINCIA :	CUSCO	PUNTO DE CONTROL 1	8503698.925	185221.456	3452.636	SECTOR DE TICAPATA		
DISTRITO :	SAN SEBASTIÁN	PUNTO DE CONTROL 2	8503802.728	185192.76	3455.949	SECTOR DE TICAPATA		
LUGAR:	SECTOR TICAPATA - COMUNIDAD DE PUMAMARCA	PUNTO DE CONTROL 3	8505062.327	183962.785	3557.868	COMUNIDAD DE PUMAMARCA		
DÍA:	1	INICIO	COMUNIDAD CAMPESINA DE PUMAMARCA					
FECHA:	4/09/2019	FINAL	SECTOR DE TICAPATA					
TESISTA:	BACH. VLADIMIR BENITO CÁRDENAS	SENTIDO	CARRIL DE IZQUIERDO DE BAJADA					
PARA EL ENSAYO:	EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL TRAMO DE LA CARRETERA							
INTERVALO :	100 m							
UBICACIÓN:	EN MITAD DE CARRIL							
REPLANTEO DE PUNTOS SOBRE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SECTOR TICAPATA - CC PUMAMARCA, DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO								
PUNTO REPLANTEADO	PROGRESIVA ORIGINAL EN LA CARRETERA - ABRA CCORAO	PROGRESIVA RELATIVA UTILIZADA EN EL REPLANTEO	ESTE	NORTE	COTA TERRENO	CARRIL	MARCA CON PINTURA	REFERENCIA O UBICACIÓN
1	3+834.04 Km	0+000 Km	183945.038	8505034.394	-	IZQUIERDO	BORDE DEL PAVIMENTO	SEÑAL INFORMATIVA
2	3+734 Km	0+100 Km	184038.312	8504998.561	-	IZQUIERDO	BORDE DEL PAVIMENTO	TRAMO RECTO
3	3+634 Km	0+200 Km	184131.661	8504962.700	-	IZQUIERDO	BORDE DEL PAVIMENTO	FITOTOLDO
4	3+534 Km	0+300 Km	184223.371	8504923.864	-	IZQUIERDO	BORDE DEL PAVIMENTO	TERMINANDO LA PRIMERA CURVA
5	3+434 Km	0+400 Km	184289.942	8504852.258	-	IZQUIERDO	BORDE DEL PAVIMENTO	ALCANTARILLA
6	3+334 Km	0+500 Km	184354.606	8504776.684	-	IZQUIERDO	BORDE DEL PAVIMENTO	CURVA
7	3+234 Km	0+600 Km	184432.800	8504716.850	-	IZQUIERDO	BORDE DEL PAVIMENTO	INMUEBLE DE CALAMINAS
8	3+134 Km	0+700 Km	184490.865	8504635.647	-	IZQUIERDO	BORDE DEL PAVIMENTO	TRAMO RECTO
9	3+034 Km	0+800 Km	184562.498	8504567.264	-	IZQUIERDO	BORDE DEL PAVIMENTO	DESVIO A CASA HACIENDA
10	2+934 Km	0+900 Km	184651.620	8504521.678	-	IZQUIERDO	BORDE DEL PAVIMENTO	CERCA A ALCANTARILLA
11	2+834 Km	1+000 Km	184741.829	8504479.655	-	IZQUIERDO	BORDE DEL PAVIMENTO	TRAMO RECTO
12	2+734 Km	1+100 Km	184758.207	8504386.674	-	IZQUIERDO	BORDE DEL PAVIMENTO	TRAMO RECTO
13	2+634 Km	1+200 Km	184790.975	8504293.801	-	IZQUIERDO	BORDE DEL PAVIMENTO	VIVIENDA EN CONSTRUCCIÓN
14	2+534 Km	1+300 Km	184863.815	8504226.767	-	IZQUIERDO	BORDE DEL PAVIMENTO	TRAMO RECTO
15	2+434 Km	1+400 Km	184948.783	8504174.581	-	IZQUIERDO	BORDE DEL PAVIMENTO	FINALIZANDO EL PUENTE
16	2+334 Km	1+500 Km	185024.185	8504108.767	-	IZQUIERDO	BORDE DEL PAVIMENTO	CERCA DE SEÑAL INFORMATIVA
17	2+234 Km	1+600 Km	185100.866	8504045.615	-	IZQUIERDO	BORDE DEL PAVIMENTO	FRENTE DE INSTITUCION EDUCATIVA
18	2+134 Km	1+700 Km	185177.615	8503981.454	-	IZQUIERDO	BORDE DEL PAVIMENTO	BORDE DE PLATAFORMA
19	2+034 Km	1+800 Km	185211.915	8503896.683	-	IZQUIERDO	BORDE DEL PAVIMENTO	CERCA A LA CASA DEL PRESIDENTE
20	1+934 Km	1+900 Km	185197.641	8503800.215	-	IZQUIERDO	BORDE DEL PAVIMENTO	INICIO DE CURVA
21	1+834 Km	2+000 Km	185214.614	8503702.609	-	IZQUIERDO	BORDE DEL PAVIMENTO	FRENTE A RESTAURANT
22	1+734 Km	2+100 Km	185172.293	8503612.580	-	IZQUIERDO	BORDE DEL PAVIMENTO	FRENTE A RESTAURANT
23	1+683 Km	2+151.04 Km	185151.343	8503565.893	-	IZQUIERDO	BORDE DEL PAVIMENTO	PARADERO ARMAVCALLE

Fuente: Elaboración propia 2019



Tabla 59. Datos recolectados del replanteo para la evaluación estructural del pavimento flexible del tramo en estudio de la carretera

