

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**EVALUACION DEL ALCANTARILLADO  
MONITOREO DE CONSERVACIÓN CARRETERA  
CAÑETE-HUANCAYO Km 175+000 AL Km 190+000**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**LUIS ALBERTO RODAS CORREA**

**Lima- Perú**

**2011**

## **DEDICATORIA**

**Con profundo Amor:**

**A Dios**

**A mis Padres**

**A mi Esposa**

**A mis Hijos**

**Quienes mantienen encendida en mí permanentemente,  
la llama de la superación y como testimonio viviente de  
un mañana mejor.**

**A ti recordada madre, que siempre fue tu anhelo.**

**L.A.R.C.**

## **INDICE**

	<b>PAG</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>3</b>
<b>LISTA DE CUADROS</b>	<b>4</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>5</b>
<b>LISTA DE SIMBOLOS Y DE SIGLAS</b>	<b>6</b>
<b>INTRODUCCION</b>	<b>7</b>
<b>CAPITULO I GENERALIDADES</b>	
1.1 Antecedentes	8
1.2 Ubicación	9
1.3 Características de la carretera	11
1.4 Tramo de estudio Alcantarilla Km, 177+700	18
<b>CAPITULO II ESTADO DEL ARTE</b>	
2.1 Sistema de Drenaje de Vía	19
2.2 Esquema Hidráulico	20
2.3 Método de Análisis	22
2.4 Evaluación Superficial	24
2.5 Estudio Hidrológico	27
<b>CAPITULO III TRABAJO DE CAMPO</b>	
3.1 Información de la Cuenca y Estudio Hidrográfico	31

---

3.2 Ubicación de la Cuenca	32
3.3 Formatos de Inspección	33
<b>CAPITULO IV ANALISIS Y DISEÑO</b>	
4.1 Procesamiento de datos	40
4.2 Calculo del Caudal 50 y 100 años	43
4.3 Análisis Estadístico	49
4.4 Diseño de puente y alcantarilla	53
4.5 Resultados	54
<b>CONCLUSIONES</b>	55
<b>RECOMENDACIONES</b>	56
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	57
<b>ANEXOS</b>	58

## **RESUMEN**

Debido a la saturación de la Carretera Central tramo Lima, La Oroya, Huancayo se ha previsto implementar una ruta alterna que pueda descongestionar dicha carretera para ello el Ministerio de Transportes y Comunicaciones ha decidido mejorar la vía Cañete, Yauyos, Huancayo mediante la modalidad de contratos de servicios otorgando la buena pro al Consorcio Gestión de carretera para la conservación vial de la vía por un periodo de cinco años.

Mediante el contrato de servicios N° 288 – 2007 – MTC/20 Provias Nacional por un monto total de S/. 131'589,139.31.

La vía tiene características que la hacen atractiva para el transporte comercial, la superficie de rodadura es de tipo trocha, el trazo geométrico de esta carretera presenta tramos en las que existen alto riesgo de accidentes que significa una situación de peligro para los conductores y pasajeros.

Es necesario recalcar que no solo el nuevo trazo geométrico, ni las estructuras diseñadas garantizan el buen funcionamiento de la vía sino más bien los adecuados trabajos de mantenimientos periódicos y rutinarios que deben planificarse desde la construcción de la carretera.

Para los alcances del curso se evaluará el tramo comprendido desde el kilómetro 175 al 190 (temas colaterales y evaluación del puente). El tema del Informe de Suficiencia que se ha desarrollado es la evaluación de la alcantarilla del Km 177+700, comparar la sección con el puente anterior y el cálculo del caudal para comprobar su capacidad de drenaje en épocas de mayor avenida.

La alcantarilla fue construida en reemplazo de un puente de fierro y madera que estaba en mal estado, en los meses de Marzo y Abril del 2010.

<b>LISTA DE CUADROS</b>		<b>PAG</b>
CUADRO N° 3.01	Precipitación Anual Máxima en 24 horas	39
CUADRO N° 4.01	Precipitación Anual Máxima en 24 horas	43
CUADRO N° 4.02	Análisis Doble Masa	44
CUADRO N° 4.03	Curva Doble Masa	45
CUADRO N° 4.04	Datos de la Estación Carania	48
CUADRO N° 4.05	Análisis de Bondad de Ajuste	50
CUADRO N° 4.06	Resumen del Análisis de Frec. para Carania	52
CUADRO N° 4.07	Valores de Escorrentía	49

<b>LISTA DE FIGURAS</b>		<b>PAG</b>
FIGURA Nº 1.01	Plano Clave Ruta 22	10
FIGURA Nº 1.02	Árbol de Causas y Efectos	14
FIGURA Nº1.03	Árbol de Medios y Fines	16
FIGURA Nº1.04	Alternativas de Solución	17
FIGURA Nº 2.01	Flujo con Control de Entrada	22
FIGURA Nº2.02	Cuenca del Rio Cañete	28
FIGURA Nº 2.03	Rio Cañete	29
FIGURA Nº 2.04	Zona de Estudio	30
FIGURA Nº2.05	Carretera Cañete Yauyos	30
FIGURA Nº 4.01	Área de la Cuenca	41

## LISTA DE SIMBOLOS Y DE SIGLAS

Q	=	Caudal de descarga máxima de diseño
C	=	Coefficiente de Escorrentía
I	=	Intensidad de precipitaciones máximas horaria
A	=	Área de la Cuenca
T	=	Periodo de Retorno
N	=	Vida útil en años
K	=	Coefficiente riesgo admisible
T <sub>c</sub>	=	Tiempo de concentración
T <sub>o</sub>	=	Tiempo de Entrada
S	=	Pendiente Promedio de la Cuenca
SCS	=	Soil Conservation Service
V	=	Velocidad
Y	=	Tirante
R	=	Radio Hidráulico
D	=	Diámetro
F	=	Número de froude
P	=	Perímetro Mojado
P <sub>max</sub>	=	Precipitación Máxima

## **INTRODUCCION**

Para la obtención del Título de Ingeniero Civil por la modalidad de actualización de conocimientos se realizó una formulación y evaluación del estudio a nivel de perfil de la carretera Cañete- Yauyos – Chupaca que pertenece a la ruta 22 de la Red Vial Nacional. Luego se procedió a desarrollar el respectivo informe de suficiencia explicándose la situación actual de la carretera, problema principal de la viabilidad de la carretera y el planteamiento de las alternativas de solución.

En el capítulo I se ha realizado diagnóstico de la situación actual, su ubicación regional, las características de la carretera y el estudio de la alcantarilla en el km. 177 + 700, esta se realizó después de la visita de campo y recolección de datos.

En el capítulo II se desarrolla el respectivo análisis hidrológico y diseño hidráulico del drenaje superficial del tramo en estudio, para el cálculo del caudal por el método racional para periodos de 50 y 100 años.

En el capítulo III se realiza el trabajo de campo preparando y recopilando datos, de fotografías, trabajos anteriores, mediciones de la alcantarilla y del puente anterior según la Guía de Inspección de Puentes del Ministerio de Vivienda y Construcción y tablas de hidráulica.

En el capítulo IV se hace los cálculos de los parámetros de la cuenca y los cálculos de los caudales para los periodos de retorno de 50 y 100 años y el diseño de la alcantarilla.

## **CAPITULO I GENERALIDADES**

### **1.0 ANTECEDENTES**

En las últimas décadas, los pobladores de los diferentes distritos de la provincia de Cañete y Yauyos, que constantemente tienen que desplazarse por motivos económicos, legales, educativos, o familiares a lo largo de la carretera Cañete – Yauyos – Huancayo, han venido solicitando a los organismos competentes, para que se atienda sus demandas y se realicen las obras necesarias para contar con una carretera en óptimas condiciones de transitabilidad. En los últimos años, a esta demanda general, se han sumado otras tres demandas particulares:

- a) En la zona se han ido estableciendo empresas mineras y empresas generadoras de energía hidroeléctrica, que requieren una carretera en óptimas condiciones para el traslado de recursos en la fase de construcción, como en la posterior fase de producción.
- b) En segundo lugar, el aumento de necesidades de recreación de la creciente población de Lima capital y Huancayo, ha incrementado las actividades de turismo local hacia la zona de la cuenca del río cañete en particular a las localidades de Lunahuaná (Zona baja) y Huancayo (Zona alta).
- c) En tercer lugar, por la cercanía a la carretera central, la carretera Huancayo – Cañete, se ha convertido en posible alternativa para descargar la congestionada carretera central.

El 27 de diciembre de 2007, la empresa “Consortio Gestión de Carreteras”, asume las obligaciones de contratista conservador para realizar el Servicio de Conservación Vial por Niveles de Servicio de la Carretera Cañete-Lunahuaná-Pacarán Ronchas-Chupaca y Rehabilitación del Tramo Zúñiga-Dv. Yauyos-Ronchas. Actualmente, el Consortio Gestión de Carretera (CGC), viene haciendo trabajos de mantenimiento periódico y rutinario y cambio de estándar, como parte de los compromisos contraídos, según los términos de referencia.

## **1.2 UBICACIÓN**

La ubicación de la carretera de Conservación Cañete – Yauyos – Huancayo se encuentra políticamente ubicada en las provincias de Cañete y Yauyos de la Región Lima y Chupaca, Jauja y Huancayo en la Región Junin, geográficamente comprende las regiones costa y sierra entre los 52 msnm hasta los 3250 msnm .

La carretera entre Cañete y Chupaca, se desarrolla en las cuencas de los ríos Cañete y Cunas, cuenca en el que están asentadas numerosas poblaciones agrupadas en varios distritos, que en su mayor parte se dedican a la actividad ganadera y agrícola, por lo que se debe de tener una vía en optimas condiciones para el intercambio comercial y la integración regional entre las poblaciones de la costa central y de la sierra central, desde Cañete hasta Chupaca a lo largo de los 281.73 km de su recorrido.

Según el censo del año 2007 los distritos de mayor población son Huancayo y el Tambo en la provincia de Huancayo y los distritos de San Vicente de Cañete e Imperial en la Provincia de Cañete, mientras que los distritos de la provincia de Yauyos son las de menor población.

Los establecimientos de salud más críticos pertenecen a la red de salud del Nor Yauyos, atendidos por un personal técnico con apoyo de dos médicos en Laraos y Tomas respectivamente. Mientras que para los Centros de Salud de San Juan de Jarpa y San José de Quero pertenecen a la red de salud del Valle del Mantaro, específicamente a la Micro Red Chupaca.

Los principales cultivos, en los distritos de la provincia de Yauyos en orden de importancia son: maíz, papa, haba, oca, olluco, trigo, cebada, quinua, mashua y otros menores como pan llevar; también los de destino pecuario como alfalfa, pastos cultivados, cebada y otros.

En los distritos ubicados en la provincia de Yauyos la importancia radica en que los productos y sub productos como carne, lana, leche, etc. no sólo se destinan para el consumo local, sino también se ofertan a los mercados regionales y extra regionales. Entre los 3,900 y 4,500 msnm., la actividad económica se centra en la actividad pecuaria, principalmente ganado lanar, auquénidos y ovinos.

La actividad minera constituye una actividad económica importante en el Área de Influencia del Proyecto, y se desarrolla tanto a mediana como a gran escala. En el sector de Yauyos se encuentran las minas de Yauricocha, Pacocha, Caramachay y la Calera. La mina Yauricocha, recientemente adquirida (marzo del 2002) por la empresa privada Sociedad Minera Corona, los principales minerales obtenidos en esta mina son zinc, cobre, plata y plomo.

