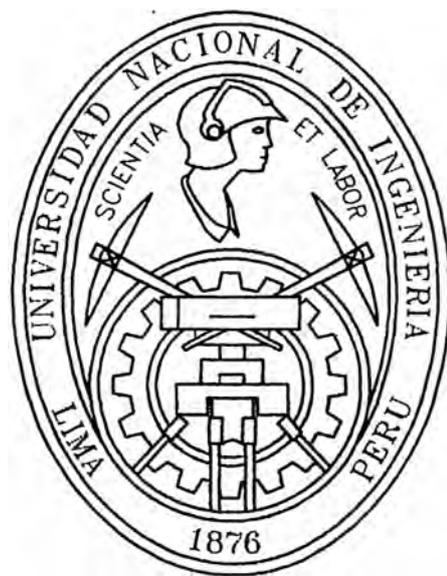


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**PROYECTO MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA  
CARRETERA COCACHACRA-MATUCANA  
DEL Km. 55+000 AL Km. 58+000  
METODOLOGÍA PARA EJECUTAR EVALUACIONES DE PEQUEÑAS  
ALCANTARILLAS DE DRENAJE DE CARRETERAS**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**Olimpia del Rosario Cabrera Loayza**

**Lima- Perú**

**2006**

A mis padres, Carlos y Olimpia, gracias a su apoyo constante y por alentarme a seguir siempre adelante.

A mis hermanas, Mayi, Fritza y Carla, por su ayuda incondicional en todo momento.

## ÍNDICE

	Pag.
RESUMEN	6
INTRODUCCION	7
OBJETIVOS	9
CAPÍTULO I ANTECEDENTES	10
1.1 Aspectos Generales	10
1.2 Estudio y Proyecciones de la Economía del Área del Proyecto	10
1.2.1 Características del Área del Proyecto	10
1.2.2 Área de Influencia	10
1.2.3 Análisis de Oferta y Demanda	11
1.2.3.1 Análisis de la Oferta	11
1.2.3.2 Análisis de la Demanda	13
1.2.3.3 Balance Oferta-Demanda	15
1.3 Ingeniería de Tránsito	15
1.3.1 Determinación de las Características del Tráfico	15
1.3.2 Encuestas de Origen y Destino	16
1.3.3 Proyección de Tráfico	16
1.3.4 Cargas por Eje	17
1.4 Trazo Vial	18
1.5 Estudio Geológico y Geotécnico	19
1.5.1 Geología	19
1.5.2 Geotecnia	21
1.6 Estudio Hidrológico e Hidráulico	23
1.6.1 Descripción General de la Cuenca del río Rímac	23
1.6.2 Análisis de Precipitación	23
1.6.3 Análisis de Subcuencas	24
1.6.4 Diseño de Obras de Arte y Drenaje	25

1.6.4.1	Alcantarillas	26
1.6.4.2	Cunetas	27
1.7	Estudio de Señalización y Seguridad Vial	29
1.8	Pavimentos	30
1.8.1	Evaluación del Pavimento	30
1.8.2	Alternativas de Diseño	30
<b>CAPÍTULO II FUNDAMENTOS TÉCNICOS</b>		<b>32</b>
2.1	Generalidades	32
2.1.1	Definición de Alcantarilla	32
2.1.2	Importancia de las Alcantarillas	32
2.1.3	Consideraciones para la selección de una Alcantarilla	33
2.1.4	Características de las Alcantarillas	34
2.2	Clases de Alcantarillas	37
2.2.1	Por el Grado de Flexibilidad	37
2.2.2	Por su Forma	38
2.2.3	Por las Condiciones de Construcción	41
2.2.4	Por el Tipo de Material	42
2.2.5	Por las Condiciones del Lecho	42
2.3	Componentes de las Alcantarillas	43
<b>CAPÍTULO III METODOLOGÍA PROPUESTA PARA LA EVALUACIÓN DE LAS ALCANTARILLAS</b>		<b>45</b>
3.1	Procedimiento de Inspección en Campo de una alcantarilla	46
3.1.1	Medios de Recopilación de Datos	46
3.1.2	Secuencia de Inspección	48
3.1.3	Revisión de Información disponible	48
3.1.4	Observación de la Condición Global	49
3.2	Evaluación de la Superficie de la Carretera	49
3.2.1	Generalidades	49
3.2.2	Inspección de la Condición de la Carretera de Acceso	49
3.2.3	Evaluación Funcional de la Carretera de Acceso	51
3.3	Evaluación de las Estructuras de Protección	52
3.3.1	Generalidades	52
3.3.2	Qué Buscar durante la Inspección	53

3.4	Evaluación del Cauce	56
3.4.1	Generalidades	56
3.4.2	Cauce del Río	57
3.4.3	Eficiencia del Cauce	59
3.5	Evaluación del Cuerpo de la alcantarilla	61
3.5.1	Generalidades	61
3.5.2	Inspecciones Generales de la Forma	62
3.5.3	Inspección General de los Defectos del conducto	64
3.5.3.1	Mal Alineamiento	65
3.5.3.2	Defectos de la Junta	65
3.5.3.3	Defectos de la Costura en tuberías prefabricadas	66
3.5.3.4	Defectos de la Costura Longitudinal en las alcantarillas de planchas estructurales	66
3.5.4	Inspección de una Tubería Circular	71
3.6	Evaluación Global de la Alcantarilla	73
CAPÍTULO IV APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA		75
4.1	Generalidades	75
4.2	Descripción del Tramo Evaluado	76
4.3	Evaluación Técnica de las Alcantarillas	77
4.3.1	Revisión de Información Disponible	78
4.3.2	Elaboración del Formulario Estándar para la Evaluación de Alcantarillas	79
4.3.3	Observación de la Condición Global	83
4.3.4	Evaluación de la Carretera de Acceso	84
4.3.5	Evaluación de las Estructuras de Protección	84
4.3.6	Evaluación del Cauce	88
4.3.7	Evaluación del Cuerpo de la alcantarilla	89
4.3.8	Evaluación Global de la Alcantarilla	89
4.4	Medidas Correctivas	90
4.5	Comparación del Formulario Estándar para la Evaluación de Alcantarillas con otros formularios	93
CONCLUSIONES		98

RECOMENDACIONES 101

BIBLIOGRAFÍA 103

ANEXOS

A.I. Resultados del Programa Smada

A.II. Resultados del Programa Hec-Hms

A.III. Panel Fotográfico

A.IV. Evaluación de Alcantarillas – Información de Campo

A.V. Planos

## RESUMEN

El objetivo principal del presente Informe de Suficiencia es plantear una metodología que proporcione los procedimientos generales para dirigir, informar y documentar la inspección de una alcantarilla, y las pautas para inspeccionar y calificar los componentes hidráulicos y estructurales específicos de una alcantarilla flexible. Esta metodología será luego aplicada al sistema de alcantarillas ubicados entre los kilómetros 55+000 y 58+000 de la carretera Héroes de la Breña (ex Carretera Central).

El primer capítulo correspondiente a los Antecedentes del presente estudio, desarrolla los estudios básicos correspondientes al tramo de carretera para evaluar así las condiciones climatológicas, físicas y de tránsito bajo las cuales operan las alcantarillas.

En el segundo capítulo se desarrolla los Fundamentos Técnicos concernientes a una alcantarilla: su definición, importancia, características, clases y componentes. Estos conceptos básicos nos ayudarán a entender mejor el comportamiento de las alcantarillas bajo determinadas circunstancias.

El tercer capítulo ha sido denominado Metodología Propuesta para la Evaluación de Alcantarillas, describe el procedimiento general a seguir para la evaluación de cualquier alcantarilla. Además propone los parámetros que deben inspeccionarse en cada componente de la alcantarilla para el caso específico de una alcantarilla flexible. Este es el capítulo más importante del presente Informe.

En el cuarto capítulo se aplica la metodología propuesta al caso de las alcantarillas ubicadas en la carretera Héroes de la Breña. Se propone realizar la evaluación en campo en base a un Formulario Estándar que guiará los parámetros a inspeccionarse para este caso específico. Finalmente, en base a los resultados obtenidos se obtienen las medidas correctivas que deben aplicarse para corregir los problemas encontrados.

## INTRODUCCIÓN

Una carretera es una obra muy importante para el progreso y bienestar de la comunidad y es un valioso patrimonio nacional que se debe cuidar y preservar mediante una conservación adecuada y oportuna, evitando así su prematuro deterioro. De no hacerlo, la carretera se dañará antes de lo esperado y habrá que afrontar la rehabilitación, o incluso la reconstrucción, medidas mucho más costosas que varias veces los gastos de una conservación sencilla y rutinaria a su debido tiempo.

El sistema de drenaje de una carretera tiene como objetivo recoger y conducir rápidamente el agua de lluvia fuera de ella y, también, facilitar la movilización del agua del subsuelo. Estas funciones lo convierten en el sistema más importante de la carretera, pues la presencia de agua deteriora la vía, debilitando los pavimentos, deteriorando las bermas y los taludes, produciendo socavación en alcantarillas, terraplenes e incluso puentes y, además, puede erosionar el terreno.

Los principios para un sistema eficiente de drenaje para caminos son muy elementales, sin embargo, no son ampliamente dominados por mucha gente, y como consecuencia, no se les presta la atención que realmente merecen. Un buen sistema de drenaje para un camino requiere mucha atención en los detalles de diseño, construcción y operación y mantenimiento.

Durante años, las alcantarillas tradicionalmente han recibido muy poca atención; puesto que son menos visibles es fácil olvidarlas, particularmente cuando funcionan adecuadamente. Además, una alcantarilla generalmente representa una inversión significativamente menor que un puente y en caso de falla generalmente representa un peligro de la seguridad mucho menor. Sin embargo, en las últimas décadas ha habido recientes avances en el diseño y las técnicas de análisis de alcantarillas. Como resultado de estos desarrollos, el número, tamaño, complejidad y costo de las instalaciones de alcantarillas se han incrementado. Actualmente, la falla de una alcantarilla puede ser más que una simple inconveniencia de conducción. La falla de una alcantarilla grande puede ser costosa y peligrosa.

La inspección y evaluación de la operación y mantenimiento de las alcantarillas de drenaje de carreteras deben ser rutinarias y de carácter preventivo, ejecutadas con la

finalidad de preservar en buen estado, físico y funcional, los diferentes elementos que conforman una alcantarilla y para minimizar los daños a la propiedad debido al inadecuado funcionamiento hidráulico. La ejecución de la evaluación requiere de planificación, organización y de personas con conocimientos y destrezas técnicas para realizar los trabajos con eficiencia, eficacia, buena productividad y con la debida seguridad.

El presente Informe de Suficiencia surge a partir de la necesidad de una metodología adecuada para la inspección de alcantarillas flexibles, la cual defina de forma clara los parámetros que deben evaluarse, de acuerdo a la forma y tamaño de la alcantarilla. Así se obtendría una calificación global del estado y funcionamiento del sistema de alcantarillas, lo que conllevaría a un planteamiento óptimo de la alternativa de mejoramiento de todo el sistema de drenaje así como de los programas de operación y mantenimiento de la carretera.

La metodología planteada se ha aplicado al sistema de drenaje del tramo Km 55+000 al Km 58+000 de la carretera Héroes de la Breña, evaluado en el Estudio de Mejoramiento y Rehabilitación de la Carretera Cocachacra – Matucana, desarrollado durante el Curso de Titulación 2005 de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería por el Grupo N° 02 del Taller de Viabilidad Interurbana.

## OBJETIVOS

- Plantear una metodología que proporcione los procedimientos generales para dirigir, informar y documentar la inspección de una alcantarilla, y las pautas para inspeccionar y calificar los componentes hidráulicos y estructurales específicos de una alcantarilla flexible.
- Definir los parámetros que deben evaluarse durante la inspección de una alcantarilla flexible, los cuáles varían de acuerdo a las características de cada alcantarilla.
- Proporcionar la información necesaria para entender y evaluar la importancia de los defectos encontrados durante la inspección de una alcantarilla flexible existente.
- Aplicar la metodología planteada a las alcantarillas del tramo en estudio y obtener una muestra real de la situación estructural y funcional de las alcantarillas.

## **CAPÍTULO I ANTECEDENTES**

### **1.1 ASPECTOS GENERALES**

El área en estudio se encuentra sobre la ruta nacional N° 20, registrada en el itinerario del MTC con el N° de Carretera 14-020A denominado "Héroes de la Breña" (Ex Carretera Central), perteneciendo a la carretera Santa Anita – La Oroya del Sistema Nacional. Las progresivas Km 55+000 y Km 58+000 se localizan dentro del tramo Cocachara – Matucana.

Geográficamente se encuentra entre los 11° 52' y 11° 55' de latitud sur y 76° 29' a 76°32' de longitud oeste

Geopolíticamente, el tramo en estudio se encuentra ubicado en el distrito de San Bartolomé, provincia de Huarochirí y departamento de Lima. En su trayecto cruza los poblados de San Bartolomé y Tomamesa. Ver Plano N° HH-01 en el Anexo.

### **1.2 ESTUDIO Y PROYECCIONES DE LA ECONOMÍA DEL ÁREA DEL PROYECTO**

#### **1.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DEL PROYECTO**

El tramo en estudio se ubica entre los 500 y 1,550 m.s.n.m., zona caracterizada por la presencia de empinados flancos andinos, que descienden desde los Andes formando estrechos valles o quebradas. El clima en la zona del proyecto, es semi calido, sin humedad, con temperatura promedio de 15.3 °C, con escasa precipitación pluvial.

El área del proyecto es de relieve topográfico accidentado, sus suelos no son aptos para el cultivo, pero si gran utilización en sistemas constructivos por las características aluviales que tiene.

#### **1.2.2 ÁREA DE INFLUENCIA**

La Carretera Central vincula a Lima, centro de consumo y de servicios más importante del Perú, con las regiones de la Sierra y Selva Central, teniendo como departamentos

que conforman el área de influencia a Junín, Huancavelica, Pasco, Huanuco y Ucayali, por lo que la población del área del proyecto comprende a los habitantes de los departamentos antes mencionados.

### 1.2.3 ANÁLISIS DE OFERTA Y DEMANDA

#### 1.2.3.1 ANÁLISIS DE LA OFERTA

#### OFERTA EN LA SITUACIÓN SIN PROYECTO

Para el presente análisis se ha tomado como oferta la carretera que actualmente se utiliza para llegar a los lugares del área de influencia. La situación actual de la carretera es como se muestra en los Cuadros N° 1.1 y 1.2.

**CUADRO N° 1.1**  
**DATOS DE LA CARRETERA ACTUAL**

<b>Tramo:</b> Cocachacra – Tornamesa	
<b>Descripción</b>	
Clase de Carretera	Pavimentada
Red vial	Departamental
Velocidad Directriz	50 Km/h
Longitud de la Carretera	21.3 Km
Longitud del Tramo	3.051 Km
<b>Geometría</b>	
Longitud (Km)	3.051
Ancho de la Calzada (m)	7.20
Número Efectivo de Carriles	2
Subida mas Bajada (m/Km)	6.102
Curvatura (grados/Km)	179.5
Peralte (%)	5
<b>Medio Ambiente</b>	
Altitud (m)	1,550
<b>Superficie</b>	
Tipo de Superficie:	Asfaltado
Espesor de Capas Nuevas (mm)	150
Espesor de Capas Viejas (mm)	-
<b>Base/Sub Rasante</b>	
Tipo de Base:	Granular
CBR de la Subrasante (%)	34
Si Base es Cemento Estab.	No
Espesor de Capas de Base (mm)	
Módulo Resiliencia Suelo-Cemento (GPa)	

**CUADRO N° 1.2**  
**DATOS DE LA CARRETERA ACTUAL**

<b>Resistencia</b>	
Número Estructural	3.8
Deflexión Viga Benkelman (mm)	0.6
<b>Estado</b>	
Rugosidad (IRI)	4.5
Defecto de Construcción	
Total de Grietas (%)	30
Grietas Anchas (%)	30
Baches (%)	4
Peladuras (%)	11
Roderas (mm)	8
D. E. Roderas (mm)	4
<b>Historia</b>	
Edad Capa Superficial (años)	5
Edad Construcción (años)	30
Si Hay Capas Viejas, Area Grietas Anchas Anteriores (%)	-
Precipitación (m/mes)	0.120

Fuente: "Estudios y Supervisión del proyecto 'Rehabilitación de Carreteras afectadas por El Niño' – Carretera Héroes de la Breña 'Puente Ricardo Palma - La Oroya' – Tramo 2: Cocachacra - Matucana"; MTC – Pacific Consultants Internacional – Cesel Ingenieros

### OFERTA EN LA SITUACIÓN CON PROYECTO

Con la ejecución del proyecto se logrará contar con una carretera con menor índice de rugosidad, con un espesor de asfalto de 125 mm, con un número estructural de 4.6, tal como se muestra en los Cuadros N° 1.3 y 1.4, lo cual representa un significativo ahorro de tiempo de viaje y menores costos de transporte.

**CUADRO N° 1.3**  
**POLÍTICAS DE CONSTRUCCIÓN**

<b>Tramo</b>	<b>Cocachacra - Matucana</b>
<b>Construcción</b>	
Duración de la Construcción (años)	1
Flujo Anual de Costos: Construcción en Año 1	100%
Valor Residual (% costo total)	20
<b>Geometría</b>	
Clase de Carretera	Pavimentada
Longitud (Km)	21.3
Ancho de la Calzada (m)	7.20
Ancho un Hombro/Arcén (m)	0
Número Efectivo de Carriles	2
Subida mas Bajada (m/Km)	46.2
Curvatura (grados/Km)	179.5
Peralte (%)	5

**CUADRO N° 1.4**  
**POLÍTICAS DE CONSTRUCCIÓN (C/P)**

<b>Superficie</b>	
Tipo de Superficie	Asfaltada
Espesor de Capas Nuevas (mm)	125
Espesor de Capas Viejas (mm)	150
<b>Base/Sub Rasante</b>	
Tipo de Base	Granular
CBR de la Subrasante (%)	32
Si Base es Cemento Estabilizado	No
Espesor de Capas de Base (mm)	
Módulo Resiliencia Suelo-Cemento (GPa):	
<b>Resistencia</b>	
Número Estructural	4.6
Deflexión Viga Benkelman (mm)	
<b>Estado</b>	
Rugosidad (IRI)	2.0
Defecto de Construcción	0

Fuente: "Estudios y Supervisión del proyecto 'Rehabilitación de Carreteras afectadas por El Niño' – Carretera Héroes de la Breña 'Puente Ricardo Palma - La Oroya' – Tramo 2: Cocachacra - Matucana"; MTC – Pacific Consultants Internacional – Cesel Ingenieros  
Elaboración: Propia

### 1.2.3.2 ANÁLISIS DE LA DEMANDA

La demanda está dada por los vehículos que circulan por la actual vía. Estos vehículos se trasladan desde la ciudad de Lima, teniendo como destino las ciudades de La Oroya, Huancayo, Huancavelica, Junín, Cerro de Pasco, Huanuco, Tingo María y Pucallpa.

Entre las variables que afectan a la demanda tenemos:

- Tasa de Crecimiento del PBI departamental.
- El Servicio de Transporte; se ha identificado 02 tipos de servicio de transportes: el de mercancías o carga y el de pasajeros.

### ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA ACTUAL

La demanda para el proyecto está determinada por los vehículos que en la actualidad circulan por la vía y tienen como destino final las localidades de la Oroya, Huancayo, Huancavelica, Junín, Cerro de Pasco, Huanuco, Tingo María y Pucallpa.

Se cuenta con información obtenida por CESEL en el peaje de Corcona durante 4 días (del 04 al 07 del año 2000), las 24 horas de cada día, la cual se muestra a continuación.

**CUADRO N° 1.5  
VOLUMEN VEHICULAR CONTABILIZADO**

<b>Día</b>	<b>Dirección</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
<b>Jueves</b>	Cocachacra - Tornamesa	1,738	50%
	Tornamesa - Cocachacra	1,746	50%
	Ambas	3,484	100%
<b>Viernes</b>	Cocachacra - Tornamesa	1,611	46%
	Tornamesa - Cocachacra	1,860	54%
	Ambas	3,471	100%
<b>Sábado</b>	Cocachacra - Tornamesa	1,832	48%
	Tornamesa - Cocachacra	2,007	52%
	Ambas	3,839	100%
<b>Domingo</b>	Cocachacra - Tornamesa	1,652	52%
	Tornamesa - Cocachacra	1,554	48%
	Ambas	3,206	100%
<b>I.M.D.</b>	Cocachacra - Tornamesa	1,721	49%
	Tornamesa - Cocachacra	1,772	51%
	Ambas	3,493	100%
<b>FCE (veh. lig.) 1.010</b>		<b>FCE (veh. pes.) 1.019</b>	
<b>I.M.D.A.</b>	Cocachacra - Tornamesa	1,747	49%
	Tornamesa - Cocachacra	1,800	51%
	Ambas	3,547	100%
<b>%</b>	<b>Ambas</b>	<b>100%</b>	

Fuente: "Estudios y Supervisión del proyecto 'Rehabilitación de Carreteras afectadas por El Niño' – Carretera Héroes de la Breña 'Puente Ricardo Palma - La Oroya' – Tramo 2: Cocachacra - Matucana"; MTC – Pacific Consultants Internacional – Cesel Ingenieros

## PROYECCIÓN DE LA DEMANDA

Para hacer la proyección de la demanda se ha trabajado con los datos proporcionados en el estudio de tráfico, mostrados a continuación:

**CUADRO N° 1.6  
TASAS DE CRECIMIENTO DEL TRÁFICO**

<b>Periodos</b>	<b>Vehículos Ligeros</b>	<b>Ómnibus</b>	<b>Camiones</b>
2006-2016	5.8%	5.1%	6.1%
2017-2026	3.6%	3.1%	3.9%

Se ha considerado un incremento en el tráfico del 20%, para todo tipo de vehículo sólo para el primer año luego de realizada la inversión (el siguiente año de construido el proyecto). A partir del segundo año después de realizada la inversión el crecimiento anual viene a ser igual que para el caso de la alternativa sin proyecto, se ha considerado que el mejoramiento de la superficie de rodadura tiene efectos generadores o creadores de tráfico que antes no existía en el área de influencia del proyecto.

### **1.2.3.3 BALANCE OFERTA-DEMANDA**

Para determinar los IMDA, se multiplicó el volumen vehicular por el factor de corrección estacional, el cual es 1.010 para vehículos ligeros y 1.019 para vehículos pesados, por lo que el IMDA para la carretera en estudio es 3,547 vehículos.

Las características técnicas del proyecto están de acuerdo con la demanda proyectada. La carretera proyectada se considera de tercer nivel y estará en condiciones de atender la demanda existente, ya que ha sido diseñada y proyectada teniendo en cuenta los volúmenes de tráfico que transitan por esta vía.

## **1.3 INGENIERIA DE TRANSITO**

### **1.3.1 DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS DEL TRAFICO**

El tramo Cocachacra – Matucana es un tramo homogéneo, debido a que no existen muchas vías afluentes con excesivo ingreso y/o salida de vehículos; sin embargo, es necesario precisar la presencia de localidades significativas como: Cocachacra, San Mateo, Matucana, Morococha, Casapalca, Río Blanco, etc., debido al servicio de transporte público entre vehículos de estas localidades y Chosica; del mismo modo existe importante transporte de carga y descarga entre Morococha y la ciudad de La Oroya.

El Índice Medio Diario Anual en este tramo es de 3,322 compuesto por 35% de vehículos ligeros, 12% de ómnibus y 53% de vehículos de transporte de carga. En el Cuadro N° 1.7 se puede apreciar los IMDA por tipo de vehículo.

**CUADRO N° 1.7**  
**IMDA DEL AÑO BASE (2005) – POR TIPO DE VEHICULO**

<b>Vehículo</b>	<b>IMDA</b>
Autos	599
Pick up	302
Camionetas rurales	127
Micros	126
Bus 2 ejes	278
Bus 3 ejes	119
Camión 2 ejes chico	471
Camión 2 ejes grande	398
Camión 3 ejes	339
Camión 4 ejes	30
2S2	38
2S3	126
3S2	66
3S3	253
2T2	3
2T3	1
3T2	22
3T3	25
<b>I.M.D.A.</b>	<b>3322</b>

### 1.3.2 ENCUESTAS DE ORIGEN Y DESTINO

Las encuestas de origen y destino tienen como finalidad determinar el área de influencia de la carretera. De los resultados de las encuestas se determina que el área de influencia de la carretera comprende los departamentos de Lima, Junín, Huancavelica, Huanuco, Pasco y Ucayali.

La mayoría de viajes son por trabajo y recreación que comprende visitas a familiares, regreso de visitas. La ocupabilidad es más alta en automóviles, probablemente por los colectivos que realizan transporte público entre Lima y La Oroya. No se ha conseguido información que pueda ser representativa con respecto a las profesiones u ocupaciones de los pasajeros y los ingresos percibidos como retribución al trabajo efectuado.

### 1.3.3 PROYECCIÓN DE TRÁFICO

El tráfico futuro generalmente está compuesto por el tráfico normal existente, con un crecimiento vegetativo, además del tráfico derivado o desviado que puede ser atraído hacia o desde otra carretera y el tráfico inducido o generado.

El tráfico normal es aquel que está utilizando actualmente la carretera en estudio y que ha tenido y tendrá un crecimiento exponencial independientemente de las mejoras que se puedan efectuar. Su crecimiento estará influenciado por el mayor o menor desarrollo de las actividades económicas en el área de influencia directa e indirecta del proyecto y por el crecimiento de la población. Para este caso se ha determinado las tasas de crecimiento promedio anual, mostradas en el siguiente cuadro.

**CUADRO N° 1.8  
TASAS DE CRECIMIENTO DEL TRÁFICO**

<b>Periodos</b>	<b>Vehículos Ligeros</b>	<b>Ómnibus</b>	<b>Camiones</b>
2006-2016	5.8%	5.1%	6.1%
2017-2026	3.6%	3.1%	3.9%

El tráfico inducido o generado es el que se presentará como consecuencia de rehabilitación en la superficie de rodadura. Las mejoras a realizar en la carretera Puente Ricardo Palma – Oroya, disminuirán los costos de operación de los vehículos, sin embargo no influyen en el volumen del tráfico existente, por lo cual las tasas de crecimiento del tráfico se mantienen.

**CUADRO N° 1.9  
PROYECCIÓN DEL TRÁFICO**

<b>Año</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2026</b>
<b>Descripción</b>	Año Base	Construcción	Año 1	Año 2	Año 10	Año 11	Año 20
<b>Total</b>	3,322	3,517	3,724	3,943	6,229	6,460	8,967

#### **1.3.4 CARGAS POR EJE**

Los factores destructivos del pavimento o ejes equivalentes a 8.2 toneladas se han determinado para un número estructural SN de 4 y una serviciabilidad final de 2.5.

Con los factores destructivos del pavimento (corregidos por presión de inflado de llantas), el IMDA y las tasas de crecimiento del tráfico se ha calculado la cantidad acumulada de ejes equivalentes a 8.2 toneladas. El cálculo se ha efectuado para dos periodos: el primero comprende el año de puesta en marcha del proyecto (2007) hasta el año 10 de vida útil (2016), y el segundo período abarca del año 11 (2017) al año 20 (2026)

**CUADRO N° 1.10**  
**EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS (EALS)**

Periodo	Cocachacra - Matucana	Matucana - Cocachacra
2007-2016	$6.9 \times 10^6$	$12.4 \times 10^6$
2017-2026	$10.8 \times 10^6$	$19.5 \times 10^6$
2007-2026	$17.7 \times 10^6$	$31.9 \times 10^6$

#### 1.4 TRAZO VIAL

Para evaluar el trazo existente se tomó como referencia el “Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2001” del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Los datos de trazo existente están resumidos en el Cuadro N° 1.11 y su trazo se muestra en los planos PP-01, PP-02 y PP-03 ubicados en el Anexo A.5.

**CUADRO N° 1.11**  
**CARACTERÍSTICAS DEL TRAZO EXISTENTE**

- Inicio	Km. 55+000.00
- Final	Km. 58+000.00
- Longitud	Km. 3+000.00
- Velocidad Directriz	50 Km/hr. con restricción en zonas de desarrollo
- Ancho Rodamiento	7.20 m
- Bermas	Sin Bermas.
- Radio	60m (Mínimo normal)
- N° de curvas horizontales	Promedio 5.2 curvas/Km.
- Cuneta triangular revestida	1.00m. x 0.40m

Los parámetros bajo los cuales se evaluaron las curvas horizontales y verticales fueron los siguientes:

- Elementos de la curva circular
- Longitud de los tramos en tangente
- Longitud de transición de peralte
- Distancia de parada y despeje lateral
- Necesidad de curvas de transición

La nueva velocidad directriz de diseño propuesta es de 60 Km/h. Esta nueva velocidad directriz cambia la concepción del diseño de la carretera ya que varía la longitud de radios mínimos, longitudes de tangentes, peraltes, etc. Al igual que para la evaluación

del trazo existente se hizo uso de tablas de evaluación para el correcto diseño de los elementos horizontales y verticales del trazo.

Los datos del nuevo trazo están resumidos en el Cuadro N° 1.12.

**CUADRO N° 1.12**  
**CARACTERÍSTICAS DEL TRAZO PROPUESTO**

- Inicio	Km. 55+000.00
- Final	Km. 58+000.00
- Longitud	Km. 2+988.98 (Con ecuación de empalme)
- Velocidad Directriz	60 Km/hr. sin restricciones
- Ancho Rodamiento	7.20 m
- Bermas	Lado derecho 1.80 m.
- Radio	105 m (Mínimo normal)
- N° de curvas horizontales	Promedio 3.6 curvas/Km.
- Cuneta triangular revestida	1.00m. x 0.40m

## 1.5 ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO

### 1.5.1 GEOLOGÍA

Del Km 55+000 al Km 56+500 la carretera se extiende por el corte del depósito coluvio-aluvial, con fuerte inclinación que varía entre 50° y 70°, a veces a ambos lados. La altura del corte alcanza hasta los 20 m; sin embargo, no se observa inestabilidad notoria por la fuerte cementación. Entre los Km 56+500 y 58+000 hay un talud que presenta una fuerte inclinación, de 60° y 80°; está constituido por lava andesítica fracturada de la Formación Arahua. La fracturación es de forma irregular y de fuerte inclinación. El talud presenta eventual caída de rocas. En general, se presenta una litología estable.

Las unidades geológicas que tiene conexión directa con la carretera, están constituidas por rocas sedimentarias, volcánicas e intrusivas. Ver Plano N° GG-01 en el Anexo. Las Unidades Geomorfológicas presentes son:

- Flanco Occidental Andino
- Zona Antiplánica
- Valles

De la estratigrafía, las unidades formacionales encontradas en la zona son:

- Grupo Rímac
- Grupo Millotingo
- Formación Arahuay

Con respecto a la geodinámica externa, del Km 56+900 al Km 57+500 (ver Plano N° GG-01), se distingue principalmente el siguiente tipo de fenómeno geodinámico:

**CUADRO N° 1.13  
PRINCIPAL PROBLEMA GEODINÁMICO PRESENTADO**

Problema	Caída de bolones.
Fenómeno original	Desprendimiento de rocas.
Topografía, pendiente y altura de talud	Material coluvio-aluvional, con 85° de pendiente al talud y 40 m de altura máxima.
Naturaleza de materiales	Depósito coluvial compuesto por bloques de tamaño variable de 0.30 a 1.00 m, que representan el 35% aproximadamente del total, con matriz limo-arcillosa.
Características del depósito	Bloques inestables. Depósito heterogéneo compuesto por bloques con matriz limo-arcillosa.
Condición de las aguas subterráneas	No se ha encontrado presencia de "ojos de agua" en el afloramiento rocoso.
Estado de la cubierta vegetal	No existe.
Geodinámica externa y geotecnia	Existen desprendimientos de bloques en la pared casi vertical.
Consideración final y recomendación	Los bloques se inestabilizan por las vibraciones causadas por el paso del tren en la parte superior. Los bloques desprendidos tienen menos de 0.6 m de espesor. Por la magnitud y comportamiento de los bloques inestables se considera este sector como de segunda prioridad.

Por otro lado, el Tramo Cocachacra - Matucana se encuentra bajo la influencia de dos fuentes principales de eventos sísmicos: la zona de subducción de la placa de Nazca por debajo de la placa Sudamericana, y los sismos continentales producto de la actividad sísmica superficial andina. Los registros históricos indican la ocurrencia de nueve eventos con intensidad alta en la zona en estudio. Los mayores eventos son los producidos por los sismos de 1586 y 1746. Se concluye que existe poca información histórica, ya que la registrada entre los siglos XVI a XIX corresponde sólo a las ciudades principales existentes en esa época, pudiendo haber ocurrido sismos importantes en zonas remotas que no fueron reportados.

## 1.5.2 GEOTECNIA

### ENSAYOS Y MUESTREO

Para el estudio de los suelos se realizaron trabajos de exploración de campo como la excavación de calicatas, extracción de muestras representativas de los estratos y determinación de características físicas de los materiales, lo cual permitió describir el tipo de suelo predominante, realizar ensayos de laboratorio para determinar las características físico-mecánicas requeridas para clasificar correctamente los suelos y realizar el análisis de capacidad de soporte del terreno y diseño del pavimento.

Se tomaron valores porcentuales de C.B.R. para 100% y 95% de la máxima densidad seca para cada material, determinándose además, de la misma Curva Densidad - CBR, el valor de soporte correspondiente a la densidad de campo.

### SUBRASANTE

Formada por material granular de forma angular a subangular, gravas limosas y arcillosas. El límite líquido varía de 17 a 26% y el índice plástico de 2.84 a 8.16%. El grado de compactación de esta capa varía de 89 a 95 % y CBR de 28 a 48%, correspondiendo el mínimo valor de CBR a una grava arcillosa localizada en el Km 58+000. La humedad óptima de compactación varía de 5.2 a 7.2%.

De acuerdo a las características de los suelos que integran la estructura del camino, las propiedades de los éstos son muy similares y por ser la longitud del tramo sólo de 3 Km no será sectorizado.

- Km 53+000 al 57+000: Gravas limosas y arcillosas bien y mal graduadas.
- Km 57+000 al 58+000: Grava bien graduada (GW).

Para la determinación del valor representativo de la capacidad de soporte del suelo se ha utilizado el criterio del Instituto del Asfalto (USA), señalado en el Cuadro N° 1.14. Para este caso el nivel de tráfico (EAL) es de  $10^6$ , por lo que el percentil de diseño es 75%, con lo cual se obtiene un valor del Modulo de Resiliencia de 15,614.1 psi.

**CUADRO N° 1.14**  
**PERCENTIL DE DISEÑO**

<b>Nivel de Trafico (EAL)</b>	<b>Percentil de Diseño (%)</b>
10 <sup>4</sup> o menor	60
Entre 10 <sup>4</sup> y 10 <sup>8</sup>	75
10 <sup>8</sup> o más	87.5

### **EVALUACION DE LA CANTERA ESPERANZA**

Se ubica en la margen izquierda del lecho del río Rímac. El acceso se encuentra a la altura del Km 57+ 500 y consta de una trocha carrozable de 700 m de longitud angosta y de fuerte pendiente. Ver Plano N° GG-01 en el Anexo.

Los resultados de laboratorio han permitido determinar que el material típico está conformado por grava mal graduada (GP) de forma redondeada, de color gris, presenta un 50% de boleos subredondeados mayor a 2" y con tamaño máximo de 15", 28.6% de grava menor a 2" con 20.6 % de arena y 0.8 % de finos no plásticos.

Tiene una sección para explotación de 600 x 50 m y una potencia de 3.0 m, con lo que se tiene un volumen disponible de 91,000 m<sup>3</sup>.

**CUADRO N° 1.15**  
**CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL DE CANTERA**

<b>Características</b>	<b>Valores</b>
% CBR al 100%	87.4
% CBR al 95%	44.0
% Durabilidad Agregado Grueso	2.8
% Durabilidad Agregado Fino	2.9
Gravedad Especifica (gr/cm <sup>3</sup> ) - agregado grueso	2.639
Gravedad Especifica (gr/cm <sup>3</sup> ) - agregado fino	2.667
Modulo de Fineza	3.7
Equivalente de Arena	79.6
% de Caras Fracturadas	29.0
% de Abrasión	14.1

### **FUENTES DE AGUA**

Las siguientes muestras de agua fueron analizadas:

- Km 66+000: Agua de la quebrada Surco al lado derecho.
- Km 71+500: Agua de la quebrada Collana al lado izquierdo.

Las características de las muestras de fuentes de agua estudiadas presentan valores dentro del rango establecido por lo que no hay inconveniente para su utilización.

## **1.6 ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO**

La cuenca del río Rímac constituye el punto natural de ingreso a la ciudad de Lima, procedente de la sierra y selva del país; y en tal sentido, el sistema vial constituye un aspecto de vital importancia para el desarrollo de la zona central del país. La carretera Héroes de la Breña forma parte de este sistema vial y por ello es muy importante la evaluación de su sistema de drenaje ya que de éste depende su conservación a lo largo de su vida útil.

### **1.6.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CUENCA DEL RÍO RÍMAC**

La cuenca del río Rímac está constituida por una amplia red de drenaje, que a su vez da lugar a la formación de subcuencas y microcuencas que conforman la gran cuenca del Rímac. Tiene una superficie total de 3,101 Km<sup>2</sup>, el perímetro total es de 441 Km. Posee geoméricamente 204 Km de largo, con un ancho promedio de 16 Km. Está conformada por dos subcuencas importantes, la de San Mateo y la de Santa Eulalia. La longitud del cauce principal es de 145 Km.

La precipitación media anual en la cuenca varía entre 50 mm y 1,000 mm al año, con la mayor ocurrencia (80%) en los meses de verano (diciembre a abril). La cuenca del río Rímac es altamente inestable y propensa a que ocurran huaycos y en menor medida inundaciones. Las temperaturas medias máximas mensuales varían desde 30°C en el verano (en el área baja de la cuenca), hasta 2°C – 3°C en el invierno, (zona de la divisoria de aguas de la cuenca). La evaporación anual es de 1,560 mm. La humedad relativa se caracteriza por tener un promedio anual inverso a la costa, es decir, mayor en verano o época lluviosa (87%) y menor durante el invierno (61%).

### **1.6.2 ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN**

Para el presente estudio se ha utilizado información topográfica proveniente de cartas elaboradas por instituciones del Estado, mientras que la información pluviométrica utilizada corresponde a seis estaciones meteorológicas operadas por el SENAMHI.

La zona en estudio no cuenta con estaciones hidrométricas y/o hidrográficas que permitan calcular directamente los caudales de diseño dado que se trata de cuencas pequeñas; razón por la cual, se ha calculado dichos valores en base a los registros de precipitación máxima en 24 horas.

El análisis de frecuencia se ha realizado para los datos de cada estación con ayuda del programa “SMADA”, verificando la bondad de ajuste a través del análisis gráfico y

con ayuda del promedio de la desviación estándar, optando finalmente por trabajar con la distribución LogNormal de 3 Parámetros ya que presenta un buen ajuste para todas las estaciones. Los resultados arrojados por el programa se muestran en el Anexo.

En el siguiente cuadro se presentan los valores de precipitaciones máximas afectados por un factor de seguridad de 1.13 con la finalidad de tomar en cuenta el número de lecturas realizadas en el pluviómetro en un día, el cual se asume por seguridad 1 vez/día.

**CUADRO N° 1.16**  
**PRECIPITACIONES MÁXIMAS [mm]**

Estación	Cota [msnm]	Precipitación [mm]		
		Tr = 20 años	Tr = 50 años	Tr = 100 años
Santa Eulalia	1,050	31.00	37.81	42.84
Matucana	2,378	34.92	39.58	42.91
Carampoma	3,272	36.31	39.28	41.29
San José de Parac	3,800	39.83	44.86	48.47
Autisha	2,250	29.06	33.99	37.58
Chalilla	4,050	52.09	57.38	60.94

Fuente: Elaboración Propia.

### 1.6.3 ANÁLISIS DE SUBCUENCAS

Consiste en la evaluación hidrológica de las subcuencas del río Rímac que han sido cruzadas por la carretera Héroes de la Breña y que se encuentran dentro del ámbito del estudio, con la finalidad de establecer si éstas afectan negativamente a la carretera mencionada. Se ha reconocido tres subcuencas cuyas áreas no superan los 50 Km<sup>2</sup>, cuyos principales parámetros fisiográficos se presentan en el siguiente cuadro.

**CUADRO N° 1.17**  
**PARÁMETROS FISIGRÁFICOS DE LAS SUBCUENCAS EN ESTUDIO**

Nombre	Cuenca				Cauce	
	Área [Km <sup>2</sup> ]	Perímetro [Km]	Pendiente [m/m]	Altura Media [m.s.n.m]	Longitud [Km]	Pendiente [m/m]
Quebrada Río Seco	48.24	32.98	0.65	3,187	12.00	0.23
Quebrada Esperanza	4.15	8.78	0.75	2,636	3.85	0.51
Quebrada Palcacancha	28.75	28.05	0.52	4,108	10.41	0.25

Fuente: Elaboración Propia.

La distribución de la precipitación dentro de los límites de la zona de estudio se realizó con ayuda del Método de Thiessen y se determinó que la cuenca Río Seco se encuentra influenciada por las estaciones Santa Eulalia, Matucana y Chalilla. Las cuencas Esperanza y Palpacancha están influenciadas sólo por la quebrada Matucana.

Como ya se dijo anteriormente, las subcuencas estudiadas no cuentan con estaciones hidrométricas y/o hidrográficas que permitan obtener los valores de caudales máximos de manera directa, razón por la cual, la estimación de los caudales máximos se ha realizado en base a modelos de Precipitación – Escorrentía. En este caso se ha trabajado con dos métodos muy conocidos, el Método Racional y el Método del Hidrograma Unitario, este último fue aplicado a través del programa HEC – HMS. Los resultados son anexados al final del presente Informe. Finalmente se optó por trabajar con este segundo método. Los resultados obtenidos se muestran en el siguiente cuadro.

**CUADRO N° 1.18  
PRECIPITACIONES Y CAUDALES MÁXIMOS**

Tr [años]	Pmax [mm]			Qmax [m3/s]		
	Qda. Río Seco	Qda. Esperanza	Qda. Palcacancha	Qda. Río Seco	Qda. Esperanza	Qda. Palcacancha
20	42.8	34.9	34.9	41.2	2.1	12.6
50	48.1	39.6	39.6	56.8	3.2	18.5
100	51.8	42.9	42.9	68.3	4.1	23.0

Fuente: Elaboración Propia.

#### 1.6.4 DISEÑO DE OBRAS DE ARTE Y DRENAJE

La evaluación de las obras de arte y drenaje se realizó en dos etapas, una de campo y otra de gabinete. Las obras de drenaje longitudinal consisten sólo de cunetas ubicadas a ambos lados de la vía, mientras que el drenaje transversal consiste sólo de 8 alcantarillas y 1 puente. Por otro lado, no existen estructuras de drenaje subsuperficial. Ver Planos N° PP-01, PP-02 y PP-03 en el Anexo A.V.

Dado que el presente estudio ha desarrollado una alternativa de solución para el mejoramiento del flujo vial en el tramo en evaluación, el cual consiste básicamente en una variación del eje de la vía así como la construcción de la berma derecha, el sistema de drenaje ha sido adecuado a estas variaciones. De los resultados obtenidos, se ha determinado que el tramo en estudio no necesita obras de drenaje superficiales y/o subsuperficiales adicionales.

### 1.6.4.1 ALCANTARILLAS

Las alcantarillas tienen características similares tales como el tipo de material (TMC) y diámetro (0.90 m). Captan los flujos de quebradas muy pequeñas ubicadas en la ladera derecha de la carretera, cuyas áreas de cuenca no superan el 1.0 Km<sup>2</sup>; sólo la alcantarilla ubicada en el Km 55+295 no sigue este patrón, ya que su función es permitir el paso de aguas de riego hacia un canal ubicado en la ladera derecha de la carretera.

La carretera presenta cortes de ladera empinados, casi verticales, razón por la cuál se ha construido losas de mampostería en dos entradas de alcantarilla, las cuales son las que presentan mayor área de cuenca. Tres alcantarillas tienen en la salida una estructura de mampostería, pero ninguna de las alcantarillas presenta problemas de socavación a la salida.