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS ESTIMACIONES DEL PORCENTAJE DE VIDA REMANENTE ÚTIL OBTENIDAS A PARTIR DE UNA EVALUACIÓN FUNCIONAL Y UNA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL, DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL TRAMO TICAPATA - PUMAMARCA EN LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO					TRABAJO DE CAMPO : REPLANTEO DE PUNTOS SOBRE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO		
DEPARTAMENTO :	CUSCO	DATOS DE PUNTOS DE CONTROL REFERENCIALES TOMADOS CON GPS DIFERENCIAL TRIMBLE:							
PROVINCIA :	CUSCO	DESCRIPCIÓN:	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	UBICACIÓN			
DISTRITO :	SAN SEBASTIÁN	PUNTO DE CONTROL 1	8503698.925	185221.456	3452.636	SECTOR DE TICAPATA			
LUGAR:	SECTOR TICAPATA - COMUNIDAD DE PUMAMARCA	PUNTO DE CONTROL 2	8503802.728	185192.76	3455.949	SECTOR DE TICAPATA			
DÍA:	2	PUNTO DE CONTROL 3	8505062.327	183962.785	3557.868	COMUNIDAD DE PUMAMARCA			
FECHA:	5/09/2019	INICIO	SECTOR DE TICAPATA						
TESISTA:	BACH. VLADIMIR BENITO CÁRDENAS	FINAL	COMUNIDAD CAMPESIANA DE PUMAMARCA						
PARA EL ENSAYO:	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL TRAMO DE LA CARRETERA	SENTIDO	CARRIL DERECHO DE SUBIDA						
INTERVALO :	100 m								
UBICACIÓN:	EN MITAD DE CARRIL								
<b>REPLANTEO DE PUNTOS SOBRE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO SECTOR TICAPATA - CC PUMAMARCA, DE LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO</b>									
PUNTO REPLANTEADO	PROGRESIVA ORIGINAL EN LA CARRETERA - ABRA CCORAO	PROGRESIVA RELATIVA UTILIZADA EN EL REPLANTEO	ESTE	NORTE	COTA TERRENO	CARRIL	MARCA CON PINTURA	REFERENCIA O UBICACIÓN	
1	1+683 Km	0+000 Km	185154.627	8503564.419	-	DERECHO	BORDE DEL PAVIMENTO	PARADERO DE TICAPATA	
2	1+783 Km	0+100 Km	185195.883	8503655.506	-	DERECHO	BORDE DEL PAVIMENTO	FRENTE AL RESTAURANT	
3	1+883 Km	0+200 Km	185209.019	8503750.287	-	DERECHO	BORDE DEL PAVIMENTO	FINAL DE LA PRIMERA CURVA	
4	1+983 Km	0+300 Km	185196.461	8503849.071	-	DERECHO	BORDE DEL PAVIMENTO	CASA DEL PRESIDENTE DE TICAPATA	
5	2+083 Km	0+400 Km	185210.600	8503942.542	-	DERECHO	BORDE DEL PAVIMENTO	FRENTE A LA EXPLANADA	
6	2+183 Km	0+500 Km	185142.416	8504015.184	-	DERECHO	BORDE DEL PAVIMENTO	CERCA A LA SEÑAL INFORMATIVA	
7	2+283 Km	0+600 Km	185068.477	8504082.390	-	DERECHO	BORDE DEL PAVIMENTO	INICIO DEL PUENTE DE CONCRETO	
8	2+383 Km	0+700 Km	184989.392	8504143.277	-	DERECHO	BORDE DEL PAVIMENTO	TRAMO RECTO	
9	2+483 Km	0+800 Km	184908.379	8504202.074	-	DERECHO	BORDE DEL PAVIMENTO	CASA DE MATERIAL NOBLE	
10	2+583 Km	0+900 Km	184825.453	8504257.572	-	DERECHO	BORDE DEL PAVIMENTO	TRAMO CURVO	
11	2+683 Km	1+000 Km	184769.490	8504337.612	-	DERECHO	BORDE DEL PAVIMENTO	TRAMO RECTO	
12	2+783 Km	1+100 Km	184761.526	8504434.972	-	DERECHO	BORDE DEL PAVIMENTO	TRAMO RECTO	
13	2+883 Km	1+200 Km	184699.817	8504504.249	-	DERECHO	BORDE DEL PAVIMENTO	ALCANTARILLA	
14	2+983 Km	1+300 Km	184609.489	8504547.180	-	DERECHO	BORDE DEL PAVIMENTO	DESVÍO A CASA HACIENDA	
15	3+083 Km	1+400 Km	184524.096	8504596.973	-	DERECHO	BORDE DEL PAVIMENTO	TRAMO RECTO	
16	3+183 Km	1+500 Km	184465.915	8504677.448	-	DERECHO	BORDE DEL PAVIMENTO	TRAMO RECTO	
17	3+283 Km	1+600 Km	184399.787	8504752.860	-	DERECHO	BORDE DEL PAVIMENTO	CERCA A CASA DE CALAMINA	
18	3+383 Km	1+700 Km	184320.028	8504811.238	-	DERECHO	BORDE DEL PAVIMENTO	TRAMO RECTO	
19	3+483 Km	1+800 Km	184264.521	8504893.996	-	DERECHO	BORDE DEL PAVIMENTO	ALCANTARILLA	
20	3+583 Km	1+900 Km	184180.434	8504947.791	-	DERECHO	BORDE DEL PAVIMENTO	INICIO DE CURVA	
21	3+683 Km	2+000 Km	184087.142	8504983.659	-	DERECHO	BORDE DEL PAVIMENTO	TRAMO RECTO	
22	3+783 Km	2+100 Km	183994.705	8505019.170	-	DERECHO	BORDE DEL PAVIMENTO	TRAMO RECTO	
23	3+834.04 Km	2+151.04 Km	183946.329	8505037.755	-	DERECHO	BORDE DEL PAVIMENTO	SEÑAL INFORMATIVA	

Fuente: Elaboración propia 2019





*Figura 66.* Progresiva relativa 0+000 Km equivalente a la progresiva 1+683 Km, en el carril de ascendente, para la evaluación estructural en el sector de T'icapata. Fuente: Elaboración propia 2019



*Figura 65.* Progresiva relativa 0+000 Km equivalente a la progresiva 3+834 Km, del carril de descendente, para la evaluación funcional en el sector de la CC de Pumamarca. Fuente: Elaboración propia 2019



*Figura 67.* Replanteo con la Estación Total Leica TS06 PLUS, con la función para replantear. Fuente: Elaboración propia 2019.



*Figura 68.* Replanteo cada 100 m desde CC Pumamarca hasta Sector T'icapata en el carril de descendente. Fuente: Elaboración propia 2019.





*Figura 69.* Marcado con tiza del punto de replanteo en la mitad del carril y con pintura en el borde del pavimento. Fuente: Elaboración propia 2019.



*Figura 70.* Replanteo cada 100 m desde Sector de T'icapata hasta la CC de Pumamarca en el carril de ascendente. Fuente: Elaboración propia.





### 3.7.5. Análisis funcional del pavimento flexible del tramo Sector T'icapata – CC Pumamarca, de la carretera ENACO – Abra Ccorao

#### a) Equipos utilizados en la prueba

- Nivel Automático Leica NA728
- Trípode Leica soporte para el nivel
- Mira marca Leica
- Burbuja nivelante para fijar en la mira
- Cinta métrica Stanley de 5 y 30 metros
- Jalones
- Aplicación de libreta electrónica topográfica para nivelación en el celular
- Tizas y pintura
- Clavos y estacas
- Equipos de radio-comunicación
- Elementos de seguridad como chalecos y conos

#### b) Procedimiento

- La evaluación funcional del pavimento se realizó a partir del cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en m/km.
- Teniendo en cuenta que el Reglamento Nacional de Vehículos –RNV, establece que el ancho entre los ejes de ruedas en un vehículo estándar en el Perú es de 1.40 m, pero existen muchos otros vehículos con un ancho entre los ejes de las ruedas hasta de 1.60 m.
- Inicialmente, se procedió a la ubicación de la línea longitudinal en donde se tomó el perfil, en el carril de descendente y en el carril de ascendente. Utilizamos el Caso II, en donde se calculó la huella longitudinal del centro del carril a 0.70 m, sólo se midió la huella externa en cada carril; Se empezó en la progresiva 3+834 Km de la Carretera ENACO – Abra Ccorao, ubicado en la señal informativa en la CC de Pumamarca, el cual fue

referenciada como la progresiva relativa 0+000 hasta la progresiva original de 1+683 Km ubicado en el Sector de T'icapata.



Figura 72. Ubicación del Centro en el carril de descendente de longitud de 3.60 m. En la progresiva original de 3+834 Km de la Carretera ENACO – Abra Ccorao, en la CC de Pumamarca. Fuente: Elaboración propia 2019



Figura 71. Ubicación del punto de inicio a 0.70 m del centro del carril de descendente en la carretera ENACO – Abra Ccorao. Fuente: Elaboración propia 2019

- La ubicación de la línea longitudinal en lo sucesivo se ubicó a 1.10 m de borde del pavimento.