El turismo se desarrolla principalmente hacia la Reserva Paisajística Nor Yauyos – Cochabambas, la cual cuenta con un rico potencial turístico, poco explotado aún debido a la falta de planificación y promoción en este sector. En los últimos años se ha observado un incremento de visitantes principalmente nacionales, pero también extranjeros, que se han desplazado a la zona sobretodo desde Lima como desde la ciudad de Huancayo. La afluencia promedio de visitantes en fechas de turismo es de 250 y 300 personas, unas tres o cuatro veces al año, dando un total aproximado de 900 a 1000 turistas al año.

Se muestra el Plano Clave, incluyendo los centros poblados por la que se desarrolla la carretera.

**FIGURA N° 1.01 PLANO CLAVE RUTA 22**



Fuente: Mapa vial del Perú

### 1.3 CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA

El total de la vía que cuenta con 281.73 km, ha sido dividida en 6 tramos, siguientes:

- a) CAÑETE – LUNAHUANÁ (40.75 km)
- b) LUNAHUANÁ – PACARÁN (12.49 km)
- c) PACARÁN – ZÚÑIGA (4.15 km)
- d) ZÚÑIGA – DV YAUYOS (72.60 km)
- e) DV YAUYOS – RONCHAS (135.13 km)
- f) RONCHAS – CHUPACA (16.61 km)

**Tramo Cañete – Lunahuaná. (Km. 0+000 – Km.40+750)**

El tramo se encuentra asfaltado, en estos momentos se encuentra en conservación rutinaria después de la rehabilitación. El sistema de drenaje del tramo se encuentra constituido por alcantarillas, badenes, cunetas, y canales, las cuales en su mayoría se encuentran en funcionamiento, se encuentra con señalización horizontal y vertical, adecuada. El ancho de vía promedio es de 7.20 m.

**Tramo Lunahuaná – Pacarán. (Km. 40+750 – Km.53+240)**

El tramo se encuentra asfaltado con tratamiento superficial sin rehabilitación, en estos momentos se encuentra en conservación periódica y rutinaria. El sistema de drenaje del tramo se encuentra constituido por alcantarillas, badenes, cunetas, y canales, las cuales en su mayoría se encuentran en funcionamiento, se encuentra con señalización horizontal y vertical, adecuada. El ancho de vía promedio es de 6.40 m.

**Tramo Pacarán – Catahuasi. (Km. 53+240 – Km.78+805)**

El tramo se encuentra con tratamiento Slurry Seal, en estos momentos se encuentra en conservación periódica y rutinaria. El sistema de drenaje del tramo se encuentra constituido por alcantarillas, badenes, cunetas, y canales, las cuales en su mayoría se encuentran en funcionamiento, se encuentra con señalización horizontal y vertical escasa. El ancho de vía promedio varía de 5.00m a 7.50m.

**Tramo Catahuasi – Alis. (Km. 78+805 – Km.164+905).**

El tramo se encuentra con tratamiento superficial Monocapa, en estos momentos se

encuentra en conservación periódica y rutinaria. El sistema de drenaje del tramo se encuentra constituido por alcantarillas, badenes, cunetas, y canales, las cuales en su mayoría se encuentran en funcionamiento, se encuentra con señalización horizontal y vertical escasa. El ancho de vía promedio varía de 5.00m a 7.50m.

Tramo (Km.164+905 – Km.227+000).

El tramo se encuentra con tratamiento de suelo estabilizado, en estos momentos se encuentra en conservación periódica y rutinaria. El sistema de drenaje del tramo se encuentra constituido por alcantarillas, badenes, cunetas, y canales, las cuales en su mayoría se encuentran en funcionamiento, se encuentra con señalización horizontal y vertical escasa. El ancho de vía promedio varía de 3.00m a 5.00m.

Tramo (Km.227+000 – Km.253+000).

El tramo se encuentra en afirmado, en estos momentos se encuentra en conservación periódica y rutinaria. El sistema de drenaje del tramo se encuentra constituido por alcantarillas, badenes, cunetas, y canales, las cuales en su mayoría se encuentran en funcionamiento, se encuentra con señalización horizontal y vertical escasa, orografía accidentada, con pendientes de 8.5 – 9%, El ancho de vía promedio varía de 2.60m a 8.00m.

Tramo (Km.253+000 – Roncha Km.265+120).

El tramo se encuentra con tratamiento de suelo estabilizado, en estos momentos se encuentra en conservación periódica y rutinaria. El sistema de drenaje del tramo se encuentra constituido por alcantarillas, badenes, cunetas, y canales, las cuales en su mayoría se encuentran en funcionamiento, se encuentra con señalización horizontal y vertical escasa, orografía accidentada, con pendientes de 8.5 – 9%

El ancho de vía promedio es varía de 2.60m a 8.00m.

Tramo (Roncha Km.265+120 – Chupaca Km.281+730).

El tramo se encuentra en afirmado, en estos momentos se encuentra en conservación periódica y rutinaria. El sistema de drenaje del tramo se encuentra constituido por alcantarillas, badenes, cunetas, y canales, las cuales en su mayoría se encuentran en funcionamiento, se encuentra con señalización horizontal y vertical escasa, orografía accidentada, con pendientes de 8.5 – 9%. El ancho de vía

promedio es varía de 2.60m a 8.00m.

## **Definición del problema y sus causas**

### **Problema Central**

El problema principal es el inadecuado nivel de serviciabilidad de la carretera Cañete – Yauyos – Chupaca, debido a deficiencias en el mantenimiento de la carretera, lo que origina altos costos de transportes y tiempos de viaje excesivos, perjudicando con ello a las actividades productivas de la zona.

### **Causas Directa**

- Bajo nivel de la transitabilidad
- Comodidad operativa inadecuada
- Seguridad vial inadecuado

### **Causas Indirectas:**

- Acelerado deterioro de la superficie de rodadura.
- Insuficiente periodicidad en el mantenimiento
- Sistemas de drenajes deficientes (cunetas).
- Desconocimiento de una política de seguridad vial
- Inadecuado e insuficiente señalización vial.

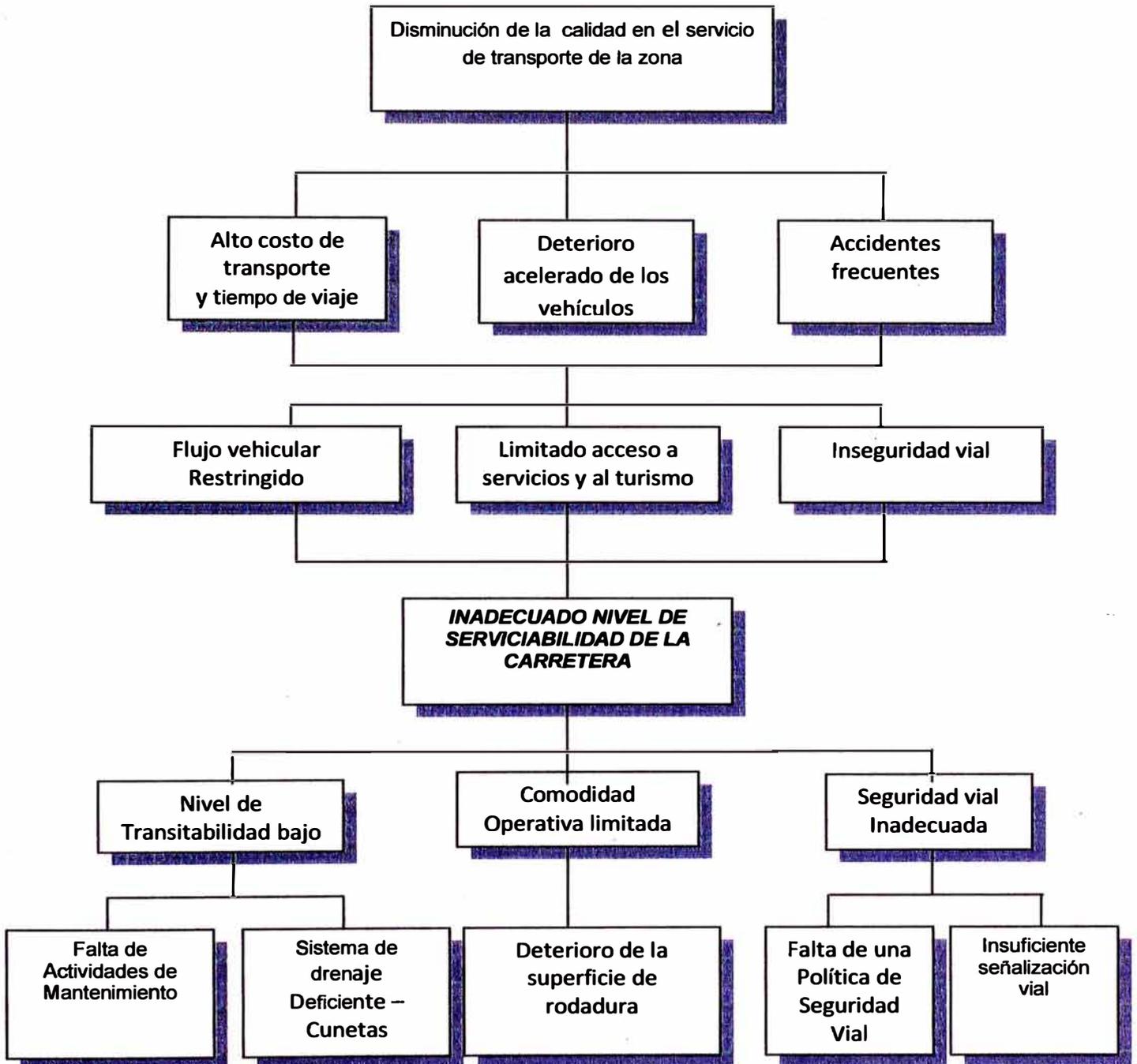
### **Efectos Directos:**

- Alto de los costos de transporte y tiempo de viaje.
- Frecuencia de accidentes
- Contaminación del medio ambiente

### **Efectos Indirectos:**

- Flujo vehicular restringido
- Limitado acceso a servicios públicos y turísticos
- Pérdidas material y humanas

FIGURA Nº 1.02 ARBOL DE CAUSAS Y EFECTOS



## Objetivo del Proyecto



### Objetivo Central

Vista la problemática expuesta la estructura, el objetivo central que plantea el proyecto es "Mejorar el nivel de Serviciabilidad de la vía" garantizando circulación permanente de tráfico vehicular con el fin de Aumentar la Calidad en el Servicio de Transporte de la zona.