Todos los cabezales de entrada y salida se encuentran en buen estado de conservación, pero sí presentan cierta acumulación de basura y material de arrastre en la entrada y salida. El material de TMC que conforma el cuerpo de la alcantarilla no presenta daños ni deformaciones, mas sí presenta signos de oxidación en sus extremos. En el Capítulo IV Aplicación de la Metodología Propuesta, se presenta mayores detalles del estado actual de las alcantarillas inspeccionadas.

Se ha calculado los caudales que transporta la alcantarilla mediante el método racional. Por otro lado se ha procedido a calcular el caudal máximo que ésta puede transportar de acuerdo a sus características geométricas. Se concluye que todas las alcantarillas tienen suficiente capacidad para transportar los caudales provenientes de quebradas y/o cunetas.

### TRABAJOS POR REALIZAR

De acuerdo a la alternativa planteada para el mejoramiento del trazo de la carretera, el 100% de las alcantarillas sufrirá un alargamiento de la estructura de entrada de aproximadamente 1.80 m dado que en el carril derecho se construirá una berma. Asimismo, todas las alcantarillas estarán provistas de un cabezal de entrada de las mismas características que el existente dado que durante la inspección de campo se comprobó su buen funcionamiento y estado de conservación.

En todas las alcantarillas se realizará un trabajo de limpieza como parte del programa de mantenimiento rutinario para la eliminación de la basura y material de arrastre. Este

trabajo no sólo se debe realizar en el cuerpo de la alcantarilla sino aguas abajo de las estructuras de salida, para asegurar así el libre flujo de las aguas hacia el río Rímac.

#### 1.6.4.2 CUNETAS

Se realizó un inventario de las cunetas existentes teniendo que todo el lado derecho de la vía es recorrido por cunetas triangulares de 1.00 m de ancho por 0.40 m de alto, mientras que en el lado izquierdo sólo existen cunetas de similares dimensiones en algunos tramos. Ver el Cuadro N° 1.19 y Planos N° PP-01, PP-02 y PP-03 localizados en el Anexo A.V.

**CUADRO N° 1.19  
INVENTARIO DE CUNETAS**

LADO DERECHO						
Progresiva		Estructura de Descarga	Longitud	Sección Transversal		Fotos en Anexo A.III.
Inicio	Fin			Ancho	Alto	
[Km]	[Km]					
55+295	55+000	Continúa en sgte. tramo	295	1.00	0.40	02
55+702	55+295	Alcantarilla (salida)	407	1.00	0.40	02
55+702	56+103	Alcantarilla	401	1.00	0.40	---
56+400	56+103	Alcantarilla	297	1.00	0.40	---
56+630	56+400	Alcantarilla	230	1.00	0.40	09
57+039	56+630	Alcantarilla	409	1.00	0.40	09
57+280	57+039	Alcantarilla	241	1.00	0.40	---
57+905	57+280	Alcantarilla	625	1.00	0.40	13
58+000	57+905	Alcantarilla	95	1.00	0.40	17

LADO IZQUIERDO						
Progresiva		Estructura de Descarga	Longitud	Sección Transversal		Fotos en Anexo A.III.
Inicio	Fin			Ancho	Alto	
[Km]	[Km]					
55+690	55+540	---	150	1.00	0.40	---
56+320	56+280	---	40	1.00	0.40	---
56+580	56+420	---	160	1.00	0.40	18

En general el concreto que conforma las cunetas se encuentra en buen estado de conservación, encontrándose sólo algunos paños (10% del total) con fisuras o reparaciones pequeñas. Las juntas son de asfalto y en la parte inferior de las cunetas

casi está desapareciendo debido posiblemente al desgaste producido por el arrastre de materiales del agua.

Como ya se mencionó anteriormente, para el mejoramiento del flujo vial, se ha planteado construir una berma de 1.80 m en el lado derecho de la carretera, razón por la cual se deberá “trasladar” las cunetas del lado derecho al extremo de la vía, adecuándola a las nuevas formas que adoptará la carretera como resultado de las modificaciones en el trazo. Dadas estas condiciones, las medidas de limpieza y reparación para las cunetas del lado derecho se prevén sólo como parte del mantenimiento rutinario.

Debido a que se mantendrá la condición de corte en las secciones de la carretera, las cunetas cumplirán la misma función que las existentes y por ello se ha decidido mantener su misma sección geométrica, además de que se ha comprobado su buen funcionamiento y conservación durante el trabajo de campo.

Por tal razón, se ha procedido a verificar si dicha sección es capaz de transportar el caudal captado por las cunetas. Para ello se ha calculado en primer lugar la capacidad máxima de conducción de las alcantarillas y en segundo lugar se ha calculado el caudal que dichas cunetas transportarían durante una avenida de 25 años de período de retorno. Los resultados fueron positivos

Dado que las cunetas del lado izquierdo presentan las mismas características geométricas que las del lado derecho y, además, trabajan en condiciones más favorables, se asume entonces que estas cunetas también cumplen con la capacidad de conducción.

## **TRABAJOS POR REALIZAR**

Se ha programado demoler las cunetas existentes en el lado derecho de la vía para construir unas nuevas cunetas en tramos de 1.80 m más hacia la derecha con la finalidad de cumplir con el drenaje de la vía modificada. Dadas las condiciones del terreno, dichas cunetas se construirán a lo largo de todo el tramo en estudio, tal como se ha realizado en la actualidad.

Las cunetas del lado izquierdo no serán modificadas ni se diseñarán más cunetas en ese lado, por lo cual, sólo se ha establecido que se realice una limpieza mínima de las mismas.

## **1.7 ESTUDIO DE SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL**

### **INVENTARIO VIAL**

En esta carretera se requiere adecuada señalización pues discurre en terreno accidentado, y tiene un tránsito pesado e intenso con gran volumen de autobuses y furgones con remolque.

Se ha realizado un Inventario Vial el cual ha incluido los siguientes aspectos:

- Señales Preventivas
- Señales Reglamentarias
- Señales Informativas
- Guardavías
- Tachas y Postes delineadores

### **EVALUACIÓN DE ZONAS DE RIESGO DE ACCIDENTES DE TRANSITO**

Como uno de los objetivos de este proyecto es el de aumentar la velocidad directriz hasta 60 Km/h al realizar la evaluación respectiva de los elementos del alineamiento se noto claramente que para la nueva velocidad directriz el trazo tendría que sufrir modificaciones necesarias y estar correctamente señalizado.

Las zonas identificadas como zonas de riesgo durante la inspección de campo y durante el análisis en gabinete se encuentran principalmente en las curvas 11 a 19, además de los tramos donde se producen desprendimiento de rocas.

### **MEDIDAS DE SEGURIDAD PROPUESTAS**

A continuación se enumera las principales medidas correctivas asumidas para este proyecto:

- Se aumentaron los radios, para que superen o igualen el radio mínimo permitido, y las longitudes de tangentes entre curvas reversas y del mismo sentido.
- Se diseñaron espirales de transición para las curvas con radios menores a 350 m.
- Las señalizaciones verticales existentes actualmente en el camino serán reubicadas y complementadas con otras nuevas de ser el caso y con tachas autorefectantes, postes delineadores y guardavías.

- La señalización horizontal será restrictiva en los tramos en curva y la premisa principal es evitar que los vehículos adelanten en zonas de curva. Asimismo, para facilitar el adelanto de vehículos se ha diseñado un carril de ascenso desde el Km 57+000 hasta el Km 57+500. Este carril tendrá su señalización horizontal y vertical.
- Al lado derecho del camino se ha propuesto la construcción de una berma de seguridad de 1.80 m de ancho para el eventual estacionamiento de vehículos.
- Debido a la implementación de la berma y a la colocación de sobreanchos en la curvas se ha mejorado la visibilidad en la curvas del camino.

## **1.8 PAVIMENTOS**

### **1.8.1 EVALUACION DEL PAVIMENTO**

Los suelos que forman la estructura de pavimento están constituidos básicamente por carpeta y base, sin que se haya detectado capa de sub-base.

Los suelos que forman la base granular están formados principalmente por gravas bien y mal graduadas con pocos finos limosos y arcillosos, apoyados sobre una subrasante formada igualmente por material granular de características similares al de base, pero con contenido de finos y plasticidad ligeramente mayor. El espesor de la capa de base es variable predominando los valores entre 20 y 30 cm.

El CBR determinado a la densidad in situ es variable, de 28 a 48%. Sin embargo, estos valores se consideran representativos de una subrasante de buena calidad, proporcionando un soporte adecuado al pavimento.

El espesor total del pavimento es de 35 cm: 20 cm de base y 15 cm de carpeta. Con un CBR promedio correspondiente a la densidad de campo de 39%.

### **1.8.2 ALTERNATIVAS DE DISEÑO**

De los resultados obtenidos se puede concluir que la estructura suelo-pavimento presenta características estructurales buenas. La estructura será afectada por los trabajos de corte que se realizarán para la construcción del carril de ascenso. Para la rehabilitación se plantean dos alternativas:

- Alternativa 1, considerando una capa asfáltica nivelante y una carpeta de rodadura.

- Alternativa 2, considerando una operación de fresado para la nivelación de la superficie asfáltica del pavimento y la colocación de una nueva carpeta asfáltica.

Se ha efectuado un análisis comparativo de las ventajas y desventajas que tiene cada una de las propuestas, cuyos resultados se presentan en el Cuadro N° 1.20. Del análisis efectuado se encuentra que la Alternativa 2, es la más recomendable para la rehabilitación del Tramo.

CUADRO N° 1.20

## TIPOS DE DISEÑO PARA REHABILITACION DE PAVIMENTOS

<b>Método Convencional</b> (Capa nivelante + carpeta de rodadura)	<b>Método Por Fresado</b> (Fresado + capa nivelante + carpeta de rodadura)
<p style="text-align: center;"><b>VENTAJAS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Contratistas pueden participar en la licitación, en forma indiscriminada.</li> <li>2. Procedimientos de trabajo familiares.</li> </ol>	<p style="text-align: center;"><b>VENTAJAS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Permite mantener el ancho actual de la carretera.</li> <li>2. Menor costo constructivo.</li> <li>3. Proceso constructivo rápido.</li> <li>4. Se emplea una menor cantidad de asfalto.</li> <li>5. Alta contribución para disminuir la rugosidad del pavimento a un menor costo.</li> <li>6. Menor interrupción del tráfico. El tráfico puede fluir inmediatamente después de concluido el trabajo.</li> <li>7. En el futuro se puede continuar con el mantenimiento periódico de la carretera.</li> <li>8. La altura de la carretera no se incrementa significativamente.</li> </ol>
<p style="text-align: center;"><b>DESVENTAJAS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Costo de construcción elevado.</li> <li>2. El incremento del espesor del pavimento trae los siguientes problemas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• El nivel final de la rasante está llegando al máximo.</li> <li>• Menor ancho de carretera.</li> <li>• Profundidad de cunetas es peligrosa para los vehículos que se salen de la vía.</li> <li>• Nueva elevación de rasante no permitirá un mantenimiento adecuado (reapeo) en el futuro.</li> <li>• En el futuro se puede continuar con el mantenimiento periódico de la carretera.</li> </ul> </li> </ol>	<p style="text-align: center;"><b>DESVENTAJAS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Es difícil encontrar compañías locales en el Perú que compitan en el proceso de licitación debido a : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grupo limitado de compañías cuentan con el equipo para fresado.</li> <li>• Falta de contratistas calificados.</li> <li>• Poca experiencia en este tipo de procedimiento.</li> </ul> </li> <li>2. Es posible que el monto total de construcción no sea atractivo al contratista debido a la corta longitud de las obras.</li> <li>3. La alternativa necesita de trabajo con conocimiento profesional y especializado.</li> </ol>

## CAPÍTULO II FUNDAMENTOS TÉCNICOS

### 2.1 GENERALIDADES

#### 2.1.1 DEFINICIÓN DE ALCANTARILLA

Una alcantarilla es un conducto hidráulicamente corto que sirve para proveer las facilidades necesarias para el paso de las aguas provenientes de cauces, canales o cunetas, de un lado al otro de un terraplén, manteniendo, en lo posible, las condiciones naturales del drenaje. Es en realidad una “separación de niveles”, para el paso del agua por debajo y para el tránsito o instalación en la parte superior. El terraplén puede ser para una carretera, un ferrocarril, una calle, un camino industrial, un depósito de escombros, o una presa o dique.

Hidráulicamente, las alcantarillas se definen como conductos cerrados, ya que pueden operar con una línea de carga de agua por encima de su corona y, por consiguiente trabajar a presión. Si no opera a caudal lleno es considerada como un canal a superficie libre.<sup>1</sup>

Algunas definiciones tradicionales de alcantarilla están basadas en la longitud de su luz más que en su función o el tipo de estructura. Por ejemplo, parte de la definición de alcantarilla incluida en el Manual de Entrenamiento para Inspectores de Puentes 70, enuncia: “... estructuras con luces paralelas a la carretera mayores a 20 pies (6.10 m) generalmente son llamadas puentes; y estructuras con luces menores a 20 pies (6.10 m) son llamadas alcantarillas aunque soporten las cargas de tráfico directamente”<sup>2</sup>.

#### 2.1.2 IMPORTANCIA DE LAS ALCANTARILLAS

La modesta alcantarilla adquiere importancia cuando protege obras de ingeniería por valor de muchos miles de millones de dólares; de ahí la necesidad que tienen los

---

<sup>1</sup> ICOSA; “Manual de Especificaciones para la Reconstrucción de Caminos y Puentes Rurales”; Cap. 3, Pág. 25.

<sup>2</sup> U.S. Department of Transportation – FHWA; “Culvert Inspection Manual 70”; Cap. 1, Pág. 1.

ingenieros de saber cuándo y dónde se requieren estructuras de drenaje, y de seleccionarlas y proyectarlas en número adecuado y con economía.

Cuanto más importante y costosa sea la carretera, y más intenso el tránsito, tanto más cuidadoso debe ser el diseño. Algunos ingenieros proyectan alcantarillas con un área mayor, de modo que cuando sea necesario reemplazarlas pueden ser revestidas interiormente con una estructura nueva, conservando aún así suficiente área.<sup>3</sup> El ingeniero será menos criticado si construye sus estructuras de drenaje pecando por exceso más bien que por defecto, especialmente si no puede conseguir datos exactos.

De no utilizarse las alcantarillas como conductos de paso para las aguas bajo el terraplén, se puede ocasionar la inundación de la calzada, su debilitamiento por acciones como la filtración, erosión, y acumulación de materiales sólidos pétreos de los ríos o arbustos y hasta árboles de gran tamaño, causando graves perjuicios a los servicios que prestan las vías de comunicación y su efecto económico en la reconstrucción de las mismas.

### **2.1.3 CONSIDERACIONES PARA LA SELECCIÓN DE UNA ALCANTARILLA**

Actualmente se utilizan una amplia variedad de estructuras de alcantarillas, por consiguiente, se debe entender que la selección de un tipo específico de alcantarilla puede estar basada en muchos factores. Estos factores generales pueden ser:<sup>4</sup>

#### **CONSIDERACIONES DE INGENIERÍA**

Generalmente se desarrolla un análisis de cada lugar para determinar los requerimientos hidráulicos, estructurales y de durabilidad. Los requerimientos de seguridad del tráfico también son consideraciones importantes y pueden variar de lugar en lugar.

#### **CONSIDERACIONES ECONÓMICAS**

Un análisis económico puede incluir factores como el costo de construcción, tiempo de servicio estimado, costo de mantenimiento, costo de reemplazo, riesgo de falla y riesgo de daños a la propiedad. La alcantarilla más económica es la que presenta el costo total más bajo sobre el período de diseño. No necesariamente es la alcantarilla

---

<sup>3</sup> The Armco International Corporation; "Manual de Drenaje y Productos de Construcción"; Cap. 27, Pág. 240.

<sup>4</sup> U.S. Department of Transportation – FHWA; "Culvert Inspection Manual"; Cap. 1, Pág. 16-17.

con el menor costo inicial o la alcantarilla con la vida de servicio más larga. El análisis económico debe ser visto como una herramienta que ayuda en el proceso de la toma de decisión. El análisis económico puede ser susceptible a la vida de servicio, la tasa de descuento y otras hipótesis. Además, frecuentemente es difícil asignar valores a los factores subjetivos.

## **CONSIDERACIONES LOCALES**

La eficiencia de la construcción local, la disponibilidad de materiales, el tiempo disponible para la construcción y las políticas o preferencias locales pueden tener una fuerte influencia en la selección del tipo de alcantarilla.

## **OTRAS CONSIDERACIONES**

El impacto ambiental, los requerimientos de paso de los peces, la importancia de la carretera en términos de volumen de tráfico, el uso por vehículos de emergencia, la longitud del desvío, el uso del suelo y la apariencia o la estética son ejemplos de otras consideraciones que pueden influenciar en la selección de la alcantarilla.

### **2.1.4 CARACTERÍSTICAS DE LAS ALCANTARILLAS**

En general, la alcantarilla tiene las siguientes ventajas: requiere cimientos simples, es fácil de instalar con menos impedimentos al tránsito, requiere menos gastos de conservación que un puente, provee mayor ancho a la carretera y mayor seguridad a menor costo y puede alargarse fácilmente si fuere necesario. Además, bajo terraplenes de altura normal, resiste aumentos de la carga viva.<sup>5</sup>

Las características más significativas en relación al diseño estructural e hidráulico de las alcantarillas, los métodos de construcción, las necesidades de mantenimiento y los procedimientos de inspección son:<sup>6</sup>

## **HIDRÁULICA**

Las alcantarillas generalmente son diseñadas para operar ante flujos pico con la entrada sumergida, para mejorar así la eficiencia hidráulica. La alcantarilla contrae el flujo del río para causar un embalse aguas arriba o en la entrada. El incremento de la

---

<sup>5</sup> The Armco International Corporation; "Manual de Drenaje y Productos de Construcción"; Cap. 27, Pág. 252 - 253.

<sup>6</sup> U.S. Department of Transportation – FHWA; "Culvert Inspection Manual"; Cap. 1, Pág. 1-3.

cota de la superficie de agua resultante produce una carga en la entrada, que incrementa la capacidad hidráulica de la alcantarilla. Los efectos de una inundación localizada sobre las estructuras accesorias, el terraplén y las propiedades colindantes son consideraciones importantes en el diseño e inspección de las alcantarillas.

## **ESTRUCTURAL**

Las alcantarillas generalmente son recubiertas por el material del terraplén y deben ser diseñadas para soportar la carga muerta del suelo sobre si misma, así como las cargas vivas del tráfico. La carga viva o la carga muerta puede ser la carga más importante dependiendo del tipo de alcantarilla, del tipo y espesor del recubrimiento, y de la cantidad de carga viva. Sin embargo, las cargas vivas sobre las alcantarillas generalmente no son tan importantes como la carga muerta a menos que el recubrimiento sea de poco espesor. Las alcantarillas de cajón con poco recubrimiento son ejemplos del tipo de instalación donde las cargas vivas son importantes.

En la mayoría de los diseños de una alcantarilla, el suelo o el material del terraplén que rodea a la alcantarilla juega un rol estructural importante. Las presiones laterales del suelo mejoran la capacidad de las alcantarillas para soportar las cargas verticales. La estabilidad del suelo circundante es importante para el funcionamiento de la mayoría de las alcantarillas.

## **MANTENIMIENTO**

Dado que las alcantarillas generalmente contraen el flujo, existe un mayor potencial de que el cauce sea bloqueado por escombros y sedimentos (Ver Figura N° 2.1), especialmente en alcantarillas expuestas a flujos estacionales. Las alcantarillas de conductos múltiples también pueden ser particularmente susceptibles a la acumulación de escombros. La socavación causada por la alta velocidad de salida y la turbulencia en la entrada es una preocupación. Como resultado de estos factores, el mantenimiento rutinario de las alcantarillas principalmente involucra la remoción de las obstrucciones y la reparación de la erosión y socavación. La prevención de la filtración en las juntas, para prevenir la socavación y la pérdida de apoyo, puede ser crítico en las alcantarillas asentadas en suelos tubificables.



**Figura N° 2.1.-** La obstrucción de una alcantarilla generalmente se produce debido a un simple trozo de madera alojado transversalmente a la alcantarilla (pieza "a"). Esto da lugar a que escombros más pequeños se acumulen, como se observa en el lado izquierdo de la entrada de la alcantarilla (escombro "b"). Fuente: Stream Systems Technology Center; "Stream Notes".

## SEGURIDAD DEL TRÁFICO

Una ventaja importante en la seguridad de muchas alcantarillas es la eliminación de los parapetos y barandas de los puentes. Las alcantarillas generalmente pueden ser prolongadas de modo que la sección transversal estándar de la carretera puede ser ampliada encima de la alcantarilla para proporcionar un área vehicular recuperada. Sin embargo, cuando los extremos de la alcantarilla están ubicados cerca de los carriles de tráfico o adyacente a las bermas, debe usarse barandas para proteger al tráfico.

## CONSTRUCCIÓN

La cuidadosa atención en los detalles de construcción, como el asentado, la compactación y el ancho de la zanja durante la instalación, es importante para la integridad estructural de la alcantarilla. La mala compactación o la mala calidad del relleno alrededor de las alcantarillas pueden producir un asentamiento irregular sobre la alcantarilla y posiblemente el peligro estructural de la alcantarilla.

## DURABILIDAD

La durabilidad del material es un problema importante en las alcantarillas y otras estructuras de drenaje. En ambientes muy hostiles, la corrosión y la abrasión pueden causar el deterioro de todos los materiales comúnmente provechosos de la alcantarilla. Ver Foto N° 12 en el Anexo A.III.

## **INSPECCIÓN**

La inspección y calificación de las condiciones estructurales de las alcantarillas requieren una evaluación no solo del peligro existente sino de la evidencia circunstancial como el asentamiento de la carretera, parches del pavimento y condiciones del terraplén.

### **2.2 CLASES DE ALCANTARILLAS**

El inspector debe estar familiarizado con los diferentes tipos de alcantarillas que pueden ser encontradas durante las inspecciones. A continuación se presenta las diferentes clases de alcantarillas más usadas en nuestro medio, pero cabe mencionar que, de acuerdo con el avance de la tecnología, van apareciendo nuevos tipos de alcantarillas, las cuales deben ser estudiadas por los inspectores.

#### **2.2.1 POR EL GRADO DE FLEXIBILIDAD**

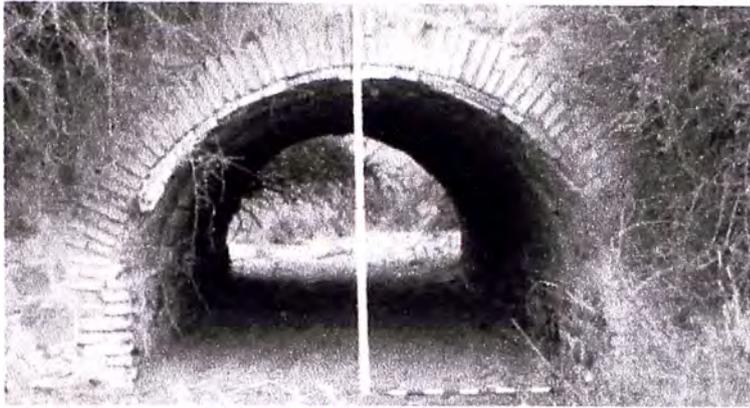
Existen conductos de muchas formas y materiales, pero la distinción más importante se refiere al grado de flexibilidad; así su clasificación resulta más relacionada con respecto a la carga que soportan.<sup>7</sup>

##### **A. CONDUCTOS RÍGIDOS**

Tales como de concreto simple o armado, de mampostería (Ver Figura N° 2.2), tubos de barro cocido o hierro fundido, todos los cuáles son esencialmente frágiles y fallan por ruptura de la pared del tubo. Su habilidad principal para soportar las cargas resulta de la resistencia inherente o solidez del conducto, ya que el material del que están hechas, como el concreto reforzado, proporciona la resistencia a la flexión.

---

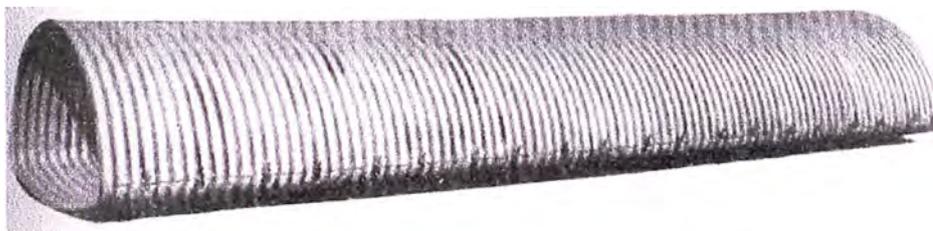
<sup>7</sup> The Armco International Corporation; "Manual de Drenaje y Productos de Construcción"; Cap. 1, Pág. 7-8.



**Figura N° 2.2.-** Alcantarilla rígida de mampostería. Fuente: Luis A. García Blánquez y Consuelo Martínez Sánchez; "Catálogo de puentes, puentecillos y alcantarillas del antiguo camino Lorca - Águilas (Murcia)".

## B. CONDUCTOS FLEXIBLES

Tales como tubos corrugados de metal (Ver Figura N° 2.3 y la Foto N° 05 en el Anexo A.III.), o de lámina delgada de acero o aluminio, los cuáles son esencialmente dúctiles. Los tubos flexibles dependen sólo en parte de su resistencia inherente para resistir las cargas externas. Al deformarse bajo las cargas, el diámetro horizontal aumenta, comprimiendo el terreno adyacente por los lados, y por lo tanto creando una "resistencia pasiva", la cual a su turno ayuda a soportar las cargas verticales que se aplican sobre el tubo. Su falla ocurre por cambios de forma y aplastamiento bajo flexiones excesivas.

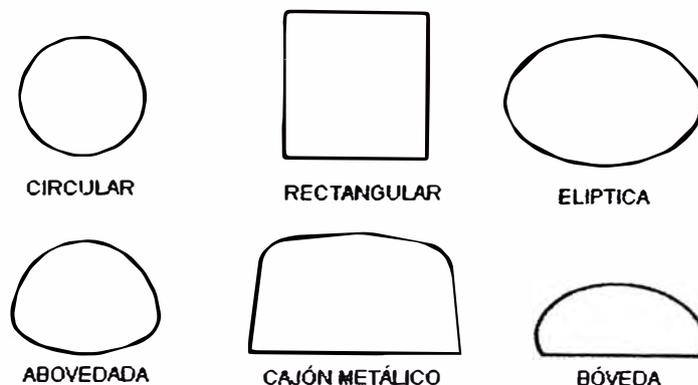


**Figura N° 2.3.-** Tubo abovedado de tmc el cual presenta un comportamiento flexible. Fuente: The Armco International Corporation; "Manual de Drenaje y Productos de Construcción".

### 2.2.2 POR SU FORMA

Una amplia variedad de formas y tamaños estándares están disponibles para la mayoría de materiales de alcantarillas, como por ejemplo: circular, de cajón (rectangular), elíptica, abovedada, bóveda, etc. (ver Figura N° 2.3 y 2.4). La selección de la forma depende del costo de construcción, la limitación del nivel de la superficie de agua aguas arriba, la altura del terraplén de la carretera y del funcionamiento hidráulico. Dado que las aberturas equivalentes pueden ser proporcionadas por varias

formas estándares, la selección de la forma no puede ser crítica en términos de funcionamiento hidráulico.<sup>8</sup>



**Figura N° 2.4.-** Formas de alcantarillas comúnmente usadas. Fuente: FHWA– U.S. Department of Transportation; “Hydraulic Design of Highway Culverts”.

En los siguientes párrafos se describen las principales características de las formas estándares de las alcantarillas:<sup>9</sup>

### A. CIRCULAR

La forma circular es la forma fabricada más común para las alcantarillas tubulares. Es eficiente hidráulica y estructuralmente bajo la mayoría de condiciones. Las posibles desventajas hidráulicas son que la tubería circular generalmente causa cierta reducción en el ancho del cauce durante los flujos bajos. También puede ser más susceptible a la obstrucción que otras formas debido a la reducción de la superficie libre, tal como ocurre en las tuberías llenas por encima del punto medio. Cuando las tuberías de metal corrugado presentan un diámetro bien grande, la flexibilidad de las paredes obliga a que se tomen cuidados especiales durante la construcción del relleno para mantener una curvatura uniforme.

### B. TUBERÍAS ABOVEDADAS Y FORMAS ELÍPTICAS

Frecuentemente las tuberías abovedadas y las formas elípticas son usadas en vez de las tuberías circulares, cuando la distancia entre el lecho del cauce y la superficie del pavimento es limitada o cuando se desea una sección más ancha para los niveles de flujo bajos. Estas formas también pueden ser susceptibles a la obstrucción a medida

<sup>8</sup> FHWA – U.S. Department of Transportation; “Hydraulic Design of Highway Culverts”; Cap. 1, Pág. 2.

<sup>9</sup> FHWA – U.S. Department of Transportation; “Culvert Inspection Manual”; Cap. 3, Pág. 17-18.

que el tirante del flujo aumenta y la superficie libre disminuye. Las tuberías abovedadas y las formas elípticas no son tan eficientes estructuralmente como las formas circulares.

### **C. BÓVEDAS**

Las alcantarillas en forma de bóveda ofrecen menor obstrucción del cauce que las tuberías abovedadas y pueden ser usadas para proporcionar un fondo de cauce natural cuando éste es naturalmente resistente a la erosión. Las condiciones de cimiento deben ser adecuadas para soportar los apoyos. Frecuentemente se usa enrocado para la protección contra la socavación.

### **D. SECCIONES DE CAJÓN**

Las alcantarillas con secciones transversales rectangulares son fácilmente adaptables a un amplio rango de condiciones de campo, incluyendo lugares que requieren estructuras de perfil bajo. Debido a que los lados y la tapa son planos, las formas rectangulares no son estructuralmente eficientes como otras formas de alcantarilla.

### **E. CONDUCTOS MÚLTIPLES**

Los conductos múltiples son usados para obtener una adecuada capacidad hidráulica bajo terraplenes pequeños o en cauces amplios. En algunos emplazamientos, ellos pueden ser susceptibles a la obstrucción a medida que el área entre los conductos tiende a atrapar escombros y sedimentos. Cuando un cauce es ensanchado artificialmente, los conductos múltiples colocados más allá del cauce dominante están sujetos a la excesiva sedimentación. La luz o longitud de abertura de los conductos múltiples incluye la distancia entre los conductos siempre que aquella distancia sea menor que la mitad de la longitud de abertura de los conductos adyacentes.

La selección de la forma frecuentemente está gobernada por factores como el espesor del recubrimiento o limitada por la cota del tirante de agua. En tales casos, puede necesitarse una forma de perfil bajo. Otros factores como el potencial de obstrucción por escombros, la necesidad de una base de cauce natural o los requerimientos estructurales e hidráulicos pueden influenciar en la selección de la forma de la alcantarilla.

### 2.2.3 POR LAS CONDICIONES DE CONSTRUCCIÓN

Bajo las condiciones de construcción en que se instalan, los conductos se dividen en 3 clases diferentes (Ver Figura N° 2.5):<sup>10</sup>

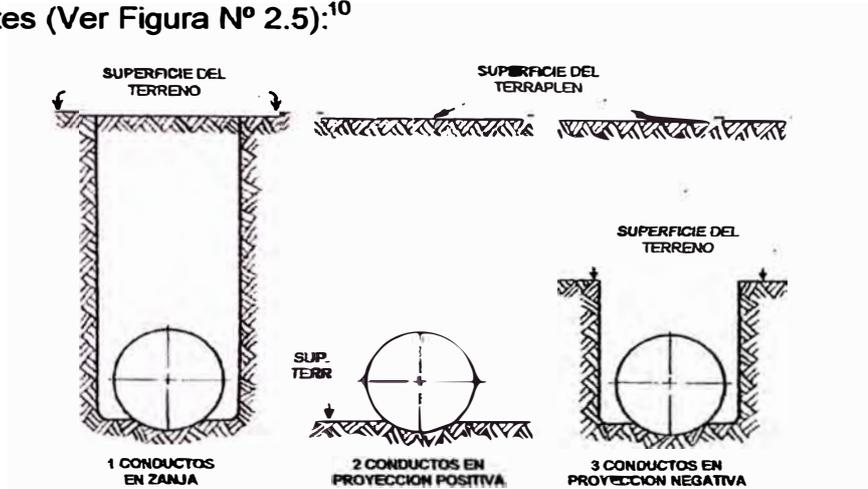


Figura N° 2.5.- Los conductos pueden clasificarse de acuerdo a tres condiciones de instalación. Fuente: The Armco International Corporation; "Manual de Drenaje y Productos de Construcción".

#### A. CONDUCTOS EN ZANJA

Son estructuras instaladas y completamente enterradas en zanjas estrechas, cuyos lados no han sufrido aparente desmoronamiento; como ejemplos podemos citar, cloacas, drenes y tuberías principales.

#### B. CONDUCTOS EN PROYECCIÓN

Son estructuras instaladas en bases anchas que se conforman un poco al fondo del conducto, quedando así el resto del mismo encima del lecho natural, y siendo luego cubierto con el terraplén; alcantarillas instaladas en vías férreas y caminos son buenos ejemplos de este caso. Conductos instalados en zanjas cuyo ancho sea más de 2 a 3 veces el ancho del conducto pueden también clasificarse en este mismo numeral.

#### C. CONDUCTOS EN PROYECCIÓN NEGATIVA

Es una variación de la clase anterior. Algunas alcantarillas en ferrocarriles y carreteras se colocan en zanjas de poca profundidad, a un lado del actual cauce del agua, con la parte superior del conducto más bajo que la superficie natural de la tierra, y después cubiertas con un terraplén más alto que la cota original del terreno.

<sup>10</sup> The Armco International Corporation; "Manual de Drenaje y Productos de Construcción"; Cap. 1, Pág. 8.

### 2.2.4 POR EL TIPO DE MATERIAL

El acero, concreto, aluminio y mampostería de piedra son los materiales comúnmente encontrados en las alcantarillas existentes. Pero existen distintos materiales que también pueden ser encontrados durante las inspecciones de alcantarillas, como la madera, hierro fundido, acero inoxidable, barro cocido, asbesto cemento y plástico.

Estos últimos materiales comúnmente no son encontrados en muchas áreas porque son relativamente nuevos (plástico), de trabajo intensivo (mampostería) o son usados para situaciones especiales (acero inoxidable y hierro fundido).<sup>11</sup>

La selección del material de la alcantarilla puede depender de la resistencia estructural, rugosidad hidráulica, durabilidad y la resistencia a la corrosión y abrasión. Las alcantarillas también pueden ser revestidas con otros materiales para evitar la corrosión y abrasión.<sup>12</sup>

### 2.2.5 POR LAS CONDICIONES DEL LECHO

Las condiciones del lecho afectan el asentamiento, y por lo tanto alteran la resistencia para soportar las cargas sobre el conducto. Estas condiciones del lecho, ilustradas para conductos en zanjas en la Figura N° 2.6 son: (i) impermisible, (ii) ordinaria, (iii) primera clase y (iv) silleta de concreto; esta última se usa únicamente para conductos rígidos.<sup>13</sup>

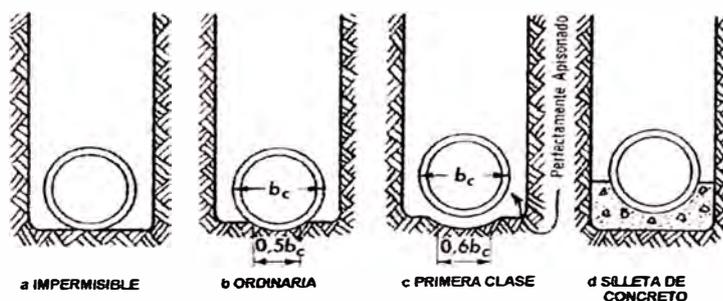


Figura N° 2.6.- Especificaciones de bases típicas para conductos en zanja. Fuente: The Amco International Corporation; “Manual de Drenaje y Productos de Construcción”.

<sup>11</sup> U.S. Department of Transportation – FHWA; “Culvert Inspection Manual”; Cap. 3, Pág. 24.

<sup>12</sup> U.S. Department of Transportation – FHWA; “Hydraulic Design of Highway Culverts”; Cap. 1, Pág. 2.

<sup>13</sup> The Amco International Corporation; “Manual de Drenaje y Productos de Construcción”; Cap. 1, Pág. 8.

## 2.3 COMPONENTES DE LAS ALCANTARILLAS

La siguiente figura muestra los principales componentes de una alcantarilla; sin embargo, no todas las alcantarillas presentan todos ellos.

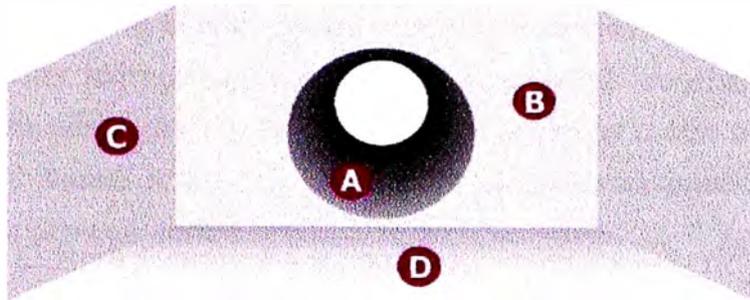


Figura N° 2.7.- Componentes de las Alcantarillas, donde "A" es la Alcantarilla propiamente dicha, "B" es el Cabezal, "C" son los Aleros y "D" es la Plataforma. Fuente: Internet.

### ALCANTARILLA

Este componente es la alcantarilla propiamente dicha, la cual ha sido descrita ampliamente en el presente Capítulo. Existen muchas alcantarillas que solo presentan este componente, es decir, no presentan ningún tipo de protección adicional.

### CABEZAL

Los cabezales pueden ser usados para retener el relleno, resistir la erosión, mejorar las características hidráulicas, resistir la subpresión y resistir las fuerzas horizontales que tienden a separar las secciones de las tuberías de alcantarillas prefabricadas. Los cabezales generalmente son de concreto vaciado in situ (Ver Fotos N° 06 y 16 en el Anexo A.III.) pero también pueden ser construidos de madera, mampostería u otros materiales incluyendo concreto prefabricado. Los cabezales de metal son bastante comunes en las alcantarillas metálicas con forma de cajón.<sup>14</sup>

### ALEROS

Sus paredes forman un ángulo con el eje de la alcantarilla y al igual que los cabezales, sirve como un muro de contención del terraplén de la carretera, protegiéndolo contra la socavación lateral (Ver Fotos N° 06 y 16 en el Anexo A.III.).

En las alcantarillas de cajón, mejoran bastante el comportamiento hidráulico debido a que mantiene la velocidad promedio y el alineamiento así como mejoran la

<sup>14</sup> U.S. Department of Transportation – FHWA; "Culvert Inspection Manual"; Cap. 5, Pág. 78.

configuración de entrada de la alcantarilla. Además proporciona mayor protección contra la subpresión gracias al peso proporcionado por su estructura.

## **PLATAFORMAS**

Son usadas para reducir la erosión en las entradas y salidas de las alcantarillas y para mejorar la eficiencia hidráulica. Las plataformas pueden consistir en una losa de concreto, enrocado acomodado o no acomodado, gaviones u otro material. (Ver Fotos N° 08 y 15 en el Anexo A.III.) La mayoría de plataformas presentan un diente de protección que los protege contra la socavación.

### CAPÍTULO III

## METODOLOGÍA PROPUESTA PARA LA EVALUACIÓN DE LAS ALCANTARILLAS

La falta de mantenimiento es la principal causa del funcionamiento inadecuado de las alcantarillas y otras estructuras de drenaje. Estas estructuras deben ser inspeccionadas de forma rutinaria y periódica con la finalidad de reconocer y corregir los problemas pequeños antes de que se conviertan en serios problemas. Para ello, es necesario un **programa de inspección sistemático de alcantarillas**, el cual también requiere una planificación para establecer sus propósitos y alcances, así como su presupuesto y programación. Sin embargo, la planificación de un programa de inspección sistemático está fuera de los alcances del presente estudio. Sólo se desarrollará la metodología a aplicarse durante la inspección de campo de las alcantarillas.

Idealmente, todas las alcantarillas deben inventariarse e inspeccionarse periódicamente, por ejemplo, las alcantarillas pequeñas deben inspeccionarse dos veces al año (antes y después del período de lluvias); pero pueden presentarse algunas limitaciones ya que se requiere de un esfuerzo considerable el establecer un inventario actualizado y completo de las alcantarillas. Las alcantarillas pequeñas no pueden justificar el mismo nivel riguroso de inspección como las alcantarillas grandes.

La utilidad de la información que es recopilada en campo depende en gran parte de qué tan bien es realizada y documentada la inspección. La información debe ser recopilada de tal manera que se obtenga un registro permanente, fácil de entender, proporcione una descripción exacta de las condiciones en el momento de la inspección, lo cual hace que la información esté disponible para una variedad de usos y fácilmente verificada y actualizada.

### **3.1 PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN EN CAMPO DE UNA ALCANTARILLA**

#### **3.1.1 MEDIOS DE RECOPIACIÓN DE DATOS**

Al inspeccionar las alcantarillas, generalmente la información será registrada a través de una variedad de medios como formularios estándares, esquemas, descripciones y fotografías.<sup>15</sup>

##### **A. FORMULARIOS ESTÁNDARES**

Generalmente los formularios estándares que serán anexados al informe de inspección son el método más conveniente para registrar los ítems específicos de la información como los datos numéricos y descripciones resumidas o comentarios. Los formularios correctamente diseñados pueden proporcionar ayuda en la recopilación de datos de campo a través del suministro de una lista de los ítems que deben evaluarse o medirse y también pueden organizar los datos, haciéndolos más accesibles para su revisión.

La información registrada en los formularios debe ser breve, por lo cual debe apoyarse en otros tipos de documentación como las descripciones narrativas, fotografías y esquemas.

##### **B. ESQUEMAS**

Los esquemas pueden ser preparados en el campo para documentar deficiencias encontradas durante la inspección y que no pueden ser registradas de manera clara en el formulario. También puede hacerse un esquema global para mostrar la disposición general del río, la estructura y la carretera, para indicar el esviaje y la dirección del flujo durante los flujos bajos y pico y para mostrar la ubicación de la socavación u otros problemas del cauce del río.

##### **C. DESCRIPCIONES**

Las descripciones complementan la información registrada en los formularios, fotografías y esquemas. El inspector puede preparar descripciones de la condición de cada componente de la alcantarilla como el conducto, los cabezales, los aleros y el cauce del río. Las descripciones deben ser claras y concisas, no obstante describiendo completamente la condición de la estructura en el momento de la inspección. La

---

<sup>15</sup> U.S. Department of Transportation – FHWA; “Culvert Inspection Manual”; Cap. 4, Págs. 51 - 59.

evaluación de las condiciones de riesgo de inundación y comentarios acerca de las características del área de drenaje deben ser incluidos en la descripción. Asimismo, se debe referenciar los esquemas y fotografías apropiadamente.

#### **D. FOTOGRAFÍAS**

Las fotografías son un excelente método para documentar los problemas encontrados durante una inspección. Se aconseja colocar una escala o regla al lado del ítem a fotografiarse, mientras se toman las fotografías de acercamiento, para indicar claramente la magnitud del problema. Puede usarse una tiza de color para señalar o resaltar los defectos.

Las fotografías tienen un valor especial para cualquiera que revise el informe así como para las personas que realizarán las inspecciones posteriores. Las fotografías que muestran a la estructura en elevación y desde la carretera son útiles ya que proporcionan al inspector un cuadro global de la estructura. Las fotografías panorámicas de las zonas del plano de inundación aguas arriba y aguas abajo son importantes para documentar la evolución de las características existentes.

Las fotografías antiguas deben guardarse y ser complementadas con nuevas para mostrar el cambio de las condiciones. Las fotografías son sumamente útiles, pero ello no elimina la necesidad de los esquemas y las descripciones; y, en muchos casos, un esquema es más útil que una fotografía.

#### **E. RESUMEN**

Se recomienda que el informe incluya un breve resumen de la condición de la estructura. El resumen debe identificar cualquier problema importante encontrado e incluir un breve comentario sobre el tipo de defecto y la ubicación del problema sobre la estructura.

#### **F. RECOMENDACIONES**

El inspector debe listar cualquier mantenimiento o reparación que sea necesario para mantener la integridad estructural, garantizar la seguridad pública, conservar la inversión representada por la alcantarilla y extender la vida de servicio.

### 3.1.2 SECUENCIA DE INSPECCIÓN

Una secuencia lógica en la inspección de alcantarillas contribuye a garantizar que se realizará una inspección minuciosa y completa. No sólo debe evaluarse los componentes de la alcantarilla, se debe buscar también las marcas de agua más altas, los cambios en el área de drenaje, el asentamiento de la carretera y otros indicadores de problemas potenciales. Por lo tanto es útil un plan general para evitar omisiones.

Para las instalaciones típicas de alcantarillas, generalmente es conveniente iniciar la inspección de campo con observaciones generales de la condición global de la estructura y una inspección de la carretera de acceso. El inspector debe seleccionar un extremo de la alcantarilla e inspeccionar el terraplén, el cauce, los cabezales, los aleros y el conducto de la alcantarilla. Luego, el inspector debe dirigirse hacia el otro extremo de la alcantarilla y repetir la operación.<sup>16</sup>

Los elementos generales de inspección se enumeran a continuación:

- Revisión de información disponible
- Observación de la condición global
- Carretera de acceso y terraplén
- Cauce
- Cabezales y aleros
- Conducto de la alcantarilla

Los dos primeros ítems se describen a continuación debido a que se aplican a todo tipo de alcantarilla; mientras que los ítems restantes varían de acuerdo al tipo de alcantarilla. Las pautas de inspección detalladas específicamente para una alcantarilla flexible son proporcionadas en los próximos acápite de este capítulo.

### 3.1.3 REVISIÓN DE INFORMACIÓN DISPONIBLE

Cuando se disponga de informes de inspección y planos anteriores, éstos deben ser revisados antes de, y posiblemente durante, la inspección de campo. Una revisión de los informes anteriores familiarizará al inspector con la estructura y hará más fácil la detección de los cambios de las condiciones bajo las cuales trabaja la alcantarilla. El chequeo de dicha información también permitirá conocer al inspector cuales son las

---

<sup>16</sup> U.S. Department of Transportation – FHWA; “Culvert Inspection Manual”; Cap. 4, Pág. 63.

áreas críticas que necesitan especial atención y la posible necesidad de equipos especiales.

### **3.1.4 OBSERVACIÓN DE LA CONDICIÓN GLOBAL**

El inspector debe observar de manera general las condiciones bajo las cuales trabaja la alcantarilla conforme se acerca al área de influencia. El propósito de estas observaciones iniciales es similar a la revisión de los planos, familiarizará al inspector con la estructura, ya que pueden fácilmente indicar la necesidad de modificar la secuencia de inspección o indicar áreas que requieren especial atención.

El inspector también debe estar alerta a los cambios en el área de drenaje que podrían afectar las características del escurrimiento. Asimismo debe buscar nuevas construcciones dentro de las zonas de peligro de inundación, inesperadas o nuevas direcciones de escorrentía y la posible colmatación aguas abajo.<sup>17</sup>

## **3.2 EVALUACIÓN DE LA SUPERFICIE DE LA CARRETERA**

### **3.2.1 GENERALIDADES**

El asentamiento es un problema común en los accesos de alcantarillas y generalmente se debe al material del terraplén mal compactado. Puede resultar del asentamiento de la alcantarilla en el material blando de la cimentación, del desplazamiento del material blando o de la tubificación a lo largo de la alcantarilla.

El asentamiento del material de relleno y el movimiento de la estructura puede tener serias consecuencias estructurales en las alcantarillas flexibles debido a que es necesaria una cubierta de suelo estable alrededor de ellas para obtener el soporte lateral que minimizará su flexión y reducirá su asentamiento.

### **3.2.2 INSPECCIÓN DE LA CONDICIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO**

Las condiciones del acceso pueden ser inspeccionadas visualmente buscando baches o hundimientos, rajaduras, parches del pavimento y otras indicaciones de asentamiento. Las rajaduras del pavimento generalmente serán paralelas al conducto de alcantarilla. En las bermas y terraplenes también deben inspeccionarse baches, hundimientos y otras depresiones, erosión y desprendimiento del talud. Los

---

<sup>17</sup> U.S. Department of Transportation – FHWA; “Culvert Inspection Manual”; Cap. 4, Págs. 63 - 64.

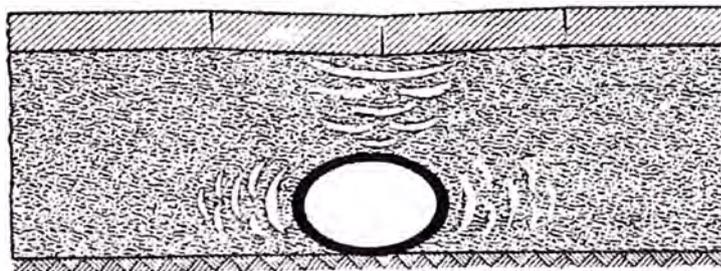
hundimientos frecuentemente pueden detectarse a través de un vistazo a lo largo de las barandas de seguridad. Un vistazo a lo largo del borde del pavimento, o a lo largo de las señalizaciones del pavimento, también pueden revelar hundimientos y depresiones.

Los defectos en los accesos pueden ser causados por varios factores, algunos de los cuales pueden tener poco o ningún efecto sobre la alcantarilla. Por ejemplo, los parches del pavimento pueden ser colocados para corregir defectos del mismo pavimento. De manera similar, pueden existir problemas estructurales con pequeños efectos visibles en los accesos.

Las depresiones, rajaduras del pavimento y otros problemas deben alertar al inspector de que podrían existir problemas estructurales. El inspector debe procurar determinar la causa de los defectos del acceso y debe anotar en el informe de inspección la ubicación y extensión de cualquier defecto encontrado. Los baches o hundimientos severos pueden representar un peligro al tráfico así como posibles problemas estructurales, por lo que deben ser informados.

El tipo de defecto encontrado en los accesos puede variar con el tipo de pavimento, tipo de estructura, forma de la estructura, historial de mantenimiento y otros factores. Estos tipos de defectos son tratados brevemente en los siguientes párrafos.

**a. Tipo de Pavimento.-** Los pavimentos rígidos (concreto) pueden trabajar bien sobre pequeños vacíos subsuperficiales, mientras que los pavimentos flexibles (asfalto) no tienen esta capacidad. El asentamiento de materiales bajo el pavimento puede producir rajaduras en los pavimentos rígidos así como el asentamiento irregular causa lo mismo en los pavimentos flexibles.



**Figura N° 3.1.-** Falla del pavimento debido a una inadecuada compactación o a la baja calidad del material circundante a la alcantarilla flexible. Fuente: U.S. Department of Transportation – FHWA; “Culvert Inspection Manual”.

**b. Tipo de estructura.-** Las alcantarillas flexibles se flexionarán si el suelo circundante no proporciona un adecuado soporte lateral. Esto puede producir una pérdida de soporte para el pavimento del acceso y generalmente resulta en el asentamiento sobre la alcantarilla.

**c. Forma de la estructura.-** El buen funcionamiento de las alcantarillas flexibles está relacionado a la simetría de la forma de diseño. Las alcantarillas pueden flexionarse hacia abajo y desplazar el material lateralmente. Esto puede producir un asentamiento de la carretera. En las alcantarillas circulares, dicho asentamiento ocurre principalmente directo sobre la alcantarilla. Las alcantarillas con forma de elipses verticales, pera y bóvedas tienden a tomar una forma puntiaguda o a presionar el centro hacia arriba resultando en asentamiento y pérdida de soporte en el pavimento junto a la alcantarilla.

**d. Historial de Mantenimiento del Pavimento.-** Los parches del pavimento pueden indicar que un asentamiento progresivo, u otros problemas, han ocurrido o están ocurriendo, particularmente si se encuentra que el área sobre la alcantarilla ha sido parchada reiteradamente.

**e. Otros factores.-** Muchos otros factores sumados al asentamiento del terraplén pueden causar daños a la alcantarilla y a la carretera de acceso, como material de terraplén saturado, baja calidad del relleno, tubificación, erosión y fallas en el talud.

### 3.2.3 EVALUACIÓN FUNCIONAL DE LA CARRETERA DE ACCESO

La evaluación funcional de la carretera de acceso es una evaluación del funcionamiento de la alcantarilla en términos de seguridad del tráfico. La evaluación consiste en recopilar datos geométricos como el ancho de calzada, evaluación del alineamiento de la carretera y características de la seguridad del tráfico. La señalización también debe ser chequeada como parte de la evaluación de la carretera de acceso. Debe anotarse la presencia o ausencia de señales de prevención de adelanto de vehículos, restricciones de peso o señales de puente estrecho.

El alineamiento de la carretera de acceso generalmente no es un problema para las alcantarillas. Sin embargo, el método de chequeo del alineamiento es para determinar la distancia de la visual en cada dirección desde la alcantarilla y luego comparar la actual distancia de la visual con la distancia de la visual requerida por las normas vigentes.

Existen además estructuras accesorias que son usadas junto con las protecciones en los extremos para mejorar el drenaje o reducir la erosión. Las estructuras típicas son listadas abajo.

- Cauces rectangulares y cunetas laterales (Ver Fotos N° 09 y 13 en el Anexo A.III.)
- Plataformas (Ver Fotos N° 08 y 15 en el Anexo A.III.)
- Disipadores de energía

### 3.3.2 QUÉ BUSCAR DURANTE LA INSPECCIÓN

Los extremos de la alcantarilla y las estructuras accesorias cumplen una variedad de funciones y por lo tanto se necesita inspeccionar sus características estructurales, hidráulicas y de seguridad del tráfico. Las características estructurales e hidráulicas pueden diferir considerablemente dependiendo de los tipos de protección en los extremos.

#### A. PROYECCIÓN

Este tipo de protección en el extremo no tiene una estructura asociada a los extremos del conducto de la alcantarilla. El conducto simplemente se extiende más allá de la cara del terraplén, como se muestra en la Figura N° 3.2 y en la Foto N° 10 en el Anexo A.III.



**Figura N° 3.2.-** Alcantarilla corrugada con proyección de su salida, cuyo cuerpo está recubierto por material de la zona. Entrega sus aguas a una losa de mampostería. Se encuentra ubicada en el Km 977+150 de la Carretera Panamericana Norte. Año 2002

Cuando se inspeccionan alcantarillas con extremos proyectados, el inspector debe anotar la extensión y ubicación de cualquier erosión o socavación alrededor de los

extremos del conducto de la alcantarilla, deterioro del talud del relleno, acumulación de material de acarreo y escombros y daños en los extremos del conducto. Se debe indagar con una barra para ubicar áreas socavadas y determinar su verdadera profundidad y no la aparente, dado que los hoyos de socavación pueden haberse llenado con sedimentos o escombros a medida que los flujos altos se apaciguaron. El talud desprotegido del terraplén puede causar problemas si es erosionado o saturado por el flujo de agua.

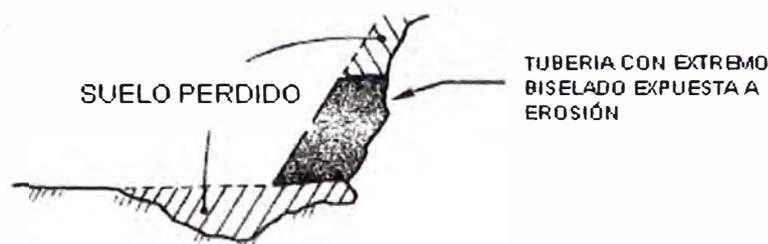
La tubificación a lo largo del exterior de la tubería puede remover material de soporte. La capacidad de las alcantarillas puede ser reducida por acumulaciones de material de acarreo y escombros en el extremo de entrada o por falla del talud. Los extremos de entrada también pueden ser dañados por el impacto de escombros flotantes y cualquier extremo puede ser dañado por el equipo de corte y otros vehículos de mantenimiento.

## **B. BISELADO**

Un extremo biselado es un extremo de la alcantarilla que ha sido cortado para armonizar con el talud del terraplén. En los taludes pavimentados generalmente se usan alcantarillas con extremos biselados, particularmente aquellas que son tubulares de metal corrugado.

Las alcantarillas con extremos biselados y aquellas con secciones prefabricadas en el extremo, deben ser inspeccionadas por los mismos tipos de problemas que las alcantarillas con extremos proyectados. Adicionalmente, las alcantarillas tubulares de metal con un extremo biselado o sesgado deben ser inspeccionadas por deformación. El cortar los extremos para formar una protección biselada o sesgada reduce la integridad estructural de los extremos de una alcantarilla de metal corrugado. Si no existe una estabilización del talud de relleno o el refuerzo de los extremos cortados, puede ocurrir la deformación de los mismos.

Mientras una falla del extremo cortado no afecta seriamente la integridad estructural del conducto de la alcantarilla, sí puede producir serios problemas hidráulicos. Como se mencionó previamente, las fuerzas hidráulicas pueden destruir o voltear un extremo de tubería inestable, obstruyendo la alcantarilla. Esto podría producir embalsamientos dañinos o lavado del relleno. Por consiguiente es importante chequear en los extremos cortados de las alcantarillas, signos de peligros incluyendo deformación, erosión del talud del relleno y socavación, como se muestra en la Figura N° 3.3.



**Figura N° 3.3.-** Erosión alrededor de una tubería con el extremo biselado. Fuente: U.S. Department of Transportation – FHWA; “Culvert Inspection Manual”.

Para estabilizar los extremos cortados frecuentemente son usados cabezales parciales, dientes de protección, pavimentación del talud y enrocado. Estos dispositivos deben ser inspeccionados por socavación para garantizar que los extremos de la tubería están firmemente anclados.

### C. CABEZALES Y ALEROS

En los cabezales y aleros debe inspeccionarse cualquier signo de socavación y asentamiento tales como rajaduras, ladeo o separación del conducto de la alcantarilla del cabezal. El asentamiento produce esfuerzos adicionales en los extremos de la alcantarilla y puede causar la colmatación o falla del extremo (Ver Figura N°3.4). Esto a su vez podría producir embalsamientos dañinos o lavado del relleno.



**Figura N° 3.4.-** Colapso del cabezal y estructuras adicionales debido al asentamiento ocasionado por la excesiva erosión del terraplén. Alcantarilla ubicada en el Km 924+800 de la Carretera Panamericana Norte. Año 2002.

Las separaciones entre el conducto y el cabezal que exponen el material de relleno, pueden ser particularmente serias y deben ser informadas para su especial atención.

Las separaciones permiten la pérdida del suelo de soporte, lo cual podría traer como consecuencia la falla en cualquier lugar a lo largo de la alcantarilla.

Adicionalmente los cabezales deben ser suficientemente altos y largos para proteger el terraplén de los flujos erosivos y para evitar que el terraplén se caiga y obstruya el flujo.

En las inspecciones de cabezales y aleros de metal se deben incluir chequeos de vacíos detrás de los muros, lo que puede indicar una pérdida de relleno; la base fuera del cimiento, lo cual puede indicar socavación delante del muro; y movimientos aparentes de la parte mas alta, lo que puede indicar daño a las barras de los anclajes.

#### **D. PLATAFORMAS**

En plataformas se debe chequear los signos de asentamiento o movimiento por socavación. En la piedra seca o enrocado sin lechada debe inspeccionarse si las piedras se han desplazado o movido. Frecuentemente, en las plataformas de enrocado se formará aguas abajo un hoyo por socavación con un montículo y generalmente no debe ser perturbado por las actividades de mantenimiento. Si la socavación ha penetrado a través del enrocado puede ser necesaria roca adicional.

En el enrocado dentro de mallas de alambre (gaviones), debe chequearse las celdas desplazadas, las celdas parcialmente llenas y el deterioro del alambre.

En las losas de concreto debe chequearse la socavación y el asentamiento. La socavación es chequeada sondeando a lo largo del borde de la plataforma. El asentamiento puede ser detectado chequeando las rajaduras y las señales de movimiento en la junta con el cabezal (Ver Figura N° 3.5). Las juntas entre las plataformas de concreto y los cabezales también deben ser chequeados para garantizar que ellos sean impermeables.

### **3.4 EVALUACIÓN DEL CAUCE**

#### **3.4.1 GENERALIDADES**

La principal función de la mayoría de las alcantarillas es la de transportar agua superficial de un lado del terraplén de una carretera hacia el otro lado. El diseño hidráulico de las alcantarillas generalmente comprende la determinación del tamaño y forma de la alcantarilla más económica capaz de transportar la descarga de diseño sin

exceder el tirante de agua permitido. Es esencial que la alcantarilla sea capaz de manejar la descarga de diseño.



**Figura Nº 3.5.-** Colapso del cabezal y plataforma debido a la excesiva erosión del terraplén y la socavación del cauce. Alcantarilla ubicada en el Km 929+850 de la Carretera Panamericana Norte. Año 2002.

Si la alcantarilla es bloqueada con escombros o el río cambia su curso cerca de los extremos de la alcantarilla, la alcantarilla puede ser inadecuada para manejar los flujos de diseño. Esto puede producir un excesivo embalsamiento, inundación de las propiedades cercanas y erosión de la carretera y el terraplén.

Además, los cambios en el uso del suelo aguas arriba como limpiezas, deforestación y urbanización de bienes inmuebles puede cambiar la velocidad de los flujos pico y la estabilidad del río. Por consiguiente, es importante inspeccionar las condiciones del cauce del río y evaluar la capacidad de la alcantarilla para manejar los flujos pico.

### **3.4.2 CAUCE DEL RÍO**

El cauce del río debe ser inspeccionado para determinar si existen condiciones que podrían causar daños a la alcantarilla o a las propiedades circundantes. Los factores a ser chequeados son la ubicación de la alcantarilla (alineamiento vertical y horizontal), socavación y acumulación de sedimentos y escombros. Estos factores están estrechamente ligados uno con otro.

La mala ubicación de las alcantarillas puede producir la reducción de la eficiencia hidráulica, el incremento de la erosión y sedimentación del cauce del río y el

incremento del daño a los terraplenes y a las propiedades circundantes. Se proporciona una breve discusión de cada uno de estos factores.

### **ALINEAMIENTO HORIZONTAL**

El inspector debe chequear la condición de las riberas del río y cualquier protección de las riberas en ambos extremos de la alcantarilla. También debe chequear la erosión e indicios de cambios en la dirección del cauce del río. Se deben usar croquis y fotografías para documentar la condición y el alineamiento en el momento de la inspección.

Los cambios abruptos del alineamiento del río retardan el flujo y se puede requerir una alcantarilla más larga, también causan el incremento de la erosión a lo largo de la parte externa de la curva, daño a la alcantarilla e incremento de la sedimentación a lo largo de la parte interna de la curva. Donde existan curvas bien marcadas en el cauce, ya sea a la entrada o a la salida de la alcantarilla, el inspector debe chequear la sedimentación y erosión.

### **ALINEAMIENTO VERTICAL**

Los problemas del alineamiento vertical generalmente son indicados por la socavación o la acumulación de sedimento. Las alcantarillas con pendientes que difieren significativamente de la gradiente natural pueden presentar problemas. Las alcantarillas con pendientes planas pueden tener problemas por la acumulación de sedimento a la entrada o dentro del conducto. Las alcantarillas con pendientes moderadas o empinadas, generalmente tienen velocidades de flujo más altas que las de la corriente natural y pueden tener problemas por la socavación en la salida. Los problemas de socavación y sedimentación pueden ocurrir también si el conducto de la alcantarilla es más grande o más pequeño que el lecho del río.

### **SOCAVACIÓN**

La erosión generalmente se refiere a la pérdida de material de las riberas y al movimiento lateral del cauce. La socavación está más relacionada a la profundización del lecho del río debido a la remoción y transporte del material del lecho por el flujo de agua. La socavación puede ser clasificada en dos tipos: socavación local y socavación general.

La Socavación Local, como su nombre lo indica, es localizada y generalmente es causada por una obstrucción específica del flujo o por algún objeto que causa una constricción del flujo. Ocurre principalmente a la salida de la alcantarilla.

La Socavación General se extiende más adelante a lo largo del río y no está localizada alrededor de una obstrucción particular. La socavación general puede implicar una degradación gradual y moderadamente uniforme. Este tipo de socavación es conocido como profundización del cauce y puede ser un serio problema si ocurre en el cauce aguas abajo de la alcantarilla, dado que puede amenazar a la alcantarilla si se mueve hacia aguas arriba. La profundización del cauce también puede ocurrir aguas arriba de las entradas que han sido profundizadas.

En el cauce aguas arriba de la alcantarilla debe chequearse la socavación que puede socavar la alcantarilla o erosionar el terraplén. Debe identificarse la socavación que afecta a los árboles o produce sedimentos que podrían bloquear o reducir la abertura de la alcantarilla. En el cauce del río aguas abajo de la alcantarilla debe chequearse la socavación local causada por la descarga de la alcantarilla y la socavación general que eventualmente podría amenazar a la alcantarilla.

### **ACUMULACIÓN DE SEDIMENTOS Y ESCOMBROS**

Se debe identificar los depósitos de escombros o sedimentos que podrían bloquear la alcantarilla o causar socavación local en el cauce del río. Las acumulaciones de sedimentos y escombros en el río pueden causar la socavación de sus riberas y del terraplén de la carretera, o podrían causar cambios en el alineamiento del cauce.

Las acumulaciones de escombros y sedimentos en la entrada de la alcantarilla o dentro del conducto (Ver Fotos N° 03, 09 y 14 en el Anexo A.III.) reducen la capacidad de la alcantarilla y pueden producir embalsamientos excesivos.

Las obstrucciones aguas abajo que causan el embalsamiento de agua en la salida de la alcantarilla también puede reducir su capacidad.

#### **3.4.3 EFICIENCIA DEL CAUCE**

Los párrafos anteriores se ocupaban de la evaluación de la condición del cauce del río y de la identificación de las condiciones que podrían causar daños a la alcantarilla o reducir su eficiencia hidráulica. Una condición estrechamente relacionada, la cual debe ser evaluada, es la eficiencia del cauce o la capacidad de la alcantarilla para manejar

los flujos pico incluyendo las marcas de agua altas, los cambios en la cuenca y los cambios en el cauce del río, los cuales afectarían el funcionamiento hidráulico.

## **MARCAS DE MÁXIMAS AVENIDAS**

Idealmente, las alcantarillas deben ser chequeadas durante o inmediatamente después de los flujos pico para determinar si el agua esta siendo embalsada con consecuentes tirantes excesivos, si las propiedades adyacentes son inundadas o si la carretera está funcionando como un vertedero, es decir, se debe evaluar la eficiencia del cauce.

Las marcas de máximas avenidas son necesarias para definir la cota del embalsamiento aguas arriba y la cota de la superficie de agua aguas abajo. De ser posible, deben obtenerse diferentes marcas de máximas avenidas para garantizar la consistencia. Las marcas de máximas avenidas en el conducto de la alcantarilla, en el área baja de drenaje cerca de la entrada o cerca de las áreas turbulentas en la salida, generalmente son engañosas.

Una inspección también puede determinar los niveles de máximas avenidas mediante la búsqueda de escombros atrapados en las tranqueras, alojados en los árboles o depositados en el terraplén. La información también puede ser obtenida entrevistando a los residentes del área. Los indicios de embalsamientos excesivos, inundaciones o de que la carretera ha funcionado como un vertedero, deben ser investigados para determinar su causa. Si la causa es evidente, como una entrada bloqueada, debe ser informada para programar el apropiado mantenimiento. Si la causa no es evidente, la alcantarilla debe ser reportada para su evaluación por un especialista hidráulico.

## **ÁREA DE DRENAJE**

El inspector debe ser conciente de que los cambios en el área de drenaje pueden tener un efecto en la descarga que las alcantarillas deben manejar. El reemplazo de una alcantarilla aguas arriba por una estructura más grande puede eliminar los embalsamientos aguas arriba, produciendo que más agua llegue a la alcantarilla en un menor tiempo. La construcción en tierra despejada, los mejoramientos del cauce o el retiro de presas o depósitos de sedimentos aguas arriba, también pueden afectar las velocidades de descarga. Similarmente, los cambios en el uso del suelo pueden incrementar o disminuir la cantidad de precipitación que se infiltra en el terreno y la cantidad que discurre superficialmente.

El inspector debe anotar en el informe de inspección cualquier cambio aparente que sea observado y debe estar consciente de que los cambios a una distancia considerable aguas arriba, puede afectar el funcionamiento de las estructuras aguas abajo. Las obstrucciones aguas abajo de una alcantarilla que producen que el agua regrese a la alcantarilla también puede afectar el funcionamiento de la alcantarilla.

## **SOCAVACIÓN**

Como se discutió previamente, la socavación que cambia el alineamiento del río en los extremos de la alcantarilla puede reducir la eficiencia hidráulica.

## **SEDIMENTACIÓN Y ESCOMBROS**

La acumulación de escombros y sedimentos en la entrada o dentro del conducto de la alcantarilla reduce tanto el tamaño de la abertura como la capacidad de la alcantarilla para manejar flujos pico. En la Figura N° 3.6 se ilustra la acumulación de escombros y sedimentos. Sin embargo, las alcantarillas ocasionalmente son diseñadas con relleno en la parte inferior para crear un lecho de río más natural para los peces.



**Figura N° 3.6.-** Alcantarilla casi completamente bloqueada por la acumulación de sedimentos. Alcantarilla ubicada en el Km 974+050 de la Carretera Panamericana Norte. Año 2002.

## **3.5 EVALUACIÓN DEL CUERPO DE LA ALCANTARILLA**

### **3.5.1 GENERALIDADES**

Las alcantarillas de acero corrugado son clasificadas como estructuras flexibles porque responden y dependen del relleno de tierra, el cual proporciona a la alcantarilla

estabilidad estructural y soporte. El metal corrugado flexible es esencialmente un revestimiento que actúa principalmente en compresión y puede soportar grandes empujes de compresión anular, pero solo fuerzas muy pequeñas de flexión o momento.

La inspección de la alcantarilla determina si el recubrimiento de tierra proporciona una estabilidad estructural adecuada a la alcantarilla y verifica que el "revestimiento" sea capaz de soportar las fuerzas de compresión y de proteger al relleno de tierra del agua que fluye a través de la alcantarilla. La verificación de la estabilidad del recubrimiento de tierra es realizada a través del chequeo de la forma de la alcantarilla. La verificación de la integridad del "revestimiento" es realizada a través del chequeo de los defectos de la tubería y de las planchas que conforman el conducto de la alcantarilla.

Este acápite contiene discusiones sobre la inspección de los defectos en la forma y el conducto mismo de las estructuras de metal corrugado. Dado que los requerimientos de inspección de la forma varían un poco para las diferentes formas, se proporciona sección separada con las pautas detalladas para alcantarillas tubulares de metal corrugado con forma circular.

### **3.5.2 INSPECCIONES GENERALES DE LA FORMA**

La característica más importante a observar y medir cuando se inspecciona alcantarillas de metal corrugado es la forma de la sección transversal del conducto de la alcantarilla. El conducto de la alcantarilla de metal corrugado depende del relleno o terraplén para mantener su forma y estabilidad apropiada. Cuando el relleno no proporciona el apoyo requerido, la alcantarilla se flexionará, asentará o deformará. Por consiguiente, los cambios de la forma de la alcantarilla proporcionan una indicación directa de la eficiencia y estabilidad del recubrimiento de suelo sobre el que se apoya. A través de la observación y medición periódica de la forma de la alcantarilla, es posible verificar la eficiencia del relleno.

La sección transversal de diseño o teórica de la alcantarilla debe ser el estándar sobre el que se comparen las medidas de campo y las observaciones visuales. Generalmente la forma simétrica y curvatura uniforme alrededor del perímetro son factores críticos. Si la curvatura alrededor de la estructura se vuelve demasiado plana y/o el suelo continúa cediendo bajo la carga, la pared de la alcantarilla no podrá ser capaz de soportar el empuje anular sin doblarse hacia adentro o flexionarse

excesivamente hasta el punto de una curvatura inversa. Ambos eventos traen como consecuencia la falla parcial o total de la alcantarilla.

El arco de una tubería circular o de una estructura con forma diferente será estable y funcionará siempre que la presión del suelo sobre el exterior de la tubería sea resistida por la fuerza de compresión en la tubería en cada extremo del arco. Las tuberías de metal corrugado pueden cambiar de forma sin peligro dentro de los límites razonables siempre que exista una adecuada presión exterior del suelo para equilibrar la compresión anular. Por consiguiente, las mediciones del tamaño y forma tomadas en un momento dado no proporcionan datos concluyentes sobre la inestabilidad del relleno aún cuando existe una desviación significativa de la forma de diseño. La estabilidad del relleno actual no puede determinarse fiablemente a menos que los cambios en la forma sean medidos con el tiempo. Por consiguiente es necesario identificar los cambios actuales o recientes en la forma para chequear fiablemente la estabilidad del relleno. Si existe inestabilidad del relleno, la tubería continuará cambiando de forma.

En general, el proceso de inspección para chequear la forma de la alcantarilla incluirá observaciones visuales de la forma simétrica y de la curvatura uniforme así como la medición de las principales dimensiones. Las mediciones específicas a ser obtenidas dependen de los factores como el tamaño, la forma y la condición de la estructura. Si se observan cambios en la forma, pueden ser necesarias más mediciones. Para las estructuras pequeñas en buena condición, una o dos mediciones simples pueden ser suficientes, por ejemplo, midiendo el diámetro horizontal en una tubería circular. Para las estructuras con poco recubrimiento, se recomiendan las observaciones de la alcantarilla con poca carga viva pasando sobre ella. El movimiento percibido en la estructura puede indicar posible inestabilidad y la necesidad de una investigación más profunda.

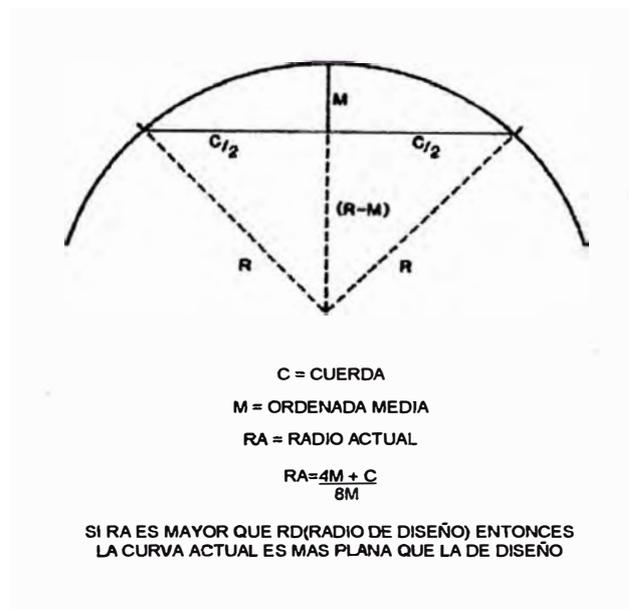
El número de puntos medidos depende del tamaño y condición de la estructura. Generalmente las alcantarillas tubulares pequeñas pueden medirse a intervalos mayores a los 7.50 m.

Es sumamente importante determinar la ubicación exacta de los puntos medidos. Los cambios no pueden monitorearse con precisión a menos que el mismo punto sea chequeado en cada inspección. Por consiguiente, el informe de inspección debe incluir descripciones precisas de la ubicación de los puntos de referencia. Es más seguro usar las juntas, costuras y planchas como una cuadrícula de referencia para los puntos

de medición. Entonces la ubicación exacta de los puntos puede describirse fácilmente en el informe así como ser marcados físicamente en las estructuras. Esto nos resguarda contra la pérdida de la pintura o de las marcas trazadas y hace a los puntos fáciles de encontrar o reestablecer.

Todas las dimensiones de las estructuras deben ser medidas en la cresta interior de la corrugación. Cuando sea posible, los puntos de medición sobre la plancha estructural deben ubicarse en el centro de una costura longitudinal. Sin embargo, algunos puntos de medición no están siempre sobre una costura.

Cuando la deformación o el aplanamiento de la curva son notorios, la extensión del área aplanada debe describirse en el informe de inspección en términos de longitud de arco, longitud de alcantarilla afectada y ubicación del área aplanada. La longitud de la cuerda que cruza el área aplanada y la ordenada media de la cuerda deben medirse y registrarse. Las dimensiones de la cuerda y de la ordenada media pueden usarse para calcular la curvatura del área aplanada usando la fórmula mostrada en la Figura N° 3.7.



**Figura N° 3.7.-** Chequeo de la curva a través de la cuerda y la ordenada media. Fuente: U.S. Department of Transportation – FHWA; "Culvert Inspection Manual".

### 3.5.3 INSPECCIÓN GENERAL DE LOS DEFECTOS DEL CONDUCTO

La integridad estructural de las alcantarillas de metal corrugado depende de su capacidad de trabajar en compresión anular y de su interacción con el recubrimiento de suelo circundante. Los defectos en el propio conducto de la alcantarilla, los cuales pueden influir en el funcionamiento estructural e hidráulico de la alcantarilla, se discuten en los párrafos siguientes.

### 3.5.3.1 MAL ALINEAMIENTO

El inspector debe chequear el alineamiento vertical y horizontal de la alcantarilla. En el alineamiento vertical se debe chequear visualmente los hundimientos y la flexión en las juntas. El mal alineamiento vertical puede indicar problemas con la compactación de la cama de la tubería. Los hundimientos entrapan escombros y sedimento y pueden impedir el flujo. Dado que la mayoría de alcantarillas de carretera no tienen juntas impermeables, los hundimientos dejan pasar el agua, lo cual podría saturar el suelo que está por debajo y alrededor de la alcantarilla, y reducir la estabilidad del suelo.

El alineamiento horizontal debe chequearse viendo a lo largo de los lados para verificar la rectitud. El alineamiento vertical puede verificarse viendo a lo largo de las líneas de pernos.

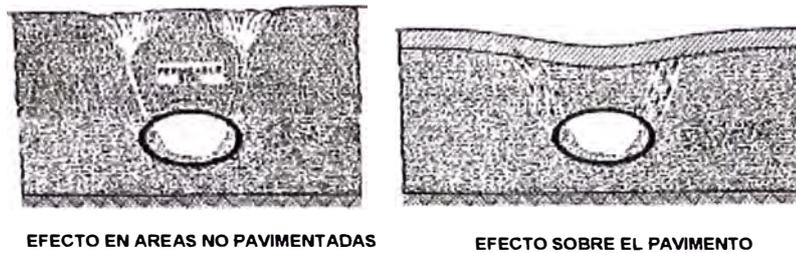
Un mal alineamiento horizontal y vertical pequeño generalmente no es un problema grave en las estructuras de metal corrugado a menos que cause problemas en la forma o en la junta. Es más, de vez en cuando se instalan intencionalmente alcantarillas con un cambio en la pendiente.

### 3.5.3.2 DEFECTOS DE LA JUNTA

Generalmente en campo sólo se encuentran juntas en las tuberías prefabricadas. Usualmente no existen juntas en las alcantarillas de planchas estructurales, sólo costuras.

Las juntas en campo de las tuberías prefabricadas sirven para mantener la conducción de agua de la alcantarilla de sección a sección, mantener a las secciones de tubería bien alineadas, mantener al suelo de relleno libre de infiltración y ayudar a impedir que las secciones se separen.

Los factores claves a buscar en la inspección de juntas son los indicios de infiltración del relleno y fuga de agua. La filtración excesiva a través de una junta abierta puede causar la infiltración del suelo o erosión del material de relleno circundante, reduciendo el soporte lateral. Con una barra pequeña o una regla plana puede indagarse las juntas abiertas para chequear si están vacías. Los indicios de defectos en la junta incluyen juntas abiertas, flexión, filtración en las juntas y huecos enterrados que llegan hasta la superficie ubicada encima de la alcantarilla, como se ha ilustrado en la Figura N° 3.8. Cualquier evidencia de defectos en la junta debe registrarse.



**Figura N° 3.8.-** Indicios en la superficie de infiltración. Fuente: U.S. Department of Transportation – FHWA; “Culvert Inspection Manual”.

Las alcantarillas denominadas en buena condición no deben tener ninguna junta abierta, aquellas denominadas en condición regular pueden tener pocas juntas abiertas pero ninguna evidencia de infiltración de suelo y aquéllas denominadas en condición mala a muy mala mostrarán evidencia de infiltración de suelo.

### 3.5.3.3 DEFECTOS DE LA COSTURA EN TUBERÍAS PREFABRICADAS

Las costuras en tuberías helicoidales no soportan bien el empuje de compresión anular, por lo cual deben inspeccionarse las roturas y separaciones. Una costura abierta podría producir una pérdida de relleno en la tubería o la fuga de agua. Cualquiera de estas condiciones podría reducir la estabilidad del suelo circundante.

En tuberías remachadas o soldadas por puntos, las costuras son longitudinales y soportan toda la compresión anular de la tubería. Estas costuras, entonces, deben ser fuertes y capaces de manejar grandes fuerzas de compresión. Al inspeccionar las costuras longitudinales de las alcantarillas de metal corrugado recubiertas con material bituminoso, la rajadura de la capa bituminosa puede indicar separación de la costura.

### 3.5.3.4 DEFECTOS DE LA COSTURA LONGITUDINAL EN LAS ALCANTARILLAS DE PLANCHAS ESTRUCTURALES

Se debe inspeccionar visualmente las costuras longitudinales para tratar de hallar costuras abiertas, rajadura de los agujeros de los pernos, deformación de la plancha alrededor de los pernos, doblado de los pernos, costuras ladeadas, costuras levantadas y pérdida significativa de metal en los pernos debido a la corrosión.

Las alcantarillas en buenas condiciones deben tener sólo pequeños defectos en la junta. Aquéllas en regulares condiciones pueden tener rajaduras pequeñas en algunos agujeros de los pernos o aberturas pequeñas en las costuras que podrían llevar a la infiltración o fuga de agua. El conducto está en condiciones mala a muy mala si existen rajaduras importantes de los agujeros de los pernos por la flexión de la

estructura debido a la infiltración del relleno a través de una costura abierta. Las rajaduras mayores a 7.50 cm de largo en cada lado de los pernos indica una condición muy mala a crítica.

## **PERNOS FLOJOS**

En las costuras se debe chequear si existen pernos flojos o faltantes. En las estructuras de acero las costuras longitudinales son empernadas con pernos de alta resistencia en dos filas, una en las crestas y otra en los valles de las corrugaciones, y se puede chequear la firmeza de éstos golpeando ligeramente con un martillo y chequeando su movimiento.

## **COSTURAS LADEADAS Y LEVANTADAS**

Las costuras longitudinales de la plancha estructural son la principal diferencia con la tubería prefabricada. La forma y curvatura de la estructura son afectadas por las costuras longitudinales traslapadas y empernadas. El montaje o fabricación inadecuado puede producir costuras ladeadas o efectos de levantamiento de la estructura en la costura. Los casos leves de estas condiciones son bastante comunes y frecuentemente sin importancia. Sin embargo, los casos severos pueden producir la falla de la costura o de la estructura.

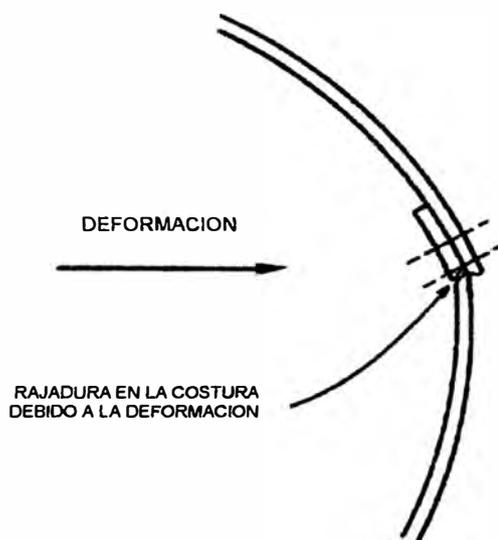
Cuando una costura levantada es significativa, la apariencia de la forma y las principales dimensiones de la estructura diferirán significativamente de la forma y dimensiones de diseño. Si el efecto de levantamiento es un problema serio, debe provocar que la estructura reciba calificaciones muy bajas en la inspección de la forma. Una costura ladeada puede producir pérdida de relleno y puede reducir la resistencia máxima de compresión anular de la costura.

## **RAJADURA DE LA COSTURA**

Las rajaduras a lo largo de los agujeros de los pernos de las costuras longitudinales pueden ser serias si se permite su progreso. A medida que la rajadura progresa, la plancha puede llegar a romperse completamente y perderse la capacidad de compresión anular. Esto podría producir la deformación o la posible falla de la estructura.

Las rajaduras longitudinales son más serias cuando las acompaña una flexión, una deformación significativa y otras condiciones indicativas de problemas en el relleno o

en el suelo. Las rajaduras longitudinales son causadas por el esfuerzo excesivo de flexión, ver Figura 3.9. Ocasionalmente las rajaduras pueden ser causadas por las prácticas inadecuadas de instalación, como usar la fuerza de empernado para "extender" una costura ladeada.



**Figura N° 3.9.-** Rajadura debido a la deformación. Fuente: U.S. Department of Transportation – FHWA; "Culvert Inspection Manual".

### DOBLADO DE LOS PERNOS

Las costuras empernadas en las alcantarillas de planchas estructurales sólo desarrollan su máximo esfuerzo bajo compresión. El doblado de los pernos ocurre cuando las planchas se deslizan. Cuando las planchas empiezan a deslizarse, los pernos se doblan y los agujeros de los pernos son alargados plásticamente por el pasador del perno. Se requiere un alto esfuerzo de compresión para causar el doblado del perno.

Raramente se han diseñado a las estructuras con cargas tan altas que puedan producir una compresión anular que cause el doblado del perno. Sin embargo, deben examinarse las costuras para hallar si los pernos están doblados, particularmente en las estructuras bajo rellenos altos. La compresión excesiva en una costura podría producir deformaciones de la plancha alrededor de los pernos doblados y la falla se podría producir cuando los pernos sean expulsados de las planchas.

### COSTURAS PERIFÉRICAS

Las costuras periféricas, como las juntas de las tuberías prefabricadas, no soportan la compresión anular. Ellas solo hacen que el conducto sea una estructura continua. El

peligro en estas costuras es raro y serán el resultado de una flexión diferencial severa, un problema de deformación o alguna otra manifestación de falla del suelo. Por ejemplo, una estructura con pendiente empinada que cruza un terraplén puede separarse longitudinalmente si el terraplén se desliza hacia abajo, como se muestra en la Figura N° 3.10.



**Figura N° 3.10.-** Rajadura debido a la deformación. Fuente: U.S. Department of Transportation – FHWA; "Culvert Inspection Manual".

Las planchas deben ser instaladas con las planchas aguas arriba traslapando por encima a las planchas aguas abajo para proporcionar un efecto de "teja" en la dirección del flujo.

Las costuras periféricas en uno o más puntos podrían ser puestas en peligro por el movimiento del relleno. Tal peligro es importante de notar durante las inspecciones dado que indicaría un problema básico de estabilidad del relleno. El peligro de la costura circunferencial también puede ser resultado de la falla de la cimentación, pero en tales casos éste debe ser claramente evidente a través del alineamiento vertical.

## ABOLLADURAS Y DAÑOS LOCALIZADOS

En todas las alcantarillas de metal corrugado se debe inspeccionar los daños localizados. Los daños en la pared de la tubería como las abolladuras, protuberancias, plegamientos, rajaduras y roturas, pueden ser serios si los defectos son extensos y si pueden llegar a perjudicar la integridad del conducto en la compresión anular o permitir la infiltración del relleno. Generalmente los ejemplos pequeños y localizados no son críticos.

Cuando los daños tipo deformación son críticos, ellos producirán generalmente una sección transversal mal formada. El inspector debe documentar el tipo, extensión y ubicación de todos los daños en la pared significativos. Cuando se examinan las abolladuras en las alcantarillas de acero corrugado, el lado opuesto de la plancha

debe chequearse, de ser posible, para hallar rajaduras o desadherencia de la capa protectora.

## **DURABILIDAD**

La durabilidad se refiere a la capacidad de un material de resistir a la corrosión y abrasión. La corrosión es el deterioro del metal debido a las reacciones electroquímicas o químicas. La abrasión es el desgaste de los materiales de la alcantarilla por la acción erosiva del material del lecho acarreado por la corriente.

La abrasión generalmente es muy seria en áreas empinadas o montañosas donde las altas velocidades del flujo acarrean arena y piedras que desgastan el fondo de la alcantarilla. La abrasión también puede acelerar la corrosión a través del desgaste de las capas protectoras.

Las alcantarillas de metal están sujetas a la corrosión en ciertos ambientes agresivos. Por ejemplo, el acero rápidamente se corroe en agua salada y en ambientes con condiciones de acidez alta (pH bajo) en el suelo y el agua. La resistividad eléctrica del suelo y el agua también proporcionan un indicio de la probabilidad de corrosión.

La corrosión y abrasión de las alcantarillas de metal corrugado pueden ser un problema serio con efectos adversos en el comportamiento estructural. El daño debido a la corrosión y abrasión es la causa más común en el reemplazo de las alcantarillas. La inspección debe incluir observaciones visuales de la corrosión y abrasión del metal.

A medida que el acero se corroe, este problema se extiende considerablemente.

La corrosión relativamente superficial puede producir depósitos gruesos de costra. Puede usarse un pico de geólogo para raspar los depósitos pesados de óxido y costra, y así permitir una mejor observación del metal. Un martillo también puede usarse para localizar áreas defectuosas de corrosión exterior, golpeando la pared de la alcantarilla con el extremo del pico del martillo. Cuando existe corrosión severa, el pico deformará la pared o penetrará por ella. Se debe examinar las capas protectoras para hallar daño de abrasión, roturas, rajaduras y remoción. El inspector debe documentar la extensión y ubicación de los problemas de deterioro de la superficie.

Cuando se encuentra corrosión gruesa, se recomienda el uso de métodos de inspección especiales como el ensayo de pH, la medición de la resistividad eléctrica y la obtención de muestras de la pared de la tubería.

Al asignar una calificación al conducto de las alcantarillas debe considerarse la condición del metal en las alcantarillas de metal corrugado y del revestimiento, si es usado. Las alcantarillas de acero calificadas como en buena condición pueden tener óxido superficial sin presencia de agujeros. La perforación del fondo de la alcantarilla indicaría una condición muy mala. El completo deterioro del fondo de la alcantarilla en la totalidad o parte del conducto de la alcantarilla indicaría una condición crítica, como se muestra en la Figura N° 3.11. Las alcantarillas con el fondo deteriorado pueden funcionar estructuralmente como una bóveda, pero son muy susceptibles al fracaso debido a la erosión de la cama.



**Figura N° 3.11.-** Alcantarilla completamente deteriorada debido a la corrosión. Al fondo se puede observar su colapso. Alcantarilla ubicada en el Km 899+100 de la Carretera Panamericana Norte. Año 2002.

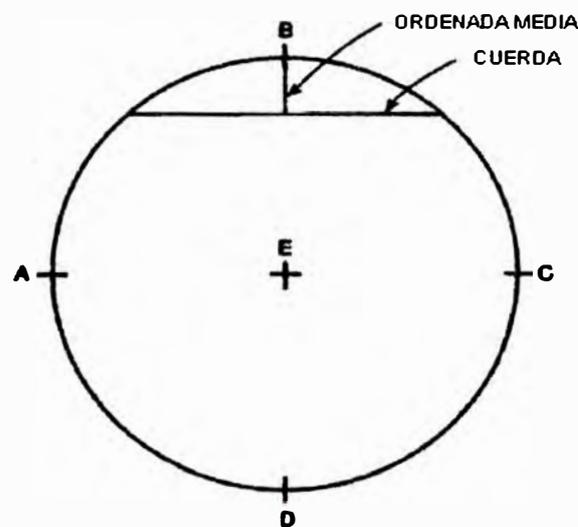
#### **3.5.4 INSPECCIÓN DE UNA TUBERÍA CIRCULAR**

Durante la instalación de una tubería circular, se espera que ésta se flexione verticalmente, resultando con una luz horizontal ligeramente mayor. A veces, durante su instalación, las tuberías circulares son elongadas verticalmente en un 5% para compensar el asentamiento. Frecuentemente es difícil determinar en campo si una tubería era circular o elongada cuando fue instalada.

En situaciones donde existe poco recubrimiento, la curvatura adecuada de los lados es el factor más importante. La presión del suelo sobre los lados puede ser mayor que el peso del poco relleno sobre la tubería. El resultado es una tendencia a empujar los lados hacia adentro en lugar de hacia afuera como ocurre en rellenos más profundos. Asimismo, el aplanamiento de los lados puede ser causado por un relleno inestable.

El aplanamiento del arco superior es un indicio de posible peligro mientras que el aplanamiento del fondo de la alcantarilla no es tan serio. Las tuberías instaladas en una cama no bien formada exhibirán a menudo un aplastamiento ligero del arco del fondo de la alcantarilla. Sin embargo, los aplanamientos severos del arco inferior sí indicarían posible peligro.

El inspector debe notar la apariencia visual de la forma de la alcantarilla y medir la luz horizontal como se muestra en la Figura N° 3.12. Casi todas las tuberías circulares pueden medirse directamente sin requerir las alturas o diámetros verticales.



1. MINIMAS MEDIDAS REQUERIDAS:
  - DIAMETRO HORIZONTAL = AC
2. SI SE OBSERVA APLANAMIENTO, MEDIR:
  - CUERDA Y ORDENADA MEDIA DEL AREA APLANADA
3. SI EL DIAMETRO HORIZONTAL EXCEDE EL DE DISEÑO POR MAS DEL 10%, MEDIR:
  - DIAMETRO VERTICAL = BD

**Figura N° 3.12.-** Inspección de la forma para alcantarillas circulares. Fuente: U.S. Department of Transportation – FHWA; “Culvert Inspection Manual”.

Si la apariencia visual o el diámetro horizontal medido difieren significativamente de las especificaciones de diseño, se debe tomar una medida adicional: el diámetro vertical. Las áreas aplanadas deben chequearse, midiendo la cuerda y la ordenada media de la cuerda. En el informe debe anotarse la longitud de la cuerda y la medida de la ordenada con una descripción de la ubicación y la extensión del área aplanada.

Las tuberías circulares con forma buena a regular tendrán generalmente una buena apariencia de la forma, es decir, que la forma de la alcantarilla parece alcanzar la forma de diseño, con una curvatura uniforme, simétrica y sin ninguna deformación visible. La luz horizontal debe estar dentro del 10% de la luz de diseño.

La tubería con forma mala tendrá una apariencia general regular o mala, presentará deformación en la mitad superior de la tubería, aplanamiento severo en la mitad inferior de la tubería o luces horizontales 10% a 15% mayores que las de diseño.

Las tuberías con forma muy mala a crítica tendrán una mala apariencia, la cual no alcanzará la forma de diseño, no presentará una curvatura uniforme o simétrica y tendrá deformaciones obvias.

La deformación severa en la mitad superior de la tubería, un diámetro horizontal 15% a 20% mayor que el diámetro de diseño o un aplanamiento de la corona hasta un arco con radio de 6.10 a 9.15 m o más, indicarían la condición muy mala a crítica. Debe notarse que las tuberías con flexión menor al 15% a 20% pueden calificarse como críticas si su forma presenta una mala apariencia.

### **3.6 EVALUACIÓN GLOBAL DE LA ALCANTARILLA**

Los primeros acápite de este capítulo se han dirigido a los componentes individuales de una alcantarilla. Las calificaciones globales consideran todos los componentes que conforman a una alcantarilla y son útiles para el establecimiento de los programas y prioridades de mantenimiento, rehabilitación y reemplazo.

La evaluación global puede ser dividida en tres categorías que son la condición global, la capacidad de soporte de cargas y la vida restante.

#### **CONDICIÓN GLOBAL**

Esta evaluación cubre la condición de los componentes estructurales e hidráulicos de la alcantarilla: alineamiento, asentamiento, conducto de la alcantarilla y protección en los extremos.

Las calificaciones globales no deben ser un promedio de las calificaciones asignadas a los componentes individuales. Es muy frecuente que una baja calificación de un sólo componente controlará la calificación global; pero cuando el inspector asigne una calificación global debe considerar cada componente y su posible efecto sobre la alcantarilla. El inspector debe considerar si el componente está funcionando

adecuadamente, si podría ponerse en riesgo la seguridad o si podría causar daño a la propiedad, si podría causar daños más extensos si no es reparado y si las reparaciones representan rehabilitación o mantenimiento.

### **CAPACIDAD DE SOPORTE DE CARGAS**

Esta evaluación está basada en las cargas que la estructura puede soportar, por lo cual se debe la capacidad de soporte de cargas de la alcantarilla y los límites de carga legales vigentes. Los procedimientos usados para la determinación de estas calificaciones de capacidad deben tomar en cuenta la condición de la alcantarilla en el momento de la inspección.

### **VIDA RESTANTE**

Bajo este ítem, el inspector estima el número de años que restan antes que sea requerido una rehabilitación mayor o el reemplazo. La estimación debe estar basada en la vida de diseño del material del conducto, los años de servicio anteriores a la inspección y la condición de la alcantarilla en el momento de la inspección. La condición actual y el funcionamiento del material de la alcantarilla bajo condiciones similares son las consideraciones claves. Donde la durabilidad es un problema, las mediciones de la resistividad eléctrica y del pH pueden ser útiles para estimar la vida restante.

## CAPÍTULO IV

### APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA

#### 4.1 GENERALIDADES

En la práctica tradicional, se acostumbra que el inspector prepare los formularios para la evaluación de alcantarillas sin seguir las pautas de una metodología establecida, sino sólo su **criterio y experiencia**, los cuales varían en cada profesional. Además, debido al problema de inestabilidad laboral en el país, principalmente en las instituciones públicas las cuales actualmente son responsables del mantenimiento de la mayoría de carreteras, las inspecciones de alcantarillas realizadas en diferentes años son ejecutadas por distintos inspectores, lo que conlleva a una variedad de formularios de inspección de una misma alcantarilla que contienen diferente clase y cantidad de datos; por lo cual no se puede crear una base de datos consistente y confiable de la variación del estado y comportamiento de una alcantarilla a través de los años.

Por ello, la importancia de realizar una inspección de alcantarillas y otras estructuras, siguiendo una metodología establecida, se basa en la estandarización en la toma y registro de datos. Al desarrollarse un formulario estándar adecuado para la evaluación de un grupo de alcantarillas, basado en fundamentos técnicos, que operan bajo condiciones similares en una misma carretera, las inspecciones a desarrollarse en los siguientes años no necesitarán crear un nuevo y diferente formulario sino más bien trabajar con el mismo, o con uno levemente modificado si es que se presentaran variaciones en las condiciones de operación y/o mantenimiento de las alcantarillas.

La metodología descrita en el Capítulo III propone pautas que deberían seguirse en un orden establecido para la inspección de alcantarillas circulares flexibles. Estas pautas no son rígidas ya que en la realidad existen alcantarillas de muchos tamaños operando bajo condiciones totalmente diferentes; por lo cual depende del criterio y experiencia del inspector decidir cuáles parámetros deben ser finalmente inspeccionados en campo y determinar la importancia de ellos durante la inspección. Por otro lado, la ventaja en campo de la aplicación de esta metodología es que el inspector no olvidará tomar todos los datos requeridos ya que el formulario estándar de evaluación presenta

campos numerados, separados de acuerdo a los componentes de las alcantarillas y a su condición global, los cuales deben ser llenados en su totalidad.

En el presente capítulo se busca aplicar de manera adecuada la metodología propuesta para la evaluación de alcantarillas, desarrollada en el capítulo anterior, a un caso real. Para ello se evaluaron las estructuras comprendidas en el tramo Km 55+000 al Km 58+000 de la carretera Héroes de la Breña. La finalidad de la aplicación de esta metodología a un caso real es crear un formulario estándar para el tramo de carretera mencionado, el cual podría ser tomado para inspecciones futuras de las alcantarillas existentes. Consecuentemente, esta aplicación de la metodología propuesta verificaría la facilidad que proporciona al inspector durante el desarrollo del formulario estándar, el seguir pautas ordenadas. Además se comprobaría en campo la ventaja de la no omisión de ningún dato requerido.

Se ha seguido la secuencia de inspección en forma ordenada, aplicando las pautas propuestas a los casos correspondientes. El Formulario Estándar para la Evaluación de Alcantarillas fue elaborado en base a las pautas propuestas y las características generales de las alcantarillas y su entorno, obtenidas a partir de un estudio previo, y que fue aplicado en campo para la inspección de cada alcantarilla existente, siendo modificado ligeramente el formulario estándar debido a la realidad encontrada en campo. Estos formularios para la evaluación de alcantarillas se han adjuntado en el Anexo A.IV.

A partir de las recomendaciones sugeridas en campo, el trabajo de gabinete consistió en ordenar y registrar la información obtenida, y finalmente en establecer las medidas correctivas necesarias para el buen funcionamiento del sistema de alcantarillas.

## **4.2 DESCRIPCIÓN DEL TRAMO EVALUADO**

En el Capítulo I del presente informe se presentan, por especialidad, las características generales del tramo de carretera en estudio. Sin embargo, en los siguientes párrafos se presentan las características más importantes en relación a su influencia en el comportamiento de las alcantarillas existentes.

El tramo de carretera evaluado pertenece a la carretera Héroes de la Breña (ex Carretera Central) entre los Km 55+000 y Km 58+000, dentro del tramo denominado Cocachacra – Matucana (Ver Plano N° HH-01 en el Anexo A.V). En el año 2002 esta

carretera fue rehabilitada dentro del programa "Rehabilitación de Carreteras afectadas por El Niño".

Este sector de la carretera es homogéneo, es decir, no existen muchas vías afluentes con excesivo ingreso y/o salida de vehículos, y corre paralelo al río Rímac, ubicándose en su margen izquierda, a una distancia de 250 m en promedio.

Esta vía vincula a Lima con las regiones de la Sierra y Selva Central, convirtiéndose en un factor clave para el desarrollo económico del país. Su I.M.D.A. actual es de 3,322 vehículos.

La carretera consta de dos carriles con superficie de rodadura asfaltada, no presentando bermas en ninguno de sus lados. El ancho de la calzada es de 7.20 m. Presenta cunetas triangulares a todo lo largo de su lado derecho, mientras que en el izquierdo sólo 350 m están cubiertos por cunetas de la misma sección.

El área en estudio pertenece a la cuenca del río Rímac, cuya precipitación media anual varía entre 50 mm y 1,000 mm al año, presentándose el 80% durante los meses de diciembre a abril. Esta cuenca es altamente inestable y propensa a la ocurrencia de huaycos.

Las quebradas más grandes en la zona son Río Seco y Esperanza. La primera es una quebrada con un área de cuenca de 48 Km<sup>2</sup>, que en época de lluvias transporta flujo de escombros, el cual es evitado por la carretera a través de un túnel falso. La segunda quebrada presenta un área de cuenca de 4 Km<sup>2</sup>, y es cruzada por la carretera a través de un puente denominado con el mismo nombre.

Todo el borde derecho de la vía en estudio está protegido por tramos de cunetas que descargan sus aguas en las alcantarillas que vienen siendo estudiadas, tal como se muestra en el Cuadro Nº 1.19 y en los Planos PP-01, PP-02 y PP-03 ubicados en el Anexo A.V. El borde izquierdo de la vía presenta dos tramos pequeños de cunetas, que descargan sus aguas directamente al terreno

### **4.3 EVALUACIÓN TÉCNICA DE LAS ALCANTARILLAS**

La evaluación técnica se realizó siguiendo la secuencia de inspección descrita en el capítulo anterior, para lo cual se realizó un primer trabajo de gabinete que consistió en la recopilación de información relacionada con el área de estudio para luego plantear la fecha y pautas de la visita de inspección.

Luego, el trabajo de campo fue programado para el día jueves 05 de enero del presente, con la finalidad de evitar en lo posible el intenso tráfico que circula por la carretera Héroes de la Breña, el cual se incrementa durante los fines de semana. Se trabajó con herramientas simples de medición, tales como wincha de 5 m, wincha de 50 m, eclímetro y gps, además de una cámara fotográfica digital. Se evaluó cada alcantarilla ubicada entre los Km 55+000 y Km 58+000 de la carretera antes mencionada, recorriendo a pie toda la vía para poder evaluar así el funcionamiento no sólo de las alcantarillas sino de todo el sistema de drenaje de la carretera.

El segundo trabajo de gabinete consistió en el registro de la información recopilada en campo, elaborando a partir de ésta las medidas correctivas convenientes para el correcto funcionamiento de las alcantarillas como parte del sistema de drenaje de la carretera.

#### 4.3.1 REVISIÓN DE INFORMACIÓN DISPONIBLE

La recopilación de información existente sobre el tramo evaluado, y especialmente sobre su sistema de drenaje, se realizó durante las dos semanas previas a la salida de campo, para lo cual se visitó diferentes bibliotecas e instituciones del Estado.

La información cartográfica obtenida fue:

**CUADRO N° 4.1**  
**INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

<b>Institución</b>	<b>Denominación</b>	<b>Hoja N°</b>	<b>Escala</b>
PETT	San Bartolomé	24j-II-SE	1/25,000
PETT	Surco	24k-III-SO	1/25,000

Fuente: Elaboración Propia.

Se obtuvo también un estudio de la zona del proyecto desarrollado en el año 2000: “Estudios y Supervisión del proyecto ‘Rehabilitación de Carreteras afectadas por El Niño’ – Carretera Héroes de la Breña ‘Puente Ricardo Palma - La Oroya’ – Tramo 2: Cocachacra - Matucana”, elaborado por la consultora Cesel Ingenieros para el MTC. Este estudio nos facilitó información valiosa sobre la carretera evaluada y su sistema de drenaje, permitiéndonos conocer las condiciones climatológicas y físicas bajo las cuales operan las alcantarillas, así como obtener un inventario de las estructuras de drenaje, el cual fue verificado en campo con ayuda de los Planos PP-01, PP-02 y PP-03 ubicados en el Anexo A.V.

### **4.3.2 ELABORACIÓN DEL FORMULARIO ESTÁNDAR PARA LA EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS**

A partir de la información disponible, se elaboró en gabinete, un Formulario Estándar para la evaluación de alcantarillas (Ver Figuras N° 4.1 y 4.2), el cual consta de dos páginas y es el resultado de la aplicación de la metodología propuesta a las condiciones de la carretera existente.

Es importante resaltar que el Formulario Estándar desarrollado para estas alcantarillas constituye el primer registro de una base de datos ya que en el estudio base utilizado, nombrado en el acápite anterior, no se han encontrado las fichas o formularios de inspección, sólo los resultados los cuales no se presentan de una forma detallada. En las próximas inspecciones de campo no es necesario desarrollar un nuevo formulario estándar sino mas bien se debe mantener el mismo formulario o quizá se le deba incluir nuevas secciones si es que dentro de la información recopilada para dicha inspección, o en el mismo campo, se verifica que se han producido cambios en la condiciones de operación. Gracias a esto, se conseguirá la estandarización de la evaluación de estas alcantarillas, lo que conllevará a la creación de una base de datos consistente que permita en el futuro, tanto a diseñadores como a constructores, realizar un mejor trabajo de ingeniería con soluciones más eficientes y económicas.

En el formulario estándar se debe distinguir clara y rápidamente la alcantarilla que viene siendo evaluada, por lo cual se ha ubicado en la esquina superior derecha de ambas páginas, los datos correspondientes al nombre de la carretera y el kilometraje en el cual se encuentra la alcantarilla. Estos datos son importantes para la ubicación del registro de la alcantarilla dentro de la base de datos.

Para el presente caso el formulario estándar fue dividido en diez campos correspondientes a los diferentes componentes de las alcantarillas así como a su condición global. La Sección I “Ubicación e Información General” (resaltada con color rojo en la Figura N° 4.1) se refiere a la alcantarilla como parte del sistema de drenaje de una carretera, por lo cual se requieren datos como su ubicación, año de construcción, última rehabilitación y mantenimiento, etc. Debido a que se está creando la base de datos de las alcantarillas ubicadas en este tramo, los datos de su ubicación política y geográfica, y entidades a cargo de su mantenimiento son muy importantes.

### **4.3.2 ELABORACIÓN DEL FORMULARIO ESTÁNDAR PARA LA EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS**

A partir de la información disponible, se elaboró en gabinete, un Formulario Estándar para la evaluación de alcantarillas (Ver Figuras N° 4.1 y 4.2), el cual consta de dos páginas y es el resultado de la aplicación de la metodología propuesta a las condiciones de la carretera existente.

Es importante resaltar que el Formulario Estándar desarrollado para estas alcantarillas constituye el primer registro de una base de datos ya que en el estudio base utilizado, nombrado en el acápite anterior, no se han encontrado las fichas o formularios de inspección, sólo los resultados los cuales no se presentan de una forma detallada. En las próximas inspecciones de campo no es necesario desarrollar un nuevo formulario estándar sino mas bien se debe mantener el mismo formulario o quizá se le deba incluir nuevas secciones si es que dentro de la información recopilada para dicha inspección, o en el mismo campo, se verifica que se han producido cambios en la condiciones de operación. Gracias a esto, se conseguirá la estandarización de la evaluación de estas alcantarillas, lo que conllevará a la creación de una base de datos consistente que permita en el futuro, tanto a diseñadores como a constructores, realizar un mejor trabajo de ingeniería con soluciones más eficientes y económicas.

En el formulario estándar se debe distinguir clara y rápidamente la alcantarilla que viene siendo evaluada, por lo cual se ha ubicado en la esquina superior derecha de ambas páginas, los datos correspondientes al nombre de la carretera y el kilometraje en el cual se encuentra la alcantarilla. Estos datos son importantes para la ubicación del registro de la alcantarilla dentro de la base de datos.

Para el presente caso el formulario estándar fue dividido en diez campos correspondientes a los diferentes componentes de las alcantarillas así como a su condición global. La Sección I "Ubicación e Información General" (resaltada con color rojo en la Figura N° 4.1) se refiere a la alcantarilla como parte del sistema de drenaje de una carretera, por lo cual se requieren datos como su ubicación, año de construcción, última rehabilitación y mantenimiento, etc. Debido a que se está creando la base de datos de las alcantarillas ubicadas en este tramo, los datos de su ubicación política y geográfica, y entidades a cargo de su mantenimiento son muy importantes.

**FORMULARIO ESTÁNDAR PARA LA  
EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS**

 CARRETERA Héroes de la Breña  
 PROGRESIVA \_\_\_\_\_

**I. UBICACIÓN E INFORMACIÓN GENERAL**

01. Departamento		02. Provincia		ESTE	NORTE
03. Ruta		04. Coordenadas al eje de la vía		DD	MM
05. Año de construcción		06. Fecha de último mantenimiento		AA	
07. Año de modificación		08. Instituc. Responsable de Manten.			

**II. CARRETERA DE ACCESO**

09. Defecto en el Pavimento	
10. Defecto en las Bermas	
11. Defecto en el Terraplén	

**III. ESTRUCTURA DE PROTECCIÓN A LA ENTRADA**

12. Material		13. Tipo	
14. Espesor de pared (m)		15. Ancho (m)	
16. Altura (m)		17. Longitud del alero	
18. Estado:			

**IV. ESTRUCTURA DE PROTECCIÓN A LA SALIDA**

19. Material		20. Tipo	
21. Espesor de pared		22. Ancho	
23. Altura		24. Longitud del alero	
25. Estado:			

**V. CAUCE DE ENTRADA**

26. Ancho de cauce		27. Sección del cauce	
28. Material de protección		29. Longitud de protección	
30. Sección de protección			
31. Socavación			
32. Sedimentación			
33. Comentarios:			

**VI. CAUCE DE SALIDA**

34. Ancho de cauce		35. Sección del cauce	
36. Material de protección		37. Longitud de protección	
38. Sección de protección			
39. Socavación			
40. Sedimentación			
41. Comentarios:			

**Figura N° 4.1.-** Formulario Estándar para la Evaluación de Alcantarillas desarrollado para las estructuras ubicadas en el tramo de la Carretera Héroes de la Breña entre los Km 55+000 y Km 58+000 (Hoja N° 01).

**FORMULARIO ESTÁNDAR PARA LA EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS (Continuación)**

CARRETERA Héroes de la Breña  
 PROGRESIVA \_\_\_\_\_

**VII. CONDUCTO**

42. Sentido del flujo		43. Material	
44. Forma		45. Numero de conductos	
46. Longitud (m)		47. Ancho (m)	
48. Altura (m)		49. Calibre/espesor de pared	
50. Tipo de Protección		51. Cobertura	
52. Pendiente del conducto (m/m)		53. Esviaje (°)	
54. Altura sedimentos en la Entrada		55. Altura sedimentos en la Salida	
	CUERDA	FLECHA	% E
56. Geometría de la Entrada		57. Geometría de la Salida	
58. Altura de marcas de agua			
59. Estado Estructural			
60. Comentarios:			

**VIII. CONDICIÓN GLOBAL:**


**IX. COMENTARIOS:**


**X ESQUEMA GRÁFICO COMPLEMENTARIO**

INVENTARIADO POR: ORCL

FECHA: 25-Ene-06

**Figura N° 4.2.-** Formulario Estándar para la Evaluación de Alcantarillas desarrollado para las estructuras ubicadas en el tramo de la Carretera Héroes de la Breña entre los Km 55+000 y Km 58+000 (Hoja N° 02).

En la Sección II “Carretera de Acceso” (resaltada con color azul en la Figura N° 4.1) se ha decidido incluir la inspección de posibles deformaciones en el pavimento y terraplenes a pesar de la buena condición en que se encuentra la superficie de la carretera, ya que en futuras inspecciones se debe tener como referencia el estado actual de la vía. Por otro lado, en el trabajo de campo se decidió obviar la evaluación funcional de la carretera debido a que ésta es materia del Estudio del Trazo Vial desarrollado en el Estudio de Mejoramiento y Rehabilitación de la Carretera Cocachacra – Matucana Km 55+000 – Km 58+000, por el Grupo N° 02; en el cual se plantea una serie de modificaciones en el trazo de la vía para un tráfico con mayor velocidad y seguridad (Ver Acápite 1.4).

Las Secciones III “Estructura de Protección a la Entrada” y IV “Estructura de Protección a la Salida” son similares y consisten en la recopilación de datos de las dimensiones y características más importantes de las estructuras de protección así como en comentarios sobre su estado actual y funcionamiento. Estas secciones están resaltadas con color verde y aceituna respectivamente en la Figura N° 4.1.

Las Secciones V “Cauce de Entrada” y VI “Cauce de Salida” del Formulario Estándar son similares también, recopilan los datos de la geometría del cauce aguas arriba y aguas abajo de la alcantarilla respectivamente, así como la data sobre sus posibles problemas. Las estructuras de protección accesorias son evaluadas también en estos dos ítems ya que su función principal es proteger al cauce de la posible socavación y/o sedimentación. Ambas secciones están resaltadas con color anaranjado y fucsia respectivamente en la Figura N° 4.1.

En la Sección VII “Conducto” se deben ingresar los datos concernientes a las características físicas de la alcantarilla propiamente dicha, así como a los posibles problemas que podrían afectarla tales como la sedimentación en el conducto y la deformación de la estructura misma. Se pide además que se realice un breve comentario sobre el estado estructural del conducto así como otros comentarios que permitan establecer claramente los problemas encontrados. Ver sección resaltada con color verde azulado en la Figura N° 4.2.

Como su nombre lo indica, en la Sección VIII “Condición Global” se describe el estado global de toda la alcantarilla como una estructura de drenaje. Ver sección resaltada con color marrón en la Figura N° 4.2. Para el presente caso, se ha decidido obviar el cálculo de la vida restante debido a que se no se cuenta con los equipos especiales necesarios para facilitar los cálculos.

En la Sección IX “Comentarios” se busca que el inspector proponga las medidas correctivas necesarias para que la alcantarilla opere correctamente. Además en este campo (resaltado con color verdes fosforescente en la Figura N° 4.2) se debe hacer referencia a las fotografías tomadas así como comentarios complementarios que ayuden a aclarar la situación encontrada en campo.

La Sección X “Esquema Gráfico Complementario”, como su nombre lo indica, está reservada para que el inspector dibuje, de ser necesario, un esquema de la alcantarilla con la finalidad de describir con mayor claridad o detalle una situación encontrada en campo. Ver la sección resaltada con color turquesa en la Figura N° 4.2.

Finalmente, el inspector debe firmar o poner sus iniciales al pie de la hoja para aceptar su responsabilidad en la realización de la inspección. La fecha de inspección también es un dato vital ya que los registros de toda base de datos deben estar referenciados en el tiempo, para conocer así la evolución de la alcantarilla a través de los años.

### **4.3.3 OBSERVACIÓN DE LA CONDICIÓN GLOBAL**

Las alcantarillas ubicadas entre los Km 55+000 y Km 58+000 de la carretera Héroes de la Breña suman un número de ocho, presentando casi en su totalidad características muy similares tanto de sus componentes como de las condiciones bajo las cuales operan. Ver los Planos PP-01, PP-02 y PP-03 ubicados en el Anexo A.V.

Todas las alcantarillas son circulares de tmc de 0.90 m de diámetro, de las cuales 7 drenan aguas de escorrentía superficial causada por la precipitación en la zona en el sentido de derecha a izquierda; mientras que una de ellas permite el paso a través de la carretera de aguas de riego en el sentido de izquierda a derecha (Ver Cuadro N° 4.2).

Como ya se dijo anteriormente, esta carretera fue rehabilitada en el año 2002, por lo cual en la actualidad se encuentra en buenas condiciones, no presentando fallas en la superficie de su pavimento. Es importante resaltar que esta carretera no presenta bermas en ninguno de sus lados.

El tramo de carretera sólo cruza un poblado cuyo nombre es Tornamesa, a la altura del Km 55+295, no encontrándose ninguna alcantarilla en este sector. Pero a lo largo de su trazo se distribuyen pequeñas viviendas y restaurantes, cuyos habitantes tienden a echar desperdicios en las entradas y/o salidas de las alcantarillas. Ver Fotos N° 03, 09 y 16 en Anexo A.III.

En general, los cauces aguas arriba de estas alcantarillas no están muy bien definidos y sus cuencas no superan el Km<sup>2</sup>. Debido a que la carretera se encuentra en corte, el agua de escorrentía recorre taludes casi verticales de aproximadamente 20 m de altura, antes de llegar a la alcantarilla (Ver Fotos N° 11 y 15 en el Anexo A.III). Aguas arriba de las alcantarillas no existe ningún poblado ni construcción alguna que haya modificado el cauce de las pequeñas quebradas.

Los cauces aguas abajo drenan las aguas en el río Rímac, existiendo en algunos sectores algunos cultivos; sin embargo, éstos no representan obstrucciones mayores en el paso del agua. Ver Foto N° 14 en el Anexo A.III.

A partir de estos datos, se decidió dar un poco más de importancia a la inspección del conducto de la alcantarilla ya que el principal problema que salta a primera vista es la obstrucción de sus extremos por desperdicios humanos.

#### **4.3.4 EVALUACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO**

Este conjunto de datos es recopilado en la Sección II del Formulario Estándar (Ver Anexo A.IV). El tramo en estudio está conformado por un pavimento flexible con una calzada de 7.20 m de ancho. Presenta dos carriles, sin berma en ninguno de sus lados. La superficie del pavimento no presenta fallas.

El terraplén de la carretera no puede ser observado desde el lado derecho ya que todo el tramo se encuentra en corte y bordeado por cunetas de concreto (ver Cuadro N° 1.19), las cuales protegen la integridad del terraplén. Por el lado izquierdo, especialmente en los tramos próximos a las alcantarillas, no se ha observado erosión del terraplén. A la salida de la alcantarilla ubicada en el Km 56+630 se ha construido un muro de contención de aproximadamente 20 m de largo, ver Foto N° 10 en el Anexo A.III, el cual protege el terraplén de la carretera.

#### **4.3.5 EVALUACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN**

La evaluación de las estructuras de protección se encuentra desarrollada en las Secciones III y IV del Formulario Estándar (Ver Anexo A.IV); el primero corresponde a la estructura de protección a la entrada, mientras que el segundo corresponde a la estructura de protección a la salida. Asimismo, las estructuras accesorias son evaluadas en las Secciones V y VI (Ver Anexo A.IV), junto con la evaluación del cauce de entrada y salida respectivamente.

El 100% de las alcantarillas presentan protecciones en la entrada y salida de sus cauces, pero sólo el 75% presentan estructuras accesorias en sus cauces de entrada y/o salida (Ver Cuadro N° 4.2). Entre las protecciones encontradas tenemos:

- **Proyección:** Salida de alcantarilla en Km 56+630.
- **Cabezal sin aleros:** Entrada y salida de alcantarilla en Km 55+295.
- **Cabezal con caja de reunión:** Entrada de alcantarillas en Km 55+702, Km 56+103, Km 56+400, Km 56+630, Km 57+039, Km 57+280 y Km 57+905.
- **Cabezal con aleros:** Salida de alcantarillas en Km 55+702, Km 56+103, Km 56+400, Km 57+039, Km 57+280 y Km 57+905.

Asimismo, se encontraron las siguientes estructuras accesorias en los cauces:

- **Canal de concreto:** Entrada y salida de alcantarilla en Km 55+295.
- **Cuneta Lateral de concreto:** Entrada de alcantarillas en Km 55+702, Km 56+103, Km 56+400, Km 56+630, Km 57+039, Km 57+280 y Km 57+905.
- **Plataforma de Mampostería:** Entrada de alcantarillas en Km 55+702, Km 56+400 y Km 57+905 y salida de alcantarillas en Km 55+702, Km 56+103, Km 57+280 y Km 57+905.

La alcantarilla en proyección ubicada en el Km 56+630 se encuentra empotrada en un muro de contención de aproximadamente 20 m de largo, lo cual ha permitido que el terraplén de la carretera no sufra daños por erosión o tubificación alrededor de la alcantarilla, tal como se puede apreciar en la Foto N° 10 del Anexo A.III. Sin embargo, la alcantarilla vierte sus aguas al cauce a una altura de 0.23 m lo cual ha generado que se produzca una socavación leve en el cauce de salida. Se recomienda, entonces, la proyección de una plataforma de mampostería de aproximadamente 0.90 m de ancho por 3.50 m de largo. Por otro lado, debido a que la tubería en proyección se encuentra permanentemente expuesta al sol, la lluvia y otros factores climáticos, presenta inicios de oxidación del conducto, por lo cual se recomienda el pintado de la tubería con pintura epóxica, interiormente como exteriormente.

Los cabezales de entrada y salida de la alcantarilla ubicada en el Km 55+295 son similares, y su función principal es contener el terraplén de la carretera para que no ingrese al cauce de la alcantarilla. Tal como se muestra en las Fotos N° 01 y 02 en el

Anexo A.III, no existe socavación del terraplén tras las paredes de ambos cabezales. El estado del concreto en ambos casos es bueno. Estos cabezales sobresalen del nivel de la carretera, por lo cual se recomienda el pintado de color amarillo de dichos parapetos para que el conductor los pueda visualizar rápidamente.

Debido a que esta alcantarilla permite el paso a través de la carretera de aguas de riego, los cauces de entrada y salida están conformados por canales de concreto, los cuales se encuentran en buen estado de conservación y cumplen adecuadamente su función de protección del cauce. Ver Formulario Estándar para esta alcantarilla en el Anexo IV.

Los cabezales con caja de reunión de concreto se presentan a la entrada de todas las alcantarillas, a excepción de la ubicada en el Km 55+295, y responden a la necesidad de conducir correctamente hacia la alcantarilla las aguas vertidas por las cunetas que llegan a esta estructura. La forma y dimensiones de estas estructuras son muy similares, tal como se describe en los formularios estándares localizados en el Anexo IV y su estado de conservación en general es bueno. Los bordes de estas estructuras presentan daños menores debidos principalmente a la caída de piedras provenientes de los cauces de entrada (ver Fotos N° 03, 09 y 13 en el Anexo A.III); dado que no afectan la estabilidad y funcionamiento de la estructura, no es necesaria su reparación inmediata. Como se ha descrito en el Acápite 1.6.4.2 las cunetas del lado derecho de la carretera son de concreto, de 1.00 x 0.40 m (ver Cuadro N° 1.19) y se encuentran en buen estado de conservación. El principal problema en estas estructuras es la basura que los pobladores vierten sobre ellas, obstruyendo así el libre paso del agua. Por ello se recomienda su limpieza permanente. Ver Cuadro N° 4.2.

Tres de las siete cajas de reunión presentan en el cauce de entrada plataformas de mampostería, protegiendo de la erosión al talud de corte empinado del lado derecho de la carretera. Ver Fotos N° 07 y 15. Las plataformas ubicadas en el Km 55+702 y 57+905 se encuentran en buen estado, cumpliendo su función de protección del cauce. Aquella ubicada en el Km 56+400 presenta obstrucciones en el paso del agua debido a la caída y conformación del material de arrastre sobre su cauce, por lo cual es necesaria la eliminación inmediata de esta obstrucción.

Seis de las ocho alcantarillas en estudio, presentan como protección en su salida cabezales con aleros de concreto, cuyas dimensiones y formas son muy similares entre sí (ver Cuadro N° 4.2 y los formularios estándares respectivos en el Anexo IV). Estructuralmente, los cabezales y aleros se encuentran en buen estado, no

presentando fisuras ni rajaduras en el concreto, con lo cual se puede deducir que no existe un asentamiento diferencial de la estructura. Asimismo, el conducto no se ha separado de las paredes de los cabezales, con lo cual se descarta que exista un asentamiento general de los cabezales. Tras de las paredes de los cabezales y aleros, no se presentan erosiones del terraplén, tal como se aprecia en las Fotos N° 04, 06, 08 y 16 en el Anexo III. Todos los cabezales y aleros descritos en este párrafo presentan a su salida una pequeña plataforma de concreto de aproximadamente 1 m de largo. Esta losa no permite la socavación local del cauce a la salida de la alcantarilla.

La alcantarilla ubicada en el Km 55+702 presenta una losa de mampostería aguas abajo, la cual se extiende a lo largo del cauce por aproximadamente 6.2 m, no permitiendo así la erosión del cauce. Debido a que la salida de la alcantarilla se encuentra por debajo del nivel del terreno natural, el terraplén ubicado a ambos lados de la losa, ha sido protegido con un muro de unos 2.4 m de largo por 1.5 m de alto, conformado por piedra acomodada, ver Foto N° 04 en el Anexo III. Este muro es inestable ya que el paso del agua en época de crecidas puede lavar las piedras pequeñas y consecuentemente hacer caer el muro y también los pobladores pueden fácilmente derrumbar el muro si caminan sobre su extremo superior, peligrando así la integridad de esas personas. Por estas razones se recomienda reemplazar los muros de piedra acomodada por muros de mampostería ya que estructuralmente no van a soportar cargas mayores, sin embargo, hidráulicamente funcionan adecuadamente.

Las plataformas de mampostería ubicadas a la salida de las alcantarillas en los Km 56+103 y Km 57+905 presentan características similares a la descrita en el párrafo anterior (ver Cuadro N° 4.2 y los formularios estándares en el Anexo IV). El problema encontrado en estas estructuras es la falta de mantenimiento, ya que todas presentan basura y material de escombros en sus cauces (ver Fotos N° 06, 08 y 16 en el Anexo III).

En el Km 57+280 se ha construido una losa de mampostería pequeña (ver Foto N° 14 en el Anexo III) de 1.8 m de longitud con la finalidad de encauzar el flujo de agua que sale de la alcantarilla. El estado de conservación de esta plataforma es bueno, no presentando indicios de asentamiento.

#### 4.3.6 EVALUACIÓN DEL CAUCE

Esta evaluación está resumida en las Secciones V y VI del Formulario Estándar (Ver Anexo A.IV). La alcantarilla ubicada en el Km 55+295 permite el paso de aguas de riego, por lo cual esta alcantarilla no presenta un cauce natural aguas arriba y abajo, sino canales de concreto (Ver Fotos N° 01 y 02 en el Anexo III). Asimismo, a pesar de que el resto de alcantarillas presenta un cauce natural aguas arriba, el cual es interrumpido por el talud de corte de la carretera, la ubicación de estas alcantarillas responde más bien a la necesidad de evacuar las aguas de las cunetas laterales ubicadas en el lado derecho de la carretera (Ver Fotos N° 09 y 13 en el Anexo III). Por esta razón, se podría decir que los cauces de entrada son artificiales, consecuentemente el correcto alineamiento horizontal de las alcantarillas con respecto al cauce no puede ser aplicado a este caso. Lo mismo ocurre con el alineamiento vertical, donde la pendiente del conducto es la misma para todas las alcantarillas (3%).

En los Km 55+702, Km 56+400 y Km 57+905, el problema de tubificación y socavación de los cauces de entrada ha sido superado correctamente con la construcción de plataformas de mampostería, tal como se ha descrito anteriormente (ver también el Cuadro N° 4.2 y los formularios estándares en el Anexo A.IV). En las demás alcantarillas no se ha presentado este problema.

Asimismo, todos los cauces inmediatos de salida, a excepción del correspondiente a la alcantarilla en el Km 55+295, han sido protegidos con plataformas de concreto, mientras que aquellos correspondientes a los Km 55+702, Km 56+103, Km 57+280 y Km 57+905 fueron protegidos en una longitud más larga, tal como se ha descrito con mayor detalle en el acápite anterior. En los Km 57+039 y Km 57+280 existen indicios de profundización del cauce de salida (ver Foto N° 14 en el Anexo III), pero debido a que es muy leve no se propone ninguna medida correctiva. Sin embargo, es importante resaltar que en las próximas inspecciones debe ponerse especial atención en estos dos casos. En el Km 56+630 se viene presentando un problema mayor de socavación del cauce (ver Foto N° 10 en el Anexo III) por lo cual se ha propuesto la construcción de una plataforma de mampostería de aproximadamente 0.90 m de ancho por 3.50 m de largo, tal como se ha descrito también en el acápite anterior.

La acumulación de sedimentos y escombros ocurre en la totalidad de cauces de entrada y salida como consecuencia principalmente de la falta de cultura de los pobladores quienes vierten su basura sobre los cauces. Para este problema general

se recomienda la limpieza continua de las alcantarillas y con mayor frecuencia durante los meses de verano.

En el área de drenaje de las alcantarillas que drenan en sentido de derecha a izquierda, sólo existen pequeños sectores con áreas de cultivo (ver Foto N° 14 en el Anexo A.III) que no representan obstrucciones mayores para el paso del agua hacia el río Rímac.

#### **4.3.7 EVALUACIÓN DEL CUERPO DE LA ALCANTARILLA**

Los datos relacionados con el estado y funcionamiento del cuerpo de la alcantarilla se encuentran resumidos en la Sección VII de los formularios estándares ubicados en el Anexo A.IV. Todas las alcantarillas de la presente evaluación son de acero corrugado, circulares, de 0.90 m de diámetro y trabajan con una pendiente de 3% (ver Cuadro N° 4.2). Las alcantarillas son pequeñas y presentan un recubrimiento mayor o igual a 0.60 m por lo cual las cargas vivas tienen una influencia mínima sobre ésta.

El 100% de las alcantarillas inspeccionadas presenta una forma circular uniforme, no presentando deformación alguna (ver Fotos 03, 04 y 16). Como ya se dijo anteriormente, el terraplén que da soporte a la alcantarilla se encuentra en buen estado, lo cual viene garantizando el correcto funcionamiento estructural de la tubería flexible. Las dimensiones tomadas en campo fueron el diámetro horizontal y vertical del conducto en sus extremos.

La pendiente de las alcantarillas es uniforme en todo su recorrido y su alineamiento horizontal no está desviado. Debido a estos indicios del buen estado de los conductos, los pernos fueron inspeccionados sólo desde los extremos de las alcantarillas, comprobando que se encuentran trabajando eficientemente.

La durabilidad de los conductos de las alcantarillas ubicadas en los Km 56+400, Km 56+630 y Km 57+039 viene siendo afectada por la oxidación, tal como se muestra en la Foto N° 12 en el Anexo III. Este problema es leve a la fecha de la inspección por lo cual se ha recomendado el pintado de los conductos con pintura epóxica, especialmente en el extremo en proyección de la alcantarilla del Km 56+630 ya que se encuentra permanentemente expuesto a los factores climáticos.

No existen signos de abrasión de los conductos, sin embargo es importante aclarar que aquellos afectados por la oxidación son más susceptibles a este problema, por lo cual es urgente la solución al problema de la oxidación de esas tres alcantarillas mencionadas en el párrafo de arriba.

### 4.3.8 EVALUACIÓN GLOBAL DE LA ALCANTARILLA

La condición global de la alcantarilla se describe en la Sección VIII. Las alcantarillas de la presente evaluación presentan un estado global muy bueno ya que todos los problemas existentes en sus componentes son leves y sus medidas correctivas no son caras ni requieren de un diseño complicado. Ver Cuadro N° 4.2.

La buena capacidad de soporte de cargas de todas las alcantarillas ha sido comprobada ya que ninguno de los conductos presenta deformaciones ni hundimientos.

### 4.4 MEDIDAS CORRECTIVAS

Durante la inspección de campo se plantearon las medidas correctivas para los problemas encontrados en las ocho alcantarillas evaluadas, las cuales fueron descritas brevemente en la Sección IX de los Formularios Estándares ubicados en el Anexo IV.

Debido al buen estado de las alcantarillas no existen medidas correctivas mayores tales como la reparación o reemplazo de alguna alcantarilla, ya que hasta el momento las estructuras en conjunto han venido operando correctamente y no existen fallas considerables tales como rajaduras profundas en las estructuras de protección o aplanamiento de los conductos de las alcantarillas.

Las medidas correctivas planteadas se resumen en el Cuadro N° 4.2.

- **Proyección de plataforma de mampostería sobre cauce de salida**

Se recomienda la proyección de una plataforma de mampostería sobre el cauce de salida de la alcantarilla ubicada en el Km 56+630 de aproximadamente 0.90 m de ancho por 3.50 m de largo. Esta medida corregirá el problema de socavación que se viene produciendo a la salida de esta alcantarilla debido a que ésta estructura vierte sus aguas sobre el cauce a una altura de 0.23 m por lo cual el agua está lavando el material del cauce.

Este problema, al momento de la inspección, todavía no representaba mayores riesgos para la carretera ya que la socavación no afecta aún al muro de contención en el cual se encuentra empotrada la alcantarilla (ver Foto N° 10 en el Anexo III). Sin embargo, de producirse fuertes avenidas, este problema se puede agravar rápidamente; por lo cual se tendría que proyectar una estructura de mayor tamaño.

**CUADRO N° 4.2**

**INVENTARIO DE ALCANTARILLAS KM 55+000 – KM 58+000**

Ubicación Campo [Km]	Sentido del Flujo	Tipo de Estructura			Alcantarilla		Estado de Conservación [Material] [Forma]	Estado del mantenimiento [% Obstrucción] [Material]	Recomendaciones	Fotos en Anexo A.III.
		Conducto	[Prot. Entrada] [Est. Accesorio]	[Prot. Salida] [Est. Accesorio]	Diámetro [m]	Longitud [m]				
55 + 295	Izq - Der	TMC	Cabezal Canal	Cabezal Canal y Cunetas	0.90	9.75	Bueno No deformaciones	0% —	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Limpieza General.</li> <li>▪ Pintado de parapetos.</li> </ul>	01 y 02
55 + 702	Der - Izq	TMC	Cabezal y Caja Reunión Losa y Cunetas	Cabezal y Aleros Losa Mamp. y Muro Piedras	0.90	9.75	Bueno No deformaciones	20% Basura y mat. arrastre	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Limpieza General.</li> <li>▪ Construcción de muros de mampostería</li> </ul>	03 y 04
56 + 103	Der - Izq	TMC	Cabezal y Caja Reunión Cunetas	Cabezal y Aleros Losa Mampostería	0.90	9.75	Bueno No deformaciones	30% Mat. arrastre y basura	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Limpieza General.</li> <li>▪ Pintura epóxica a tubería.</li> </ul>	05 y 06
56 + 400	Der - Izq	TMC	Cabezal y Caja Reunión Losa y Cunetas	Cabezal y Aleros —	0.90	9.75	Bueno No deformaciones	1% Mat. arrastre y basura	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Limpieza General.</li> <li>▪ Eliminación de escombros sobre losa de entrada.</li> </ul>	07 y 08
56 + 630	Der - Izq	TMC	Cabezal y Caja Reunión Cunetas	Proyección —	0.90	24.30	Bueno No deformaciones	10% Basura doméstica	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Limpieza General.</li> <li>▪ Pintura epóxica a extremo de tubería.</li> <li>▪ Construcción de plataforma de salida.</li> </ul>	09 y 10
57 + 039	Der - Izq	TMC	Cabezal y Caja Reunión Cunetas	Cabezal y Aleros —	0.90	9.75	Bueno No deformaciones	10% Mat. arrastre y basura	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Limpieza General.</li> </ul>	11 y 12
57 + 280	Der - Izq	TMC	Cabezal y Caja Reunión Cunetas	Cabezal y Aleros Losa Mampostería	0.90	9.75	Bueno No deformaciones	1% Mat. arrastre y basura	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Limpieza General.</li> </ul>	13 y 14
57 + 905	Der - Izq	TMC	Cabezal y Caja Reunión Losa y Cunetas	Cabezal y Aleros Losa Mampostería	0.90	9.75	Bueno No deformaciones	1% Mat. arrastre y basura	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Limpieza General.</li> </ul>	15 y 16

- **Reemplazo de muro de piedras acomodadas por muro de mampostería**

En la salida de la alcantarilla correspondiente al Km 55+702 existen muros de piedras acomodadas de 2.4 m de largo por 1.5 m de alto en ambas márgenes de la plataforma de mampostería, con la finalidad de que el terreno natural no ingrese al cauce, ver Foto N° 04 en el Anexo III. Se recomienda su reemplazo por muros de mampostería de las mismas dimensiones, los cuales presentan mayor estabilidad que los muros existentes.

- **Pintado de conductos con pintura epóxica**

Los conductos de las alcantarillas ubicadas en los Km 56+400, Km 56+630 y Km 57+039 presentan problemas de oxidación (ver Foto N° 12 en el Anexo III), por lo cual se recomienda su pintado en las zonas afectadas y alrededor de ellas en un ancho de 0.30 m. El extremo de salida en proyección de la tubería ubicada en el Km 56+630 debe ser pintado exteriormente también (ver Foto N° 10 en el Anexo III).

- **Pintado de parapetos**

Los extremos de la alcantarilla ubicada en el Km 55+295 presentan cabezales de concreto, cuya parte superior sobresale del nivel de la carretera representando un peligro de objeto fijo para los conductores, ya que al no estar pintados no son fácilmente visibles. Se recomienda entonces, el pintado de color amarillo de dichos parapetos para su rápida visualización por parte de los conductores.

- **Ejecución del Programa de Limpieza de Alcantarillas**

Todas las alcantarillas requieren que se ejecute la limpieza de las mismas, principalmente en sus entradas y salidas próximas. Esta labor consistirá en remover principalmente desperdicios y material de arrastre pequeño. No se requerirá mayores herramientas que una pala y bolsas de basura.

Sin embargo, la entrada de la alcantarilla ubicada en el Km 56+400 se encuentra obstruida en un 100% por material de escombros que se ha acumulado sobre el cauce de la losa de mampostería (ver Foto N° 07 en el Anexo III). Consecuentemente, es necesario realizar la limpieza urgente de dicha entrada ya que el funcionamiento hidráulico de la alcantarilla dependería de ello.

En los Km 55+702, 56+103 y 56+400 se requerirá que el personal de limpieza recorra el cauce aguas abajo de las losas de mampostería.

#### **4.5 COMPARACIÓN DEL FORMULARIO ESTÁNDAR PARA LA EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS CON OTROS FORMULARIOS**

El análisis que se sigue para el desarrollo de un formulario estándar, conlleva a que en campo se pueda conseguir una visión panorámica de las condiciones bajo las cuales opera la alcantarilla, por lo cual el inspector estará capacitado para la identificación de todos los problemas que afectan a la alcantarilla y a la vez podrá determinar la importancia de éstos.

El propósito de este acápite es resaltar las ventajas de la aplicación de una metodología para el desarrollo de un formulario estándar de evaluación de alcantarillas, en el sentido de que ésta permite al inspector tomar en cuenta todos los factores y condiciones que afectan el funcionamiento y conservación de esta estructura.

El Formulario Estándar que se propone en las Figura Nº 4.1 y 4.2, como ya se dijo, está dividido en campos de acuerdo a sus componentes; sin embargo, la condición global será quien defina si la alcantarilla opera eficientemente o no, y la evaluación de los componentes servirá para la identificación de los problemas. Es importante resaltar también que el formulario estándar propuesto no es rígido sino que permite su cambio en campo si es que se comprueba la necesidad de ello.

#### **COMPARACIÓN CON UN FORMULARIO DE UNA ENTIDAD PÚBLICA**

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones no ha desarrollado una guía para la inspección de alcantarillas; sin embargo, sí ha desarrollado una Guía para Inspección de Puentes en la cual se incluye la inspección de alcantarillas de gran luz<sup>18</sup>. En esta guía se presenta un formulario para su inspección, la cual se muestra en la Figura Nº 4.3. Su primer campo denominado Identificación y Ubicación presenta en su mayoría los mismos datos que la Sección I “Ubicación e Información General” del Formulario Estándar. En éste último se ha decidido no incluir los campos de Poblado, Nombre y Código debido a que las alcantarillas por lo general son estructuras menores y casi imperceptibles que no reciben nombres ni siempre se encuentran cerca de un poblado.

---

<sup>18</sup> De acuerdo al Culvert Inspection Manual, desarrollado por la Federal Highway Administration of U.S. Department of Transportation, las alcantarillas de gran luz son aquellas cuya luz es mayor a los 6.10 m (20 pies).

## ANEXO N° 03 –01 : TOMA DE DATOS DE LA INSPECCION

## IDENTIFICACION Y UBICACIÓN

Dpto. Político		Altitud (msnm):		Nombre:	
Dpto. Vial		Latitud (grad):		Código:	
Provincia		Longitud(grad):		Ruta:	
Distrito		Poblado:		Kilometraje	

## DATOS GENERALES

Puente Sobre		Nombre Proyecto:	
Nombre:		Alto Construcción:	
Longitud Total (m):		Ultima Inspecc.(mm/dd/aa)	
Ancho de Calzada (m):		Ultimo Trabajo:	
Ancho de Vereda (m):		Tipo Servicio:	
Altura Libre Superior (m):		Flujo de Trafico (Veh/dia)	
Altura Libre Inferior (m):		Año:	
Num. Vías de Transito:		% Camiones y Buses	
Sobre Carga de Diseño:		Condiciones Ambientales	
Alineamiento (angl):			

Sobre:		Alineamiento:		Tipo de Servicio:		Cond. Ambientales:	
Rio:		Recto		Irrestringido		Severo	
Quebrada Seca:		Curvo		Solo automóviles		Moderado	
Quebrada:		Esviado		Solo Camiones		Benigno	
Canal:				Camiones hasta cierta carga			
FFCC				Carga			
Valle (Viaducto Elevado)				Fuera de Servicio			
Zona Urbana							

Figura N° 4.3.- Formulario para la Evaluación de Puentes (y Alcantarillas de Gran Luz) desarrollado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Fuente: "Guía para Inspección de Puentes – Directiva N° 010-2004-MTC/14"; Ministerio de Transporte y Comunicaciones MTC; Anexo N° 03 – 01.

En el campo denominado Datos Generales, se le presta bastante importancia a los datos relacionados con la carga viva que afecta a la carretera, lo cual es adecuado para la evaluación de puentes mas no para la evaluación de alcantarillas ya que, tal como se comenta en el acápite 2.1.4 del presente Informe, las cargas vivas sobre las alcantarillas generalmente no son tan importantes como la carga muerta a menos que el recubrimiento sea de poco espesor.

Tal como su nombre lo indica, los datos a recopilar en campo de acuerdo a este formulario, son datos generales que informan sobre las características físicas de la estructura principalmente. No se realizan mediciones de los cauces ni se contempla la existencia estructuras de protección en los extremos.

Este formulario no induce al inspector a tratar de hallar los problemas que afectan la operación de la estructura o su conservación. Asimismo, la descripción cualitativa de las condiciones ambientales no permite al inspector hacer un análisis cuantitativo de la gravedad del problema a través de la medición de las dimensiones del área afectada por ejemplo.

Al omitirse el campo referido a la Condición Global de la Estructura, el inspector se ve impedido a evaluar el estado de conservación y operación de la estructura como parte del sistema de drenaje de la carretera, lo cual es básico para determinar la importancia y rapidez de la aplicación de las medidas correctivas planteadas.

En el formulario no se puede identificar rápidamente la carretera en la cual se encuentra la alcantarilla ni su kilometraje, por lo cual la ubicación manual de la ficha en una base de datos tomaría más tiempo. Por otro lado, los datos del responsable de la inspección así como la fecha de visita a campo no son requeridos en este formulario, lo cual provoca la inconsistencia de la base de datos.

Este formulario de evaluación de alcantarillas de gran luz no es adecuado para esta estructura ya que el funcionamiento hidráulico y estructural de un puente es diferente al de una alcantarilla. Se recomienda entonces que, para la inspección de alcantarillas de gran luz se prepare un formulario de evaluación diferente al de un puente, con una mayor cantidad de datos adecuados que permitan tener una mejor visión de la alcantarilla y los problemas que la afectan y que podrían afectarla en un futuro próximo.

Se debe resaltar que el formulario estándar para la evaluación de alcantarillas presentado en las Figuras N° 4.1 y 4.2 ha sido desarrollado para alcantarillas flexibles pequeñas que dadas las características particulares de campo, el principal problema es la colmatación de cauces y conducto por desperdicios vertidos por los pobladores de la zona. Por lo tanto, para la evaluación de alcantarillas de gran luz se debe implementar el formulario para realizar mediciones no solo en los extremos sino en intervalos del conducto y además clasificar nuevamente el problema principal que podría afectar a la estructura.

## **COMPARACIÓN CON UN FORMULARIO DE UNA EMPRESA PRIVADA**

En la Figura N° 4.4 se presenta un formulario de inspección de alcantarillas desarrollado por una empresa privada para las estructuras ubicadas en las carreteras Piura – Sullana – Macara y Piura – Paita en el año 1999.

<b>FICHA DE INVENTARIO DE OBRAS HIDRÁULICAS CARRETERAS: PIURA-SULLANA-MACARA/PIURA-PAITA</b>				Tramo	5	N°
				Piura - Paíta		361

<b>Tipología de Obra Existente</b>		<b>Cálculos de Caudales / Cuenca</b>		<b>Fecha:</b>	
Código:	Tipo:	Q 10 (m³/s)		Progresiva:	
Material constructivo:		Q 20 (m³/s)		Quebrada:	
Estado de la obra:		Q 50 (m³/s)		Código de cuenca:	
Sentido del escurrimiento:		Q 100 (m³/s)		Área cuenca (Km²)	
Esviación:		Cap. Hidrau. Actual		Referencia local:	
		Estruc. (m3/s): Recon			
Pend. existente:	Pend.propuesta:				

<b>Descripción del cauce y material natural</b>				<b>Referencia del Niño 1998</b>	
Aguas arriba:				Nivel max. Sobre carretera (m):	
Aguas abajo:				Longitud de submersión (m):	
Pend. Prom. del cauce				Carga max. /lecho arriba (m):	
Granulometría	D 50:	D 90:		Caudal estimado (m³/s):	

**Croquis de la estructura**

FOTO

- Rehabilitación
- Limpieza
- Elevar /ext. aleros
- Extender cunetas
- Mazonar talud
- Gaviones en talud
- Estabilizar lecho
- Cordón lateral
- Elevar calzada
- 0 - 50 cm
- 50 - 100 cm
  
- Reemplazar
- Incrementar
- Número secciones
- Tipo marco
- Concreto circular
- Pontón
- Puente
- Nuevas dimensiones
- Largo:
- Altura:

**Figura N° 4.4.-** Formulario para la Evaluación de Alcantarillas desarrollado por una empresa privada. Fuente: "Estudios Definitivos de Ingeniería para Rehabilitación y Mejoramiento a nivel de asfaltado de las carreteras: Piura-Sullana, La Tina – Pte Macará / Piura - Paíta"; Asociación BCEOM – OIST – ED4.

La primera diferencia que salta a la vista es que este formulario mezcla datos tomados en campo con resultados de cálculos o ensayos realizados en gabinete, como por ejemplo los caudales para diferentes períodos de retorno o los resultados de la granulometría. El objetivo de un formulario estándar para la evaluación de alcantarillas es servir como guía y soporte exclusivamente para la evaluación en campo ya que en este medio el tiempo de trabajo es muy reducido y los datos a tener en cuenta son significativos, asimismo en la mayoría de casos, volver a campo es prácticamente imposible. En gabinete se tiene un poco más de tiempo para ordenar y organizar la información que se viene manejando, creando incluso automáticamente base de datos digitales.

El formulario mostrado en la Figura N° 4.3 no presenta los datos relacionados con la construcción y mantenimiento de la carretera evaluada, los cuales referencian al inspector sobre el estado en que se podrían encontrar las estructuras.

No toma en cuenta además los indicios de posibles fallas en la alcantarilla que representan ciertas imperfecciones en las superficies del pavimento, berma y/o terraplén, ni el estado y operación de las estructuras de protección en los extremos de la alcantarilla.

El croquis de la estructura podría resumir muy bien los datos relacionados al conducto y las demás estructuras; pero un esquema o croquis es personal, consecuentemente los datos a tomarse en cuenta no siempre serían los mismos. Debido a que el formulario propuesto en el presente Informe busca la estandarización en la toma de datos durante la evaluación de campo, el croquis es tomado como un complemento para la mejor visualización de la situación encontrada en campo.

Por otro lado, no se evalúa la situación global de la alcantarilla pero sí se proponen alternativas de solución a los problemas encontrados. Esta situación es contradictoria, además el listar las soluciones encasilla al inspector y no lo deja proponer las soluciones más adecuadas.

## CONCLUSIONES

### CONCLUSIONES GENERALES

- Las alcantarillas deben ser inspeccionadas de forma rutinaria y periódica bajo un Programa de Inspección Sistemático de Alcantarillas, con la finalidad de evitar que los problemas leves que afectan sólo a la alcantarilla, de solución sencilla y barata, se conviertan en problemas graves que comprometan la estructura de la carretera, con soluciones complicadas, caras y que podrían interrumpir el libre tráfico por la vía.
- Hasta la fecha, las evaluaciones de alcantarillas en el país han sido ejecutadas de acuerdo al criterio y experiencia de cada inspector. Debido a que estos factores varían en cada profesional, el procedimiento de inspección ha sido diferente en cada caso, variando igualmente los resultados obtenidos. Como consecuencia, en el país no se cuenta con un procedimiento estándar de evaluación de estas estructuras ni con una base de datos consistente y confiable de las alcantarillas de drenaje de carreteras.
- Existe una gran variedad de tipos, formas y tamaños de alcantarillas que operan hidráulica y estructuralmente diferente bajo condiciones similares. Los parámetros para su inspección no son similares, siendo necesario desarrollar una metodología de evaluación para cada tipo de alcantarillas, haciendo ciertas variaciones de acuerdo a su forma y tamaño. El presente Informe de Suficiencia propone una metodología para la inspección de alcantarillas flexibles, incidiendo en las estructuras pequeñas de forma circular.
- La evaluación de una alcantarilla implica la inspección de todos sus componentes así como del medio físico que la rodea y sus posibles variaciones, siendo importante la aplicación de una metodología que presente una secuencia lógica de inspección para garantizar una evaluación minuciosa, completa y global.
- Es importante verificar la calidad de la información dentro de la actividad de recopilación de datos de la carretera a evaluar, ya que el desarrollo del formulario estándar no puede basarse en datos inexactos que conlleven a una falsa expectativa sobre los problemas y dificultades a encontrar.

- Es bastante aceptable el estado global de todas las alcantarillas pertenecientes al tramo Km 55+000 – Km 58+000 de la carretera Héroes de la Breña, los problemas existentes en sus componentes no han ocasionado que la carretera sufra daños como consecuencia de la falla del sistema de drenaje. Las medidas correctivas son leves y no se requiere de diseños complicados para su solución.
- El mayor problema encontrado en todas las alcantarillas es la obstrucción de sus cauces y su conducto con desperdicios, la cual es ocasionada por los pobladores de la zona. Éste es un caso común que se presenta como consecuencia de la falta de cultura de los pobladores que no comprenden la importancia del correcto funcionamiento del sistema de drenaje para la adecuada conservación del pavimento de la vía.

## CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

- La metodología propuesta para ejecutar evaluaciones de alcantarillas presenta los parámetros que deben evaluarse en campo de todos los componentes de las alcantarillas y del ambiente físico que afecta su operación. Esta información capacita al inspector para relacionar fácilmente los problemas puntuales encontrados con sus posibles causas. La relación de estas posibles causas brinda al inspector un panorama de la situación real, ayudándole en la tarea de recomendar las soluciones más adecuadas.
- La aplicación de la metodología para la evaluación de alcantarillas flexibles desarrollada en el presente Informe se refleja básicamente en el desarrollo de un Formulario Estándar. Se concluye que si el inspector utiliza el Formulario Estándar es capaz de realizar con mayor rapidez la inspección en campo, esto se ha determinado luego de haber utilizado en un caso real dicho formulario. Otro factor importante es que los datos requeridos están numerados, por lo cual la evaluación en campo se realiza en forma ordenada, evitando la posibilidad de omisión de datos que obliguen al inspector a evaluar más de una vez el mismo componente.
- La metodología propuesta para la ejecución de evaluaciones de alcantarillas flexibles es un buen sustento técnico que permite desarrollar un Formulario Estándar que comprende la evaluación de todos los componentes de una alcantarilla así de su condición global. Este es un primer paso hacia la estandarización del procedimiento de evaluación en campo de alcantarillas, el cual debería ser aceptado tanto por instituciones públicas como privadas.

- Si el formulario estándar es utilizado por diversos inspectores a través de los años, los cuales aporten mayores criterios y sugerencias, se podrá generar una base de datos de las alcantarillas que sea consistente y confiable. Se tendría entonces a disposición suficiente información para proponer mayor cantidad de alternativas de solución técnicas y rentables.

## RECOMENDACIONES

- La metodología propuesta en el presente Informe de Suficiencia ha sido desarrollada sólo para la evaluación de alcantarillas flexibles, con énfasis en las alcantarillas circulares pequeñas. Por lo tanto, se recomienda que las Universidades y el Estado fomenten el desarrollo de metodologías para la evaluación de alcantarillas de otros tipos, formas y tamaños.
- Se recomienda que el Estado fomente, a través de instituciones educativas públicas y privadas, el desarrollo de cursos cortos de capacitación de técnicos y/o profesionales que les brinde soporte técnico teórico – práctico para aplicar adecuadamente las diferentes metodologías de evaluación de alcantarillas en las inspecciones en campo.
- Se recomienda que las alcantarillas sean evaluadas durante los periodos de estiaje y de avenidas correspondientes a un año hidrológico. La primera inspección, ejecutada en el mes de Octubre o Noviembre, determinará las medidas de limpieza y/o correctivas que permitan su adecuada operación durante los meses de Lluvias. La segunda inspección, desarrollada en el mes de Febrero o Marzo, evaluará la correcta operación de la estructura y establecerá las medidas correctivas a ejecutarse sobre las alcantarillas dañadas durante este período.
- Las instituciones encargadas de la evaluación de las alcantarillas deben crear una base de datos digital de las estructuras para lograr un mejor manejo y aprovechamiento de la información así como su abierta y gratuita difusión.
- Se recomienda que las entidades públicas y privadas relacionadas al rubro de obras viales, adopten un solo grupo de metodologías para la evaluación de alcantarillas pues ello les permitirá la estandarización de dicho procedimiento. Esto conllevará a la creación de una base de datos consistente y confiable de las alcantarillas, lo que permitirá el planteamiento de mejores soluciones.
- Se recomienda que las actividades de recopilación en campo de datos de inspección, supervisión y control de obras de drenaje vial sean normadas bajo la forma de Programas Sistemáticos de Inspección que abarquen los procesos de

Planificación en gabinete, Aplicación en campo y Elaboración del Reporte de Evaluación.

- Es necesario que el inspector tenga un adecuado fundamento técnico sobre el concepto de la alcantarilla y su función como componente importante del sistema de drenaje transversal de una carretera, pues ello le permitirá determinar en campo si dicha estructura cumple las mínimas condiciones de serviciabilidad esperada en su etapa de diseño. Asimismo, el inspector estará capacitado para visualizar los problemas que afectan la operación de la alcantarilla y para proponer en campo las soluciones a desarrollar durante la etapa de gabinete.

## BIBLIOGRAFÍA

- Asociación BCEOM – OIST – ED4  
“Estudios Definitivos de Ingeniería para Rehabilitación y Mejoramiento a nivel de asfaltado de las carreteras: Piura-Sullana, La Tina – Pte. Macará / Piura - Paita”  
Piura – Perú; Diciembre de 1999
- Federal Highway Administration – U.S. Department of Transportation  
“Culvert Inspection Manual”  
Virginia – Estados Unidos; Julio de 1986
- Federal Highway Administration – U.S. Department of Transportation  
“Hydraulic Design of Highway Culverts”  
Virginia – Estados Unidos; Setiembre de 2001
- ICSA Ingenieros Consultores S.A. para el Fondo Hondureño de Inversión Social & Agencia Interamericana de Desarrollo del Gobierno de los Estados Unidos  
“Manual de Especificaciones para la Reconstrucción de Caminos y Puentes Rurales”  
Tegucigalpa – Honduras; 1999
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones MTC  
“Guía para Inspección de Puentes – Directiva N° 010-2004-MTC/14”  
Lima – Perú; 2004
- MTC – Pacific Consultants Internacional – Cesel Ingenieros  
“Estudios y Supervisión del proyecto ‘Rehabilitación de Carreteras afectadas por El Niño’ – Carretera Héroe de la Breña ‘Puente Ricardo Palma - La Oroya’ – Tramo 2: Cocachacra - Matucana”  
Lima – Perú; 2000
- Ohio Department of Transportation  
“Culvert Management Manual”  
Ohio – Estados Unidos; Diciembre de 2003
- The ARMCO International Corporation  
“Manual de Drenaje y Productos de Construcción”  
Middletown, Ohio – Estados Unidos; 1958

- The ARMCO International Division  
“Manual de Productos de Acero para Drenaje y Construcción Vial”  
Middletown, Ohio – Estados Unidos; 1981

# ANEXOS

# ANEXOS

**ANEXO A.I.**  
**RESULTADOS DEL PROGRAMA**  
**SMADA**

**CUADRO N° I.1**  
**DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD**  
**Estación Santa Eulalia**

Prob	Tr [años]	Función de Distribución											
		Normal		LogNormal 2 parametros		LogNormal 3 parametros		Pearson tipo III		LogPearson tipo III		Gumbel VEI	
		Predicc. [mm]	D.Est [mm]	Predicc. [mm]	D.Est [mm]	Predicc. [mm]	D.Est [mm]	Predicc. [mm]	D.Est [mm]	Predicc. [mm]	D.Est [mm]	Predicc. [mm]	D.Est [mm]
0.50	2	10.63	1.5	8.07	1.2	9.34	1.7	8.79	1.9	7.97	2.0	9.38	1.43
0.67	3	14.56	1.7	11.11	1.7	13.27	1.9	12.73	2.1	12.74	2.7	13.23	1.83
0.80	5	18.3	2.0	15.07	3.1	17.49	2.2	17.17	2.4	18.51	3.1	17.5	2.40
0.90	10	22.31	2.5	20.9	5.4	22.64	2.9	22.76	3.2	25.74	5.0	22.87	3.21
0.95	20	25.63	3.0	27.37	8.1	27.43	4.2	28.06	4.7	32.14	9.2	28.02	4.02
0.96	25	26.59	3.1	29.61	9.0	28.92	4.6	29.73	5.2	34.02	10.9	29.66	4.29
0.98	50	29.36	3.5	37.09	12.1	33.46	6.4	34.82	7.2	39.3	17.2	34.69	5.11
0.99	100	31.84	3.9	45.41	15.6	37.91	8.4	39.82	9.3	43.79	24.5	39.69	5.93
PROMEDIO			2.7		7.0		4.1		4.5		9.3		3.5

**CUADRO N° I.2**  
**DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD**  
**Estación Matucana**

Prob	Tr [años]	Función de Distribución											
		Normal		LogNormal 2 parametros		LogNormal 3 parametros		Pearson tipo III		LogPearson tipo III		Gumbel VEI	
		Predicc. [mm]	D.Est [mm]	Predicc. [mm]	D.Est [mm]	Predicc. [mm]	D.Est [mm]	Predicc. [mm]	D.Est [mm]	Predicc. [mm]	D.Est [mm]	Predicc. [mm]	D.Est [mm]
0.50	2	18.07	1.2	16.8	1.1	17.36	1.3	17.08	1.4	16.74	1.2	17.09	1.12
0.67	3	21.15	1.3	19.8	1.4	20.49	1.4	20.23	1.5	19.96	1.5	20.11	1.43
0.80	5	24.09	1.6	23.16	1.9	23.72	1.6	23.59	1.7	23.6	1.9	23.46	1.88
0.90	10	27.24	2.0	27.4	2.6	27.51	2.1	27.61	2.3	28.27	2.7	27.68	2.52
0.95	20	29.84	2.3	31.48	3.3	30.9	2.8	31.27	3.1	32.81	3.8	31.72	3.16
0.96	25	30.6	2.4	32.77	3.6	31.94	3.1	32.39	3.4	34.27	4.3	33	3.36
0.98	50	32.77	2.8	36.79	4.3	35.03	4.1	35.77	4.5	38.82	6.0	36.95	4.01
0.99	100	34.72	3.1	40.83	5.0	37.97	5.2	39.01	5.7	43.43	8.0	40.88	4.65
PROMEDIO			2.1		2.9		2.7		2.9		3.7		2.8

**CUADRO N° I.3**  
**DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD**  
**Estación Carampoma**

Prob	Tr [años]	Función de Distribución											
		Normal		LogNormal 2 parametros		LogNormal 3 parametros		Pearson tipo III		LogPearson tipo III		Gumbel VEI	
		Predicc. [mm]	D.Est [mm]	Predicc. [mm]	D.Est [mm]	Predicc. [mm]	D.Est [mm]	Predicc. [mm]	D.Est [mm]	Predicc. [mm]	D.Est [mm]	Predicc. [mm]	D.Est [mm]
0.50	2	22.38	1.0	21.67	0.9	22.2	1.1	22.14	1.1	22.12	1.2	21.59	0.92
0.67	3	24.86	1.1	24.17	1.1	24.71	1.1	24.66	1.1	24.78	1.2	24.03	1.17
0.80	5	27.22	1.3	26.81	1.4	27.16	1.2	27.14	1.2	27.4	1.3	26.74	1.54
0.90	10	29.75	1.6	29.98	1.8	29.85	1.5	29.89	1.5	30.29	1.6	30.15	2.06
0.95	20	31.85	1.9	32.86	2.2	32.13	1.8	32.24	1.9	32.71	2.0	33.42	2.59
0.96	25	32.45	2.0	33.76	2.3	32.81	2.0	32.93	2.1	33.42	2.2	34.46	2.76
0.98	50	34.2	2.3	36.45	2.7	34.76	2.5	34.96	2.5	35.45	2.9	37.65	3.28
0.99	100	35.77	2.5	39.05	3.1	36.54	3.0	36.82	3.1	37.27	3.8	40.82	3.81
PROMEDIO					2.0		1.8		1.8		2.0		2.3

**CUADRO N° I.4**  
**DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD**  
**Estación San José de Parac**

Prob	Tr [años]	Función de Distribución											
		Normal		LogNormal 2 parametros		LogNormal 3 parametros		Pearson tipo III		LogPearson tipo III		Gumbel VEI	
		Predicc. [mm]	D.Est [mm]	Predicc. [mm]	D.Est [mm]	Predicc. [mm]	D.Est [mm]	Predicc. [mm]	D.Est [mm]	Predicc. [mm]	D.Est [mm]	Predicc. [mm]	D.Est [mm]
0.50	2	21.74	1.6	20.55	1.5	20.93	1.8	20.4	1.9	20.82	1.8	20.7	1.52
0.67	3	24.97	1.8	23.75	1.9	24.2	2.0	23.67	2.2	24.29	2.1	24.22	1.99
0.80	5	28.04	2.1	27.24	2.5	27.61	2.2	27.28	2.5	28.01	2.5	28.12	2.68
0.90	10	31.34	2.7	31.57	3.3	31.63	2.9	31.73	3.3	32.48	3.2	33.04	3.65
0.95	20	34.06	3.1	35.66	4.2	35.25	3.9	35.89	4.7	36.58	4.4	37.75	4.63
0.96	25	34.85	3.3	36.95	4.5	36.37	4.3	37.19	5.2	37.84	4.8	39.25	4.94
0.98	50	37.12	3.7	40.89	5.3	39.7	5.7	41.14	7.0	41.64	6.5	43.85	5.91
0.99	100	39.17	4.1	44.8	6.1	42.89	7.4	44.97	9.0	45.29	8.4	48.43	6.89
PROMEDIO			2.8		3.7		3.8		4.5		4.2		4.0

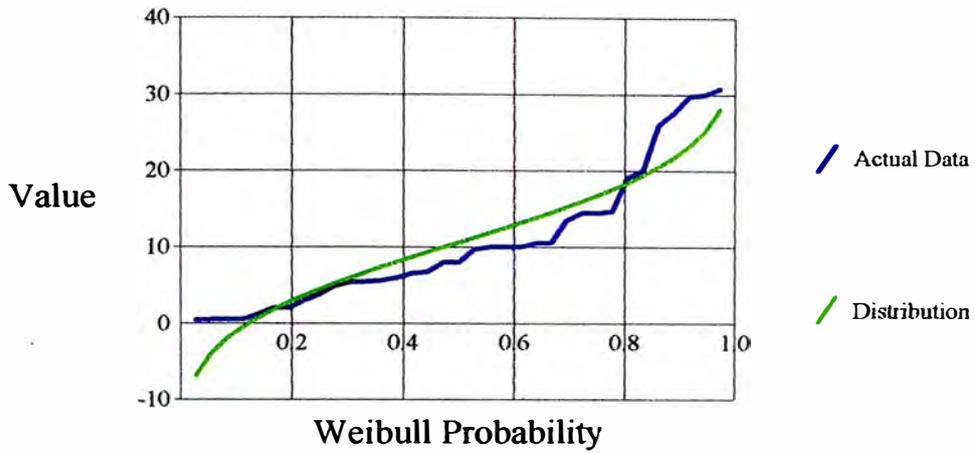
**CUADRO Nº I.5**  
**DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD**  
**Estación Autisha**

Prob	Tr [años]	Función de Distribución											
		Normal		LogNormal 2 parametros		LogNormal 3 parametros		Pearson tipo III		LogPearson tipo III		Gumbel VEI	
		Predicc. [mm]	D.Est [mm]	Predicc. [mm]	D.Est [mm]	Predicc. [mm]	D.Est [mm]	Predicc. [mm]	D.Est [mm]	Predicc. [mm]	D.Est [mm]	Predicc. [mm]	D.Est [mm]
0.50	2	13.23	1.7	11.76	1.5	12.34	1.9	11.55	2.2	11.85	1.8	12.28	1.58
0.67	3	16.17	1.9	14.5	2.0	15.29	2.1	14.42	2.6	14.99	2.2	15.73	2.12
0.80	5	18.97	2.2	17.69	2.9	18.44	2.4	17.8	2.9	18.67	2.9	19.55	2.91
0.90	10	21.97	2.8	21.91	4.2	22.23	3.2	22.2	3.8	23.54	4.2	24.37	4.01
0.95	20	24.45	3.3	26.14	5.6	25.72	4.4	26.5	5.7	28.4	6.2	28.99	5.11
0.96	25	25.17	3.4	27.52	6.1	26.8	4.9	27.88	6.4	29.98	7.0	30.46	5.46
0.98	50	27.24	3.9	31.88	7.5	30.08	6.7	32.12	9.1	34.96	9.9	34.98	6.56
0.99	100	29.1	4.3	36.39	9.0	33.26	8.8	36.35	12.2	40.08	13.7	39.46	7.66
PROMEDIO		2.9		4.9		4.3		5.6		6.0		4.4	

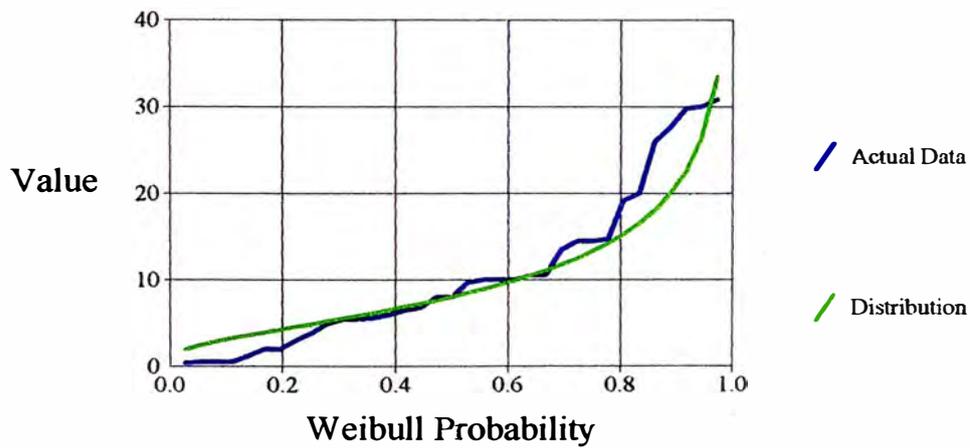
**CUADRO Nº I.6**  
**DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD**  
**Estación Chalilla**

Prob	Tr [años]	Función de Distribución											
		Normal		LogNormal 2 parametros		LogNormal 3 parametros		Pearson tipo III		LogPearson tipo III		Gumbel VEI	
		Predicc. [mm]	D.Est [mm]	Predicc. [mm]	D.Est [mm]	Predicc. [mm]	D.Est [mm]	Predicc. [mm]	D.Est [mm]	Predicc. [mm]	D.Est [mm]	Predicc. [mm]	D.Est [mm]
0.50	2	27.89	2.8	25.97	2.6	27.75	3.0	27.63	3.1	29.18	5.1	26.36	2.62
0.67	3	32.6	3.1	30.57	3.3	32.49	3.1	32.38	3.1	34.29	3.9	32	3.53
0.80	5	37.09	3.7	35.69	4.5	37.04	3.4	37	3.4	38.4	3.2	38.25	4.87
0.90	10	41.9	4.6	42.15	6.1	41.98	4.0	42.06	4.1	41.78	6.9	46.12	6.72
0.95	20	45.87	5.4	48.35	7.7	46.1	5.0	46.31	5.2	43.73	11.6	53.67	8.58
0.96	25	47.02	5.7	50.33	8.3	47.31	5.3	47.57	5.5	44.17	13.0	56.06	9.18
0.98	50	50.33	6.4	56.43	10.0	50.78	6.5	51.19	6.8	45.11	17.1	63.44	11.03
0.99	100	53.31	7.1	62.55	11.7	53.93	7.9	54.49	8.2	45.63	20.4	70.76	12.89
PROMEDIO		4.9		6.8		4.8		4.9		10.2		7.4	

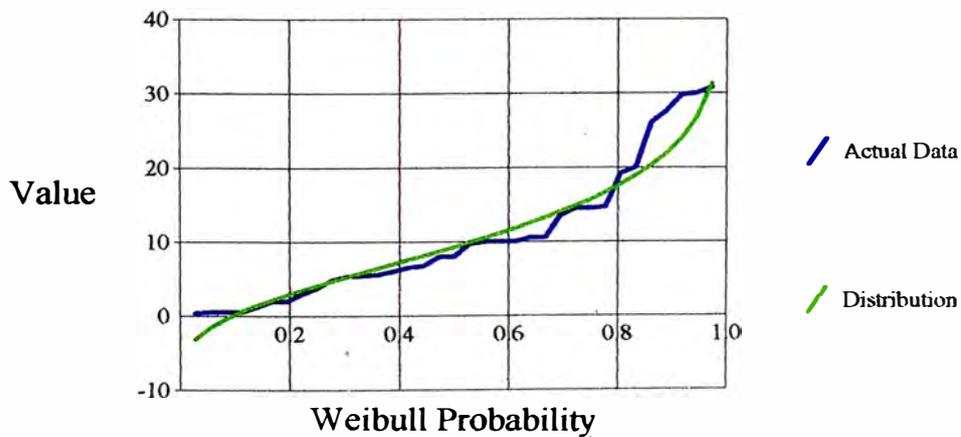
**GRÁFICO N° VI.1  
DISTRIBUCIÓN NORMAL – ESTACIÓN SANTA EULALIA**



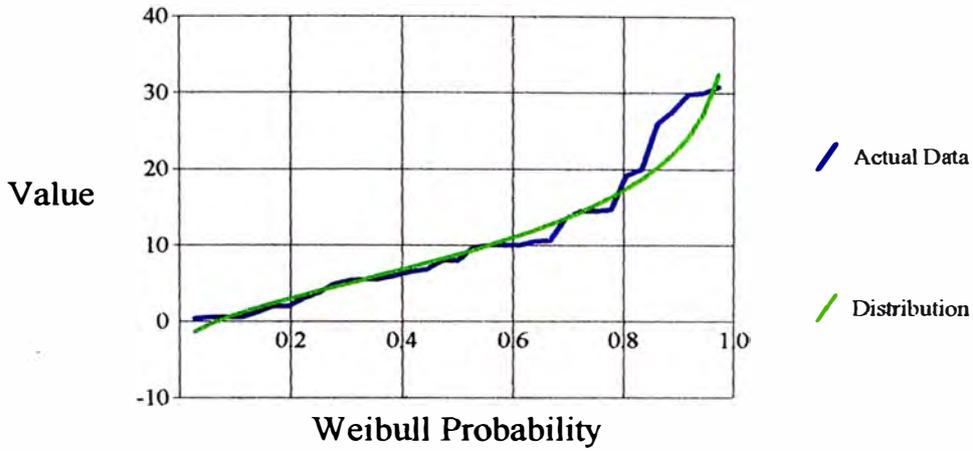
**GRÁFICO N° VI.2  
DISTRIBUCIÓN LOGNORMAL DE 2 PARÁMETROS – ESTACIÓN SANTA EULALIA**



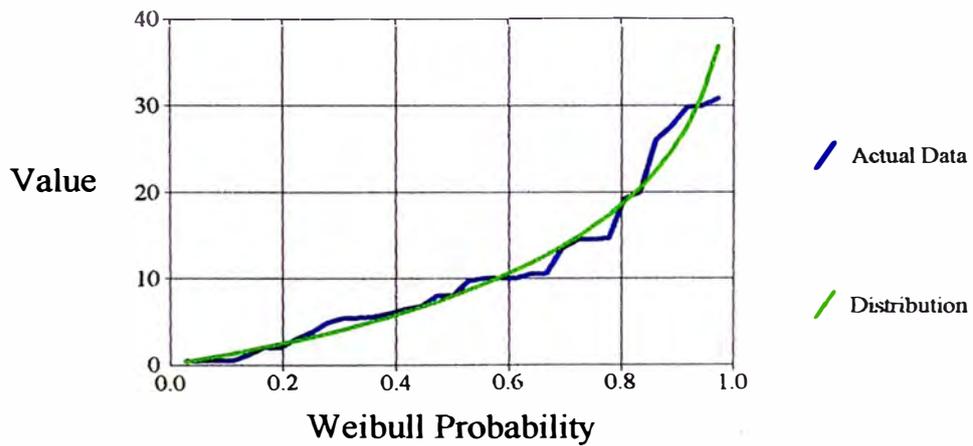
**GRÁFICO N° VI.3  
DISTRIBUCIÓN LOGNORMAL DE 3 PARÁMETROS – ESTACIÓN SANTA EULALIA**



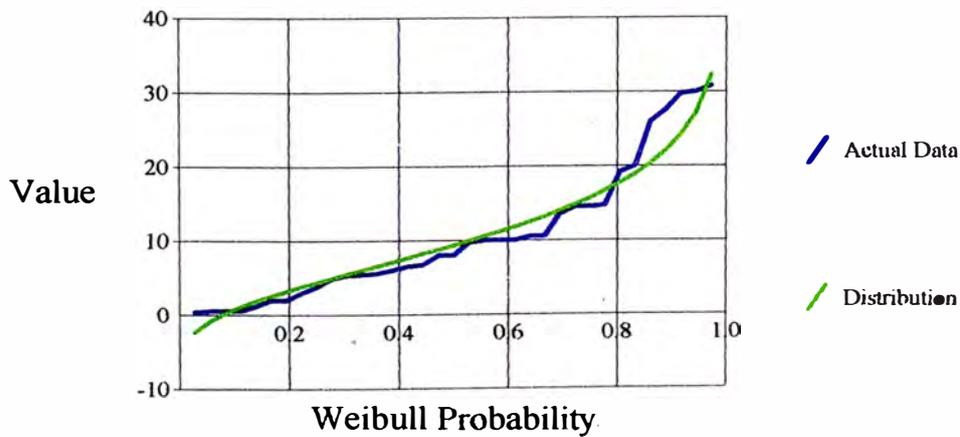
**GRÁFICO Nº VI.4**  
**DISTRIBUCIÓN PEARSON TIPO III – ESTACIÓN SANTA EULALIA**



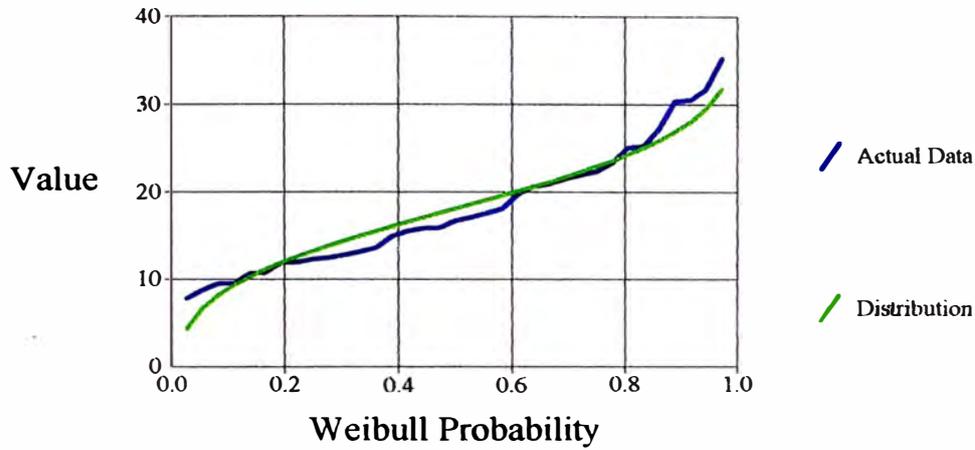
**GRÁFICO Nº VI.5**  
**DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON TIPO III – ESTACIÓN SANTA EULALIA**



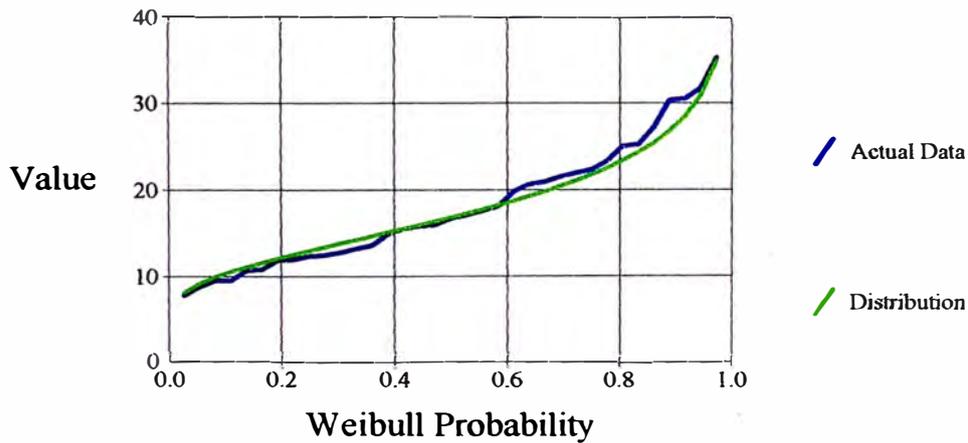
**GRÁFICO Nº VI.6**  
**DISTRIBUCIÓN VALOR EXTREMO TIPO I – ESTACIÓN SANTA EULALIA**



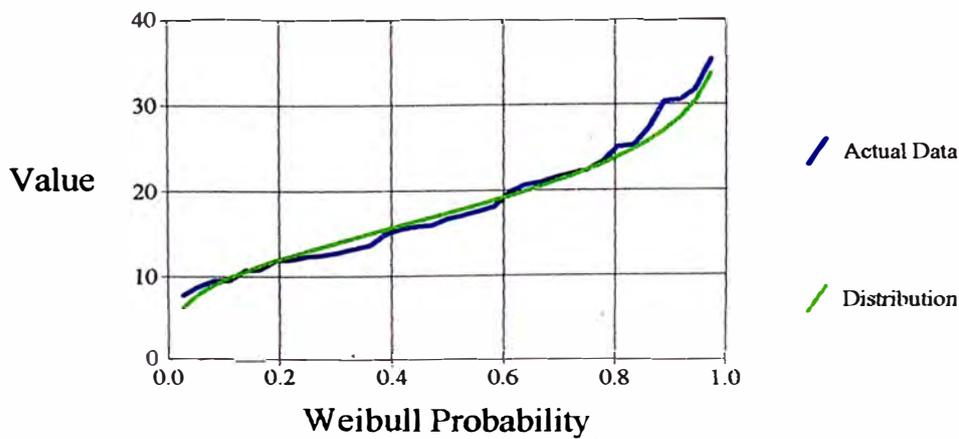
**GRÁFICO N° VI.7**  
**DISTRIBUCIÓN NORMAL – ESTACIÓN MATUCANA**



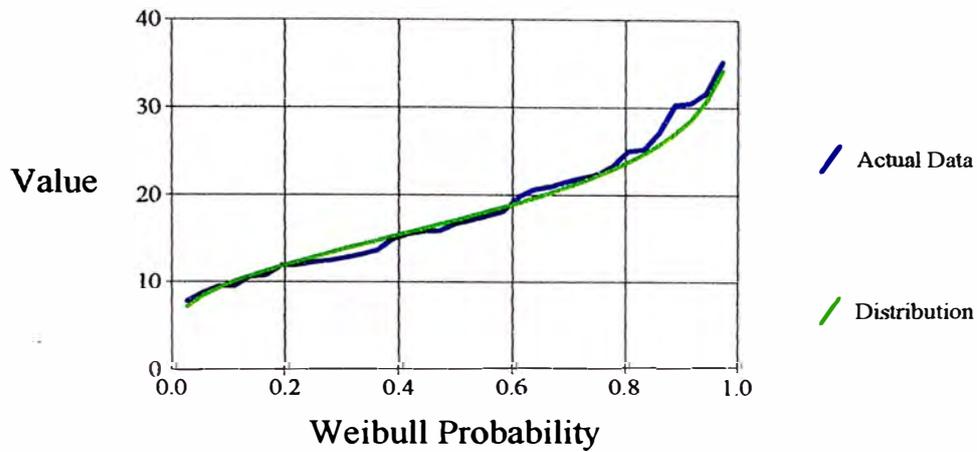
**GRÁFICO N° VI.8**  
**DISTRIBUCIÓN LOGNORMAL DE 2 PARÁMETROS – ESTACIÓN MATUCANA**



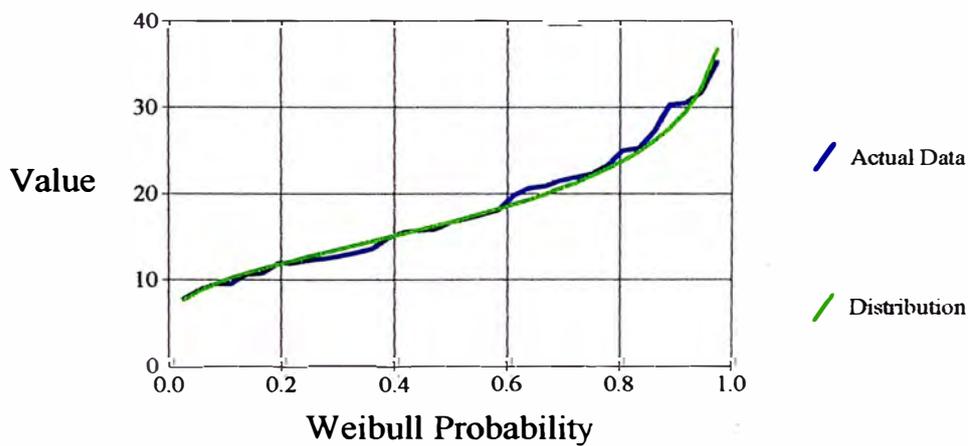
**GRÁFICO N° VI.9**  
**DISTRIBUCIÓN LOGNORMAL DE 3 PARÁMETROS – ESTACIÓN MATUCANA**



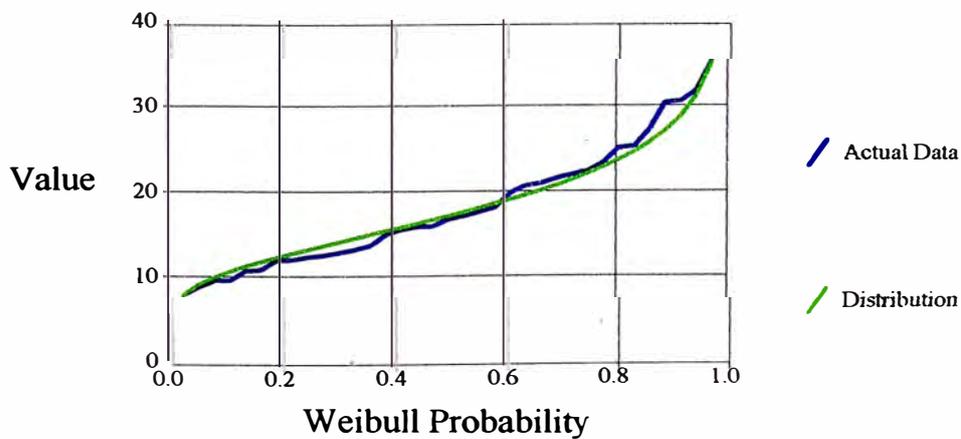
**GRÁFICO Nº VI.10  
DISTRIBUCIÓN PEARSON TIPO III – ESTACIÓN MATUCANA**



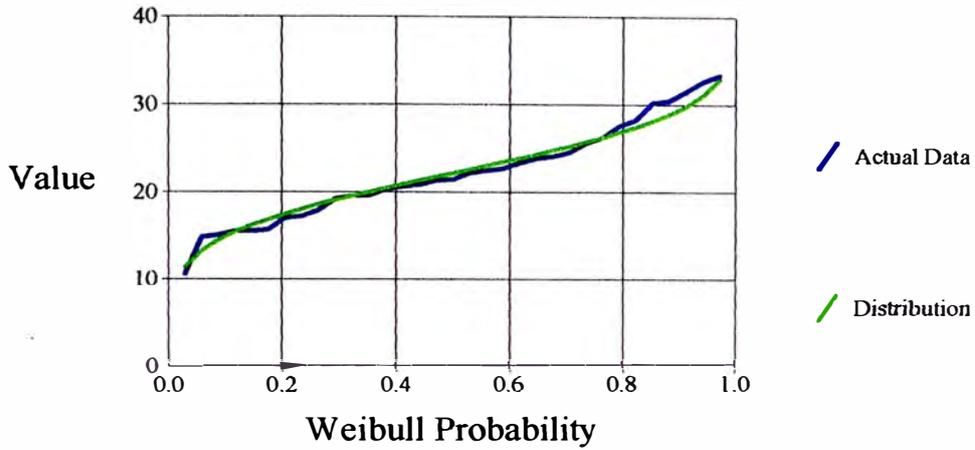
**GRÁFICO Nº VI.11  
DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON TIPO III – ESTACIÓN MATUCANA**



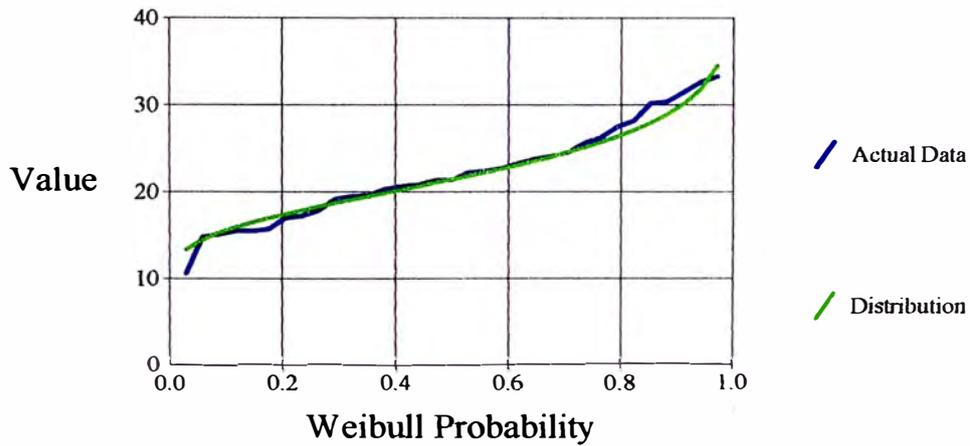
**GRÁFICO Nº VI.12  
DISTRIBUCIÓN VALOR EXTREMO TIPO I – ESTACIÓN MATUCANA**



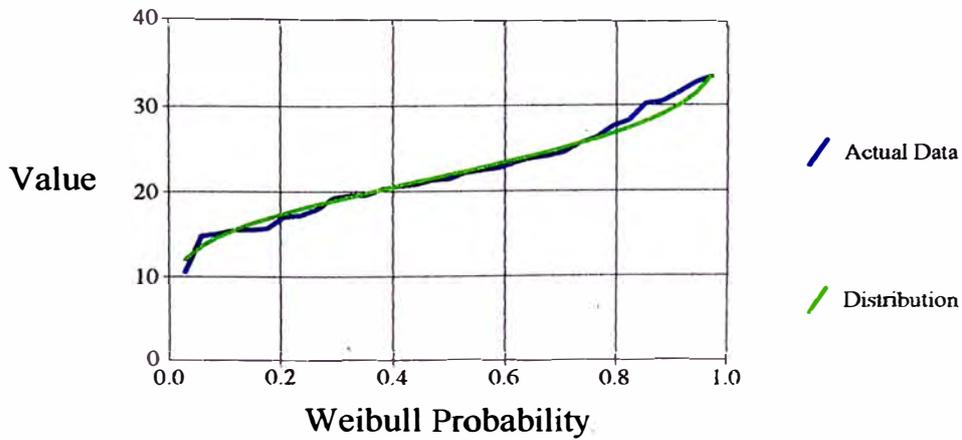
**GRÁFICO N° VI.13**  
**DISTRIBUCIÓN NORMAL – ESTACIÓN CARAMPOMA**



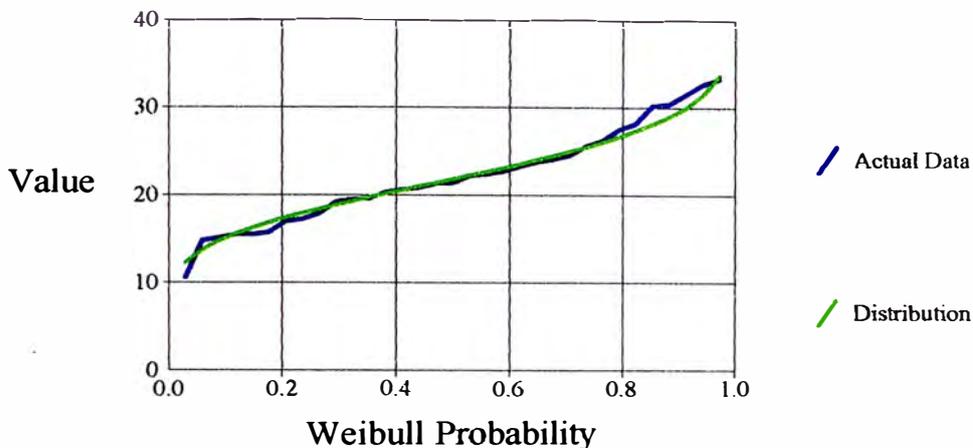
**GRÁFICO N° VI.14**  
**DISTRIBUCIÓN LOGNORMAL DE 2 PARÁMETROS – ESTACIÓN CARAMPOMA**



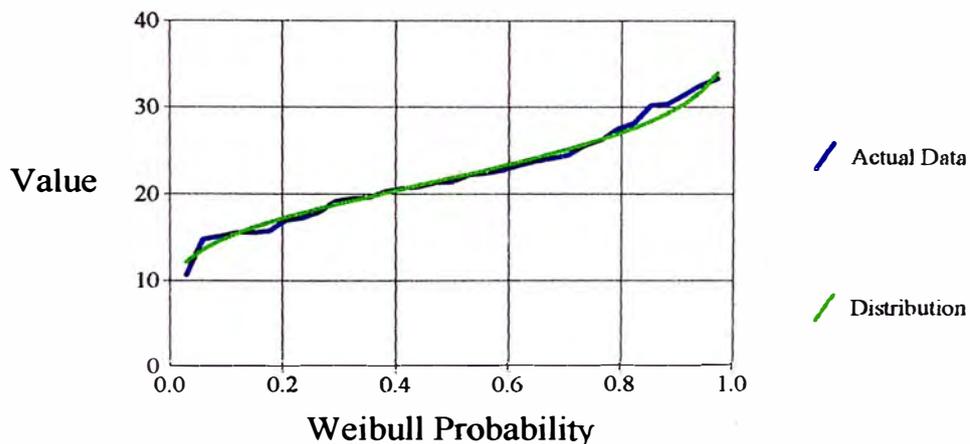
**GRÁFICO N° VI.15**  
**DISTRIBUCIÓN LOGNORMAL DE 3 PARÁMETROS – ESTACIÓN CARAMPOMA**



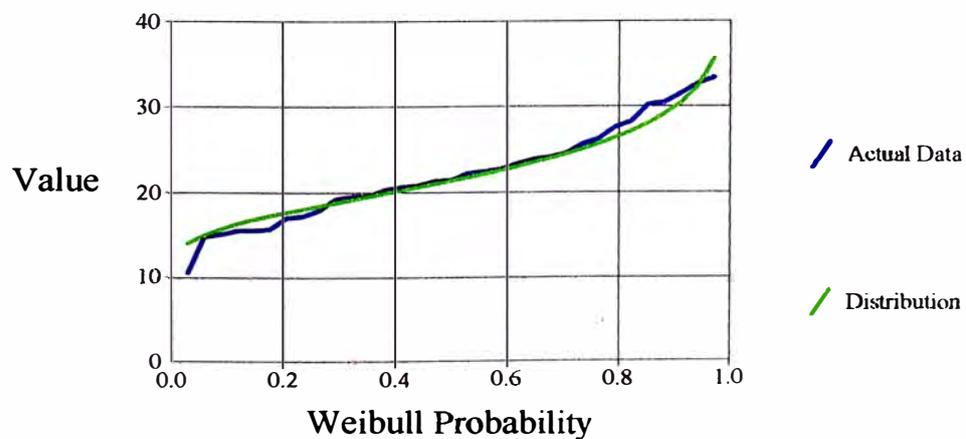
**GRÁFICO N° VI.16  
DISTRIBUCIÓN PEARSON TIPO III – ESTACIÓN CARAMPOMA**



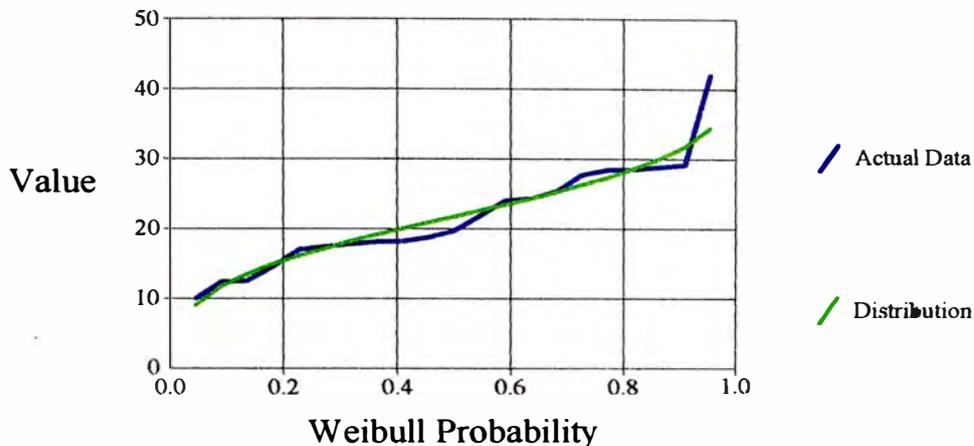
**GRÁFICO N° VI.17  
DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON TIPO III – ESTACIÓN CARAMPOMA**



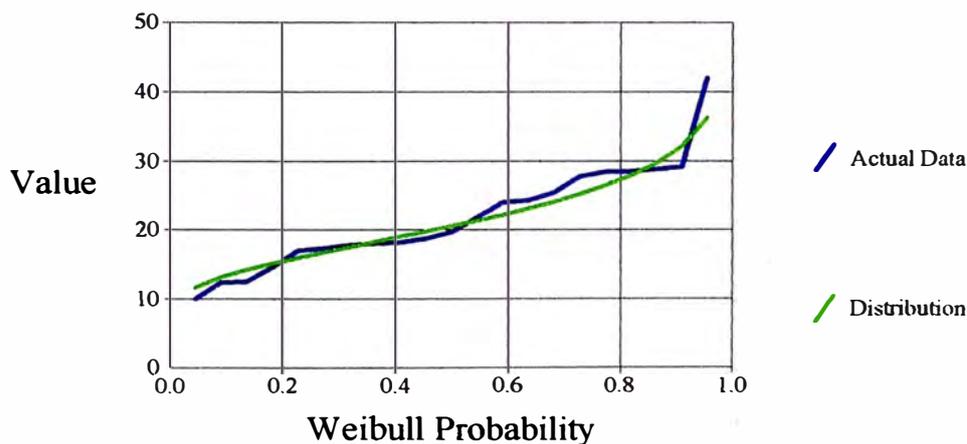
**GRÁFICO N° VI.18  
DISTRIBUCIÓN VALOR EXTREMO TIPO I – ESTACIÓN CARAMPOMA**



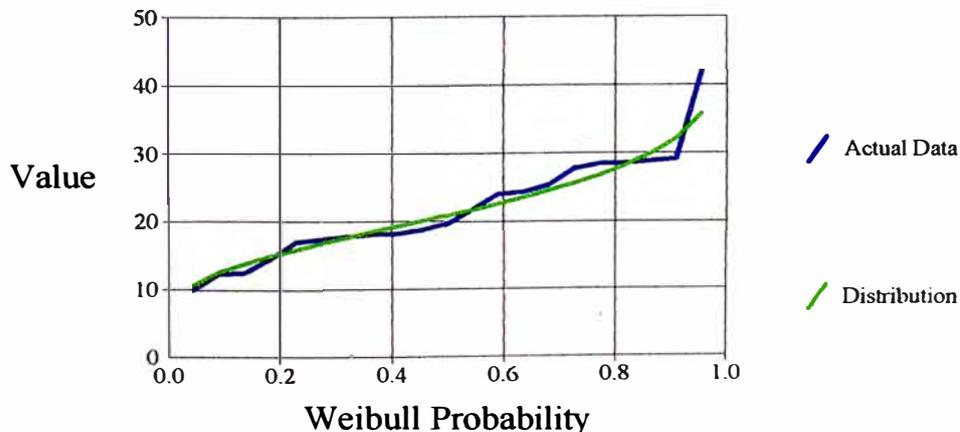
**GRÁFICO N° VI.19**  
**DISTRIBUCIÓN NORMAL – ESTACIÓN SAN JOSÉ DE PARAC**



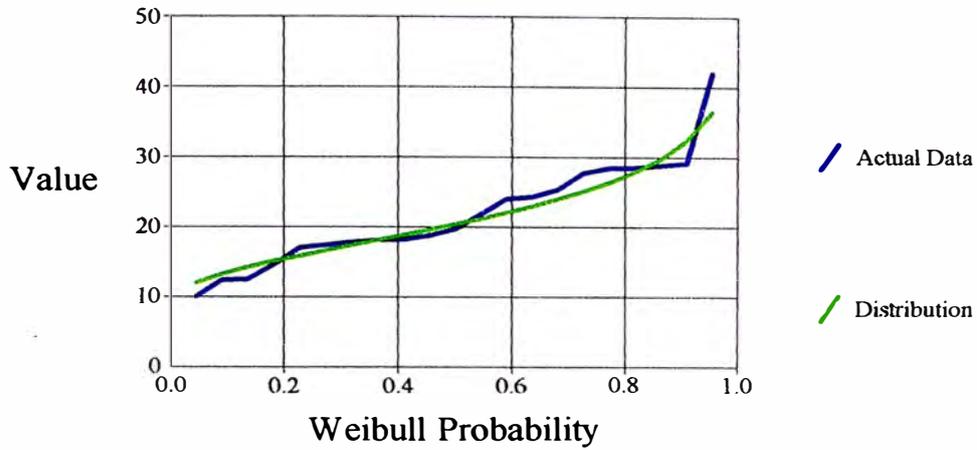
**GRÁFICO N° VI.20**  
**DISTRIBUCIÓN LOGNORMAL DE 2 PARÁMETROS – ESTACIÓN SAN JOSÉ DE PARAC**



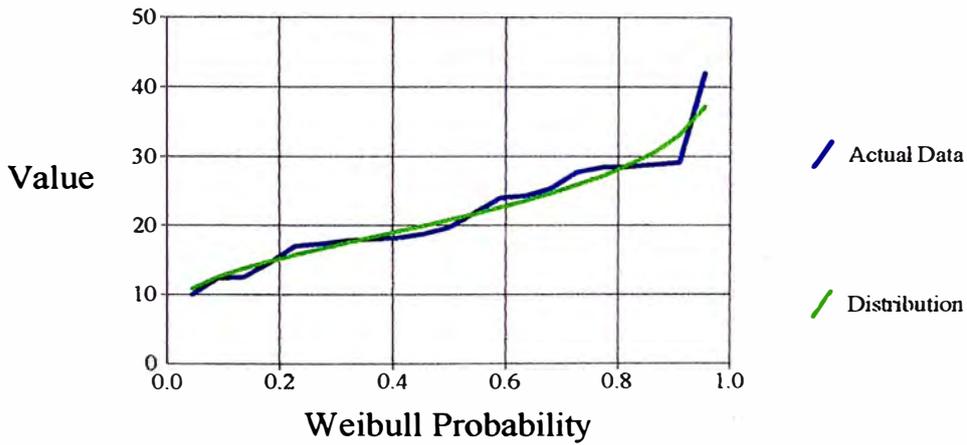
**GRÁFICO N° VI.21**  
**DISTRIBUCIÓN LOGNORMAL DE 3 PARÁMETROS – ESTACIÓN SAN JOSÉ DE PARAC**



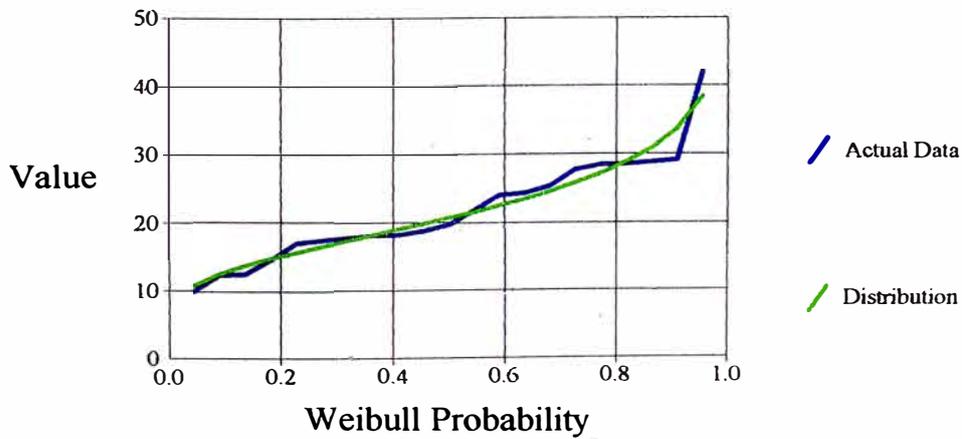
**GRÁFICO N° VI.22**  
**DISTRIBUCIÓN PEARSON TIPO III – ESTACIÓN SAN JOSÉ DE PARAC**



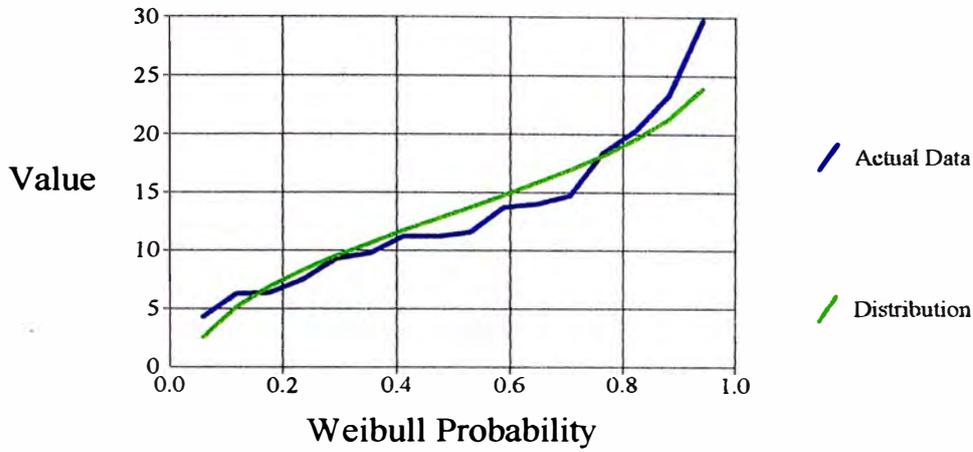
**GRÁFICO N° VI.23**  
**DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON TIPO III – ESTACIÓN SAN JOSÉ DE PARAC**



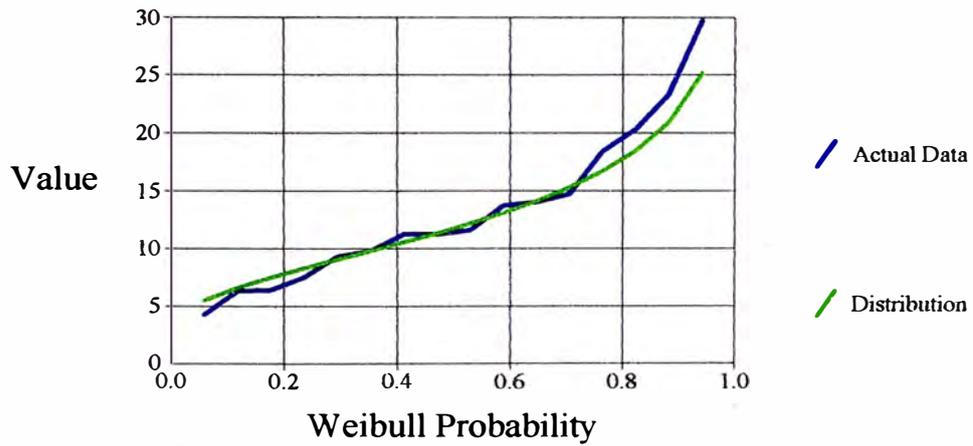
**GRÁFICO N° VI.24**  
**DISTRIBUCIÓN VALOR EXTREMO TIPO I – ESTACIÓN SAN JOSÉ DE PARAC**



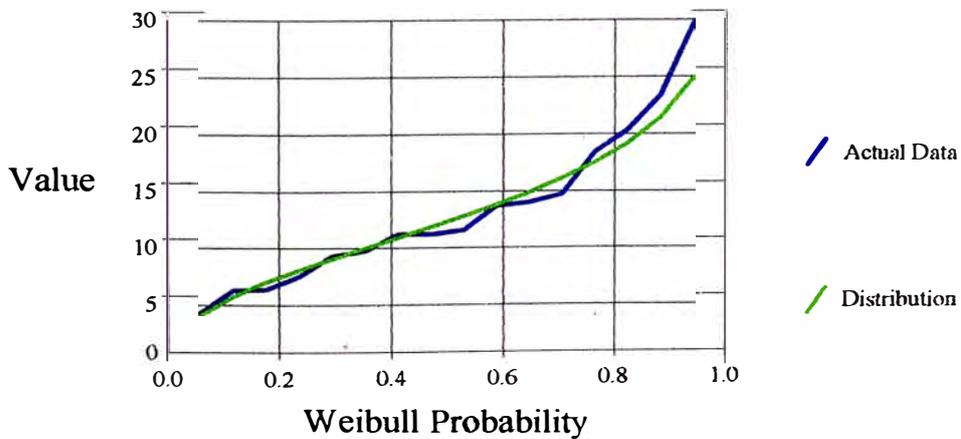
**GRÁFICO N° VI.25  
DISTRIBUCIÓN NORMAL – ESTACIÓN AUTISHA**



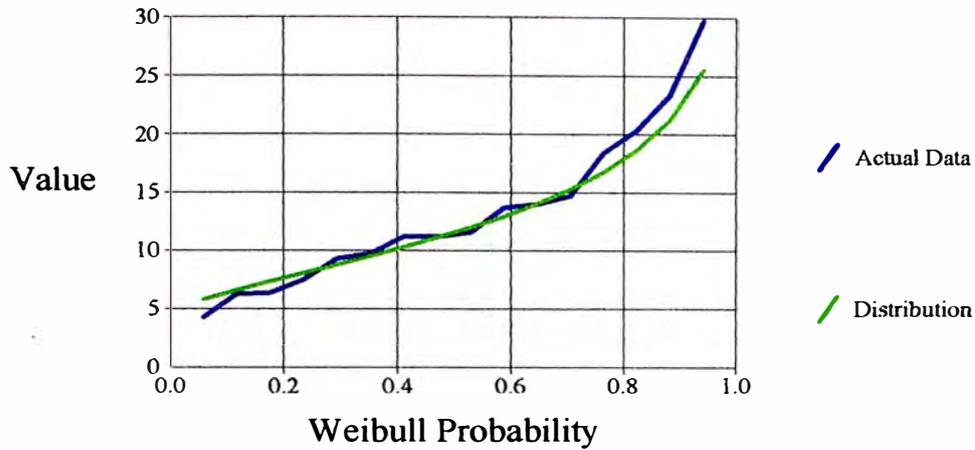
**GRÁFICO N° VI.26  
DISTRIBUCIÓN LOGNORMAL DE 2 PARÁMETROS – ESTACIÓN AUTISHA**



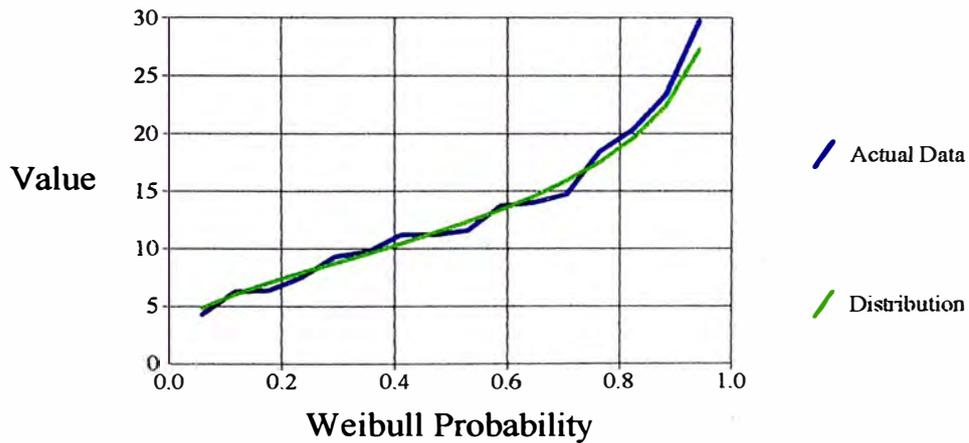
**GRÁFICO N° VI.27  
DISTRIBUCIÓN LOGNORMAL DE 3 PARÁMETROS – ESTACIÓN AUTISHA**



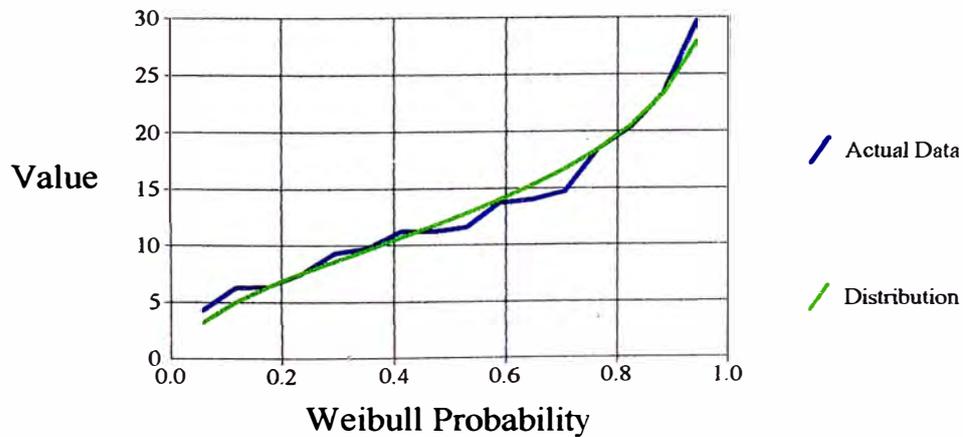
**GRÁFICO N° VI.28**  
**DISTRIBUCIÓN PEARSON TIPO III – ESTACIÓN AUTISHA**



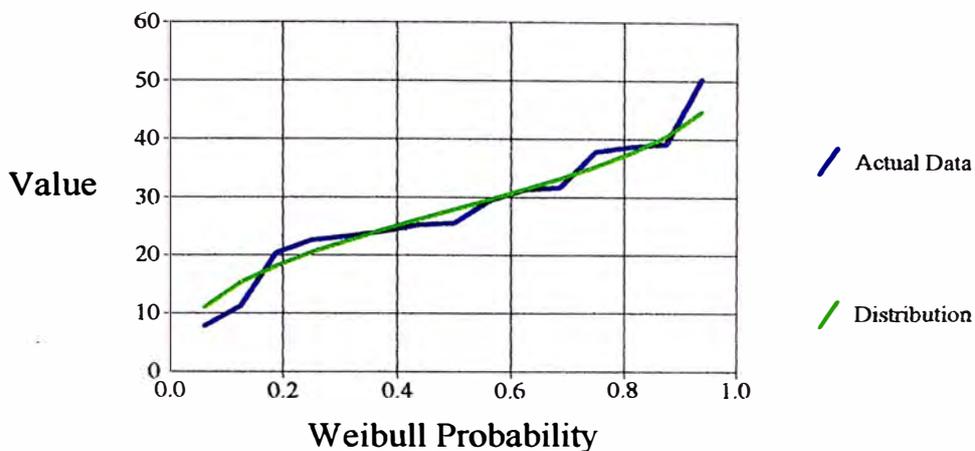
**GRÁFICO N° VI.29**  
**DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON TIPO III – ESTACIÓN AUTISHA**



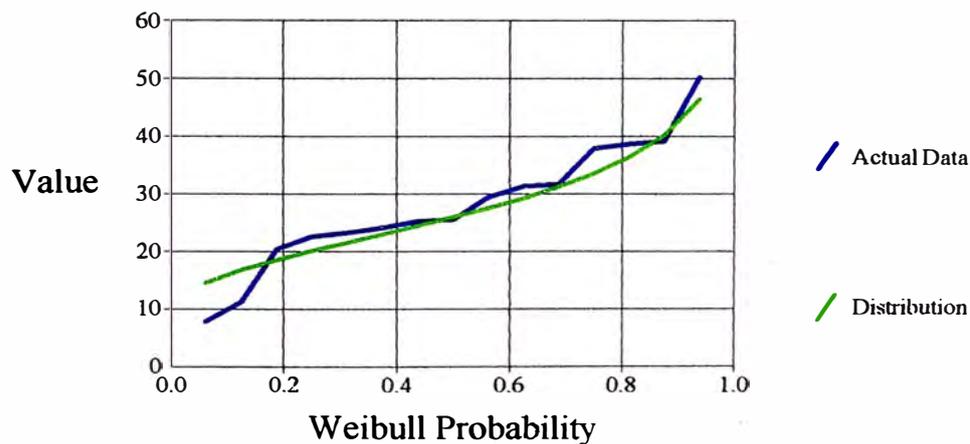
**GRÁFICO N° VI.30**  
**DISTRIBUCIÓN VALOR EXTREMO TIPO I – ESTACIÓN AUTISHA**



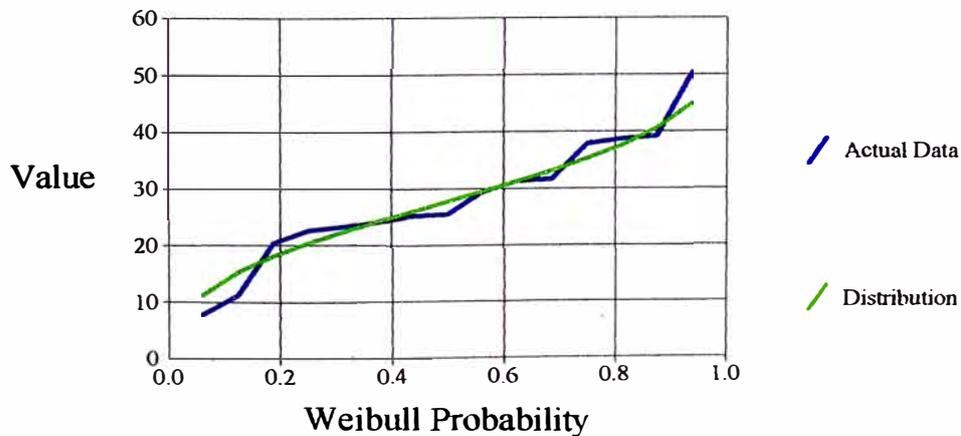
**GRÁFICO N° VI.31  
DISTRIBUCIÓN NORMAL – ESTACIÓN CHALILLA**



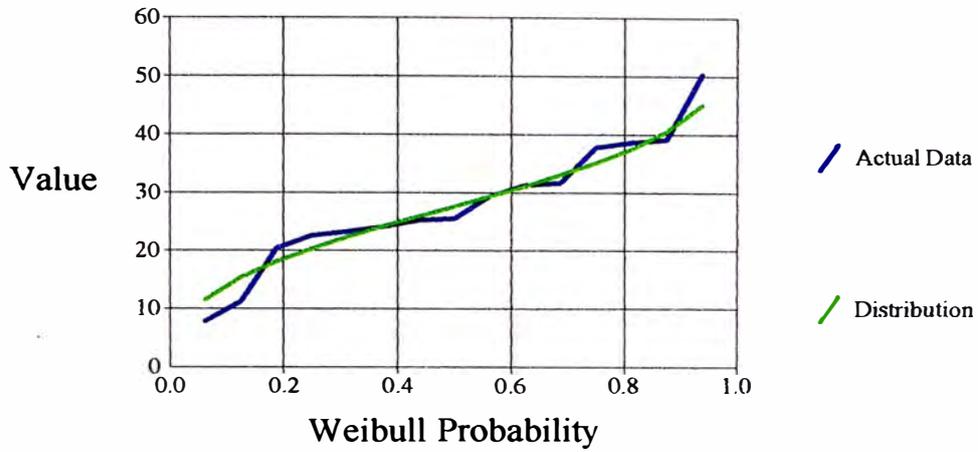
**GRÁFICO N° VI.32  
DISTRIBUCIÓN LOGNORMAL DE 2 PARÁMETROS – ESTACIÓN CHALILLA**



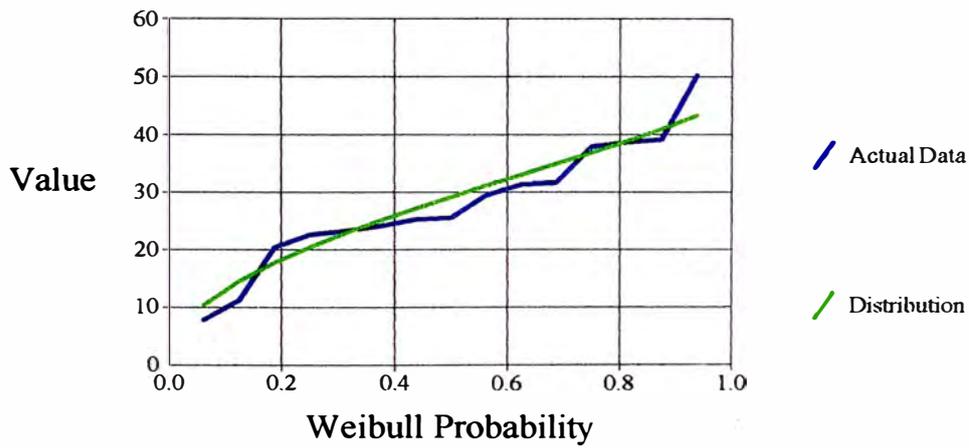
**GRÁFICO N° VI.33  
DISTRIBUCIÓN LOGNORMAL DE 3 PARÁMETROS – ESTACIÓN CHALILLA**



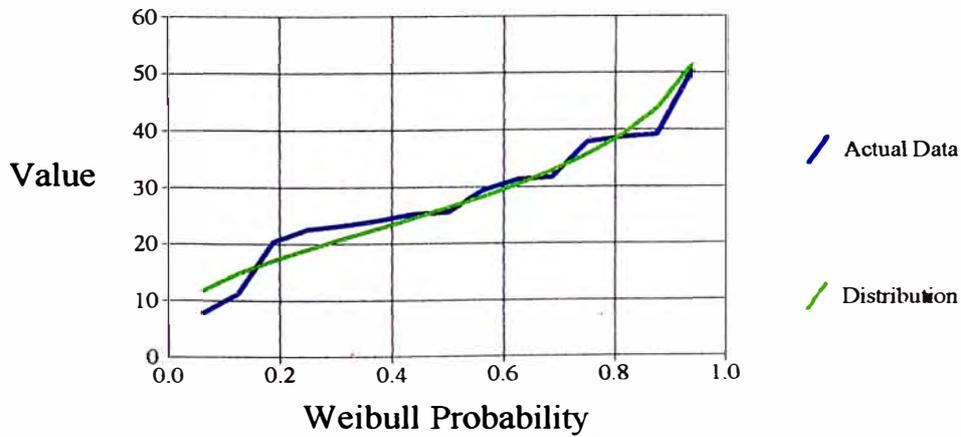
**GRÁFICO N° VI.34**  
**DISTRIBUCIÓN PEARSON TIPO III – ESTACIÓN CHALILLA**



**GRÁFICO N° VI.35**  
**DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON TIPO III – ESTACIÓN CHALILLA**



**GRÁFICO N° VI.36**  
**DISTRIBUCIÓN VALOR EXTREMO TIPO I – ESTACIÓN CHALILLA**



**ANEXO A.II.**  
**RESULTADOS DEL PROGRAMA**  
**HEC - HMS**

**Global Summary Results for Run "Río Seco 20 años"**


Project: Titulación 2006      Simulation Run: Río Seco 20 años

Start of Run: 19feb2006, 00:00      Basin Model: Q. Río Seco  
 End of Run: 20feb2006, 01:00      Meteorologic Model: Río Seco 20 años  
 Execution Time: 19feb2006, 12:36:10      Control Specifications: Control 1

Volume Units:  MM    1000 M3

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Entrada 2	48,2400	41,20	19feb2006, 10:00	13,45
Salida 2	48,2400	41,20	19feb2006, 10:00	13,45

**Global Summary Results for Run "Río Seco 50 años"**


Project: Titulación 2006      Simulation Run: Río Seco 50 años

Start of Run: 19feb2006, 00:00      Basin Model: Q. Río Seco  
 End of Run: 20feb2006, 01:00      Meteorologic Model: Río Seco 50 años  
 Execution Time: 19feb2006, 12:36:14      Control Specifications: Control 1

Volume Units:  MM    1000 M3

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Entrada 2	48,2400	56,76	19feb2006, 10:00	16,99
Salida 2	48,2400	56,76	19feb2006, 10:00	16,99

## Global Summary Results for Run "Río Seco 100 años"

Project: Titulación 2006 Simulation Run: Río Seco 100 años

Start of Run: 19feb2006, 00:00 Basin Model: Q. Río Seco  
 End of Run: 20feb2006, 01:00 Meteorologic Model: Río Seco 100 años  
 Execution Time: 04mar2006, 02:57:14 Control Specifications: Control 1

Volume Units:  MM  1000 M3

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Entrada 2	48,2400	68,31	19feb2006, 10:00	19,59
Salida 2	48,2400	68,31	19feb2006, 10:00	19,59

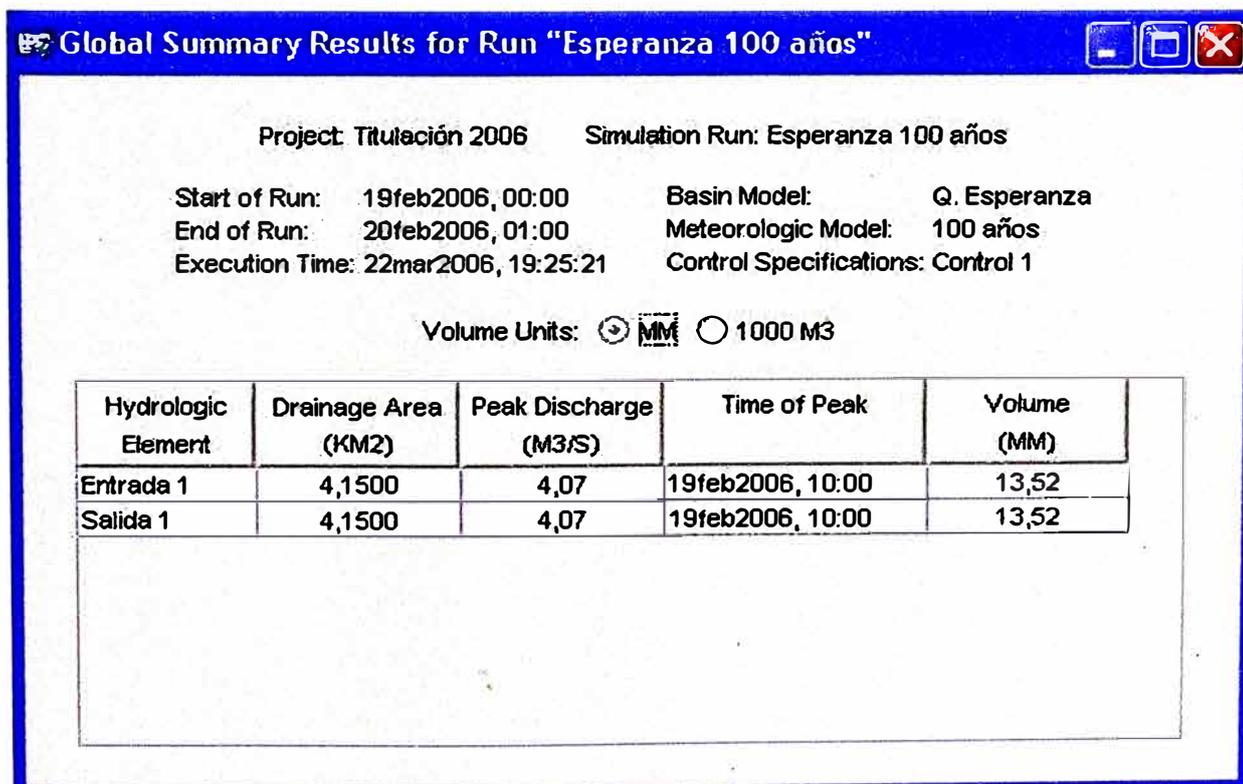
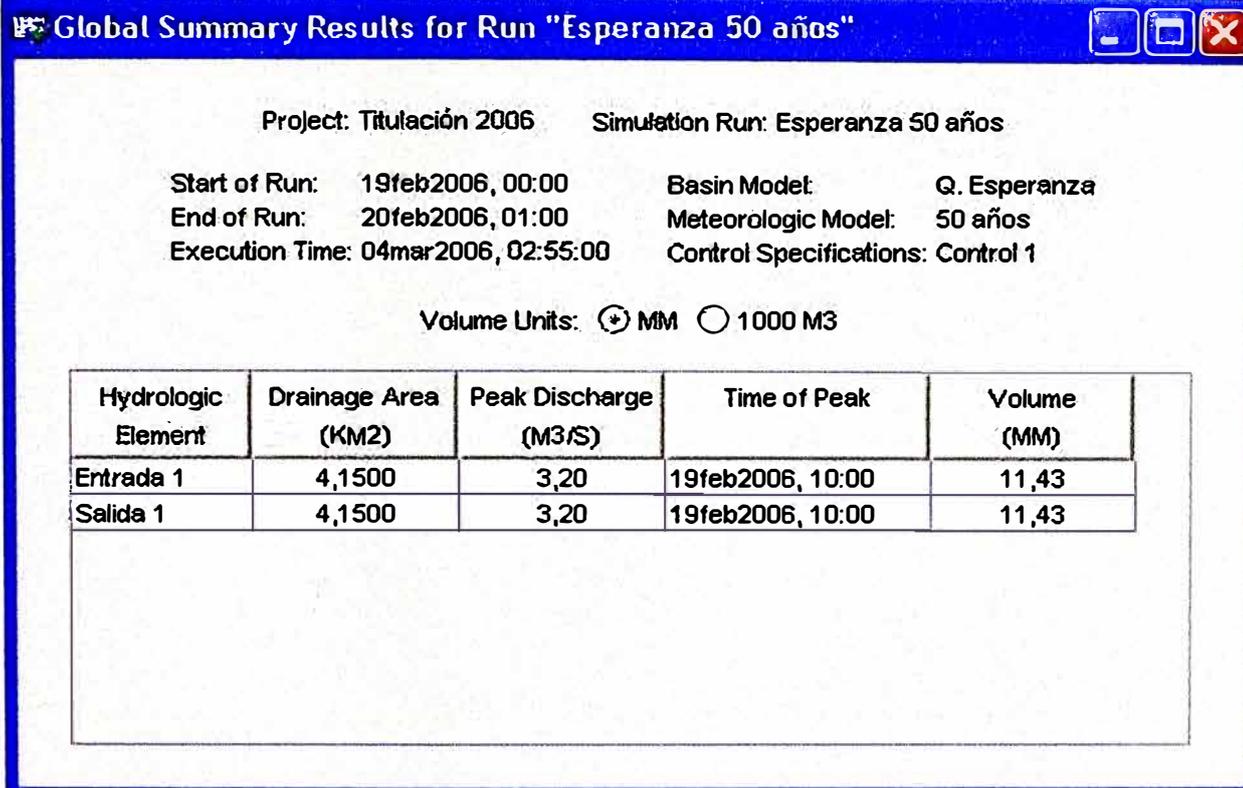
## Global Summary Results for Run "Esperanza 20 años"

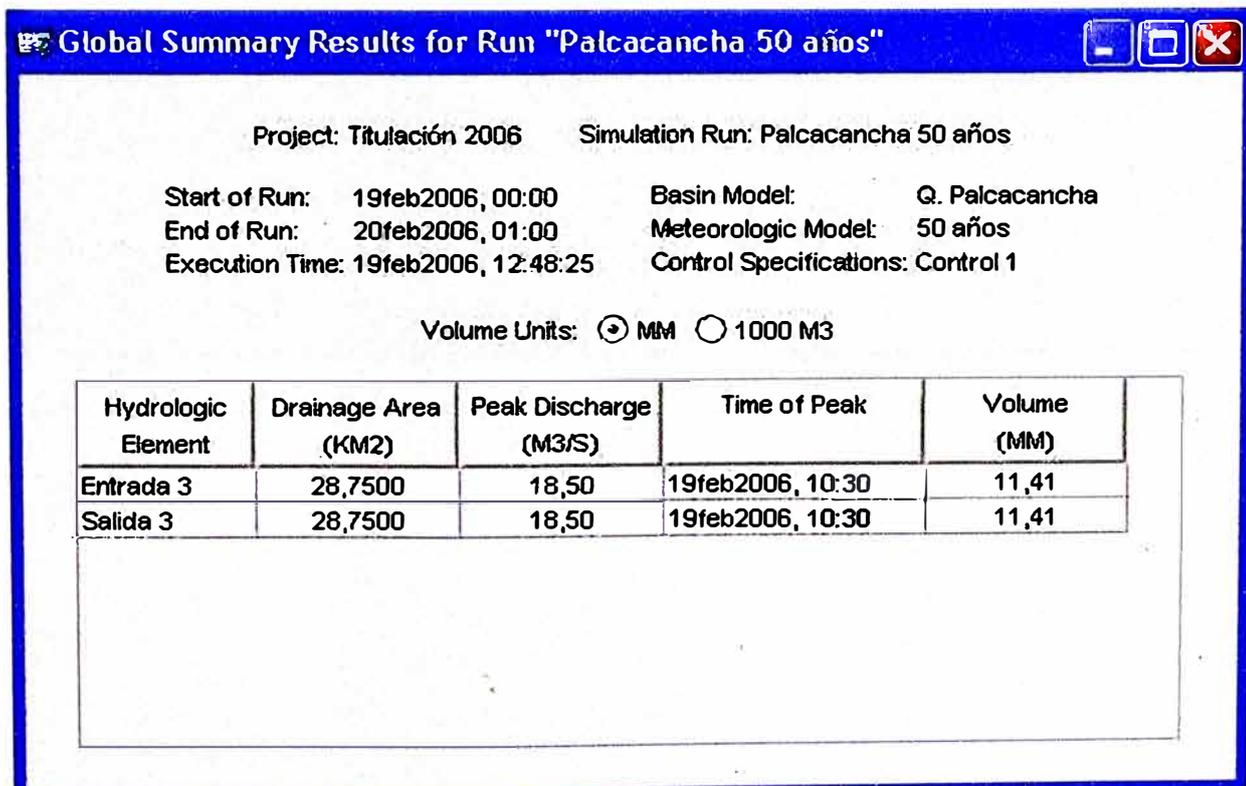
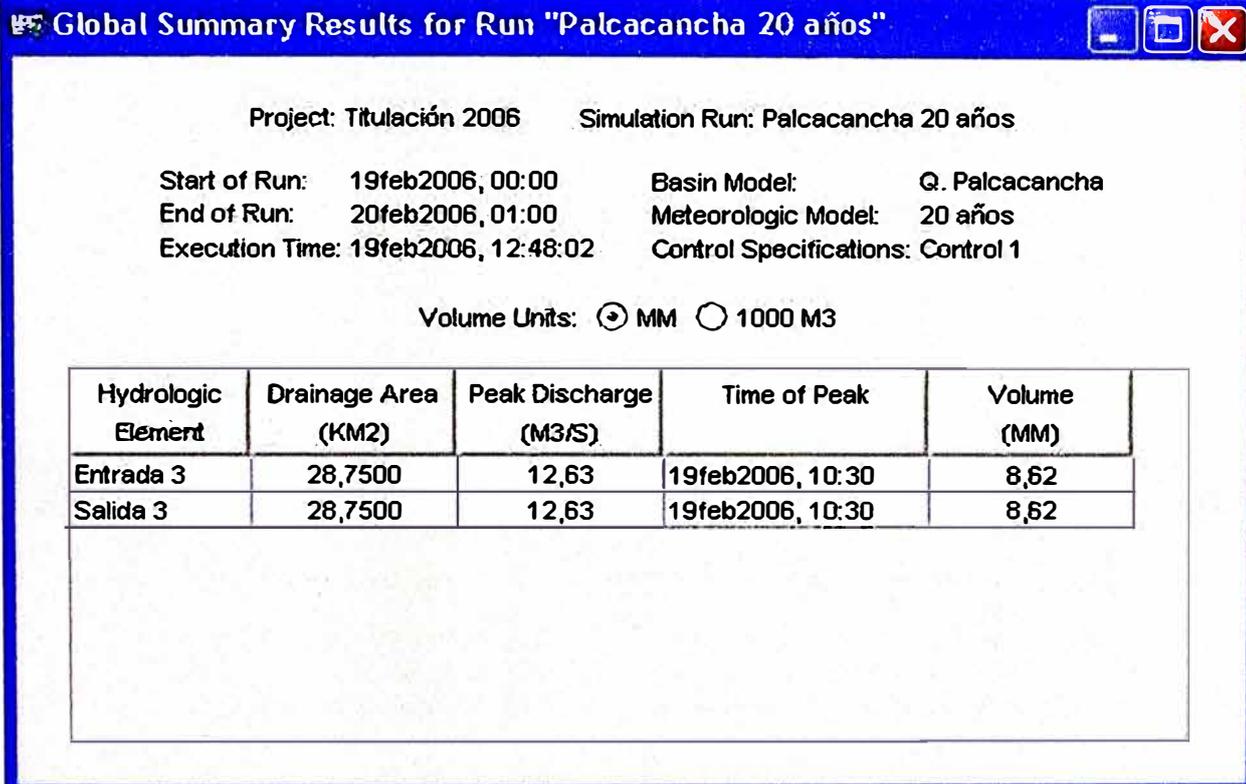
Project: Titulación 2006 Simulation Run: Esperanza 20 años

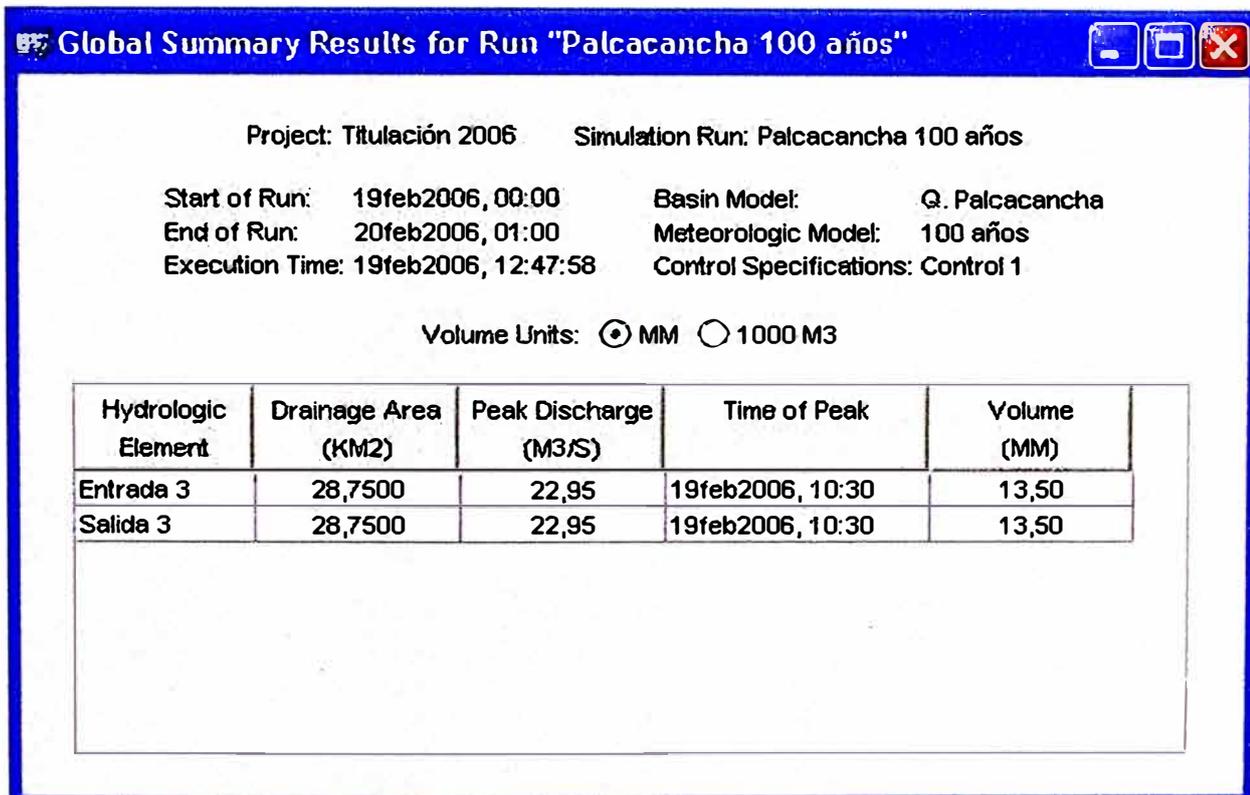
Start of Run: 19feb2006, 00:00 Basin Model: Q. Esperanza  
 End of Run: 20feb2006, 01:00 Meteorologic Model: 20 años  
 Execution Time: 19feb2006, 12:48:00 Control Specifications: Control 1

Volume Units:  MM  1000 M3

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Entrada 1	4,1500	2,06	19feb2006, 10:00	8,64
Salida 1	4,1500	2,06	19feb2006, 10:00	8,64





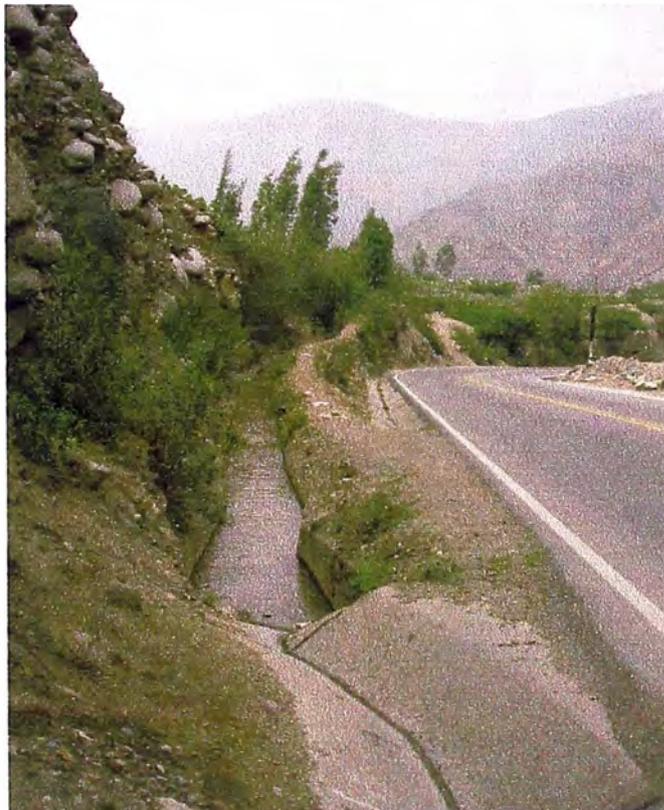


# **ANEXO A.III.**

## **PANEL FOTOGRAFICO**



**Foto N° 01.-** Vista de la entrada de la alcantarilla ubicada en el Km 55+295, la cual permite el paso a través de la carretera de aguas de riego en el sentido de izquierda a derecha. El cabezal de concreto se encuentra por encima del nivel del pavimento debido a la proximidad de la entrada de la alcantarilla a la vía; por lo cual se recomienda el pintado del parapeto de color amarillo para una rápida visualización por parte de los conductores. Se puede observar también que el material sobre las paredes del canal está suelto y se puede caer fácilmente al interior del canal de entrada.



**Foto N° 02.-** Canal de salida de la alcantarilla ubicado en el Km 55+295. Como se observa, la alcantarilla y el canal funcionan adecuadamente y se encuentran en buen estado estructural. Por otro lado, este canal recibe las aguas de descarga de la cuneta ubicada en el lado derecho de la vía, la cual nace en el Km 55+702. En el centro de la foto se observa el inicio del tramo de cunetas ubicado también en el lado derecho de la carretera, que se dirige hacia el Km 54 de la carretera.



**Foto N° 03.-** Cabezal de entrada de la alcantarilla ubicada en el Km 55+702. Presenta pequeños daños en sus bordes debido al impacto de la bolonería que cae desde el talud. Los pobladores de los alrededores cruzan cañerías de pequeño diámetro por medio del conducto, las cuales ayudan a la acumulación de escombros dentro del conducto de la alcantarilla; razón por la cual, dichas cañerías deben ser removidas.



**Foto N° 04.-** Estructura de protección a la salida de la alcantarilla ubicada en el Km 55+702. Presenta un cabezal de concreto que funciona adecuadamente ya que no permite que el material del terraplén ingrese al cauce de salida de la alcantarilla. Presenta además una losa de mampostería de 6.20 m de longitud, que evita la socavación del cauce, y un muro de piedras de la misma longitud y de 1.70 m de altura. Los pobladores de la zona ensucian el conducto y los cauces de entrada y salida, por lo cual se debe verificar el cumplimiento del programa de limpieza y mantenimiento.



**Foto N° 05.-** Vista del tramo inicial del conducto de la alcantarilla ubicada en el Km 56+103. Se observa un borde irregular del concreto, debido a fallas en el proceso constructivo; esto no influye negativamente en el funcionamiento estructural o hidráulico de la alcantarilla. En el interior del conducto se ha acumulado material fino entre las ranuras de la tubería, así como basura y material de escombros.



**Foto N° 06.-** Estructura de protección a la salida de la alcantarilla ubicada en el Km 56+103, conformada por un cabezal y aleros de concreto y una losa de mampostería. Una cañería no ha sido completamente removida por lo cual se recomienda su retiro debido a que durante un flujo pico, ésta podría ser arrastrada por el flujo y luego obstruir el paso de escombros de regular tamaño. El concreto se encuentra en buen estado, no ha sufrido abrasión ni roturas. El cauce de salida presenta un poco de basura y de material de arrastre.



**Foto N° 07.-** Vista del cauce de entrada de la alcantarilla ubicada en el Km 56+400. Como se observa, la pendiente es muy empinada debido a que el cauce, en su último tramo, está conformado por el talud de corte derecho. La losa de mampostería evita la socavación del talud como producto de la caída de agua de aproximadamente 1.20 m de altura, la cual se puede observar en la parte superior de la foto, así como de la misma pendiente. Es necesaria la eliminación del material de escombros que se ha acumulado sobre la losa de mampostería.



**Foto N° 08.-** Estructura de protección del cauce de salida de la alcantarilla ubicada en el Km 56+400 conformada por una losa de mampostería, la cual se encuentra en buen estado estructural y funcional. Se requiere limpiar la poca basura existente, así como el desbroce de la vegetación que está creciendo en la parte final de la losa y en el cauce aguas abajo.



**Foto N° 09.-** Basura y escombros acumulados en el cabezal de entrada de la alcantarilla correspondiente al Km 56+630. El concreto se encuentra en buen estado de conservación, y se observa además el buen funcionamiento hidráulico del sistema cuneta – alcantarilla, esta cuneta proviene del Km 57+039. La cuneta que nace en este kilómetro, vierte sus aguas en la alcantarilla ubicada en el Km 56+103.



**Foto N° 10.-** Salida de la alcantarilla ubicada en el Km 56+630, la cual se encuentra empotrada en un muro de contención. El agua proveniente de la alcantarilla viene produciendo una pequeña socavación en el cauce de salida, la cuál ha sido amortiguada por la presencia de cierta vegetación. Se recomienda, entonces, la construcción de una losa de mampostería de mínimo 3.50 m de largo, ya que aguas abajo de esta distancia, la vegetación es más abundante y constante. El extremo de la tubería debe ser pintada con pintura epóxica para evitar su oxidación como consecuencia de su permanente exposición.



**Foto N° 11.-** Vista del cauce de entrada de la alcantarilla ubicada en el Km 57+039, localizado sobre roca andesítica. Como se observa, su sección no es constante y su recorrido no es muy definido; la pendiente es muy alta, en algunos sectores bordea los 80°.



**Foto N° 12.-** Conducto de alcantarilla de TMC con inicio de daños por oxidación, localizada en el Km 57+039. Se recomienda el pintado de la zona dañada con pintura epóxica.



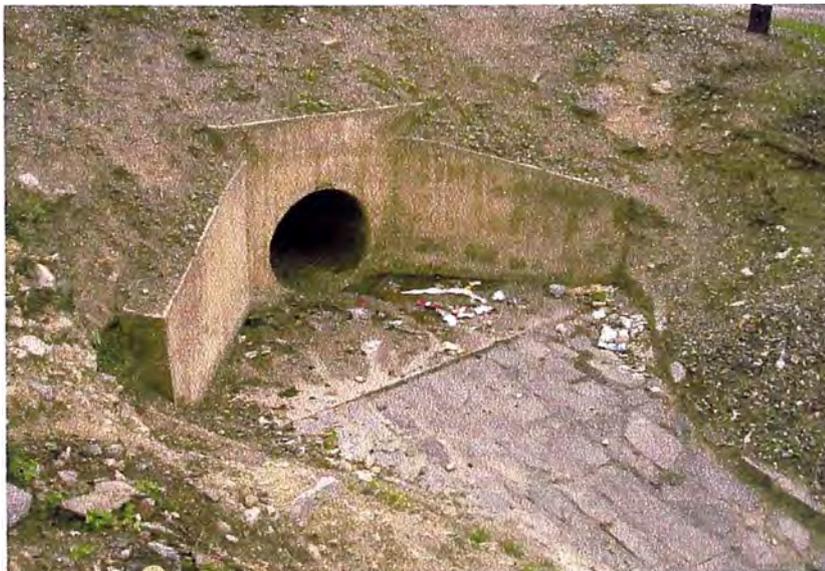
**Foto N° 13.-** Entrega de cuneta a la alcantarilla ubicada en el Km 57+280, la cual funciona correctamente. Los bordes de las paredes del cabezal están rotos. Existe acumulación de sedimentos a la entrada de la alcantarilla.



**Foto N° 14.-** Cauce aguas abajo de la alcantarilla del Km 57+280, donde se observa que se requiere de la limpieza de la alcantarilla como del cauce para que el flujo no encuentre obstrucciones. Presenta una leve socavación general del cauce que debe ser comparada con la próxima inspección para evaluar así su comportamiento y proponer, de ser necesario, una estructura de protección.



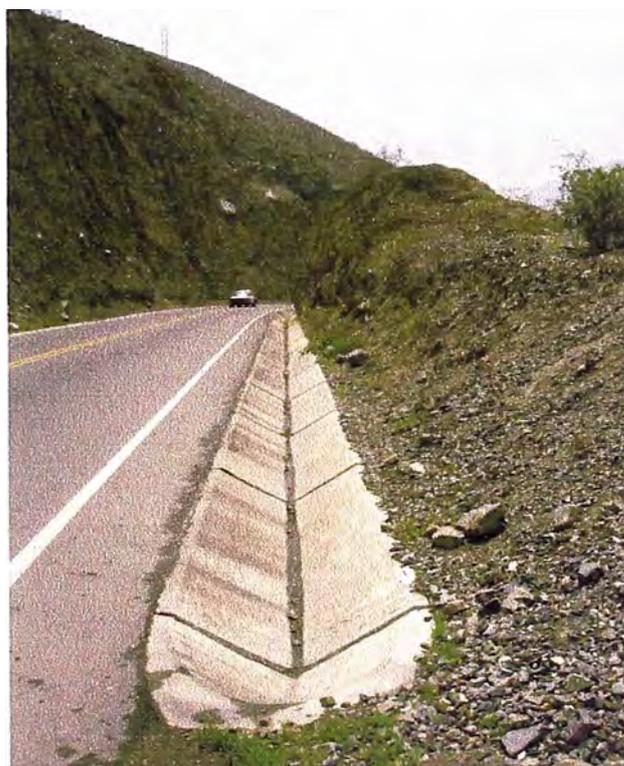
**Foto N° 15** Losa de mampostería ubicada en el cauce de entrada de la alcantarilla del Km 57+905, la cual supera los problemas de cárcavas en la ladera. Como se observa, los taludes de corte son casi verticales.



**Foto N° 16** Cabezal de concreto y losa de mampostería trabajando como estructuras de protección a la salida de la alcantarilla correspondiente al Km 57+905. Se puede observar pequeña acumulación de material fino al fondo de la alcantarilla así como basura en la losa. No existe socavación tras los aleros.



**Foto N° 17** Medición de las dimensiones de la sección transversal de la cuneta ubicada en el lado derecho de la carretera, aproximadamente en el Km 57+990. Esta sección transversal es típica para todos los tramos de cunetas ubicados en el lado derecho e izquierdo de la carretera: 1.00 de ancho por 0.40 m de alto. Se observa escombros dentro de la cuneta.



**Foto N° 18** Inicio del tramo de cunetas Km 56+280 a 56+420, ubicado en el lado izquierdo de la carretera. El estado de conservación de las cunetas es muy bueno; las juntas de asfalto presentan un poco de desgaste superficial producido por el arrastre de materiales a través de las cunetas.

**ANEXO A.IV.**  
**EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS**  
**INFORMACIÓN DE CAMPO**

**FORMULARIO ESTÁNDAR PARA LA  
EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS**

CARRETERA Héroes de la Breña  
PROGRESIVA 55+295

**I. UBICACIÓN E INFORMACIÓN GENERAL**

01. Departamento	Lima	02. Provincia	Huarochiri		
03. Ruta	Cocachacra - Matucana	04. Coordenadas al eje de la vía	ESTE 334,143	NORTE 8,683,919	
05. Año de construcción	S/D	06. Fecha de último mantenimiento	DD --	MM --	AA --
07. Año de modificación	2002	08. Instituc. Responsable de Manten.	Provias Nacional		

**II. CARRETERA DE ACCESO**

09. Defecto en el Pavimento	---
10. Defecto en las Bermas	No presenta bermas.
11. Defecto en el Terraplén	---

**III. ESTRUCTURA DE PROTECCIÓN A LA ENTRADA**

12. Material	Concreto	13. Tipo	Cabezal
14. Espesor de pared (m)	0.20 a 0.60 (forma de escalera)	15. Ancho (m)	1.75
16. Altura (m)	0.64	17. Longitud del alero	---
18. Estado:	El concreto del cabezal se encuentra en buen estado.		

**IV. ESTRUCTURA DE PROTECCIÓN A LA SALIDA**

19. Material	Concreto	20. Tipo	Cabezal
21. Espesor de pared	0.20	22. Ancho	1.75
23. Altura	0.62	24. Longitud del alero	---
25. Estado:	El concreto del cabezal se encuentra en buen estado.		

**V. CAUCE DE ENTRADA**

26. Ancho de cauce	1.25	27. Sección del cauce	---
28. Material de protección	Canal de concreto	29. Longitud de protección	Total
30. Sección de protección	Rectangular		
31. Socavación	---		
32. Sedimentación	---		
33. Comentarios:	Se recomienda remover un poco de material que se encuentra sobre las paredes del canal.		

**VI. CAUCE DE SALIDA**

34. Ancho de cauce	0.95	35. Sección del cauce	---
36. Material de protección	Canal y cuneta de concreto	37. Longitud de protección	Total
38. Sección de protección	Rectangular		
39. Socavación	---		
40. Sedimentación	---		
41. Comentarios:	---		

**FORMULARIO ESTÁNDAR PARA LA  
EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS (Continuación)**

CARRETERA Héroes de la Breña  
PROGRESIVA 55+295

**VII. CONDUCTO**

42. Sentido del flujo	Izquierda - Derecha	43. Material	TMC
44. Forma	Circular	45. Numero de conductos	1
46. Longitud (m)	9.75	47. Ancho (m)	0.90
48. Altura (m)	0.90	49. Calibre/espesor de pared	S/D
50. Tipo de Protección	---	51. Cobertura	0.60
52. Pendiente del conducto (m/m)	0.03	53. Esviaje (°)	0.00
54. Altura sedimentos en la Entrada	0.00	55. Altura sedimentos en la Salida	0.00
56. Geometría de la Entrada	CUERDA --	FLECHA --	% E --
57. Geometría de la Salida	CUERDA --	FLECHA --	% E --
58. Altura de marcas de agua	No se pudo visualizar debido a que el tubo estaba casi lleno		
59. Estado Estructural	No presenta daños.		
60. Comentarios:	Durante la inspección el conducto estaba trabajando al 90% de capacidad aproximadamente, no visualizándose ningún problema de embalsamiento a la entrada		

**VIII. CONDICIÓN GLOBAL:** Se trata de una alcantarilla en buen estado estructural que está funcionando adecuadamente. Existe la posible caída al cauce de material acumulado sobre las paredes del canal de entrada. El nivel superior del cabezal está por encima del nivel del pavimento debido a su proximidad a la vía.

**IX. COMENTARIOS:** Se recomienda realizar una remoción del material acumulado sobre las paredes del canal de entrada, para evitar así su caída al canal. Asimismo, se recomienda el pintado de la parte superior de los cabezales para su rápida visualización por parte de los conductores. Ver Fotos N° 01 y 02.

**X. ESQUEMA GRÁFICO COMPLEMENTARIO**

INVENTARIADO POR: ORCL

FECHA: 25-Ene-06

**FORMULARIO ESTÁNDAR PARA LA  
EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS**

CARRETERA Héroes de la Breña  
PROGRESIVA 55+702

**I. UBICACIÓN E INFORMACIÓN GENERAL**

01. Departamento	Lima	02. Provincia	Huarochiri		
03. Ruta	Cocachacra - Matucana	04. Coordenadas al eje de la vía	ESTE 334,436	NORTE 8,683,698	
05. Año de construcción	S/D	06. Fecha de ultimo mantenimiento	DD --	MM --	AA --
07. Año de modificación	2002	08. Instituc. Responsable de Manten.	Provias Nacional		

**II. CARRETERA DE ACCESO**

09. Defecto en el Pavimento	---
10. Defecto en las Bermas	No presenta bermas.
11. Defecto en el Terraplén	---

**III. ESTRUCTURA DE PROTECCIÓN A LA ENTRADA**

12. Material	Concreto	13. Tipo	Cabecal con caja de reunión
14. Espesor de pared (m)	0.20	15. Ancho (m)	2.00
16. Altura (m)	1.55	17. Longitud del alero	---
18. Estado:	La caída de piedras ha causado pequeñas roturas de los bordes de la estructura de concreto.		

**IV. ESTRUCTURA DE PROTECCIÓN A LA SALIDA**

19. Material	Concreto	20. Tipo	Cabecal y aleros
21. Espesor de pared	0.20	22. Ancho	2.00
23. Altura	1.68	24. Longitud del alero	2.50
25. Estado:	Superficie de concreto irregular debido a problemas constructivos.		

**V. CAUCE DE ENTRADA**

26. Ancho de cauce	No está definido	27. Sección del cauce	---
28. Material de protección	Losa Mampost. y cuneta concreto	29. Longitud de protección	3.75
30. Sección de protección	Trapezoidal		
31. Socavación	Indicios de pequeñas tubificaciones a los lados de la losa debido al lavado del material aluvional		
32. Sedimentación	---		
33. Comentarios:	---		

**VI. CAUCE DE SALIDA**

34. Ancho de cauce	1.60	35. Sección del cauce	Rectangular
36. Material de protección	Losa Mamposteria y muro de piedras	37. Longitud de protección	6.20
38. Sección de protección	Trapezoidal		
39. Socavación	---		
40. Sedimentación	---		
41. Comentarios:	Remoción de las cañerías instaladas por los pobladores de los alrededores. Muro inestable.		

**FORMULARIO ESTÁNDAR PARA LA  
EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS (Continuación)**

CARRETERA Héroes de la Breña  
PROGRESIVA 55+702

**VII. CONDUCTO**

42. Sentido del flujo	Derecha - Izquierda			43. Material	TMC		
44. Forma	Circular			45. Numero de conductos	1		
46. Longitud (m)	9.75			47. Ancho (m)	0.90		
48. Altura (m)	0.90			49. Calibre/espesor de pared	S/D		
50. Tipo de Protección	---			51. Cobertura	0.60		
52. Pendiente del conducto (m/m)	0.03			53. Esviaje (°)	0.00		
54. Altura sedimentos en la Entrada	0.20			55. Altura sedimentos en la Salida	0.01		
56. Geometría de la Entrada	CUERDA	FLECHA	% E	57. Geometría de la Salida	CUERDA	FLECHA	% E
	---	---	---		---	---	---
58. Altura de marcas de agua	---						
59. Estado Estructural	Buen estado estructural, no presenta deformaciones.						
60. Comentarios:	Se recomienda un programa rutinario de limpieza.						

**VIII. CONDICIÓN GLOBAL:** Es una alcantarilla en buen estado global. Su buen funcionamiento depende de la cultura de los pobladores de los alrededores.

**IX. COMENTARIOS:** Se recomienda un programa rutinario de limpieza de escombros y restos echados por los pobladores que viven muy cerca de la zona. Las cañerías instaladas dentro de la alcantarilla ayudan a la acumulación de escombros dentro y fuera del conducto, por lo cual deben ser removidas. El muro de piedra acomodada es inestable, se recomienda su reemplazo. Ver Fotos N° 03 y 04.

**X. ESQUEMA GRÁFICO COMPLEMENTARIO**

INVENTARIADO POR: ORCL

FECHA: 25 Ene-06

**FORMULARIO ESTÁNDAR PARA LA  
EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS**

CARRETERA Héroes de la Breña  
PROGRESIVA 56+103

**I. UBICACIÓN E INFORMACIÓN GENERAL**

01. Departamento	Lima	02. Provincia	Huarochiri		
03. Ruta	Cocachacra - Matucana	04. Coordenadas al eje de la via	ESTE 334,795	NORTE 8,683,876	
05. Año de construcción	S/D	06. Fecha de ultimo mantenimiento	DD --	MM --	AA --
07. Año de modificación	2002	08. Instituc. Responsable de Manten.	Provias Nacional		

**II. CARRETERA DE ACCESO**

09. Defecto en el Pavimento	--
10. Defecto en las Bermas	No presenta bermas.
11. Defecto en el Terraplén	--

**III. ESTRUCTURA DE PROTECCIÓN A LA ENTRADA**

12. Material	Concreto	13. Tipo	Cabezal con caja de reunión
14. Espesor de pared (m)	0.20	15. Ancho (m)	2.00
16. Altura (m)	1.50	17. Longitud del alero	---
18. Estado:	El concreto del cabezal se encuentra en buen estado, solo presenta una fisura superficial.		

**IV. ESTRUCTURA DE PROTECCIÓN A LA SALIDA**

19. Material	Concreto	20. Tipo	Cabezal y Aleros
21. Espesor de pared	0.20	22. Ancho	2.00
23. Altura	1.60	24. Longitud del alero	2.50
25. Estado:	Se encuentra en buen estado, el material por detrás de la estructura no ha sido lavado.		

**V. CAUCE DE ENTRADA**

26. Ancho de cauce	No está definido	27. Sección del cauce	---
28. Material de protección	Cuneta de concreto	29. Longitud de protección	---
30. Sección de protección	--		
31. Socavación	Presenta pequeños indicios de tubificación a lo ancho de su cauce		
32. Sedimentación	--		
33. Comentarios:	--		

**VI. CAUCE DE SALIDA**

34. Ancho de cauce	1.20	35. Sección del cauce	Trapezoidal
36. Material de protección	Losa de mampostería	37. Longitud de protección	5.10
38. Sección de protección	Trapezoidal		
39. Socavación	No existe		
40. Sedimentación	Pequeña acumulaciones de basura a lo largo del cauce.		
41. Comentarios:	Se recomienda realizar una limpieza del cauce de salida.		

**FORMULARIO ESTÁNDAR PARA LA  
EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS (Continuación)**

CARRETERA Héroes de la Breña  
PROGRESIVA 56+103

**VII. CONDUCTO**

42. Sentido del flujo	Derecha - Izquierda			43. Material	TMC		
44. Forma	Circular			45. Numero de conductos	1		
46. Longitud (m)	9.75			47. Ancho (m)	0.90		
48. Altura (m)	0.90			49. Calibre/espesor de pared	S/D		
50. Tipo de Protección	—			51. Cobertura	0.65		
52. Pendiente del conducto (m/m)	0.03			53. Esviaje (°)	0		
54. Altura sedimentos en la Entrada	0.02			55. Altura sedimentos en la Salida	0.03		
56. Geometria de la Entrada	CUERDA	FLECHA	% E	57. Geometria de la Salida	CUERDA	FLECHA	%E
	—	—	—		—	—	—
58. Altura de marcas de agua	—						
59. Estado Estructural	No existen problemas estructurales, la alcantarilla no presenta deformaciones.						
60. Comentarios:	Se recomienda la limpieza de la entrada de la alcantarilla						

**VIII. CONDICIÓN GLOBAL:** La alcantarilla se encuentra en buen estado.

**IX. COMENTARIOS:** Se recomienda un eficiente sistema de limpieza de alcantarillas. Asimismo se recomienda retirar el resto de cañería que habría sido instalada por dentro de la alcantarilla. Ver Fotos N° 05 y 06.

**X. ESQUEMA GRÁFICO COMPLEMENTARIO**

INVENTARIADO POR: ORCL

FECHA: 25-Ene-06

**FORMULARIO ESTÁNDAR PARA LA  
EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS**

CARRETERA Héroes de la Breña  
PROGRESIVA 56+400

**I. UBICACIÓN E INFORMACIÓN GENERAL**

01. Departamento	Lima	02. Provincia	Hurochiri		
03. Ruta	Cocachaca - Matucana	04. Coordenadas al eje de la via	ESTE 335,308	NORTE 8,683,939	
05. Año de construcción	S/D	06. Fecha de ultimo mantenimiento	DD --	MM --	AA --
07. Año de modificación	2002	08. Instituc. Responsable de Manten.	Provias Nacional		

**II. CARRETERA DE ACCESO**

09. Defecto en el Pavimento	---
10. Defecto en las Bermas	No presenta bermas.
11. Defecto en el Terraplén	---

**III. ESTRUCTURA DE PROTECCIÓN A LA ENTRADA**

12. Material	Concreto	13. Tipo	Cabezal con caja de reunión
14. Espesor de pared (m)	0.20	15. Ancho (m)	2.00
16. Altura (m)	1.50	17. Longitud del alero	---
18. Estado:	Se encuentra en buen estado.		

**IV. ESTRUCTURA DE PROTECCIÓN A LA SALIDA**

19. Material	Concreto	20. Tipo	Cabezal y Alero
21. Espesor de pared	0.20	22. Ancho	2.00
23. Altura	1.64	24. Longitud del alero	2.50
25. Estado:	Se encuentra en buen estado.		

**V. CAUCE DE ENTRADA**

26. Ancho de cauce	1.50	27. Sección del cauce	Trapezoidal (cárcava)
28. Material de protección	Losa Mampost. y cuneta concreto	29. Longitud de protección	6.00
30. Sección de protección	Triangular		
31. Socavación	---		
32. Sedimentación	Obstrucción por la caída y conformación del material de arrastre sobre la losa de mamposteria.		
33. Comentarios:	Remover por completo el material conformado.		

**VI. CAUCE DE SALIDA**

34. Ancho de cauce	0.80	35. Sección del cauce	Trapezoidal
36. Material de protección	---	37. Longitud de protección	---
38. Sección de protección	---		
39. Socavación	---		
40. Sedimentación	Existen pequeños restos de basura a lo largo del cauce.		
41. Comentarios:	Se recomienda realizar una limpieza del cauce de salida.		

**FORMULARIO ESTÁNDAR PARA LA  
EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS (Continuación)**

CARRETERA Héroes de la Breña  
PROGRESIVA 56+400

**VII. CONDUCTO**

42. Sentido del flujo	Derecha - Izquierda			43. Material	TMC		
44. Forma	Circular			45. Numero de conductos	1		
46. Longitud (m)	9.75			47. Ancho (m)	0.90		
48. Altura (m)	0.90			49. Calibre/espesor de pared	S/D		
50. Tipo de Protección	---			51. Cobertura	0.65		
52. Pendiente del conducto (m/m)	0.03			53. Esviaje (°)	0		
54. Altura sedimentos en la Entrada	0.04			55. Altura sedimentos en la Salida	0.03		
56. Geometría de la Entrada	CUERDA	FLECHA	% E	57. Geometría de la Salida	CUERDA	FLECHA	%E
	---	---	---		---	---	---
58. Altura de marcas de agua	---						
59. Estado Estructural	Presenta inicio de daños por oxidación.						
60. Comentarios:	---						

**VIII. CONDICIÓN GLOBAL:** La alcantarilla se encuentra en buen estado en general, sus indicios de oxidación son leves. La obstrucción del cauce de entrada debe ser eliminada lo más pronto posible para evitar que el agua lave dicho material y lo deposite en el conducto o en cauce de salida, lo cual significaría un mayor costo de limpieza y el mal funcionamiento hidráulico de la alcantarilla.

**IX. COMENTARIOS:** Se recomienda realizar los siguientes trabajos: Limpieza del cauce de entrada principalmente y pintado del tubo con pintura epóxica. Ver Fotos N° 07 y 08.

**X. ESQUEMA GRÁFICO COMPLEMENTARIO**

INVENTARIADO POR: ORCL

FECHA: 25-Ene-06

**FORMULARIO ESTÁNDAR PARA LA  
EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS**

CARRETERA Héroes de la Breña  
PROGRESIVA 56+630

**I. UBICACIÓN E INFORMACIÓN GENERAL**

01. Departamento	Lima	02. Provincia	Huarochiri		
03. Ruta	Cocachacra - Matucana	04. Coordenadas al eje de la vía	ESTE 335,464	NORTE 8,684,043	
05. Año de construcción	S/D	06. Fecha de ultimo mantenimiento	DD --	MM --	AA --
07. Año de modificación	2002	08. Instituc. Responsable de Manten.	Provias Nacional		

**II. CARRETERA DE ACCESO**

09. Defecto en el Pavimento	--
10. Defecto en las Bermas	No presenta bermas.
11. Defecto en el Terraplén	--

**III. ESTRUCTURA DE PROTECCIÓN A LA ENTRADA**

12. Material	Concreto	13. Tipo	Cabecal con caja de reunión
14. Espesor de pared (m)	0.20	15. Ancho (m)	2.00
16. Altura (m)	1.55	17. Longitud del alero	---
18. Estado:	El concreto del cabecal se encuentra en buen estado.		

**IV. ESTRUCTURA DE PROTECCIÓN A LA SALIDA**

19. Material	--	20. Tipo	Proyección
21. Espesor de pared	--	22. Ancho	---
23. Altura	--	24. Longitud del alero	---
25. Estado:	La tubería en proyección presenta inicio de oxidación.		

**V. CAUCE DE ENTRADA**

26. Ancho de cauce	1.40	27. Sección del cauce	Trapezoidal
28. Material de protección	Cuneta de concreto	29. Longitud de protección	---
30. Sección de protección	---		
31. Socavación	---		
32. Sedimentación	---		
33. Comentarios:	Los desperdicios acumulados en la entrada no han sido arrastrados por el flujo del cauce.		

**VI. CAUCE DE SALIDA**

34. Ancho de cauce	0.70	35. Sección del cauce	Trapezoidal
36. Material de protección	---	37. Longitud de protección	---
38. Sección de protección	---		
39. Socavación	Se viene presentando un leve proceso de socavación donde la alcantarilla entrega sus aguas al cauce		
40. Sedimentación	---		
41. Comentarios:	Se recomienda implementar una plataforma de mampostería de 3.50 m de largo		

**FORMULARIO ESTÁNDAR PARA LA  
EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS (Continuación)**

CARRETERA Héroes de la Breña  
PROGRESIVA 56+630

**VII. CONDUCTO**

42. Sentido del flujo	Derecha - Izquierda			43. Material	TMC		
44. Forma	Circular			45. Numero de conductos	1		
46. Longitud (m)	9.75			47. Ancho (m)	0.90		
48. Altura (m)	0.90			49. Calibre/espesor de pared	S/D		
50. Tipo de Protección	---			51. Cobertura	0.60		
52. Pendiente del conducto (m/m)	0.03			53. Esviaje (°)	0		
54. Altura sedimentos en la Entrada	0.13			55. Altura sedimentos en la Salida	0.09		
56. Geometría de la Entrada	CUERDA	FLECHA	% E	57. Geometría de la Salida	CUERDA	FLECHA	%E
	—	—	—		—	—	—
58. Altura de marcas de agua	---						
59. Estado Estructural	La alcantarilla se encuentra en buen estado, funciona correctamente						
60. Comentarios:	Se requiere limpiar la alcantarilla lo más pronto posible						

**VIII. CONDICIÓN GLOBAL:** La alcantarilla se encuentra en buen estado, requiere limpieza en su entrada y salida. El extremo de salida se encuentra permanentemente expuesto, por lo cual debe ser protegido con pintura epóxica para evitar su oxidación.

**IX. COMENTARIOS:** Es necesario la limpieza inmediata de la basura depositada en la caja de reunión de la entrada así como la proyección de una plataforma de mampostería a la salida de unos 3.50 m de largo. Pintar el extremo expuesto de la alcantarilla con pintura epóxica. Ver Fotos N° 09 y 10

**X. ESQUEMA GRÁFICO COMPLEMENTARIO**

INVENTARIADO POR: ORCL

FECHA: 25-Ene-06

**FORMULARIO ESTÁNDAR PARA LA  
EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS**

CARRETERA Héroes de la Breña  
PROGRESIVA 57+039

**I. UBICACIÓN E INFORMACIÓN GENERAL**

01. Departamento	Lima	02. Provincia	Huarochiri		
03. Ruta	Cocachacra - Matucana	04. Coordenadas al eje de la vía	ESTE 335,677	NORTE 8,684,055	
05. Año de construcción	S/D	06. Fecha de ultimo mantenimiento	DD --	MM --	AA --
07. Año de modificación	2002	08. Instituc. Responsable de Manten.	Provias Nacional		

**II. CARRETERA DE ACCESO**

09. Defecto en el Pavimento	---
10. Defecto en las Bermas	No presenta bermas.
11. Defecto en el Terraplén	---

**III. ESTRUCTURA DE PROTECCIÓN A LA ENTRADA**

12. Material	Concreto	13. Tipo	Cabezal con caja de reunión
14. Espesor de pared (m)	0.20	15. Ancho (m)	2.00
16. Altura (m)	1.50	17. Longitud del alero	---
18. Estado:	El concreto del cabezal se encuentra en buen estado.		

**IV. ESTRUCTURA DE PROTECCIÓN A LA SALIDA**

19. Material	Concreto	20. Tipo	Cabezal y Alero
21. Espesor de pared	0.20	22. Ancho	2.00
23. Altura	1.65	24. Longitud del alero	1.05
25. Estado:	El concreto del cabezal se encuentra en buen estado.		

**V. CAUCE DE ENTRADA**

26. Ancho de cauce	No está definido	27. Sección del cauce	---
28. Material de protección	Cuneta de concreto	29. Longitud de protección	---
30. Sección de protección	---		
31. Socavación	---		
32. Sedimentación	---		
33. Comentarios:	El cauce de entrada es casi vertical, no presentándose un cauce bien definido.		

**VI. CAUCE DE SALIDA**

34. Ancho de cauce	0.90	35. Sección del cauce	Trapezoidal
36. Material de protección	---	37. Longitud de protección	---
38. Sección de protección	---		
39. Socavación	Existe una leve profundización del cauce que no representa mayor problema.		
40. Sedimentación	Presenta vegetación a la salida del cauce que debe ser removida para evitar la sedimentación del m.arrastre		
41. Comentarios:	---		

**FORMULARIO ESTÁNDAR PARA LA  
EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS (Continuación)**

CARRETERA Héroes de la Breña  
PROGRESIVA 57+039

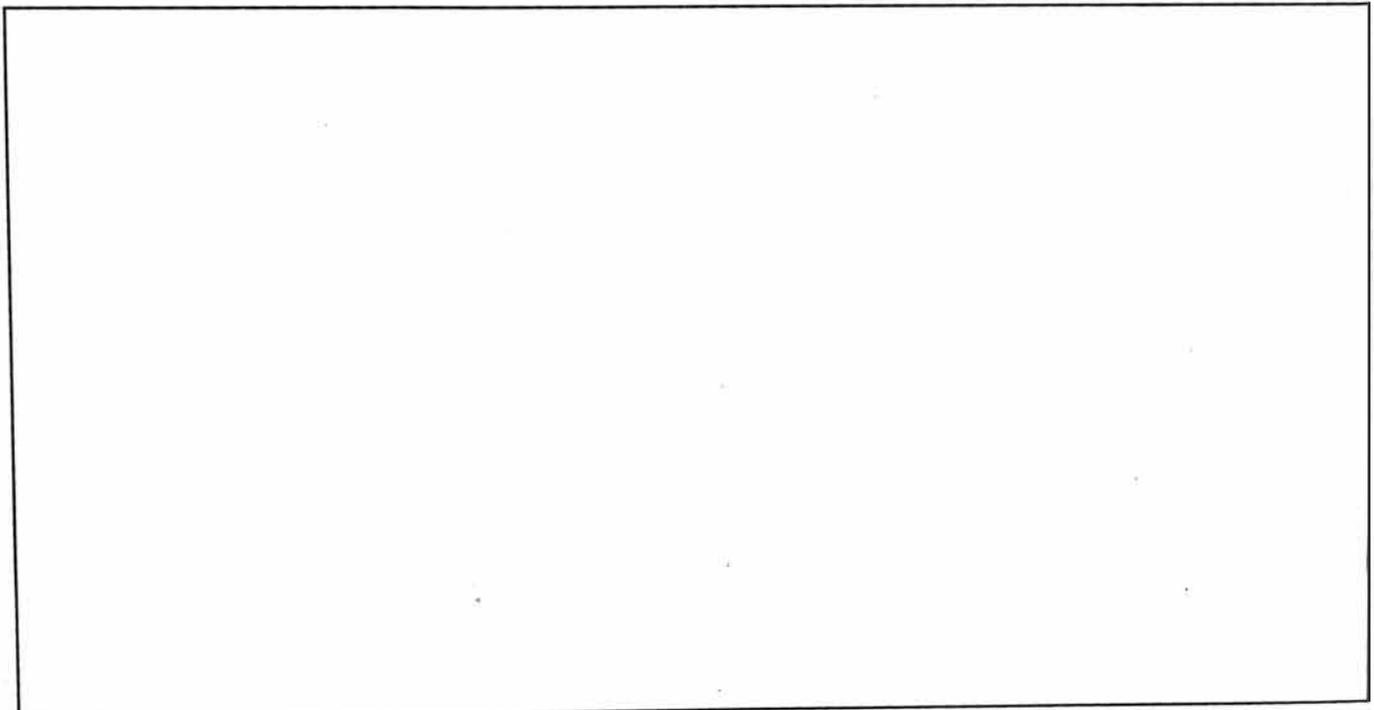
**VII. CONDUCTO**

42. Sentido del flujo	Derecha - Izquierda			43. Material	TMC		
44. Forma	Circular			45. Numero de conductos	1		
46. Longitud (m)	9.75			47. Ancho (m)	0.90		
48. Altura (m)	0.90			49. Calibre/espesor de pared	S/D		
50. Tipo de Protección	---			51. Cobertura	0.65		
52. Pendiente del conducto (m/m)	0.03			53. Esviaje (°)	0		
54. Altura sedimentos en la Entrada	0.15			55. Altura sedimentos en la Salida	0.04		
56. Geometría de la Entrada	CUERDA	FLECHA	% E	57. Geometría de la Salida	CUERDA	FLECHA	%E
	—	—	—		—	—	—
58. Altura de marcas de agua	---						
59. Estado Estructural	Presenta inicio de daños por oxidación.						
60. Comentarios:	Las entradas y salidas se encuentran obstruidas por la acumulación de basura, la cual ha sido vertida por los pobladores de alrededores.						

**VIII. CONDICIÓN GLOBAL:** La alcantarilla funciona correctamente, no existe mayores problemas con la socavación o sedimentación del cauce. Se requiere una limpieza de sus extremos.

**IX. COMENTARIOS:** Se recomienda realizar la limpieza del conducto lo mas pronto posible. Pintar el conducto con pintura epóxica. Ver Fotos N° 11 y 12.

**X. ESQUEMA GRÁFICO COMPLEMENTARIO**



INVENTARIADO POR: ORCL

FECHA: 25-Ene-06

**FORMULARIO ESTÁNDAR PARA LA  
EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS**

CARRETERA Héroes de la Breña  
PROGRESIVA 57+280

**I. UBICACIÓN E INFORMACIÓN GENERAL**

01. Departamento	Lima	02. Provincia	Huarochiri		
03. Ruta	Cocachacra - Matucana	04. Coordenadas al eje de la vía	ESTE 335,915	NORTE 8,684,047	
05. Año de construcción	S/D	06. Fecha de ultimo mantenimiento	DD —	MM —	AA —
07. Año de modificación	2002	08. Instituc. Reponsable de Manten.	Provias Nacional		

**II. CARRETERA DE ACCESO**

09. Defecto en el Pavimento	—
10. Defecto en las Bermas	No presenta bermas.
11. Defecto en el Terraplén	—

**III. ESTRUCTURA DE PROTECCIÓN A LA ENTRADA**

12. Material	Concreto	13. Tipo	Cabezal con caja de reunión
14. Espesor de pared (m)	0.20	15. Ancho (m)	2.00
16. Altura (m)	1.50	17. Longitud del alero	—
18. Estado:	El concreto presenta pequeñas roturas debido al impacto de las piedras.		

**IV. ESTRUCTURA DE PROTECCIÓN A LA SALIDA**

19. Material	Concreto	20. Tipo	Cabezal y Alero
21. Espesor de pared	0.20	22. Ancho	2.00
23. Altura	1.72	24. Longitud del alero	0.80
25. Estado:	No existe socavación a la espalda del cabezal.		

**V. CAUCE DE ENTRADA**

26. Ancho de cauce	No está definido	27. Sección del cauce	---
28. Material de protección	Cuneta de concreto	29. Longitud de protección	---
30. Sección de protección	—		
31. Socavación	El material aluvional del talud de corte casi vertical viene siendo lavado pero sin representar un riesgo.		
32. Sedimentación	—		
33. Comentarios:	—		

**VI. CAUCE DE SALIDA**

34. Ancho de cauce	No está definido	35. Sección del cauce	---
36. Material de protección	Losa de mampostería	37. Longitud de protección	1.80
38. Sección de protección	No está bien definida, es en su mayor parte rectangular.		
39. Socavación	Existe socavación general inicial en el cauce aguas abajo.		
40. Sedimentación	Existe un poco de basura desperdigada por el cauce.		
41. Comentarios:	Se recomienda realizar una limpieza del cauce de salida.		

**FORMULARIO ESTÁNDAR PARA LA  
EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS (Continuación)**

CARRETERA Héroes de la Breña  
PROGRESIVA 57+280

**VII. CONDUCTO**

42. Sentido del flujo	Derecha - Izquierda			43. Material	TMC		
44. Forma	Circular			45. Numero de conductos	1		
46. Longitud (m)	9.75			47. Ancho (m)	0.90		
48. Altura (m)	0.90			49. Calibre/espesor de pared	S/D		
50. Tipo de Protección	—			51. Cobertura	0.65		
52. Pendiente del conducto (m/m)	0.03			53. Esviaje (°)	0		
54. Altura sedimentos en la Entrada	0.03			55. Altura sedimentos en la Salida	0.01		
56. Geometría de la Entrada	CUERDA	FLECHA	% E	57. Geometría de la Salida	CUERDA	FLECHA	%E
	—	—	—		—	—	—
58. Altura de marcas de agua	—						
59. Estado Estructural	Se encuentra en buen estado.						
60. Comentarios:	—						

**VIII. CONDICIÓN GLOBAL:** La alcantarilla se encuentra en buen estado global.

**IX. COMENTARIOS:** Ver Fotos N° 13 y 14.

**X. ESQUEMA GRÁFICO COMPLEMENTARIO**

INVENTARIADO POR: ORCL

FECHA: 25-Ene-06

**FORMULARIO ESTÁNDAR PARA LA  
EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS**

CARRETERA Héroes de la Breña  
PROGRESIVA 57+905

**I. UBICACIÓN E INFORMACIÓN GENERAL**

01. Departamento	Lima	02. Provincia	Huarochiri		
03. Ruta	Cocachacra - Matucana	04. Coordenadas al eje de la vía	ESTE 336,428	NORTE 8,684,359	
05. Año de construcción	S/D	06. Fecha de ultimo mantenimiento	DD --	MM --	AA --
07. Año de modificación	2002	08. Instituc. Responsable de Manten.	Provias Nacional		

**II. CARRETERA DE ACCESO**

09. Defecto en el Pavimento	--
10. Defecto en las Bermas	No presenta bermas.
11. Defecto en el Terraplén	--

**III. ESTRUCTURA DE PROTECCIÓN A LA ENTRADA**

12. Material	Concreto	13. Tipo	Cabezal con caja de reunión
14. Espesor de pared (m)	0.20	15. Ancho (m)	2.00
16. Altura (m)	1.55	17. Longitud del alero	---
18. Estado:	El concreto del cabezal se encuentra en buen estado.		

**IV. ESTRUCTURA DE PROTECCIÓN A LA SALIDA**

19. Material	Concreto	20. Tipo	Cabezal y Alero
21. Espesor de pared	0.20	22. Ancho	2.00
23. Altura	1.65	24. Longitud del alero	1.15
25. Estado:	El concreto del cabezal se encuentra en buen estado.		

**V. CAUCE DE ENTRADA**

26. Ancho de cauce	No está definido	27. Sección del cauce	--
28. Material de protección	Losa Mampost. y cuneta concreto	29. Longitud de protección	6.50
30. Sección de protección	Trapezoidal		
31. Socavación	---		
32. Sedimentación	--		
33. Comentarios:	--		

**VI. CAUCE DE SALIDA**

34. Ancho de cauce	0.7	35. Sección del cauce	Trapezoidal
36. Material de protección	Losa de Mamposteria	37. Longitud de protección	3.40
38. Sección de protección	Trapezoidal		
39. Socavación	---		
40. Sedimentación	--		
41. Comentarios:	--		

**FORMULARIO ESTÁNDAR PARA LA  
EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS (Continuación)**

CARRETERA Héroes de la Breña  
PROGRESIVA 57+905

**VII. CONDUCTO**

42. Sentido del flujo	Derecha - Izquierda			43. Material	TMC		
44. Forma	Circular			45. Numero de conductos	1		
46. Longitud (m)	9.75			47. Ancho (m)	0.90		
48. Altura (m)	0.90			49. Calibre/espesor de pared	S/D		
50. Tipo de Protección	---			51. Cobertura	0.60		
52. Pendiente del conducto (m/m)	0.03			53. Esviaje (°)	0		
54. Altura sedimentos en la Entrada	0.01			55. Altura sedimentos en la Salida	0.01		
56. Geometría de la Entrada	CUERDA	FLECHA	% E	57. Geometría de la Salida	CUERDA	FLECHA	% E
	—	—	—		—	—	—
58. Altura de marcas de agua	---						
59. Estado Estructural	El conducto se encuentra en buen estado, sin deformaciones ni aplanamientos.						
60. Comentarios:	---						

**VIII. CONDICIÓN GLOBAL:** La alcantarilla se encuentra en buen estado, su funcionamiento y condición es correcto.

**IX. COMENTARIOS:** Se recomienda realizar la limpieza rutinaria para la eliminación de basura.

Ver Fotos N° 15 y 16.

**X. ESQUEMA GRÁFICO COMPLEMENTARIO**

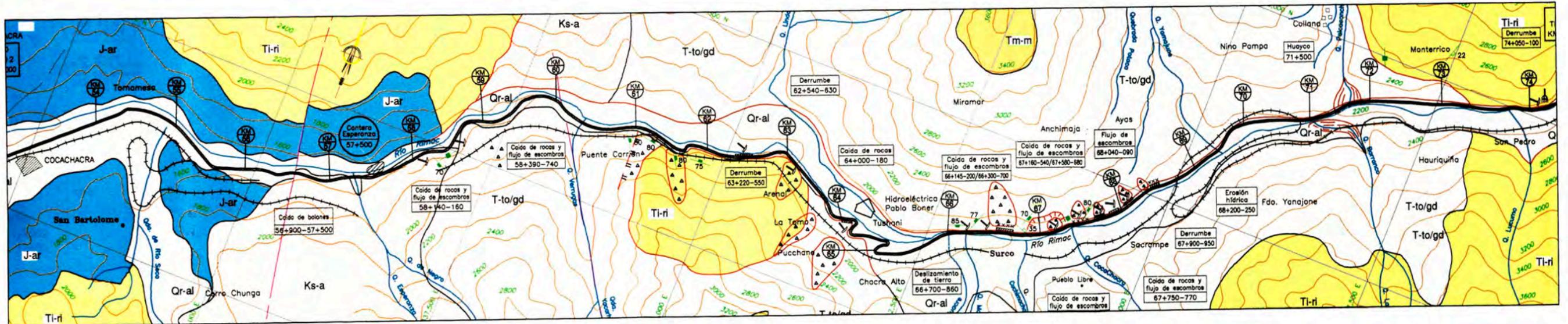
INVENTARIADO POR: ORCL

FECHA: 25-Ene-06

# **ANEXO A.V.**

## **PLANOS**





ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	ROCAS INTRUSIVAS
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE	Qr-al Depósitos aluviales	
		PLEISTOCENO		
	TERCIARIO	SUPERIOR		T-to/gd Tonallita Granodiorita
MEDIO		Tm-m Volc. Millotungo		
	INFERIOR	Ti-ri Grupo Rimac	Ks-a Andesita	
MESOZOICO	CRETACIO	SUPERIOR		
		INFERIOR		
	JURASICO	J-ar	Frm. Arahuy	

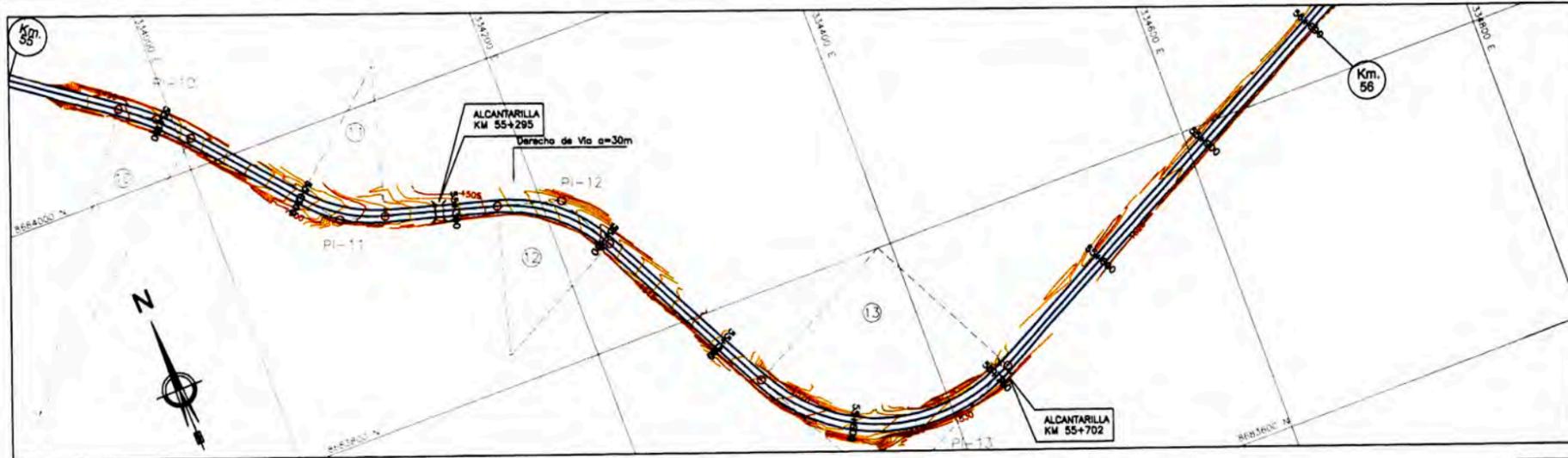
FUENTE: INGEMMET.

### SIMBOLOGIA

- |  |   |  |                     |
|--|---|--|---------------------|
|  | Rumbo y buzamiento de estrato           |  | Flujo de escombros  |
|  | Buzamiento moderado: Fotointerpretación |  | Desquinche          |
|  | Diaclasas o fracturas                   |  | Gabión              |
|  | Eje de sinclinal                        |  | Muro                |
|  | Eje de anticlinal                       |  | Limpieza            |
|  | Eje de anticlinal invertido             |  | Dren horizontal     |
|  | Contacto conocido                       |  | Falla conocida      |
|  | Contacto cubierto                       |  | Falla inferida      |
|  | Huayco                                  |  | Carretera asfaltada |
|  | Escarpa                                 |  | Carretera afirmada  |

PROYECTISTA :	REV. N°	FECHA	DESCRIPCION	<b>Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Cocachacra - Matucana del Km 55 al Km 58</b>  <b>KM 53+000 - KM 74+391</b>	<b>PLANO :</b>  <b>GEOLÓGIA REGIONAL DE LA CARRETERA</b>	APROBADO POR JEFE DE PROYECTO:	REVISADO POR JEFE DE ZONA:	ESCALA: S/E	FECHA: MAR 2008	DIBUJANTE:
										PLANO N° GG-01

ESCALA  
H : 1/4000

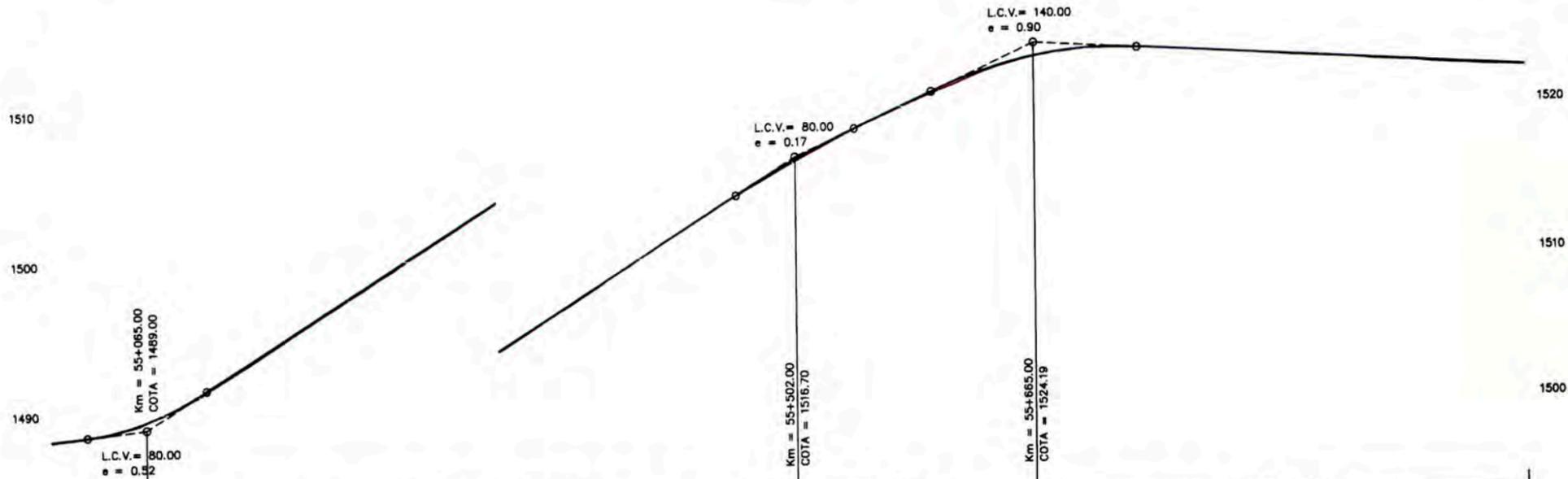


BM 55.0  
COTA=1492.172  
Km. 55+000  
Pta. Clavo en base concreto. P. Naranja.  
a 5.90m. a la izquierda  
1520

BM 55.5  
COTA=1518.804  
Km. 55+500  
Pta. Clavo en base concreto. P. Naranja.  
a 5.50m. a la derecha.

BM 56.0  
COTA=1522.368  
Km. 56+000  
Pta. Clavo en base concreto P.Naranja.  
a 4.90m. a la izquierda.  
1530

ESCALAS  
H : 1/4000  
V : 1/400



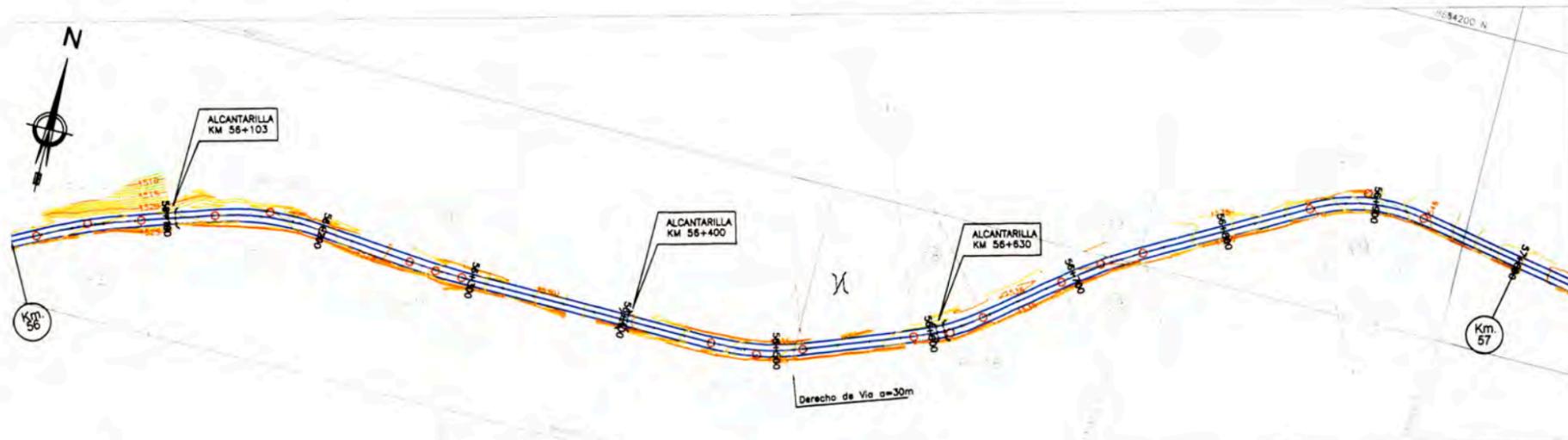
PENDIENTE	1.17% en 321.00m		6.34% en 437.00m										4.60% en 163.00m										-0.55% en 466.00m																												
COTA CAPA NIVELANTE	1488.24	1488.47	1488.78	1489.34	1490.15	1491.23	1492.48	1493.75	1495.02	1496.29	1497.56	1498.82	1500.09	1501.36	1502.63	1503.90	1505.16	1506.43	1507.70	1508.97	1510.23	1511.50	1512.77	1514.04	1515.27	1516.42	1517.47	1518.45	1519.37	1520.29	1521.20	1522.01	1522.87	1523.78	1524.67	1525.54	1526.45	1527.34	1528.23	1529.12	1530.01	1530.90	1531.79	1532.68	1533.57	1534.46	1535.35				
COTA DE CARPETA EXISTENTE	1488.19	1488.42	1488.70	1489.27	1490.09	1491.14	1492.39	1493.64	1494.92	1496.20	1497.46	1498.74	1500.02	1501.28	1502.56	1503.84	1505.10	1506.40	1507.64	1508.98	1510.23	1511.47	1512.74	1514.01	1515.16	1516.31	1517.37	1518.42	1519.33	1520.22	1521.07	1521.87	1522.61	1523.15	1523.53	1523.76	1523.80	1523.78	1523.66	1523.54	1523.43	1523.32	1523.19	1523.09	1522.99	1522.85	1522.78	1522.68	1522.57	1522.42	1522.32
ALINEAMIENTO	[Diagram showing curve data: R=100, A=14°28'28"; R=200, A=3°05'42.4"; R=111, A=5°55'17"; R=112, A=5°54'39"]																																																		
DRENAJE Y OBRAS DE ARTE	[Diagram showing drainage structures: CT, PD, R-2, I-18, P-14C, I-18, P-14B, RP, GV]																																																		
SEÑALIZACION	[Diagram showing traffic signs: N, I-18, P-41, P-14B, R-2, RP]																																																		
KILOMETRAJE	55+000	55+100	55+200	55+300	55+400	55+500	55+600	55+700	55+800	55+900	56+000																													56+000											

NOTA:  
Para determinar la Copa Nivelante se colocarán plantillas con la Rasante Geométrica calculada en base a los P's verticales indicados en el perfil y ajustados en obra.  
La rasante final se obtendrá colocando la carpeta de 0.075m sobre la Copa Nivelante.

OBRAS DE ARTE Y DRENAJE		
KM	SIMB.	DESCRIPCION
55+295 - 55+000	CT	Cuneta Triangular (D)
55+702 - 55+295	CT	Cuneta Triangular (D)
55+702 - 56+103	CT	Cuneta Triangular (D)
55+690 - 55+540	CT	Cuneta Triangular (I)
SERIALIZACION Y SEGURIDAD		
55+000	P-2B	Preventiva (I)
55+100	P-41	Preventiva (I)
55+375 - 55+405	GV	Guardavía (I)
55+500	I-18	Informativa (D)
55+560	P-14B	Preventiva (D)
55+530 - 55+710	PD	Postes Delineadores (I)
55+610	R-2	Reglamentaria (I)
55+650	I-18	Informativa (I)
55+670	P-14C	Preventiva (D)
55+710	P-14C	Preventiva (I)
55+740	R-2	Reglamentaria (D)
55+793	I-18	Informativa (I)
55+860	P-14B	Preventiva (I)
55+950 - 56+180	GV	Guardavía (I)

NOTA:  
N = SERIAL NUEVA  
RP = REEMPLAZO DE PANEL  
→ = DIRECCION DE FLUJO  
--- = LINEA BORDE CARRIL  
- - - = LINEA EJE VIA  
- - - = LINEA DOBLE DE EJE

ESCALA  
H : 1/4000

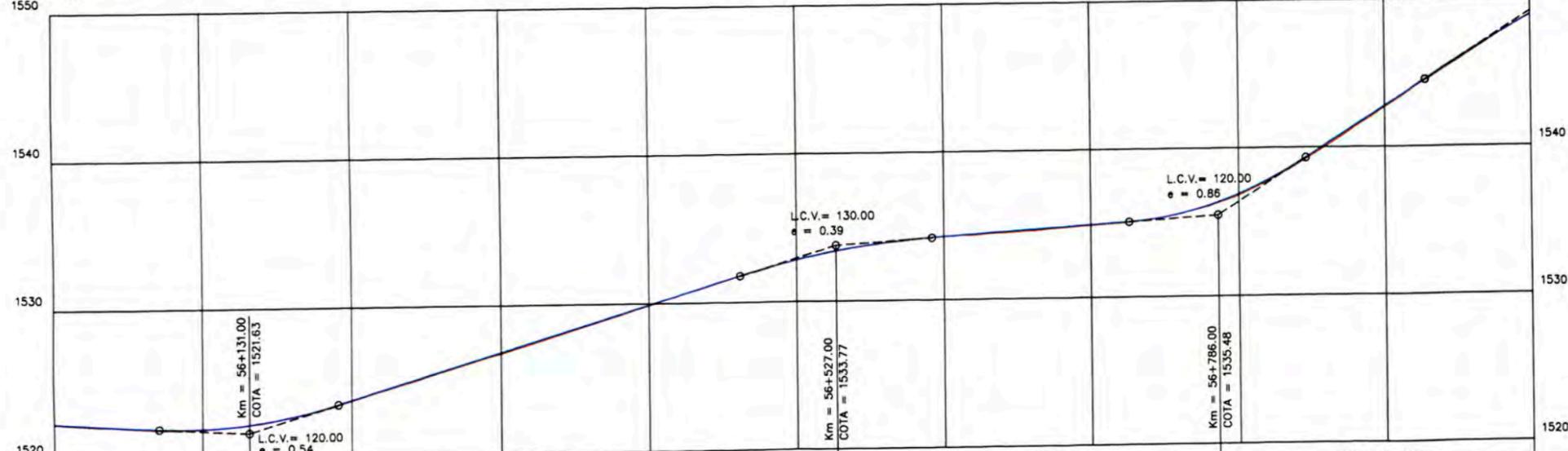


BM 56.0  
COTA=1522.366  
Km. 56+000  
Pta. Clavo en base concreto. P. Naranja  
a 4.90m. a la izquierda.  
1550

BM 56.5  
COTA=1532.290  
Km. 56+500  
Fe de 3/8 (E-74) P. Naranja.  
a 5.45 a la derecha.

BM 57.0  
COTA=1549.213  
Km. 57+000  
Fe de 3/8 P. Naranja.  
a 8.15m. a la izquierda.  
1550

ESCALAS  
H : 1/4000  
V : 1/400



PENDIENTE	-0.55% en 486.00m										3.07% en 398.00m										0.86% en 258.00m										6.37% en 217.00m																				
COTA CAPA NIVELANTE	1522.35	1522.24	1522.13	1522.02	1521.92	1521.83	1522.05	1522.30	1522.66	1523.15	1523.75	1524.36	1524.97	1525.58	1526.20	1526.81	1527.42	1528.04	1528.65	1529.26	1529.88	1530.49	1531.10	1531.72	1532.30	1532.81	1533.24	1533.61	1533.89	1534.11	1534.25	1534.36	1534.52	1534.65	1534.78	1534.91	1535.04	1535.22	1535.58	1536.13	1536.88	1537.81	1538.83	1540.20	1541.47	1542.75	1544.02	1545.29	1546.51	1547.70	1548.84
COTA DE CARPETA EXISTENTE	1522.32	1522.19	1522.10	1521.97	1521.86	1521.91	1522.05	1522.27	1522.65	1523.13	1523.71	1524.32	1524.91	1525.54	1526.15	1526.74	1527.36	1527.98	1528.60	1529.22	1529.86	1530.46	1531.08	1531.70	1532.26	1532.81	1533.23	1533.59	1533.87	1534.09	1534.24	1534.32	1534.46	1534.57	1534.72	1534.87	1535.00	1535.23	1535.56	1536.08	1536.78	1537.72	1538.83	1540.07	1541.37	1542.67	1544.01	1545.20	1546.45	1547.70	1548.88
ALINEAMIENTO																																																			
DRENAJE Y OBRAS DE ARTE																																																			
SEÑALIZACION																																																			
KILOMETRAJE	56+000	56+100	56+200	56+300	56+400	56+500	56+600	56+700	56+800	56+900	57+000																																								

NOTA:  
Para determinar la Capa Nivelante se colocarán plantillas con la Rasante Geométrica calculada en base a las Pivotes indicadas en el perfil y ajustadas en obra.  
La rasante final se obtendrá colocando la carpeta de 0.075m sobre la Capa Nivelante.

OBRAS DE ARTE Y DRENAJE		
KM	SIMB.	DESCRIPCION
55+702 - 56+103	CT	Cuneta Triangular (D)
56+400 - 56+103	CT	Cuneta Triangular (D)
56+630 - 56+400	CT	Cuneta Triangular (D)
57+039 - 56+630	CT	Cuneta Triangular (D)
56+320 - 56+280	CT	Cuneta Triangular (I)
56+580 - 56+420	CT	Cuneta Triangular (I)
SEÑALIZACION Y SEGURIDAD		
55+950 - 56+180	GV	Guardavia (I)
56+895 - 56+980	GV	Guardavia (I)
56+050	P-2A	Preventiva (D)
56+260	P-2B	Preventiva (I)
56+580	P-2A	Preventiva (I)
56+800	P-2A	Preventiva (D)
57+000	P-2B	Preventiva (I)
56+850 - 56+940	PD	Postes Delineadores (I)

NOTA:  
N = SEÑAL NUEVA  
RP = REEMPLAZO DE PANEL  
← = DIRECCION DE FLUJO  
— = LINEA BORDE CARRIL  
— = LINEA EJE VIA  
— = LINEA DOBLE DE EJE

MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES, VIVIENDA Y CONSTRUCCION

REV. N°	FECHA	DESCRIPCION

PROYECTO DE REHABILITACION DE  
CARRERAS AFECTADAS POR EL NIÑO  
ZONA 1: PTE. RICARDO PALMA - LA OROYA  
TRAMO 2: COCACACHRA - MATUCANA

PLANO :  
PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL  
Km 56+000 - Km 57+000

APROBADO POR JEFE DE PROYECTO:	REVISADO POR JEFE DE ZONA:	ESCALA:	FECHA:	DIBUJANTE:
		INDICADA	ENE 2008	
		PLANO N°		

PP-02