Figura 73. Ubicación de la línea longitudinal a 1.10 m del borde del pavimento. Fuente: Elaboración propia 2019

- La Sociedad Americana para Pruebas y Materiales – ASTM, en su norma Método de prueba estándar para medir la rugosidad de la carretera mediante el método de nivel estático, E 1364 – 95(2005), describe el procedimiento y consideraciones para la





evaluación funcional del pavimento a través del cálculo del IRI. La norma utiliza como unidades estándar al inch –pound units o pulgadas-libra unidades, y da en paréntesis, las conversiones de estas unidades al Sistema Internacional de Unidades – SI. Estas deben de ser consideradas como referenciales y no como estándar para la norma citada.

- Previo a la evaluación funcional, la norma indica que se debe de elegir el grado de incertidumbre o error, el cual, es propio del instrumento de medición. En la presente investigación se utilizó un Nivel Automático Leica NA728, con una fecha de calibración del 24 de mayo del 2019 por EMEI PERÚ con razón social en Av. Los Incas 933 Wanchaq, Cusco. Se adjunta el certificado de calibración en los anexos; en donde indica que el nivel topográfico tiene una precisión de 2 mm.
- En el antecedente bibliográfico local Sanchez y Gutierrez (Tesis de Pregrado, 2017) realizado en la carretera ENACO – Abra Ccorao, se estimó con el rugosímetro MERLIN, en el tramo Sector de T'icapata – CC Pumamarca, un IRI que fluctúa entre 1 y 5.
- La fluctuación del valor del Índice de Rugosidad Internacional - IRI en un rango de 1 – 5, la tabla de precisión indicada en el en la norma Método de prueba estándar para medir la rugosidad de la carretera mediante el método de nivel estático, E 1364 – 95(2005), la precisión de 2 mm del nivel del ingeniero; encuadran a la evaluación funcional de Clase 2.
- Una vez encuadrado la clase de la evaluación funcional, la norma indica que el máximo intervalo de medida en la línea longitudinal de huella de neumático, es de hasta 2.0 pies (610 mm). En la presente investigación se realizó con un intervalo entre punto y punto de 500 mm o 0.5 m.



- La Sociedad Americana para Pruebas y Materiales – ASTM, en su norma Método de prueba estándar para medir la rugosidad de la carretera mediante el método de nivel estático, E 1364 – 95(2005), indica que una vez ubicado la línea longitudinal para evaluar el Índice de Rugosidad Internacional - IRI, se debe de dividir ésta en unidades de muestreo, los cuales no deben de ser mayores a 50 pies (15 metros), se registraron 288 unidades de muestreo; 144 unidades de muestreo en el carril de descendente y 144 unidades de muestreo en carril de ascendente del pavimento flexible del tramo Sector T'icapata – CC Pumamarca de la carretera ENACO – Abra Ccorao.
- A continuación, se menciona los pasos y consideraciones que se siguió en la toma de datos de una unidad de muestra de 15 metros, con una cuadrilla: de 01 topógrafo, 01 persona con la mira, 01 persona que anota en el celular las vistas obtenidas y 01 persona realiza las marcas en el pavimento con tiza.
  - Inicialmente, se realizó el estacionamiento del nivel del ingeniero, en la norma se sugiere que se halle estacionado el nivel alineada longitudinalmente a la línea de huella a medir, por motivos de seguridad en la presente investigación se ubicó el nivel topográfico en la berma del pavimento, entre dos o tres metros de la línea de ahuellamiento; esto se realizó con los elementos de seguridad como chalecos y conos de seguridad en la unidad de muestreo a medir.





*Figura 74.* Estacionamiento general en la berma del pavimento, del nivel topográfico en la evaluación de una unidad de muestra. Fuente: Elaboración propia 2019

- Se empezó en la progresiva relativa 0+000 km en la comunidad de Pumamarca, del carril de descendente. La nivelación fue de tipo cerrada cada 500 metros, por lo que la distancia total en la nivelación contando el carril de descendente y el ascendente es aproximadamente 1000 metros o 1 km. Se colocaron 1 BM por 500 metros de nivelación, éste se referenció con pintura. Se tomó la cota base del Punto de Control Geodésico P.C.3 ubicado en la Comunidad de Pumamarca.



*Figura 75.* Inicio de la nivelación cerrada en el P.C.3 de la CC. De Pumamarca. Fuente: Elaboración propia 2019

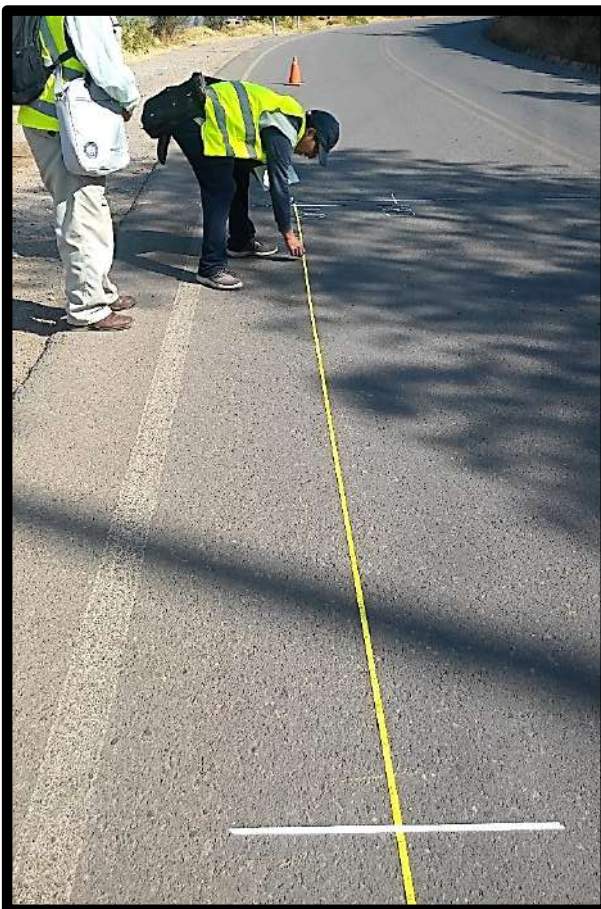


*Figura 76.* Se ubicó y marcó con pintura CATERPILLAR los BM's de nivelación, aproximadamente a 1 BM cada 500 metros. Fuente: Elaboración propia 2019





- Luego de ubicar la línea de huella del perfil a una distancia de 1.10 m del borde del pavimento, se extendió la cinta métrica de 30m, se fijó con cinta masking tape; y se establecieron los puntos de inicio y final de la unidad de muestreo. A continuación, se marcó con tiza en el pavimento con la cinta métrica extendida a intervalos de 0.5 m.



*Figura 77.* Extendido y fijado de la cinta métrica de 30, sobre la línea de huella externa del neumático, a 1.10 m del borde. Fuente: Elaboración propia 2019



*Figura 78.* Marcado con tiza a un intervalo de 0.5 m en la unidad de muestreo de 15 m. Fuente: Elaboración propia 2019

- Finalmente, con el lado milimetrado de la Mira, se procedió a tomar las vistas intermedias ubicadas en las líneas marcadas con la tiza.



- El rendimiento de trabajo promedio por día con el personal fue de 500 metros, los factores que puede introducir errores en la aplicación del método, según la norma: Método de prueba estándar para medir la rugosidad de la carretera mediante el método de nivel estático, E 1364 – 95(2005), son:
  - La entrada y registro de los datos, debido a la cantidad enorme de puntos que se registró en la nivelación; este factor se minimizó con el uso del aplicativo de Nivelación Topográfica en el celular.
  - La distancia entre los puntos de cambio, el cual no debe de ser mayor a 80 metros, de modo que un punto de cambio tenga un radio de acción de 40 metros a la redonda.