### Medios Directos:

- Buen estado de la carretera
- Comodidad Operativa
- Eficiente seguridad Vial

### Medios Indirectos:

- Realización de actividades de mantenimiento.
- Acortar los periodos de mantenimiento
- Sistema de drenaje eficiente
- Implementar política de seguridad vial
- Mayor señalización vial

### Fines Directos:

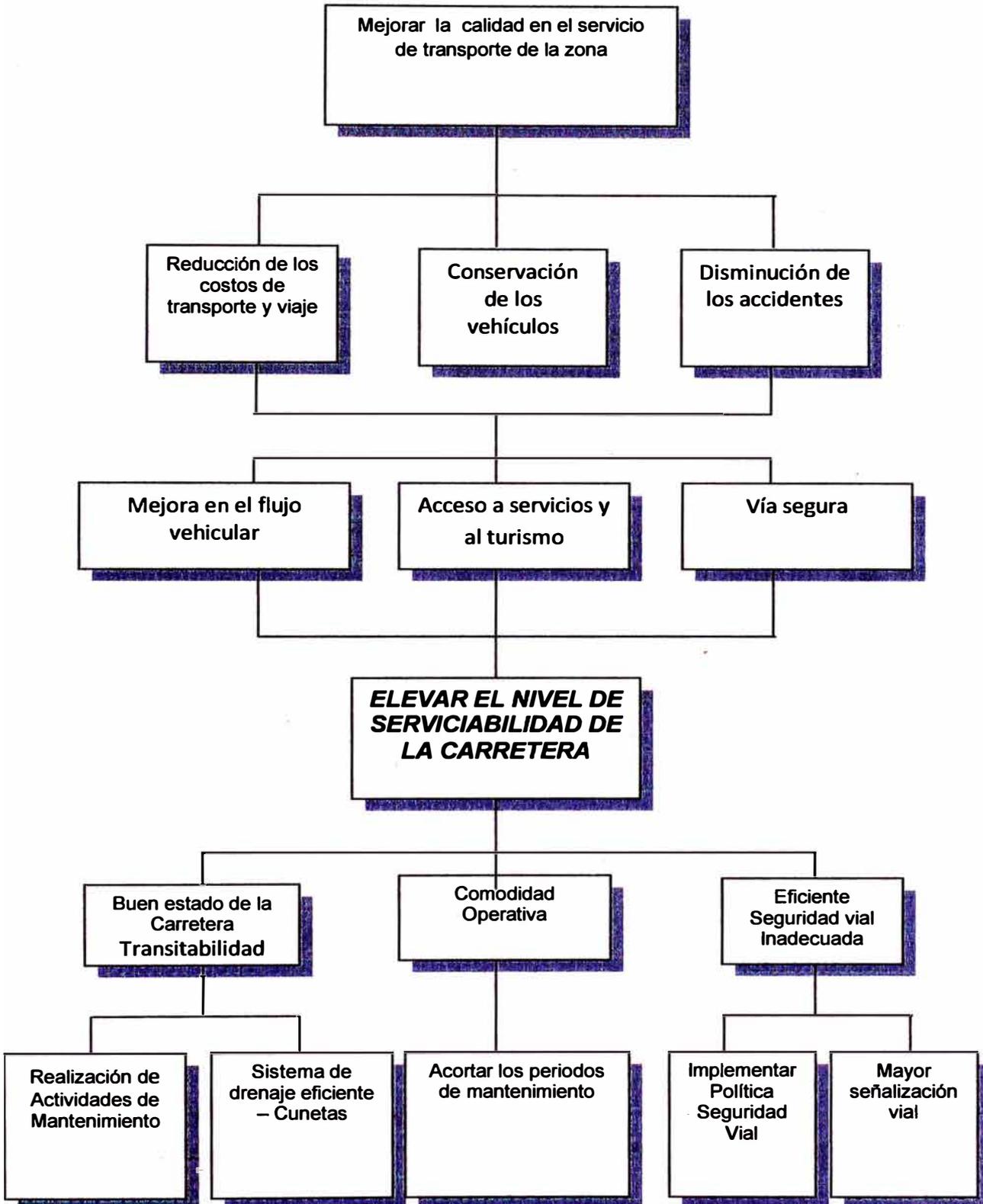
- Reducción de los costos de transportes y tiempo de viaje.
- Conservación de los vehículos.
- Disminución de los accidentes de tránsito.

### Fines Indirectos:

- Mejora en el flujo vehicular.
- Mayor acceso a los servicios públicos y turísticos
- Vía segura

Todos estos fines conlleva a un Fin Ultimo expresado como: "**Mejorar la calidad de servicio de transporte de la zona**".

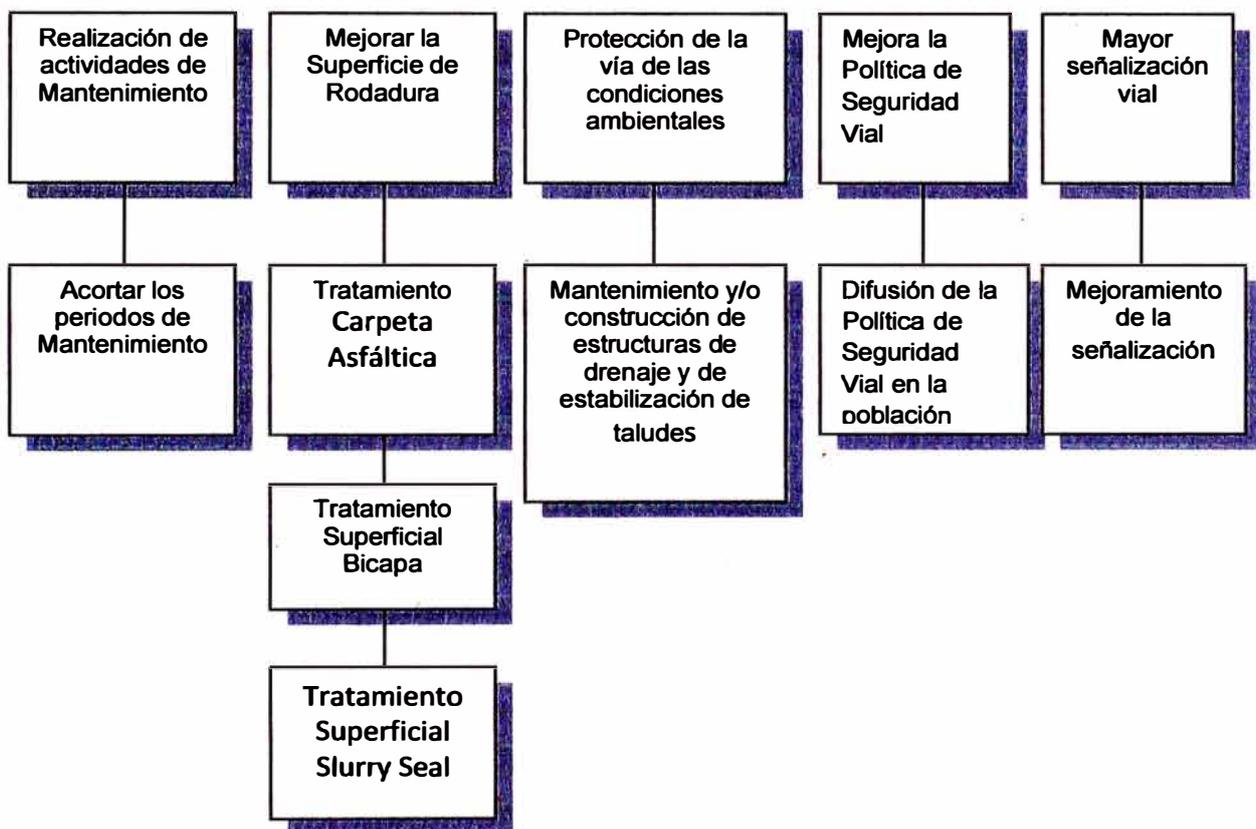
**FIGURA Nº 1.03 ARBOL DE MEDIOS Y FINES**



## ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Identificando los problemas y teniendo bien definido el objetivo central del proyecto, las alternativas de intervención que se proponen para garantizar la adecuada integración económica de los centros poblados del valle del río que se detallan a continuación

**FIGURA N° 1.04 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN**



Se han seleccionado las alternativas de solución por tramos:

### Tramo de Cañete – Lunahuana- Pacarán

Rehabilitación inicial y mantenimiento rutinario y periódico de la carpeta asfáltica existente.

## **Tramos Pacarán – Zúñiga – Dv Yauyos – Ronchas -Chupaca**

### **Alternativa 1**

Mantener el trazo de la vía, mejorando su superficie con carpeta asfáltica, además la reconstrucción y construcción de sistema de drenaje, obras de arte y señalización; y actividades de mantenimiento rutinario y periódico.

### **Alternativa 2**

Mantener el trazo de la vía, mejorando su superficie con tratamiento superficial Slurry Seal, además la reconstrucción y construcción de sistema de drenaje, obras de arte y señalización; y actividades de mantenimiento rutinario y periódico.

### **Alternativa 3**

Mantener el trazo de la vía, mejorando su superficie con tratamiento superficial bicapa, además la reconstrucción y construcción de sistema de drenaje, obras de arte y señalización; y actividades de mantenimiento rutinario y periódico.

## **1.4 TRAMO DE ESTUDIO ALCANTARILLA KM 177+700**

La alcantarilla se encuentra en la carretera de conservación Cañete - Chupaca en el Kilometro 177+700 del distrito de Tomas, Provincia de Yauyos y Departamento de Lima sobre el rio Cunas afluente del rio Cañete. El pueblo más cercano es el de Huancachi.

La alcantarilla fue construida en los meses de Marzo y Abril del año 2010 en remplazó de un puente mixto de fierro y madera que colapso, en su remplazo se ha construido una alcantarilla de tres tubos corrugados de 46" de diámetro y 9 mm de espesor, a una distancia de 15 metros del anterior, la plataforma es de afirmado sin compactar, y los muros de concreto ciclópeo, el río está encausado y en el momento de la visita de campo tenía una luz de agua de 0.20 m.

La señalización es escasa y no consta de sardineles ni barandas.

## **CAPITULO II ESTADO DEL ARTE**

### **2.1 SISTEMA DE DRENAJE DE VIAS**

Se define como sistema de drenaje de una vía, como el dispositivo específico diseñado para la recepción, canalización y evacuación de las aguas que pueden afectar directamente a las características funcionales de cualquier elemento integrante de la carretera.

Existen diversos tipos de instalaciones encaminadas a cumplir dichos fines:

- **Drenaje Superficial.**- Es el conjunto de obras destinadas al recojo de las aguas pluviales o de deshielo, su canalización y evacuación a las cauces naturales, sistema de alcantarillado o a la capa freática del terreno, se divide en dos grupos: Drenaje longitudinal es el que canaliza las aguas caídas sobre la plataforma y taludes de la explanación de forma paralela a la calzada, restituyendo a sus cauces naturales, se usan las cunetas, colectores y sumideros.

El drenaje transversal permite el paso de las aguas a través de los cauces naturales bloqueados por la infraestructura vial, de forma que no se produzcan destrozos en esta última, comprende pequeñas y grandes obras de paso, como puentes o viaductos.

- **Drenaje Profundo.**- Su misión es impedir el acceso del agua a capas superiores de la carretera especialmente al firme por lo que debe controlar el nivel freático del terreno y los posibles acuíferos y corrientes subterráneas existentes. Emplea diversos tipos de drenes subterráneos y tuberías de desagüe

**CRITERIOS DE DRENAJE.**- A la hora de proyectar el drenaje deben tenerse presente una serie de factores que influyen directamente en el tipo de sistema más adecuado, así como en su posterior funcionalidad, los más destacados son:

a).- **Factores Topográficos** - Dentro de este grupo se engloban circunstancias de tipo físico, tales como la ubicación de la carretera respecto al terreno natural contiguo en desmonte, terraplén o a media ladera, la tipología del relieve existente

llano, ondulado o accidentado o la disposición de sus pendientes en referencia a la vía.

**b).- Factores Hidrológicos** - Hacen referencia al área de la cuenca de recepción y aportes de aguas superficiales que afectan a la carretera, así como a la presencia, nivel y caudal de las aguas subterráneas que pueden infiltrarse en las capas inferiores del firme.

**c).- Factores Geotécnicos** - La naturaleza y características de los suelos existentes en la zona, condiciona la facilidad con la que el agua puede llegar a la vía desde el punto de origen, así como la posibilidad que ocasione corrimientos o una erosión excesiva del terreno. Las propiedades a considerar son aquellas que afectan a su permeabilidad, homogeneidad, estratificación o compacidad.

## 2.2 ESQUEMA HIDRAULICO

Una alcantarilla es una estructura que tiene por objetivo principal sortear un obstáculo al paso del agua. En la mayoría de los casos se aplican al diseño vial, es decir, cuando el flujo es interceptado por un camino o una vía de ferrocarril.