*Figura 79.* Toma de las vistas intermedias a 0.5 m de la línea de huella externa del neumático, con el lado milimetrodo de la mira. La distancia entre la mira y el nivel topográfico no debe de exceder de 40 metros. Fuente: Elaboración propia 2019.

- Es necesario indicar que, debido a la utilización de una longitud de unidad de muestra de 15 metros, y la longitud





total es de 2151 metros, existe un error acumulativo introducido en el marcado del pavimento. Esto se minimizó con el replanteo a 100 metros de progresivas relativas referenciales, con la Estación Total Leica TS06 PLUS, ubicados en los bordes del pavimento en el carril de descendente para la Evaluación Funcional, indicados en el ensayo anterior.

- A pesar de ello, la norma indica que no es tan significativo el error acumulativo en la presente prueba. Específicamente la norma indica que el error acumulativo que se genera con cada configuración de nivelación generalmente no es un problema cuando el análisis del IRI es usado. Para otras aplicaciones (por ejemplo, validar un aparato de perfil inercial) el error acumulativo debe requerir un mayor control estricto.



*Figura 80.* Burbuja nivelante acoplada a la mira, para evitar el error introducido en la desviación de la mira de la verdadera línea vertical. Fuente: Elaboración propia 2019.





Figura 81. Nivelación en la progresiva relativa 2+000 km, en el Sector T'icapata. Fuente: Elaboración propia 2019.

### c) Toma de datos

- Los datos tomados, como en la sección se instrumentos de ingeniería se indicó, fueron almacenados en un aplicativo de Google Play Store Libreta Topográfica.



Figura 82. Aplicativo de libreta topográfica para trabajos de nivelación en campo. Fuente: Google Play Store.



- La aplicación, Libreta Topográfica – Nivelación Geométrica Gratis, es un App de Google Store con versión actual de 1.9.1, actualizada del 22 de agosto del 2018; y está disponible para Android 5.0 o versiones posteriores. El método de ingreso de datos en el aplicativo es similar a un cuaderno de campo, los datos de un proyecto se pueden exportar en extensión CSV en Excel.



Figura 83. Libreta de campo digital, especialmente para toma de datos de una nivelación. Fuente: Google Play Store





Figura 84. Facilidad de exportación de los datos obtenidos en formato CSV. Fuente: Google Play Store

- Los datos obtenidos con el aplicativo Libreta Electrónica fueron exportados a una hoja en formato CSV. Posteriormente estos fueron transcritos y colocados en los formatos indicados en el capítulo III, referente a los instrumentos metodológicos de recolección de datos en la evaluación funcional.
- Se obtuvieron un número total de 8000 mediciones en la nivelación. Debido a la gran cantidad de datos, sólo se muestran los datos de los 110 primeros metros, éstos pertenecen a la huella externa del carril de descendente. El total datos se adjunta en el disco compacto del anexo de la investigación.



Tabla 60. Datos obtenidos de la nivelación cerrada con mira y nivel topográfico del pavimento flexible, de los 100 m en el carril de izquierdo de descendente del tramo en estudio.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO													
TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS ESTIMACIONES DEL PORCENTAJE DE VIDA REMANENTE ÚTIL OBTENIDAS A PARTIR DE UNA EVALUACIÓN FUNCIONAL Y UNA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL, DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL TRAMO TICAPATA - PUMAMARCA EN LA CARRETERA ENACO - ABRA CCORAO													
TRABAJO DE CAMPO : LIBRETA DE CAMPO DE LA NIVELACIÓN CERRADA													
 													
DEPARTAMENTO :			DATOS DE PUNTOS DE CONTROL REFERENCIALES TOMADOS CON GPS DIFERENCIAL TRIMBLE:										
PROVINCIA :			DESCRIPCIÓN:	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	UBICACIÓN						
DISTRITO :			PUNTO DE CONTROL 1	8503698.925	185221.456	3452.636	SECTOR DE TICAPATA						
LUGAR:			PUNTO DE CONTROL 2	8503802.728	185192.76	3455.949	SECTOR DE TICAPATA						
DÍA:			PUNTO DE CONTROL 3	8505062.327	183962.785	3557.868	COMUNIDAD DE PUMAMARCA						
FECHA:			PROGRESIVA DE INICIO 0+000 Km										
TESISTA:			PROGRESIVA FINAL 0+510 Km										
PRECISIÓN DE NIVEL:													
TIPO DE MEDICIÓN:			EVALUACIÓN CLASE II										
PUNTO VISADO	DISTANCIA (m)	DISTANCIA ACUMULADA (m)	VISTA ATRÁS	ALTURA INSTRUMENTAL	VISTA INTERMEDIA	VISTA ADELANTE	COTA TERRENO CALCULADAS	CARRIL	SENTIDO DE LA NIVELACIÓN	ALTURA A COMPENSAR	ALTURA INSTRUMENTAL CORREGIDA	COTA TERRENO COMPENSADA	OBSERVACIÓN
P.C. 3		1.299		3559.167			3557.868				3559.167	3557.868	COMUNIDAD DE PUMAMARCA
1	0.00	0.00			1.436		3557.731	IZQUIERDO	IDA			3557.731	
2	0.50	0.50			1.437		3557.730	IZQUIERDO	IDA			3557.730	
3	0.50	1.00			1.438		3557.729	IZQUIERDO	IDA			3557.729	
4	0.50	1.50			1.447		3557.720	IZQUIERDO	IDA			3557.720	
5	0.50	2.00			1.457		3557.710	IZQUIERDO	IDA			3557.710	
6	0.50	2.50			1.468		3557.699	IZQUIERDO	IDA			3557.699	
7	0.50	3.00			1.480		3557.687	IZQUIERDO	IDA			3557.687	
8	0.50	3.50			1.491		3557.676	IZQUIERDO	IDA			3557.676	
9	0.50	4.00			1.501		3557.666	IZQUIERDO	IDA			3557.666	
10	0.50	4.50			1.514		3557.653	IZQUIERDO	IDA			3557.653	
11	0.50	5.00			1.525		3557.642	IZQUIERDO	IDA			3557.642	
12	0.50	5.50			1.535		3557.632	IZQUIERDO	IDA			3557.632	
13	0.50	6.00			1.543		3557.624	IZQUIERDO	IDA			3557.624	
14	0.50	6.50			1.553		3557.614	IZQUIERDO	IDA			3557.614	
15	0.50	7.00			1.560		3557.607	IZQUIERDO	IDA			3557.607	

Continúa...



PUNTO VISADO	DISTANCIA (m)	DISTANCIA ACUMULADA (m)	VISTA ATRÁS	ALTURA INSTRUMENTAL	VISTA INTERMEDIA	VISTA ADELANTE	COTA TERRENO	CARRIL	SENTIDO DE LA NIVELACIÓN	OBSERVACIÓN
16	0.50	7.50			1.567		3557.600	IZQUIERDO	IDA	
17	0.50	8.00			1.575		3557.592	IZQUIERDO	IDA	
18	0.50	8.50			1.579		3557.588	IZQUIERDO	IDA	
19	0.50	9.00			1.587		3557.580	IZQUIERDO	IDA	
20	0.50	9.50			1.597		3557.570	IZQUIERDO	IDA	
21	0.50	10.00			1.605		3557.562	IZQUIERDO	IDA	
22	0.50	10.50			1.613		3557.554	IZQUIERDO	IDA	
23	0.50	11.00			1.631		3557.536	IZQUIERDO	IDA	
24	0.50	11.50			1.640		3557.527	IZQUIERDO	IDA	
25	0.50	12.00			1.649		3557.518	IZQUIERDO	IDA	
26	0.50	12.50			1.656		3557.511	IZQUIERDO	IDA	
27	0.50	13.00			1.665		3557.502	IZQUIERDO	IDA	
28	0.50	13.50			1.674		3557.493	IZQUIERDO	IDA	
29	0.50	14.00			1.681		3557.486	IZQUIERDO	IDA	
30	0.50	14.50			1.690		3557.477	IZQUIERDO	IDA	
31	0.50	15.00			1.696		3557.471	IZQUIERDO	IDA	
32	0.50	15.50			1.706		3557.461	IZQUIERDO	IDA	
33	0.50	16.00			1.715		3557.452	IZQUIERDO	IDA	
34	0.50	16.50			1.724		3557.443	IZQUIERDO	IDA	
35	0.50	17.00			1.731		3557.436	IZQUIERDO	IDA	
36	0.50	17.50			1.740		3557.427	IZQUIERDO	IDA	
37	0.50	18.00			1.749		3557.418	IZQUIERDO	IDA	
38	0.50	18.50			1.757		3557.410	IZQUIERDO	IDA	
39	0.50	19.00			1.767		3557.400	IZQUIERDO	IDA	
40	0.50	19.50			1.778		3557.389	IZQUIERDO	IDA	
41	0.50	20.00			1.808		3557.359	IZQUIERDO	IDA	
42	0.50	20.50			1.796		3557.371	IZQUIERDO	IDA	
43	0.50	21.00			1.809		3557.358	IZQUIERDO	IDA	
44	0.50	21.50			1.816		3557.351	IZQUIERDO	IDA	
45	0.50	22.00			1.827		3557.340	IZQUIERDO	IDA	
46	0.50	22.50			1.839		3557.328	IZQUIERDO	IDA	
47	0.50	23.00			1.848		3557.319	IZQUIERDO	IDA	
48	0.50	23.50			1.858		3557.309	IZQUIERDO	IDA	
49	0.50	24.00			1.865		3557.302	IZQUIERDO	IDA	
50	0.50	24.50			1.873		3557.294	IZQUIERDO	IDA	

Continúa...





PUNTO VISADO	DISTANCIA (m)	DISTANCIA ACUMULADA (m)	VISTA ATRÁS	ALTURA INSTRUMENTAL	VISTA INTERMEDIA	VISTA ADELANTE	COTA TERRENO	CARRIL	SENTIDO DE LA NIVELACIÓN	OBSERVACIÓN
51	0.50	25.00	1.214	3558.502		1.879	3557.288	IZQUIERDO	IDA	
52	0.50	25.50			1.224		3557.278	IZQUIERDO	IDA	
53	0.50	26.00			1.234		3557.268	IZQUIERDO	IDA	
54	0.50	26.50			1.242		3557.260	IZQUIERDO	IDA	
55	0.50	27.00			1.249		3557.253	IZQUIERDO	IDA	
56	0.50	27.50			1.254		3557.248	IZQUIERDO	IDA	
57	0.50	28.00			1.260		3557.242	IZQUIERDO	IDA	
58	0.50	28.50			1.268		3557.234	IZQUIERDO	IDA	
59	0.50	29.00			1.273		3557.229	IZQUIERDO	IDA	
60	0.50	29.50			1.279		3557.223	IZQUIERDO	IDA	
61	0.50	30.00			1.286		3557.216	IZQUIERDO	IDA	
62	0.50	30.50			1.292		3557.210	IZQUIERDO	IDA	
63	0.50	31.00			1.299		3557.203	IZQUIERDO	IDA	
64	0.50	31.50			1.309		3557.193	IZQUIERDO	IDA	
65	0.50	32.00			1.317		3557.185	IZQUIERDO	IDA	
66	0.50	32.50			1.324		3557.178	IZQUIERDO	IDA	
67	0.50	33.00			1.329		3557.173	IZQUIERDO	IDA	
68	0.50	33.50			1.335		3557.167	IZQUIERDO	IDA	
69	0.50	34.00			1.342		3557.160	IZQUIERDO	IDA	
70	0.50	34.50			1.347		3557.155	IZQUIERDO	IDA	
71	0.50	35.00			1.350		3557.152	IZQUIERDO	IDA	
72	0.50	35.50			1.355		3557.147	IZQUIERDO	IDA	
73	0.50	36.00			1.361		3557.141	IZQUIERDO	IDA	
74	0.50	36.50			1.366		3557.136	IZQUIERDO	IDA	
75	0.50	37.00			1.371		3557.131	IZQUIERDO	IDA	
76	0.50	37.50			1.376		3557.126	IZQUIERDO	IDA	
77	0.50	38.00			1.382		3557.120	IZQUIERDO	IDA	
78	0.50	38.50			1.389		3557.113	IZQUIERDO	IDA	
79	0.50	39.00			1.396		3557.106	IZQUIERDO	IDA	
80	0.50	39.50			1.403		3557.099	IZQUIERDO	IDA	
81	0.50	40.00			1.409		3557.093	IZQUIERDO	IDA	
82	0.50	40.50			1.416		3557.086	IZQUIERDO	IDA	
83	0.50	41.00			1.423		3557.079	IZQUIERDO	IDA	
84	0.50	41.50			1.431		3557.071	IZQUIERDO	IDA	
85	0.50	42.00			1.440		3557.062	IZQUIERDO	IDA	

Continúa...



PUNTO VISADO	DISTANCIA (m)	DISTANCIA ACUMULADA (m)	VISTA ATRÁS	ALTURA INSTRUMENTAL	VISTA INTERMEDIA	VISTA ADELANTE	COTA TERRENO	CARRIL	SENTIDO DE LA NIVELACIÓN	OBSERVACIÓN
86	0.50	42.50			1.447		3557.055	IZQUIERDO	IDA	
87	0.50	43.00			1.455		3557.047	IZQUIERDO	IDA	
88	0.50	43.50			1.464		3557.038	IZQUIERDO	IDA	
89	0.50	44.00			1.472		3557.030	IZQUIERDO	IDA	
90	0.50	44.50			1.480		3557.022	IZQUIERDO	IDA	
91	0.50	45.00			1.489		3557.013	IZQUIERDO	IDA	
92	0.50	45.50			1.496		3557.006	IZQUIERDO	IDA	
93	0.50	46.00			1.505		3556.997	IZQUIERDO	IDA	
94	0.50	46.50			1.512		3556.990	IZQUIERDO	IDA	
95	0.50	47.00			1.520		3556.982	IZQUIERDO	IDA	
96	0.50	47.50			1.525		3556.977	IZQUIERDO	IDA	
97	0.50	48.00			1.534		3556.968	IZQUIERDO	IDA	
98	0.50	48.50			1.540		3556.962	IZQUIERDO	IDA	
99	0.50	49.00			1.549		3556.953	IZQUIERDO	IDA	
100	0.50	49.50			1.555		3556.947	IZQUIERDO	IDA	
101	0.50	50.00			1.565		3556.937	IZQUIERDO	IDA	
102	0.50	50.50			1.571		3556.931	IZQUIERDO	IDA	
103	0.50	51.00			1.580		3556.922	IZQUIERDO	IDA	
104	0.50	51.50			1.585		3556.917	IZQUIERDO	IDA	
105	0.50	52.00			1.593		3556.909	IZQUIERDO	IDA	
106	0.50	52.50			1.600		3556.902	IZQUIERDO	IDA	
107	0.50	53.00			1.607		3556.895	IZQUIERDO	IDA	
108	0.50	53.50			1.615		3556.887	IZQUIERDO	IDA	
109	0.50	54.00			1.623		3556.879	IZQUIERDO	IDA	
110	0.50	54.50			1.626		3556.876	IZQUIERDO	IDA	
111	0.50	55.00			1.633		3556.869	IZQUIERDO	IDA	
112	0.50	55.50			1.638		3556.864	IZQUIERDO	IDA	
113	0.50	56.00			1.644		3556.858	IZQUIERDO	IDA	
114	0.50	56.50			1.648		3556.854	IZQUIERDO	IDA	
115	0.50	57.00			1.653		3556.849	IZQUIERDO	IDA	
116	0.50	57.50			1.657		3556.845	IZQUIERDO	IDA	
117	0.50	58.00			1.663		3556.839	IZQUIERDO	IDA	
118	0.50	58.50			1.668		3556.834	IZQUIERDO	IDA	
119	0.50	59.00			1.703		3556.799	IZQUIERDO	IDA	
120	0.50	59.50			1.679		3556.823	IZQUIERDO	IDA	