Cuando se realiza el diseño geométrico de un camino, el mismo, normalmente se interpone en el movimiento natural de escurrimiento de las aguas de la zona de emplazamiento. En la ladera de una montaña, se interpone en el camino de escurrimiento de las aguas que bajan por la montaña. Cuando atraviesan un arroyo, un río, o cualquier otro canal, y aún en los paisajes más llanos la topografía del terreno obliga al movimiento del agua en alguna dirección. El camino, en la mayoría de los casos constituye un verdadero obstáculo al paso del agua.

En el presente trabajo se asume que se dispone del caudal de diseño de la alcantarilla. El mismo debió haber sido calculado, o al menos estimado, con anterioridad. Normalmente se adopta para la alcantarilla el caudal producido por una tormenta con un tiempo de retorno de 25 a 50 años, dependiendo básicamente del grado de daños que podría ocasionar una falla funcional de la alcantarilla. También se asume en este trabajo que se conocen las características geométricas del obstáculo que atraviesa la alcantarilla. Por ejemplo, se conoce la altura del terraplén

del camino que se va a atravesar. Además, deben ser tenidos en cuenta otros factores, como por ejemplo el paquete estructural del camino, que incluye capas de distintos materiales y densidades.

En general, conviene evitar el contacto del agua con el paquete estructural, es por esta razón que se exige que el nivel del agua a la entrada de la alcantarilla no supere un cierto límite asociado a la conservación física del camino; por otro lado, es importante considerar la resistencia de la alcantarilla para que pueda soportar el peso de la tapada de tierra que la confina. Esto podría condicionar el material empleado en la alcantarilla. Con esto quiere ponerse de manifiesto que existen varios factores que se condicionan el dimensionamiento hidráulico de las alcantarillas, factores que se analizan a cada caso en particular y que están fuertemente ligados a la experiencia del proyectista

**Diseño de Alcantarillas-** En síntesis, el diseño de alcantarillas consiste en determinar el tipo de sección, material y embocadura de alcantarilla que, para la longitud y pendiente que posee, sea capaz de evacuar el caudal de diseño, provocando un nivel de agua en la entrada que no ponga en peligro de falla estructural, ni funcional la estructura que se desea atravesar optimizando los recursos disponibles. Es decir, buscar la solución técnico-económica más conveniente.

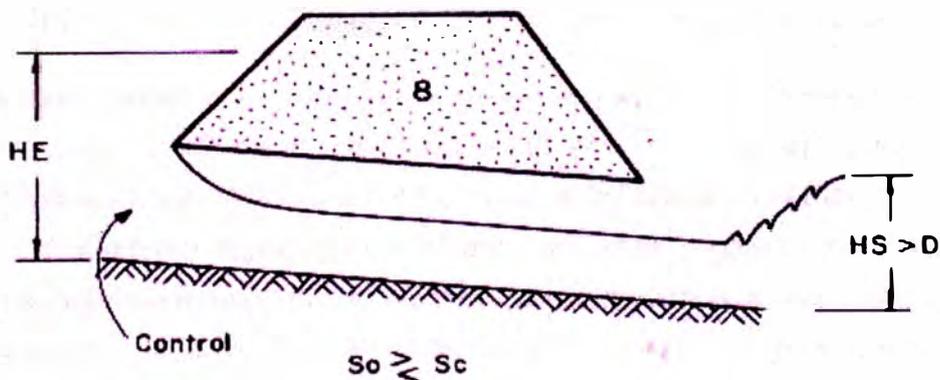
Como se verá más adelante, el procedimiento para el diseño de alcantarillas no sigue un camino único y exacto, sino que, por el contrario, es iterativo. La solución óptima no existe, sino que existen un conjunto de alternativas que resuelven el problema planteado. Además de los factores mencionados, puede variarse la ubicación y posición de la alcantarilla, lo cual modifica longitudes y pendiente, etc. El criterio y buen juicio del Ingeniero darán la última palabra.

Si observamos una alcantarilla, no es más que un conducto cuya sección puede ser circular, ovalada, rectangular, etc. Imaginemos que este conducto atraviesa un camino que se encuentra en la ladera de una montaña. Evidentemente, el camino constituye una barrera artificial para el agua que escurre a superficie libre sobre la ladera de la montaña y para todos los cursos de agua (de mayor o menor tamaño) que drenan por los múltiples cauces que bajan por la ladera. Cuando esos flujos encuentran el camino, comienzan a escurrir paralelos al mismo y en la dirección de

la pendiente longitudinal del camino. Por esta razón se construyen a los bordes del camino canales o canaletas que conducen el agua paralelo al mismo. Estos canales van recolectando agua en su recorrido hasta llegar a una alcantarilla que la recibe y la cruza al otro lado del camino.

De acuerdo a las dimensiones, material de la alcantarilla, caudal, condiciones de entrada y de salida de la misma, etc. irán variando las características hidráulicas del flujo; pudiendo variar desde un flujo a superficie libre con un tirante pequeño, hasta un conducto a presión, cuando fluye totalmente llena. En el primer caso, podría dimensionarse la alcantarilla empleando la teoría de flujo en canales abiertos, mientras que en el segundo, con las ecuaciones de la teoría de conductos. Entre ambas condiciones extremas se plantean un gran número de casos con soluciones más o menos complejas. En conclusión, el análisis hidráulico teórico del escurrimiento en el interior de una alcantarilla es muy complejo.

**FIGURA N° 2.01 FLUJO CON CONTROL DE ENTRADA.**



**Fuente: Carciente, 1985.**

### 2.3 METODOS DE ANALISIS

La estimación del caudal de diseño presenta características especiales y en primer lugar se efectuara una descripción de los métodos para estimar el caudal de diseño, para luego señalar las premisas asumidas y finalmente presentar los resultados

obtenidos.

### **Métodos para estimar el caudal de diseño**

Como un alcance inicial, se pueden distinguir dos tipos fundamentales de métodos empleados en la actualidad para la estimación del caudal de diseño:

- Método Estadístico
- Método Hidrometeoro lógico.
- Método Racional

**El método estadístico** está basado en el tratamiento de los datos locales y regionales existentes, utilizando adecuadamente las referencias históricas, en el caso de disponer de ellos. Este método habitualmente realiza la estimación de la ley de frecuencia sólo de los caudales máximos.

El método estadístico requiere la existencia de información de caudales máximos por lo que queda supeditado a la disponibilidad de este tipo de información.

**El método hidrometeoro lógico** simula el proceso lluvia - escorrentía en lo que sólo se considera la parte de la precipitación que provoca escorrentía superficial y que están basados habitualmente en el hidrograma unitario o en el método racional. El método hidrometeoro lógico simula el proceso lluvia - escorrentía y entre las variables que intervienen en el proceso son: el área de cuenca, precipitación, tiempo de concentración y obtención de la parte de la lluvia que no genera escorrentía superficial (pérdidas).

**El método racional.** La determinación por el Método Racional, del valor del caudal de aguas pluviales en una sección determinada de la red se obtiene siguiendo el siguiente proceso:

Determinar la cuenca afluente que puede adscribirse a la sección de cálculo

- Definir el esquema general de la red que pasa por la sección considerada.

- Calcular la superficie total  $A$  (Ha) de la cuenca afluente y las superficies parciales,  $A_j$ , a las que les corresponde diferentes coeficientes de escorrentía.
- Definir estos coeficientes de escorrentía  $C$ , y calcular el coeficiente de escorrentía medio  $C_m$ , para la sección que se esté considerando.
- Evaluar el tiempo de concentración como suma del tiempo de escorrentía más el tiempo de recorrido.
- Establecer el período de retorno.
- Obtener para la zona considerada la máxima intensidad media horaria para un período.
- Obtener la intensidad de lluvia  $I_{max}$  para el tiempo de concentración evaluado.

Calcular el caudal de aguas de lluvia mediante la fórmula del método racional.

$$Q = C_m * I_{max} * A$$

Donde:

$Q$  = Caudal de aguas de lluvias en (l / s)

$C_m$  = Coeficiente de escorrentía medio

$I_{max}$  = Intensidad de lluvias (l / s / Ha)

$A$  = Superficie total (Ha)

## 2.4 EVALUACION SUPERFICIAL

El drenaje en una carretera, busca eliminar el agua superficial sobre la franja del camino, restituir la red de drenaje natural la cual puede verse afectada por el trazado y evitar que el agua subterránea pueda comprometer la estabilidad de la base, de los terraplenes o cortes del camino. Con la finalidad de eliminar el agua proveniente de las avenidas, se diseñan las obras de drenaje vial, abarcando los tipos más comunes de alcantarillas de tubos (acero corrugado y hormigón), alcantarillas de cajones simples, dobles y triples y alcantarillas de arco. También obras de drenaje superficial como bajadas de agua, cunetas, disipadores de energía, sumideros, etc. como obras de drenaje subterráneo como subdrenes, drenes longitudinales, sifones, etc.

## **GENERALIDADES**

Se entiende por inspección al conjunto de acciones de gabinete y campo, desde recopilación de información (historia del puente, expedientes técnicos del proyecto, planos post construcción, inspecciones previas, etc.), hasta la toma de datos en campo, a fin de conocer el estado del puente en un instante dado.

La inspección de un puente tiene dos objetivos, asegurar el tráfico sin riesgo sobre la estructura, y detectar las deficiencias existentes, recomendando las acciones para corregirlas. Una es inspección de seguridad y la otra para mantenimiento del puente.

Los tipos de inspección son:

- a) Inspección inicial (de inventario)
- b) Inspección rutinaria (periódica)
- c) Inspección de daños
- d) Inspección especial

El rol del Ingeniero Inspector es el de proveer información amplia y detallada sobre el estado del puente, como resultado de la inspección, documentando sus condiciones y deficiencias, alertando sobre los riesgos que sus hallazgos tengan en la seguridad del usuario y la integridad de las estructuras, debiendo estar constantemente alerta para que los pequeños problemas no se conviertan en costosas reparaciones.

Debido a las fuerzas destructivas de la naturaleza, el incremento del tráfico y la presencia de vehículos sobrecargados, las estructuras de los puentes presentan deficiencias o defectos. Los inspectores deben examinar e informar acerca de esos cambios de condición.

Para conocer la condición real existente y evaluar cada uno de los elementos del puente, es necesario un programa de inspecciones, el cual debe realizarse en forma organizada.

Los antecedentes del puente estarán en un archivo, conteniendo su historial, información estructural, datos estructurales, descripción de la infraestructura y superestructura, información de tránsito, evaluación de cargas e inspecciones anteriores, entre otros aspectos.

Dado el avance tecnológico, los procesos constructivos empleados, así como los diferentes materiales, han dado origen a diversos tipos de puentes a lo largo de la historia.

## **PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIÓN**

Generalmente es ventajoso emplear un procedimiento sistemático, es decir seguir una rutina de inspección en todos los puentes. Las cuadrillas de personal de mantenimiento y el cuerpo de inspectores de puentes deben trabajar en coordinación. Los inspectores son la fuente principal para identificar las necesidades de mantenimiento.

Una inspección bien documentada es esencial para determinar los requerimientos de mantenimiento y dar recomendaciones prácticas, sugiriendo acciones para corregir las deficiencias o impedir el incremento de estos defectos. Inspecciones regulares deben considerarse como una responsabilidad primordial en el mantenimiento.

Además de los defectos que pueda haber, las inspecciones deben buscar las condiciones que puedan indicar posibles problemas futuros.

Para la recopilación de la información se utilizará los formatos que se adjuntan en la Guía de Inspección de Puentes del Ministerio de Vivienda y Construcción, como Anexo N° 03; que servirán para la toma de datos en la inspección, así como en los procedimientos de calificación de componentes

El Anexo N° 04 muestra los detalles gráficos de elementos a inspeccionarse del puente.