Continúa...



PUNTO VISADO	DISTANCIA (m)	DISTANCIA ACUMULADA (m)	VISTA ATRÁS	ALTURA INSTRUMENTAL	VISTA INTERMEDIA	VISTA ADELANTE	COTA TERRENO	CARRIL	SENTIDO DE LA NIVELACIÓN	OBSERVACIÓN
121	0.50	60.00			1.685		3556.817	IZQUIERDO	IDA	
122	0.50	60.50			1.690		3556.812	IZQUIERDO	IDA	
123	0.50	61.00			1.693		3556.809	IZQUIERDO	IDA	
124	0.50	61.50			1.697		3556.805	IZQUIERDO	IDA	
125	0.50	62.00			1.702		3556.800	IZQUIERDO	IDA	
126	0.50	62.50			1.707		3556.795	IZQUIERDO	IDA	
127	0.50	63.00			1.713		3556.789	IZQUIERDO	IDA	
128	0.50	63.50			1.720		3556.782	IZQUIERDO	IDA	
129	0.50	64.00			1.725		3556.777	IZQUIERDO	IDA	
130	0.50	64.50			1.730		3556.772	IZQUIERDO	IDA	
131	0.50	65.00			1.738		3556.764	IZQUIERDO	IDA	
132	0.50	65.50			1.740		3556.762	IZQUIERDO	IDA	
141	0.25	65.75	1.088	3557.847		1.743	3556.759	IZQUIERDO	IDA	
142	0.25	66.00			1.093		3556.754	IZQUIERDO	IDA	
143	0.50	66.50			1.130		3556.717	IZQUIERDO	IDA	
144	0.50	67.00			1.110		3556.737	IZQUIERDO	IDA	
145	0.50	67.50			1.119		3556.728	IZQUIERDO	IDA	
146	0.50	68.00			1.123		3556.724	IZQUIERDO	IDA	
147	0.50	68.50			1.129		3556.718	IZQUIERDO	IDA	
148	0.50	69.00			1.136		3556.711	IZQUIERDO	IDA	
149	0.50	69.50			1.145		3556.702	IZQUIERDO	IDA	
150	0.50	70.00			1.150		3556.697	IZQUIERDO	IDA	
151	0.50	70.50			1.155		3556.692	IZQUIERDO	IDA	
152	0.50	71.00			1.163		3556.684	IZQUIERDO	IDA	
153	0.50	71.50			1.167		3556.680	IZQUIERDO	IDA	
154	0.50	72.00			1.172		3556.675	IZQUIERDO	IDA	
155	0.50	72.50			1.180		3556.667	IZQUIERDO	IDA	
156	0.50	73.00			1.185		3556.662	IZQUIERDO	IDA	
157	0.50	73.50			1.192		3556.655	IZQUIERDO	IDA	
158	0.50	74.00			1.198		3556.649	IZQUIERDO	IDA	
159	0.50	74.50			1.203		3556.644	IZQUIERDO	IDA	
160	0.50	75.00			1.210		3556.637	IZQUIERDO	IDA	
161	0.50	75.50			1.216		3556.631	IZQUIERDO	IDA	
162	0.50	76.00			1.223		3556.624	IZQUIERDO	IDA	
163	0.50	76.50			1.228		3556.619	IZQUIERDO	IDA	
164	0.50	77.00			1.233		3556.614	IZQUIERDO	IDA	
165	0.50	77.50			1.238		3556.609	IZQUIERDO	IDA	

Continúa...



PUNTO VISADO	DISTANCIA (m)	DISTANCIA ACUMULADA (m)	VISTA ATRÁS	ALTURA INSTRUMENTAL	VISTA INTERMEDIA	VISTA ADELANTE	COTA TERRENO	CARRIL	SENTIDO DE LA NIVELACIÓN	OBSERVACIÓN
166	0.50	78.00			1.243		3556.604	IZQUIERDO	IDA	
167	0.50	78.50			1.249		3556.598	IZQUIERDO	IDA	
168	0.50	79.00			1.254		3556.593	IZQUIERDO	IDA	
169	0.50	79.50			1.259		3556.588	IZQUIERDO	IDA	
170	0.50	80.00			1.262		3556.585	IZQUIERDO	IDA	
171	0.50	80.50			1.269		3556.578	IZQUIERDO	IDA	
172	0.50	81.00			1.275		3556.572	IZQUIERDO	IDA	
173	0.50	81.50			1.281		3556.566	IZQUIERDO	IDA	
174	0.50	82.00			1.287		3556.560	IZQUIERDO	IDA	
175	0.50	82.50			1.293		3556.554	IZQUIERDO	IDA	
176	0.50	83.00			1.296		3556.551	IZQUIERDO	IDA	
177	0.50	83.50			1.300		3556.547	IZQUIERDO	IDA	
178	0.50	84.00			1.306		3556.541	IZQUIERDO	IDA	
179	0.50	84.50			1.309		3556.538	IZQUIERDO	IDA	
180	0.50	85.00			1.314		3556.533	IZQUIERDO	IDA	
181	0.50	85.50			1.319		3556.528	IZQUIERDO	IDA	
182	0.50	86.00			1.325		3556.522	IZQUIERDO	IDA	
183	0.50	86.50			1.332		3556.515	IZQUIERDO	IDA	
184	0.50	87.00			1.346		3556.501	IZQUIERDO	IDA	
185	0.50	87.50			1.342		3556.505	IZQUIERDO	IDA	
186	0.50	88.00			1.348		3556.499	IZQUIERDO	IDA	
187	0.50	88.50			1.354		3556.493	IZQUIERDO	IDA	
188	0.50	89.00			1.360		3556.487	IZQUIERDO	IDA	
189	0.50	89.50			1.365		3556.482	IZQUIERDO	IDA	
190	0.50	90.00			1.372		3556.475	IZQUIERDO	IDA	
191	0.50	90.50			1.377		3556.462	IZQUIERDO	IDA	
192	0.50	91.00			1.385		3556.455	IZQUIERDO	IDA	
193	0.50	91.50			1.392		3556.449	IZQUIERDO	IDA	
194	0.50	92.00			1.398		3556.443	IZQUIERDO	IDA	
195	0.50	92.50			1.404		3556.432	IZQUIERDO	IDA	
196	0.50	93.00			1.415		3556.430	IZQUIERDO	IDA	
197	0.50	93.50			1.417		3556.422	IZQUIERDO	IDA	
198	0.50	94.00			1.425		3556.415	IZQUIERDO	IDA	
199	0.50	94.50			1.432		3556.408	IZQUIERDO	IDA	
200	0.50	95.00			1.439		3556.408	IZQUIERDO	IDA	

Continúa...





PUNTO VISADO	DISTANCIA (m)	DISTANCIA ACUMULADA (m)	VISTA ATRÁS	ALTURA INSTRUMENTAL	VISTA INTERMEDIA	VISTA ADELANTE	COTA TERRENO	CARRIL	SENTIDO DE LA NIVELACIÓN	OBSERVACIÓN
201	0.50	95.50			1.445		3556.402	IZQUIERDO	IDA	
202	0.50	96.00			1.449		3556.398	IZQUIERDO	IDA	
203	0.50	96.50			1.455		3556.392	IZQUIERDO	IDA	
204	0.50	97.00			1.459		3556.388	IZQUIERDO	IDA	
205	0.50	97.50			1.466		3556.381	IZQUIERDO	IDA	
206	0.50	98.00			1.473		3556.374	IZQUIERDO	IDA	
207	0.50	98.50			1.478		3556.369	IZQUIERDO	IDA	
208	0.50	99.00			1.485		3556.362	IZQUIERDO	IDA	
209	0.50	99.50			1.489		3556.358	IZQUIERDO	IDA	
210	0.50	100.00			1.494		3556.353	IZQUIERDO	IDA	
211	0.50	100.50			1.499		3556.348	IZQUIERDO	IDA	
212	0.50	101.00			1.505		3556.342	IZQUIERDO	IDA	
213	0.50	101.50			1.512		3556.335	IZQUIERDO	IDA	
214	0.50	102.00			1.517		3556.330	IZQUIERDO	IDA	
215	0.50	102.50			1.526		3556.321	IZQUIERDO	IDA	
216	0.50	103.00			1.530		3556.317	IZQUIERDO	IDA	
217	0.50	103.50			1.537		3556.310	IZQUIERDO	IDA	
218	0.50	104.00			1.544		3556.303	IZQUIERDO	IDA	
219	0.50	104.50			1.549		3556.298	IZQUIERDO	IDA	
220	0.50	105.00			1.555		3556.292	IZQUIERDO	IDA	
221	0.50	105.50			1.562		3556.285	IZQUIERDO	IDA	
222	0.50	106.00			1.567		3556.280	IZQUIERDO	IDA	
223	0.50	106.50			1.575		3556.272	IZQUIERDO	IDA	
224	0.50	107.00			1.580		3556.267	IZQUIERDO	IDA	
225	0.50	107.50			1.585		3556.262	IZQUIERDO	IDA	
226	0.50	108.00			1.591		3556.256	IZQUIERDO	IDA	
227	0.50	108.50			1.595		3556.252	IZQUIERDO	IDA	
228	0.50	109.00			1.600		3556.247	IZQUIERDO	IDA	
229	0.50	109.50			1.604		3556.243	IZQUIERDO	IDA	
230	0.50	110.00			1.607		3556.240	IZQUIERDO	IDA	

Fuente: Elaboración propia en base a App Libreta Topográfica



### 3.7.6. Análisis estructural del pavimento flexible del tramo Sector T'icapata – CC Pumamarca, de la carretera ENACO – Abra Ccorao

#### a) Equipos utilizados en la prueba

- Viga Benkelman simple de un brazo, Marca ELE Modelo 471460, con abrazadera de metal, tornillos de fijación y dial ELE de 0.1 mm de precisión.
- Camión normalizado con las siguientes características:
  - Tamaño de neumáticos de 10"x20".
  - Peso posterior de 8.2 tn.
  - Ejes simples con llantas duales e infladas a 5.6 kg/cm<sup>2</sup> (80 libras por pulgada cuadrada)
  - Separación entre los ejes de las ruedas de 32 cm.
- Piedra chanchada de 1/2 ".
- Balanza electrónica
- Manómetro para medir la presión de inflado.
- Equipos de radiocomunicación
- Tizas y pintura para marcar en el pavimento
- Termómetro de contacto directo en °C/°F
- Cinta métrica Stanley de 5m
- Cadena fijada a el camión en la parte posterior
- Vehículo Suzuki para el transporte del equipo de trabajo

#### b) Procedimiento

El camión utilizado en la prueba es de placa X1N – 834, de propiedad del Sr. Challco Pfuño Elías; y cumple con las características enumeradas en la norma anterior mencionada. El camión tiene un cubicaje en la tolva de 6 m<sup>3</sup> en la parte posterior.



Figura 85. Camión de prueba para evaluación estructural del pavimento flexible, placa X1N – 834, con un cubicaje de 6 m<sup>3</sup>. Fuente: Elaboración propia 2019



Figura 87. Llantas duales de 1000 x 20 o 10"x20" en el eje posterior. Fuente: Elaboración propia 2019



Figura 86. Espaciamiento de 32 cm, entre los ejes de las ruedas duales en el eje posterior. Fuente Elaboración propia 2019





- Según lo indicado en norma dada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC E -1002, el camión debe de estar cargado con material en la tolva posterior, de manera que en el eje posterior se alcance un peso bruto de 8.2 tn.
- El material utilizado de carga para la prueba fue piedra chancada de 1/2". El tiempo en los días previos al día de la prueba fue soleado y con presencia de pocas nubes, por lo que, se pronosticó que el tiempo se mantendría similar en el día del ensayo. Es importante que el tiempo sea favorable para que el material de carga no absorba humedad del ambiente durante el proceso de la evaluación del pavimento.
- El pesado del camión en el eje posterior, se realizó en Balanzas del Sur, ubicado en la carretera pista Cusco – Abancay, km 16.5 Sector Recreo parte 3 Cusco Anta Cachimayo, el día 10 de septiembre del 2019, previó al día del ensayo del pavimento flexible tramo Sector T'icapata – CC de Pumamarca, de la carretera ENACO – Abra Ccorao.



*Figura 88.* Piedra chancada de 1/2", con peso unitario suelto aproximado de 1450 – 1500 kg/m<sup>3</sup>. Fuente: Elaboración propia 2019.





Para llegar al peso normalizado de 8.2 toneladas en el eje posterior del camión, se procedió con tanteos previos de la siguiente manera:

- Primero se pesó el camión vacío a dos terceras partes de ingreso a la balanza electrónica, para estimar la carga necesaria del material para conseguir un peso total bruto de 8.2 toneladas en el eje posterior.