Cuando se lleve a cabo una inspección en el campo se debe seguir los siguientes pasos:

### **Acciones previas a los trabajos de campo:**

Se debe revisar el inventario y los informes de inspección anteriores, a fin de tomar conocimiento si existen circunstancias especiales, como daños observados anteriormente, o elementos estructurales que necesiten una inspección más detallada.

### **Acciones en el campo propiamente dichas:**

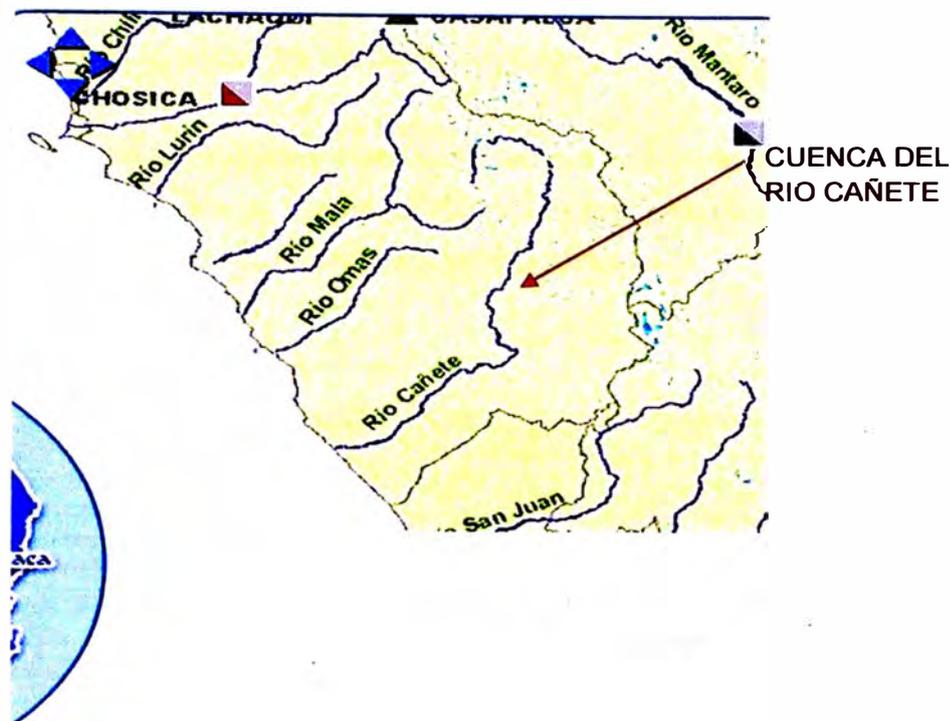
- a) Se debe verificar la ubicación y nombre del puente programado para su inspección.
- b) Se debe tomar las medidas de seguridad necesarias.
- c) Se debe iniciar la inspección tomando una foto de identificación del puente.
- d) Se debe tomar una fotografía del acceso al puente.
- e) Se debe inspeccionar y calificar la condición de cada uno de los componentes del puente (estribos, pilares, alas, tablero, losas, vigas, diafragma, elementos de arco, reticulados, elementos del puente colgante, aparatos de apoyo, junta de expansión, superficie de rodadura, aceras, barandas, señalización, accesos, taludes, defensas, cauce, etc.)
- f) Se debe inspeccionar y calificar taludes y obras de protección en los extremos del puente.
- g) Se debe tomar fotografías en los diferentes tipos de estribos y pilares.
- h) Se debe revisar y calificar los pilares, apoyos, el cauce, y la parte de la superestructura.
- i) Se debe tomar una foto de la elevación del puente, en la que se pueda apreciar la subestructura y la superestructura
- j) Al final se debe calificar la condición del puente en general.

Finalmente debe asegurarse que todas las partes visibles del puente sean inspeccionadas y que la documentación del levantamiento de información se encuentre completa y correctamente formulada.

## **2.5 ESTUDIO HIDROLOGICO**

El estudio hidrológico tiene como objetivo conocer los caudales en régimen natural de la máxima crecida ordinaria y de otras avenidas (al menos las de 100 y 500 años) para cada uno de los tramos a estudiar. El río en análisis es Cunas que después toma el nombre de Cañete y forma parte de la cuenca del río Cañete. Para el análisis se utilizarán los datos tomados en la estación de Yauricocha.

**FIGURA Nº 2.02 CUENCA DEL RIO CAÑETE**



El análisis lo integran, como mínimo, los siguientes aspectos:

1- Recopilación de toda la información existente, y en especial aquella que se derive de estudios recientes realizados en el marco del Plan Hidrológico Nacional.

Constará de: series de valores de precipitación máxima diaria en aquellas estaciones que tengan información fiable y cuya cobertura proporcione un apoyo adecuado a los análisis pluviométricos sobre el área de estudio, y de pluviogramas de las estaciones completas existentes.

2. Análisis y contraste de la información obtenida.

3.- Análisis estadístico de las series de precipitaciones de la cuenca o de estación cercana a ella

4.- Caracterización de la lluvia para diferentes duraciones del aguacero.

5.- Distribución espacial y temporal de la misma.

El cálculo de los caudales para distintos periodos de retorno se puede hacer, básicamente, siguiendo dos metodologías diferentes:

- Análisis de las series foronómicas existentes y ajuste a una distribución estadística determinada.
- Estudio de las series de precipitación, con ajuste a una distribución estadística específica, y al cálculo de la transformación de precipitación en escorrentía mediante la utilización de un modelo de simulación de cuencas.

**FIGURA N° 2.03 RIO CAÑETE**



Fuente: Google Earth

FIGURA Nº 2.04 ZONA EN ESTUDIO



Fuente: Mapa Vial del Perú

FIGURA Nº 2.05 CARRETERA CAÑETE - YAUYOS



Fuente Google Earth

## **CAPITULO III TRABAJO DE CAMPO**

### **3.1 INFORMACION DE LA CUENCIA Y ESTUDIO HIDROGRAFICO**

Se entiende por preparación del trabajo de campo al conjunto de acciones de gabinete y campo, desde inspección, recopilación de información (historia del puente, expedientes técnicos del proyecto, planos e inspecciones previas) etc. hasta la toma de datos en campo, a fin de conocer el estado del puente en un instante dado. Para asegurar el tráfico sin riesgo de la estructura y detectar las deficiencias existentes.

En la visita de campo se tomo datos de información en el lugar que permitieron el mejor conocimiento de los recursos físicos, la ubicación, el estado del pavimento y las condiciones del alcantarillado en el Km 177+700. Se pudo observar mediante una inspección visual los principales problemas de la vía como:

- Mantenimiento insuficiente en partes de la vía en estudio
- Regular sistema de drenaje por falta de mantenimiento
- Peligrosidad en el transporte pesado
- Tramos con estrechos anchos de vía

Para la recopilación se tiene conocimiento que el puente fue construido en los meses de marzo y abril del año 2010 en reemplazo de un puente mixto de fierro y madera que se encontraba en mal estado, fue construido por el Consorcio Gestión de Carreteras concesionario del Servicio de Conservación Vial, informaciones de los pobladores de la zona sobre el caudal del río en la época de avenidas, y los trabajos técnicos y de medio ambiente realizados por los grupos anteriores del Curso de Actualización de Conocimientos de la Universidad Nacional de Ingeniería. Se usara los Formatos que se adjuntan como Anexo N° 03 de la Guía de Inspección de Puentes del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, lo que permitirá una toma de datos actuales.

Para la parte hidráulica e hidrológica se utilizara datos de Senamhi, como informaciones de Precipitaciones máximas en 24 horas, mensual y anual, de las estaciones del rio Cañete como Yauricocha, Vilca etc.

### **3.2 UBICACIÓN DE LA CUENCA**

La cuenca del rio Cañete, orientada de Nor - Este a Sur - Oeste, tiene la siguiente ubicación geográfica política y administrativa:

#### **UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

Latitud Sur: 11°58'19" -- 13°18'55"  
Longitud Oeste: 75°30'26" – 76°30'46"  
Coord. UTM Norte: 8'543,750 – 8'676,000 m  
Coord. UTM Este: 345,250 – 444.750 m  
Variación Altitudinal: 0.0 – 5820 m.s.n.m.

#### **LIMITES HIDROGRÁFICOS**

Norte: Cuenca del rio Mantaro  
Sur: Intercuenca Q° Topará – Océano Pacifico  
Este: Cuenca Mantaro – Cuenca del rio San Juan  
Oeste: Cuencas Omas y Mala – Océano Pacifico

#### **UBICACIÓN POLITICA**

La cuenca del rio Cañete esta circunscrita políticamente en el departamento de Lima, comprende en la provincia de Yauyos los distritos de Tanta, Huancaya, Vitis, Miraflores, Tomas, Alis, Laraos, Carania, Yauyos, Huantan, Colonia, Putinza, Ayauca, Tupe, Hongos, Lincha, Cakra, Catahuasi, Viñac, Madean, Azámgaro y Chocos; en la provincia de Cañete los distritos de Zuñiga, Pacaran, Lunahuana, Nuevo Imperial y San Vicente de Cañete.

## UBICACIÓN ADMINISTRATIVA O JURISDICCIONAL

La gestión en el uso de recursos hídricos en la cuenca del río Cañete, tiene la siguiente dependencia administrativa:

- Ministerio de Agricultura
- Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA)
- Dirección General de Aguas y Suelos (DGAS)
- Sub-Distrito de Riego Cañete

### 3.3 FORMATOS DE INSPECCION

#### TOMA DE DATOS DE LA INSPECCIÓN DE CAMPO

<b>1) IDENTIFICACIÓN Y UBICACIÓN</b>	
Nombre Puente : Grupo I	Tramo : 177 + 700
Tipo Puente : Alcantarilla TMC	Dpto. Político : Lima
Sobre (*) : Río Cunas	Dpto. Vial :
Altitud (msnm) : 3520	Provincia: Yauyos.
Latitud (grad, min) : 11°58'19"	Distrito : Tomas
Longitud (grad, min): 75° 30'26"	Poblado más cercano : Huancachi
Ruta : Cañete –Yauyos- Chupaca	Kilometraje : 177
<b>2) DATOS GENERALES</b>	
Puente Sobre : Río Cunas	Nombre :
Longitud Total (m) : 8.60	Número Vías Tránsito : 1
Ancho calzada (m) : 7.80	Sobrecarga Diseño :
Ancho Vereda (m) : no tiene	Número Proyecto :
Altura Libre Superior (m) :	Año Construcción : Marzo – Abril del 2010

Altura Libre Inferior (m) :		Ultima Inspección (dd/mm/aa) :	
Tipo de servicio : transito		Ultimo Trabajo :	
Trafico veh/día) :		% Camiones y buses :	
Año :		Alineamiento :	
Condiciones Ambientales : buenas			
<b>3) TRAMOS</b>			
Numero Tramos :1		Longitud Total :	Longitudes Restantes :
Tramos :		Longitud Segundo Tramo (m):	
<u>TRAMO 1 (Principal)</u>		<u>TRAMO 2</u>	
Categoría/Tipo :		Categoría/Tipo :	
Características Secundarias :		Características Secundarias :	
Condición Borde :		Condición Borde :	
Material Predominante :		Material Predominante :	
<b>4) TABLERO DE RODADURA</b>			
<b>LOSA</b>		<b>VIGAS</b>	
Material : tierra - afirmado		Tipo : Alcantarilla	
Espesor (m) : 0.20 m		Nº Vigas : 3 tubos	
Superficie de Desgaste :		Material : fierro corrugado	
		Forma : cilíndrica	
		Peralte (m) :	
		Separación entre Ejes :	
<b>5) SUBESTRUCTURA</b>			
<u>ESTRIBO IZQUIERDO</u>		<u>ESTRIBO DERECHO</u>	
Elevación / Tipo . tierra – afirmado		Elevación / Tipo :	
Elevación / Material : concreto Ciclópeo		Elevación / Material : Concreto Ciclópeo	

Cimentación / Tipo : concreto Ciclópeo		Cimentación / Tipo : Concreto Ciclópeo	
Cimentación / Material : piedras y concreto		Cimentación / Material : piedras y concreto	
<b>6) PILARES</b>			
<u>PILAR 1</u>		<u>PILAR 2</u>	
Elevación / Tipo :		Elevación / Tipo :	
Elevación / Material :		Elevación / Material :	
Elevación / Tipo :		Elevación / Tipo :	
Elevación / Material :		Elevación / Material :	
		<u>PILAR 3</u>	
Elevación / Tipo :		Elevación / Tipo :	
Elevación / Material :		Elevación / Material :	
Elevación / Tipo :		Elevación / Tipo :	
Elevación / Material :		Elevación / Material :	

(\*) Sobre rio quebrada carretera línea férrea etc.

<b>7) MACIZOS / CAMARAS DE ANCLAJE</b>			
Elevación / Tipo :		Elevación / Tipo :	
Elevación / Material : concreto		Elevación / Material : concreto	
Elevación / Tipo :		Elevación / Tipo :	
Elevación / Material :		Elevación / Material :	
<b>8) DETALLES</b>			
<u>BARANDAS</u>		<u>VEREDAS SARDINELES</u>	
Tipo : No tiene		Ancho Vereda (m) : No tiene	
Material :		Altura Sardinel (m) : no tiene	
		Material :	
<u>APOYO 1</u>		<u>APOYO 2</u>	
Tipo :		Tipo : muro ciclópeo	
Material :		Material : concreto	
Ubicación :		Ubicación :	
Numero :		Numero :	
		<u>APOYO 3</u>	
Tipo :		Tipo :	
Material :		Material :	
Ubicación :		Ubicación :	
Numero :		Numero :	

<b><u>JUNTAS DE EXPANCIÓN</u></b>		<b><u>DRENAJE DE CALZADA</u></b>	
Tipo :		Tipo :	
Material :		Material :	
<b>9) ACCESOS</b>			
<b><u>ACCESO IZQUIERDO</u></b>		<b><u>ACCESO DERECHO</u></b>	
Longitud Transición (m): 30 m.		Longitud Transición (m) : 30 m.	
Alineamiento : curvada		Alineamiento : curvada	
Ancho de calzada (m) :		Ancho de calzada (m) :	
Ancho total Bermas (m) :		Ancho total Bermas (m) :	
Pendiente Alta :		Pendiente Alta :	
Visibilidad : buena		Visibilidad : buena	
<b>10) SEGURIDAD VIAL</b>			
<b><u>ACCESO IZQUIERDO</u></b>		<b><u>ACCESO DERECHO</u></b>	
Señal Informativa : no cuenta		Señal Informativa :no cuenta	
Señal Preventiva : no cuenta		Señal Preventiva :no cuenta	
Señal Reglamentaria : no cuenta		Señal Reglamentaria : no cuenta	
Señal Horizontal : no cuenta		Señal Horizontal : no cuenta	
<b>11) SOBRECARGA</b>			
Carga de diseño:		Carga Máxima Actual :	
Sobreesfuerzo :		Señalización de Carga :	
<b>12) RUTA ALTERNATIVA</b>			
Tipo otras Rutas :			
<b><u>VADO</u></b>		<b><u>PUENTE PARALELO</u></b>	
Distancia de Puente (km) : 20 metros		Posibilidad de construir : Pontón	
Periodo de Funcionamiento (meses) : 2		Longitud Total (m) : 8.00 m	
Profundidad de aguas Mínimas (m) :		Subestructura : fierro	

0.20 m			
Naturaleza de suelo : roca		Tipo : mixto – fierro - madera	
Variante Existe : no			
Necesidades Construirlo.			
<b>13) CONDICION DEL SECTOR DE LA CARRETERA</b>			
Condición de la carretera : Afirmado			
<b>14) SUELO DE CIMENTACION</b>			
Material : afirmado			
Comentarios : afirmado sin compactar			
<b>15) NIVELES DE AGUA</b>			
Aguas Máximas (m) :1.00 (información de vecinos)		Periodo Aguas Máximas :	
Aguas Mínimas (m) : 0.20 m		Periodo estiaje :	
Aguas Extraordinarias (m) :		Frecuencia de Retorno :	
Galibo determinado (m) :		Fecha (dd/mm/aa) :	
Galibo obtenido del plano (m) :		Galibo Agua Aguas Máximas (m) :	
<b>16) CAPACIDAD HIDRAULICA DEL PUENTE</b>			
Longitud aceptable : alcantarilla		Longitud Requerida (m) :	
Altura aceptable :		Altura Adicional Requerida (m):	
Necesita encausamiento : tiene		Longitud de Encausamiento (m) : 10 m.	
Socavación del Cause : no tiene		Profundidad de socavación :	
<b>17) PERFIL LONGITUDINAL</b>			
Números de Puntos :			Punto fijo Aguas abajo :
Dist desde Pto fijo	Aguas Abajo	Aguas Arriba	<u>CROQUIS</u>

Protección Contra Socavación :	Tipo :
<b>18) COMENTARIOS, OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
El puente tipo alcantarilla fue construida en los meses de marzo y abril del 2010 debido al mal estado del puente anterior que era de fierro y madera.	
Por lo cual el transito era para vehículos menores y los de mayor peso por un badén hecho a 20 m del puente que ya no existe; ha sido construido con tres tubos corrugados de 45" x 9mm y muros de 60 cm de ancho de concreto ciclópeo	
No tiene calzada, no cuenta con señales de seguridad horizontal y vertical.	
La plataforma es de tierra y en la parte superior afirmado no compactado.	

### 3.3.1. INFORMACION DE PRECIPITACION MAXIMA RECOPIADA EN 24 HORAS

**CUADRO N° 3. 01: PRECIPITACION ANUAL MAXIMA EN 24 HORAS**

AÑO	CARANIA P max (mm)	YAUURICOCHA P max (mm)	VILCA P max (mm)
1987	20.9	37.6	35.7
1988	33.1	28.8	23.1
1989	24.4	26.1	21.8
1990	26	30.8	17.3
1991	12.4	24	15.5
1992	15.1	21.5	14.3
1993	16	40.5	55
1994	14.1	21.8	48.4
1995	13.5	20.2	42
1996	16.1	16.6	17.5
1997	14.6	28.2	34
1998	14.1	27.6	31
1999	15.6	24.4	18.2
2000	27	58.6	20.1
2001	14.9	20.6	16.2
2002	17.7	25.8	20.8
2003	18.9	60.4	
2004	21.4	41.3	31.2
2005	20.5	30.4	16.7
2006	30.1	26.2	25.5
2007	23.4	29	30
2008	21.9	15.4	22.7

**Fuente: SENAMHI**

## **CAPITULO IV: ANALISIS Y DISEÑO**

### **4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS**

Después de la visita de campo donde se realizó la inspección y se tomó las medidas de las alcantarillas y del puente anterior, se calculo las respectivas áreas para compararlas con respecto al paso de la cantidad de agua que discurre por el río. Con la ayuda de tablas y la recopilación de datos de SENAMHI se efectuó el cálculo del caudal por el Método Racional y método H-canales.

Después de procesado los datos y con los resultados obtenidos se procederá a los diseños hidráulicos necesarios.

#### **4.1.1 PARAMETROS DE LA CUENCA**

La cuenca a analizar corresponde a una quebrada permanente, que no presenta evidencias de que hayan ocurrido avenidas extraordinarias.

#### **4.1.2 AREA DE LA CUENCA**

La cuenca quebrada Huancachi está a una altitud entre 4933 a 3800 msnm, discurrendo sus aguas hacia la carretera existente en el kilometro 177+700, dispone de una cuenca colectora de 109.00 km<sup>2</sup> (ver lamina de área de la cuenca) y una longitud de cauce de 15 km aproximadamente. Por lo que la pendiente promedio del cauce principal es de 7.55 %, con una altitud media de la cuenca de 4367 msnm.

#### **4.1.3 PENDIENTE DE CAUCE**

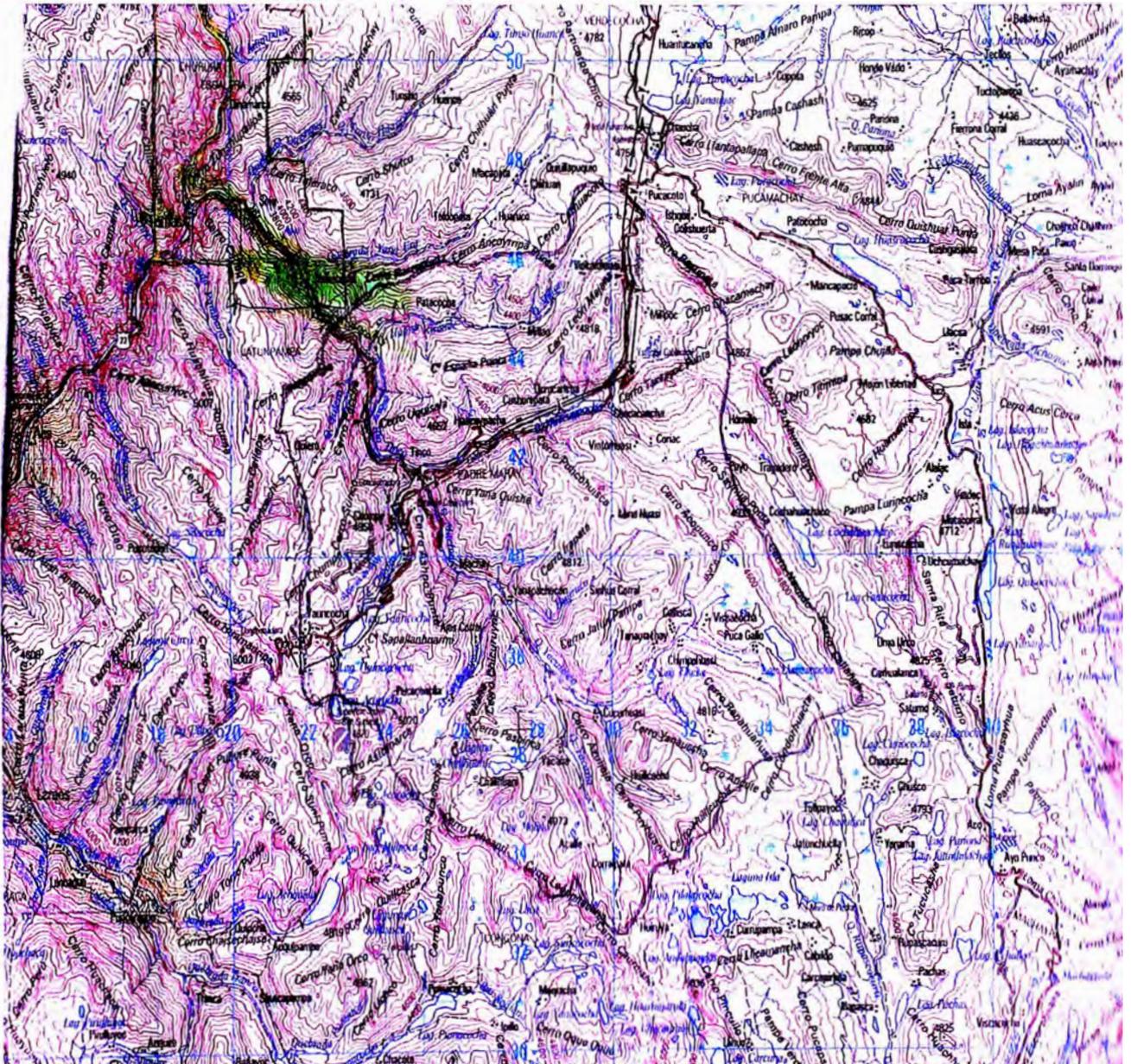
Pendiente media del cauce principal: con este parámetro se ve la pendiente media del río y su potencial para erosionar.

$$j = \frac{H_{max} - H_{min}}{L} \times 100$$

Para el desnivel máximo se tomara la cota de inicio desde la cota más alta de 4933 msnm hasta la cota más baja del área en estudio 3800 msnm, entonces  $H_{max} - H_{min} = 1133$  m.

L: longitud del curso principal es de 15.0 km  
Reemplazando se tiene como resultado 7.55 %.

**FIGURA N° 4.01 AREA DE LA CUENCA**



Área de la cuenca es de 109.00 Km<sup>2</sup>

#### 4.1.4 INDICE DE COMPACIDAD O GRAVELIUS:

Es la relación que existe entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia de área igual a la de la cuenca.

De modo que:

$$K_c = \frac{\text{Per. Cuenca}}{\text{Per. Circulo}} = \frac{0.282 P}{\sqrt{A}}$$

Siendo P y A los parámetros definidos más arriba (en Km y Km<sup>2</sup> respectivamente). Cuanto más irregular sea la cuenca, mayor será su coeficiente de compacidad. Para una cuenca perfectamente circular  $K_C = 1$ , y cuanto más se aleje  $K_C$  de 1 más alargada será la cuenca.

En este caso  $K_C = 1,438$  como se encuentra entre 1,25 y 1,5 quiere decir que se trata de una cuenca ovalada, por tanto, los escurrimientos recorren cauces secundarios hasta llegar a uno principal, por lo que la duración del escurrimiento es superior, mientras que si fuese alargada, el agua discurre en general por un solo cauce.

## 4.2. CALCULO DEL CAUDAL DE AVENIDAS PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS Y 100 AÑOS POR EL METODO RACIONAL

### 4.2.1 ANÁLISIS DE CONSISTENCIA

**CUADRO N° 4.01: PRECIPITACIÓN ANUAL MÁXIMA EN 24 HORAS**

<b>AÑO</b>	<b>CARANIA Pmax (mm)</b>	<b>YAURICOCHA Pmax (mm)</b>	<b>VILCA Pmax (mm)</b>
1987	20.90	37.60	35.70
1988	33.10	28.80	23.10
1989	24.40	26.10	21.80
1990	26.00	30.80	17.30
1991	12.40	24.00	15.50
1992	15.10	21.50	14.30
1993	16.00	40.50	55.00
1994	14.10	21.80	48.40
1995	13.50	20.20	42.00
1996	16.10	16.60	17.50
1997	14.60	28.20	34.00
1998	14.10	27.60	31.00
1999	15.60	24.40	18.20
2000	27.00	58.60	20.10
2001	14.90	20.60	16.20
2002	17.70	25.80	20.80
2003	18.90	60.40	39.65
2004	21.40	41.30	31.20
2005	20.50	30.40	16.70
2006	30.10	26.20	25.50
2007	23.40	29.00	30.00
2008	21.90	15.40	22.70

**Fuente: SENAMHI**

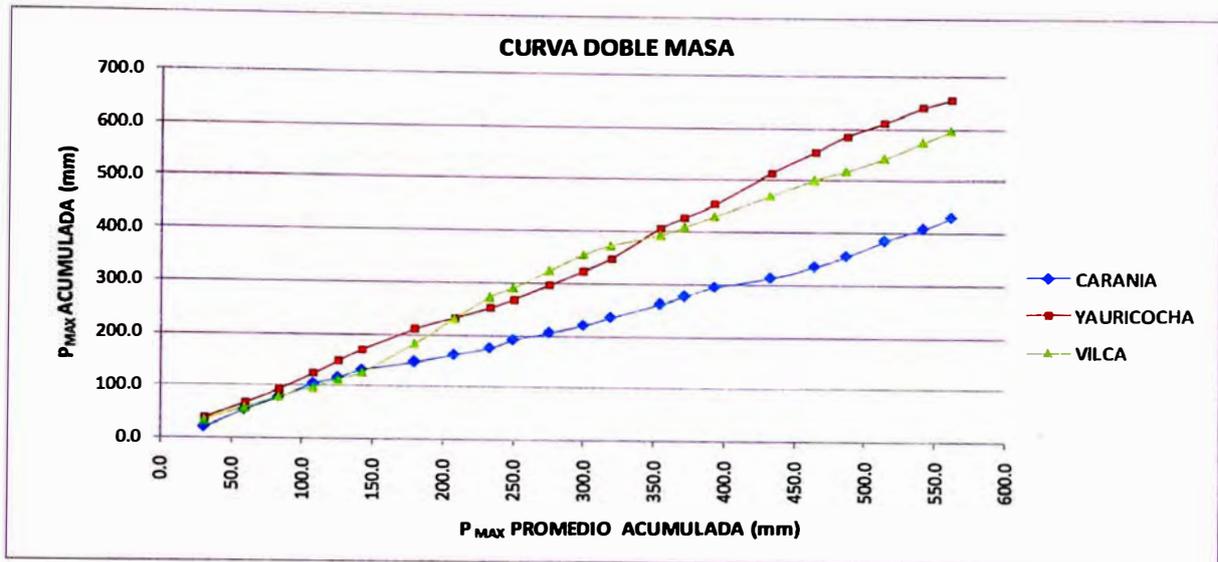
#### 4.2.2. ANÁLISIS DOBLE MASA

**CUADRO N° 4.02: ANÁLISIS DOBLE MASA**

Año	Carania pmax (mm)	Carania acum (mm)	Yauricocha pmax (mm)	Yauricocha acum (mm)	Vilca pmax (mm)	Vilca acum (mm)	Prom acumul
1987	20.90	20.90	37.60	37.60	35.70	35.70	31.40
1988	33.10	54.00	28.80	66.40	23.10	58.80	59.73
1989	24.40	78.40	26.10	92.50	21.80	80.60	83.83
1990	26.00	104.40	30.80	123.30	17.30	97.90	108.53
1991	12.40	116.80	24.00	147.30	15.50	113.40	125.83
1992	15.10	131.90	21.50	168.80	14.30	127.70	142.80
1993	16.00	147.90	40.50	209.30	55.00	182.70	179.97
1994	14.10	162.00	21.80	231.10	48.40	231.10	208.07
1995	13.50	175.50	20.20	251.30	42.00	273.10	233.30
1996	16.10	191.60	16.60	267.90	17.50	290.60	250.03
1997	14.60	206.20	28.20	296.10	34.00	324.60	275.63
1998	14.10	220.30	27.60	323.70	31.00	355.60	299.87
1999	15.60	235.90	24.40	348.10	18.20	373.80	319.27
2000	27.00	262.90	58.60	406.70	20.10	393.90	354.50
2001	14.90	277.80	20.60	427.30	16.20	410.10	371.73
2002	17.70	295.50	25.80	453.10	20.80	430.90	393.17
2003	18.90	314.40	60.40	513.50	39.65	470.55	432.82
2004	21.40	335.80	41.30	554.80	31.20	501.75	464.12
2005	20.50	356.30	30.40	585.20	16.70	518.45	486.65
2006	30.10	386.40	26.20	611.40	25.50	543.95	513.92
2007	23.40	409.80	29.00	640.40	30.00	573.95	541.38
2008	21.90	431.70	15.40	655.80	22.70	596.65	561.38

Fuente: elaboración propia

### CUADRO N° 4.03 CURVA DOBLE MASA



#### 4.2.3 CONSISTENCIA DE LA MEDIA

Se trabajara con la Estación Carania

#### Prueba de significación "T"

El grupo de datos se separará en 2 grupos: 1987-1993 y 1994-2008, la separación se realizo de esta manera porque en la curva masa de la estación CARANIA existe un pequeño cambio en la tendencia a partir del año 1993.

$$\bar{x}_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n1} x_i}{n1} \quad \bar{x}_2 = \frac{\sum_{i=1}^{n2} x_i}{n2} \quad n = n1 + n2$$

Se tienen los siguientes resultados:

$$\begin{aligned} x_1 &= 21.12 \\ x_2 &= 18.95 \\ n_1 &= 7 \\ n_2 &= 15 \\ n &= 22 \end{aligned}$$

Desviación estándar de los promedios

$$S_a = S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}$$

Sa: Desviación estándar de la diferencia de promedio.

Reemplazando: Sa=5.49

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

Sp: Desviación estándar ponderada

Se tienen los siguientes resultados:

$$S_1^2 = 48.91$$

$$S_2^2 = 184.80$$

$$S_p = 12.00$$

$$T_c = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S_a}$$

Reemplazando: Tc=-0.07931

Hallando el valor de Tt (en tablas)

95% ( $\alpha=0.05$ )

$$GL = n_1 + n_2 - 2$$

Se obtiene:

$$GL = 20$$

$$T_t = 1.725$$

**$|T_c| \leq T_t$  (95%)  $\rightarrow x_1 = x_2$  (Estadísticamente); Por lo tanto sí cumple con la prueba T.**

#### 4.2.4 CONSISTENCIA DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR

##### Prueba "F"

Anteriormente se tiene que:

$$S1^2 = 48.91$$

$$S2^2 = 184.80$$

$$F_c = \frac{S1^2}{S2^2}, S1^2 > S2^2$$

$$F_c = \frac{S2^2}{S1^2}, S2^2 > S1^2$$

Reemplazando:

$$F_c = 3.78$$

Hallando el valor de Ft (en tablas)

95% ( $\alpha=0.05$ )

$$GLN = n1 - 1$$

$$GLD = n2 - 1$$

Reemplazando se tiene:

$$F_t = 2.983$$

$$GLN = 6$$

$$GLD = 14$$

**$F_c > F_t$  (95%)  $\rightarrow S1 = S2$  (Estadísticamente), por lo tanto no se tendrá que corregir los valores.**

**CUADRO N° 4.04: DATOS DE LA ESTACION CARANIA**

<b>Año</b>	<b>Carania pmax (mm)</b>
1987	20.90
1988	33.10
1989	24.40
1990	26.00
1991	12.40
1992	15.10
1993	16.00
1994	14.10
1995	13.50
1996	16.10
1997	14.60
1998	14.10
1999	15.60
2000	27.00
2001	14.90
2002	17.70
2003	18.90
2004	21.40
2005	20.50
2006	30.10
2007	23.40
2008	21.90

## 4.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

### 4.3.1 ANÁLISIS DE BONDAD DE AJUSTE

Utilizando el programa estadístico EasyFit 5.3, se ha realizado las pruebas de bondad de ajuste como Kolmogorov-Smirnov, Anderson Darling y Chi-Cuadrado, aplicado a los diferentes modelos estadísticos utilizados en el procesamiento de la información de la precipitación máxima en 24 horas de la estación CARANIA

Seleccionando la prueba de ajuste de Kolmogorov-Smirnov aplicada al tamaño muestra de 22 registros anuales (N=22), y el nivel de significación estadística de 0.05, se tiene los siguientes resultados:

**CUADRO N° 4.05: ANÁLISIS DE BONDAD DE AJUSTE**

Bondad de ajuste - Resumen							
#	Distribución	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-cuadrado	
		Estadística	Rango	Estadística	Rango	Estadística	Rango
9	Pearson 5 (3P)	0.09013	1	0.22444	1	1.0576	2
6	Lognormal (3P)	0.0939	2	0.23033	2	1.039	1
4	Log-Pearson 3	0.11854	3	0.28299	3	1.3279	5
2	Chi-Squared (2P)	0.12736	4	0.65499	6	1.1624	3
3	Gumbel Max	0.14322	5	0.43528	4	1.3499	6
8	Pearson 5	0.15659	6	0.56384	5	1.2453	4
1	Chi-Squared	0.15971	7	0.8934	8	3.3493	8
5	Lognormal	0.17028	8	0.6841	7	2.6138	7
7	Normal	0.21386	9	1.1231	9	3.8587	9

#### Tabla obtenida con el programa EasyFit 5.3

De acuerdo a estos resultados se puede concluir que los datos de precipitación máxima en 24 horas de la estación CARANIA se ajustan a todos los modelos de distribución, con un nivel de significación de 5% o una probabilidad del 95%, de los cuales bajo la prueba de bondad de Kolmogorov-Smirnov el mejor ajuste es el modelo de distribución Pearson tres parámetros.

### 4.3.2 CÁLCULO DE LA PROBABILIDAD Y EL PERIODO DE RETORNO

De acuerdo al análisis de la información disponible y procesada de la estación CARANIA, aplicando los principales modelos de distribución estadística: Normal, Log Normal 2 parámetros, Pearson Tipo III, Log Pearson Tipo III y Gumbel Tipo I, para diferentes periodos de retorno se han obtenido los siguientes resultados:

#### CUADRO N° 4.06 RESUMEN DEL ANALISIS DE FRECUENCIA PARA CARANIA

n	Tr	NORMAL N	LOG NORMAL LN	PEARSON P	LOG PEARSON LP3	GUMBEL EV1
1	200	33.104	36.787	36.357	39.376	38.710
2	100	31.836	34.585	34.325	36.458	35.953
3	50	30.450	32.329	32.208	33.580	33.185
4	20	28.371	29.218	29.227	29.791	29.493
5	10	26.524	26.704	26.769	26.882	26.640
6	5	24.286	23.948	24.022	23.843	23.605
7	2	20.008	19.446	19.438	19.214	19.173

Tabla obtenida con el programa SMADA 6.4

**Conclusiones:** Se optó por considerar el mayor de los caudales arrojados por los distintos métodos. Por lo tanto, la distribución de Gumbel cumple con esta condición.

Para los posteriores cálculos se utilizarán los siguientes valores:

**t=50 años → 33.185 mm**

**T=100 años → 35.953 mm**

### 4.3.3 CÁLCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (TC)

$$\tau_c = 0.3 \left( \frac{L}{j^{0.25}} \right)^{0.76}$$

**Fuente:** Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales

*Autor: José A. Hinojosa Cabrera*

**T<sub>c</sub>**= tiempo de concentración, en horas, en este caso 3.83 h.

**L**= longitud del curso más largo, en kilómetros L=15.00 Km

**J<sub>j</sub>**= Pendiente; 4933 msnm hasta la cota más baja 3800 msnm, entonces H=1133m.

**J**=0.0755

De aquí se obtiene también la intensidad (Precipitación Máxima/Tiempo de Concentración)

Reemplazando en la formula **T<sub>c</sub>**= 3.84 y los valores de intensidad son:

$$I_{50 \text{ años}} = 33.185/3.84 = 8.642 \text{ mm/h}$$

$$I_{100 \text{ años}} = 35.953/3.84 = 9.363 \text{ mm/h}$$

#### 4.3.4. CÁLCULO DEL CAUDAL DISEÑO MÉTODO RACIONAL

$$Q = 0.278 CIA$$

Donde:

**Q** = Es caudal máximo en m<sup>3</sup>/s.

**C** = Es el coeficiente de escorrentía y depende de las características de la cuenca como pendiente, usos y tipos de suelo, cobertura vegetal, etc.

**I** = (mm/h) Intensidad media de precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado a un intervalo igual de tiempo de concentración y para la frecuencia deseada de diseño.

**A** = Área de drenaje en Km<sup>2</sup>

En este caso el área de la cuenca (A) será de 109.00 Km<sup>2</sup>.

Para el C de Escorrentía se usará el valor de la tabla que se indica a continuación:

**CUADRO N° 4.07: Valores de Escorrentía**

Tipo de superficie	C	
	Min.	Max.
Cementerios, parques	0,10	0,25
Calles asfaltadas, de concreto	0,70	0,95
Suelos arenosos planos ( $S \leq 2\%$ )	0,05	0,10
Suelos arenosos pendientes medias ( $2\% \leq S \leq 7\%$ )	0,10	0,15
Suelos arenosos escarpados ( $S \geq 7\%$ )	0,15	0,20
Suelos arcillosos planos ( $S \leq 2\%$ )	0,13	0,17
Suelos arcillosos pendientes medias ( $2\% \leq S \leq 7\%$ )	0,18	0,22
Suelos arcillosos escarpados ( $S \geq 7\%$ )	0,25	0,35

Fuente: Fundamentos de Hidrología de Superficie. Aparicio Javier. Edit. Limusa, 1997

Se elegirá el valor de  $C=0.14$  para periodo de retorno de 50 años y 100 años por tratarse de un área de rocas y pendientes moderadas.

$$Q = \frac{0.14 \times 8.642 \times 10^9}{3.6} = 36.63$$

- ✓  $Q_{60} = 36.63 \text{ m}^3/\text{s}$  considerando que en las tres tuberías se reparte de forma equitativa el caudal, a cada una le corresponde  $10.47 \text{ m}^3/\text{s}$ .

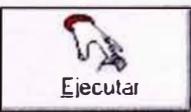
$$Q = \frac{0.14 * 9.363 * 10^9}{3.6} = 39.68 \text{ m}^3/\text{s}$$

- ✓  $Q_{100} = 39.68 \text{ m}^3/\text{s}$  considerando que en las tres tuberías se reparte de forma equitativa el caudal, a cada una le corresponde  $13.23 \text{ m}^3/\text{s}$ .

## 4.4 DISEÑO DEL PUENTE Y ALCANTARILLAS

### 4.4.1. Evaluación del drenaje existente

En el puente Huancachi ubicado en el Km. 177+700 de la carretera Chupaca – Yauyos, existen tres (03) alcantarilla de diámetro = 45" (1.143 m.), siendo su capacidad de  $Q=13.48 \text{ m}^3/\text{s}$  c/u, el caudal total de diseño existente es de  $40.44 \text{ m}^3/\text{s}$ , según el programa HCANALES

<b>Lugar:</b>	<input type="text" value="Huancachi"/>	<b>Proyecto:</b>	<input type="text"/>		
<b>Tramo:</b>	<input type="text" value="Tramo 177+700"/>	<b>Revestimiento:</b>	<input type="text"/>		
<b>Datos:</b>					
Tirante (y):	<input type="text" value="1.100"/>	m			
Diámetro (d):	<input type="text" value="1.143"/>	m			
Rugosidad (n):	<input type="text" value="01"/>				
Pendiente (S):	<input type="text" value="08"/>	m/m			
<b>Resultados:</b>					
Caudal (Q):	<input type="text" value="13.4757"/>	m <sup>3</sup> /s	Velocidad (v):	<input type="text" value="13.2960"/>	m/s
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="1.0135"/>	m <sup>2</sup>	Perimetro mojado (p):	<input type="text" value="3.1446"/>	m
Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.3223"/>	m	Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.4350"/>	m
Número de Froude (F):	<input type="text" value="2.7810"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="10.1103"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>				
					
					
<b>Realiza la impresión de la pantalla</b>					

## 4.5 RESULTADOS

Los resultados de los cálculos indican que la capacidad de drenaje de cada alcantarilla es de  $13.48 \text{ m}^3/\text{s}$  y los caudales del río según el Método Racional para un periodo de retorno de 50 y 100 años se describen a continuación:

<b>METODO RACIONAL</b>		
<b>Periodo de retorno</b>	<b>Caudal Rio (Q) (<math>\text{m}^3/\text{s}</math>)</b>	<b>Caudal (Q/3) c/Alcantarilla</b>
<b>50</b>	<b>36.63</b>	<b>12.21</b>
<b>100</b>	<b>39.68</b>	<b>13.23</b>

$$13.23 \leq 13.48$$

Por lo que las alcantarillas no tendrán problemas para drenar las aguas en época de máxima avenidas.

## **CONCLUSIONES**

-El pontón con tres alcantarillas si cumple con el requerimiento del caudal pero necesita un constante mantenimiento para evitar los atoros de empalizada y de piedras.

-El pontón está bien ubicado geométricamente y permite una buena visibilidad para el tránsito de los vehículos y presenta un buen encausamiento.

-El presente estudio está orientado a tratar de ejecutar partidas y estructuras menores que se relacione con puntos críticos que puedan cortar la transitabilidad de la vía, por lo que se está proponiendo obras adecuadas para ese fin. Sin embargo se ha analizado superficialmente el calculo de avenidas a fin de ser comparadas con otros estudios por lo que es recomendable realizar una actualización y verificación de los Estudios de la referencia Bibliográfica a fin de contar con Estudios Definitivos para una rehabilitación de la vía cuyo objetivo será reparar y prevenir la infraestructura vial ante los eventos que se presenten.

-La solución a la problemática de la zona del proyecto no termina con la mejora de las condiciones geométricas, con la construcción de obras de drenaje o con el mejoramiento de la superficie de rodadura, es importante que esta mejora tiene que estar unida a un riguroso programa de mantenimiento que asegure la serviciabilidad de la vía.

-Es necesario por parte de Provias dar una mejor información hacia los usuarios de la carretera sobre los trabajos de conservación que se ejecutan para evitar el descrédito.

## RECOMENDACIONES

- Es necesario contar con un sistema de monitoreo instalado de tal forma que permita tener registro pluviométricos de la zonas y quebradas mas afectadas de la carretera.
- Las soluciones descritas en los párrafos anteriores no lograrán su objetivo si no se implementa un programa de operaciones y mantenimientos en forma permanente, más aun si estos sistemas se encuentran situados dentro de un área geográfica con presencia de fenómenos de lluvias extraordinarias.
- Se sugiere un programa de mantenimiento periódico antes y después de cada evento extraordinario (meses de Diciembre a Marzo), con inspección realizado por personal capacitado y entrenado que debe asegurar la reapertura del transito inmediatamente.
- Para cualquier reparación se recomienda que sea entre los meses de Mayo a Noviembre que son menores las precipitaciones.
- Se recomienda construir cunetas de concreto en reemplazo de las de tierra, para permitir evacuaciones normales del agua en épocas de lluvias.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Aparicio F.S. "Fundamentos de Hidrología de Superficie" Editorial Limuso S.A de C.U (1996).
- Hernández Ibáñez S E.T.S.I.C.C.P La Coruña 2002 Puentes, Diseño, Análisis y Construcción.
- Hinojosa Cabrera José A. "Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales"
- Ministerio de Transportes y comunicaciones, "Manual de especificaciones técnicas para construcción de carreteras no pavimentadas de bajos volumen de tránsito"; Lima, 2008.
- Ministerio De Transportes y Comunicaciones, "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras (EG-2000)-Lima, 2000.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones: "Guía para Inspección de Puentes" Lima-2006.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones: Manual de Hidrología, Hidrológico y Drenaje – Lima-2009.
- Monsalve Sáenz Germán: " Hidrología en la Ingeniería " 2da Edición 1995 .
- Ven Te Chow, David R. Maidment, Larry W. Mays " Hidrología Aplicada " Editorial Mc Graw Hill. Bogota 1994.

## ANEXOS