*Figura 89.* Pesado del camión a dos terceras partes desde el eje posterior con la tolva vacía, en la balanza electrónica. Fuente: Elaboración Propia 2019

- El eje posterior del camión con la tolva vacía pesó 2.5 toneladas, a dos terceras partes desde el eje posterior en la balanza electrónica.
- En el lugar de venta de materiales se realizó el cálculo aproximadamente, del peso unitario suelto de la grava. Para ello se utilizó un recipiente de volumen conocido de 20 litros, y una balanza electrónica se calculó un peso unitario suelto del recipiente con la piedra chancada de 1/2" y enrasado en su superficie, éste pesó entre 29 - 30 kg. Repitiendo un mínimo de tres veces con diferentes muestras del material nos dio valor que fluctúa entre 1450 y 1500 kg/m<sup>3</sup>.



*Figura 90.* Prueba aproximativa in situ de la venta de materiales de construcción, del peso unitario suelto de la piedra chancada de 1/2 ". Fuente: Elaboración propia 2019

- Con el peso unitario suelto de la piedra chancada de 1/2", se cargó aproximadamente 4 metros cúbicos para completar el peso total en el eje posterior requerido en la prueba de 8.2 toneladas.



*Figura 91.* Cargado del camión en la tolva posterior del camión con piedra chancada de 1/2". Fuente: Elaboración propia 2019





*Figura 92.* Extendido de la piedra chancada en la tolva, a una altura aproximadamente uniforme. Fuente: Elaboración Propia 2019



*Figura 93.* Pesado a dos terceras partes desde el eje posterior del camión, con un peso bruto en el eje posterior de 8.2 toneladas. Fuente: Elaboración Propia 2019

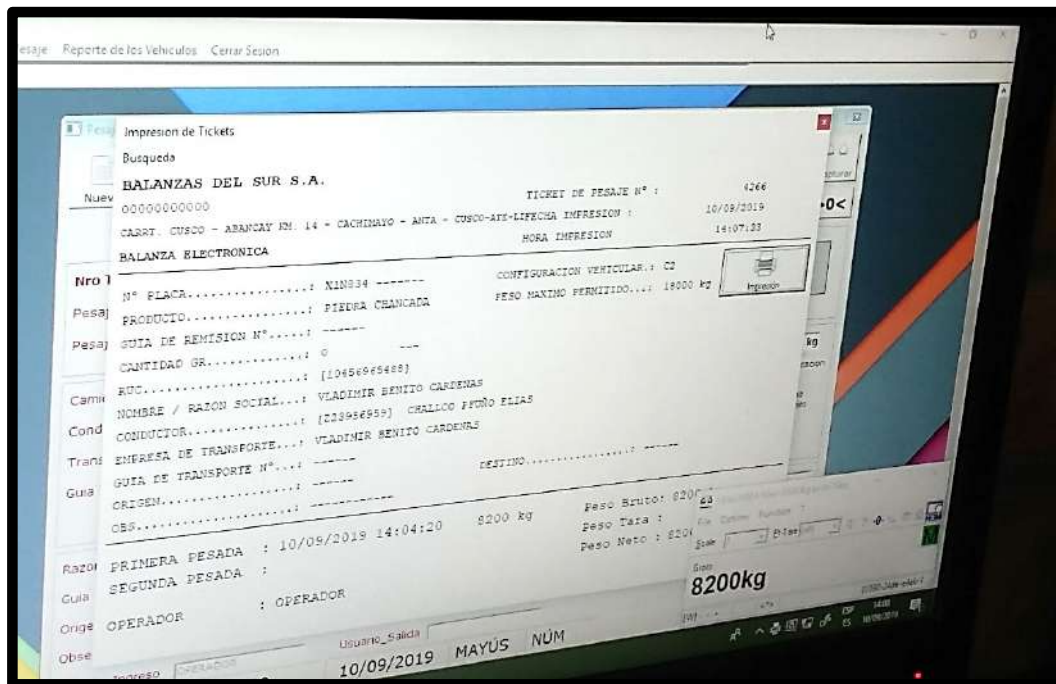


Figura 94. Tonelaje del eje posterior requerido, en la balanza electrónica de BALANZAS DEL SUR, con 10 kg de unidad mínima. Fuente: Balanzas del Sur

- La entidad BALANZAS DEL SUR, cuenta con un certificado de calibración realizado entre los últimos meses, y una división mínima de 10 kg. El ticket emitido por la entidad se adjunta en los anexos.
- Una vez conseguido el peso requerido para el desarrollo de la prueba de evaluación estructural, al día siguiente 11 de septiembre del 2019, se procedió con la evaluación estructural utilizando la Viga Benkelman del tramo Sector T'icapata – CC de Pumamarca, de la carretera ENACO – Abra Ccorao en el distrito de San Sebastián.
- Se tomaron algunas consideraciones previas al inicio de la prueba, como el control de la presión de inflado de las ruedas duales, previo a la realización del ensayo de evaluación deflectométrica; el control de presión de las ruedas se realizó cada hora, de modo que las presiones de inflado de las llantas estén dentro del rango de 75 y 85 libras por pulgada cuadrada.





*Figura 95.* Inflado de llantas duales, tanto interna como externa; previo a la etapa de campo, a una presión de 80 PSI. Fuente: Elaboración propia 2019

- De acuerdo a lo indicado en el Marco Teórico, se soldó una cadena en la parte posterior del camión, el cual, servirá de plomada para tomar desde el eje a intervalos cortos marcados en la Viga Benkelman.



*Figura 96.* Soldado de una cadena en la parte posterior que servirá de plomada en el ensayo. Fuente: Elaboración Propia 2019

- Un factor importante, a tomar muy en cuenta en desarrollo de la prueba de evaluación, es la pendiente de la vía, pues si la carretera tiene varios tramos con diferencias marcadas en su pendiente, la cadena no servirá de plomada adecuada. En el pavimento flexible del tramo Sector T'icapata – CC Pumamarca, de la Carrera ENACO – Abra Ccorao, de los ensayos de levantamiento topográfico y nivelación en la evaluación funcional de dicho tramo, se identificó 5 tramos homogéneos en función de su pendiente, que se detallan a continuación:

Tabla 61. Tramos homogéneos en función de su pendiente promedio

Progresivas	Pendiente promedio aproximada
1+683 Km hasta 1+809 Km	7.09 %
1+809 Km hasta 2+234 Km	3.15 %
1+683 Km hasta 1+809 Km	7.53 %
1+683 Km hasta 1+809 Km	11.51 %
1+683 Km hasta 1+809 Km	1.48 %

Fuente: Elaboración propia 2019



Figura 97. Medición de eje de llantas hasta el extremo de la cadena en el pavimento. Fuente: Elaboración Propia 2019



- Por tabla 21, observamos que existen 5 tramos homogéneos en función de su pendiente, por lo tanto, la distancia entre el eje de las llantas posteriores y el extremo de la cadena apoyado en el pavimento, se volvió a medir nuevamente al iniciar cada tramo homogéneo.
- La evaluación del pavimento estuvo supervisada por un ingeniero de campo del Laboratorio de Suelos y Asfaltos en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Andina del Cusco, quien apoyó en la operación de la Viga Benkelman en la medida de deflexiones del tramo de estudio.
- Para el transporte del personal se requirió de un vehículo, con el que se pueda trasladar al equipo de trabajo a todos los puntos de ensayo en el ensayo del tramo de evaluación, un vehículo Suzuki con placa X3M -214 de color rojo.



*Figura 98.* Vehículo de transporte del equipo de trabajo.  
Fuente: Elaboración propia 2019

- El personal necesario utilizado en la prueba de evaluación con la Viga Benkelman en el pavimento flexible del tramo se muestra en la siguiente tabla, con funciones distribuidas durante el ensayo: