

2016

Evaluación Estructural y Funcional del Puente Cebadas, ubicado en el kilómetro 32 del tramo Guamote-Macas (Ruta E46), Aplicando la Metodología del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (S.A.E.P.), para su rehabilitación y conservación



PROYECTO DE INVESTIGACION



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Trabajo de grado previo a la obtención del título de:
INGENIERO CIVIL

TITULO DEL PROYECTO:

Evaluación Estructural y Funcional del Puente Cebadas, ubicado en el kilómetro 32 del tramo Guamote-Macas (Ruta E46), Aplicando la Metodología del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (S.A.E.P.), para su rehabilitación y conservación.

AUTORES:

Henry Paul Cain Guambo

Lenin Marcelo Arcos Armijos

DIRECTOR:

Ing. Oscar Paredes

RIOBAMBA - ECUADOR

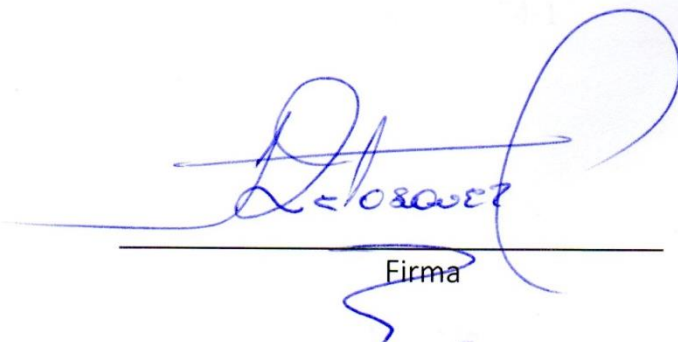
2016

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: ***“Evaluación Estructural y Funcional del Puente Cebadas, ubicado en el kilómetro 32 del tramo Guamote-Macas (Ruta E46), Aplicando la Metodología del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (S.A.E.P.), para su rehabilitación y conservación.”***

Presentado por: Henry Paul Cain Guambo y Lenin Marcelo Arcos Armijos; y dirigida por: Ing. Oscar Paredes.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Ing. Víctor Velázquez.
Presidente del tribunal



Firma

Ing. Oscar Paredes.
Miembro del tribunal



Firma

Ing. Alexis Martínez.
Miembro del tribunal



Firma

AUTORIA DE LA INVESTIGACION

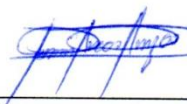
“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente a: Henry Paul Cain Guambo y Lenin Marcelo Arcos Armijos y al Director del Proyecto Ing. Oscar Paredes; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo”

Henry Paul Cain Guambo.



060413974-1

Lenin Marcelo Arcos Armijos.



010419303-2

AGRADECIMIENTO.

Expresamos nuestros más sinceros y profundos agradecimientos a la Universidad Nacional de Chimborazo, y mediante ella a la Escuela de Ingeniería Civil, quien nos acogió para formarnos como profesionales íntegros y comprometidos con la sociedad ecuatoriana.

A todos los docentes que contribuyeron con nuestra formación académica y humana, en especial a los señores: Ingeniero Alexis Martínez, Miembro del Tribunal por su valiosa asesoría y colaboración, al Ingeniero Víctor Velásquez, Presidente del Tribunal por su interés y apoyo brindado.

Un agradecimiento especial al Ingeniero Oscar Paredes, Director de esta Investigación y quien años atrás, nos inculco y enseñó esa pasión a la Ingeniería Civil.

A todos ellos gracias infinitas.

DEDICATORIA.

Este logro se lo dedico ante todo a **Dios**, por cuidarme siempre y guiarme a lo largo de mi vida para tomar las decisiones correctas y levantarme en mis tropiezos, por todas las personas especiales que ha puesto a mi lado en mi vida y mi carrera, con ellos he aprendido a crecer y han hecho de esta experiencia una gran aventura.

A mis Papis **Rosa** y **Víctor** por todo, gracias porque nunca me ha faltado nada por estar siempre ahí apoyándome, aconsejándome y haciendo que todo esto fuera más fácil, LOS AMO!!! Espero que estén orgullosos de mí.

A mis **hermanos, tíos, abuelos, primos y amigos** que me han apoyado, brindándome su cariño y palabras de aliento mientras recorría este camino y en fin a todas las personas que de alguna u otra manera me ayudaron y estuvieron conmigo a lo largo de mi carrera, MIL GRACIAS!!!

Henry Paul Cain Guambo.

DEDICATORIA.

Esta tesis se la dedico a mi **Dios** quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban.

A mi **familia** quienes por ellos soy lo que soy. Para mis padres y mis tíos por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar.

Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mi **esposa e hija** que siempre son el apoyo fundamental para realizar mis metas.

Lenin Marcelo Arcos Armijos.

INDICE GENERAL.

INDICE GENERAL.....	i
INDICE DE TABLAS.....	vi
INDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.	xii
SUMMARY.....	xiii
INTRODUCCION.	xiv
CAPITULO 1.....	1
I EL PROBLEMA.	1
1.1 TEMA DE INVESTIGACION.	1
1.2 PROBLEMATIZACION.	1
1.2.1 CONTEXTUALIZACION.	1
1.2.2 ANALISIS CRITICO.	2
1.2.3 PROGNOSIS.	3
1.2.4 DELIMITACION.....	3
1.2.5 FORMULACION DEL PROBLEMA.	3
1.2.6 HIPOTESIS.....	4
1.2.7 IDENTIFICACION DE VARIABLES.....	6
1.3 JUSTIFICACION.	6
1.4 OBJETIVOS.....	7
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	7
1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	7
CAPITULO 2.....	8
II FUNDAMENTACION TEORICA.....	8
2.1 ANTECEDENTES.....	8
2.2 GENERALIDADES.	10
2.3 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DE PUENTES.	10
2.4 DESCRIPCION DE ESTRUCTURAS.	11
2.5 COMPONENTES DEL PUENTE.	11
2.5.1 ACCESORIOS.....	12
2.5.2 SUPERESTRUCTURA.	14

2.5.3	SUBESTRUCTURA.	17
2.6	TERMINOLOGIA BASICA.	21
2.7	RESPONSABILIDADES DEL INSPECTOR DE PUENTES.	25
2.7.1	RESPONSABILIDADES DEL INSPECTOR.	25
2.7.2	DEBERES DEL INSPECTOR.	25
2.7.3	MEDIDAS DE SEGURIDAD.	29
2.8	INFORMES DE INSPECCION - EVALUACION.	30
2.9	CICLO DE VIDA FATAL Y DESEABLE DE PUENTE.	32
2.10	SINTESIS DE CALIFICACIÓN DE DAÑOS DE UN PUENTE.	35
2.10.1	CARPETA DE RODADURA.	35
2.10.2	BARANDAS.	37
2.10.3	JUNTAS DE EXPANSIÓN.	40
2.10.4	SISTEMA DE DRENAJE.	42
2.10.5	ACERAS.	44
2.10.6	SEÑALIZACION.	46
2.10.7	ACCESOS.	48
2.10.8	LOSA.	49
2.10.9	VIGA PRINCIPAL DE HORMIGON.	50
2.10.10	VIGA SECUNDARIAS DE HORMIGON.	51
2.10.11	VIGA PRINCIPAL DE ACERO.	52
2.10.12	SISTEMAS DE ARRIOSTRAMIENTO.	54
2.10.13	APOYOS.	54
2.10.14	VIGA CABEZAL Y ALETONES DEL ESTRIBO.	56
2.10.15	CUERPO PRINCIPAL DEL ESTRIBO.	57
2.10.16	VIGA CABEZAL O MARTILLO PILA.	58
2.10.17	CUERPO PRINCIPAL DE LA PILA.	59
2.10.18	CAUCE.	60
2.11	PONDERACION MAXIMA POR EL TIPO DE ELEMENTOS.	63
2.12	CALIFICACION DE CONDICION GENERAL DEL PUENTE.	63
CAPITULO 3.		66
III METODOLOGIA.		66
3.1	TIPO DE ESTUDIO.	66
3.2	POBLACION Y MUESTRA.	66
3.3	OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.	67
3.4	PLAN DE RECOLECCION DE INFORMACION.	71

3.5	PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	71
CAPITULO 4.....		72
IV	COMPOSICION DE TRAFICO.....	72
4.1	GENERALIDADES.....	72
4.3	CARACTERISTICAS.....	73
4.3	UBICACION.....	73
4.4	FINALIDAD.....	74
4.5	METODOLOGIA.....	74
4.6	VOLUMEN EXISTENTE.....	75
4.7	VEHICULOS DE DISEÑO.....	77
4.8	TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL.....	78
4.9	CATEGORIZACION SEGUN EL MTOP.....	81
CAPITULO 5.....		83
V	EVALUACION HIDRAULICA.....	83
5.1	GENERALIDADES.....	83
5.2	FINALIDAD.....	83
5.3	METODOLOGIA.....	84
5.4	RED HIDROGRAFICA.....	85
5.5	CLIMATOLOGIA.....	86
5.6	INFORMACION DISPONIBLE.....	86
5.7	PRECIPITACION.....	87
5.8	DISTRIBUCION TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS LLUVIAS INTENSAS.....	87
5.9	CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS CUENCAS DE DRENAJE.....	89
5.10	CAUDALES DE DISEÑO.....	91
5.11	EVALUACION DE CAUDALES PUENTE CEBADAS.....	93
5.12	COMPARACIÓN DE CAUDALES DEL PUENTE CEBADAS.....	103
5.13	MODELACION HIDRAULICA DEL PUENTE CEBADAS.....	104
5.14	GRANULOMETRIA.....	109
5.15	SOCAVACION.....	111
5.15	PARAMETROS ALCANZADOS.....	113
CAPITULO 6.....		114
VI	INVESTIGACION DE CAMPO Y ANALISIS DE RESULTADOS.....	114
6.1	EVALUACION ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL PUENTE CEBADAS.....	114
6.1.1	INTRODUCCION.....	114
6.1.2	ALCANCE.....	114

6.1.3	OBJETIVOS.....	115
6.1.4	DESCRIPCION Y UBICACION.....	116
6.1.5	CARACTERISTICAS E IDENTIFICACION DEL PUENTE.....	117
6.1.6	TOMA DE DATOS E INVENTARIO.....	118
6.1.7	ESTADO DE CONSERVACION Y EVALUACION.....	129
6.1.8	CALIFICACION Y CONDICION GENERAL DEL PUENTE.....	153
6.1.9	EVALUACION DE VULNERABILIDAD SISMICA DEL PUENTE.....	153
CAPITULO 7.....		156
VII LA DISCUSION.....		156
CAPITULO 8.....		160
VIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		160
8.1	CONCLUSIONES.....	160
8.2	RECOMENDACIONES.....	163
CAPITULO 9.....		164
IX LA PROPUESTA.....		164
9.1	TEMA DE LA PROPUESTA.....	164
9.2	INTRODUCCION.....	164
9.3	ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.....	165
9.4	JUSTIFICACION.....	165
9.5	OBJETIVOS.....	166
9.5.1	OBJETIVO GENERAL.....	166
9.5.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	166
9.6	DISEÑO DEL REFUERZO PARA VIGAS DE CONCRETO REFORZADO.....	167
9.6.1	DISEÑO DE LA VIGA BAJO CAMION DE CARGA HS-MOP.....	167
9.6.2	CONSIDERACIONES DE DISEÑO.....	167
9.6.3	PREDIMENSIONAMIENTO DE LA VIGA.....	167
9.6.4	MEMORIA DE CALCULO.....	169
9.6.5	DISEÑO DE LA VIGA BAJO CAMION DE CARGA HS-MOP + 10%.....	174
9.6.6	CONSIDERACIONES DE DISEÑO.....	174
9.6.7	PREDIMENSIONAMIENTO DE LA VIGA.....	174
9.6.8	MEMORIA DE CALCULO.....	174
9.6.9	COMPARACION ENTRE VIGAS DISEÑADAS PARA HS-MOP Y HS-MOP + 10%... 177	
9.6.10	DIFERENCIAS DE MOMENTOS MAXIMOS.....	177
9.6.10	REFUERZO NECESARIO PARA AUMENTAR LA CAPACIDAD DE CARGA.....	177
9.6.11	ESTIMACION DEL REFUERZO CON FIBRA DE CARBONO.....	178

9.6.12	DETALLE DEL REFUERZO CFRP.	189
9.7	ANALISIS ESTRUCTURAL DE LAS VIGAS METALICAS DEL PUENTE CEBADAS.	194
9.7.1	DISEÑO DE VIGAS METALICAS.	194
9.7.2	CONSIDERACIONES DE DISEÑO.	194
9.7.3	PREDIMENSIONAMIENTO DE LA VIGA.	194
9.7.4	MEMORIA DE CALCULO.	196
9.8	MODELO ECONOMICO REFERENCIAL DE REHABILITACION.	202
9.8.1	ANALISIS ECONOMICO DE LA INTERVENCION.	202
9.8.2	PRESUPUESTO REFERENCIAL.	202
9.8.3	ASIGANACION DE SIMBOLOS Y % COSTOS DIRECTOS.	204
9.8.4	DESCRIPCION Y FORMULA DE REAJUSTE.	205
9.8.5	LISTA DE MATERIALES.	206
9.8.6	LISTA DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.	207
9.8.7	LISTA DE MANO DE OBRA.	208
9.8.8	ANALISIS DE PRECIOS.	209
9.8.9	DESCRIPCION DE LA PROPUESTA.	237
9.8.10	DISEÑO ORGANIZACIONAL.	238
9.8.11	ACREDITACION DE LA PROPUESTA.	238
CAPITULO 10.		239
X BIBLIOGRAFIA.		239
CAPITULO 11.		241
XI ANEXOS.		241

INDICE DE TABLAS.

Tabla No. 1: Secuencia de inspección.	26
Tabla No. 2: Lista de herramientas para Inspección de puentes.	28
Tabla No. 3: Datos fundamentales del informe de inspección.	30
Tabla No. 4: Escala de condición y rangos de calificación en un puente.	30
Tabla No. 5: Grado de daño por deterioro superficial.	35
Tabla No. 6: Grado de daño por grietas.	36
Tabla No. 7: Grado de daño por baches.	36
Tabla No. 8: Grado de daño por sobrecapas de asfalto.	36
Tabla No. 9: Grado de daño por material ajeno a la vía.	37
Tabla No. 10: Grado de daño por deformación.	37
Tabla No. 11: Grado de daño por oxidación.	38
Tabla No. 12: Grado de daño por corrosión.	38
Tabla No. 13: Grado de daño por faltante o ausencia.	38
Tabla No. 14: Grado de daño por colisión.	39
Tabla No. 15: Grado de daño por grietas.	39
Tabla No. 16: Grado de daño por acero expuesto.	39
Tabla No. 17: Grado de daño por descascaramiento.	40
Tabla No. 18: Grado de daño por nidos de piedra.	40
Tabla No. 19: Grado de daño por filtraciones de agua.	41
Tabla No. 20: Grado de daño por deformación o faltante.	41
Tabla No. 21: Grado de daño por movimiento vertical.	41
Tabla No. 22: Grado de daño por junta obstruida.	42
Tabla No. 23: Grado de daño por obstrucción de drenajes.	42
Tabla No. 24: Grado de daño por longitud o sección insuficiente.	43
Tabla No. 25: Grado de daño por ausencia de drenajes.	43
Tabla No. 26: Grado de daño por mala ubicación de drenajes.	43
Tabla No. 27: Grado de daño por bombeo de la vía.	44
Tabla No. 28: Grado de daño por fisuras en una dirección.	44
Tabla No. 29: Grado de daño por fisuras en dos direcciones.	45
Tabla No. 30: Grado de daño por descascaramiento.	45
Tabla No. 31: Grado de daño por eflorescencias.	45
Tabla No. 32: Grado de daño por emplazamiento de señalética.	46
Tabla No. 33: Grado de daño por desgaste de pintura.	46
Tabla No. 34: Grado de daño por ausencia de señalética.	47
Tabla No. 35: Grado de daño por deterioro de delineadores de piso.	47
Tabla No. 36: Grado de daño por inseguridad vial.	47
Tabla No. 37: Grado de daño por fallas en la carpeta de rodadura.	48
Tabla No. 38: Grado de daño por deficiencia en el drenaje.	48
Tabla No. 39: Grado de daño por deficiencias en la señalética.	49
Tabla No. 40: Grado de daño por pérdida de guardavía.	49
Tabla No. 41: Grado de daño por pérdida de pernos.	52

Tabla No. 42: Grado de daño por grieta en soldadura o placa.....	53
Tabla No. 43: Grado de daño por decoloración en la pintura.....	53
Tabla No. 44: Grado de daño por ampollas en la pintura.....	53
Tabla No. 45: Grado de daño por descaramiento de pintura.....	54
Tabla No. 46: Grado de daño por rotura de pernos.....	54
Tabla No. 47: Grado de daño por deformación del apoyo.....	55
Tabla No. 48: Grado de daño por inclinación del apoyo.....	55
Tabla No. 49: Grado de daño por desplazamiento del apoyo.....	55
Tabla No. 50: Grado de daño por protección de talud.....	57
Tabla No. 51: Grado de daño por inclinación del estribo.....	58
Tabla No. 52: Grado de daño por socavación en la fundición.....	58
Tabla No. 53: Grado de daño por inestabilidad de taludes.....	61
Tabla No. 54: Grado de daño por erosión en el lecho del río.....	61
Tabla No. 55: Grado de daño por socavación general del cauce.....	61
Tabla No. 56: Grado de daño por obstrucción del cauce.....	62
Tabla No. 57: Grado de daño por sedimentación de material.....	62
Tabla No. 58: Grado de daño por falla o colapso de las estructuras de protección.....	62
Tabla No. 59: Ponderación máxima según el tipo de elementos.....	63
Tabla No. 60: Rangos de calificación y condición general del puente.....	64
Tabla No. 61: Rangos de calificación y condición general del puente.....	65
Tabla No. 62: Variable independiente - toma de datos.....	67
Tabla No. 63: Variable independiente – recolección de información.....	68
Tabla No. 64: Variable independiente – calificación.....	69
Tabla No. 65: Variable dependiente – estado actual del puente Cebadas.....	70
Tabla No. 66: Estación de conteo vehicular del puente Cebadas.....	73
Tabla No. 67: Tasas de crecimiento vehicular según el MTOP - PIB.....	74
Tabla No. 68: Volumen existente de tráfico en el puente Cebadas.....	75
Tabla No. 69: Tráfico diario actual en el puente Cebadas.....	76
Tabla No. 70: Conversión del TPDA a vehículos de diseño puente Cebadas.....	77
Tabla No. 71: Tráfico promedio diario anual puente Cebadas.....	78
Tabla No. 72: TPDA vehículos livianos – buses – camiones puente Cebadas.....	79
Tabla No. 73: Clasificación de carreteras según el N.E.V.I - 12.....	81
Tabla No. 74: Velocidad de diseño según el N.E.V.I - 12.....	81
Tabla No. 75: Velocidad de circulación según el N.E.V.I - 12.....	81
Tabla No. 76: Valores de diseño recomendados para vías de dos carriles en construcción.....	82
Tabla No. 77: Descripción de las estaciones puente Cebadas.....	86
Tabla No. 78: Valores característicos de la lluvia a nivel mensual.....	87
Tabla No. 79: Ecuaciones intensidad – duración – período de retorno.....	87
Tabla No. 80: Intensidades de lluvia para la zona de estudio.....	88
Tabla No. 81: Pendientes de la cuenca del río Pastaza.....	89
Tabla No. 82: Clasificación de las cuencas de acuerdo a la pendiente media.....	89
Tabla No. 83: Tamaño relativo de los sistemas hidrológicos.....	89
Tabla No. 84: Características físicas de las sub cuenca de drenaje.....	90
Tabla No. 85: Formas de la cuenca de acuerdo al índice de compacidad.....	90
Tabla No. 86: Tiempo de concentración de Temez.....	93
Tabla No. 87: Tiempo de concentración de Kirpich.....	93
Tabla No. 88: Tiempo de concentración promedio entre los dos métodos.....	93

Tabla No. 89: Coeficientes de escurrentía para diferentes periodos de retorno.....	93
Tabla No. 90: Intensidades de lluvia estación M395.	94
Tabla No. 91: Intensidades de precipitación para diferentes periodos de retorno.	94
Tabla No. 92: Caudales máximos para diferentes periodos de retorno.	94
Tabla No. 93: Caudales históricos estación hidrométrica H790.	96
Tabla No. 94: Función de densidad de probabilidad método Gumbel.	100
Tabla No. 95: Parámetros μ y d en función del número de datos.	100
Tabla No. 96: Resultados del test de bondad del ajuste Gumbel.	100
Tabla No. 97: Frecuencias relativas y teóricas para el ajuste Gumbel.	101
Tabla No. 98: Caudales máximos para diferentes TR - ajuste Gumbel.	101
Tabla No. 99: Análisis granulométrico puente sobre el rio Cebadas.	109
Tabla No. 100: Parámetros obtenidos del análisis granulométrico.	109
Tabla No. 101: Coordenadas y parámetros de la sección - Socavación.....	111
Tabla No. 102: Socavación general del cauce – Lischtvan – Levediev.....	111
Tabla No. 103: Resumen de parámetros obtenidos en esta evaluación.....	113
Tabla No. 104: Sistema geográfico de ubicación del puente Cebadas.	116
Tabla No. 105: Características e identificación del puente Cebadas.	117
Tabla No. 106: Datos de inventario A del puente Cebadas.	118
Tabla No. 107: Datos de inventario B del puente Cebadas.	119
Tabla No. 108: Datos de inventario C del puente Cebadas.	120
Tabla No. 109: Datos de inventario D del puente Cebadas.	121
Tabla No. 110: Datos de inventario E del puente Cebadas.....	122
Tabla No. 111: Datos de inventario F del puente Cebadas.....	123
Tabla No. 112: Datos de inventario G del puente Cebadas.....	124
Tabla No. 113: Datos de inventario H del puente Cebadas.....	125
Tabla No. 114: Datos de inventario I del puente Cebadas.....	126
Tabla No. 115: Datos de inventario J del puente Cebadas.	127
Tabla No. 116: Datos de inventario K del puente Cebadas.....	128
Tabla No. 117: Elementos a ser evaluados en el puente Cebadas.	129
Tabla No. 118: Evaluacion – Inspección de la carpeta de rodadura puente Cebadas.	130
Tabla No. 119: Evaluacion – Inspección de barandas puente Cebadas.	131
Tabla No. 120: Evaluacion – Inspección de juntas de dilatación puente Cebadas.....	132
Tabla No. 121: Evaluacion – Inspección sistema de drenaje puente Cebadas.	133
Tabla No. 122: Evaluacion – Inspección aceras puente Cebadas.	134
Tabla No. 123: Evaluacion – Inspección señalización puente Cebadas.	135
Tabla No. 124: Evaluacion – Inspección accesos puente Cebadas.	136
Tabla No. 125: Evaluacion – Inspección losa puente Cebadas.	137
Tabla No. 126: Evaluacion – Inspección de vigas principales en hormigón puente Cebadas.	138
Tabla No. 127: Evaluacion – Inspección de vigas secundarias en hormigón puente Cebadas....	139
Tabla No. 128: Evaluacion – Inspección vigas principales en acero puente Cebadas.....	140
Tabla No. 129: Evaluacion – Inspección sistemas de arriostamiento puente Cebadas.	141
Tabla No. 130: Evaluacion – Inspección apoyos de neopreno puente Cebadas.....	142
Tabla No. 131: Evaluacion – Inspección viga cabezal y aletones estribo derecho.	143
Tabla No. 132: Evaluacion – Inspección viga cabezal y aletones estribo izquierdo.	144
Tabla No. 133: Evaluacion – Inspección cuerpo principal estribo derecho puente Cebadas.	145
Tabla No. 134: Evaluacion – Inspección cuerpo principal estribo izquierdo puente Cebadas....	146
Tabla No. 135: Evaluacion – Inspección viga cabezal o martillo pila puente Cebadas.....	147

Tabla No. 136: Evaluacion – Inspección cuerpo principal pila puente Cebadas.	148
Tabla No. 137: Evaluacion – Inspección cauce puente Cebadas.	149
Tabla No. 138: Ponderación según el grado de daño, el tipo y los elementos A.	150
Tabla No. 139: Ponderación según el grado de daño, el tipo y los elementos B.	151
Tabla No. 140: Ponderación según el grado de daño, el tipo y los elementos C.	152
Tabla No. 141: Calificación y condición general del puente Cebadas.....	153
Tabla No. 142: Características - vulnerabilidad sísmica del puente Cebadas.	154
Tabla No. 143: Características camión de diseño HS-MOP.	167
Tabla No. 144: Características básicas de la sección transversal en hormigón.....	167
Tabla No. 145: Determinación de cargas muertas tramo en hormigón.	169
Tabla No. 146: Factor de distribución de rueda para vigas.	170
Tabla No. 147: coeficientes γ y β de la AASTHO 2002.....	172
Tabla No. 148: Características camión de diseño HS-MOP + 10%.....	174
Tabla No. 149: Comparación de momentos entre vigas.	177
Tabla No. 150: Propiedades de la viga del puente Cebadas.	178
Tabla No. 151: Propiedades del refuerzo CFRP Sika Carbodur.	179
Tabla No. 152: Cargas y Momentos de diseño de las vigas del puente Cebadas.....	179
Tabla No. 153: Datos de diseño para la comprobación a cortante.....	187
Tabla No. 154: Estimación de cortantes a diferentes distancias.	188
Tabla No. 155: Propiedades geométricas de la sección.	190
Tabla No. 156: Características camión de diseño HS-MOP.	194
Tabla No. 157: Propiedades de las vigas metálicas del puente Cebadas.....	194
Tabla No. 158: Determinación de cargas muertas tramo en acero.....	196
Tabla No. 159: Análisis de cargas muertas HS-MOP.	196
Tabla No. 160: Análisis de cargas vivas camión HS-MOP.....	198
Tabla No. 161: Momentos y cortantes últimos camión HS-MOP.....	199
Tabla No. 162: Momentos de diseño camión HS-MOP.....	199
Tabla No. 163: Dimensionamiento de la viga en acero del puente Cebadas.....	199
Tabla No. 164: Propiedades geométricas de la sección en acero.	200
Tabla No. 165: Propiedades de la sección adoptada a 30.00 m.....	201

INDICE DE FIGURAS.

Figura No. 1: Actividades de mantenimiento de puentes y flujo de información.	10
Figura No. 2: Esquema de un puente con sus componentes.	11
Figura No. 3: Perspectiva de tablero de un puente.	12
Figura No. 4: Diagrama de flujo del ciclo de vida “deseable”.	32
Figura No. 5: Diagrama de flujo del ciclo de vida “fatal”.	33
Figura No. 6: Diagrama del ciclo de vida “fatal” del puente.	34
Figura No. 7: Diagrama del ciclo de vida “deseable” del puente.	34
Figura No. 8: Ubicación de la estación de conteo del puente Cebadas.	73
Figura No. 9: Número de vehículos según el aforo.	76
Figura No. 10: Composición vehicular según el aforo.	76
Figura No. 11: TPDA según el tipo de vehículos en el puente Cebadas.	78
Figura No. 12: Composición vehicular en el puente Cebadas.	78
Figura No. 13: Curvas de TPDA vs TR para vehículos livianos - buses - camiones.	80
Figura No. 14: Mapa de la Cuenca Hidrográfica del río Pastaza.	85
Figura No. 15: Curvas I-D-F para la zona de estudio.	88
Figura No. 16: Subcuenca de drenaje del río Cebadas.	90
Figura No. 17: Caudales máximos vs tiempo de retorno – Método racional.	95
Figura No. 18: Ajuste de bondad de Smirnov Kolmogorov – Método racional.	95
Figura No. 19: Caudales históricos máximos, medios y mínimos estación H790.	97
Figura No. 20: Caudales históricos máximos vs tiempo estación H790.	98
Figura No. 21: Niveles históricos máximos vs tiempo estación H790.	99
Figura No. 22: Caudales máximos vs tiempo de retorno – Método Gumbel.	102
Figura No. 23: Ajuste de bondad de Smirnov Kolmogorov – Método Gumbel.	102
Figura No. 24: Comparación de caudales máximos - Método Racional - Método Gumbel.	103
Figura No. 25: Caudales de diseño para diferentes periodos de retorno.	103
Figura No. 26: Geometría perfil longitudinal puente sobre el río Cebadas.	104
Figura No. 27: Perfiles transversales de la cuenca del río Cebadas.	105
Figura No. 28: Geometría perfil transversal puente sobre el río Cebadas.	106
Figura No. 29: Caudales máximos de diseño puente sobre el río Cebadas.	106
Figura No. 30: Cuadro de resultados de la modelación en HEC-RAS.	107
Figura No. 31: Cuadro resumen de resultados para cada uno de los perfiles.	107
Figura No. 32: Cross sections - Sección transversal típica – Distribución de Velocidades.	108
Figura No. 33: Cross sections - Sección transversal típica - Caudales.	108
Figura No. 34: Curva granulométrica puente sobre el río Cebadas.	110
Figura No. 35: Perfil de socavación general puente sobre el río Cebadas.	112
Figura No. 36: Ubicación del puente sobre el río Cebadas.	116
Figura No. 37: Zonas sísmicas para el propósito de diseño sismo resistente.	154
Figura No. 38: Patologías encontradas en el puente Cebadas.	158
Figura No. 39: Grado de afectación según el tipo de elemento y su componente.	161
Figura No. 40: Sección transversal del puente Cebadas tramo en hormigón.	168
Figura No. 41: Líneas de influencia en $x = 15.00$ m.	171

Figura No. 42: Estimación del cortante a una distancia d.	188
Figura No. 43: Sección T viga de hormigón del puente Cebadas.	190
Figura No. 44: Diagrama de momentos camión HS-MOP + 10%.	191
Figura No. 45: Sección transversal viga de hormigón reforzada.	192
Figura No. 46: Longitud de solape del refuerzo CFRP en función del Mcr.	193
Figura No. 47: Sección transversal del puente Cebadas tramo en acero.	195
Figura No. 48: Tren de cargas vigas en acero camión HS-MOP	197
Figura No. 49: Sección I viga en acero puente Cebadas.	200
Figura No. 50: Porcentajes de inversión del mantenimiento del puente Cebadas.	237
Figura No. 51: Costo de la inversión vs mantenimiento del puente Cebadas.	238

RESUMEN.

En Ecuador el transporte de mercancías, productos y personas usan el transporte terrestre como principal medio de comunicación, la infraestructura vial por ende tienen una gran influencia en el desarrollo económico y social de las comunidades. Las instituciones que administran este tipo de infraestructuras, tienen bajo su responsabilidad el mantenimiento, rehabilitación y conservación de los diferentes elementos que hacen parte de la red vial del país, quizá los puentes son una de las estructuras que más impacto negativo genera cuando colapsan, ya que rompen la cadena de producción al dejar incomunicados a las diferentes regiones. Las diversas estructuras que forman parte de una red vial, como son los puentes, deben estar administradas por un ente que posea un proceso fácil, eficiente y dinámico para la evaluación de las necesidades de mantenimiento, rehabilitación, reconstrucción y construcción.

A diferencia de otros países nuestro país no cuenta con una metodología de evaluación de puentes, es por ello que la metodología a aplicar será la manifestada por el Sistema de Administración de Estructuras de Puentes misma que tiene como fin compartir la información técnica, identificar el grado de deterioro y planificar el mantenimiento o rehabilitación de puentes de forma eficiente. Es así que la evaluación estructural y funcional del puente Cebadas se ajustará bajo los lineamientos del S.A.E.P y con base en las sugerencias y tratamientos descritos en esta evaluación se realizará un plan de reparación y reforzamiento estructural en el mismo considerando refuerzos a flexión mediante la colocación de polímeros reforzados con fibras de carbono, hacia un modelo económico referencial para su rehabilitación.



LIC. BYRON SORIA.

06-01-2016

SUMMARY.

In Ecuador land transport is used as the primary means of communication, to transport goods, products and people, road infrastructure therefore have a major influence on the economic and social development of communities. The institutions that administer this type of infrastructure, also have a great responsibility for the preservation, maintenance and conservation of the different elements that are part of the road network in the country, bridges are perhaps one of the most negative impact structures generated when collapse, and breaking the production by not allowing communication in different regions, The several structures that are part of a road network, such as bridges, they must be administered by someone, with an easy, efficient and dynamic assessment of the needs of maintenance, rehabilitation, reconstruction and construction process.

In contrast to other countries, our country lacks a methodology for assessing bridges, this is the main reason why the methodology to be applied will be shown by the Administration System Structures Bridges, the bridge structures has a main purposes to share technical information, also identify the degree of damage and plan maintenance or rehabilitation of bridges efficiently. Thus the structural and functional evaluation of bridge Cebadas, It will fit under the guidelines of S.A.E.P, based on the suggestions and treatments described in this evaluation, a plan of repair and structural reinforcement is done, reinforcements were also considering bending by placing fiber reinforced polymers carbon, economic model towards a standard for rehabilitation

CENTRO DE IDIOMAS



INTRODUCCION.

El desarrollo de las ciudades ha estado relacionado con el avance de la infraestructura vial. La historia ha demostrado que los pueblos ubicados en zonas de fácil acceso, cercanos a vías de comunicación, eran favorecidos por el paso de las caravanas y redes de comercio, que garantizaban el intercambio, y por consiguiente, el desarrollo económico de sus pobladores. El nivel de desarrollo vial que ha tenido el país, específicamente en materia de puentes, ha sido muy elevado en los últimos años esto gracias a la inversión y la interesa emprendida por parte del gobierno central a través del Ministerio de Transportes y Obras Publicas M.T.O.P es así que en el año 2008 se inicia la construcción del primer tramo de la vía Riobamba - Guamote – Macas, carretera que es considera como la de más difícil construcción en la historia del país, por las vicisitudes que sostuvo durante las etapas de diseño y construcción.

La infraestructura vial en interés beneficia a los poblados de Riobamba, San Luis, Punín, Flores, Cebadas, San Antonio, Ichubamba, Atillo, Zuñac, 9 de Octubre, General Proaño y Macas. Además, por su ubicación geográfica, se constituye en una ruta de integración regional entre la Costa, Sierra y el Oriente ecuatoriano de ahí que es de suma importancia contar con una adecuada gestión de conservación vial, pero lamentablemente en la región y peor aún en el país no se cuenta con verdaderos planes de rehabilitación, conservación y mantenimiento de estas estructuras, es por esto que en mucho de los casos se producido que, las redes viales tengan un ciclo fatal, este abandono a llegando en algunos casos a sumar deterioros excesivos al punto de que estas deban ser reconstruidas o en ciertos casos al colapso de las mismas.

Los puentes son el componente más vulnerable de una red vial y aplicando una metáfora, una cadena no está más fuerte que su eslabón más débil; los puentes frecuentemente son los elementos que influyen, en que la continuidad del servicio de transporte, se efectúe de forma permanente y segura, es por este motivo que es importante conocer la condición estructural de los puentes en Ecuador, es así que es de vital importancia realizar evaluaciones a todos los elementos estructurales del puente con el objetivo principal de determinar sus patologías o el desgaste de cada uno de sus componentes, de igual manera se identificara las deficiencias en los procesos constructivos aplicados a estas estructuras, la suma de todas esta acciones nos permitirán conocer el grado de afectación de cada uno de los elementos con el fin de conocer la condición general del puente y su calificación, determinado así acciones y sugerencias a seguir para su conservación.

Por lo anteriormente señalado, este trabajo de tesis Evaluación Estructural y Funcional del Puente Cebadas, ubicado en el kilómetro 32 del tramo Guamote-Macas (Ruta E46), Aplicando la Metodología del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (S.A.E.P.), para su rehabilitación y conservación, pretende ser un aporte a la metodología de conservación de puentes, con el propósito de prolongar la vida útil de estas estructuras asegurándonos de esta manera de estas soporten los esfuerzos y cargas para las que fueron diseñadas.

CAPITULO 1

EL PROBLEMA

1.1 TEMA DE INVESTIGACION.

Evaluación Estructural y Funcional del Puente Cebadas, ubicado en el kilómetro 32 del tramo Guamote-Macas (Ruta E46), Aplicando la Metodología del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (S.A.E.P.), para su rehabilitación y conservación.

1.2 PROBLEMATIZACION.

1.2.1 CONTEXTUALIZACION.

A nivel Mundial, las vías de comunicación son imprescindibles para la sociedad en general y sobre todo para el desarrollo social, político y económico de los países. No se puede hablar de desarrollo si no existe una comunicación firme y eficaz entre los pueblos, que permita el intercambio de tecnología e intercambio de ideas; factor necesario que da la independencia tecnológica. Un País desarrollado en todos sus ámbitos es sinónimo de poseer excelentes accesos de comunicación, vale decir que los puentes son los más importantes medios con los que se cuenta para interrelacionarse con el mundo que lo rodea, debido a que salvan obstáculos naturales y accidentes geográficos en los países. Actualmente en nuestro país ya se ha comenzado con un proceso de concientización por parte de los Organismos de Control, como la Contraloría, la cual recomienda a las instituciones que tienen a su cargo la construcción de puentes para que estas obras no queden olvidadas y se planifique un proyecto efectivo de mantenimiento.

Con esto se generara un ahorro económico importante y sobre todo permitirá a las estructuras trabajar en condiciones de seguridad, como también a cumplir con el periodo de vida útil proyectada en el diseño. La correcta evaluación del estado constructivo de los puentes posibilita el ahorro de recursos y la previsión de accidentes, favoreciendo la optimización de los recursos y la economía nacional.

En la presente investigación se aborda un tema de importancia social y práctica para el desempeño del ingeniero civil. Entendida como una obra de significación estratégica, la correcta evaluación del estado constructivo de los puentes posibilita el ahorro de recursos ya sean estos humanos u económicos, esta investigación explica la metodología de rehabilitación a seguir en este caso. Es necesaria la evaluación estructural y funcional del Puente Cebadas debido a que el mismo se encuentra en condiciones menoscabas, obviamente una de las causas principales son la mala calidad en los trabajos ejecutados, así como el permanente tránsito vehicular de carga pesada y la falta de un plan de mantenimiento progresivo impiden contar con un puente en condiciones óptimas.

1.2.2 ANALISIS CRITICO.

Incursionar en la evaluación estructural y funcional de puentes permitirá conocer las causas y factores que han perjudicado este, puente, se propone estudiar minuciosamente los daños que presenta, el deterioro, desgastes, los tipos de fallas; grietas, problemas de corrosión, filtraciones, vibraciones anormales; sobrecarga. Para ello se debe considerar el año de construcción y la vida útil según el diseño y los criterios para los cuales fue construido ya que por lo general no se toma en cuenta el incremento del parque automotor y el crecimiento de la población.

Es importante mencionar que todas las estructuras viales y principalmente los puentes además de ser evaluados periódicamente deben contar con un plan de mantenimiento preventivo y correctivo que permita detectar a tiempo las fallas en su fase inicial aplicando normas y procedimientos actualizados, evitando así daños mayores. Esto genera economía, ya que con prevenciones y correcciones periódicas se reduce el gasto y se mantiene siempre el puente en condiciones óptimas para el usuario y la comunidad en general.

1.2.3 PROGNOSIS.

Con la presente investigación se da respuesta al problema científico: El considerable deterioro de los puentes en nuestro país, lo cual provoca inseguridad vial y puede colapsar la estabilidad de las estructuras, comprometiendo seriamente la comunicación para el tráfico de personas y mercancías. Para ello se pretende elaborar una evaluación estructural y funcional del estado constructivo de los puentes y aplicarla a un caso de estudio, que permita conocer por medio de dicha evaluación los deterioros de los puentes y poder tomar decisiones acerca de sus futuras conservaciones.

1.2.4 DELIMITACION.

El presente proyecto de investigación considera las siguientes limitaciones al no contar con una metodología de evaluación de puentes local y un plan de mantenimiento y rehabilitación de estas estructuras esta investigación busca identificar las principales variables que afectan a los elementos del puente y que eventualmente lo podían hacer fallar, se hizo una revisión bibliográfica de las diferentes variables que podían afectar la estabilidad o funcionamiento de los mismos y se encontraron las principales variables que afectaban a estos como la socavación, corrosión de elementos de concreto, corrosión de elementos de acero, fatiga, impacto, infiltración, vulnerabilidad sísmica, deficiencia estructural, sobrecarga estableciendo así una correcta evaluación del estado estructural funcional y constructivo de los puentes posibilitando así el ahorro de recursos y la previsión de accidentes. Cabe destacar que de los datos de esta inspección tendrá incidencia únicamente en la evaluación estructural y funcional del Puente Cebadas.

1.2.5 FORMULACION DEL PROBLEMA.

¿La Evaluación Estructural y Funcional del Puente Cebadas permitirá conocer la condición general real del puente y determinar qué elementos presentan fallas y necesitan ser reparados, que alcanzara dicha evaluación ante los organismos de control y que planes de rehabilitación y conservación deberán ser implementados?

1.2.6 HIPOTESIS.

La Evaluación Estructural y Funcional de los puentes construidos en el Ecuador, basado en un modelo prevención y rehabilitación, contribuirá a la determinación del estado constructivo de estos posibilitando resolver la contradicción que se manifiesta entre la toma de decisiones actual y las soluciones que se obtengan de esta investigación.

Durante el desarrollo de la investigación se propone realizar las siguientes tareas:

Tareas científicas:

- a. Ejecutar un modelo de inspección para la evaluación de puentes de hormigón y acero.
- b. Identificar las variables que intervienen en la evaluación del estado de los puentes y su correspondiente peso.
- c. Establecer una metodología apropiada para la evaluación estructural y funcional del puente Cebadas.
- d. Consulta de expertos en relación a la propuesta que se hace en esta tesis.

Dentro de los métodos científicos aplicados se encuentran:

De nivel teórico:

- a. **Analítico - sintético:** El estudio de la bibliografía especializada para la determinación de las regularidades del objeto de estudio.
- b. **Análisis histórico - lógico:** En la determinación de las tendencias del objeto de estudio.
- c. **Modelación:** En la construcción de un modelo para la metodología de la evaluación.
- d. **Hipotético-deductivo:** En la confirmación de la validez de la hipótesis planteada.

De nivel empírico:

- a. **Cuestionarios:** Entrevistas a funcionarios y especialistas del MTOP, COVIPAL, para precisar la magnitud del problema y encuestas a profesionales para conocer el estado de opinión de los mismos sobre el problema considerado y sus implicaciones.
- b. **Observación:** Presencial y no presencial del desempeño de ingenieros en relación con la evaluación.
- c. **Análisis documental:** En el estudio de normativas, resoluciones y documentos oficiales acerca del objeto de investigación.

En esta investigación se realiza una importante contribución al pensamiento teórico y práctico al considerar las insuficiencias que se presentan desde una perspectiva novedosa y útil que supera la tradicional concepción de la evaluación desde enfoques desactualizados, que emergen de la aplicación de metodologías obsoletas. En tal sentido se establece una metodología factible para los procesos ingenieriles, de ahí su importancia social, pertinencia y relevancia. Con el seguimiento, monitoreo y control de esta evaluación se garantiza la eficacia y eficiencia de los procesos constructivos, toda vez que se determina, con carácter científico qué se debe hacer y cómo hacer lo que se debe hacer bien. La determinación de la efectividad, síntesis de la eficiencia y la eficacia, permite elaborar criterios de sostenibilidad en el tiempo y en el espacio, lo que permite elaborar indicadores de impacto de los procesos que se evalúan.

1.2.7 IDENTIFICACION DE VARIABLES.

Variables independientes:

- a. Recolección de información.
- b. Toma de datos.
- c. Calificación.

Variable dependiente:

- a. Estado actual de los Puente Cebadas considerando:
 - La socavación,
 - corrosión de elementos de concreto,
 - corrosión de elementos de acero,
 - fatiga, impacto,
 - infiltración, vulnerabilidad sísmica,
 - deficiencia estructural,
 - sobrecarga.

1.3 JUSTIFICACION.

Las rutas de comunicación deben estar en excelentes condiciones para el libre y confortable transitar de los vehículos que se encargan de transportar todo tipo de carga. Se busca evaluar técnicamente el puente, con la intención de determinar los tipos de fallas existentes como aporte científico para su posterior corrección a través de planes de mantenimiento periódicos que permitan detectarlas en su fase inicial y mejorar su vida útil. Es necesaria la evaluación estructural y funcional del Puente Cebadas debido a que el mismo se encuentra en condiciones menoscabas, obviamente una de las causas principales son la mala calidad en los trabajos ejecutados, así como la mala concepción de los diferentes componentes que conforman esta estructura aumentado así la probabilidad de daños , así como el permanente tránsito vehicular de carga pesada y la falta de un plan de mantenimiento progresivo impiden contar con un puente en condiciones óptimas.

La necesidad de esta propuesta empieza a partir del descuido que se ha presentado en estos elementos estructurales, ya que se busca evaluar la zona afectada, causas y consecuencias y por consiguiente toda la problemática que deriva de esto. Igualmente conocer cuál es la situación a la cual se enfrenta la colectividad en general. Cabe destacar que los puentes en servicio deben ser evaluados, por lo menos, una vez al año, por parte del personal adiestrado logrando así la determinación a tiempo de daños y asegurar así una correcta evaluación y calificación de la condición general del puente.

Lamentablemente estas no se realizan, pero es ideal concientizar a los entes encargados de que además de ser funcional es cien por ciento más económico prevenir y mantener los puentes que esperar una catástrofe para poder iniciar una reconstrucción o reparación de los mismos. Los beneficiarios directos del presente proyecto investigativo serán los usuarios y las empresas de transportes que circulan diariamente por esta vía además de los moradores pertenecientes a la Parroquia Cebadas, y sus alrededores facilitando así la conectividad entre las provincias de Chimborazo y Morona Santiago.

1.4 OBJETIVOS.

1.4.1 OBJETIVO GENERAL.

- Realizar la evaluación estructural y funcional del Puente Cebadas, ubicado en el kilómetro 32 del tramo Guamote-Macas (Ruta E46), aplicando la metodología del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (S.A.E.P.) para su rehabilitación y conservación.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Realizar un levantamiento topográfico del puente para determinar las condiciones actuales del mismo.
- Pormenorizar y mencionar todos los elementos del puente, para identificar sus componentes.
- Realizar una inspección visual del puente y sus componentes, con la finalidad de indicar las distintas singularidades que presenta.
- Determinar las causas que originaron las fallas, para conocer las condiciones de servicialidad actual del puente.
- Recomendar correcciones para la solucionar las fallas del puente.

CAPITULO 2

FUNDAMENTACION TEORICA

2.1 ANTECEDENTES.

La construcción de puentes emerge como una de las diligencias más antiguas del hombre, ya que tuvo su arranque en la prehistoria misma. Puede decirse que esta actividad nació cuando al hombre se le ocurrió derribar un árbol de forma que, al caer, salvara un accidente natural que obstaculizaba su libre movilización entre dos puntos de su interés. Con el paso del tiempo los puentes fueron evolucionando y aparecieron las pasarelas colgantes, luego los puentes en voladizo, llegando posteriormente a constituir estructuras más complejas, confiables y duraderas como las que datan de la época del Imperio Romano. En tal sentido, es notable el hecho que los puentes han ido evolucionando de acuerdo a los requerimientos y a las necesidades que de ellos han sentido las diferentes civilizaciones (Cardoza y Villalobos, 2005, p. 2).

A pesar de los adelantos que en materia de puentes se había tenido, el cúmulo de conocimientos adquiridos fue, por mucho tiempo, en forma puramente empírica; no fue sino con el Renacimiento, cuando nace la ciencia moderna, que poco a poco se fue eliminando el empirismo en la construcción de puentes. A medida que la concepción de los puentes se volvió más sofisticada, fue necesario garantizar de alguna manera que éstos cumplieran satisfactoriamente con las funciones para las cuales fueron proyectados y que a la vez fueran seguros para los usuarios. Una de las formas de verificar el comportamiento de los puentes (ya sea antes y/o después de su puesta en servicio) fue mediante la ejecución de pruebas de carga. Efectivamente, en el siglo XIX, cuando los métodos de cálculo eran todavía rudimentarios, las pruebas se consideraban como una comprobación de la seguridad. Una infraestructura vial adecuada es fundamental para el desarrollo socio económico del país (Cardoza y Villalobos, 2005, p. 2-3).

En un contexto geográfico como el ecuatoriano, con una parte de su población ubicada en áreas rurales, las carreteras toman importancia para la integración e interconexión del país. Por esta razón, entre otras, es muy importante que el sistema nacional de carreteras permanezca en buenas condiciones de transitabilidad, a fin de que el transporte se efectúe en forma eficiente y seguro. En muchos casos, los puentes son el componente más vulnerable de una carretera, y aplicando una metáfora, una cadena no está más fuerte que su eslabón más débil; los puentes frecuentemente son los elementos que influyen en que la continuidad del servicio de transporte, se efectúe de forma permanente y segura, favoreciendo en general aun apropiado funcionamiento de la red vial del país (Castellanos, 2009, p. 28).

Las provincias de Chimborazo y Morona siempre han anhelado estar unidas por una carretera segura que atravesase su accidentada topografía característica principal de esta zona del país, la construcción comenzó en el año 2010 como parte del proyecto integral incluía la construcción de los puentes Chibunga de 30 metros y Cebadas de 90 metros, entre otras obras. El proyecto se ejecutó a una inversión de 13`818.333,11dólares. Según estudios realizados por el MTOP (2012), por este tramo diariamente circulan 334 vehículos entre livianos y de carga pesada. Estas obras fueron adjudicadas a la compañía COVIPAL y los trabajos de soldadura y lanzamiento a cargo de la compañía INTEGRA en su etapa de diseño el puente sobre el rio cebadas contaba con las siguientes especificaciones:

- Nombre: Puente sobre el Rio Cebadas.
- Provincia: Chimborazo
- Carretera: Riobamba - Cebadas
- Tramo en Acero.
- Longitud Total: 60 m.
- Ancho del Puente: 10.8 m
- Altura de estructura bajo tablero: 2.66 m.
- Distancia entre ejes de las vigas: 2.7 m.
- Estructura principal: Vigas metálicas y tableros metálicos.
- Suministro Acero Estructural (ASTM – A588): 138881.17 Kg.
- Suministro Acero Estructural (ASTM – A36): 9090.07 Kg.
- Fabricación Acero Estructural: 147971.24 Kg.
- Montaje de Acero Estructural: 147971.24 Kg.
- Tramo en Hormigón Armado.
- Longitud Total: 30 m.
- Ancho del Puente: 10.8 m
- Altura de estructura bajo tablero: 2.0 m.
- Distancia entre ejes de las vigas: 2.7 m.

2.2 GENERALIDADES.

El Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP) es una herramienta informática que tiene como fin compartir la información técnica, identificar el grado de deterioro y planificar el mantenimiento o la rehabilitación de puentes de forma eficiente. Para que el SAEP funcione ágilmente las actividades previas al almacenamiento de datos en el sistema deben realizarse de una manera ordenada y deben ser comprendidas en su totalidad por los inspectores. Por este motivo SAEP se describe detalladamente la información que debe recopilarse tanto de planos como de las inspecciones de campo. Además de brindar una guía paso a paso con tareas, definiciones y actividades requeridas para el funcionamiento de esta metodología (S.A.E.P, 2007, p. 1).

2.3 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DE PUENTES.

El objetivo principal del SAEP es describir los procedimientos y métodos para realizar el inventario de puentes y evaluar su deterioro. La información recopilada durante la inspección de puentes es fundamental para programar el mantenimiento oportuno, de su calidad dependerá el buen funcionamiento del sistema dado, que las estructuras continúan envejeciendo y deteriorándose, una evaluación precisa y completa es esencial para mantener en servicio una red vial confiable. Con el fin de que la información anterior sea la correcta, se debe contar con un grupo de inspectores calificados que comprendan todos los conceptos, responsabilidades y deberes contenidos en una evaluación (S.A.E.P, 2007, p. 1).

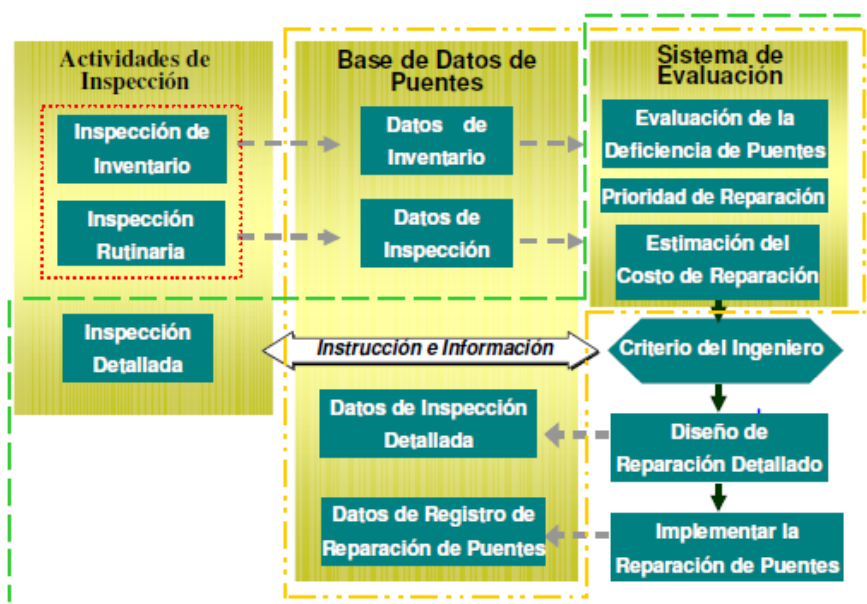


Figura No. 1: Actividades de mantenimiento de puentes y flujo de información.

Elaborado por: Grupo de Expertos Japoneses de JICA.

2.4 DESCRIPCION DE ESTRUCTURAS.

El Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (2007) se basa en la inspección e inventario de diversos tipos de estructuras como son: puentes, pasos superiores e inferiores, alcantarillas y vados. Las cuales tienen como función permitir el paso de los vehículos o peatones a través de un obstáculo, ya sea natural o artificial como un río, cañón o vías existentes. A continuación se describe cada una de estas estructuras:

Puente: estructura construida para salvar un cauce o extensión de agua como una quebrada, río, canal, lago, bahía, etc (p. 2).

Paso a desnivel: estructura construida para cruzar una vía existente. Si el alineamiento de la nueva carretera cruza sobre la vía existente se denomina paso superior, de lo contrario se denomina paso inferior (p. 2).

Alcantarilla: estructura que posee de una a cuatro celdas o tramos que pueden ser de forma circular, rectangular u ovalada; en la cual la longitud libre de cada celda es menor de seis metros. A diferencia del puente, la alcantarilla cuenta con el piso revestido y además requiere de aletones, cabezales y delantales para garantizar su funcionamiento (p. 2).

Vado: estructura conformada por más de cuatro celdas que no permite el paso permanente de vehículos, porque se diseña para un determinado caudal inferior al de avenida máxima y con una capacidad hidráulica limitada de la estructura, por ejemplo son funcionales en verano y con pequeñas crecidas en invierno (p. 3).

2.5 COMPONENTES DEL PUENTE.

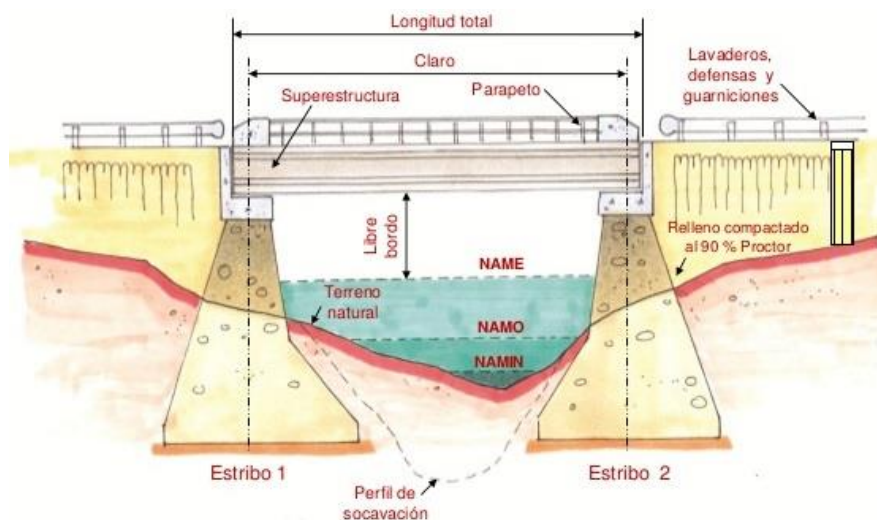


Figura No. 2: Esquema de un puente con sus componentes.

2.5.1 ACCESORIOS.

Para el Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (2007) los accesorios son elementos sin función estructural pero vitales para garantizar el buen funcionamiento del puente los elementos que componen los accesorios son:

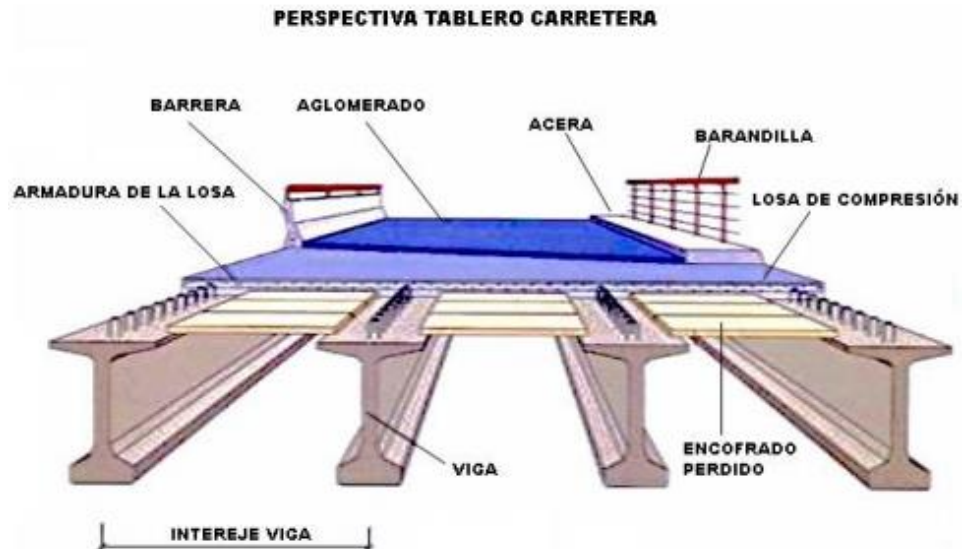


Figura No. 3: Perspectiva de tablero de un puente.

- I. **Superficie de rodamiento:** capa de desgaste que se coloca sobre la plataforma del sistema de piso para protegerlo de la abrasión producida por el tráfico; puede ser de asfalto o concreto con espesores que varían de 2.54 cm a 5 cm. Sin embargo, debido a malas prácticas del mantenimiento de carreteras, este espesor algunas veces es mayor por la inapropiada colocación de sobrecapas de asfalto (p. 3).
- II. **Baranda:** sistema de contención longitudinal fijada al sistema de piso para evitar la caída al vacío de los usuarios, vehículos, ciclistas y peatones, pueden ser de concreto o de acero (p. 3).
- III. **Juntas de expansión:** son elementos divisorios de la losa instalados en los extremos de cada tipo de superestructura que permite la traslación y/o rotación, para garantizar la expansión y contracción de la superestructura por temperatura y sismo (p. 4). Los cuatro tipos de juntas de expansión más comunes son:

- a. **Juntas abiertas**, es una abertura libre inferior a 12.7 mm (1/2" pulgada) entre losas de concreto de tramos adyacentes, pueden ser entre losa-losa, losa-bastión, losa-losa de aproximación, típicamente cuenta con angulares o perfiles de acero para prevenir el desprendimiento del concreto en los bordes externos (p. 4).
- b. **Juntas selladas, se dividen en:**
- **Juntas rellenas**, se aplican en puentes cortos con desplazamientos inferiores a 38.1 mm (1 1/2" pulgada), son similares a las juntas abiertas pero cuentan con una tapajunta de goma o banda de hule preformado tipo "water stop" para garantizar el relleno premoldeado que se sella con hule chorreado (p. 4).
 - **Juntas con sellos comprimidos de neopreno**, se aplican en puentes con desplazamientos de 12.7 mm a 63,5 mm (de 1/2 a 2 1/2 pulgada), se instala un sello elástico preformado comúnmente de neopreno de celda abierta, comprimido dentro de una junta abierta y adherido a ésta, la elasticidad del material del sello permite la impermeabilidad de la junta y admite el movimiento de la losa (p. 4).
- c. **Juntas de placas de acero deslizante**, se aplican para puentes con desplazamientos mayores a 101 mm (4" pulgadas). Consiste en una placa de acero anclada a uno de los extremos de la abertura que se desliza permitiendo el movimiento de la superestructura (p. 5).
- d. **Juntas de placas dentadas**, se aplican para puentes con desplazamientos de hasta 610 mm (24" pulgadas), están compuestas por dos placas de acero en forma de dedos o dientes que se entrelazan dejando un área libre entre sí para admitir los movimientos. Para garantizar la impermeabilización de la junta es necesario complementarla con un drenaje mediante material elastomérico instalado por debajo de las placas (p. 5).

2.5.2 SUPERESTRUCTURA.

- I. **Componentes:** Para el Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (2007) la superestructura comprende todos los elementos estructurales que se encuentran sobre los apoyos del puente como son el sistema de piso, los elementos principales tales como vigas, cerchas, arcos y sistemas de suspensión (puentes colgantes y atirantados) y los elementos secundarios como diafragmas, viguetas de piso, sistema de arriostramiento, portales, etc. A continuación se da una descripción de estos elementos.
 - a. **Sistema de piso:** Generalmente denominado como “losa” es la plataforma sobre la cual circula la carga vehicular, puede ser de concreto reforzado, acero o madera. El sistema de piso tiene como principal función la transferencia de la carga viva a los elementos principales de la superestructura que pueden ser arcos, cerchas y vigas, entre otros (p. 6).
 - b. **Elementos secundarios:** Son aquellos que distribuyen adecuadamente las cargas, generan mayor rigidez lateral y torsional restringiendo las deformaciones de los elementos principales para que éstos sean más eficientes, por ejemplo los diafragmas en sentido transversal, los arriostramientos en planta inferior y en planta superior que unen entre si las vigas principales, cerchas y arcos (p. 6).
 - c. **Elementos principales:** Su función principal es soportar las cargas transferidas a ellos por el sistema de piso y además transmitir los esfuerzos resultantes hacia subestructura a través de los apoyos. Cada rango de longitud de puente cuenta con el tipo de elemento más eficiente para soportar los esfuerzos producidos por las cargas, el cual también determina el tipo de superestructura (p. 6).
- II. **Tipos de Superestructura:** Para el Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (2007) el tipo de superestructura está definido por el modelo estructural (sea este de tramo simple o de tramos continuos ya sea de vigas, cercha, arco, marco rígido, etc.) y por el material de los elementos principales. La selección del tipo de superestructura considera además del modelo estructural otros aspectos como disponibilidad de material, velocidad de construcción, mantenimiento, aspectos ambientales y costos. Los tipos de superestructura más comunes son:

a. **Superestructura de vigas.**

- **Superestructura de viga simple:** viga principal con dos apoyos con juntas de expansión al inicio y al final del tramo (p. 7).
- **Superestructura de vigas continuas:** Viga principal con más de dos apoyos (p. 7).

Los tipos más comunes de las vigas principales sometidas a esfuerzos de flexión y cortante son:

- **Losa:** En este caso la losa funciona como viga plana sin requerir ningún elemento adicional (p. 7).
- **Viga I:** Tiene la forma de I, pueden ser acero o concreto, en este último caso solo para elementos prefabricados que son preesforzados (p. 8).
- **Viga T:** Viga con forma de T, pueden ser construidas de concreto reforzado y preesforzados (p. 8).
- **Viga cajón:** Las vigas cajón poseen gran resistencia a la torsión y usualmente no requieren arriostamiento. Los materiales que se utilizan para su construcción son acero y concreto (p. 8).
- **Marco rígido:** Es aquella estructura en la que las vigas de la superestructura están empotradas en las pilas de tal manera que los apoyos transmiten esfuerzos de flexión a las columnas (p. 9).

b. **Superestructura de cercha:** Se compone de dos armaduras unidas entre sí mediante el sistema de piso, diafragmas transversales o portales y los sistemas de arriostamiento superior e inferior. Las armaduras a su vez, son estructuras rígidas bidimensionales formadas con elementos rectos independientes sometidos a esfuerzos de tensión y compresión que están unidos por juntas o nodos. Existen tres tipos:

- **Cercha de media altura:** Es una cercha de paso inferior sin ningún sistema de arriostramiento superior, los más conocidos son: el puente provisional modular lanzable tipo “Bailey” (compuesto por tramos de 3,05 metros) y el puente permanente tipo pony (p. 10).
 - **Cercha pasó inferior:** Cuando el paso vehicular es por debajo de la estructura de cercha (p. 9).
 - **Cercha pasó superior:** Cuando el paso vehicular se sitúa por encima de la estructura de cercha (p. 10).
- c. **Superestructura de arco:** Estructura compuesta por vigas o armaduras con forma de arco sometida a esfuerzos de compresión pura, el modelo más común es el arco simplemente apoyado. Existen también los arcos triarticulados. El concepto de arco paso inferior y paso superior es el mismo descrito anteriormente para los tipos de cercha (p. 11).
- d. **Superestructuras suspendidas:**
- **Superestructura tipo colgante:** Es un sistema de piso suspendido mediante péndolas (o cables secundarios verticales), los cuales a su vez están unidos a los cables principales que forman una curva catenaria entre las torres. Para mantener el equilibrio de las fuerzas de tensión de los cables principales, estos se anclan a bloques masivos en ambos extremos del puente (p. 12).
 - **Atirantado o pilares:** Es un sistema de piso suspendido de una o varias pilas centrales mediante cables tirantes inclinados que trabajan a tensión. A diferencia de los colgantes no requiere anclajes en los extremos porque el anclaje se localiza en las mismas pilas. Otras características son la forma de las pilas (forma de H, Y invertida, de A, de A cerrada por la parte inferior (diamante), etc., además la disposición de los tirantes puede ser paralela o convergentes (radiales) (p. 12).

2.5.3 SUBESTRUCTURA.

Para el Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (2007) la subestructura está formada por los elementos estructurales diseñados para soportar el peso de la superestructura y las cargas que a ésta se aplican. Los componentes de la subestructura son:

- I. **Apoyos:** Son sistemas mecánicos que transmiten las cargas verticales de la superestructura a la subestructura. El uso y la funcionalidad de estos varían dependiendo del tamaño y la configuración del puente. Otra de las funciones principales de los apoyos es la de garantizar los grados de libertad del diseño de la estructura como traslación por expansión o contracción térmica o sismo y la rotación causada por la deflexión de la carga muerta y la carga viva. Existen tres tipos de apoyos entre los cuales tenemos los apoyo fijos, los rígidos o empotrados y los expansivos (p. 13).

- II. **Estribos:** Es la parte de un puente destinada a soportar el peso del tablero sus objetivos son los de transmitir el peso a los cimientos, mantener la disposición de la tierra, unir la estructura a las vías de acceso. El dimensionamiento de los estribos dependen de factores como el empuje activo de las tierras, la sobrecarga, la fricción y el sismo. Así pues, las cargas que se tendrán que considerar para su estabilidad son: cargas de superestructura; incluyendo cargas muertas y móviles, fuerzas de frenaje y viento tanto sobre la superestructura como sobre la carga móvil y empuje empleado en la construcción (p. 13).
 - a. **Componentes de un estribo:** Están compuestos por los aletones, viga cabezal, el cuerpo principal y la fundación.
 - **Viga cabezal:** Parte superior de un bastión sobre la cual se apoya el extremo de un tramo de la superestructura. La viga cabezal posee pedestales, que son columnas cortas sobre las que se apoyan directamente las vigas principales de la superestructura (p. 16).
 - **Aletones:** Los aletones son las paredes laterales cuya función es confinar la tierra o material de relleno detrás del bastión, se diseñan como muros de retención (p. 16).

- **Cuerpo principal:** Como su nombre lo dice es el componente principal del bastión. Puede ser tipo pared (muro de retención con o sin contrafuertes) o marco rígido (dos o más columnas unidas en su parte superior a la viga cabezal) (p. 16).
- **Fundación:** Es el conjunto formado por el cimiento o base del cuerpo principal y el suelo o roca soportante. En función del mecanismo de transmisión de las cargas se clasifican en superficiales y profundas (p. 16).

b. **Tipos de estribos:** De acuerdo con la función requerida existen varios tipos de bastiones. El tipo de bastión depende de la topografía del sitio, de la capacidad admisible del suelo, de la superestructura y las preferencias del diseñador. A continuación se describen algunos de los tipos más comunes:

- **Estribo tipo pantalla:** Es una estructura de sostenimiento cuya resistencia lateral se deriva del empotramiento de elementos tipo muros verticales en voladizo y un sistema de revestimiento. Estos pueden ser con muros adosados a una estructura de pilotes columna, o estructuras de suelo mecánicamente estabilizado con una pantalla (p. 19).
- **Muro con Contrafuerte:** Es un muro y una fundación unidas mediante losas verticales perpendiculares al plano del muro conocidas como contrafuertes, las cuales se encuentran espaciadas a lo largo de la fundación. El bastión tipo contrafuerte generalmente se utiliza cuando se requiere que el muro sea de gran altura (p. 20).
- **Gravedad:** Este tipo de bastión debe resistir la presión lateral o empuje del suelo con su propio peso por lo que suelen ser bastiones muy pesados. La mayoría de los bastiones de gravedad son construidos en concreto ciclópeo o en mampostería (p. 19).

- **Voladizo:** Es un muro de retención tipo pared que se encuentra unido rígidamente a la fundación, por lo que actúa como una viga en voladizo que transmite la presión lateral del suelo y mantiene su estabilidad a través de su peso propio y el peso del suelo sobre la fundación (p. 20).
 - **Marco:** Consiste en un bastión con dos o más columnas unidas por la viga cabezal tipo rectangular o T cuando cuenta con pantalla (p. 20).
 - **Cabezal sobre pilotes:** Es una viga cabezal apoyada en una o más filas de pilotes. Los pilotes inclinados se utilizan para prevenir el volcamiento. Este tipo de bastión no posee cuerpo principal (p. 20).
 - **Tierra armada:** Es un sistema que mecánicamente estabiliza el suelo y se compone de un muro construido por capas con bloques modulares, generalmente, de concreto sin refuerzo. La forma geométrica de los bloques es tal que permite que sean ensamblados como una pared uniforme. En la parte posterior del muro, se colocan mallas de acero en capas sobre el material de relleno que a su vez se compacta. De esta forma, el acero actúa como refuerzo transformando el suelo en un material capaz de soportar tanto el peso como las cargas verticales aplicadas (p. 21).
- III. **Pilas:** Estructuras que sirven de apoyos intermedios a la superestructura. Por lo general, las pilas son construidas en concreto reforzado, ocasionalmente concreto preesforzados, acero o madera (p. 22).
- a. **Componentes de la pila:** La pila está formada por la viga cabezal, el cuerpo principal y la fundación.
- **Viga cabezal:** Parte superior sobre la que descansan el extremo inicial y final, respectivamente, de dos tramos continuos de la superestructura. La viga cabezal posee los pedestales sobre los que se colocan los apoyos de las vigas principales (p. 22).

- **Cuerpo principal:** Estructura sobre la que se apoya la viga cabezal. Puede ser una única columna, columnas múltiples, una pared o un grupo de pilotes (p. 22).
 - **Fundación:** Base del cuerpo principal que tiene la función de transmitir las cargas de la subestructura al suelo. La fundación puede ser superficial o profunda, está compuesta por una placa, pilotes o una combinación de éstos. Los tipos de fundación fueron explicados anteriormente en los componentes del bastión (p. 22).
- b. **Tipos de pila:** Al igual que los bastiones, existe gran variedad de pilas de acuerdo con su configuración, forma y tamaño. El tipo de pila a utilizar dependerá en gran parte del tipo de superestructura que se posea. Los tipos de pilas más usados son:
- **Columna sencilla:** Generalmente, está compuesta por una viga cabezal en forma de martillo unida a una columna que puede ser de forma rectangular, elíptica, circular, entre otras, la cual se extiende hasta la fundación (p. 23).
 - **Columna múltiple:** Consiste de una viga cabezal soportada por tres o más columnas que se extienden hasta la fundación (p. 24).
 - **Muro:** Consiste en una pared que se extiende desde la fundación hasta la viga cabezal. En la viga cabezal se encuentran los pedestales sobre los que descansa la superestructura (p. 23).
 - **Marco:** Este tipo de pila está compuesta por una viga cabezal apoyada sobre dos columnas formando una estructura tipo marco. Las columnas son soportadas por la fundación. La sección transversal de las columnas puede ser circular o rectangular (p. 23).

2.6 TERMINOLOGIA BASICA.

Es importante que el inspector de puentes conozca los conceptos básicos relacionados con la ingeniería de puentes, entre ellos tenemos:

Abrasión: Desgaste que sufre una superficie debido a las fuerzas de fricción que experimenta en el transcurso del tiempo.

Aletones: Parte del Bastión cuya principal función es contener los rellenos de aproximación al puente.

Anclaje: Elementos masivos o bloques cuyo peso contrarrestan la tensión de los cables de la superestructura.

Ancho de vía: Calzada o superficie donde circulan los vehículos.

Angulares: Perfiles de acero laminado en caliente de forma de "L".

Ancho total del puente: Es la sumatoria de los anchos de calzada, espaldones, ciclovía, aceras y barandas.

Arriostre: Elemento estructural secundario instalado para proporcionar mayor rigidez y garantizar el trabajo en conjunto de los demás elementos principales de la superestructura.

Acera: Espacio destinado para el tránsito de peatones.

Angulo de esviaje: Angulo medido en sentido anti horario formado por la perpendicular al eje de la vía y el cauce o vía que cruza. Puede tomarse como referencia la línea de base de pilas o estribos.

Auscultación: Conjunto de técnicas operativas que permiten tomar datos sobre aspectos tales como calidad de los materiales, comportamiento de una estructura o evolución de defectos constatados.

Alcantarilla: Tipo de puente pórtico de marco cerrado o tubular, que puede tener desde uno hasta un número no limitado de celdas o tubos. Convencionalmente pueden incluirse aquellas que no interrumpen el terraplén.

Carga de operación: La máxima carga permisible, de acuerdo a la distribución y la carga por ejes.

Capacidad soportante de un puente: Combinación pésima de acciones que puede ser soportada por la estructura, con un nivel determinado de seguridad, sin alcanzar un estado límite. Se escoge la combinación que de menos capacidad soportante. Se expresa por las solicitaciones resistentes que se transforman en cargas.

Calzada: Espacio destinado para el tránsito vehicular, que incluye los carriles y espaldones.

Ciclovía: Espacio para tránsito de ciclistas.

Carga muerta: Peso propio de todos los componentes de la estructura.

Carga viva: Carga temporal que genera tanto el tráfico peatonal como vehicular sobre los puentes.

Claro hidráulico: Altura existente entre la altura de agua máxima y la parte inferior de la superestructura.

Claro vertical libre o gálibo: Es la altura libre existente entre el elemento más bajo de la superestructura y el fondo de lecho o rasante del camino o cota de riel, para el caso de que el puente se ubique sobre un camino o línea férrea.

Defectos funcionales: Son aquellos que comprometen la finalidad principal de la obra, que es la de permitir el paso del caudal del curso de agua y proporcionar un paso seguro a los usuarios.

Defectos estructurales: Son aquellos que comprometen la estructura propiamente dicha del puente, por ejemplo las piezas agrietadas o podridas en el caso de los puentes de madera.

Depreciación: Pérdida de la seguridad y eficiencia de la construcción por deterioro o por la obsolescencia de su tecnología o diseño.

Deterioro: Desgaste, daño o rotura de la construcción o de sus elementos componentes que impide su utilización o le ocasiona deficiencias constructivas, funcionales o estéticas.

Diagnóstico: Asignación de una causa a un efecto anómalo detectado en un puente o elemento del mismo.

Durabilidad: Facultad de un puente o elemento del mismo para mantener sus características básicas a lo largo del tiempo.

Drenaje o Desagüe: Sistema de elementos que permiten evacuar apropiadamente el agua de las lluvias o agua pluvial de la calzada y aceras del puente.

Dique: Barrera que se coloca para evitar la inundación en las márgenes del río. Su función principal en un puente es contener el avance de la erosión encauzando la corriente para alejarla de los bastiones.

El nivel de agua máxima estimable y el nivel de agua normal: La elevación de la altura de las aguas máxima y mínima que puede ser detectada o esperada según el periodo del análisis hidrológico para la crecida del río.

Elevación de Rasante Terminada: Corresponde a la elevación de la calzada en la línea de centro del puente y de la carretera.

Elevación de la socavación: Esta elevación corresponde a la cota de la profundidad de socavación estimada para distintos períodos de crecidas, La socavación total se compone de la suma de la socavación local, socavación por contracción del cauce y socavación general.

Elevación del lecho del río: Elevación del fondo del río.

Evaluación: Estudio técnico basado en todos los datos disponibles, que permiten definir el estado de un puente y el alcance de actuaciones posteriores.

Explotación: Utilización de la construcción durante su vida útil, dentro de los parámetros técnicos para los que fue proyectada.

Funcionalidad: Capacidad de un puente o elemento para cumplir las exigencias que establece sus condiciones de explotación.

Inspección parcial: Inspección que abarca uno o varios elementos componentes de la construcción.

Inspección total: Inspección que abarca todos los elementos componentes de la construcción.

Longitud del puente: Distancia medida entre las juntas de calzada a la entrada y salida del puente o longitud de la plataforma hasta donde comienzan los apoyos de entrada y salida. No incluye las losas de apoyos.

Longitud acceso: Es la longitud de los rellenos de aproximación al puente.

Longitud total del puente: distancia entre los bordes extremos de los bastiones del puente a nivel de rasante.

Longitud total del tramo: distancia entre juntas de expansión de cada superestructura.

Luz de tramo: distancia entre línea de centro de apoyos de cada superestructura.

Luz libre: distancia libre entre bordes extremos de los bastiones y pilas.

Losa de aproximación: Losa de acceso al puente construida en concreto reforzado. Funciona como parte de la superficie de rodamiento del acceso y se encuentra apoyada en una parte de la viga cabezal del bastión llamada ménsula. La losa de aproximación se utiliza para prevenir asentamientos en los rellenos de aproximación debido a la compactación generada por el peso de los vehículos a través del tiempo.

Nidos de piedra: Son los espacios vacíos de corta y mediana extensión en el hormigón.

Patología: Estudio de los síntomas, mecanismos, causas y orígenes de los defectos de los puentes.

Plataforma: Superficie de la superestructura de un puente sobre la que se apoyan los elementos necesarios para el cumplimiento de su misión funcional (por ejemplo: aceras, pavimento).

Pedestal: Son columnas de corta altura construidos sobre la viga cabezal de un bastión y pila, en los cuales se apoyan los elementos principales de la superestructura. En ocasiones los pedestales son de altura variable para genera el bombeo de la losa.

Pendiente: Razón de altura / distancia.

Rellenos: Material colocado detrás y enfrente de bastiones y pilas para restituir las elevaciones del terreno antes de la excavación o para conformar la sección del canal.

Rehabilitación: Acción dirigida a devolver al puente, declarado inservible, las condiciones necesarias para su uso original.

Reparación: Trabajo que se realiza en las construcciones durante su explotación para arreglar o sustituir partes o elementos componentes deteriorados.

Vado: Lugar en que un río tiene poca profundidad.

Vida útil: Tiempo que se fija para el uso de una construcción o de sus elementos con la misma seguridad proyectada y ejecutada.

Zampeado: Revestimiento rígido de hormigón ciclópeo (piedra y mortero) que se instala para proteger de la erosión los taludes o el cauce del río.

2.7 RESPONSABILIDADES DEL INSPECTOR DE PUENTES.

2.7.1 RESPONSABILIDADES DEL INSPECTOR.

Los puentes como estructuras de enlace entre regiones cumplen funciones vitales para el desarrollo económico, social y cultural entre otras. Por tal motivo, es indispensable que posean una adecuada condición estructural y de seguridad permitiendo así, un tránsito continuo y confiable a través de la vida útil de la estructura. Así mismo, los inspectores de puentes como responsables de recopilar toda la información relacionada con el estado de deterioro que sufre la estructura, tienen un papel preponderante dentro del esquema de mantenimiento y/o rehabilitación. El trabajo del inspector es informar acerca de la condición estructural y de seguridad del puente, reconociendo que elementos necesitan ser reparados para lograr mantener la seguridad de la estructura y evitar los costos de su reemplazo. Debe además, estar pendiente de que los problemas menores sean corregidos a tiempo antes de que el daño evolucione y aumente así el costo de la reparación (S.A.E.P, 2007, p. 28).

2.7.2 DEBERES DEL INSPECTOR.

Planificar la inspección: Para realizar la inspección de la manera más ordenada y sistemática posible, el inspector deberá planificar. Para incluir las siguientes tareas: determinar la secuencia de inspección, establecer un horario, organizar las notas de campo, anticipar el efecto de los procedimientos de control de tráfico y cualquier otra medida que facilite una inspección completa (S.A.E.P, 2007, p. 28).

Organizar la inspección: previo a la inspección incluyen se requiere organizar las herramientas y el equipo adecuado, revisar los archivos y planos del puente (S.A.E.P, 2007, p. 28). Como mínimo se deben realizar los siguientes pasos:

- a. Revisión del archivo de la estructura si está disponible.
- b. Identificación de los componentes y elementos del puente.
- c. Identificación de la condición del sitio.
- d. Identificación de condiciones especiales.
- e. Disposición del equipo y herramientas requeridas.
- f. Desarrollo de la secuencia de inspección.

Normalmente, la inspección inicia con la losa y los elementos de la superestructura y luego se procede con la subestructura. Sin embargo, la secuencia de la inspección depende de diversos factores, como:

- a. Tipo de puente
- b. Condición de los componentes del puente
- c. Condición general
- d. Requerimientos específicos de la agencia de inspección
- e. Tamaño y complejidad del puente
- f. Condiciones del tráfico
- g. Procedimientos especiales

Un ejemplo de la secuencia de inspección para un puente ordinario se encuentra en la siguiente tabla. Mientras se desarrolla la secuencia de inspección es importante asegurarse que se lleve a cabo una inspección completa de la estructura.

SECUENCIA DE INSPECCION.	
COMPONENTES DEL PUENTE	ELEMENTOS A INSPECCIONAR
ACCESORIOS	LOSA DE APROXIMACION
	CARACTERISTICAS DE SEGURIDAD DEL TRAFICO
	SUPEFICIE DE RODAMIENTO O PAVIMENTO
	JUNTAS DE EXPANSION
	ACERAS Y BARANDAS
	DRENAJES
	SEÑALIZACION
	ELECTRICIDAD/ILUMINACION
SUPERESTRUCTURAS	BARRERAS Y OTROS DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DE TRAFICO
	LOSA
	ELEMENTOS PRINCIPALES
	ELEMENTOS SECUNDARIOS
SUBESTRUCTURAS	SERVICIOS PUBLICOS INSTALADOS (TELEFONO, ACUEDUCTO, ETC)
	APOYOS
	BASTIONES
	PILAS
	PROTECCION DEL TALUD
	FUNDACIONES
	PILOTES
RIO	PERFIL DEL RIO Y ALINEAMIENTO
	LECHO DE RIO
	DIQUES
	CONDICION DE LOS MARGENES
	APERTURA HIDRAULICA
	NIVEL MAXIMO Y NORMAL
SIGNOS DE SOCAVACION	

Tabla No. 1: Secuencia de inspección.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Preparar notas, fórmulas y bocetos: La preparación de notas, fórmulas y bocetos previos a la inspección en el sitio, ayuda a que el trabajo de campo se lleve a cabo de forma eficiente, facilitando así la recolección de los datos. Tanto la hoja de inventario estándar como la de inspección rutinaria de este manual, deben ser utilizadas para la recopilación de las características del puente y la calificación del grado de deterioro de los elementos, respectivamente (S.A.E.P, 2007, p. 30).

Describir condiciones especiales

a. **Control del tráfico:** Se requiere que el inspector utilice todos los estándares de seguridad y dispositivos de control como conos, señales y tableros electrónicos, entre otros, que ayuden a prevenir situaciones que puedan poner en riesgo a los trabajadores y los usuarios de la carretera. El inspector deberá verificar que se cumpla con todas las normas de seguridad aplicables según corresponda (S.A.E.P, 2007, p. 30).

b. **Horario de la inspección:** El tiempo requerido para la inspección incluye el tiempo de preparación en la oficina, el tiempo de viaje al sitio y el tiempo necesario para la elaboración del informe. La condición general del área de trabajo juega un papel importante en la determinación del horario de la inspección, ya que se debe tomar en cuenta el acceso al puente y a cada uno de sus elementos, por lo que se deberá recolectar de previo la información respectiva (S.A.E.P, 2007, p. 30).

c. **Organizar las herramientas y equipo:** Para llevar a cabo una inspección precisa y eficiente, se debe utilizar las herramientas adecuadas. Las herramientas estándares que un inspector debe preparar para la inspección de puentes pueden agruparse en seis categorías básicas que se muestran a continuación:

- Limpieza.
- Inspección general.
- Inspección final.
- Medición.
- Documentación.
- Varios.

El Inspector puede usar una lista de verificación o chequeo al preparar las herramientas de la inspección (S.A.E.P, 2007, p. 31).

LISTA ESTANDAR DE HERRAMIENTAS INSPECCION DE PUENTES.		
ACTIVIDAD	HERRAMIENTAS	CHEQUEO
LIMPIEZA	Escoba para quitar polvo y escombros	
	Cepillo de acero para remover del acero la pintura y la corrosión	
	Espátulas para remover la corrosión de la superficie de un elemento	
	Desatomillador plano para limpieza general y la investigación	
	Pala remover suciedad y escombros	
INSPECCION GENERAL	Cuchilla para tareas generales	
	Cinzel para examinar la superficie de los elementos de madera	
	Taladro de mano para la investigación de los elementos de madera	
	Cinzelador para examinar la superficie del concreto	
	Plomada para medir la alineación vertical	
	Cinturón de herramientas para sostener herramientas pequeñas	
INSPECCION VISUAL	Binoculares para examinar a distancia	
	Foco para examinar lugares oscuros	
	Lupa ligera para examinar de cerca las grietas	
	Espejos de inspección para inspeccionar áreas inaccesibles	
MEDICION	Cinta de medición de bolsillo y cinta de medición de 50 m	
	Calibrador para medir el grosor del elemento	
	Medidor de inspección óptica para medición precisa del ancho de grietas	
	Medidor de inclinación y trasportador	
	Termómetro para medir la temperatura	
	Nivel para medir pendientes y hundimientos	
DOCUMENTACION	Formulario de inspección portapapeles y lápiz	
	Cuaderno de campo	
	Regla para dibujar	
	Cámara digital para documentación visual	
	GPS portátil para tomar coordenadas	
VARIOS	Cinturón y gancho de seguridad	
	Prensa C que brinda una tercera mano para la inspección	
	Repelente de insectos y mata avispas	
	Botiquín de primeros auxilios	
	Papel sanitario y toallas	
	Casco para protección de cabeza	
	Chaleco para visibilidad del trabajador	
	Botas de caucho	
	Linterna	
	Equipos de comunicación	
Guantes		

Tabla No. 2: Lista de herramientas para Inspeccion de puentes.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

d. **Ejecutar la inspección:** Los deberes asociados con la inspección incluyen la descripción de apropiada de la estructura de tal forma que la inspección se realice mediante un sistema de numeración de los miembros. Este sistema deberá coincidir con la numeración que posean los elementos en los planos, lo que permite de manera ordenada, desarrollar la secuencia de inspección y seguir los procedimientos de inspección apropiados (S.A.E.P, 2007, p. 35).

e. **Preparar informes:** La documentación es esencial para el sistema de administración de puentes. El inspector debe reunir suficiente información para asegurar un informe completo y detallado según los formatos descritos en este manual (S.A.E.P, 2007, p. 35).

2.7.3 MEDIDAS DE SEGURIDAD.

Generalmente las estructuras de los puentes están a la vista, pero en muchos casos será imposible la observación detallada sin los medios auxiliares de acceso a los distintos puntos de la misma. Dentro de los medios auxiliares que facilitan la aproximación y seguridad del personal de la inspección a las distintas partes de estructura se incluyen desde los medios básicos hasta los sistemas muy complejos, pasando por sistemas integrados en la propia estructura. La cara inferior del tablero, es la zona donde suelen concentrarse la mayoría de los problemas y para salvar la dificultad del acceso es necesario contar con medios auxiliares que permitan realizar la auscultación en las máximas condiciones de seguridad para el equipo humano que realiza el trabajo y con la mínima interrupción de la funcionalidad de la vía en la que se encuentra la estructura (S.A.E.P, 2007, p. 35). Dentro de estas medidas de seguridad tenemos 3 aspectos a tener en cuenta:

- a. **Prendas de inspección apropiadas:** Es importante vestirse apropiadamente para inspeccionar. Las ropas de campo deberán ser de la talla adecuada para cada individuo y deben ser acordes con el clima. Para las actividades de inspección general, el inspector deberá usar las prendas, el calzado y accesorios adecuados para la inspección de cada uno de los elementos. El uso de un cinturón de herramientas permite al inspector cargar herramientas y notas y aun así tener las manos libres para escalar y realizar otras actividades de inspección (S.A.E.P, 2007, p. 37).
- b. **Prácticas de seguridad:** La inspección es sin duda peligrosa, por lo que se requiere de una atención continua de parte de cada miembro del equipo de inspección. La actitud, el estar alerta y el sentido común son tres factores importantes para mantener la seguridad. Lo más importante para inspeccionar la seguridad de un puente es la preocupación del inspector al crear un ambiente de trabajo seguro y son últimamente los inspectores de puentes los responsables de su propia seguridad (S.A.E.P, 2007, p. 36).
- c. **Causa de accidentes:** Las mayores causas de accidentes en el trabajo de campo son los errores humanos y la falla del equipo. Los errores humanos pueden ser reducidos al reconocer que todos cometemos errores, por lo que se realiza una planificación adelantada para minimizar sus efectos. La falla del equipo se puede disminuir verificando su buen funcionamiento, dando mantenimiento y actualizando el equipo (S.A.E.P, 2007, p. 35).

2.8 INFORMES DE INSPECCION - EVALUACION.

- a. Los informes deben presentar como resultado de la inspección una calificación numérica del estado en que se encuentra el puente. El archivo de datos de cada puente debe estar conformado por dos módulos: Una información sobre el puente que permanece invariable (inventario) y otra información que es constantemente modificada con el transcurso del tiempo (datos de inspección). Los datos fundamentales que comprenden un informe de inspección - evaluación son:

DATOS FUNDAMENTALES DEL INFORME	
ITEM	PARAMETROS
1	IDENTIFICACION DEL PUENTE
2	CARACTERISTICAS GEOMETRICAS
3	CARACTERISTICAS ESTRUCTURALES
4	CARACTERISTICAS HIDRAULICAS
5	COMPOSICION DEL TRAFICO
6	VULNERABILIDAD SISMICA
7	INVENTARIO
8	EVALUACION DE ELEMENTOS SECUNDARIOS
9	EVALUACION DE ELEMENTOS PRIMARIOS
10	CALIFICACION DEL PUENTE
11	ESTADO DE CONSERVACION
12	OBSERVACIONES
13	RECOMENDACIONES

Tabla No. 3: Datos fundamentales del informe de inspección.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

- b. El informe de Inspección incluirá los datos de inventario del sistema estandarizado, adaptado a procesos de computadora y un factor numérico que represente la calificación de la condición en que se encuentra el puente con un valor entre 1 a 10, de acuerdo con los criterios señalados en el cuadro adjunto.

ESCALA DE CONDICION - RANGOS DE CALIFICACION	
CONDICION	CALIFICACION
MUY BUENO	1
BUENO	2 - 3
REGULAR	4 - 5
MALO	6 - 7
MUY MALO	8 - 9
PESIMO	10

Tabla No. 4: Escala de condición y rangos de calificación en un puente.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

- c. Los Informes de Inspección son de gran ayuda para ilustrar el estado del puente, particularmente para mostrar los detalles de los daños encontrados durante la inspección; los mismos que incluirán descripciones, diagramas y fotografías que detallen los defectos hallados; así mismo deberán precisar la ubicación del problema y su extensión. Al elaborar el Informe hay que tener presente que en base a esta información, podrán proyectarse acciones de mantenimiento y posibles asignaciones de recursos económicos.
- d. El lenguaje utilizado en el informe será claro y conciso y, en beneficio de la uniformidad, se utilizará la misma terminología hasta donde sea posible, para evitar ambigüedad en el significado. La información contenida en los informes será la obtenida en las inspecciones de campo y complementada con la referencia de los planos de construcción y verificación en el campo.
- e. Como parte del Informe del puente, se incluirán dos fotografías, una mostrando una vista panorámica de la carretera y otra que muestre la elevación principal; también podrán incluir otras fotografías que considere significativas, que muestren las fallas importantes u otras características especiales. Las fotografías deberán expresar lo más detallado posible, los daños encontrados en la estructura, también se debe ilustrar mediante croquis o planos necesarios, la localización exacta de las fallas encontradas en el campo, para apreciar su magnitud real.
- f. Es conveniente adjuntar una fotografía que muestre las instalaciones complementarias de la estructura, así como las señales de peligro, falla o defecto, que ameriten ser mencionados, al igual que la descripción de las condiciones y la de evaluación correspondiente. La elaboración de planos de fallas, al igual que el reporte fotográfico, viene a ser un complemento importante para el informe global de la inspección, haciendo más tangible el trabajo que se ha realizado durante la inspección y posibilita la evaluación y realización del proyecto de rehabilitación.
- g. El Inspector debe hacer una comparación de la condición o grado de deterioro. Los diagramas bien elaborados son muy útiles para determinar, en investigaciones futuras, el desarrollo de las fallas y para ayudar a determinar los cambios y su magnitud. Se incluirán todas las recomendaciones e instrucciones para la reparación o el mantenimiento correspondiente.

2.9 CICLO DE VIDA FATAL Y DESEABLE DE PUENTE.

El siguiente diagrama de flujo muestra el proceso que sigue un camino sin mantenimiento y otro con mantenimiento, en el que podemos apreciar que la falta de mantenimiento permanente conduce inevitablemente al deterioro total del camino, mientras que la atención constante del mismo mediante el mantenimiento rutinario, sólo requiere, cada cierto tiempo, trabajos de mantenimiento periódico (Rodríguez, 2011, p. 31).

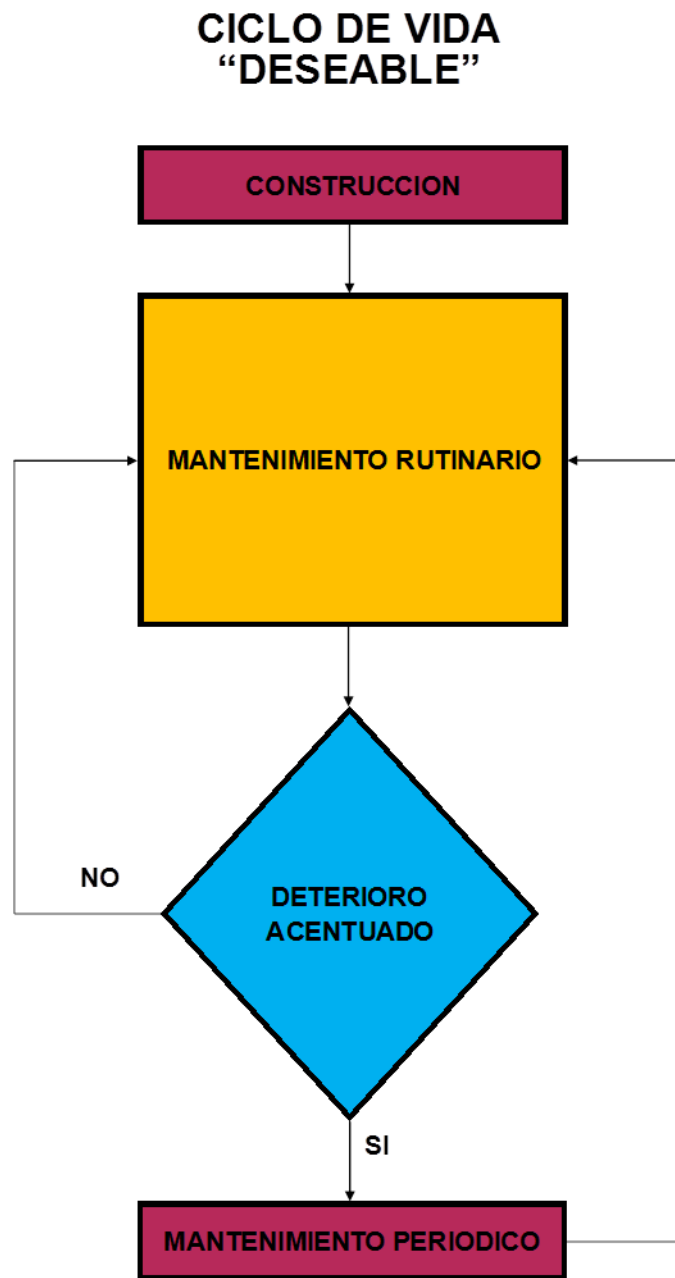


Figura No. 4: Diagrama de flujo del ciclo de vida "deseable".
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

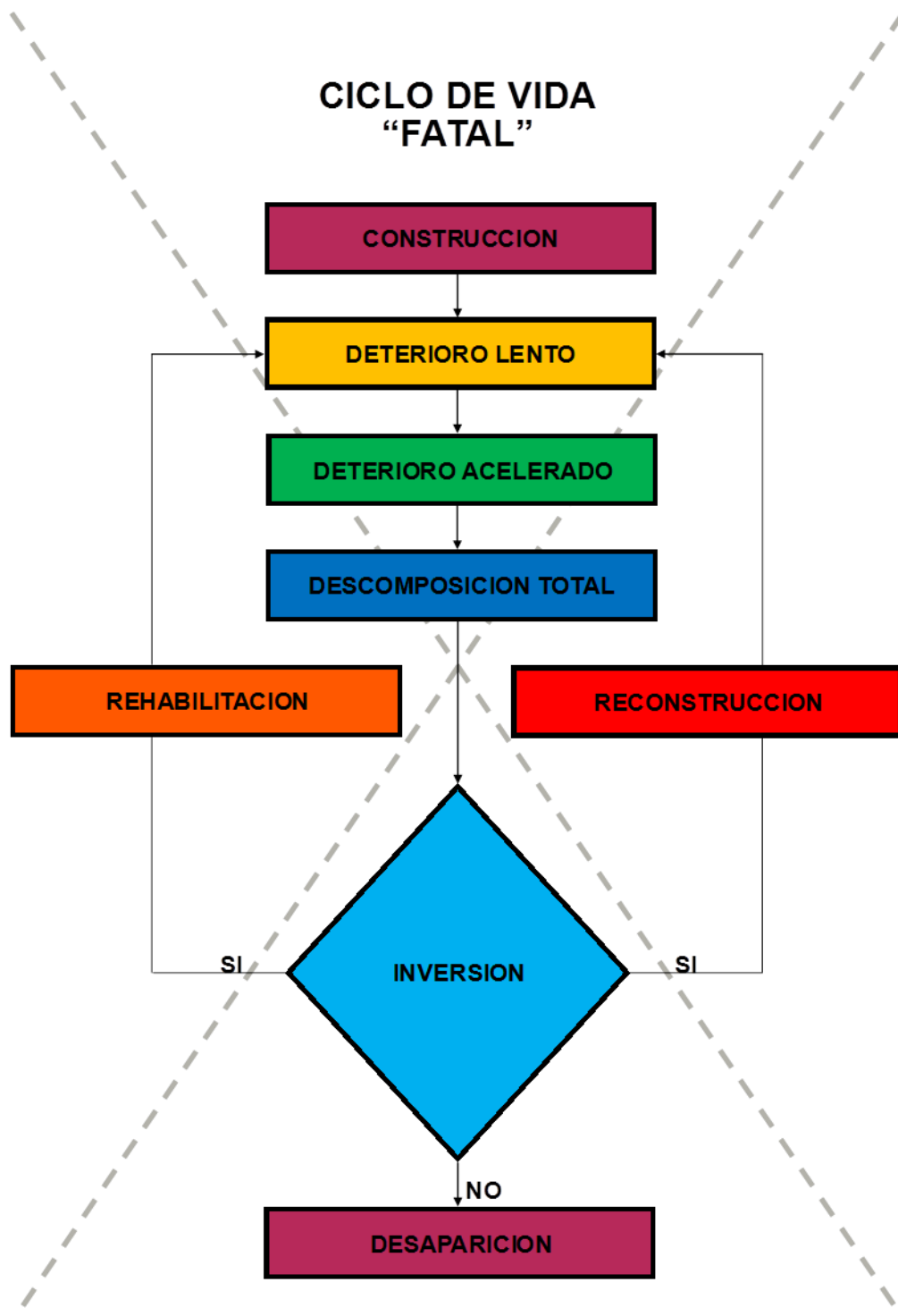


Figura No. 5: Diagrama de flujo del ciclo de vida "fatal".
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

A continuación se presenta un esquema del ciclo fatal de los puentes y un esquema ideal de conservación, que consiste en combinar un adecuado mantenimiento rutinario con un mantenimiento periódico oportuno.

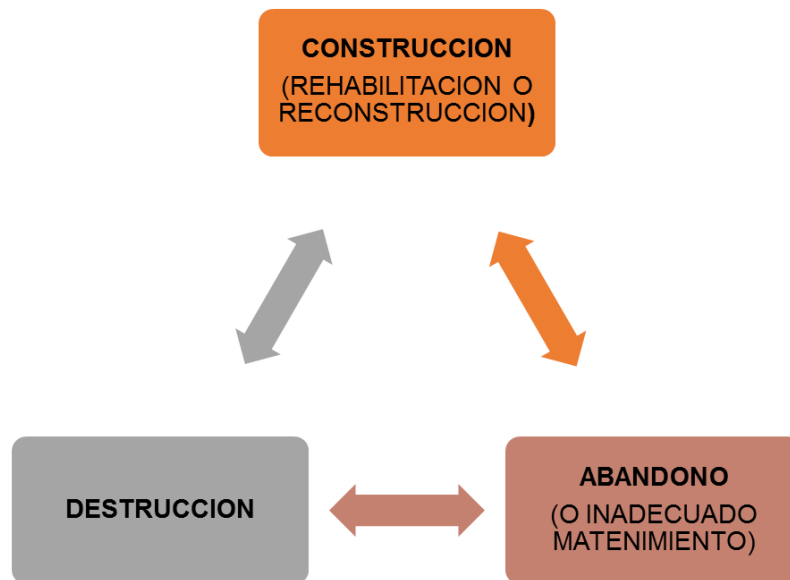


Figura No. 6: Diagrama del ciclo de vida "fatal" del puente.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

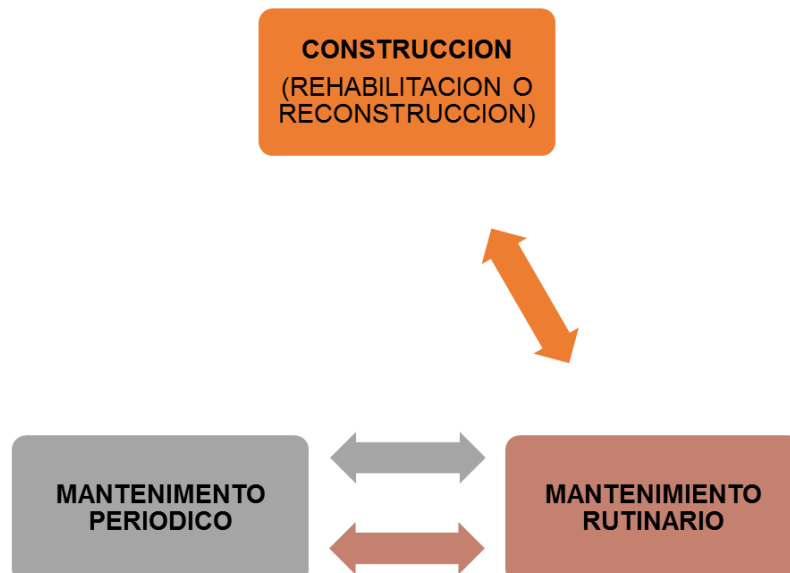


Figura No. 7: Diagrama del ciclo de vida "deseable" del puente.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

2.10 SINTESIS DE CALIFICACIÓN DE DAÑOS DE UN PUENTE.

Para el Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (2007) para el procedimiento de inspección del puente se califica el grado de deterioro del puente tomando en cuenta la condición en que se encuentran los diferentes elementos que componen los accesorios, la superestructura y la subestructura. Cada uno de estos elementos se evalúan según el grado de daño que presentan en una escala progresiva, es decir, por ejemplo el número 1 significa que no existen daños y el número 5 que hay gran deterioro en el elemento. A continuación se enuncian y describen los diferentes tipos de deterioro que se pueden encontrar para cada uno de los elementos y la calificación del grado de daño asociada. Además se menciona como debe realizarse la inspección.

2.10.1 CARPETA DE RODADURA.

La carpeta de rodadura en la losa del puente funciona como una superficie de rodamiento y además tiene como objetivo proveer protección adicional a la losa contra el clima y el tráfico. El pavimento no es un miembro estructural, sin embargo, genera carga muerta al puente, por lo tanto el espesor del pavimento debe ser el mínimo además técnicamente las sobrecapas de pavimento en la losa del puente son totalmente prohibidas (p. 78). Dentro de este elemento se van a evaluar cinco tipos de daños: ondulaciones, surcos, agrietamiento, baches y sobrecapas de asfalto. A continuación se describe cada uno.

Deterioro superficial: en este punto se considera la presencia de daños superficiales en la carpeta de rodadura como escalonamientos, deformaciones, fisuras por retracción, fracturaciones, desintegración, peladuras, fisuras inducidas, pulimento o pérdida de finos en la superficie las cuales afectan a la condición de este elemento aumentando el efecto de las cargas dinámicas a la estructura e incrementa la irregularidad superficial o IRI sobre esta maximizando los niveles de ruido en la estructura a continuación en la siguiente tabla se detalla el grado de daño por deterioro superficial (S.A.E.P, 2007, p. 78).

GRADO DE DAÑO POR DETERIORO SUPERFICIAL	
GRADO	DESCRIPCION
1	SUPERFICIE DE RODAMIENTO CON IRREGULARIDADES SUPERFICIALES
2	SUPERFICIE DE RODAMIENTO CON FISURAS POR RETRACCION
3	SUPERFICIE DE RODAMIENTO CON FISURAS INDUCIDAS
4	SUPERFICIE DE RODAMIENTO CON PULIMIENTO SUPERFICIAL
5	SUPERFICIE DE RODAMIENTO CON PELADURAS

Tabla No. 5: Grado de daño por deterioro superficial.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Grietas: Las grietas son fisuras o cavidades que se producen generalmente por vibraciones y cambios de temperatura (S.A.E.P, 2007, p. 79). El grado de daño en el pavimento debido a las grietas está definido en la tabla.

GRADO DE DAÑO POR GRIETAS	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO SE OBSERVAN GRIETAS
2	EL ESPESOR DE LA GRIETA ES MENOR A 5,00 MM
3	EL ESPESOR DE LA GRIETA ESTA ENTRE 5,00 Y 10,00 MM
4	SE OBSERVAN GRITAS EN RED
5	SE OBSERVAN GRIETAS EN RED Y EN ALGUNAS PARTES HAY DESPRENDIMIENTO DE CONCRETO

Tabla No. 6: Grado de daño por grietas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Baches en el pavimento: Un bache es un defecto en la nivelación de la vía; es una depresión u hoyo en la superficie de rodamiento (S.A.E.P, 2007, p. 80). El grado de daño está definido en la tabla.

GRADO DE DAÑO POR BACHES	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO SE OBSERVAN BACHES
2	LA PROFUNDIDAD DEL BACHE ES MENOR A 20,00 MM
3	LA PROFUNDIDAD DEL BACHE ESTA ENTRE 20,00 Y 50,00 MM
4	LA PROFUNDIDAD DEL BACHE ES MAYOR QUE 50,00 MM
5	ES NECESARIO DETENER EL VEHICULO PARA ESQUIVAR LOS BACHES

Tabla No. 7: Grado de daño por baches.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Sobrecapas de pavimento sobre la losa de puente: Las sobrecapas son capas adicionales sobre la superficie principal. Como se explicó anteriormente, las sobrecapas de asfalto en la losa del puente son prohibidas por lo que cuando se observa una indiscriminada sobrecapa de pavimento, el grado del daño debe ser automáticamente cinco (S.A.E.P, 2007, p. 81). El grado de daño está definido en la tabla.

GRADO DE DAÑO POR SOBRECAPAS DE ASFALTO	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO SE OBSERVAN SOBRECAPAS DE ASFALTO
2	NO APLICA
3	SE OBSERVA UNA SOBRECAPA DE ASFALTO
4	NO APLICA
5	SE OBSERVA MAS DE UNA SOBRECAPA DE ASFALTO

Tabla No. 8: Grado de daño por sobrecapas de asfalto.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Material ajeno a la vía: en este punto se considera la presencia de material ajeno a la vía presente en la carpeta de rodadura el cual afecta a la condición de la carpeta de rodadura en la siguiente tabla se detalla el grado de daño por material ajeno a la vía (S.A.E.P, 2007, p. 81).

GRADO DE DAÑO POR MATERIAL AJENO A LA VIA	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO SE OBSERVAN MATERIAL AJENO A LA VIA
2	DELO AL 10% DE LA VIA SE ENCUENTRA CUBIERTA CON OTRO MATERIAL
3	DEL 10% AL 25% DE LA VIA SE ENCUENTRA CUBIERTA CON OTRO MATERIAL
4	DEL 25% AL 50% DE LA VIA SE ENCUENTRA CUBIERTA CON OTRO MATERIAL
5	MAS DEL 50% DE LA VIA SE ENCUENTRA CUBIERTA CON OTRO MATERIAL

Tabla No. 9: Grado de daño por material ajeno a la vía.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

2.10.2 BARANDAS.

En el caso de las barandas se consideran dos tipos: de acero o de concreto. Si se utiliza otro material como madera, el inspector debe anotar un comentario y no se deberá realizar ninguna evaluación al respecto. En caso de barandas de acero, la condición del cordón de concreto debe ser evaluada en la fila de barandas de concreto. En relación a la baranda de acero se evalúan cuatro tipos de daños: deformación, oxidación, corrosión y la ausencia del elemento (faltante). En el caso de las barandas de concreto se calificarán tres daños: agrietamiento, acero de refuerzo expuesto y al igual que las de acero la ausencia del elemento (S.A.E.P, 2007, p. 82). A continuación se describe cada uno.

Deformación (baranda de acero): La deformación es el cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a la aplicación de una o más fuerzas sobre el mismo o la ocurrencia de dilatación térmica (S.A.E.P, 2007, p. 82). El grado de daño para la deformación de las barandas de acero está definido en la tabla.

GRADO DE DAÑO POR DEFORMACION	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO SE OBSERVAN DAÑOS DE DEFORMACION EN EL ELEMENTO
2	DEFORMACION MENOR A 5,00 CM
3	DEFORMACION ENTRE 5,00 Y 10,00 CM CON RESPECTO AL ORIGINAL
4	DEFORMACION ENTRE 10,00 Y 20,00 CM CON RESPECTO AL ORIGINAL
5	DEFORMACION MAYOR A 20,00 CM CON RESPECTO AL ORIGINAL

Tabla No. 10: Grado de daño por deformación.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Oxidación (baranda de acero): La oxidación es una reacción química que se produce en el acero al estar en contacto con el agua, ya sea dulce o salada, o por la humedad del medio ambiente, lo que puede producir daños en el refuerzo de los elementos. La oxidación se observa como una capa de color rojizo-café que se va formando en la superficie del acero (S.A.E.P, 2007, p. 82).

GRADO DE DAÑO POR OXIDACION	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO SE OBSERVAN OXIDACION EN ELEMENTO
2	SE OBSERVA COMIENZOS DE OXIDACION
3	20% DEL ELEMENTO ESTA CUBIERTO CON OXIDACION
4	50% DEL ELEMENTO ESTA CUBIERTO POR OXIDACION
5	MAS DEL 50% ESTA CUBIERTO POR OXIDACION

Tabla No. 11: Grado de daño por oxidación.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Corrosión (baranda de acero): La corrosión es la alteración causada por el ambiente en el elemento, empieza como oxidación y si no se le da algún tratamiento o se le brinda alguna protección al elemento se llega a dar la corrosión lo que produce la reducción de la sección de la pieza de acero. En la tabla se muestran los grados de deterioro debido a la corrosión (S.A.E.P, 2007, p. 83).

GRADO DE DAÑO POR CORROSION	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO SE OBSERVAN CORROSION EN ELEMENTO
2	SE OBSERVA COMIENZOS DE CORROSION
3	LA CORROSION CRECIO Y HA OCASIONADO ORIFICIOS EN PARTES DEL ELEMENTO
4	ALGUNAS PARTES DEL ELEMENTO ESTAN REDUCIDAS POR CORROSION
5	ALGUNAS PARTES DEL ELEMENTO SE HAN PERDIDO POR LA CORROSION

Tabla No. 12: Grado de daño por corrosión.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Faltante o ausencia (baranda de acero o concreto): Faltante se refiere a la pérdida parcial o total de algún elemento. En el caso de las barandas a continuación se menciona el grado de daño debido al faltante o ausencia de la misma (S.A.E.P, 2007, p. 84).

GRADO DE DAÑO POR FALTANTE O AUSENCIA	
GRADO	DESCRIPCION
1	SE CUENTA CON LA TOTALIDAD DEL ELEMENTO
2	ALGUNAS PARTES DEL ELEMENTO ESTAN DAÑADAS
3	HACE FALTA MENOS DEL 10% DEL ELEMENTO
4	HACE FALTA ENTRE EL 10% Y EL 30% DEL ELEMENTO
5	HACE FALTA MAS DEL 30% DEL ELEMENTO

Tabla No. 13: Grado de daño por faltante o ausencia.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Daños por colisión (baranda de acero o concreto): en este punto se considera si el elemento posee alguna falla provocada por el impacto de vehículos, el grado de daño por colisión se detalla en la siguiente tabla (S.A.E.P, 2007, p. 84).

GRADO DE DAÑO POR COLISION	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO SE OBSERVAN DAÑOS POR COLISION
2	ALGUNAS PARTES DE LA BARANDA ESTAN DAÑADAS
3	EL 10% DE LA BARANDA ESTA DAÑADA
4	ENTRE EL 10% Y EL 30% DE LA BARANDA ESTA DAÑADA
5	MAS DEL 30% DE LA BARANDA ESTA DAÑADA

Tabla No. 14: Grado de daño por colisión.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Agrietamiento (baranda de concreto): Agrietamiento se refiere a aberturas que surgen en alguna superficie. En el caso de las barandas de concreto se describe en la tabla el grado de daño del elemento debido a este tipo de deterioro (S.A.E.P, 2007, p. 84).

GRADO DE DAÑO POR GRIETAS	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO HAY GRIETAS
2	SE OBSERVO ALGUNAS GRIETAS
3	EL ESPESOR DE LA GRIETA ES MENOR A 0,30 MM CON INTERVALOS DE 50 CM
4	EL ESPESOR DE LA GRIETA ES MAYOR A 0,30 MM CON INTERVALOS DE 50 CM
5	SE OBSERVA GRIETAS CON ESPESORES DE VARIOS MM

Tabla No. 15: Grado de daño por grietas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Acero de refuerzo expuesto (barandas de concreto): Se refiere a la exposición del acero de refuerzo que debe estar embebido en el concreto (S.A.E.P, 2007, p. 85). El grado de daño para el acero de refuerzo expuesto debe ser evaluado con base en la descripción de la tabla.

GRADO DE DAÑO POR ACERO EXPUESTO	
GRADO	DESCRIPCION
1	ALAMBRES EXPUESTOS A LA INTERPERIE NO ESTRUCTURALES
2	SE OBSERVO CASCARAS A LO LARGO DEL REFUERZO PRINCIPAL
3	EL REFUERZO ESTA EXPUESTO EN PEQUEÑAS PARTES
4	SE OBSERVA EL REFUERZO PRINCIPAL EXPUESTO Y OXIDADO
5	SE OBSERVA EL ACERO PRINCIPAL EXPUESTO CON REDUCCION DE SECCION

Tabla No. 16: Grado de daño por acero expuesto.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Descascaramiento: El descascaramiento es la delaminación local o desprendimiento de una superficie terminada de concreto endurecido como resultado de cambios de temperatura, pobre procedimiento constructivo o algún daño en el acero de refuerzo. En la tabla a continuación se muestra del grado de daño (S.A.E.P, 2007, p. 92).

GRADO DE DAÑO POR DESCASCAMIENTO EN LA SUPERFICIE DE CONCRETO	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO SE OBSERVO DESCASCAMIENTO EN LA SUPERFICIE DE LA ESTRUCTURA
2	SE OBSERVO EL PRINCIPIO DEL DESCASCAMIENTO
3	HA CRECIDO EL DESCASCAMIENTO EN ALGUNAS PARTES DE LA SUPERFICIE DE LA ESTRUCTURA
4	SE OBSERVO UN CONSIDERABLE DESCASCAMIENTO
5	SE OBSERVO UN CONSIDERABLE DESCASCAMIENTO Y OXIDACION

Tabla No. 17: Grado de daño por descascamiento.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Nidos de piedra: Los nidos de piedra son causados por la vibración inapropiada durante el colado del concreto lo que produce segregación de los agregados gruesos, de los agregados finos y la pasta de cemento. En la tabla se describe el grado de deterioro (S.A.E.P, 2007, p. 93).

GRADO DE DAÑO POR NIDOS DE PIEDRA	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO SE OBSERVARON NIDOS DE PIEDRA
2	SE OBSERVARON NIDOS DE PIEDRA EN ALGUNOS SITIOS
3	SE OBSERVARON MAS DE DIEZ NIDOS DE PIEDRA
4	SE OBSERVAN NIDOS DE PIEDRA EN MUCHOS SITIOS
5	NO APLICA

Tabla No. 18: Grado de daño por nidos de piedra.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

2.10.3 JUNTAS DE EXPANSIÓN.

Las juntas de expansión son una parte muy importante del puente. La junta de expansión debe ser capaz de resistir los cambios climáticos para llevar a cabo su función y no comprometer la calidad del viaje de los vehículos que transitan en el puente. El inspector debe ser capaz de reconocer aquellas juntas de expansión que no están funcionando apropiadamente. Dentro de los tipos de deterioro que puede presentar las juntas encontramos: sonidos extraños, filtración de agua, ausencia (faltante) o deformación de juntas, que presente algún desplazamiento vertical, obstrucción y acero de refuerzo expuesto (S.A.E.P, 2007, p. 86). Cada uno de los daños anteriores se describen a continuación.

Sonidos extraños: Se deben detectar cuidadosamente los sonidos en las juntas de expansión cuando los vehículos pasan sobre ellas. Esto debido a que los sonidos provienen de zonas donde la junta presenta algún daño. Si se detecta un sonido considerable, debe ser calificado con grado tres (S.A.E.P, 2007, p. 86).

Filtraciones de agua: La filtración de agua a través de cualquier junta del puente contribuye al deterioro del concreto. Esta filtración de agua a través de la junta de expansión debe ser inspeccionada en el asiento de los apoyos del puente y en el muro de las subestructuras (S.A.E.P, 2007, p. 87). Los grados de daño debido a la filtración de agua se muestran en la tabla.

GRADO DE DAÑO POR FILTRACION DE AGUA EN JUNTAS DE EXPANSIÓN	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO HAY FILTRACION DE AGUA PROVINIENTE DE LAS JUNTAS
2	SE OBSERVO FILTRACIONES EN ALGUNAS PARTES DE LOS ASIENTOS DEL PUENTE
3	SE OBSERVO FILTRACIONES EN MENOS DEL 50% DEL MURO Y EL VIGA CABEZAL
4	SE OBSERVO FILTRACIONES EN MAS DEL 50% DEL MURO Y LA VIGA CABEZAL
5	LAS FILTRACIONES CUBREN TODA LA PARED FRONTAL Y LA VIGA CABEZAL

Tabla No. 19: Grado de daño por filtraciones de agua.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Faltante o deformación: Se debe prestar atención cuando la junta de expansión presenta alguna alteración en su forma o alguna parte o la totalidad de la junta se ha perdido (S.A.E.P, 2007, p. 87). En la tabla se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

GRADO DE DAÑO POR DEFORMACION O FALTANTE DE LAS JUNTAS DE EXPANSIÓN	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO SE OBSERVAN FALTANTE O DEFORMACIONES DE JUNTAS
2	SE OBSERVAN PEQUEÑAS DEFORMACIONES
3	ALGUNAS PARTES ESTAN DEFORMADAS
4	ALGUNAS PARTES SE HAN PERDIDO
5	LOS VEHICULOS DEBEN REDUCIR LA VELOCIDAD ANTES DE PASAR POR LAS JUNTAS DE EXPANSIÓN

Tabla No. 20: Grado de daño por deformación o faltante.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Movimiento vertical: Se refiere al caso en que las juntas de expansión presenten algún desplazamiento vertical (S.A.E.P, 2007, p. 88).

GRADO DE DAÑO POR MOVIMIENTO VERTICAL DE LA JUNTA DE EXPANSION	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO SE OBSERVO MOVIMIENTOS
2	SE OBSERVAN PEQUEÑAS MOVIMIENTOS
3	ALGUNAS PARTES SE MUEVEN VERTICALMENTE Y SE DETECTARON SONIDOS
4	ALGUNAS PARTES SE MUEVEN CONSIDERABLEMENTE O SE DETECTARON GRANDES SONIDOS
5	LA VELOCIDAD DEL VEHICULO DEBE REDUCIRSE ANTES DE LA JUNTA DE EXPANSION

Tabla No. 21: Grado de daño por movimiento vertical.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Acero de refuerzo expuesto: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 16: Grado de daño por acero expuesto donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Juntas obstruidas: Se observan juntas cubiertas por sobrecapas de asfalto. Cuando se aplica un nuevo pavimento a un puente, frecuentemente se coloca una sobrecapa a las juntas de expansión sin ningún cuidado de permitir el funcionamiento apropiado de la misma. La presencia de grietas transversales pueden evidenciar que las juntas están cubiertas por sobrecapas (S.A.E.P, 2007, p. 89).

GRADO DE DAÑO POR JUNTA OBSTRUIDA	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO SE OBSERVO JUNTAS OBSTRUIDAS
2	NO APLICA
3	SE OBSERVO CIERTA OBSTRUCCION EN LA JUNTA
4	NO APLICA
5	LA JUNTA ESTA CUBIERTA POR SOBRECAPAS DE ASFALTO

Tabla No. 22: Grado de daño por junta obstruida.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

2.10.4 SISTEMA DE DRENAJE.

El sistema de drenaje permite evacuar apropiadamente el agua de las lluvias o agua pluvial de la calzada y aceras del puente. Dentro de los tipos de fallas que podemos encontrar en el drenaje tenemos: obstrucción de drenajes, longitud o sección insuficiente, ausencia de drenajes, mala ubicación de drenajes y bombeo de la vía a continuación se detallan cada uno de los daños (Ortiz y Sánchez, 2014, p. 77).

Obstrucción de drenajes: En este punto se considera si el drenaje que se encuentra colocado en la vía esta obstruido con tierra, maleza o basura el cual al encontrarse así no permitirá el desfogue del agua lluvia ocasionado daños a la carpeta de rodadura y en este caso no poseerla al tablero (Ortiz y Sánchez, 2014, p. 78). Para la evaluación del grado de la obstrucción de drenajes nos guiaremos en la siguiente tabla.

GRADO DE DAÑO POR OBSTRUCCION DE DRENAJES	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO HAY PROBLEMAS
2	NO APLICA
3	APROXIMADAMENTE EL 50% DE LOS DRENAJES SE ENCUENTRAN OBSTRUIDOS
4	NO APLICA
5	DRENAJES TOTALMENTE OBSTRUIDOS

Tabla No. 23: Grado de daño por obstrucción de drenajes.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Longitud o sección insuficiente: En este punto se debe considerar si la longitud del drenaje o su sección es suficiente ya que si el diámetro del tubo de drenaje es insuficiente no descargaría eficientemente, en cuanto a la longitud insuficiente esta puede provocar que el agua dañe la parte inferior del tablero (Ortiz y Sánchez, 2014, p. 78). Para la evaluación del grado de daño por longitud o sección insuficiente nos guiaremos en la siguiente tabla.

GRADO DE DAÑO POR LONGITUD O SECCION INSUFICIENTE	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO HAY PROBLEMAS
2	NO APLICA
3	APROXIMADAMENTE EL 50% DE LOS DRENAJES NO TIENEN LA LONGITUD O SECCION REQUERIDA
4	NO APLICA
5	TODOS LOS DRENAJES NO POSEEN LONGITUD O SECCION REQUERIDA

Tabla No. 24: Grado de daño por longitud o sección insuficiente.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Ausencia de drenajes: En este punto se debe considerar la ausencia de drenajes en el tablero del puente ya que esto ocasionara que el agua lluvia no evacue apropiadamente de la calzada del puente y la presencia de humedad o agua en este elemento provocara daños (Ortiz y Sánchez, 2014, p. 79). Para la evaluación del grado de daño por ausencia de drenajes nos guiaremos en la siguiente tabla.

GRADO DE DAÑO POR AUSENCIA DE DRENAJES	
GRADO	DESCRIPCION
1	LOS DRENAJES EXISTENTES SON SUFICIENTES
2	NO APLICA
3	LOS DRENAJES EXISTENTES SON INSUFICIENTES
4	NO APLICA
5	NO EXISTEN DRENAJES

Tabla No. 25: Grado de daño por ausencia de drenajes.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Mala ubicación de drenajes: en este punto se considera el sitio en el que se encuentran ubicados los drenajes ya que el desfogue de ellos puede estar afectado a otros elementos del puente (Ortiz y Sánchez, 2014, p. 79). Para la evaluación del grado de daño por la ubicación de drenajes nos guiaremos en la siguiente tabla.

GRADO DE DAÑO POR MALA UBICACION DE DRENAJES	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO HAY PROBLEMAS
2	NO APLICA
3	APROXIMADAMENTE EL 50% DE LOS DRENAJES DESFOGAN SOBRE OTRO ELEMENTO
4	NO APLICA
5	TODOS LOS DRENAJES DESCARGAN SOBRE ALGUN ELEMENTO DEL PUENTE

Tabla No. 26: Grado de daño por mala ubicación de drenajes.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Bombeo de la vía: En este punto se considera que la pendiente transversal de la vía sea suficiente para evacuar eficientemente y que no se acumulen depósitos de agua que puedan afectar la estructura (Ortiz y Sánchez, 2014, p. 79). Para la evaluación del grado de daño por el bombeo de la vía nos guiaremos en la siguiente tabla.

GRADO DE DAÑO POR BOMBEO DE LA VIA	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO HAY PROBLEMAS
2	SE OBSERVAN PEQUEÑOS DEPOSITOS DE AGUA
3	LA PENDIENTE ES INSUFICIENTE
4	SOLO UN CARRIL POSEE LA PENDIENTE NECESARIA
5	NO EXISTE PENDIENTE TRANSVERSAL

Tabla No. 27: Grado de daño por bombeo de la vía.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

2.10.5 ACERAS.

Usualmente las aceras son de concreto siendo los daños más comunes tenemos fisuras en una y dos direcciones, descascaramientos, acero de refuerzo expuesto, nidos de piedra, eflorescencias y faltante o ausencia cada una de estas fallas se a continuación

Fisuras en una dirección: Las grietas en el concreto es el indicativo más fiable de futuros problemas en el elemento, por lo tanto, es importante determinar su causa. Las grietas en una dirección son fisuras lineales en el concreto causadas en muchos casos por los esfuerzos debido a la carga viva y muerta. El ancho y distancia entre grietas debe ser cuidadosamente inspeccionado y almacenado como notas en el formulario de inspección (S.A.E.P, 2007, p. 90).

GRADO DE DAÑO POR FISURAS EN UNA DIRECCION	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO SE OBSERVO FISURAS
2	EL ANCHO DE LAS FISURAS ES MENOR A 0,20 MM EN INTERVALOS DE MAS DE 1,00 M
3	EL ANCHO DE LAS FISURAS ES MAYOR A 0,20 MM EN INTERVALOS DE MAS DE 1,00 M
4	EL ANCHO DE LAS FISURAS ES MAYOR A 0,20 MM EN INTERVALOS DE MAS DE 1,00 M Y 0,50 M
5	EL ANCHO DE LAS FISURAS ES MAYOR A 0,20 MM EN INTERVALOS DE MENOS DE 0,50 M

Tabla No. 28: Grado de daño por fisuras en una dirección.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Fisuras en dos direcciones en la losa: La causa principal de las grietas en dos direcciones en la losa es la fatiga causada por la repetición de carga viva. La extensión y el patrón de la malla de la grieta en la losa deben ser cuidadosamente inspeccionados, ya que es una de las señales más claras del deterioro de la losa de concreto (S.A.E.P, 2007, p. 91).

GRADO DE DAÑO POR FISURAS EN DOS DIRECCIONES	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO SE OBSERVO FISURAS
2	NO APLICA
3	EL ANCHO DE LAS FISURAS ES MENOR A 0,20 MM EN INTERVALOS DE MAS DE 50 CM
4	EL ANCHO DE LAS FISURAS ES MAYOR A 0,20 MM EN INTERVALOS DE MAS DE 50CM
5	EL ANCHO DE LAS FISURAS ES MAYOR A 0,20 MM Y EL CONCRETO SE ESTA DESCASCARANDO

Tabla No. 29: Grado de daño por fisuras en dos direcciones.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Descascaramiento: El descascaramiento es la delaminación local o desprendimiento de una superficie terminada de concreto endurecido como resultado de cambios de temperatura, pobre procedimiento constructivo o algún daño en el acero de refuerzo (S.A.E.P, 2007, p. 92). En la tabla a continuación se muestra del grado de daño.

GRADO DE DAÑO POR DESCASCARAMIENTO	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO SE OBSERVO DESCASCARAMIENTO EN LA SUPERFICIE DE LA ESTRUCTURA
2	SE OBSERVO EL PRINCIPIO DEL DESCASCARAMIENTO
3	HA CRECIDO EL DESCASCARAMIENTO EN ALGUNAS PARTES DE LA SUPERFICIE DE LA ESTRUCTURA
4	SE OBSERVO UN CONSIDERABLE DESCASCARAMIENTO
5	SE OBSERVO UN CONSIDERABLE DESCASCARAMIENTO Y OXIDACION

Tabla No. 30: Grado de daño por descascaramiento.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Acero de refuerzo expuesto: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 16: Grado de daño por acero expuesto donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Nidos de piedra: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 18: Grado de daño por nidos de piedra donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Eflorescencias: La eflorescencia es una mancha blanca que se forma en el concreto por causa del cloruro de calcio que es traído a la superficie del concreto por el agua. La eflorescencia indica que las grietas son profundas y que han penetrado a través de la losa (S.A.E.P, 2007, p. 93). A continuación se muestra en la tabla el grado de daño.

GRADO DE DAÑO POR EFLORESCENCIAS	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO SE OBSERVO EFLORESCENCIA
2	SE OBSERVARON PEQUEÑAS MANCHAS BLANCAS EN LA SUPERFICIE DEL CONCRETO
3	SE OBSERVO EFLORESCENCIA EN MENOS DE LA MITAD DEL AREA DEL ELEMENTO
4	SE OBSERVO EFLORESCENCIA EN MAS DE LA MITAD DEL AREA DEL ELEMENTO
5	SE OBSERVO ESTALACTITAS EN MUCHOS LUGARES CAUSADOS POR EL CLORURO DE CALCIO

Tabla No. 31: Grado de daño por eflorescencias.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Faltante o ausencia: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 13: Grado de daño por faltante o ausencia donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

2.10.6 SEÑALIZACION.

La señalización de un puente nos permite lograr seguridad en el tránsito y la disminución de accidentes a personas y bienes permitiéndonos asegurar una buena circulación y conservación de la misma. Dentro de los tipos de fallas que podemos encontrar en la señalización tenemos: emplazamiento de la señalética, desgaste de pintura, ausencia de señalética, deterioro de delineadores de piso y la inseguridad vial a continuación se detallan cada uno de estos daños (Ortiz y Sánchez, 2014, p. 64).

Emplazamiento de señalética: En este punto se considera si la señalética que se encuentra colocada en los accesos del puente está dispuesta de forma oportuna en la misma considerando si estas están emplazadas con demasiada o poca antelación en los accesos del mismo (Ortiz y Sánchez, 2014, p. 64). Para la evaluación del grado de daño por emplazamiento de señalética nos guiaremos en la siguiente tabla.

GRADO DE DAÑO POR EMPLAZAMIENTO DE SEÑALÉTICA	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO APLICA
2	NO APLICA
3	NO APLICA
4	INFORMACION CON DEMASIADA ANTELACION
5	INFORMACION CON POCA ANTELACION

Tabla No. 32: Grado de daño por emplazamiento de señalética.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Desgaste de pintura: En este punto se considera si la señalética que se encuentra colocada sobre el puente y sus accesos presenta desgaste en su pintura dificultando al conductor la visibilidad de estas aumentado el riesgo de accidentes (Ortiz y Sánchez, 2014, p. 64). Para la evaluación del grado de daño por desgaste de pintura nos guiaremos en la siguiente tabla.

GRADO DE DAÑO POR DESGASTE EN PINTURA DE SEÑALÉTICA	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO APLICA
2	DESGASTE EN MENOS DEL 25% DE LA SEÑALÉTICA
3	DESGASTE ENTRE EL 25% AL 50% DE LA SEÑALÉTICA
4	DESGASTE ENTRE EL 50% AL 75% DE LA SEÑALÉTICA
5	DESGASTE EN MAS DEL 75% DE LA SEÑALÉTICA

Tabla No. 33: Grado de daño por desgaste de pintura.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Ausencia de señalética: En este punto se debe considerar la ausencia de señalética informativa, reglamentaria y preventiva en los accesos del puente ocasionando confusión y desorientación en los conductores (Ortiz y Sánchez, 2014, p. 64). Para la evaluación del grado de daño por ausencia de señalética nos guiaremos en la siguiente tabla.

GRADO DE DAÑO POR AUSENCIA DE SEÑALÉTICA	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO APLICA
2	NO APLICA
3	AUSENCIA DE SEÑALIZACION INFORMATIVA
4	AUSENCIA DE SEÑALIZACION REGLAMENTARIA
5	AUSENCIA DE SEÑALIZACION PREVENTIVA

Tabla No. 34: Grado de daño por ausencia de señalética.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Deterioro de delineadores de piso: En este punto se debe considerar el deterioro de los delineadores por pérdida de reflectividad o adherencia de las mismas a la superficie de rodamiento del puente y sus accesos (Ortiz y Sánchez, 2014, p. 64). Para la evaluación del grado de daño por deterioro de delineadores de piso nos guiaremos en la siguiente tabla.

GRADO DE DAÑO POR DETERIORO DE DELINEADORES DE PISO	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO APLICA
2	NO APLICA
3	PERDIDA DE REFLECTIVIDAD DE LAS TACHAS
4	PERDIDA POR ADHERENCIA DE LAS TACHAS
5	NO APLICA

Tabla No. 35: Grado de daño por deterioro de delineadores de piso.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Inseguridad vial: En este punto se debe considerar el riesgo de accidentes por mala disposición de señalética en el puente y sus accesos (Ortiz y Sánchez, 2014, p. 64). Para la evaluación del grado de daño por inseguridad vial nos guiaremos en la siguiente tabla.

GRADO DE DAÑO POR INSEGURIDAD VIAL	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO APLICA
2	NO APLICA
3	NO APLICA
4	NO APLICA
5	MALA DISPOSICION DE SEÑALÉTICA

Tabla No. 36: Grado de daño por inseguridad vial.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

2.10.7 ACCESOS.

Los accesos son importantes por su conexión al puente y deben estar a nivel con el tablero si la transición no es suave, los efectos del impacto pueden aumentar la energía de las cargas que ingresan al puente, causando daños a la estructura, siendo los daños más comunes las fallas en la carpeta de rodadura, deficiencia en el drenaje, deficiencia en la señalética, pérdida de guarda vías y la acumulación de material ajeno a la vía a continuación se detallan cada uno de estos daños.

Fallas en la carpeta de rodadura: En este punto se debe considerar las fallas en la carpeta de rodadura de los accesos considerando si estas tienen ondulaciones, surcos, agrietamientos o fisuras u baches (Ortiz y Sánchez, 2014, p. 64). Para la evaluación del grado de daño por fallas en la carpeta de rodadura nos guiaremos en la siguiente tabla.

GRADO DE DAÑO POR FALLAS EN LA CARPETA DE RODADURA	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO APLICA
2	ONDULACIONES CON PROFUNDIDADES MENORES A 0.04 M
3	SURCOS CON PROFUNDIDADES ENTRE 0.02 M A 0.04 M
4	AGRIETAMIENTOS CON FISURAS ENTRE 5 A 10 MM
5	BACHES CON PROFUNDIDADES MENORES A 20 MM

Tabla No. 37: Grado de daño por fallas en la carpeta de rodadura.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Deficiencia en el drenaje: En este punto se debe considerar las fallas por deficiencias en el drenaje de los accesos considerando si estos tienen un bombeo inadecuado, obstrucción en las cunetas u ausencia de las mismas (Ortiz y Sánchez, 2014, p. 64). Para la evaluación del grado de daño por fallas en el drenaje nos guiaremos en la siguiente tabla.

GRADO DE DAÑO POR DEFICIENCIA EN EL DRENAJE	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO APLICA
2	NO APLICA
3	BOMBEO INADECUADO EN LA VIA
4	OBSTRUCCION EN LAS CUNETAS
5	AUSENCIA DE CUNETAS

Tabla No. 38: Grado de daño por deficiencia en el drenaje.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Deficiencia en la señalética: En este punto se debe considerar las fallas por deficiencia en la señalética de los accesos considerando si estas tienen un desgaste en la pintura u pérdida de reflectividad o adherencia de los delineadores (Ortiz y Sánchez, 2014, p. 64). Para la evaluación del grado de daño por deficiencia en la señalética nos guiaremos en la siguiente tabla.

GRADO DE DAÑO POR DEFICIENCIAS EN LA SEÑALÉTICA	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO APLICA
2	NO APLICA
3	DESGASTE DE PINTURA
4	PERDIDA DE REFLECTIVIDAD Y ADHERENCIA EN TACHAS
5	NO APLICA

Tabla No. 39: Grado de daño por deficiencias en la señalética.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Perdida de guardavías: En este punto se debe considerar las fallas por pérdida de guardavías en los accesos considerando si estas tienen corrosión en los guardavías o en los postes guarda, pérdida por colisión en alguna sección del guardavía u ausencia de los mismos (Ortiz y Sánchez, 2014, p. 64). Para la evaluación del grado de daño por pérdida de guardavías nos guiaremos en la siguiente tabla.

GRADO DE DAÑO POR PERDIDA DE GUARDAVIAS	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO APLICA
2	NO APLICA
3	CORROSION EN GUARDAVIAS Y POSTES GUARDA
4	PERDIDA POR COLISION EN ALGUNA SECCION DEL GUARDAVIA
5	AUSENCIA DE GUARDAVIAS

Tabla No. 40: Grado de daño por pérdida de guardavía.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Acumulación de material en vía: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 9: Grado de daño por material ajeno a la vía donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

2.10.8 LOSA.

Las losas están sujetas a una variedad de daños causados por diferentes factores, tales como el tráfico, la exposición a la intemperie, contaminación ambiental, etc.; además de las deficiencias de diseño y construcción, como un recubrimiento insuficiente, remoción de la formaleta antes de tiempo, una mezcla de concreto pobre o una vibración inapropiada, todos estos factores pueden contribuir al deterioro del puente (S.A.E.P, 2007, p. 90). Usualmente las losas son de concreto siendo los daños más comunes: grietas en una y dos direcciones, descascaramiento, acero de refuerzo expuesto, nidos de piedra, eflorescencia y agujeros son descritas a continuación.

Fisuras en una dirección: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 28: Grado de daño por fisuras en una dirección donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Fisuras en dos direcciones: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 29: Grado de daño por fisuras en dos direcciones donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Descascaramiento: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 30: Grado de daño por descascaramiento donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Acero de refuerzo expuesto: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 16: Grado de daño por acero de refuerzo expuesto donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Nidos de piedra: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 18: Grado de daño por nidos de piedra donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Eflorescencias: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 31: Grado de daño por eflorescencias donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Faltante o ausencia: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 13: Grado de daño por faltante o ausencia donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

2.10.9 VIGA PRINCIPAL DE HORMIGÓN.

Los daños o deterioros en la viga principal de hormigón son muy similares a los de la losa y aceras de la estructura siendo las fallas más comunes las fisuras en una dirección, fisuras en dos direcciones, descascaramientos, acero de refuerzo, nidos de piedra y eflorescencias, a continuación se detallan cada uno de estos daños.

Fisuras en una dirección: las fisuras de flexión son perpendiculares a refuerzo longitudinal y comienzan en la zona de máxima tensión. En la mitad del tramo de las vigas de concreto, las fisuras de flexión se pueden encontrar algunas veces en la parte inferior de los miembros. Las fisuras debido al esfuerzo cortante son fisuras diagonales que usualmente ocurren en alma de la viga. Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 28: Grado de daño por fisuras en una dirección donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Fisuras en dos direcciones: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 29: Grado de daño por fisuras en dos direcciones donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Descascaramiento: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 30: Grado de daño por descascaramiento donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Acero de refuerzo expuesto: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 16: Grado de daño por acero de refuerzo expuesto donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Nidos de piedra: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 18: Grado de daño por nidos de piedra donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Eflorescencias: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 31: Grado de daño por eflorescencias donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

2.10.10 VIGA SECUNDARIAS DE HORMIGON.

Los daños o deterioros en las vigas secundarias de hormigón son muy similares a los de la acera, losa y a la viga principal de la estructura siendo las fallas más comunes las fisuras en una dirección, fisuras en dos direcciones, descascaramientos, acero de refuerzo, nidos de piedra y eflorescencias. Para la evaluación del grado de daño de las vigas diafragma de hormigón procederemos de la misma que en la viga principal de hormigón. Ver el literal 2.10.9

2.10.11 VIGA PRINCIPAL DE ACERO.

El acero es uno de los materiales más comunes utilizados para las superestructuras en la construcción de puentes. Los daños más comunes de la superestructura de acero son la oxidación, corrosión, deformación, pérdida de pernos y grietas en la soldadura o placas.

Oxidación: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 11: Grado de daño por oxidación donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Corrosión: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 12: Grado de daño por corrosión donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Deformación: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 10: Grado de daño por deformación donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Pérdida de pernos: Los miembros de los puentes de acero están conectados por soldadura, pernos y remaches. La fatiga puede causar pérdida de pernos o remaches. Los pernos o los remaches en la conexión de los miembros deberá ser verificada cuidadosamente y el número de pernos o remaches faltante deberá ser registrado (S.A.E.P, 2007, p. 95). A continuación se muestra en la tabla el grado de daño.

GRADO DE DAÑO POR PERDIDA DE PERNOS	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO SE OBSERVARON PERNOS FALTANTES
2	SE OBSERVARON 2 O MENOS PERNOS FALTANTES
3	SE OBSERVO ENTRE 3 Y 5 PERNOS FALTANTES
4	SE OBSERVO ENTRE 6 Y 10 PERNOS FALTANTES
5	SE OBSERVO MAS DE 10 PERNOS FALTANTES

Tabla No. 41: Grado de daño por pérdida de pernos.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Grieta en la soldadura o la placa: Si la estructura ha sido pintada, el agrietamiento en la pintura acompañado por las manchas de óxido indica la posible existencia de una grieta de fatiga. Se necesita investigar las áreas alrededor del final de la cubreplaca soldada en el ala a tensión. El área donde se sospecha que existe la grieta debe estar limpia para determinar la presencia de la misma y su extensión (S.A.E.P, 2007, p. 96). A continuación se muestra en la tabla el grado de daño.

GRADO DE DAÑO POR GRIETA EN SOLDADURA O PLACA	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO SE OBSERVO GRIETAS
2	NO APLICA
3	SE DETECTAN VARIAS GRIETAS DE MENOS DE 1,00 CM
4	NO APLICA
5	SE DETECTAN VARIAS GRIETAS DE MAS DE 1,00 CM

Tabla No. 42: Grado de daño por grieta en soldadura o placa.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Decoloración en la pintura: En este punto se debe considerar las fallas por decoloración en la capas de pintura de protección de los elementos en acero ya que este daño advierte la presencia de corrosión u oxidación en estos elementos (S.A.E.P, 2007, p. 100). Para la evaluación del grado de daño por decoloración nos guiaremos en la siguiente tabla.

GRADO DE DAÑO POR DECOLORACION	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO SE OBSERVO NINGUNA DECOLORACION
2	NO APLICA
3	SE OBSERVO DECOLORACION EN UN GRADO
4	NO APLICA
5	NO SE OBSERVA EL COLOR ORIGINAL

Tabla No. 43: Grado de daño por decoloración en la pintura.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Ampollas: Las ampollas son producto del levantamiento de la pintura debido a la corrosión que presenta el elemento de acero. Ocurre comúnmente en las rayaduras que presenta la pintura. La corrosión atraviesa la pintura intacta, causando que se ampolle (S.A.E.P, 2007, p. 101). Para la evaluación del grado de daño por ampollas en la pintura nos guiaremos en la siguiente tabla.

GRADO DE DAÑO POR AMPOLLAS EN LA PINTURA	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO SE OBSERVAN AMPOLLAS EN LA SUPERFICIE DE LA ESTRUCTURA
2	SE OBSERVAN AMPOLLAS EN ALGUNAS PARTES DE LA SUPERFICIE DE LA ESTRUCTURA
3	HAN CRECIDO AMPOLLAS EN ALGUNAS PARTES DE LA SUPERFICIE DE LA ESTRUCTURA
4	SE DETECTO OXIDO ALREDEDOR DE LA AMPOLLA EN ALGUNAS PARTES DE LA SUPERFICIE DE LA ESTRUCTURA
5	SE OBSERVO QUE EL OXIDO SOCABA MAS DE 10,00 CM2 EN LA SUPERFICIE DE LA ESTRUCTURA

Tabla No. 44: Grado de daño por ampollas en la pintura.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Descascaramiento en la pintura: En este punto se debe considerar las fallas por descascaramiento de pintura en los elementos en acero ya que estos advierten la presencia de corrosión u oxidación en estos elementos (S.A.E.P, 2007, p. 101). Para la evaluación del grado de daño por descascaramiento en la pintura nos guiaremos en la siguiente tabla.

GRADO DE DAÑO POR DESCASCAMIENTO DE PINTURA	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO SE OBSERVA DESCASCAMIENTO DE LA PINTURA EN LA SUPERFICIE DE LA ESTRUCTURA
2	SE OBSERVA EL PRINCIPIO DEL DESCASCAMIENTO DE LA PINTURA
3	HA CRECIDO EL DESCASCAMIENTO DE LA PINTURA EN ALGUNAS PARTES DE LA SUPERFICIE DE LA ESTRUCTURA
4	SE OBSERVA UN CONSIDERABLE DESCASCAMIENTO DE LA PINTURA
5	SE OBSERVA UN CONSIDERABLE DESCASCAMIENTO DE LA PINTURA CON OXIDO

Tabla No. 45: Grado de daño por descascamiento de pintura.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

2.10.12 SISTEMAS DE ARRIOSTRAMIENTO.

Los daños o deterioros en los sistemas de arriostramiento son muy similares a los de la viga principal en acero de la estructura siendo las fallas más comunes las oxidación, corrosión, deformación, pérdida de pernos y grietas en la soldadura o placa, así como también decoloración, ampollas y descascamiento la pintura. Para la evaluación del grado de daño de los sistemas de arriostramiento procederemos de la misma que en la viga principal de acero. Ver el literal 2.10.11

2.10.13 APOYOS.

Para inspeccionar los apoyos, primero el inspector debe determinar qué tipo de apoyo fue previsto en el diseño (fijo, expansivo o rígido). El inspector debe consultar con los planos los tipos de apoyo utilizados en el puente. La causa principal de daños en los apoyos es el movimiento de la tierra en un sismo. Se debe registrar el número de apoyos utilizados para un puente y el grado de daño de la peor condición del apoyo. El inspector debe registrar las fotografías de los apoyos.

Rotura de pernos: El perno de anclaje es una pieza de metal comúnmente enroscado y ubicado con una tuerca y una arandela en un extremo. Se utiliza para asegurar en posición fija el apoyo del puente sobre la estructura (S.A.E.P, 2007, p. 105).

GRADO DE DAÑO POR ROTURA DE PERNOS	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO SE OBSERVAN DAÑOS EN EL PERNO DEL ANCLAJE
2	LA TUERCA NO SE ENCUENTRA EN SU POSICION ORIGINAL
3	EL PERNO DE ANCLAJE ESTA DEFORMADO
4	EL PERNO DE ANCLAJE SE DESPLAZO MAS DE 5,00 CM
5	EL PERNO DE ANCLAJE ESTA COMPLETAMENTE CORTADO

Tabla No. 46: Grado de daño por rotura de pernos.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Deformación del apoyo: En este punto se debe considerar las fallas por deformación del apoyo estimando la susceptibilidad a este daño dando como resultado sugerencias de tratamiento u remplazo de los mismos (S.A.E.P, 2007, p. 105). Para la evaluación del grado de daño por deformación del apoyo nos guiaremos en la siguiente tabla.

GRADO DE DAÑO POR DEFORMACION DEL APOYO	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO SE OBSERVAN DEFORMACIONES
2	SE OBSERVA UNA LIGERA DEFORMACION
3	SE OBSERVAN DEFORMACIONES PERO TODAVIA FUNCIONA
4	EL APOYO ESTA CONSIDERABLEMENTE DEFORMADO Y DEBERA SER REEMPLAZADO
5	EL APOYO ESTA COMPLETAMENTE DEFORME Y NO FUNCIONA COMO APOYO

Tabla No. 47: Grado de daño por deformación del apoyo.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Inclinación del apoyo: En este punto se debe considerar las fallas por inclinación del apoyo valorando los riesgos de este daño en la estructura permitiéndonos calificar la funcionalidad de los mismos (S.A.E.P, 2007, p. 106). Para la evaluación del grado de daño por inclinación del apoyo nos guiaremos en la siguiente tabla.

GRADO DE DAÑO POR INCLINACION DEL APOYO	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO SE OBSERVA NINGUNA INCLINACION
2	NO APLICA
3	LIGERAMENTE INCLINADO
4	NO APLICA
5	ESTA CONSIDERABLEMENTE INCLINADO Y NO TIENE FUNCION COMO APOYO

Tabla No. 48: Grado de daño por inclinación del apoyo.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Desplazamiento del apoyo: En este punto se debe considerar las fallas por desplazamiento del apoyo estimando las distancias de estos con respecto a su posición original en la estructura del puente (S.A.E.P, 2007, p. 106). Para la evaluación del grado de daño por desplazamiento del apoyo nos guiaremos en la siguiente tabla.

GRADO DE DAÑO POR DESPLAZAMIENTO DEL APOYO	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO HAY DESPLAZAMIENTO EN EL APOYO
2	NO APLICA
3	EL APOYO ESTA LIGERAMENTE DESPLAZADO
4	NO APLICA
5	EL APOYO SE DESPLAZO MAS DE 5,00 CM DE SU POSICION ORIGINAL

Tabla No. 49: Grado de daño por desplazamiento del apoyo
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

2.10.14 VIGA CABEZAL Y ALETONES DEL ESTRIBO.

Los danos más comunes que se pueden evaluar en la viga cabezal y aletones del estribo son las fisuras en una dirección, fisuras en dos direcciones, descascaramiento, acero de refuerzo expuesto, nidos de piedra, eflorescencias, y la protección del talud a continuación se citan los procedimientos de inspección para la viga cabezal y los aletones son los siguientes.

Fisuras en una dirección: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 28: Grado de daño por fisuras en una dirección donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Fisuras en dos direcciones: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 29: Grado de daño por fisuras en dos direcciones donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Descascaramiento: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 30: Grado de daño por descascaramiento donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Acero de refuerzo expuesto: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 16: Grado de daño por acero de refuerzo expuesto donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Nidos de piedra: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 18: Grado de daño por nidos de piedra donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Eflorescencias: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 31: Grado de daño por eflorescencias donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Protección del talud: El problema principal de los aletones es la deficiencia estructural de éstos, sino más bien el colapso del relleno de aproximación cerca de los aletones. El inspector debe inspeccionar cuidadosamente el colapso del relleno de aproximación cerca del aletón (S.A.E.P, 2007, p. 108). Para la evaluación del grado de daño por protección del talud nos guiaremos en la siguiente tabla.

GRADO DE DAÑO POR PROTECCION DE TALUD	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO HAY DAÑOS EN EL TALUD DEL RELLENO DE APROXIMACION
2	NO APLICA
3	EL TALUD DEL RELLENO DE APROXIMACION COLAPSO LIGERAMENTE
4	NO APLICA
5	EL COLAPSO DEL TALUD REDUCE AL ANCHO DE LA VIA

Tabla No. 50: Grado de daño por protección de talud.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

2.10.15 CUERPO PRINCIPAL DEL ESTRIBO.

Los problemas más comunes que se pueden valorar en el cuerpo principal del estribo son las fisuras en una dirección, fisuras en dos direcciones, descascaramiento, acero de refuerzo expuesto, nidos de piedra, eflorescencias, inclinación y la socavación en la fundición a continuación se citan los procedimientos de inspección para la viga cabezal y los aletones son los siguientes.

Fisuras en una dirección: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 28: Grado de daño por fisuras en una dirección donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Fisuras en dos direcciones: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 29: Grado de daño por fisuras en dos direcciones donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Descascaramiento: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 30: Grado de daño por descascaramiento donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Acero de refuerzo expuesto: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 16: Grado de daño por acero de refuerzo expuesto donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Nidos de piedra: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 18: Grado de daño por nidos de piedra donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Eflorescencias: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 31: Grado de daño por eflorescencias donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Inclinación del estribo: La inclinación del bastión incluye el movimiento vertical, lateral o rotacional de la estructura. Las causas principales de la inclinación del bastión son la falla del talud, la filtración de agua y los sismos (S.A.E.P, 2007, p. 110). Para la evaluación del grado de daño por inclinación del estribo nos guiaremos en la siguiente tabla.

GRADO DE DAÑO POR INCLINACION DEL ESTRIBO	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO SE OBSERVA MOVIMIENTO
2	NO APLICA
3	SE CONFIRMA VISUALMENTE EL MOVIMIENTO LIGERO
4	NO APLICA
5	LA INCLINACION ES NOTABLE

Tabla No. 51: Grado de daño por inclinación del estribo.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Socavación en la fundación: La socavación es la erosión de material causada por el agua en movimiento. La socavación puede causar desgaste en el material de relleno en del estribo por la filtración de agua. En caso del estribo tipo marco, si la protección del talud en frente del bastión colapsara por socavación, el grado de daño debe ser de cinco (S.A.E.P, 2007, p. 111).

GRADO DE DAÑO POR SOCAVACION EN LA FUNDICION	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO SE OBSERVA SOCAVACION
2	NO APLICA
3	SE OBSERVA SOCAVACION PERO NO SE EXTIENDE A LA FUNDICION
4	NO APLICA
5	APARECE SOCAVACION POR LA FUNDICION

Tabla No. 52: Grado de daño por socavación en la fundación.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

2.10.16 VIGA CABEZAL O MARTILLO PILA.

Los problemas más comunes que se pueden apreciar en la viga cabezal o martillo de la pila son las fisuras en una dirección, fisuras en dos direcciones, descascaramiento, acero de refuerzo expuesto, nidos de piedra, y eflorescencias a continuación se citan los procedimientos de inspección para la viga cabezal y los aletones son los siguientes.

Fisuras en una dirección: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 28: Grado de daño por fisuras en una dirección donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Fisuras en dos direcciones: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 29: Grado de daño por fisuras en dos direcciones donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Descascaramiento: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 30: Grado de daño por descascaramiento donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Acero de refuerzo expuesto: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 16: Grado de daño por acero de refuerzo expuesto donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Nidos de piedra: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 18: Grado de daño por nidos de piedra donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Eflorescencias: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 31: Grado de daño por eflorescencias donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

2.10.17 CUERPO PRINCIPAL DE LA PILA.

Los problemas más comunes que se pueden evaluar en el cuerpo principal de una pila son las fisuras en una dirección, fisuras en dos direcciones, descascaramiento, acero de refuerzo expuesto, nidos de piedra, y eflorescencias, inclinación y socavación en la fundición a continuación se citan los procedimientos de inspección para la viga cabezal y los aletones son los siguientes.

Fisuras en una dirección: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 28: Grado de daño por fisuras en una dirección donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Fisuras en dos direcciones: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 29: Grado de daño por fisuras en dos direcciones donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Descascaramiento: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 30: Grado de daño por descascaramiento donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Acero de refuerzo expuesto: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 16: Grado de daño por acero de refuerzo expuesto donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Nidos de piedra: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 18: Grado de daño por nidos de piedra donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Eflorescencias: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 31: Grado de daño por eflorescencias donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Inclinación: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 51: Grado de daño por inclinación donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

Socavación en la fundición: Para la evaluación de este daño refiérase a la Tabla No. 52: Grado de daño por socavación en la fundición donde se muestra el grado de deterioro debido a este daño.

2.10.18 CAUCE.

Los problemas más comunes que se pueden considerar al momento de evaluar un cause son la inestabilidad de taludes o terraplenes adyacentes a la estructura, la erosión en lecho y márgenes del río, socavación general del cauce, obstrucción del cauce por escombros o presencia de vegetación u la invasión del mismo, sedimentación de material transportado por la corriente, y por fallas o colapso de las estructuras de protección de las orillas del río todos estos problemas de ser evaluadas tanto aguas arriba como aguas abajo respectivamente ya que de esta síntesis de daños se determina si el área hidráulica de la estructura se ha reducido o ha sufrido alguna anomalía por los factores antes citados, a continuación se citan los procedimientos de inspección para la viga cabezal y los aletones son los siguientes.

Inestabilidad de taludes o terraplenes adyacentes a la estructura: En este punto se debe considerar las fallas por inestabilidad de taludes o terraplenes adyacentes a la estructura ya que de presentarse estas pueden disminuir substancialmente el área hidráulica de la estructura. Para la evaluación del grado de daño por inestabilidad de taludes nos guiaremos en la siguiente tabla.

GRADO DE DAÑO POR INESTABILIDAD DE TALUDES O TERRAPLENES ADYACENTES A LA ESTRUCTURA	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO HAY DAÑOS EN TALUDES ADYACENTES A LA ESTRUCTURA
2	NO APLICA
3	LEVE INESTABILIDAD EN TALUDES DE ADYACENTES A LA ESTRUCTURA
4	NO APLICA
5	COLAPSO EN TALUDES ADYACENTES A LA ESTRUCTURA

Tabla No. 53: Grado de daño por inestabilidad de taludes.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Erosión en el lecho y márgenes del río: En este punto se debe considerar las fallas por erosión en el lecho y márgenes del río ya que de presentarse estas son atenuante de que la estructura está sujeta a sufrir riesgos por socavación. Para la evaluación del grado de daño por erosión en el lecho y márgenes del río nos guiaremos en la siguiente tabla.

GRADO DE DAÑO POR EROSION EN LECHO Y MARGENES DEL RIO	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO SE OBSERVA ACUMULACION DE SEDIMENTOS EN LOS MARGENES DEL RIO
2	NO APLICA
3	MOVILIZACION DE PEQUEÑAS CANTIDADES DE SEDIMENTOS QUE SON TRANSPORTADOS AGUAS ABAJO
4	NO APLICA
5	MOVILIZACION DE GRANDES CANTIDADES DE SEDIMENTOS QUE SON TRANSPORTADOS AGUAS ABAJO

Tabla No. 54: Grado de daño por erosión en el lecho del río.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Socavación general del cauce: En este punto se debe considerar las fallas por socavación general del cauce estimando condiciones extraordinarias de máxima crecida ya que estas desencadenan problemas en las fundiciones de la estructura causando socavación en las estructuras de protección. Para la evaluación del grado de daño por socavación general del río nos guiaremos en la siguiente tabla.

GRADO DE DAÑO POR SOCAVACION GENERAL DEL CAUCE	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO SE OBSERVA SOCAVACION EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL PUENTE
2	NO APLICA
3	CRECIENTES PRODUCEN SOCAVACION LEVE EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL PUENTE
4	NO APLICA
5	CRECIENTES PRODUCEN SOCAVACION EXCESIVA EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL PUENTE

Tabla No. 55: Grado de daño por socavación general del cauce.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Obstrucción del cauce por escombros: En este punto se debe considerar las fallas por obstrucción del cauce por escombros ya que la presencia de estas en el flujo normal del cauce limitan la capacidad hidráulica de la estructura ocasionando danos en la misma. Para la evaluación del grado de daño por obstrucción del cauce por escombros nos guiaremos en la siguiente tabla.

GRADO DE DAÑO POR OBSTRUCCION DEL CAUCE POR ESCOMBROS, VEGETACION O INVACION DEL MISMO	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO SE OBSERVA OBSTRUCCION POR ESCOMBROS ALREDEDOR DE LA ESTRUCTURA
2	NO APLICA
3	LEVE OBSTRUCCION POR ESCOMBROS ALREDEDOR DE LA ESTRUCTURA
4	NO APLICA
5	CONSIDERABLE OBSTRUCCION POR ESCOMBROS ALREDEDOR DE LA ESTRUCTURA

Tabla No. 56: Grado de daño por obstrucción del cauce.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Sedimentación de material transportado por la corriente: En este punto se debe considerar las fallas por la sedimentación de material transportado por la corriente ya que estas disminuyen sustancialmente la sección hidráulica aguas abajo del cauce. Para la evaluación del grado de daño por la sedimentación de material transportado por la corriente nos guiaremos en la siguiente tabla.

GRADO DE DAÑO POR SEDIMENTACION DE MATERIAL TRANSPORTADO POR LA CORRIENTE	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO SE OBSERVA SEDIMENTACION POR MATERIAL TRANSPORTADO POR LA CORRIENTE
2	NO APLICA
3	LEVE SEDIMENTACION DE MATERIAL TRANSPORTADO POR LA CORRIENTE AGUAS ABAJO
4	NO APLICA
5	CONSIDERABLE SEDIMENTACION DE MATERIAL TRANSPORTADO POR LA CORRIENTE AGUAS ABAJO

Tabla No. 57: Grado de daño por sedimentación de material.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Falla o colapso de las estructuras de protección de las orillas del rio: En este punto se debe considerar los daños por falla o colapso de las estructuras de protección de las orillas del rio ocasionando de que estas no cumplan con su función de aliviar la descarga en condiciones de máxima crecida. Para la evaluación del grado de daño por Falla o colapso de las estructuras de protección de las orillas del rio nos guiaremos en la siguiente tabla.

GRADO DE DAÑO POR FALLA O COLAPSO DE LAS ESTRUCTURAS DE PROTECCION DE LAS ORILLAS DEL RIO	
GRADO	DESCRIPCION
1	NO SE OBSERVA DAÑOS EN LAS ESTRUCTURAS DE PROTECCION DE LAS ORILLAS DEL RIO
2	NO APLICA
3	LEVES DAÑOS DE LAS ESTRUCTURAS DE PROTECCION DE LAS ORILLAS DEL RIO
4	NO APLICA
5	COLAPSO PARCIAL DE LAS ESTRUCTURAS DE PROTECCION DE LAS ORILLAS DEL RIO

Tabla No. 58: Grado de daño por falla o colapso de las estructuras de protección.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

2.11 PONDERACION MAXIMA POR EL TIPO DE ELEMENTOS.

La ponderación máxima tanto de los elementos secundarios como primarios de la estructura nos permite establecer un rango deterioro máximo de la estructura considerando escenarios en el que el puente se encuentra totalmente destruido, por lo que no se podrá realizar la inspección (Ortiz y Sánchez, 2014, p. 94). Los valores de mayor grado de daño se encuentran detallados a continuación.

CALIFICACION DEL PUENTE EN GENERAL			
TIPO	ELEMENTOS	NUMERO DE FALLAS	CALIFICACION MAXIMA
SECUNDARIOS	CARPETA DE RODADURA	5	25
	BARANDAS DE HORMIGON	6	30
	JUNTAS DE DILATAACION	6	30
	SISTEMA DE DRENAJE	5	25
	ACERAS	7	35
	SEÑALIZACION	5	25
	ACCESOS	5	25
PRINCIPALES	LOSA	7	35
	VIGA PRINCIPAL DE HORMIGON	6	30
	VIGAS SECUNDARIAS DE HORMIGON	6	30
	VIGA PRINCIPAL DE ACERO	8	40
	SISTEMAS DE ARRIOSTRAMIENTO	8	40
	APOYOS	5	25
	VIGA CABEZAL Y ALETONES ESTRIBO DERECHO	7	35
	VIGA CABEZAL Y ALETONES ESTRIBO IZQUIERDO	7	35
	CUERPO PRINCIPAL ESTRIBO DERECHO	8	40
	CUERPO PRINCIPAL ESTRIBO IZQUIERDO	8	40
	VIGA CABEZAL O MARTILLO - PILA	6	30
	CUERPO PRINCIPAL - PILA	8	40
	CAUCE	6	30

Tabla No. 59: Ponderación máxima según el tipo de elementos.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

2.12 CALIFICACION DE CONDICION GENERAL DEL PUENTE.

Para ponderar el deterioro de los diferentes elementos primarios u secundarios de la estructura se utilizó la síntesis de daños antes mencionada en esta investigación, esta recapitulación nos permite valorizar el grado de daño de cada uno de los elementos de la estructura. Para esto se consideraron los deterioros de cada uno de los componentes de la estructura, riesgo sísmico, vulnerabilidad hidráulica e importancia. Los resultados obtenidos son analizados y valorizados con el fin de obtener una sumatoria de daños tanto en elementos secundarios como primarios de la estructura con el fin de conocer el intervalo de daño en el que se encuentra el puente en evaluación (Ortiz y Sánchez, 2014, p. 94). Los rangos de calificación y condición general del puente se encuentran detallados a continuación.

CALIFICACION DE LA CONDICION GENERAL DEL PUENTE.				
CONDICION	CALIFICACION	RANGO DE PONDERACION DE DAÑOS		DESCRIPCION DE LA CONDICION
		ELEMENTOS SECUNDARIOS	ELEMENTOS PRIMARIOS	
MUY BUENO	1	≤ 39	-	NO SE OBSERVA PROBLEMAS.
BUENO	2	> 39 - ≤ 78	-	HAY PROBLEMAS MENORES. ALGUNOS ELEMENTOS MUESTRAN DETERIORO SIN IMPORTANCIA
	3	> 78 - ≤ 146	-	
REGULAR	4	> 39 - ≤ 78	≤ - 68	LOS ELEMENTOS PRIMARIOS ESTAN EN BUEN ESTADO PERO ALGUNOS SECUNDARIOS MUESTRAN DETERIORO, ALGO DE PERDIDA DE SECCION, GRIETAS, DESCASCARAMIENTOS, SOCAVACION O PERDIDA DE SECCION AVANZADA. CONVIENE QUE EL PUENTE SEA MONITOREADO
	5	> 39 - ≤ 78	> 68 - ≤ 113	

Tabla No. 60: Rangos de calificación y condición general del puente.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

CALIFICACION DE LA CONDICION GENERAL DEL PUENTE.				
CONDICION	CALIFICACION	RANGO DE PONDERACION DE DAÑOS		DESCRIPCION DE LA CONDICION
		ELEMENTOS SECUNDARIOS	ELEMENTOS PRIMARIOS	
MALO	6	> 78 - ≤ 146	> 113 - ≤ 180	LA PERDIDA DE SECCION, DETERIORO O SOCAVACION AFECTAN SERIAMENTE A LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRIMARIOS. HAY POSIBILIDAD DE FRACTURAS LOCALES, PUEDEN PRESENTARSE FISURAS EN EL CONCRETO O FATIGAS AL ACERO. CONVIENE CERRAR EL PUENTE AL TRAFICO PARA QUE ESTE SEA INTERVENIDO DE FORMA INMEDIATA PARA EVITAR QUE EL DAÑO SE EXTIENDA O EMPEORE Y SE CONVIERTA EN CRITICO
	7	> 78 - ≤ 146	> 180 - ≤ 248	
MUY MALO	8	> 78 - ≤ 146	> 248 - ≤ 315	AVANZADO DETERIORO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRIMARIOS. GRIETAS DE FATIGA EN ACERO O GRIETAS DE CORTE EN EL CONCRETO. LA SOCAVACION COMPROMETE EL APOYO QUE DEBE DAR A LA INFRAESTRUCTURA. EL PUENTE SE CIERRA AL TRAFICO PERO CON ACCIONES CORRECTIVAS SE PUEDE RESTABLECER EL TRANSITO DE UNIDADES LIGERAS Y PESADAS
	9	> 146 - ≤ 195	> 315 - ≤ 383	
PESIMO	10	> 146 - ≤ 195	> 383 - ≤ 450	GRAN DETERIORO O PERDIDA DE SECCION PRESENTE EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES CRITICOS. DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES O VERTICALES AFECTAN LA ESTABILIDAD DE LA ESTRUCTURA. EL PUENTE SE CIERRA AL TRAFICO PERO CON ACCIONES CORRECTIVAS SE PUEDE RESTABLECER EL TRANSITO DE UNIDADES LIGERAS

Tabla No. 61: Rangos de calificación y condición general del puente.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

CAPITULO 3

METODOLOGIA

3.1 TIPO DE ESTUDIO.

La evaluación estructural y funcional del puente Cebadas considera los siguientes tipos de estudio:

- a. De acuerdo al propósito, es aplicada.
- b. Por los medios utilizados para obtener los datos, es documental.
- c. Según la clase de medios utilizados para obtener los datos, es de campo.
- d. De acuerdo a los conocimientos que se adquieren, es explicativa.
- e. Dependiendo del campo de conocimientos en que se realiza, es científica.
- f. Conforme al tipo de razonamiento empleado, es empírico – racional
- g. Acorde con el método utilizado, es analítica.

3.2 POBLACION Y MUESTRA.

La evaluación estructural y funcional del puente Cebadas considera la siguiente población y muestra:

Población:

Puentes construidos en la provincia de Chimborazo.

Muestra:

Puente Cebadas.

3.3 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.

VARIABLE INDEPENDIENTE: TOMA DE DATOS.				
CONCEPTUALIZACION	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	TECNICAS E INSTRUMENTOS
RECOPIACION DE INFORMACION ACTUAL DE LAS CONDICIONES EN LAS QUE SE ENCUENTRA EL PUENTE CEBADAS.	TOMA DE DATOS EN SITU.	CARACTERISTICAS Y CONDICIONES DEL PUENTE CEBADAS.	CUALES SON LAS CARACTERISTICAS DEL PUENTE.	OBSERVACION DIRECTA. REGISTRO DE DATOS, ESTUDIO PRELIMINAR, CUADERNO DE NOTAS.
			LAS CONDICIONES ACTUALES DEL PUENTE CEBADAS SON ADECUADAS Y SEGURAS PARA TRANSITAR.	OBSERVACION DIRECTA. REGISTRO DE DATOS, ESTUDIO PRELIMINAR, CUADERNO DE NOTAS.
	TABULACION DE DATOS E INFORMACION RECOPIADA.	INSPECCION FUNCIONAL.	LOS ELEMENTOS DE LA SUBESTRUCTURA Y SUPERESTRUCTURA Y ACCESORIOS NO PRESENTAN PERDIDAS DE SECCION.	OBSERVACION DIRECTA. REGISTRO DE DATOS, ESTUDIO PRELIMINAR, CUADERNO DE NOTAS.
			DE ACUERDO AL TRAFICO EL PUENTE CEBADAS ES CONFIABLE PARA LA CIRCULACION VEHICULAR.	OBSERVACION DIRECTA. REGISTRO DE DATOS, ESTUDIO PRELIMINAR, CUADERNO DE NOTAS.
	TABULACION DE DATOS E INFORMACION RECOPIADA.	INSPECCION ESTRUCTURAL.	LOS ACCESORIOS COMO BARANDAS Y SEÑALIZACION BRINDAN SEGURIDAD AL PEATON.	OBSERVACION DIRECTA. REGISTRO DE DATOS, ESTUDIO PRELIMINAR, CUADERNO DE NOTAS.
			DE ACUERDO A LA INSPECCION REALIZADA CUALES SON LOS ELEMENTOS QUE NECESITAN MANTENIMIENTO Y REPARACION.	OBSERVACION DIRECTA. REGISTRO DE DATOS, ESTUDIO PRELIMINAR, CUADERNO DE NOTAS.

Tabla No. 62: Variable independiente - toma de datos.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

VARIABLE INDEPENDIENTE: RECOLECCION DE INFORMACION.				
CONCEPTUALIZACION	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	TECNICAS E INSTRUMENTOS
<p>RECOPILAR INFORMACION HISTORICA, TECNICA DEL PUENTE CEBADAS PARA ASI CONOCER CUALES FUERON LAS CONDICIONES ORIGINALES DE DISEÑO Y BAJO QUE NORMAS Y ESPECIFICACIONES FUE CONSTRUIDO.</p>	<p>RECOLECTAR INFORMACION DE LAS EMPRESAS A LAS QUE FUE ADJUDICADA LA CONSTRUCCION DEL PUENTE CEBADAS COMO COVIPAL Y INTEGRA.</p>	<p>ACCESO A LA INFORMACION.</p>	<p>SE TIENE REGISTROS O INSPECCIONES PREVIAS EN EL PUENTE CEBADAS.</p>	<p>OBSERVACION DIRECTA. REGISTRO DE DATOS, CUADERNO DE NOTAS.</p>
	<p>RECOLECTAR INFORMACION DEL MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PUBLICAS COMO ENTE FISCALIZADOR.</p>		<p>BAJO QUE NORMAS Y ESPECIFICACIONES SE CONSTRUYO EL PUENTE CEBADAS.</p>	<p>OBSERVACION DIRECTA. REGISTRO DE DATOS, CUADERNO DE NOTAS.</p>

Tabla No. 63: Variable independiente – recolección de información.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

VARIABLE INDEPENDIENTE: CALIFICACION.				
CONCEPTUALIZACION	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	TECNICAS E INSTRUMENTOS
SE DARÁ UNA CALIFICACION DE ACUERDO A LA CONDICION O GRADO DE DETERIORO ACTUAL A CADA ELEMENTO DEL PUENTE CEBADAS.	CONDICION DEL PUENTE CEBADAS.	DAR UNA CALIFICACION DE ACUERDO AL GRADO DE DETERIORO O CONDICION DE CADA UNO DE LOS ELEMENTOS.	EXISTEN PROBLEMAS CONSTITUTIVOS DEL PUENTE.	OBSERVACION DIRECTA, REGISTRO DE DATOS, ESTUDIO PRELIMINAR, CUADERNO DE NOTAS.

Tabla No. 64: Variable independiente – calificación.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

VARIABLE DEPENDIENTE- ESTADO ACTUAL DEL PUENTE CEBADAS.				
CONCEPTUALIZACION	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	TECNICAS E INSTRUMENTOS
OBTENER EL ESTADO ACTUAL DEL PUENTE CEBADAS; CUYOS DATOS SON OBTENIDOS A PARTIR DE UNA INSPECCION FUNCIONAL Y ESTRUCTURAL.	INSPECCION FUNCIONAL.	VERIFICAR SI LAS CONDICIONES DE DISEÑO DEL PUENTE CEBADAS CUMPLEN CON LOS REQUERIMIENTOS ACTUALES.	CUALES FUERON LAS CONDICIONES DE DISEÑO ORIGINALES DEL PUENTE CEBADAS.	OBSERVACION DIRECTA. INFORMACION RECOPIADA, BIBLIOGRAFIA.
			CONSIDERANDO EL CLIMA, CARGA Y TRAFICO EL PUENTE CEBADAS CUMPLE CON LAS SOLICITACIONES ACTUALES.	OBSERVACION DIRECTA. INFORMACION RECOPIADA, BIBLIOGRAFIA.
	INSPECCION ESTRUCTURAL.	VERIFICAR SI LOS ELEMENTOS CONSTITUTIVOS POSEEN LAS MISMAS CARACTERISTICAS CON LAS QUE ORIGINALMENTE FUERON CONSTRUIDAS Y DISEÑADAS.	DE ACUERDO A LA RECOPIACION PREVIA EL PUENTE CEBADAS CUMPLE CON LAS SOLICITACIONES CON LAS QUE FUE DISEÑADO Y CONSTRUIDO	OBSERVACION DIRECTA. INFORMACION RECOPIADA, BIBLIOGRAFIA.

Tabla No. 65: Variable dependiente – estado actual del puente Cebadas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

3.4 PLAN DE RECOLECCION DE INFORMACION.

Se realizaron investigaciones en la constructora vial COVIPAL, en la Zonal 3 del Ministerio de Transporte y Obras Públicas MTOP, y en el grupo INTEGRA para recopilar información sobre el diseño, construcción, lanzamiento, fiscalización, tráfico, inventarios, monitoreo e intervenciones en el puente Cebadas ya que estas empresa e instituciones estuvieron y están inmersas en el diseño, construcción, fiscalización y mantenimiento de esta obra.

El trabajo de campo se ejecutó, en la zona donde se implanto el puente Cebadas, se levantó información básica, para generar un inventario, y evaluar los daños de cada uno de los elementos del puente tanto primarios como secundarios. Se complementó con investigación bibliográfica, con temas referentes a evaluación, conservación y rehabilitación de puentes, costos operacionales, de construcción y mantenimiento de los mismos.

3.5 PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.

Los datos obtenidos de la evaluación deberán ser organizados y analizados permitiendo así conocer una calificación de la condición del puente en general. Una vez aplicados estos instrumentos nos permitirá llegar a una conclusión en función de los objetivos planteados, a fin de resolver el problema de esta investigación, permitiéndonos aprovechar estas sugerencias para implementar modelos de conservación, rehabilitación y mantenimiento a la estructura que por sus condiciones podrá ser aplicado a otros puentes.

CAPITULO 4

COMPOSICION DE TRAFICO

4.1 GENERALIDADES.

Las provincias de Chimborazo y Morona Santiago siempre han anhelado estar unidas por una carretera segura que atravesase su accidentada topografía característica principal de esta zona del país, en los últimos años gracias a la construcción de la carretera Guamote – Macas y a la intervención del Ministerio de Transportes y Obras Públicas (M.T.O.P) en su mantenimiento han permitido que los habitantes de estas provincias se integren a la red vial nacional de primer orden, fomentando y dinamizando así el desarrollo económico de estos pueblos también cabe recalcar que se han incrementado las frecuencias y las compañías de transporte que transitan por esta carretera.

Por esta ruta ya circulan las compañías de transporte que prestan servicio de Riobamba a Macas, entre ellas la cooperativa Macas, Riobamba, Mushuc Yuyay, Sangay, Guamote y Unidos. Al momento, sus unidades atienden a un promedio de 800 pasajeros a diario. Los representantes de estas empresas tienen la confianza de que esta cifra se incrementará por el interés de la población en utilizar la nueva carretera. Además según estudios realizados por el M.T.O.P por esta carretera diariamente circulan 334 vehículos entre livianos, buses y de carga pesada. Sin embargo la dinámica de flujo vehicular observada en la inspección sentó una disposición antípoda a los estudios previos.

4.3 CARACTERISTICAS.

El tránsito de vehículos sobre el puente Cebadas es otro factor que impacta sobre la capacidad estructural y funcional de esta estructura. Aspectos como el número de vehículos que transitan por la misma, sus características físicas y operativas, su peso bruto y sus pesos por ejes, incluso la presión usada en sus neumáticos, tienen enorme influencia sobre este tipo de estructuras además de las características geométricas de la carretera a la entrada y salida de la estructura, además de una importante movilización de producción.

ESTACION DE CONTEO VEHICULAR			
Características de tráfico de la Ruta		Coordenadas UTM	
Ruta :	E 46	Longitud:	78°27'01.80"O
Kilometraje (km):	32.29	Latitud:	01°52'20.07"N
Tráfico diario (veh/día) :	93	Altura (m.s.n.m):	2946

Tabla No. 66: Estación de conteo vehicular del puente Cebadas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

4.3 UBICACION.

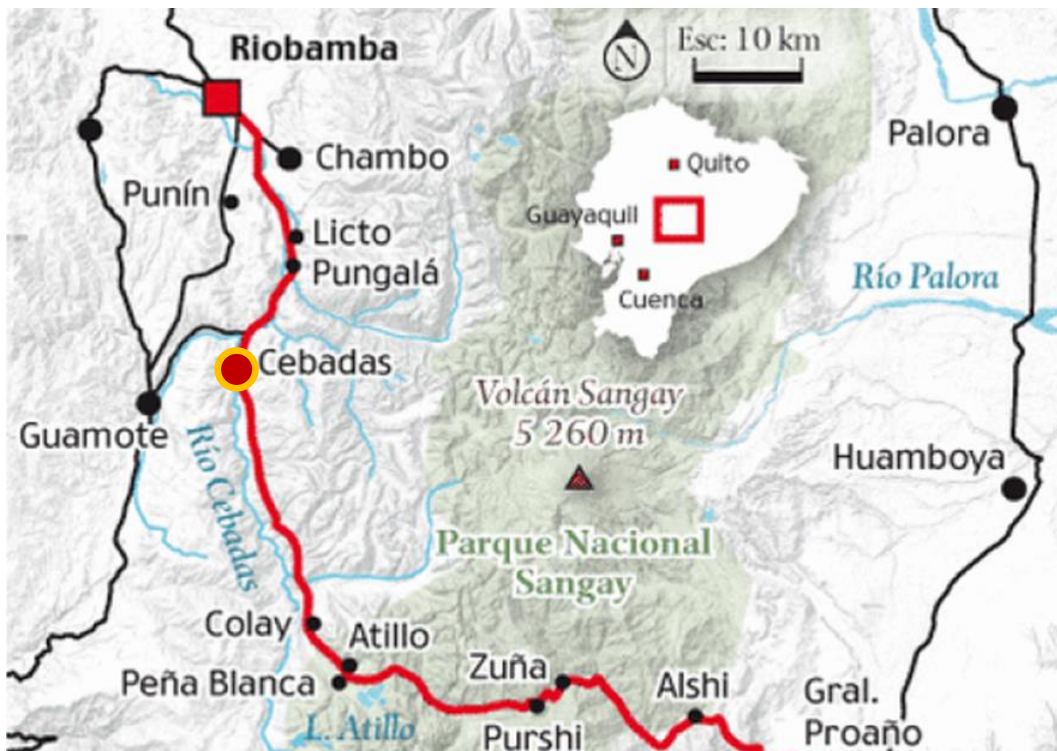


Figura No. 8: Ubicación de la estación de conteo del puente Cebadas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

4.4 FINALIDAD.

La composición de tráfico de la presente investigación está orientado a proporcionar la información básica para determinar los indicadores de movimiento y repetición de ejes equivalentes a ser utilizados en la evaluación estructural y funcional del puente sobre el río Cebadas, además el presente análisis volumétrico comprende y valora la dinámica de flujo vehicular como así también determina las características actuales y futuras del tráfico en esta infraestructura.

4.5 METODOLOGIA.

La metodología aplicada para realizar el conteo vehicular fue el aforo manual, y se realizó un conteo de todos los vehículos que circulan a través de esta estructura la efectividad de este tipo de aforo es mayor que la del resto, ya que permite distinguir entre los diferentes tipos de vehículos que transitan la misma y la carga que transportan, el aforo fue permanente durante ocho días. Los intervalos de máxima influencia vehicular en este sector se producen entre las 06:00 a 8.00 am, de 11:00 a 13.00 pm y de 16.00 a 18.00 pm intervalos obtenidos gracias a la información recabada por parte de los pobladores del sector.

En oficina se revisó, se tabulo y digitalizo toda la información obtenida durante los ocho días de conteo y se calculó el TPDA de la estructura de la siguiente manera, en primer lugar se calculó el trafico actual (Ta) del sector de estudio, para esto se tabularon los datos obtenidos por medio de la estación de conteo, el trafico proyectado en este análisis será para una vida útil de 50 años y con índice de crecimiento anual de PIB (Producto Interno Bruto), del 5.10 por ciento. La metodología para hallar el tráfico diario anual será la utilizada por el Ministerio de Transportes y Obras Públicas (M.T.O.P).

TASA DE CRECIMIENTO VEHICULAR					
PERIODOS	2009 - 2015	2014 - 2020	2019 - 2030	PROMEDIO	2015
TIPO DE VEHICULOS	SEGUN EL MTOP				P.I.B
LIVIANOS	3.44	3.10	2.82	3.12	5.10
BUSES	1.17	1.05	0.96	1.06	
CAMIONES	2.90	2.61	2.38	2.63	

Tabla No. 67: Tasas de crecimiento vehicular según el MTOP - PIB.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

4.6 VOLUMEN EXISTENTE.

Para la disposición actual de tráfico en el puente Cebadas se consideraron factores como el tipo de vehículo, la carga y los sentidos de circulación, el tráfico fue contabilizado durante 8 días categorizados según el tipo de vehículo y el sentido de circulación a continuación se muestran los resultados que se obtuvieron en la en la siguiente tabla.

AFORO DE TRAFICO PUENTE CEBADAS - ESTACION DE CONTEO PITZIL												
D/A	TIEMPO HORA	RIOBAMBA HACIA MACAS			MACAS HACIA RIOBAMBA			TRAFICO DIARIO				
		L	B	C	L	B	C					
1	06:00 a 08:00	9	2	6	7	2	7	91				
	11:00 a 13:00	7	1	5	10	1	5					
	16:00 a 18:00	6	2	7	8	2	4					
2	06:00 a 08:00	10	2	7	8	2	8	93				
	11:00 a 13:00	6	1	4	9	1	4					
	16:00 a 18:00	8	2	8	6	2	5					
3	06:00 a 08:00	7	2	8	9	2	6	91				
	11:00 a 13:00	7	1	6	8	1	7					
	16:00 a 18:00	9	2	5	5	2	4					
4	06:00 a 08:00	8	2	9	7	2	4	92				
	11:00 a 13:00	9	1	7	6	1	6					
	16:00 a 18:00	7	2	4	8	2	7					
5	06:00 a 08:00	7	2	7	9	2	6	96				
	11:00 a 13:00	8	1	4	7	1	7					
	16:00 a 18:00	6	2	10	10	2	5					
6	06:00 a 08:00	8	2	8	7	2	5	92				
	11:00 a 13:00	5	1	5	6	1	8					
	16:00 a 18:00	9	2	7	8	2	6					
7	06:00 a 08:00	9	2	6	5	2	5	94				
	11:00 a 13:00	7	1	8	8	1	7					
	16:00 a 18:00	8	2	4	11	2	6					
8	06:00 a 08:00	7	2	8	8	2	6	91				
	11:00 a 13:00	9	1	5	7	1	5					
	16:00 a 18:00	6	2	6	7	2	7					
SUMATORIAS		182	40	154	184	40	140	740				

Tabla No. 68: Volumen existente de tráfico en el puente Cebadas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

TRAFICO DIARIO ACTUAL		
DESCRIPCION	NUMERO DE VEHICULOS	PORCENTAJES
LIVIANOS	46	49.46%
BUSES	10	10.81%
CAMIONES	37	39.73%
TOTAL	93	100.00%

Tabla No. 69: Tráfico diario actual en el puente Cebadas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

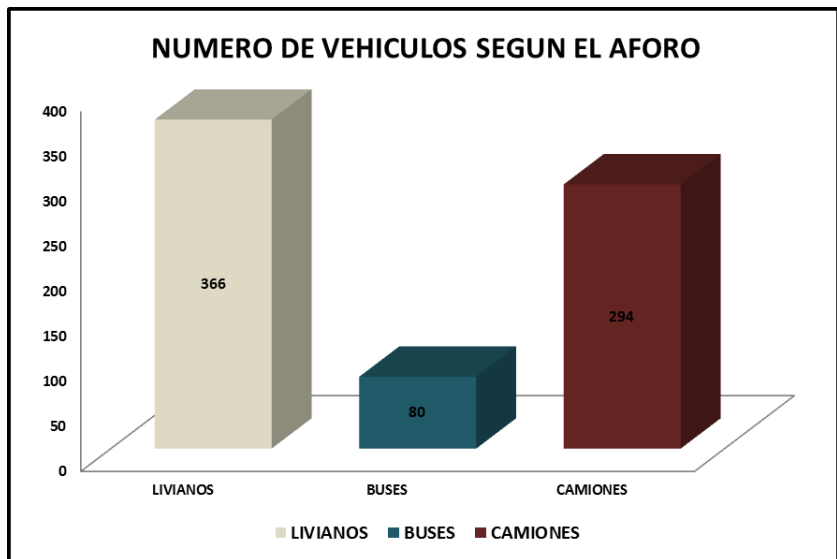


Figura No. 9: Número de vehículos según el aforo.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

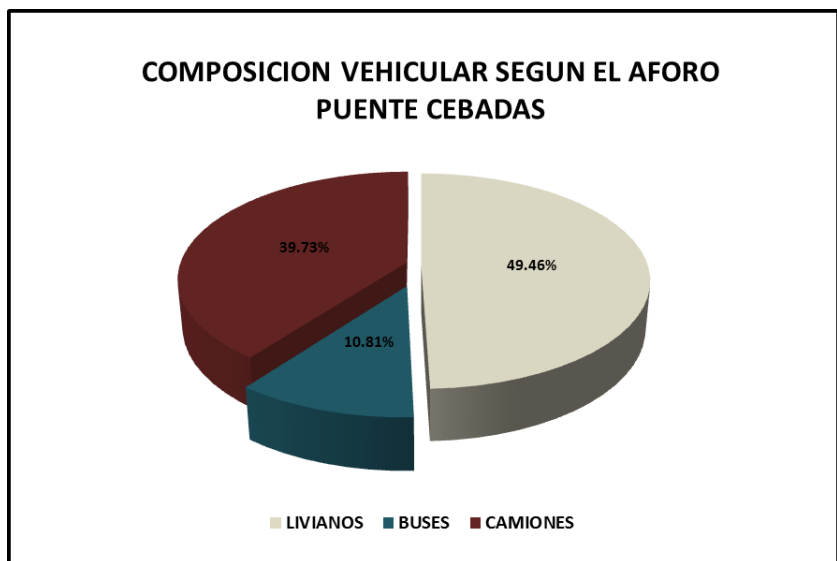


Figura No. 10: Composición vehicular según el aforo.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

4.7 VEHICULOS DE DISEÑO.

La capacidad existente de vehículos por día según su el tipo de vehículos, debe ser es transformada a vehículos de diseño utilizando factores de conversión según el tipo de vehículo utilizando un factor de 0.25 para livianos, 1.00 para buses y 1.50 para camiones a continuación se describe la sistematización de esta en la siguiente tabla.

VEHICULOS DE DISEÑO - PUENTE CEBADAS						
DIA	TIPO DE VEHICULO	TRAFFICO ACTUAL	FACTOR DE CONVERSION	VEHICULO DE DISEÑO	TOTAL	
1	LIVIANOS	47	0.25	12	73	
	BUSES	10	1.00	10		
	CAMIONES	34	1.50	51		
2	LIVIANOS	47	0.25	12	76	
	BUSES	10	1.00	10		
	CAMIONES	36	1.50	54		
3	LIVIANOS	45	0.25	11	75	
	BUSES	10	1.00	10		
	CAMIONES	36	1.50	54		
4	LIVIANOS	45	0.25	11	77	
	BUSES	10	1.00	10		
	CAMIONES	37	1.50	56		
5	LIVIANOS	47	0.25	12	80	
	BUSES	10	1.00	10		
	CAMIONES	39	1.50	59		
6	LIVIANOS	43	0.25	11	79	
	BUSES	10	1.00	10		
	CAMIONES	39	1.50	59		
7	LIVIANOS	48	0.25	12	76	
	BUSES	10	1.00	10		
	CAMIONES	36	1.50	54		
8	LIVIANOS	44	0.25	11	77	
	BUSES	10	1.00	10		
	CAMIONES	37	1.50	56		

Tabla No. 70: Conversión del TPDA a vehículos de diseño puente Cebadas.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

4.8 TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL.

Se realizó el análisis de tráfico, utilizando conteos manuales clasificatorios y tasas de crecimiento establecidas por la Dirección de Estudios - Departamento de Factibilidad del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, para la provincia de Chimborazo. Los datos que se obtuvieron en la presente investigación son los expuestos a continuación:

TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL		
TIPO DE VEHICULO	No. DE VEHICULOS	%
LIVIANOS	201	14.47%
BUSES	183	13.16%
CAMIONES	1005	72.37%
TOTAL	1389	100.00%

Tabla No. 71: Trafico promedio diario anual puente Cebadas
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

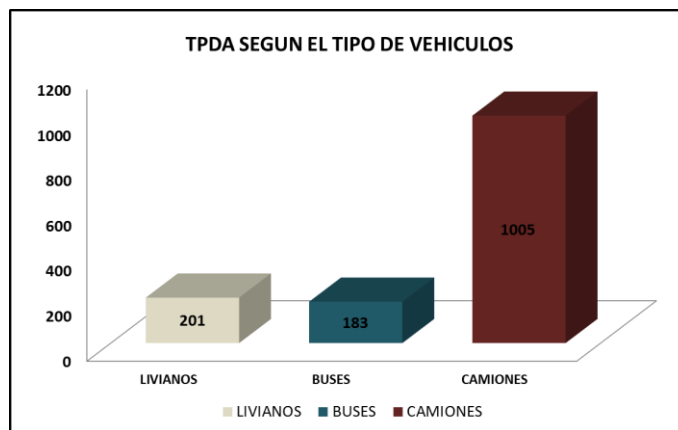


Figura No. 11: TPDA según el tipo de vehículos en el puente Cebadas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

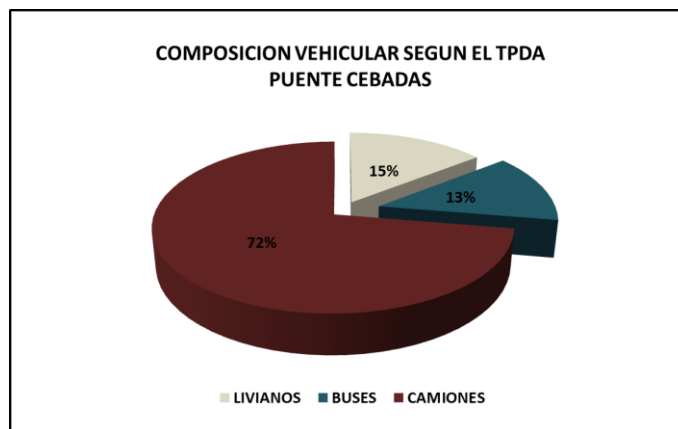


Figura No. 12: Composición vehicular en el puente Cebadas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos

TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL - PUENTE CEBADAS																		
AÑOS	VEHICULOS DE DISEÑO			TRAFICO PROYECTADO			TRAFICO DESVIADO			TRAFICO GENERADO			TRAFICO POR DESARROLLO			TPDA		
	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
5	14	13	71	4	3	18	3	3	14	1	1	5	1	1	21	19	107	
10	18	16	90	5	4	23	4	3	18	1	1	6	1	1	27	25	137	
15	23	21	116	6	5	29	5	4	23	2	1	8	2	1	35	32	176	
20	30	27	149	7	7	37	6	5	30	2	2	10	2	2	45	41	226	
25	38	35	191	10	9	48	8	7	38	3	2	13	3	2	58	53	290	
30	49	44	245	12	11	61	10	9	49	3	3	17	3	3	74	68	372	
35	63	57	314	16	14	78	13	11	63	4	4	22	4	4	95	87	477	
40	80	73	402	20	18	101	16	15	80	6	5	28	6	5	122	111	611	
45	103	94	516	26	23	129	21	19	103	7	7	36	7	7	157	143	784	
50	132	120	661	33	30	165	26	24	132	9	8	46	9	8	201	183	1005	
TOTAL	76			914			229			183			64			1389		

Tabla No. 72: TPDA vehículos livianos – buses – camiones puente Cebadas.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL - PUENTE CEBADAS

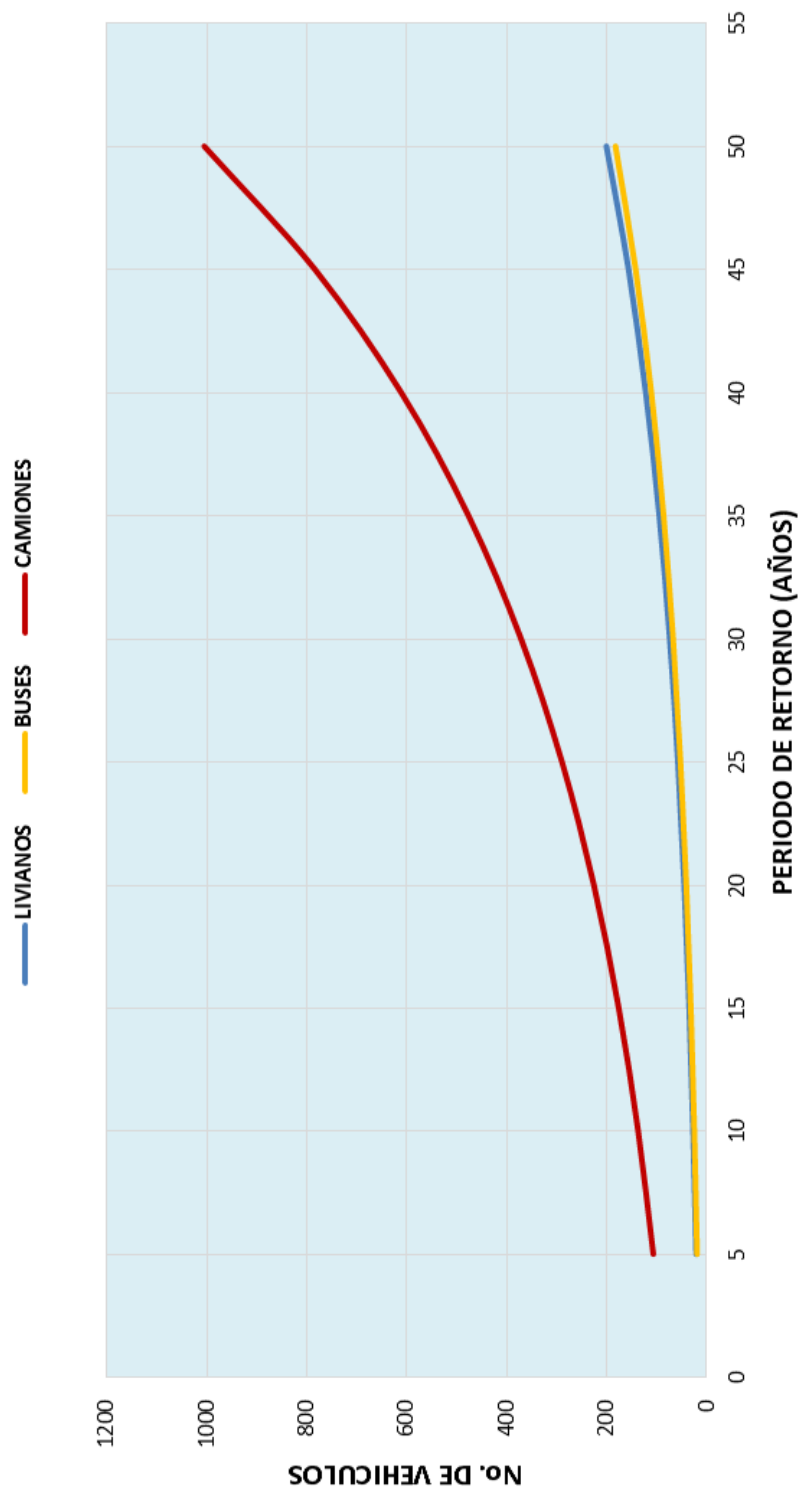


Figura No. 13: Curvas de TPDA vs TR para vehículos livianos - buses - camiones.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

4.9 CATEGORIZACION SEGUN EL MTOP.

Para la categorización se tiene como dato el conteo vehicular, el mismo que en esta investigación fue proyectado para un periodo de vida útil de 50 años teniendo como resultado un tráfico proyectado de 1389 vehículos por día. De acuerdo al resultado obtenido en el TPDA y comparando con la tabla clasificación funcional de la vías según el N.E.V.I – 12 tenemos una vía de clasificación funcional C1 que equivale a una carretera de mediana capacidad.

CLASIFICACION FUNCIONAL DE LAS VIAS EN BASE AL TPDA			
DESCRIPCION	CLASIFICACION FUNCIONAL	T.P.D.A	
		LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
AUTOPISTA	AP2	80000	120000
	AP1	50000	80000
AUTOVIA O CARRETERA MULTICARRIL	AV2	26000	50000
	AV1	8000	26000
CARRETERA DE 2 CARRILES	C1	1000	8000
	C2	500	1000
	C3	0	500

Tabla No. 73: Clasificación de carreteras según el N.E.V.I - 12.
Elaborado por: Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

VELOCIDAD DE DISEÑO			
CLASE DE CARRETERA	CLASE DE TERRENO		
	LLANO	ONDULADO	MOTAÑOSO
AP2 - AP1	120	100	80
AV2	100	80	70
AV1	80	70	60
C1	80	60	50
C2	60	50	40
C3	50	40	30

Tabla No. 74: Velocidad de diseño según el N.E.V.I - 12.
Elaborado por: Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

VELOCIDAD DE CIRCULACION	
VELOCIDAD DE DISEÑO	VELOCIDAD DE CIRCULACION
40	35
50	43
60	50
70	58
80	66
90	73

Tabla No. 75: Velocidad de circulación según el N.E.V.I - 12.
Elaborado por: Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

NORMAS	CLASE I 3000 - 8000 TPDA						CLASE II 1000 - 3000 TPDA						CLASE III 300 - 1000 TPDA						CLASE IV 100 - 300 TPDA						CLASE V MENOS DE 100 TPDA											
	RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA								
	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M			
Velocidad de diseño (K.P.H)	110	100	80	100	80	60	90	70	50	80	60	40	80	60	40	80	60	40	60	40	25	60	40	25	60	40	25	60	40	25	50	30	20	50	30	20
Radio mínimo de curvas horizontales (m)	430	350	210	350	275	160	275	210	75	210	160	110	160	110	70	110	70	40	70	40	25	70	40	25	70	40	25	70	40	25	55	40	25	55	40	25
Distancia de visibilidad para rebasamiento (m)	180	160	110	160	135	90	135	110	55	110	85	55	85	60	40	60	40	25	40	25	15	40	25	15	40	25	15	40	25	15	35	25	15	35	25	15
Distancia de visibilidad para parada (m)	830	690	565	690	640	490	640	565	345	565	490	345	490	345	210	345	210	135	210	135	85	135	85	55	135	85	55	135	85	55	110	75	50	110	75	50
Peralte	Máximo 10%																																			
Coefficiente "K" para:	0.50%																																			
Curvas verticales convexas (m)	80	60	28	60	43	19	43	28	7	28	19	7	19	7	4	7	4	2	4	2	1	2	1	0.5	1	0.5	0.2	0.5	0.2	0.1	0.2	0.1	0.05	0.1	0.05	0.02
Curvas verticales cóncavas (m)	43	38	24	38	31	19	31	24	10	24	19	10	19	10	6	10	6	4	6	4	2	4	2	1	2	1	0.5	1	0.5	0.2	0.5	0.2	0.1	0.2	0.1	0.05
Gradiente longitudinal máxima %	3	4	6	3	4	7	4	6	8	6	8	10	8	10	13	10	13	16	13	16	19	16	19	23	19	23	27	23	27	31	27	31	35	31	35	39
Gradiente longitudinal mínima %	0.50%																																			
Ancho de pavimento (m)	7.3	7.3		7	7		6.7	6.7		6.7	6.7		6.7	6.7		6.7	6.7		6.7	6.7		6.7	6.7		6.7	6.7		6.7	6.7		6.7	6.7				
Clase de pavimento	Carpetas Asfálticas y Hormigón																																			
Ancho de espaldones estables	3	2.5	2	2.5	2	1.5	2	1.5	1	1.5	1	0.5	1	0.5	0.2	0.5	0.2	0.1	0.2	0.1	0.05	0.1	0.05	0.02	0.05	0.02	0.01	0.02	0.01	0.005	0.01	0.005	0.002	0.005	0.002	0.001
Gradiente transversal para máxima %	2																																			
Gradiente transversal para mínima %	2.0 - 4.0																																			
Curva de transición	USENSE ESPIRALES CUANDO SEA NESESARIO																																			
Carga de diseño	HS-20 - 44 HS - MOP HS - 25																																			
Ancho de la calzada (m)	SERÁ LA DIMENSION DE LA CALZADA DE LA VIA INCLUIDOS LOS ESPALDONES																																			
Ancho de aceras (m)	0.50 (m) mínimo a cada lado																																			
Mínimo derecho de vía (m)	Según el Art 3 de la Ley de Caminos y el Art 4 del Reglamento aplicativo de dicha Ley																																			
LL = TERRENO PLANO O = TERRENO ONDULADO M = TERRENO MONTAÑOSO																																				

Tabla No. 76: Valores de diseño recomendados para vías de dos carriles en construcción.
Elaborado por: Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

CAPITULO 5

EVALUACION HIDRAULICA

5.1 GENERALIDADES.

La presente evaluación hidráulica sirve de base substancial para la presente investigación, misma que nos permite conocer aspectos hidrológicos e hidráulicos relevantes en el área donde se emplazó el puente. Esta evaluación define las características geomorfológicas de la cuenca del río Cebadas así como también determinara los caudales máximos superficiales para diferentes tiempos de retorno, adicionalmente se determina el nivel máximo de crecida en el sitio emplazamiento y finalmente se proporcionaran recomendaciones para la protección del puente ante probables crecidas y sus posibles efectos erosivos sobre el cauce que podrían afectar la estructura del puente de ser el caso.

El área de emplazamiento en el ámbito hidrológico e hidráulico está constituida por la cuenca hidrográfica del río Cebadas, cuya información meteorológica e hidrométrica es bastante buena ya que en el sector donde se emplazó el puente Cebadas se encuentra ubicada una estación meteorológica perteneciente al MAGAP - M395 y una estación hidrométrica perteneciente al INAMHI - H790.

5.2 FINALIDAD.

La evaluación hidráulica de la presente investigación está orientada a proporcionar y analizar la red hidrográfica y las condiciones de drenaje de la cuenca del río Cebadas hasta el sitio donde se implantó el puente para tal efecto se recopiló información general y particular que permite caracterizar la zona en estudio y los antecedentes hidráulicos e hidrológicos para la estimación de caudales de máxima crecida y condiciones de escurrimiento asociadas a periodos de retorno de 50 y 100 años. A partir de esto se determinaron los niveles de aguas máximas ordinarias (N.A.M.O) y extraordinarias (N.A.M.E) generalizados que se producen en el cauce del río Cebadas en la zona del cruce del puente en evaluación.

5.3 METODOLOGIA.

La información descrita en este estudio considera un periodo de registro comprendido entre los años 1990 – 2012 (22 datos anuales de caudales máximos instantáneos). Esta información se encuentra enmarcada dentro de los Anuarios Hidrológicos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), correspondientes a la estación H790 Cebadas aj Guamote.

La presente metodología describe las actividades y pasos realizados en la presente evaluación hidráulica:

- a. Conformación del mapa base y localización de los puntos de interés en la cartografía del IGM de la zona 1:50.000.
- b. Delimitación de la cuenca y determinación de las características físicas de la misma.
- c. Establecer las Intensidades diarias de lluvia tomada en cuenta la información de lluvias intensas de la zona 33, caracterizadas por las relaciones intensidad – duración – período de retorno.
- d. Determinar los caudales máximos para la sección de interés (puente), asociados con los períodos de retorno de 5, 10, 25, 50, 100 y 200 años, aplicando el ajuste de función de distribución de probabilidad de Gumbel.
- e. Comparación, análisis y validación de los caudales máximos obtenidos con los métodos analizados.
- f. Modelación Hidráulica del Río Cebadas en el tramo del puente con la ayuda del paquete computacional HEC-RAS 4.1.0, para establecer los niveles de aguas máximas ordinarias (N.A.M.O) y extraordinarias (N.A.M.E) para un periodo de retorno de 100 años finalmente establecer el galibo correspondiente del puente sobre el Rio Cebadas.
- g. Análisis granulométrico y determinación del tamaño medio de la partícula con material del sitio de emplazamiento del puente sobre el Rio Cebadas.
- h. Análisis de socavación general del lecho, mediante el método de Lischtvan - Levediev.
- i. Establecer las conclusiones y recomendaciones pertinentes para a la evaluación del puente sobre el Río Cebadas.

5.4 RED HIDROGRAFICA.

El área en interés está ubicada a 3550 m.s.n.m en una zona de características topográficas irregulares tipo P4 con características geomorfológicas únicas, asimismo se estableció un factor de forma de 0.16 y un índice de compacidad Clase II. El sistema hidrográfico tiene un área total de drenaje de 223.43 Km² por lo cual es considerada como una sub cuenca debido a su tamaño, la longitud de cauce desde a naciente hasta el sitio donde se emplazó el puente sobre el río Cebadas de 37.57 km, además está sub cuenca forma parte de la cuenca hidrográfica del Río Pastaza.

El principal sistema hidrográfico del sitio de interés son los ríos Atillo y Ozogoche que aguas más arriba y por confluencia con el río Yasipan forman el río Cebadas, y por confluencia con el río Guamote forman el río Chambo, y por afluencia del río Patate forman el río Pastaza. A los ríos antes mencionados afluyen una serie de quebradas y lagunas de menor importancia, las mismas que conforman pequeños subsistemas que cubren toda la zona, entre los principales están: las lagunas de Atillo, Iguancocha, Magdalena, Talag Chico, los ríos Atillo, Ozogoche y Yasipan afluentes del río Cebadas, las quebradas de Llullucha, Virgen Santa, Potrerillo, Yuracyacu, Chinipungo, Cachihuaycu, Colay, Samborondon, Chictarum, Telan, Pancun, San Antonio, Mapayacu, Timbohuaycu y Pichibug cuyas aguas escurren hacia el río Cebadas.

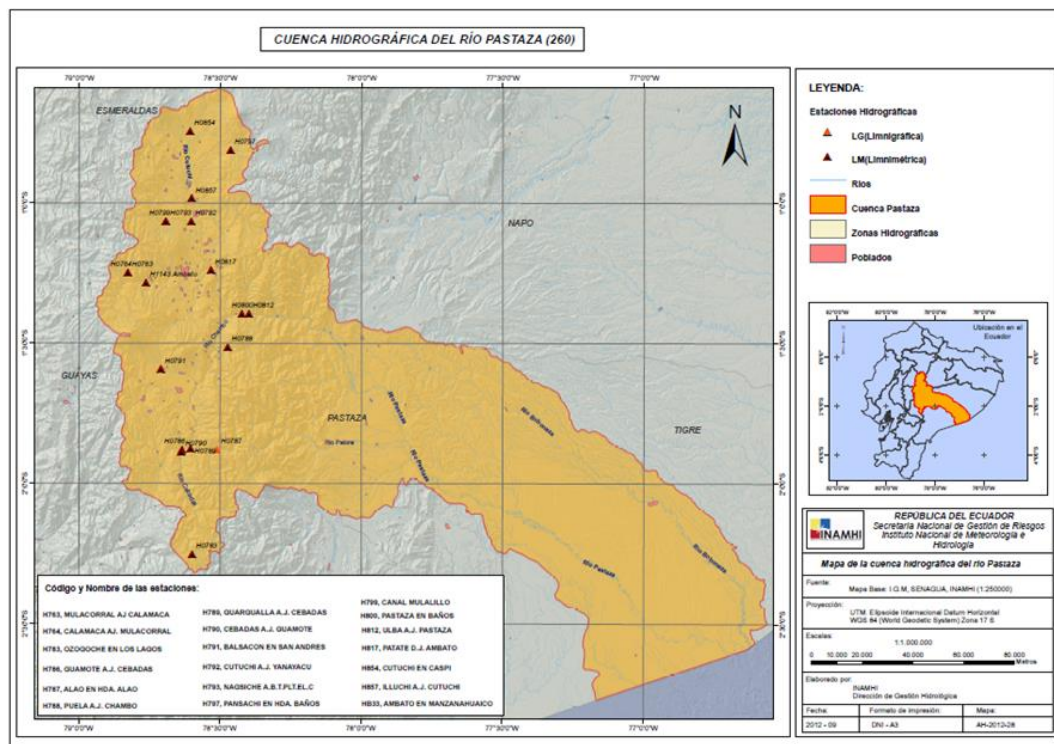


Figura No. 14: Mapa de la Cuenca Hidrográfica del río Pastaza.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

5.5 CLIMATOLOGIA.

La caracterización del clima que predomina en área de interés no solo permite tener una idea de las condiciones en las que funcionará el proyecto, sino que también constituye información básica para la determinación de caudales máximos, al aplicar modelos precipitación y escurrimiento. Estos datos también son necesarios para la toma de decisiones sobre aspectos ambientales del proyecto. Las características del clima consideradas de mayor interés en el proyecto son: temperaturas medias y extremas y su distribución en el año; humedad relativa media; lluvia anual y su distribución en el año, y lluvias intensas.

5.6 INFORMACION DISPONIBLE.

El análisis hidráulico expuesto a continuación, se sustenta en los registros históricos de la estación hidrométrica perteneciente al INAMHI – H790 ubicada en la parroquia Cebadas. Los datos existentes corresponden a un registro comprendido entre los años 1990 a 2012 y tiene relación directa con las variables climáticas e hidráulicas de la zona en estudio contando así con un registro de 22 años completos y consecutivos de información, así también se contó con un registro histórico de la estación meteorológica perteneciente al MAGAP – M395, la misma que cuenta con un registro de 42 años comprendida entre los años de 1963 a 2005. A continuación se describe las características geográficas e información adicional de cada una de las estaciones antes mencionadas:

DESCRIPCION Y DATOS GENERALES DE LAS ESTACIONES		
DATOS DE LA ESTACION	M395 CEBADAS	H790 CEBADAS AJ GUAMOTE
CANTON	GUAMOTE	GUAMOTE
ELEVACION	2930 MSNM	2780 MSNM
FECHA DE INSTALACION	1963-07-16	1965-11-01
LATITUD	015428S	015430S
LONGITUD	783827W	783845W
PARROQUIA	CEBADAS	CEBADAS
SECTOR	GUALLAPISHI	EL REMOLINO
CODIGO	M395	H790
NOMBRE	CEBADAS	CEBADAS
TIPO	PV	RADAR
PROVINCIA	CHIMBORAZO	CHIMBORAZO
ESTADO	FUNCIONANDO	FUNCIONANDO
INSTITUCION	MAGAP	INAMHI

Tabla No. 77: Descripción de las estaciones puente Cebadas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

5.7 PRECIPITACION.

El régimen pluvial del área presenta una distribución temporal a través del año, que es principalmente de régimen sierra. La distribución de precipitaciones se caracteriza por un período lluvioso entre los meses de septiembre hasta diciembre, que generalmente tiene su valor máximo en los meses de octubre a noviembre, por la influencia de masas atmosféricas provenientes de la región amazónica, en lo que respecta a la época de poca pluviosidad se presenta entre los meses de enero a agosto.

VALORES CARACTERÍSTICOS DE PLUVIOSIDAD MENSUAL MM			
ESTACION	LLUVIA MENSUAL		
M395	MEDIA	MINIMA	MAXIMA
	38.9	89.8	105.7

Tabla No. 78: Valores característicos de la lluvia a nivel mensual.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

5.8 DISTRIBUCION TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS LLUVIAS INTENSAS.

En base al estudio "Cálculo de Intensidades de Lluvia para el Diseño de Obras de Drenaje", del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) - 1999, que se sustenta en conceptos de regionalización, se determinaron las relaciones intensidad - duración – período de retorno. El área de estudio se localiza en la zona 33 de la regionalización propuesta por dicha institución sobre intensidades de lluvia. A continuación se muestran las ecuaciones intensidad – duración – período de retorno para el área de estudio.

ECUACIONES DE INTENSIDADES DE LLUVIA (mm/hr)			
Periodo de retorno	Ecuaciones		Intensidades,24 hr Id.tr
años	5 min < t < 23 min	23 min < t < 1440	Mm
5	$I = 170.39 t^{-0.5052} \text{ Id.tr}$	$I = 515.76 t^{-0.8594} \text{ Id.tr}$	1.5
10	$I = 170.39 t^{-0.5052} \text{ Id.tr}$	$I = 515.76 t^{-0.8594} \text{ Id.tr}$	1.8
25	$I = 170.39 t^{-0.5052} \text{ Id.tr}$	$I = 515.76 t^{-0.8594} \text{ Id.tr}$	2.3
50	$I = 170.39 t^{-0.5052} \text{ Id.tr}$	$I = 515.76 t^{-0.8594} \text{ Id.tr}$	2.8
100	$I = 170.39 t^{-0.5052} \text{ Id.tr}$	$I = 515.76 t^{-0.8594} \text{ Id.tr}$	3.4

Tabla No. 79: Ecuaciones intensidad – duración – período de retorno.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Los períodos de retorno considerados son 50 y 100 años, lo que permite generar hidrogramas de crecidas para diferentes condiciones de frecuencia o período de retorno. A continuación se proporciona la tabla de intensidades de precipitación respectivas así como la figura donde se pauta la variación de las intensidades de lluvia con la duración y el período de retorno para la zona donde se ubica el área de interés.

TABLA DE INTENSIDADES DE LLUVIA (mm/hr)							
Periodo de retorno	Duración (min)						
años	20	120	280.73	500	750	1000	1440
5	56.27	12.64	6.09	3.71	2.62	2.04	1.49
10	67.52	15.17	7.31	4.45	3.14	2.45	1.79
25	86.28	19.38	9.34	5.68	4.01	3.13	2.29
50	105.03	23.59	11.36	6.92	4.88	3.81	2.79
100	127.54	28.65	13.80	8.40	5.93	4.63	3.39

Tabla No. 80: Intensidades de lluvia para la zona de estudio.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

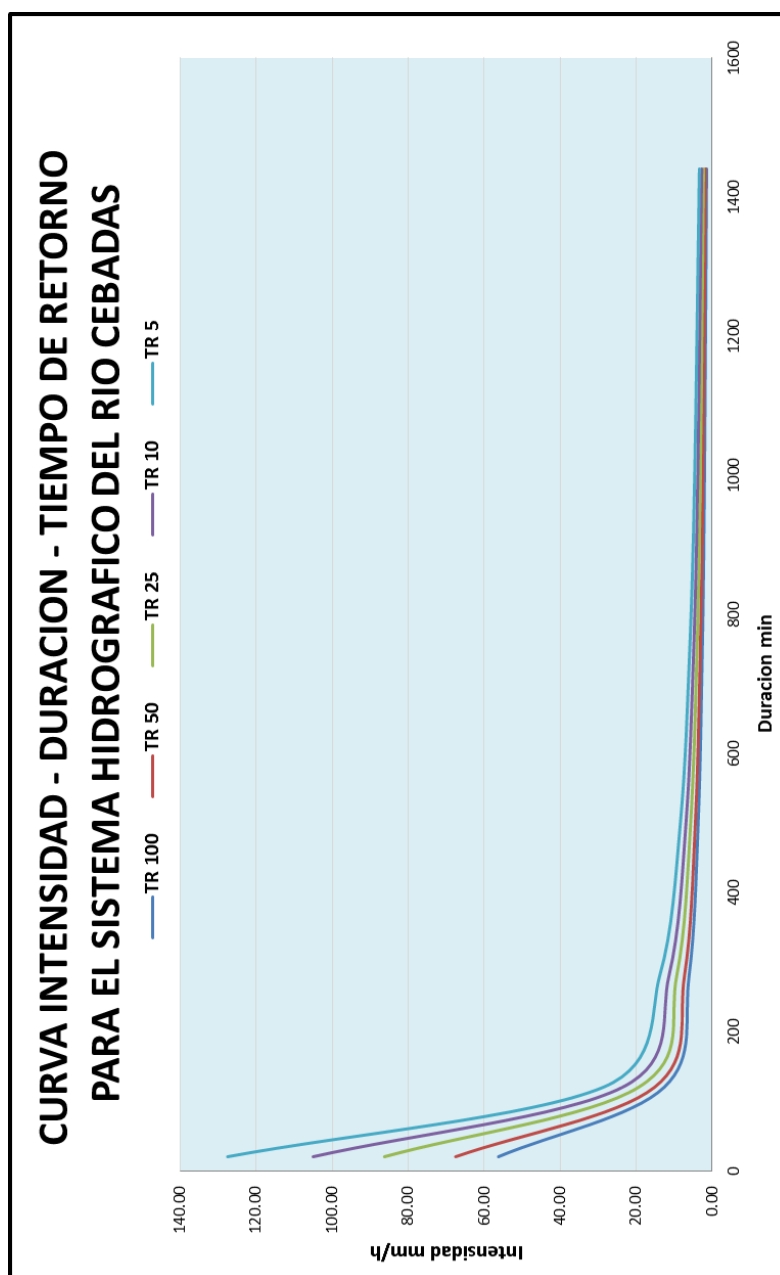


Figura No. 15: Curvas I-D-F para la zona de estudio.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

5.9 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS CUENCAS DE DRENAJE.

La determinación de los caudales máximos e hidrogramas de crecidas se cumple para la sección en la cual se emplazó el puente sobre el río Cebadas, que tiene especial interés en esta evaluación. A continuación se presentan las características físicas y geomorfológicas de la sub cuenca de drenaje.

PENDIENTES DE LA CUENCA DEL RÍO PASTAZA							
SECTOR	MICROCUENCA	A km ²	L km	COTAS		S %	Sc %
				SUPERIOR m.s.n.m	INFERIOR m.s.n.m		
				Bajo	Qda. Guilleas		
	Río Blanco	151.9	29.4	4400	2400	6.8	28
	Río Puela	228.8	63.6	4200	2360	2.9	22
	Río Chibunga	471.5	68.9	4800	2600	3.2	30
	Drenes al Chambo	562.1	72.5	2920	2240	0.9	20
Medio	Río Alao	187.3	62.5	4200	2800	2.2	24
	Río Guano	406.4	35.4	4520	2480	5.8	20
	Río Guargualla	189	29.7	4000	2840	3.9	32
	Río Guamote	622	47.6	3840	2890	2	28
	Drenes al Cebadas	248.5	30.4	3320	2920	1.3	23
Alto	Río Ozogoche	307.9	30.8	4200	3240	3.1	25
	Río Yasipan	151.7	44.6	3800	3240	1.3	30

Tabla No. 81: Pendientes de la cuenca del río Pastaza.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

CLASIFICACION DE LAS CUENCAS DE ACUERDO A LA PENDIENTE MEDIA		
PENDIENTE MEDIA %	TIPO DE RELIEVE	SIMBOLO
0 - 3	Plano	P1
3 - 7	Suave	P2
7 - 12	Mediano	P3
20 - 35	Accidentado	P4
35 - 50	Fuerte	P5
50 - 75	Muy Fuerte	P6
50 - 75	Escarpado	P7
> 75	Muy Escarpado	P8

Tabla No. 82: Clasificación de las cuencas de acuerdo a la pendiente media.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

TAMAÑO RELATIVO DE LOS SISTEMAS HIDROLOGICOS		
Unid. Hidrológica	Área (km ²)	# de Orden
Micro cuenca	10 - 100	1, 2, 3
Sub cuenca	101 - 700	4, 5
Cuenca	más de 700	6 a mas

Tabla No. 83: Tamaño relativo de los sistemas hidrológicos.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS SUB CUENCA DE DRENAJE		
PARAMETROS	RIO CEBADAS – PITZIL - CEBADAS	
Perímetro de la cuenca	60115.09	m
Área de la cuenca	223.43	km ²
Longitud del cauce	37.57	km
Punto más alto de la cuenca	3550.00	m.s.n.m
Punto de emplazamiento del puente	2925.20	m.s.n.m
Pendiente del cauce	0.016	m/m
Factor de forma	0.158	adimensional
Índice de compacidad	1.126	adimensional

Tabla No. 84: Características físicas de las sub cuenca de drenaje.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

FORMAS DE LA CUENCA DE ACUERDO AL INDICE DE COMPACIDAD		
CLASE DE FORMA	INDICE DE COMPACIDAD Kc	FORMA DE LA CUENCA
Clase I	1.0 a 1.25	Casi redonda a oval – redonda
Clase II	1.26 a 1.50	Oval - redonda a Oval – oblonga
Clase I	1.51 a 1.75	Oval - oblonga a Rectangular – oblonga

Tabla No. 85: Formas de la cuenca de acuerdo al índice de compacidad.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

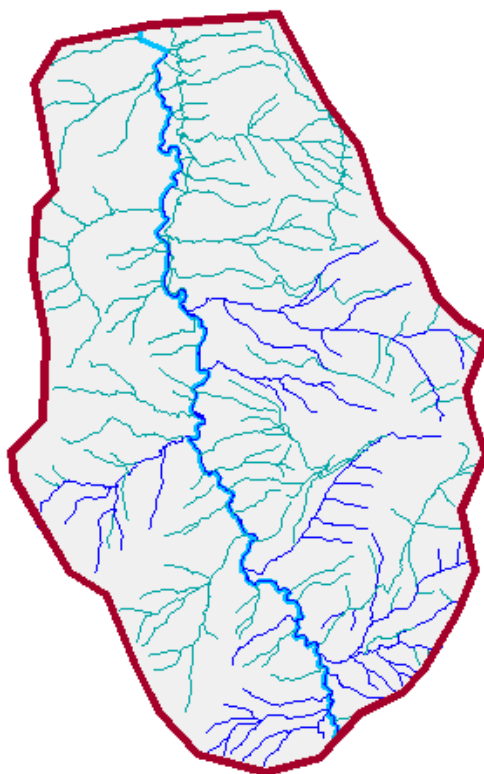


Figura No. 16: Subcuenca de drenaje del río Cebadas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

5.10 CAUDALES DE DISEÑO.

Hidrometría.

Este análisis se refiere concretamente a evaluar la disponibilidad de información hidrométrica histórica, en relación al curso de agua en estudio. Así, los anuarios hidrológicos del INAMHI reportan la existencia de estaciones hidrométricas, sobre el río Cebadas tanto en las inmediaciones de la sección de interés como aguas arriba de la misma, igualmente cabe recalcar que esta evaluación cuenta con una adecuada disponibilidad de información meteorológica del área en estudio así como de estudios de lluvias intensas realizadas por el INAMHI.

Caudales Máximos.

Por lo expuesto anteriormente sobre de la información hidrométrica disponible, se recomienda aplicar un ajuste estadístico para la determinación de los caudales máximos, debido a la confiabilidad e inexistencia de datos. La calidad de metodología recomendada para este estudio propone la aplicación de funciones de distribución de probabilidad y las variaciones de intensidades de lluvia con factores como la intensidad, duración, frecuencia y distribución asimismo estas funciones y variaciones se sustentan en el registro histórico obtenido en los anuarios hidrológicos y estudios de lluvias intensas del INAMHI. Para la determinación de los caudales máximos se utilizaron dos modelos de crecidas, los resultados obtenidos se compararon entre sí, los métodos aplicados fueron el ajuste de función de distribución de probabilidad de Gumbel y el Método Racional.

Método Racional.

Usualmente la escorrentía superficial que se desea conocer es aquella que resulta de una lluvia capaz de producir una creciente en el curso o corriente de agua, en general se puede conocer la escorrentía superficial resultante de una lluvia cualquiera. La idea detrás del Método Racional es que la lluvia con intensidad empieza en forma instantánea y continua en forma indefinida, la tasa de escorrentía continuará hasta que se llegue al tiempo de concentración, en el cual toda la cuenca está contribuyendo al flujo en la salida. El producto de la intensidad de lluvia y el área de la cuenca, es el caudal de entrada al sistema, y la relación entre este caudal y el caudal pico (que ocurre en el tiempo) se conoce como el coeficiente de escorrentía.

Esto se expresa en la fórmula Racional:

$$Q = CIA/360$$

Dónde:

Q	Caudal máximo de diseño	m ³ /s
I	Intensidad de lluvia	mm/hora.
A	Área de la cuenca	Ha
C	Coefficiente de escorrentía	Adimensional

Función de distribución de probabilidad de Gumbel.

La metodología que permite predecir con cierta probabilidad los valores que puede tomar una variable hidrológica, en función de la información de que se disponga, planteándose lo anterior, en valores máximos probables, aplicando la ley de distribución de Gumbel, y asociado esto, a algunas pruebas de bondad de ajuste. Se plantea la utilización de la ley de distribución de Gumbel, dado que ella ha demostrado poseer una adecuada capacidad de ajuste, a valores máximos de caudales, precipitación en distintos períodos de tiempo, aportaciones anuales, etc. Además, se entrega una prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov - Smirnov, un cálculo del coeficiente de determinación, y ello asociado a la presente evaluación.

Esto se expresa a través de la función Gumbel:

$$F(x) = e^{-e^{-d(x-u)}}$$

Dónde:

F(x)	Frecuencia observada acumulada	Adimensional
u, d	Parámetros	Adimensional
e	logaritmo neperiano	Adimensional
x	Caudal máximo de diseño	m ³ /s

5.11 EVALUACION DE CAUDALES PUENTE CEBADAS.

Caudales máximos método racional.

Tiempo de concentración:

TIEMPO DE CONCENTRACION TEMEZ					
L (km)	h1	h2	So %	Tc horas	Tc min
37.57	3550.00	2925.20	0.0166	4.1401	248.406

Tabla No. 86: Tiempo de concentración de Temez.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

TIEMPO DE CONCENTRACION KIRPICH					
L (km)	h1	h2	So %	Tc horas	Tc min
37.57338	3550.00	2925.20	0.0166	5.2175	313.05

Tabla No. 87: Tiempo de concentración de Kirpich.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (min).	
METODO	VALOR
Kirpich	313.05
Temez	248.406
Promedio	280.728

Tabla No. 88: Tiempo de concentración promedio entre los dos métodos.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Coefficientes de escorrentía:

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA					
CARACTERISTICAS DE LA SUPERFICIE	PERIODO DE RETORNO (años)				
	5	10	25	50	100
AREAS NO DESARROLLADAS – CULTIVOS					
Plano, 0 -2%	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47
Promedio 2 – 7%	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51
Pendiente, superior a 7%	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54
AREAS NO DESARROLLADAS – PASTIZALES					
Plano, 0 -2%	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41
Promedio 2 – 7%	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53

Tabla No. 89: Coeficientes de escorrentía para diferentes periodos de retorno.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Valores de Intensidades de Lluvia estación M395:

INTENSIDADES DE LLUVIA ESTACION M395	
AÑOS	IdTR
5	1.5
10	1.8
25	2.3
50	2.8
100	3.4

Tabla No. 90: Intensidades de lluvia estación M395.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Intensidades de lluvia:

INTENSIDADES DE PRECIPITACION	
TR	ITR mm/h
5	6.09
10	7.31
25	9.34
50	11.37
100	13.80

Tabla No. 91: Intensidades de precipitación para diferentes periodos de retorno.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Caudales máximos:

CAUDALES MAXIMOS RIO CEBADAS	
TR	Q m³/s
5	158.70
10	199.50
25	278.10
50	359.71
100	462.49

Tabla No. 92: Caudales máximos para diferentes periodos de retorno.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

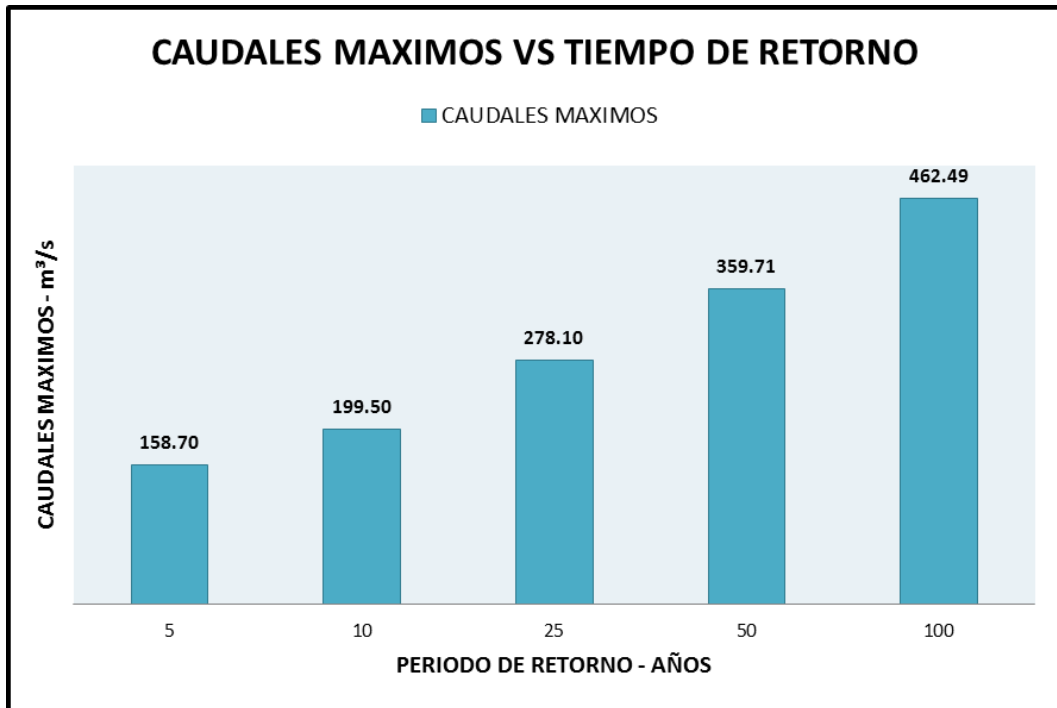


Figura No. 17: Caudales máximos vs tiempo de retorno – Método racional.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

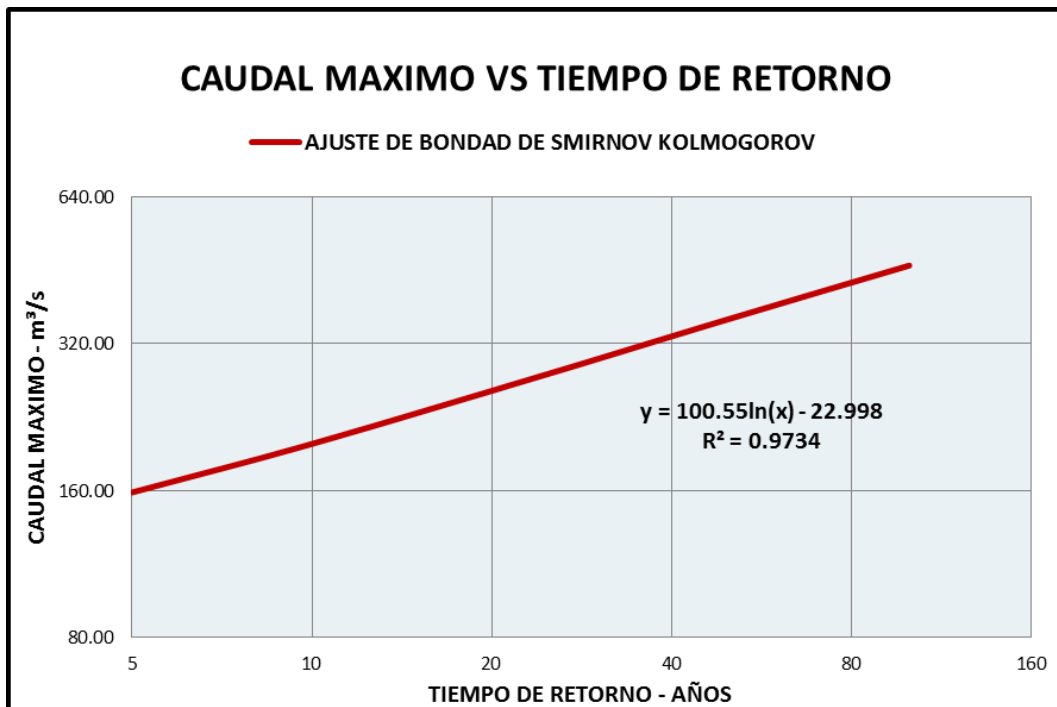


Figura No. 18: Ajuste de bondad de Smirnov Kolmogorov – Método racional.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Ajuste de caudales de según Gumbel.

Información de caudales estación hidrométrica H790:

N° orden	Periodo	Caudal Maximos Historicos	Caudal Medios Historicos	Caudal Minimo Historicos
1	1990	167.89	52.88	6.58
2	1991	138.67	46.27	5.14
3	1992	65.71	28.66	3.78
4	1993	235.96	52.71	6.17
5	1994	281.42	74.89	5.64
6	1995	182.51	49.05	6.09
7	1996	163.96	56.32	6.38
8	1998	136.80	49.97	1.72
9	1999	323.71	61.02	2.13
10	2000	181.27	44.44	2.43
11	2001	398.82	64.71	0.78
12	2002	233.22	40.58	1.00
13	2003	152.15	45.71	1.25
14	2004	242.28	62.50	0.78
15	2005	290.15	51.74	1.25
16	2006	96.77	37.07	5.07
17	2007	555.07	116.90	3.64
18	2008	99.71	45.51	6.09
19	2009	233.22	49.73	2.71
20	2010	198.72	40.58	1.38
21	2011	156.05	57.61	7.38
22	2012	137.62	43.31	14.38

Tabla No. 93: Caudales históricos estación hidrométrica H790.

Elaborado por: INAMHI - Dirección de Gestión Hidrológica.

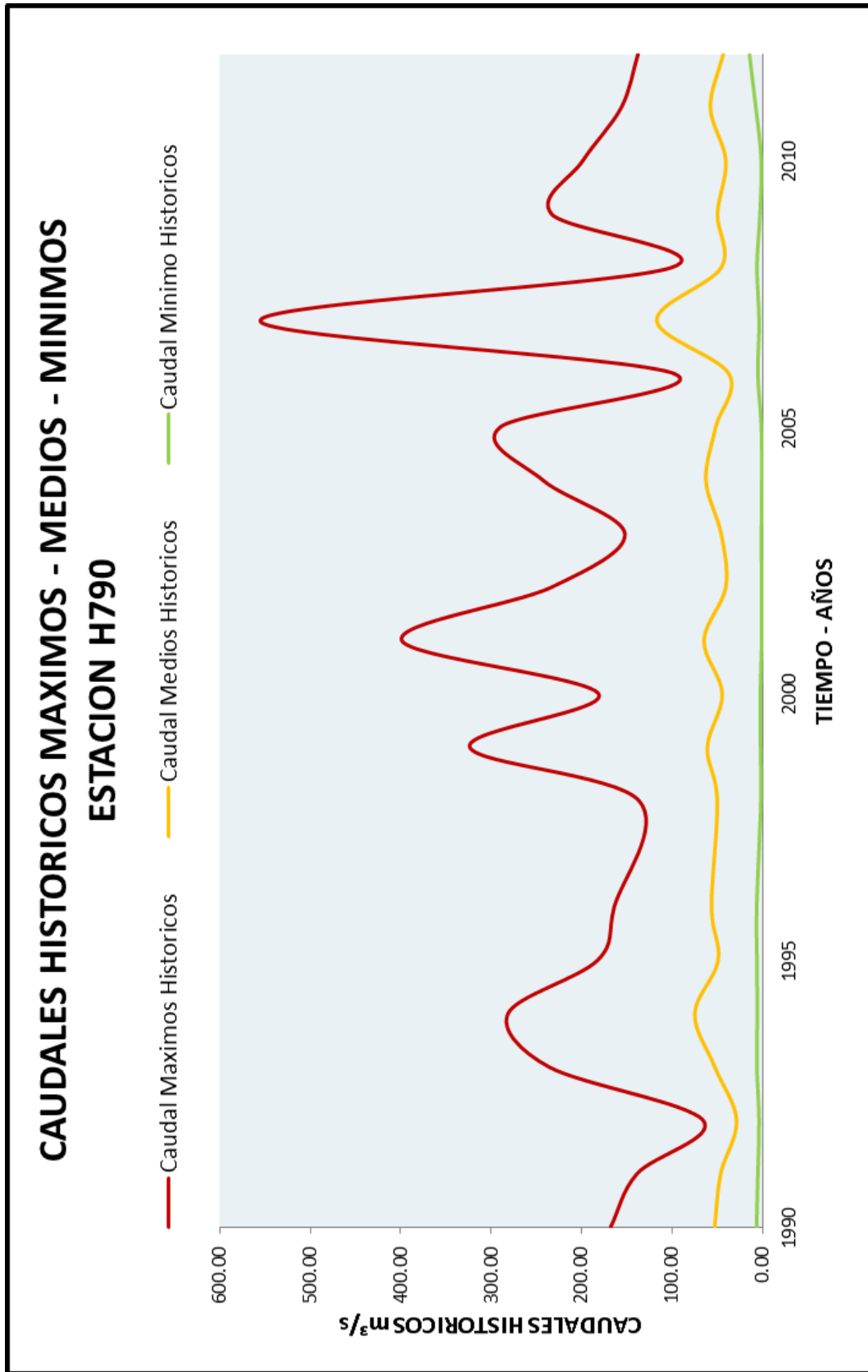


Figura No. 19: Caudales históricos máximos, medios y mínimos estación H790.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

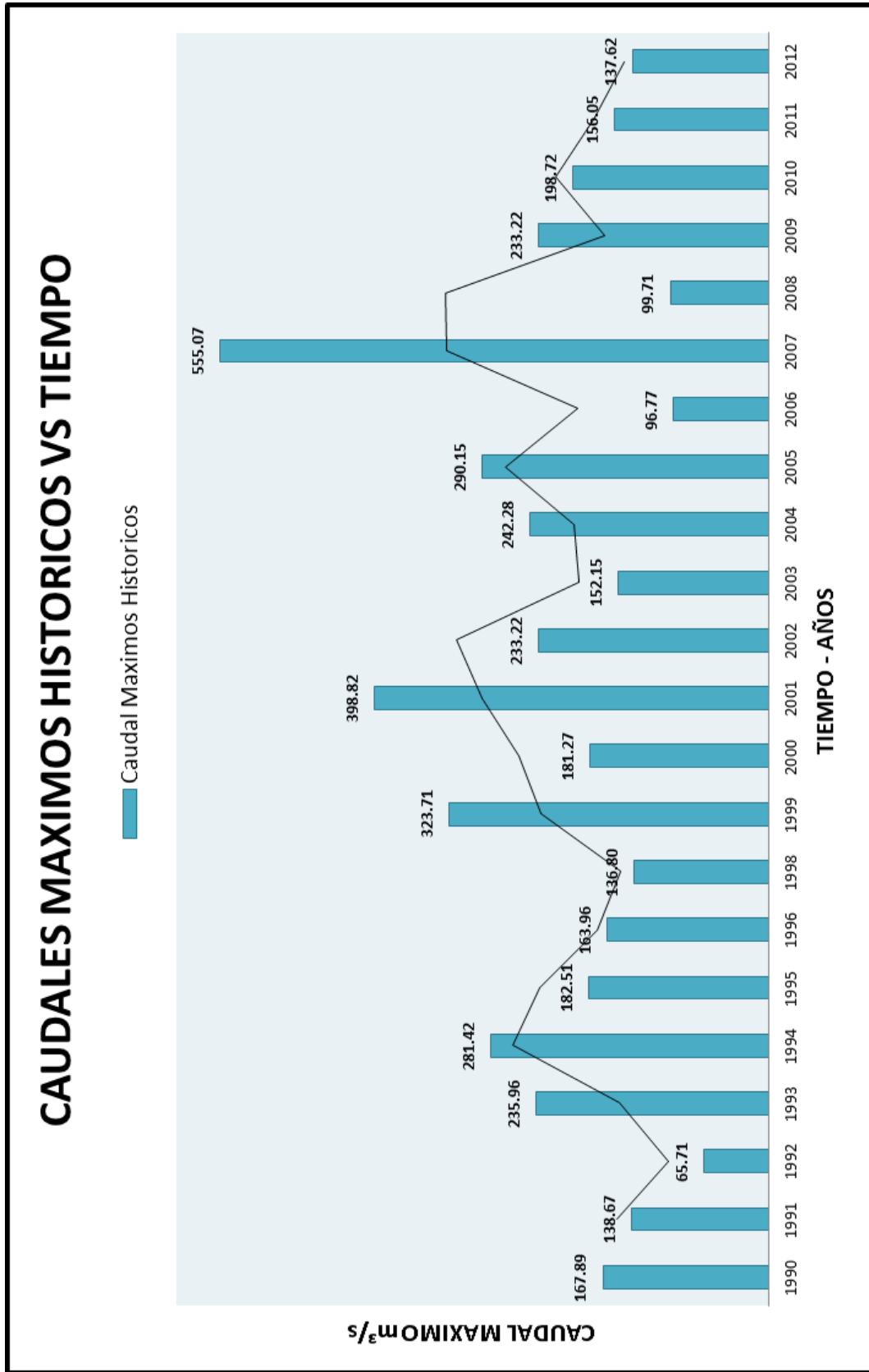


Figura No. 20: Caudales históricos máximos vs tiempo estación H790.
 Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

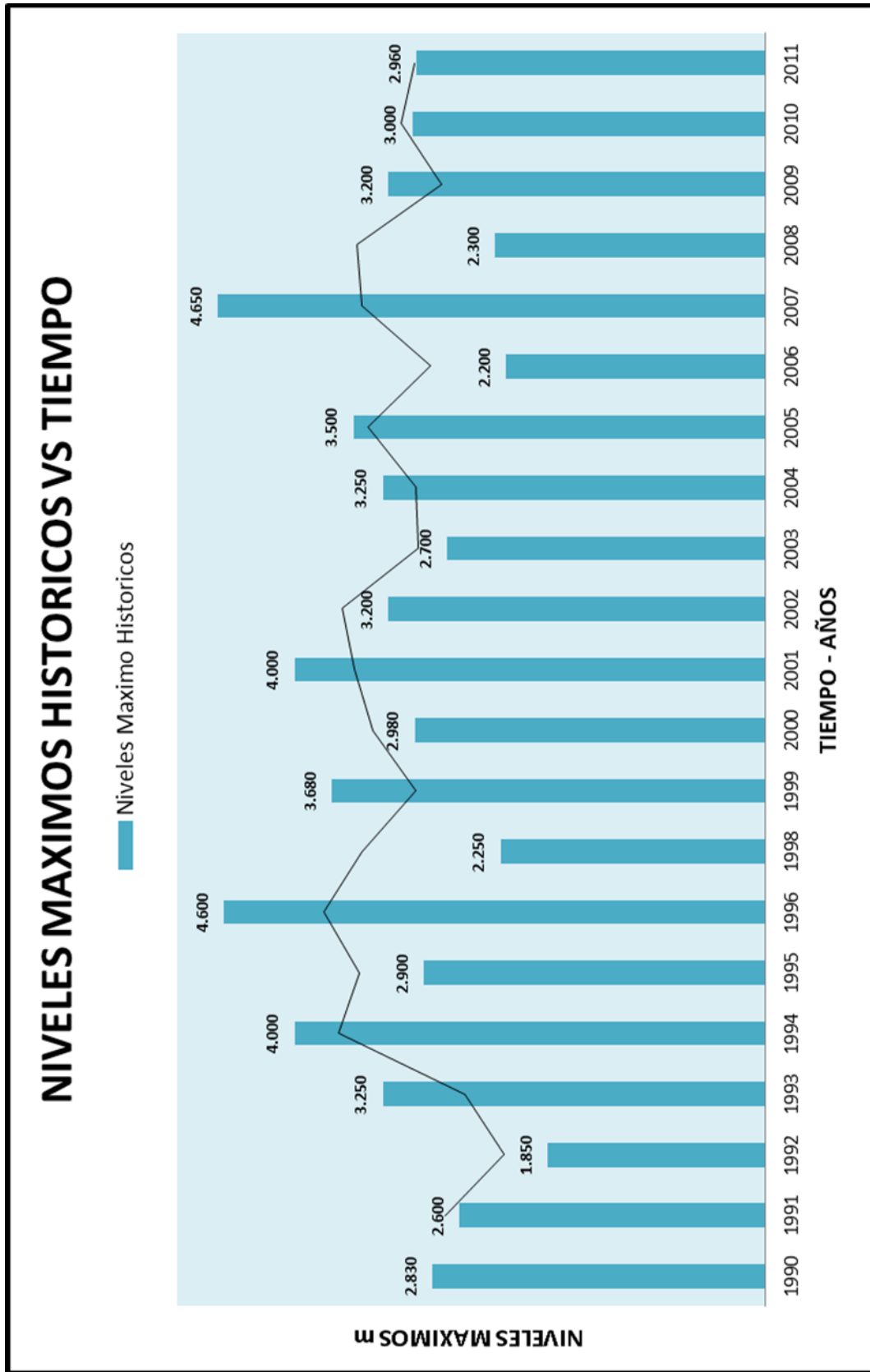


Figura No. 21: Niveles históricos máximos vs tiempo estación H790.
 Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Función de densidad de probabilidad de Gumbel:

FUNCION DE DENSIDAD DE PROBABILIDAD METODO GUMBEL			
N° orden	Año	Caudal Máximo	Orden Creciente
1	1990	167.893	65.713
2	1991	138.665	96.771
3	1992	65.713	99.705
4	1993	235.961	136.796
5	1994	281.420	137.615
6	1995	182.505	138.665
7	1996	163.958	152.145
8	1998	136.796	156.045
9	1999	323.706	163.958
10	2000	181.269	167.893
11	2001	398.820	181.269
12	2002	233.220	182.505
13	2003	152.145	198.72
14	2004	242.276	233.22
15	2005	290.145	233.22
16	2006	96.771	235.961
17	2007	555.065	242.276
18	2008	99.705	281.42
19	2009	233.220	290.145
20	2010	198.720	323.706
21	2011	156.045	398.82
22	2012	137.615	555.065
X	212.35	Media de la muestra	
S	110.24	Desviación estándar de la muestra	
N	22	Número total de datos	

Tabla No. 94: Función de densidad de probabilidad método Gumbel.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Parámetros μ y d :

PARAMETROS μ - d	
μ	162.736
d	0.01163

Tabla No. 95: Parámetros μ y d en función del número de datos.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Test de bondad del ajuste Gumbel:

TEST DE BONDAD DEL AJUSTE GUMBEL				
FDP	Dc	Dt	K - S	R ²
Gumbel	0.085	0.281	Acepto Ho	0.981

Tabla No. 96: Resultados del test de bondad del ajuste Gumbel.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Frecuencias relativas y teóricas para el ajuste Gumbel:

FRECUENCIAS RELATIVAS Y TEORICAS PARA EL AJUSTE GUMBEL			
Numero de orden	Orden Creciente	Frecuencia Relativa $F_n(X)$	Frecuencia Teórica Gumbel $F(X)$
1	65.713	0.043	0.045
2	96.771	0.087	0.116
3	99.705	0.130	0.125
4	136.796	0.174	0.259
5	137.615	0.217	0.262
6	138.665	0.261	0.266
7	152.145	0.304	0.323
8	156.045	0.348	0.339
9	163.958	0.391	0.373
10	167.893	0.435	0.390
11	181.269	0.478	0.447
12	182.505	0.522	0.452
13	198.72	0.565	0.518
14	233.22	0.609	0.644
15	233.22	0.652	0.644
16	235.961	0.696	0.653
17	242.276	0.739	0.673
18	281.42	0.783	0.778
19	290.145	0.826	0.797
20	323.706	0.870	0.858
21	398.82	0.913	0.938
22	555.065	0.957	0.990

Tabla No. 97: Frecuencias relativas y teóricas para el ajuste Gumbel.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Probabilidad de caudales máximos:

CAUDAL MAXIMO – RIO CEBDAS			
Periodo de retorno	Probabilidad de excedencia	Probabilidad de no excedencia	Caudal máximo Gumbel
5	0.20	0.80	291.66
10	0.10	0.90	356.16
25	0.04	0.96	437.66
50	0.02	0.98	498.12
100	0.01	0.99	558.14
200	0.01	1.00	617.93

Tabla No. 98: Caudales máximos para diferentes TR - ajuste Gumbel.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

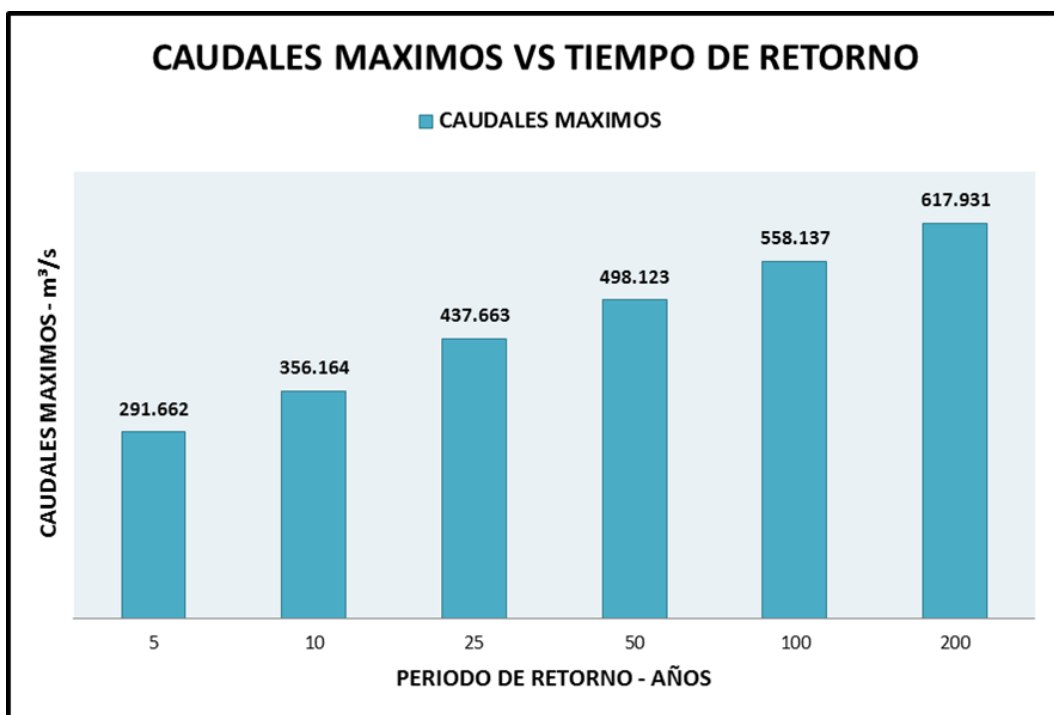


Figura No. 22: Caudales máximos vs tiempo de retorno – Método Gumbel.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

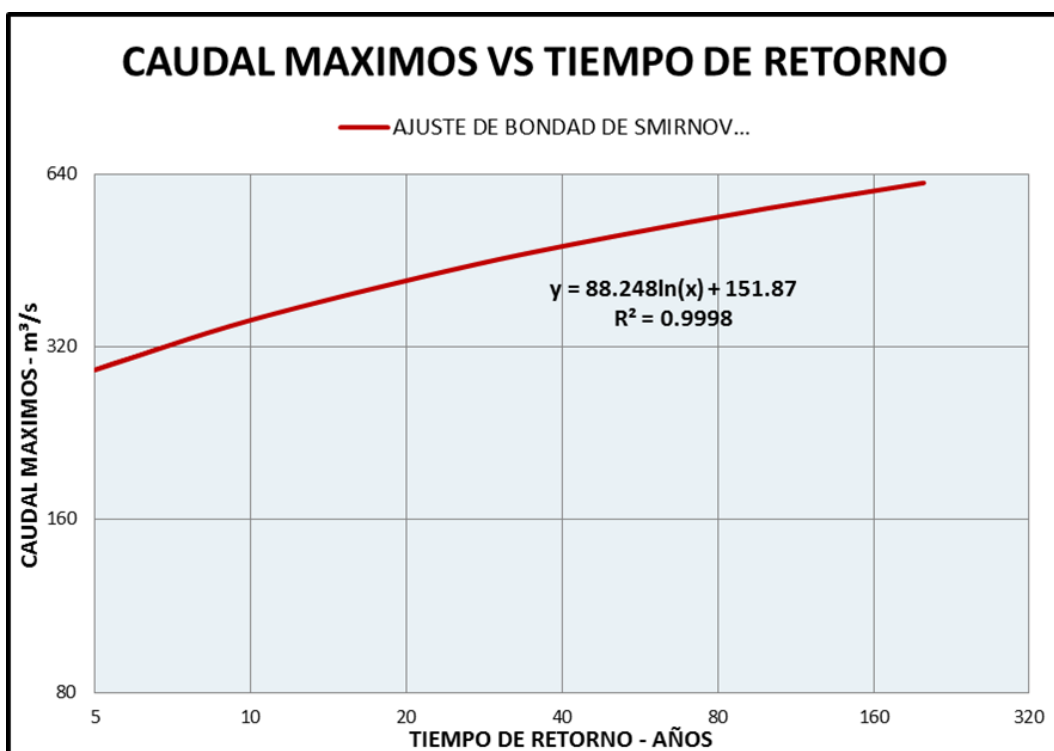


Figura No. 23: Ajuste de bondad de Smirnov Kolmogorov – Método Gumbel.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

5.12 COMPARACIÓN DE CAUDALES DEL PUENTE CEBADAS.

De los valores resultantes se adopta como caudal de diseño el del método Gumbel, por ser el método más apropiado para este caso en particular, dicho esto se procede a sumar el caudal promedio aforado en el sitio donde se emplazó el puente sobre el río Cebadas donde se obtuvo los siguientes valores: caudal promedio aforado $60.80 \text{ m}^3/\text{s}$ con una velocidad promedio de aforo de 1.17 m/s .

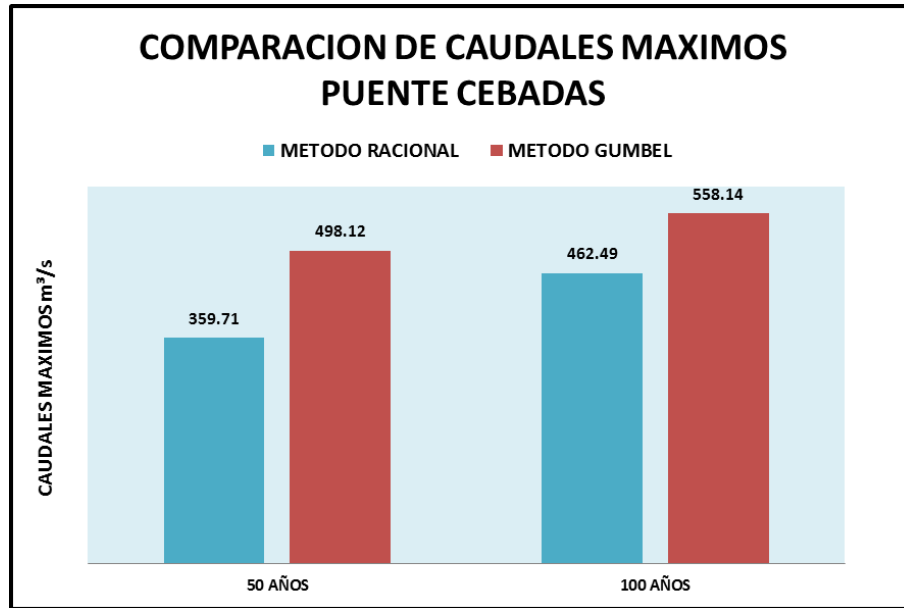


Figura No. 24: Comparación de caudales máximos - Método Racional - Método Gumbel.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

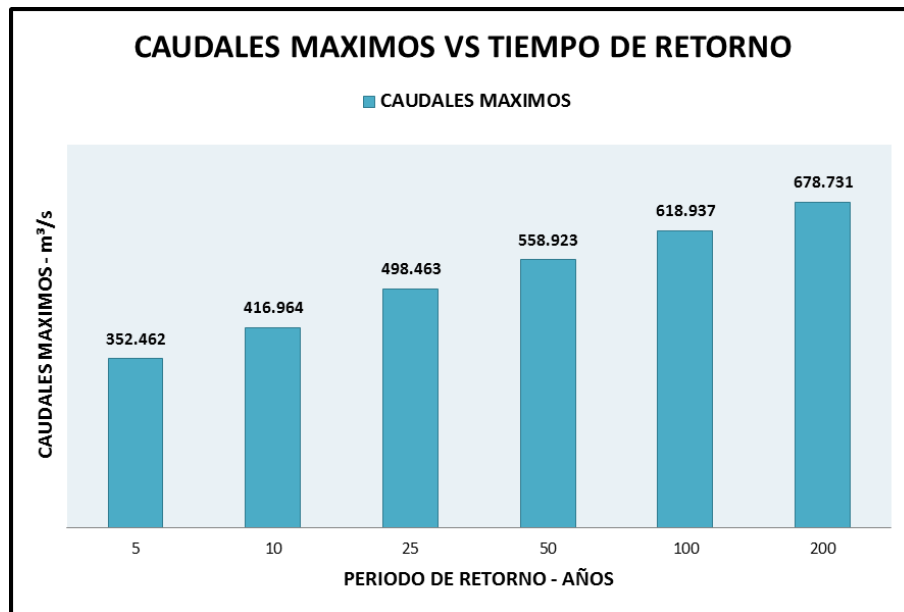


Figura No. 25: Caudales de diseño para diferentes periodos de retorno.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

5.13 MODELACION HIDRAULICA DEL PUENTE CEBADAS.

El recurso hídrico es el principal constituyente de todos los seres vivos y su dinámica se convierte en una fuerza importante que nos ofrece constantemente grandes beneficios, aunque existen épocas y sitios en los cuales se pueden generar impactos adversos como son las inundaciones que traen como consecuencias pérdidas económicas, ambientales y sociales en las poblaciones ubicadas próximas a los ríos. El paquete computacional utilizado en la presente evaluación corresponde al modelo matemático unidimensional HEC-RAS, software gratuito de origen Estadounidense desarrollado por parte del Cuerpo de Ingenieros de la Armada (US Army Corps of Engineering), mismo que posee varias plataformas computacionales para la administración del recurso agua; y en razón al área de estudio de aplicación del modelo, ésta comprende la cuenca hidrográfica del Río Cebadas la cual se ubica en la parroquia Cebadas, cantón Guamote en la provincia de Chimborazo.

Finalmente, el esquema de la modelación del comportamiento de los Perfiles Hidráulicos, así como la obtención de Parámetros Hidráulicos está dado a la importancia de dicho sitio y dado también, a la posible ocurrencia de eventos hidrometeorológicos que pueden impactar catastróficamente la región, que a su vez, se relaciona con la necesidad de contar con pronósticos de inundaciones en tiempo real de la dinámica de los niveles de agua del río Cebadas, centrando la necesidad en la predicción del riesgo, asociada a la amenaza hidrológica (nivel del agua).

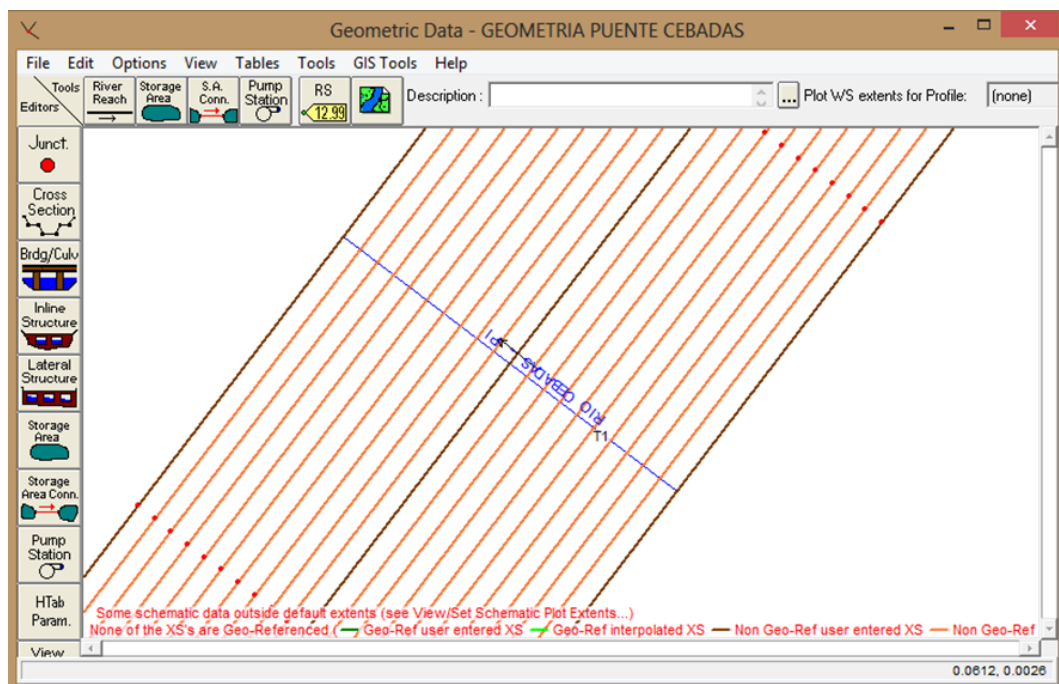


Figura No. 26: Geometría perfil longitudinal puente sobre el rio Cebadas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

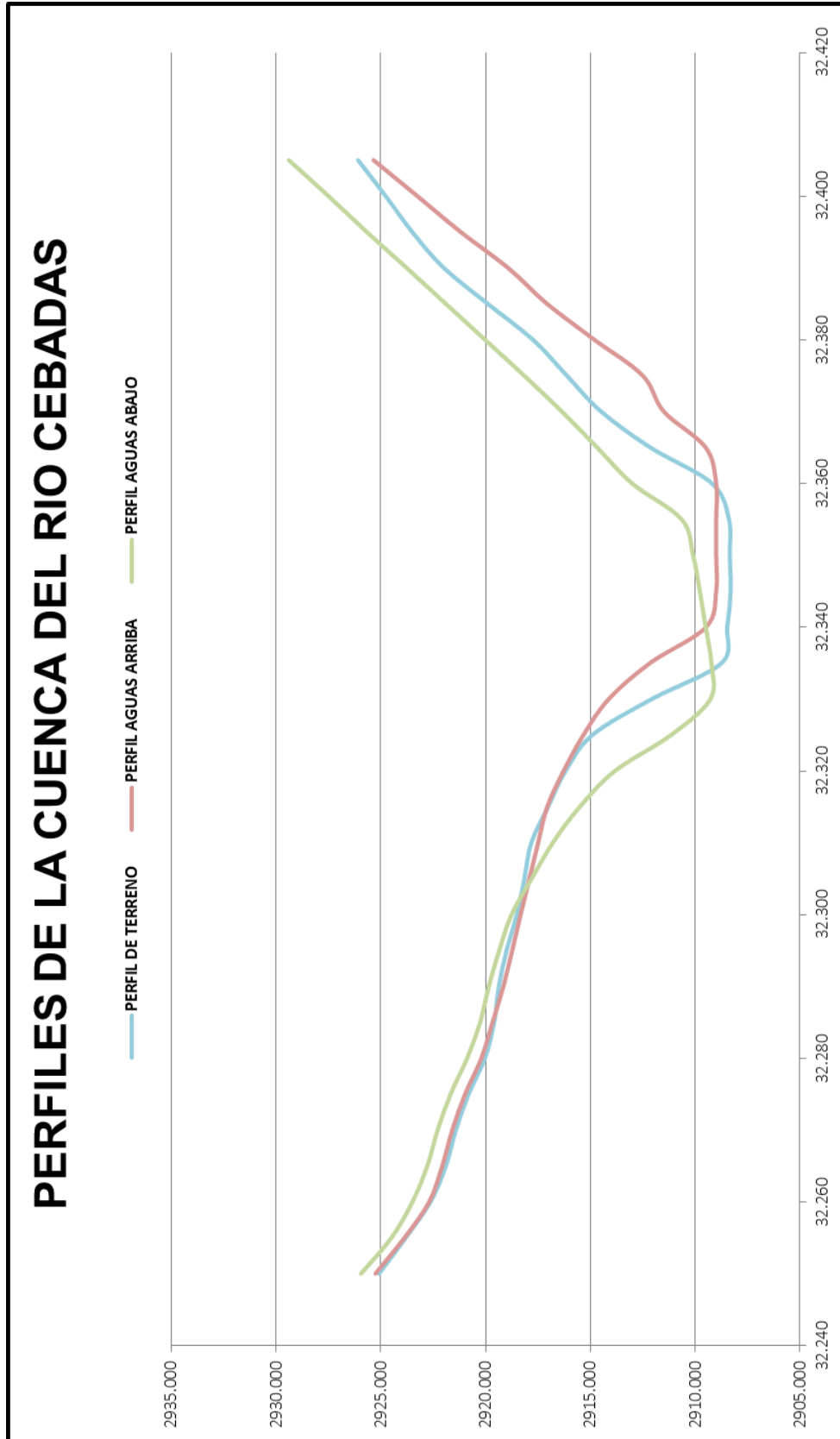


Figura No. 27: Perfiles transversales de la cuenca del rio Cebadas.
 Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

En la geometría de análisis se graficaron aproximadamente cada uno de los perfiles transversales del tramo del río en evaluación tanto aguas arriba como aguas abajo así como uno en sitio donde se implanto el puente sobre el río Cebadas. A continuación se muestra dichos perfiles con sus respectivas secciones.

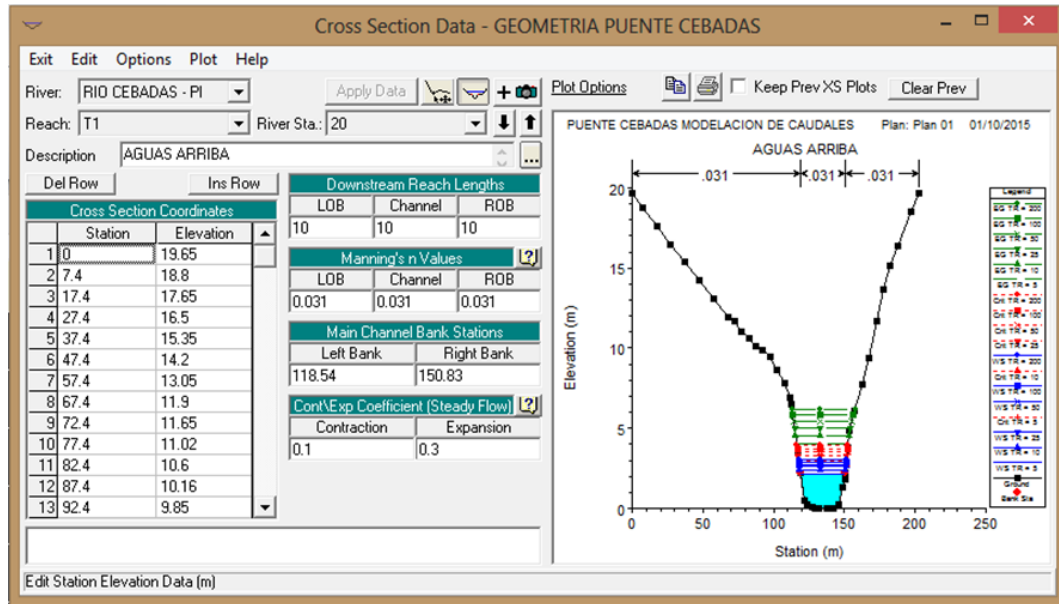


Figura No. 28: Geometría perfil transversal puente sobre el río Cebadas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

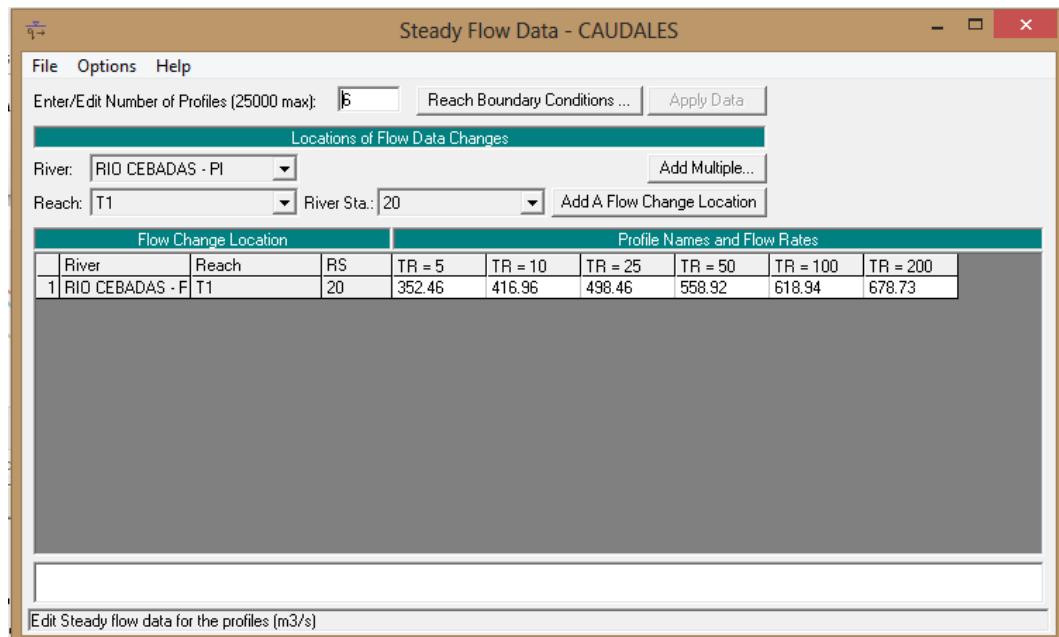


Figura No. 29: Caudales máximos de diseño puente sobre el río Cebadas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Resultados de la modelación hidráulica.

La modelización con el modelo HEC-RAS permitió calcular para las diferentes configuraciones de caudales para las secciones transversales a lo largo de los dos tramos estudiados del cauce del río Cebadas valores simulados de los niveles de agua, las profundidades de flujo y las velocidades, entre otros variables.

Plan: Plan 01 RIO CEBADAS - PI T1 RS: 10 Profile: TR = 100					
Element	Left OB	Channel	Right OB		
E.G. Elev (m)	5.46				
Vel Head (m)	1.21				
W.S. Elev (m)	4.25				
Crit W.S. (m)	3.74				
E.G. Slope (m/m)	0.003945				
Q Total (m3/s)	618.94				
Top Width (m)	36.75				
Vel Total (m/s)	4.79				
Max Chl Dpth (m)	4.25				
Conv. Total (m3/s)	9854.8				
Length Wtd. (m)	10.00				
Min Ch El (m)	0.00				
Alpha	1.03				
Frctn Loss (m)	0.05				
C & E Loss (m)	0.04				
Element	Wt. n-Val.	0.031	0.031	0.031	
Reach Len. (m)	10.00	10.00	10.00		
Flow Area (m2)	2.10	125.03	2.03		
Area (m2)	2.10	125.03	2.03		
Flow (m3/s)	3.24	612.41	3.28		
Top Width (m)	2.43	32.29	2.03		
Avg. Vel. (m/s)	1.54	4.90	1.62		
Hydr. Depth (m)	0.87	3.87	1.00		
Conv. (m3/s)	51.7	9750.8	52.3		
Wetted Per. (m)	3.17	33.26	2.85		
Shear (N/m2)	25.68	145.41	27.56		
Stream Power (N/m s)	9718.25	0.00	0.00		
Cum Volume (1000 m3)	0.02	1.17	0.02		
Cum SA (1000 m2)	0.02	0.32	0.02		

Figura No. 30: Cuadro de resultados de la modelación en HEC-RAS.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Profile Output Table - Standard Table 1												
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: RIO CEBADAS - PI Reach: T1												Reload Data
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
T1	20	TR = 5	352.46	0.00	2.17	2.67	4.05	0.016613	6.06	58.13	32.08	1.44
T1	20	TR = 10	416.96	0.00	2.37	2.95	4.50	0.016604	6.46	64.52	32.53	1.46
T1	20	TR = 25	498.46	0.00	2.60	3.28	5.05	0.016631	6.95	71.87	32.97	1.49
T1	20	TR = 50	558.92	0.00	2.75	3.51	5.44	0.016628	7.27	77.09	33.28	1.50
T1	20	TR = 100	618.94	0.00	2.90	3.73	5.82	0.016624	7.57	82.09	33.58	1.52
T1	20	TR = 200	678.73	0.00	3.05	3.96	6.18	0.016619	7.85	86.92	33.86	1.53
T1	10	TR = 5	352.46	0.00	3.09	2.67	3.91	0.004235	4.01	88.47	33.95	0.78
T1	10	TR = 10	416.96	0.00	3.39	2.95	4.32	0.004167	4.26	98.73	34.54	0.78
T1	10	TR = 25	498.46	0.00	3.74	3.28	4.79	0.004106	4.55	111.02	35.43	0.79
T1	10	TR = 50	558.92	0.00	4.00	3.51	5.14	0.004007	4.73	120.36	36.12	0.79
T1	10	TR = 100	618.94	0.00	4.25	3.74	5.46	0.003945	4.90	129.17	36.75	0.79
T1	10	TR = 200	678.73	0.00	3.38	3.96	5.85	0.011236	6.98	98.20	34.51	1.29
T1	1	TR = 5	352.46	0.00	2.67	2.67	3.82	0.007467	4.75	74.27	33.11	1.00
T1	1	TR = 10	416.96	0.00	2.95	2.95	4.23	0.007096	5.01	83.66	33.67	1.00
T1	1	TR = 25	498.46	0.00	3.28	3.28	4.71	0.006730	5.29	95.03	34.33	0.99
T1	1	TR = 50	558.92	0.00	3.51	3.51	5.04	0.006612	5.50	102.66	34.80	0.99
T1	1	TR = 100	618.94	0.00	3.73	3.73	5.36	0.006387	5.67	110.71	35.40	0.99
T1	1	TR = 200	678.73	0.00	3.96	3.96	5.67	0.006189	5.82	118.59	35.99	0.98

Total flow in cross section.

Figura No. 31: Cuadro resumen de resultados para cada uno de los perfiles.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

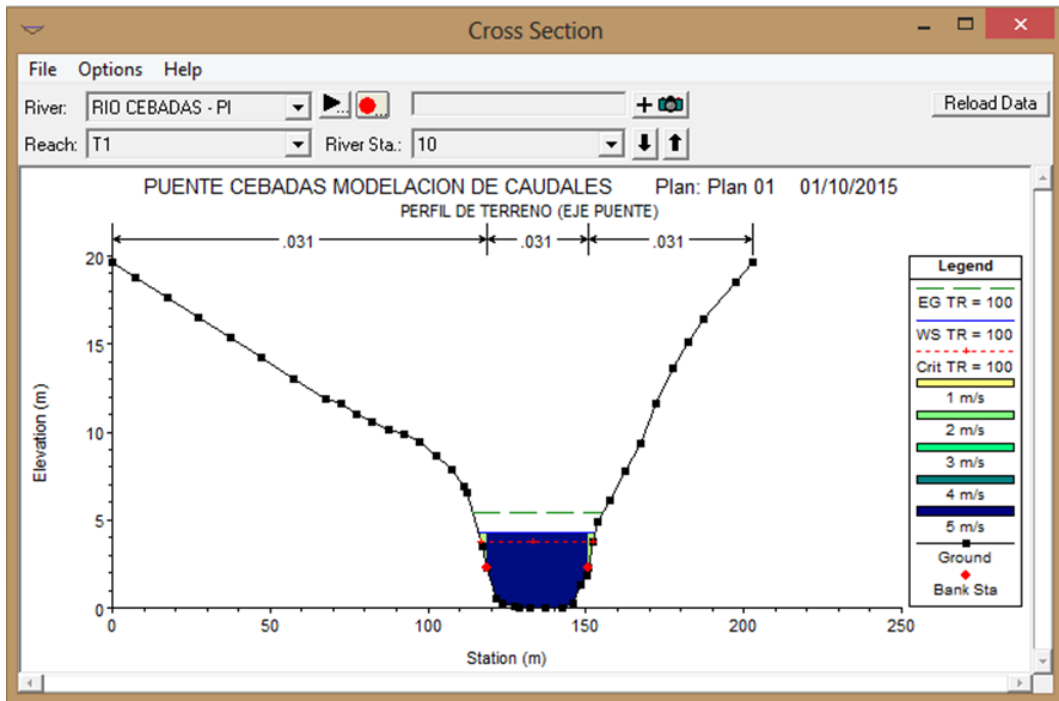


Figura No. 32: Cross sections - Sección transversal típica – Distribución de Velocidades.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

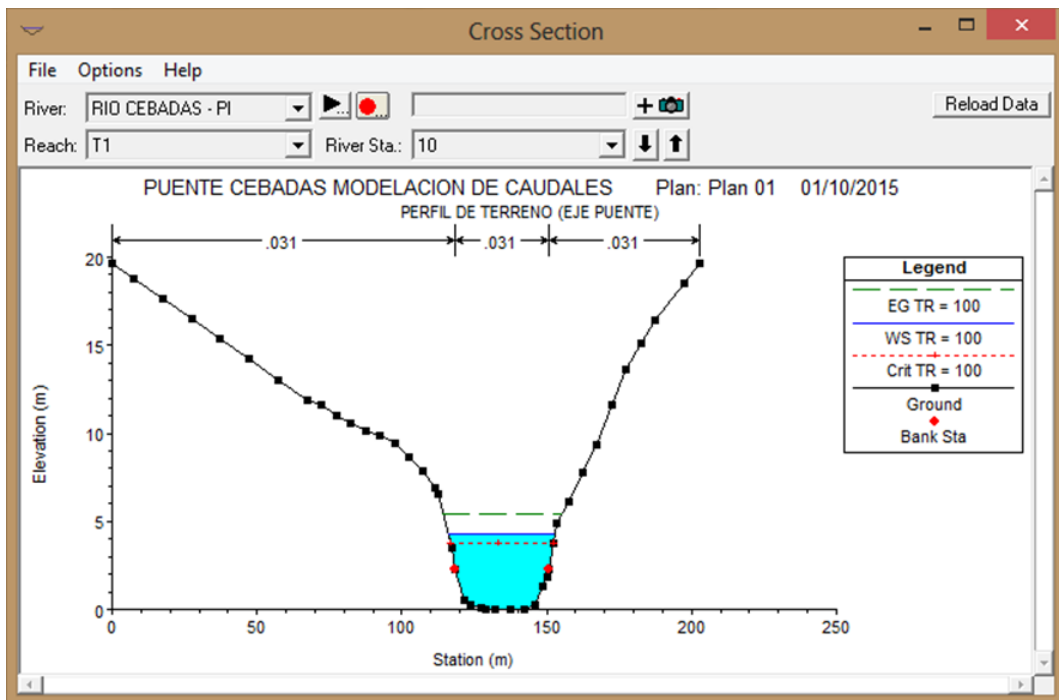


Figura No. 33: Cross sections - Sección transversal típica - Caudales.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

5.14 GRANULOMETRIA.

El tipo de suelo del cauce del río a analizar, es un suelo de tipo arenoso fino con un 17.20 % de grava, 81.26 % de arena y 1.54 % de finos, asimismo se estableció que el tamaño medio de la partícula de la muestra obtenida en río Cebadas, es el tamiz número 10 (2.00 mm) ya que por este pasa más del 50% del material, también cabe destacar que este valor será utilizado en el análisis de socavación de la presente evaluación. A continuación se muestra la tabla, donde se presenta la granulometría del fondo del cauce del río.

ANALISIS GRANULOMETRICO RIO CEBADAS					
Tamiz	Abertura	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
	mm	gr			
3/8	9.50	53	1.77%	1.77%	98.23%
No. 4	4.75	462	15.43%	17.20%	82.80%
No. 10	2.00	514	17.17%	34.37%	65.63%
No. 40	0.42	943	31.50%	65.87%	34.13%
No. 100	0.15	817	27.29%	93.15%	6.85%
No. 200	0.07	159	5.31%	98.46%	1.54%
Pasa el No. 200		46	1.54%	100.00%	0.00%
SUMATORIAS		2994	100.00%	210.59	

Tabla No. 99: Análisis granulométrico puente sobre el río Cebadas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Para obtener los valores de D₁₀, D₃₀, D₅₀ y D₆₀ se realizó una interpolación, debido a que no se puede determinar directamente el valor de estos, luego de interpolados estos valores se obtuvieron los coeficientes de uniformidad Cu y curvatura Cc de la muestra en análisis. A continuación se muestra la tabla, donde se presenta los parámetros obtenidos del análisis granulométrico.

PARAMETROS OBTENIDOS DEL ANALISIS GRANULOMETRICO					
D ₁₀	D ₃₀	D ₅₀	D ₆₀	Cu	Cc
0.214	0.398	1.343	1.783	8.35	0.42

Tabla No. 100: Parámetros obtenidos del análisis granulométrico.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

A continuación se muestra la curva granulométrica la cual se la obtiene graficando el tamaño de las partículas en mm en el eje de las abscisas, y el porcentaje de las partículas pasantes acumulado en el eje de las ordenadas.

CURVA GRANULOMETRICA RIO CEBADAS

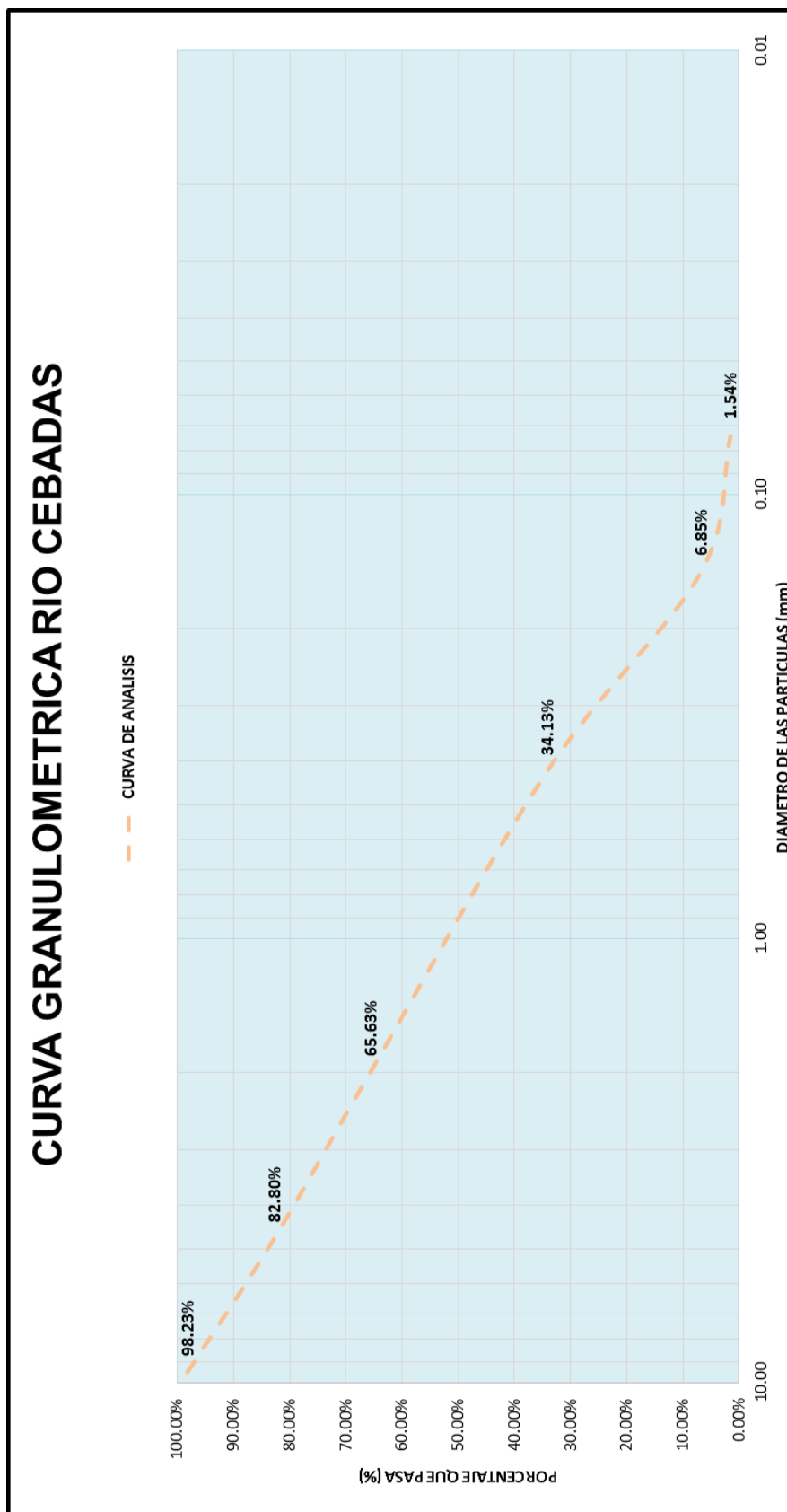


Figura No. 34: Curva granulométrica puente sobre el rio Cebadas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

5.15 SOCAVACION.

En general se puede definir a la socavación como un efecto erosivo que produce la corriente de agua sobre el cauce por el efecto de una velocidad de crecida, al arrastrar el material del lecho. Este análisis se lo ejecuta con la finalidad de conocer el perfil transversal de socavación del puente sobre el río Cebadas. La hipótesis fundamental del Método de Lischvan-Levediev establece que la distribución transversal de caudales de una sección se mantiene invariable durante todo el proceso erosivo, es así que considerando un período de retorno $T = 100$ años y asumiendo la densidad del agua invariable tenemos:

COORDENADAS Y PARAMETROS DE LA SECCION – SOCAVACION									
Franja	Abscisa	Cota fondo	Cota Max	Calado	Rugosidad	Ancho	Área	Velocidad	Caudal
		m.s.n.m	m.s.n.m	m	n	m	m ²	m/s	m ³ /s
1	121.44	2908.87	2912.09	3.22	0.031	4.04	6.50	1.21	7.87
2	123.46	2908.62	2912.09	3.47	0.031	2.02	6.76	1.21	8.18
3	127.40	2908.47	2912.09	3.62	0.031	3.94	13.97	1.21	16.90
4	132.40	2908.35	2912.09	3.74	0.031	5.00	18.40	1.21	22.26
5	137.40	2908.35	2912.09	3.74	0.031	5.00	18.70	1.21	22.63
6	142.40	2908.39	2912.09	3.70	0.031	5.00	18.60	1.21	22.51
7	145.96	2908.58	2912.09	3.51	0.031	3.56	12.83	1.21	15.53
8	148.59	2909.70	2912.09	2.39	0.031	2.63	7.76	1.21	9.39
9	150.38	2910.15	2912.09	1.94	0.031	1.79	3.88	1.21	4.69
10	152.34	2912.09	2912.09	0.00	0.031	1.96	1.90	1.21	2.30

Tabla No. 101: Coordenadas y parámetros de la sección - Socavación.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Seguidamente se muestra el cálculo de socavación general de cauce por el método de Lischvan - Levediev que es recomendado por el MTOP, el cual considera el caudal unitario y el diámetro D50 de las partículas de fondo. Analizando todas las subsecciones, se escoge el mayor valor de la profundidad de socavación resultante.

SOCAVACION GENERAL DEL CAUCE - LISCHTVAN-LEVEDIEV					
FRANJA	D50	ANCHO	q	qj	Ds
	m	m	m ³ /s	m ³ /s - m	M
1	0.02	4.04	7.87	1.95	1.16
2	0.02	2.02	8.18	4.05	1.96
3	0.02	3.94	16.90	4.29	2.04
4	0.02	5.00	22.26	4.45	2.09
5	0.02	5.00	22.63	4.53	2.12
6	0.02	5.00	22.51	4.50	2.11
7	0.02	3.56	15.53	4.36	2.06
8	0.02	2.63	9.39	3.57	1.79
9	0.02	1.79	4.69	2.62	1.44
10	0.02	1.96	2.30	1.17	0.81

Tabla No. 102: Socavación general del cauce – Lischvan – Levediev.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

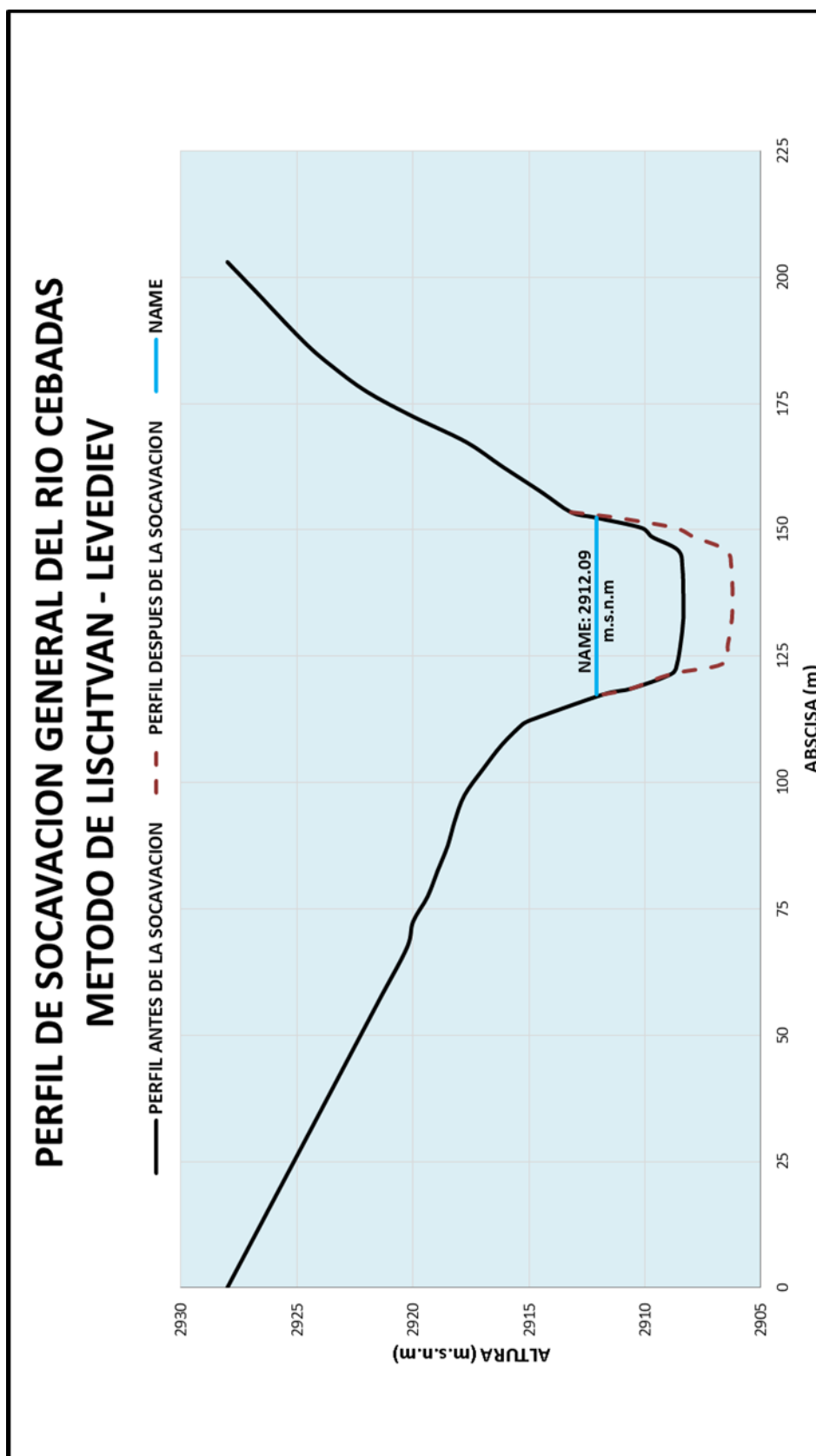


Figura No. 35: Perfil de socavación general puente sobre el rio Cebadas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

5.15 PARAMETROS ALCANZADOS.

RESUMEN DE PARAMETROS OBTENIDOS EN ESTA EVALUACION			
DESCRIPCION	ABREVIATURA	VALOR	UNIDAD
Área de drenaje	A	223.43	Km2
Longitud del cauce	Lp	37.57	Km
Perímetro	P	60115.09	M
Altura máxima	m.s.n.m	3550.00	M
Altura mínima	m.s.n.m	2925.20	M
Desnivel medio	Dh	624.80	M
Pendiente	J	1.66	%
Pendiente media	S	23.00	%
Factor de forma	F	0.16	Adimensional
Índice de compacidad	Kc	1.13	Adimensional
Manning	n	0.03	Adimensional
Intensidad de lluvia	I	13.80	mm/h
Tiempo de concentración	Tc	280.73	Min
Caudal máximo Tr = 100 años	Qmax	618.94	m3/s
Tirante máximo Tr = 100 años	y	3.74	M
Tirante normal	yn	2.25	M
Velocidad de entrada	Ve	1.21	m/s
Velocidad media	V	4.79	m/s
Nivel de aguas máximas ordinarias	N.A.M.O	2910.60	m.s.n.m
Nivel de aguas máximas extraordinarias	N.A.M.E	2912.09	m.s.n.m
Galibo		10.20	M
Coefficiente de curvatura	Cc	0.42	Adimensional
Coefficiente de uniformidad	Cu	8.35	Adimensional
Tamaño medio de partícula	D50	2.00	Mm
Altura de socavación	Hs	2.12	M

Tabla No. 103: Resumen de parámetros obtenidos en esta evaluación.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

CAPITULO 6

INVESTIGACION DE CAMPO Y ANALISIS DE RESULTADOS

6.1 EVALUACION ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL PUENTE CEBADAS.

6.1.1 INTRODUCCION.

Esta evaluación es producto de la inspección y estimación estructural y funcional del puente sobre el Rio Cebadas, y es parte del proyecto de investigación **Evaluación Estructural y Funcional del Puente Cebadas, ubicado en el kilómetro 32 del tramo Guamote – Macas (RutaE46), Aplicando la Metodología del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (S.A.E.P), para su rehabilitación y conservación.** La inspección a la estructura se realizó desde el día 20 de Octubre del 2014.

6.1.2 ALCANCE.

Esta investigación se restringe a prestar recomendaciones generales para mejoras, mantenimiento y reparaciones en el puente Cebadas y de estructuras o elementos conexos a este con base en observaciones realizadas en el sitio durante la inspección estructural y funcional del puente. Se entiende por inspección estructural y funcional el reconocimiento visual de todos los elementos estructurales y no estructurales del puente incluyendo sus accesos y elementos de la seguridad vial, a los cuales se tiene acceso por parte del inspector o ingeniero calificando con el fin de evaluar su estado de deterioro al día de la inspección.

Para realizar dicha labor, se utilizó como referencia la metodología del sistema de administración de estructuras de puentes (S.A.E.P). Como complemento a la inspección, generalmente se examinan planos de diseño o los planos de como quedó construido el puente. Con ello se busca comprender la estructuración del mismo y se busca recolectar información que permita complementar los formularios de inventario, ya que en muchas ocasiones el inspector no tiene acceso físico y/o visual a algunos componentes del puente. Para este puente en particular no se tuvo acceso al conjunto original de planos de diseño.

6.1.3 OBJETIVOS.

La finalidad de esta evaluación de auditoría técnica es realizar una auscultación visual de las condiciones funcionales y estructurales del puente Cebadas, que se encuentra construido en el kilómetro 32+291.45 del tramo Riobamba - Guamote - Macas sobre el río Cebadas.

Los objetivos específicos a cumplir con la evaluación son:

- a. Preparar un inventario del puente manejando los datos incluidos en los planos y verificar la información durante la inspección.
- b. Recolectar información básica del puente.
- c. Realizar una inspección visual del estado del puente y sus componentes, utilizando el procedimiento implementado en esta investigación.
- d. Determinar las causas que originaron las fallas, para conocer las condiciones de servicialidad actual del puente.
- e. Valorar de manera visual la dinámica del flujo vehicular y peatonal sobre el puente y la seguridad que ofrece a los usuarios.
- f. Recomendar correcciones generales para la solucionar las fallas del puente.

Los anteriores objetivos se proyectan dentro del ámbito regulatorio de la presente investigación. En este sentido, de acuerdo con la investigación el propósito será llevar a cabo un conjunto de actividades destinadas a preservar y rehabilitar los Puentes de la Provincia, en forma continua y sostenida, el buen estado de las vías de modo que garantice un servicio óptimo para el usuario, todo de conformidad con la presente investigación y conforme a las necesidades reales de cada uno de los puentes en la provincia.

6.1.4 DESCRIPCION Y UBICACION.

El puente inspeccionado cruza sobre el río Cebadas en la Ruta perteneciente a la troncal amazónica E 46. Desde el punto de vista administrativo, se ubica en el sector conocido como Pitzil perteneciente a la parroquia Cebadas, del cantón Guamote, en la provincia de Chimborazo. Sus coordenadas, en el sistema geográfico de ubicación, corresponden con 1°52'20.07"N de latitud y 78°27'01.80"O de longitud en una zona de características topográficas irregulares a una altura de 2946 m.s.n.m. Asimismo está emplazado en la abscisa 32+293 de la vía descrita a 18 km del cantón Riobamba y 15 km del cantón Guamote aproximadamente. La figura muestra la ubicación geográfica del puente sobre el río Cebadas.

SISTEMA GEOGRAFICO DE UBICACION			
Ubicación geográfica		Coordenadas UTM	
Sector:	Pitzil	Longitud:	78°27'01.80"O
Parroquia:	Cebadas	Latitud:	01°52'20.07"N
Cantón:	Guamote	Altura (m.s.n.m):	2946

Tabla No. 104: Sistema geográfico de ubicación del puente Cebadas.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

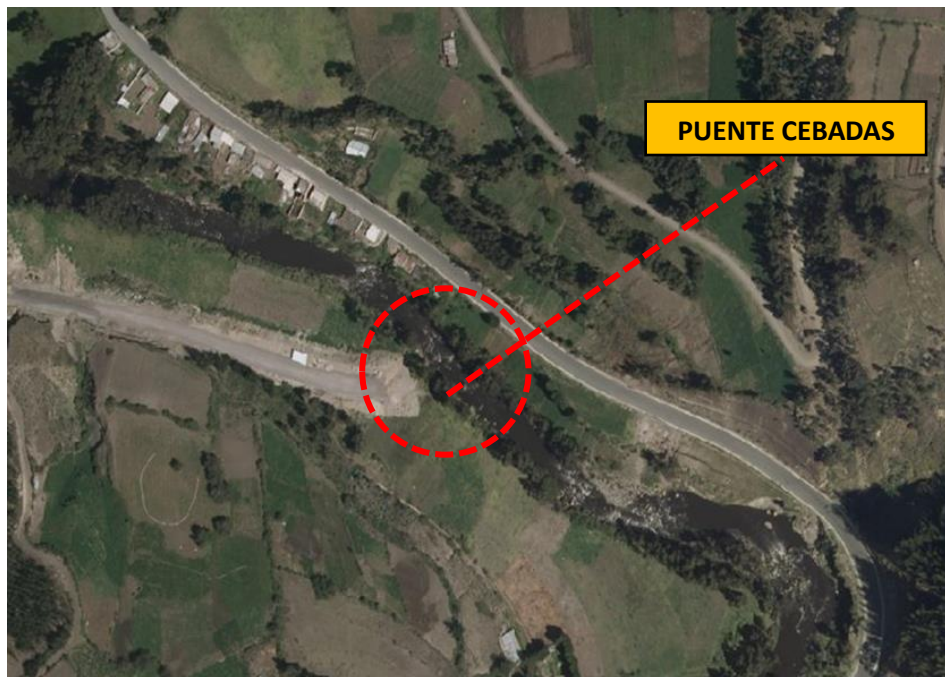


Figura No. 36: Ubicación del puente sobre el río Cebadas.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

6.1.5 CARACTERISTICAS E IDENTIFICACION DEL PUENTE.

Para la caracterización e identificación general del puente sobre el río Cebadas tomamos en cuenta parámetros como el nombre, tipo de vía, terreno, sitio de emplazamiento, geometría, superficie de rodamiento y accesorios, superestructuras, subestructura, los apoyos, el diseño y la construcción del mismo.

IDENTIFICACION GENERAL		
Nombre del puente:	Puente Cebadas	
Tipo de vía:	Clase II	
Terreno:	Topografía montañosa	
Nombre de río o quebrada:	Río Cebadas	
Sitio de emplazamiento:	Sector Pitzil	
Poblaciones:	Riobamba, San Luis, Flores, Cebadas, Atillo, 9 de Octubre, Macas	
Cantones:	Riobamba, Guamote, Macas	
Provincia:	Chimborazo, Morona Santiago	
CARACTERISTICAS BASICAS		
Geometria	Tipo de estructura	Puente
	Longitud total (m)	90.00
	Ancho total (m)	10.80
	Ancho calzada (m)	9.30
	Numero de tramos	2.00
	Longitud del tramo No. 1 (m)	30.00
	Longitud del tramo No. 2 (m)	60.00
	Alineacion	Recta
	Numero de sentidos de circulacion	Dos sentidos de circulacion
Altura libre vertical inferior	16.00	
Superficie de rodamiento y accesorios	Superficie de rodamiento	Hormigon
	Espesor de pavimento (m)	No aplica
	Ancho(libre) de aceras (m)	0.45
	Tipo de baranda	Baranda de hormigon armado
	Altura de baranda (m)	0.90
	Ubicacion de las juntas de expansion	Sobre los estribos y pila
	Tipo de juntas	Perfil de elastomero armado
Superestructura	Numero de superestructuras	2.00
	Tipo de superestructura tramo No. 1	Vigas rectangulares de hormigon armado
	Tipo de superestructura tramo No. 2	Vigas metalicas tipo I
	Numero de vigas principales	4 vigas por superestructura
	Tipo de tablero	Losa de hormigon armado
Subestructura	Numero de elementos de la subestructura	2 estribos y una pila
	Tipo de estribos	En cantiliver con muros de ala
	Tipo de fundicon de estribos	Zapata de hormigon armado
	Tipo de pila	En martillo
	Tipo de cimeticion	Desconocido
Apoyos	Ubicacion de los apoyos	Sobre los estribos y pila
	Tipo de apoyo en los estribos	Placas elastomericas
	Tipo de apoyo en la pila	Placas elastomericas
Diseño y construccion	Especificacion del diseño original	Desconocido
	Carga viva del diseño original	HS 20-44
	Fecha del diseño original	Desconocido
	Fecha de la construccion original	2010
	Especificacion utilizada para el reforzamiento	No aplica
	Carga viva de diseño utilizada para el reforzamiento	No aplica
	Fecha de diseño del reforzamiento	No aplica
	Fecha de reforzamiento / rehabilitacion	No aplica

Tabla No. 105: Características e identificación del puente Cebadas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

6.1.6 TOMA DE DATOS E INVENTARIO.

TOMA DE DATOS DE LA INSPECCION	
1. IDENTIFICACION Y UBICACION:	
NOMBRE DEL PUENTE: PUENTE CEBADAS	PROVINCIA: CHIMBORAZO
TIPO DE PUENTE: LOSA SOBRE VIGAS	CANTON: GUAMOTE
COORDENADAS	
LONGITUD: 78°27'01.80" O	PARROQUIA: CEBADAS
LATITUD: 01°52'20.07" N	NOMBRE DE LA VIA: E46
ALTITUD: 2946	TPDA:
	KILOMETRAJE: 32
2. DATOS GENERALES:	
PUENTE SOBRE: RIO CEBADAS	ALTURA LIBRE INFERIOR:
LONGITUD: 90.00 m	NUMERO DE VIAS: 1
ANCHO DE LA CALZADA: 9.30 m	TIPO DE SERVICIO: VEHICULAR - PEATONAL
ANCHO DE ACERA: 0.75 m	
3. TRAMOS:	
NUMERO DE TRAMOS: 2	LONGITUD TOTAL: 90.00 m
TRAMOS:	LONGITUD PRIMER TRAMO: 30.00 m
LUZ PRINCIPAL:	LONGITUD SEGUNDO TRAMO: 60.00 m
TRAMO 1	TRAMO 2
TIPO: SIMPLE	TIPO: SIMPLE
CONDICION DE BORDE: SIMPLEMENTE APOYADO	CONDICION DE BORDE: SIMPLEMENTE APOYADO
4. SUPERESTRUCTURA:	
4.1 TABLERO DE RODADURA:	
LOSA	CARPETA
MATERIAL: HORMIGON	MATERIAL: HORMIGON
ESPESOR: 0.20 m	ESPESOR: 0.05 m
ANCHO: 10.80 m	ANCHO: 9.30 m
4.2 BARANDAS:	
MATERIAL: HORMIGON	SEPARACION ENTRE EJES: 2.15 m
LARGO: 90.00 m	ALTURA: 0.90 m
ANCHO: 0.25 m	NUMERO DE POSTES: 96 u
4.3 ACERAS:	
MATERIAL: HORMIGON	ANCHO: 0.75 m
LARGO: 90.00 m	ESPESOR: 0.25 m
4.4 JUNTAS DE EXPANCIION:	
TIPO:	
MATERIAL: PERFILES DE ELASTOMERO ARMADO	
4.5 DRENAJES:	
MATERIAL: PVC	CANTIDAD: 30 u
SEPARACION: 6.25 m	DIAMETRO: 110 mm
4.6 VIGAS TRAMO 1:	
TIPO: I	PERALTE: 2.00 m
MATERIAL: HORMIGON	ANCHO: 0.45 m
NUMERO DE VIGAS: 4 u	SEPARACION ENTRE EJES: 2.70 m
4.7 VIGAS TRAMO 2:	
TIPO: I	PERALTE: 2.60 m
MATERIAL: ACERO	ANCHO: 0.45 m
NUMERO DE VIGAS: 4 u	SEPARACION ENTRE EJES: 2.70 m
4.8 VIGAS SECUNDARIAS:	
MATERIAL: HORMIGON	PERALTE: 1.50 m
No. DE DIAFRAGMAS: 4 u	ANCHO: 0.25 m
LARGO: 2.25 m	SEPARACION ENTRE EJES: 9.88 m
4.9 SISTEMAS DE ARRIOSTRAMIENTO:	
MATERIAL: ACERO	
No. DE DIAFRAGMAS: 12 u	
SEPARACION ENTRE EJES: 5.42 m	

Tabla No. 106: Datos de inventario A del puente Cebadas.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

TOMA DE DATOS DE LA INSPECCION			
5. SUBESTRUCTURA:			
5.1 APOYOS:			
	APOYO 1	APOYO 2	APOYO 3
	TIPO:	TIPO:	TIPO:
	MATERIAL: NEOPRENO	MATERIAL: NEOPRENO	MATERIAL: NEOPRENO
	UBICACION: ESTRIBO IZQUIERDO	UBICACION: PILA	UBICACION: ESTRIBO DERECHO
	NUMERO: 4 u	NUMERO: 8 u	NUMERO: 4 u
5.2 ESTRIBOS:			
	ESTRIBO IZQUIERDO	ESTRIBO DERECHO	
	TIPO: CANTILEVER	TIPO: CANTILEVER	
	MATERIAL: HORMIGON	MATERIAL: HORMIGON	
	CUERPO/ANCHO: 11.50 m	CUERPO/ANCHO: 11.50 m	
	CUERPO/ESPESOR: 1.00 m	CUERPO/ESPESOR: 1.10 m	
	CUERPO/ALTURA: 6.61 m	CUERPO/ALTURA: 6.61 m	
	ALAS/ANCHO: 6.00 m	ALAS/ANCHO: 6.00 m	
	ALAS/ESPESOR: 0.30 m	ALAS/ESPESOR: 0.30 m	
	ALAS/ALTURA: 8.95 m	ALAS/ALTURA: 9.65 m	
5.3 PILAS:			
	PILA 1	PILA 2	
	TIPO: COLUMNA SENCILLA	TIPO:	
	MATERIAL: HORMIGON	MATERIAL:	
	FORMA: RECTANGULAR	FORMA:	
	ALTURA: 8.61 m	ALTURA:	
	ANCHO: 5.15 m	ANCHO:	
	ESPESOR: 1.30 m	ESPESOR:	
6. OTROS DETALLES:			
6.1 ACCESOS:			
	ACCESO IZQUIERDO	ACCESO DERECHO	
	TIPO DE SUPERFICIE: ASFALTO	TIPO DE SUPERFICIE: ASFALTO	
	ANCHO DE CALZADA: 9.30 m	ANCHO DE CALZADA: 9.30 m	
	BOMBEO DE LA VIA: 2%	BOMBEO DE LA VIA: 2%	
	VISIBILIDAD: BUENA	VISIBILIDAD: BUENA	
6.2 SEÑALIZACION:			
	ACCESO IZQUIERDO	ACCESO DERECHO	
	SEÑAL INFORMATIVA: REGULAR	SEÑAL INFORMATIVA: REGULAR	
	SEÑAL PREVENTIVA: BUENA	SEÑAL PREVENTIVA: BUENA	
	SEÑAL REGLAMENTARIA: BUENA	SEÑAL REGLAMENTARIA: BUENA	
	SEÑAL HORIZONTAL: REGULAR	SEÑAL HORIZONTAL: REGULAR	
6.3 NIVELES DE AGUAS:			
	AGUAS MAXIMAS: 2.25 m	GALIBO DETERMINADO: 11.69 m	
	AGUAS MINIMAS:	GALIBO AGUAS MAXIMAS:	
7. COMENTARIOS:			
	LA INFORMACION REFERENTE AL T.P.D.A. SERA COMPLEMENTADA MEDIANTE UN ESTUDIO DE COMPOSICION VEHICULAR EN LA ZONA DONDE SE IMPLANTO EL PUENTE CEBADAS ASIMISMO LA INFORMACION REFERENTE A NIVEL DE AGUAS MAXIMAS, EL GALIBO DE AGUAS MAXIMAS, SOCAVACION Y CAUDALES PARA DIFERENTES TR ESTAS SERAN CALCULADAS MEDIANTE UNA EVALUACION HIDRAULICA		
	FECHA DE INSPECCION: ENERO 2015 INSPECTOR: MARCELO ARCOS.		
			X
			FIRMA
		INSPECTOR: HENRY CAIN G.	X
			FIRMA

Tabla No. 107: Datos de inventario B del puente Cebadas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.







INVENTARIO BASICO DE PUENTES [FOTOS]													
NOMBRE DEL PUENTE		PUENTE CEBADAS		PROVINCIA	CHIMBORAZO	ADMINISTRADOR	MTOP	FECHA DE DISEÑO		DIA	MES	AÑO	UBICACION
RUJA	E46	CLASIFICACION	COLECTORA	CANTON	GUAMOTE	LATITUD NORTE	1' 21.20.07	FECHA DE CONCLUSION CONSTRUCCION		-	-	2010	
KILOMETRO	7	UBICACION	32 KM	PARRQUIIA	CEBADAS	LONGITUD ESTE	78' 27.01.8			-	-	2012	
No		JUNTAS DE DILATACION		No		CARPETA DE RODADURA	No	9	UBICACION	BARANDAS			
													
NOTA		DIA	MES	AÑO	NOTA	DIA	MES	AÑO	NOTA	DIA	MES	AÑO	
No		21	10	2014	No	21	10	2014	No	21	10	2014	
		ACERAS				VIGAS DE CONCRETO				VIGAS DE ACERO			
													
NOTA		DIA	MES	AÑO	NOTA	DIA	MES	AÑO	NOTA	DIA	MES	AÑO	
No		21	10	2014	No	21	10	2014	No	21	10	2014	

Tabla No. 109: Datos de inventario D del puente Cebadas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

INVENTARIO BASICO DE PUENTES (FOTOS)																
NOMBRE DEL PUENTE			PUNTE CEBADAS		LOCALIDAD		CHIMBORAZO		ADMINISTRADOR		MTOPI		AÑO			
ROUTE	CLASSIFICATION	COLECTORA					PROVINCIA	CANTON	GUAMOTE	LATITUD NORTE	FECHA DE DISEÑO	DIA	MES	AÑO		
KILOMETRO		KM					PARRQUIJA	CEBADAS	LONGITUD ESTE	FECHA DE CONCLUSION CONSTRUCCION						
No	13	UBICACION	VIGAS SECUNDARIAS		No	14	UBICACION	SISTEMA DE ARRIOSTRAMIENTO	No	15	UBICACION	APOYOS				
																
NOTA			DIA	MES	AÑO	NOTA	DIA	MES	AÑO	NOTA	DIA	MES	AÑO			
No	16	UBICACION	DRENAJES			No	17	UBICACION	MURO DE CONTECCION	No	18	UBICACION	ESTRIBO DERECHO			
																
NOTA			DIA	MES	AÑO	NOTA	DIA	MES	AÑO	NOTA	DIA	MES	AÑO			
No	21	10	2014	No	21	10	2014	No	21	10	2014	No	21	10	2014	

Tabla No. 110: Datos de inventario E del puente Cebadas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.




INVENTARIO BÁSICO DE PUENTES (FOTOS)																
NOMBRE DEL PUENTE		PUENTE CEBADAS			PROVINCIA	CHIMBORAZO	ADMINISTRADOR	MTOP	FECHA DE DISEÑO			DIA	MES	AÑO		
RUTA	E46	CLASIFICACION	COLECTORA	LOCALIDAD	CANTON	GUAMOTE	LATITUD NORTE	1°32'20.07"	FECHA DE CONCLUSION/CONSTRUCCION			-	-	2010		
KILOMETRO	25	UBICACION	32 KM	DESPRENDIMIENTO DE PINTURA	PARROQUIA	CEBADAS	LONGITUD ESTE	78°27'01.3"	UBICACION			-	-	2012		
No					No	26	UBICACION	ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	No	27	PRESENCIA DE HUMEDAD					
																
NOTA	VIGAS PRINCIPALES		DIA	MES	AÑO	NOTA	PILA	DIA	MES	AÑO	NOTA	JUNTA DE DILATACION		DIA	MES	AÑO
No	28	UBICACION	21	10	2014	No	29	21	10	2014	No	30	21	10	2014	ALAMBRES EXPUESTOS
																
NOTA	PILA		DIA	MES	AÑO	NOTA	PILA	DIA	MES	AÑO	NOTA	ESTRIBO DQUEIRO		DIA	MES	AÑO
No			21	10	2014	No		21	10	2014	No		21	10	2014	

Tabla No. 112: Datos de inventario G del puente Cebadas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

INVENTARIO BASICO DE PUENTES (FOTOS)																			
NOMBRE DEL PUENTE			PUENTE CEBADAS			PROVINCIA: CHIMBORAZO			ADMINISTRADOR			MTOP							
RUJA	E46	CLASIFICACION	COLECTORA	LOCALIDAD	CANTON	GUAMOTE	LATITUD NORTE	1° 32' 20.07"	FECHA DE DISEÑO	78° 27' 01.8"	FECHA DE CONCLUSION CONSTRUCCION	DIA	MES	AÑO					
KILOMETRO	37	UBICACION	32 KM	DEFECTOS CONSTRUCTIVOS	PABROQUIA	CEBADAS	LONGITUD ESTE												
No		UBICACION	38	ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	No		UBICACION	39	UBICACION	No		UBICACION	40	FIGURAS A FLESION					
																			
NOTA		VIGAS SECUNDARIAS		DIA	21	MES	10	AÑO	2014	NOTA		VIGAS PRINCIPALES		DIA	21	MES	10	AÑO	2014
No		UBICACION	40	HUMEDAD	No		UBICACION	41	HUMEDAD	No		UBICACION	42	EMPOZAMIENTOS DE AGUA	No				
																			
NOTA		FILA		DIA	21	MES	10	AÑO	2014	NOTA		MURO DE CONTENCIÓN		DIA	21	MES	10	AÑO	2014
No		UBICACION	41	MURO DE CONTENCIÓN	No		UBICACION	42	CARPETA DE RODADURA	No		UBICACION	43	DIA	21	MES	10	AÑO	2014
																			

Tabla No. 114: Datos de inventario I del puente Cebadas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.







INVENTARIO BASICO DE PUENTES (FOTOS)													
NOMBRE DEL PUENTE			PUENTE CEBADAS			CHIMBORAZO			ADMINISTRADOR				
RUTA		E46	CLASIFICACION		COLECTORA	LOCALIDAD		CANTON		LATITUD NORTE	MTOP		
KILOMETRO		32 KM <th colspan="2">UBICACION</th> <td>DESCASCARMIENTOS <th colspan="2">PARRQUIJA</th> <th colspan="2">CEBADAS</th> <th>LONGITUD ESTE</th> <th colspan="2">FECHA DE CONCLUSION CONSTRUCCION</th> </td>	UBICACION		DESCASCARMIENTOS <th colspan="2">PARRQUIJA</th> <th colspan="2">CEBADAS</th> <th>LONGITUD ESTE</th> <th colspan="2">FECHA DE CONCLUSION CONSTRUCCION</th>	PARRQUIJA		CEBADAS		LONGITUD ESTE	FECHA DE CONCLUSION CONSTRUCCION		
No		43 <th colspan="2">UBICACION</th> <td>44 <th colspan="2">No</th> <th colspan="2">No</th> <th>FRACTURA EN CUNETTA</th> <th colspan="2">45</th> </td>	UBICACION		44 <th colspan="2">No</th> <th colspan="2">No</th> <th>FRACTURA EN CUNETTA</th> <th colspan="2">45</th>	No		No		FRACTURA EN CUNETTA	45		
											EFLORESCENCIAS		
													
NOTA		VIGAS SECUNDARIAS		DEFECTOS CONSTRUCTIVOS		NOTA		ACCESO DERECHO		NOTA		ESTRIBO DERECHO	
No		46	UBICACION		47	No		UBICACION		No		UBICACION	
													
		DIA		MES		AÑO		DIA		MES		AÑO	
		21		10		2014		21		10		2014	
		PILA		BARANDAS		CARPETA DE RODADURA							
		21		10		2014		21		10		2014	

Tabla No. 115: Datos de inventario J del puente Cebadas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

6.1.7 ESTADO DE CONSERVACION Y EVALUACION.

Los resultados de la evaluación se presentan en 5 áreas: Seguridad vial, Superficie de rodamiento, accesorios, accesos y otros Superestructura, Subestructura y cauce. De esta manera se describe la condición del puente de una manera detallada y ordenada y al mismo tiempo se ofrecen recomendaciones para realizar mejoras, dar mantenimiento y efectuar reparaciones. A continuación se muestran los elementos principales y secundarios a ser evaluados en el puente Cebadas y el número de fallas a ser consideradas por cada elemento siguiendo los parámetros descritos en la síntesis de calificación de daños descrita anteriormente con el fin de obtener un rango de calificación y una escala de condición general del puente.

ELEMENTOS A SER EVALUADOS EN EL PUENTE CEBADAS		
TIPO	ELEMENTOS	NUMERO DE FALLAS
SECUNDARIOS	CARPETA DE RODADURA	5
	BARANDAS DE HORMIGON	6
	JUNTAS DE DILATAACION	6
	SISTEMA DE DRENAJE	5
	ACERAS	7
	SEÑALIZACION	5
	ACCESOS	5
PRINCIPALES	LOSA	7
	VIGA PRINCIPAL DE HORMIGON	6
	VIGAS SECUNDARIAS DE HORMIGON	6
	VIGA PRINCIPAL DE ACERO	8
	SISTEMAS DE ARRIOSTRAMIENTO	8
	APOYOS	5
	VIGA CABEZAL Y ALETONES ESTRIBO DERECHO	7
	VIGA CABEZAL Y ALETONES ESTRIBO IZQUIERDO	7
	CUERPO PRINCIPAL ESTRIBO DERECHO	8
	CUERPO PRINCIPAL ESTRIBO IZQUIERDO	8
	VIGA CABEZAL O MARTILLO - PILA	6
	CUERPO PRINCIPAL - PILA	8
	CAUCE	6

Tabla No. 117: Elementos a ser evaluados en el puente Cebadas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

EVALUACION - INSPECCION PUENTE SOBRE EL RIO CEBADAS



ELEMENTOS SECUNDARIOS			CALIFICACION					
PARTE DEL PUENTE	ELEMENTOS	DESCRIPCION:	N	1	2	3	4	5
SUPERESTRUCTURA	CARPETA DE RODADURA	La carpeta de rodadura del Puente sobre el rio Cebadas está constituida por un pavimento rígido fundido monolíticamente al tablero con un espesor de 0.05 m con una resistencia a la compresión de 280 kg/cm ² . Asimismo cuenta con 9.30 m de ancho concebida para el uso de 2 carriles con un bombeo al 2%.	1	x				
			2		x			
			3					x
		FALLAS:	1. Fisuras trasversales y longitudinales con espesores de menos de 5 mm. 2. Presencia de sedimentos y basura a los costados del puente. 3. Exceso de rugosidad en la superficie de rodamiento. 4. Deterioro superficial por pulimiento de la carpeta de rodadura.	4	x			
		5						

RECOMENDACION:

Realizar un mantenimiento preventivo el cual consistirá en realizar un relleno de fisuras mediante la colocación de resinas epoxi de alta resistencia con baja viscosidad para inyecciones en hormigón (Sikadur® 52 Inyección) y un sellado de las mismas mediante la colocación de un adhesivo y mortero estructural de reparación basado en una combinación de resinas epóxicas y filler especiales (Sikadur®-31 CF), del mismo modo con el fin de regularizar la superficie de rodamiento se procederá a realizar un cepillado y texturado de la misma (Diamond Grinding), procedimiento que eliminara los escalonamientos, deformaciones superficiales y reducirá el efecto de las cargas dinámicas sobre esta, de igual manera se procederá a impermeabilizar mediante la colocación de una pintura a base de resinas epoxi y aceite de antraceno (Sika Poxitar® LS), previo a la aplicación de cada una de estas sugerencias se procederá a realizar una limpieza de los sedimentos y basuras acumulados en la superficie de rodamiento. Aplicando todas estas recomendaciones se mejorara y se garantizara un mejor confort y seguridad de los usuarios además de facilitar el drenaje de la misma evitando mayores daños en esta superficie.

Tabla No. 118: Evaluación – Inspección de la carpeta de rodadura puente Cebadas.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

EVALUACION - INSPECCION PUENTE SOBRE EL RIO CEBADAS



ELEMENTOS SECUNDARIOS			CALIFICACION						
PARTE DEL PUENTE	ELEMENTOS	DESCRIPCION:	N	1	2	3	4	5	6
SUPERESTRUCTURA	BARANDAS	Las barandas del Puente sobre el rio Cebadas son de hormigón armado cuenta con una altura de 0.90 m está constituida por 32 postes en el primer tramo y 64 postes en el segundo tramo, con una sección de 0.25 m x 0.25 m y un chaflán de 0.02 m, los pasamanos cuentan con una sección de 0.20 m x 0.20 m con un chaflán de 0.02 m. FALLAS: 1. Grietas o fisuras con espesores de menos de 0.3 mm en intervalos de 50 cm. 2. Descascaramientos o delaminación local en pequeñas superficies.	1						
			2					x	
			3		x				
			4						
			5						

RECOMENDACION:

Efectuar un mantenimiento defensor el cual consistirá en realizar un sellado de fisuras mediante la colocación de un adhesivo y mortero estructural de reparación basado en una combinación de resinas epóxicas y filler especiales (Sikadur®-31 CF), asimismo se restituirá las superficies con descascaramientos mediante la colocación de morteros de reparación, basado en una combinación polímeros acrílicos modificados y polvo gris con granulometría especial (SikaTop® 122), el acabado fino de estas reparaciones se las realizara mediante la colocación de un mortero tixotrópico basado en cemento modificado con adhesivos sintéticos y áridos seleccionados (Sika® MonoTop® 620), la impermeabilización se la realizara mediante la aplicación de morteros de impermeabilización flexible, a base de cemento, áridos seleccionados y polímeros modificados (SikaTop®-209 ES), a este tratamiento se le sumara una capa de protección con pintura anticarbonatación (Sikagard®-670 W Elastocolor).

Tabla No. 119: Evaluación – Inspección de barandas puente Cebadas.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

EVALUACION - INSPECCION PUENTE SOBRE EL RIO CEBADAS



ELEMENTOS SECUNDARIOS			CALIFICACION						
PARTE DEL PUENTE	ELEMENTOS	DESCRIPCION:	N	1	2	3	4	5	6
<u>SUPERESTRUCTURA</u>	JUNTAS DE DILATACION	Las juntas de dilatación del Puente sobre el rio Cebadas se encuentran ubicadas sobre los estribos y pila respectivamente son de perfiles de elastómero armado (Neoflex N60) y fijada a la estructura mediante pernos de anclaje de 14 mm de diámetro y sellada a con resinas epoxi en caliente.	1						
			2						
		FALLAS:	3	x	x				x
		1. Sonidos extraños al paso de los vehículos especialmente en la junta ubicada sobre la pila. 2. Filtraciones de agua en menos del 50% mismas que se evidencian en los estribos y pila respectivamente 3. Obstrucciones en las juntas de dilatación por acumulación de sedimentos. 4. Perdida de sellos en pernos de anclaje del perfil de elastómero armado.	4			x			
			5						

RECOMENDACION:

Establecer un sistema de protección en las juntas, el cual permita una correcta adaptación de estas a la geometría del tablero acabado con el fin de que el agua lluvia no escurra por las zonas de libertad de movimiento del tablero este sistema consistirá un sellado de las mismas mediante la colocación de una cinta impermeable de poliolefina flexible(Sikadur-Combiflex® SG) con una adhesivo epóxico de alta adherencia(Sikadur® 31 Hi-Mod Gel), de igual manera se procederá al remplazo de estas mediante la colocación de perfiles de elastómero armado (Neoflex N60), y por último se realizara una limpieza de los sedimentos y basuras acumuladas en esta superficie. Empleando todas estas recomendaciones nos permitimos asegurar una buena estanquidad además de facilitar la correcta evacuación de las aguas superficiales, así como de asegurar la libertad de movimiento del tablero, dando continuidad a la carpeta de rodadura, siendo capaz de soportar las cargas de tráfico, así como de no ser fuente de ruidos, impactos y/o vibraciones.

Tabla No. 120: Evaluacion – Inspección de juntas de dilatación puente Cebadas.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

EVALUACION - INSPECCION PUENTE SOBRE EL RIO CEBADAS



ELEMENTOS SECUNDARIOS			CALIFICACION					
PARTE DEL PUENTE	ELEMENTOS	DESCRIPCION:	N	1	2	3	4	5
<u>SUPERESTRUCTURA</u>	SISTEMA DE DRENAJE	El sistema de drenaje del Puente sobre el rio Cebadas está constituida por 10 drenes pvc en el primer tramo y 20 drenes pvc en el segundo tramo, de 4 pulg de diámetro con una longitud de 0.50 m posicionados a cada 6.25 m en los dos tramos y un bombeo en la calzada del 2%.	1					
			2					x
			3	x				
		FALLAS:	4					
		1. Obstrucción de drenes por acumulación de sedimentos y taponamiento de los mismos con hormigón debido a un mal proceso constructivo. 2. Pequeños establecimientos de agua en la superficie de rodamiento debido al mal texturizado y acabado que se le dio a esta superficie.	5					
RECOMENDACION: Implantar un mantenimiento rutinario el cual consistirá en realizar una limpieza de todos los sedimentos y basuras acumuladas en los drenes así como también se realizara la desobstrucción de los drenes tapados con hormigón garantizando así el correcto escurrimiento del agua lluvia, permitiendo y facilitando la correcta evacuación de los sedimentos y basuras arrastrados por la misma asegurando una apropiada autolimpieza en la superficie de rodamiento.								

Tabla No. 121: Evaluacion – Inspección sistema de drenaje puente Cebadas.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

EVALUACION - INSPECCION PUENTE SOBRE EL RIO CEBADAS



ELEMENTOS SECUNDARIOS			CALIFICACION							
PARTE DEL PUENTE	ELEMENTOS	DESCRIPCION:	N	1	2	3	4	5	6	7
SUPERESTRUCTURA	ACERAS	Las aceras del Puente sobre el rio Cebadas son de hormigón armado tienen 0.75 m de ancho con espesor de 0.25 m y ancho de libre para la circulación de los peatones de 0.45 m. FALLAS: 1. Presencia de alambres expuestos a la intemperie no estructurales.	1				x			
			2							
			3							
			4							
			5							

RECOMENDACION:

Instaurar una defensa preventiva la cual consistirá en la remoción de todos los alambres expuestos a la intemperie y a su vez se resanaran estas cavidades mediante la colación de un adhesivo y mortero estructural de reparación basado en una combinación de resinas epóxicas y filler especiales (Sikadur®-31 CF), de igual manera se procederá a realizar un alisado de toda esta superficie mediante la colocación de un mortero tixotrópico basado en cemento modificado con adhesivos sintéticos y áridos seleccionados (Sika® MonoTop® 620), la impermeabilización se la realizara mediante la aplicación de morteros de impermeabilización flexible, a base de cemento, áridos seleccionados y polímeros modificados (SikaTop®-209 ES) a este tratamiento se le sumara una capa de protección con pintura anticarbonatación (Sikagard®-670 W Elastocolor).

Tabla No. 122: Evaluacion – Inspección aceras puente Cebadas.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

EVALUACION - INSPECCION PUENTE SOBRE EL RIO CEBADAS



ELEMENTOS SECUNDARIOS		CALIFICACION						
PARTE DEL PUENTE	ELEMENTOS	DESCRIPCION:	N	1	2	3	4	5
SUPERESTRUCTURA	SEÑALIZACION	La señalética del Puente sobre el rio Cebadas está constituida por señales preventivas, reglamentarias, informativas y dispositivos reflectivos dispuestos sobre esta.	1					
			2		x			
		FALLAS:	3			x		
		1. Falta de una señal informativa con respecto al número de ruta de igual forma ausencia de una señal que indique los atractivos turísticos de la zona. 2. Perdida de reflectividad y adherencia en algunos delineadores de calzada (tachas bidireccional). 3. Ligero desgaste de la pintura dispuesta como señalética horizontal.	4					x
			5					

RECOMENDACION:

Implantar un sistema de señalización el cual consistirá en la incorporación de la señalética vertical propuesta en esta evaluación de la misma forma se procederá a renovar la señalética horizontal mediante la introducción de pintura termoplástica a base de pigmentos altamente eficientes en reflectividad y la incorporación de esferas microcristalinas (AWT Termoplástico - 3M) de igual forma se procederá sustituir las tachas reflectivas(RPM 290 - 3M), asegurando de esta forma la seguridad vial de los usuarios y evitando así accidentes de tránsito en el punto en interés.

Tabla No. 123: Evaluacion – Inspección señalización puente Cebadas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

EVALUACION - INSPECCION PUENTE SOBRE EL RIO CEBADAS



ELEMENTOS SECUNDARIOS			CALIFICACION					
PARTE DEL PUENTE	ELEMENTOS	DESCRIPCION:	N	1	2	3	4	5
SUPERESTRUCTURA	ACCESOS DERECHO E IZQUIERDO	La accesos tanto izquierdo como derecho del Puente sobre el rio Cebadas está constituida por una carpeta de rodadura de pavimento flexible, de igual manera cuenta con 9.30 m de ancho concebida para el uso de 2 carriles con un bombeo al 2% con guardavías tipo flex beam con postes-guardia semiflexibles y un sistema de drenaje compuesto por cunetas de hormigón a ambos costado de la vía	1					
			2					
		FALLAS:	3			x		x
		1. Obstrucción en cunetas por acumulación de sedimentos y basuras arrastrados por el agua lluvia. 2. Péximo descarga del agua lluvia que fluye por las cunetas alivian directamente hacia la infraestructura del puente. 3. Fractura de una sección de la cuneta por mala compactación en rasante. 4. Desgaste de la pintura dispuesta como señalética horizontal.	4		x			
			5					

RECOMENDACION:

Redefinir las pendientes de las cunetas mediante la reconformación de las mismas asimismo se encausaran las aguas lluvias con la finalidad de que estas no alivien directamente sobre los muros de contención y estribos respectivamente, de la misma forma se procederá a realizar una limpieza de todos los sedimentos y basuras acumuladas en las cunetas asegurándonos de esta manera de que las aguas superficiales escurran fácilmente sobre las cunetas y descarguen de forma una forma adecuada hacia el rio evitando asi de que estas generen daños en la infraestructura del puente.

Tabla No. 124: Evaluacion – Inspección accesos puente Cebadas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

EVALUACION - INSPECCION PUENTE SOBRE EL RIO CEBADAS



ELEMENTOS PRINCIPALES			CALIFICACION								
PARTE DEL PUENTE	ELEMENTOS	DESCRIPCION:	N	1	2	3	4	5	6	7	
SUPERESTRUCTURA	LOSA	La losa del Puente sobre el rio Cebadas es de hormigón armado con una resistencia a la compresión de 280 kg/cm ² , asimismo cuenta con un ancho de tablero de 10.80 m y un espesor de 0.20 m distribuida en dos tramos respectivamente. FALLAS: 1. Presencia de fisuras no estructurales por movimiento térmico (retracción) del hormigón o reacción de álcali en los agregados. 2. Aparición de eflorescencias y otros daños ocasionados por la humedad en la superficie del concreto.	1								
			2	x							
			3							x	
			4								
			5								

RECOMENDACION:

Constituir una defensa preventiva, misma que consistirá en realizar un sellado de fisuras mediante la colocación de un adhesivo y mortero estructural de reparación basado en una combinación de resinas epóxicas y filler especiales (Sikadur®-31 CF), de igual manera se procederá a realizar un alisado de toda esta superficie mediante la colocación de un mortero tixotrópico basado en cemento modificado con adhesivos sintéticos y áridos seleccionados (Sika® MonoTop® 620), la impermeabilización se la realizara mediante la aplicación de morteros de impermeabilización flexible, a base de cemento, áridos seleccionados y polímeros modificados (SikaTop®-209 ES) a este tratamiento se le sumara una capa de protección con pintura anticarbonatación (Sikagard®-670 W Elastocolor), a estas sugerencias se le sumara las citadas en la evaluación de juntas de dilatación y drenajes, logrando así prevenir mayores daños a la estructura de la losa.

Tabla No. 125: Evaluacion – Inspección losa puente Cebadas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

EVALUACION - INSPECCION PUENTE SOBRE EL RIO CEBADAS



ELEMENTOS PRINCIPALES			CALIFICACION							
PARTE DEL PUENTE	ELEMENTOS	DESCRIPCION:	N	1	2	3	4	5	6	
SUPERESTRUCTURA	VIGAS PRINCIPALES EN HORMIGON	<p>Las vigas principales del Puente sobre el rio Cebadas son de hormigón armado con una resistencia a la compresión de 280 kg/cm² en su primer tramo constituida por 4 vigas con un peralte de 2.00 m y un ancho de 0.45 m respectivamente, estas se hallan posicionadas a una distancia S de 2.70 m y poseen una longitud de 30 m mismas que se encuentran fundidas monolíticamente al tablero.</p> <p>FALLAS:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fisuras a flexión y a corte las mismas que son generadas por las cargas y fuerzas a las que está sujeta la estructura. 2. Aparición de eflorescencias y otros daños ocasionados por la humedad en la superficie del concreto. 3. Acero de refuerzo expuesto a lo largo de la viga y principios de descascaramientos sobre las mismas. 4. Nidos de piedra a lo largo de las mismas por malos procesos de vibrado durante el vertido del hormigón. 	1							
			2			x				
			3							x
			4	x				x	x	
			5							

RECOMENDACION:

Establecer un proceso de rehabilitación estructural y preservación, este consistirá en seguir las sugerencias antes citadas en esta evaluación en cuanto al sellado y relleno de fisuras igualmente se repararan todas las imperfecciones y perdidas de sección aplicando los mismo criterios, permitiéndonos así dejar una zona bien nivelada para la colocación del soporte estructural posterior a esto se procederá a reforzar a flexión mediante la colocación de platinas CFRP de alto desempeño a base de fibras de carbono en matriz epóxico (Sika® CarboDur®) y adherido a la estructura mediante la colocación de un adhesivo para pegado estructural a base de una combinación de resinas epóxicas y agregados especiales (Sikadur® 30), de igual manera se procederá a reforzar a cortante colocando platinas CFRP de alto desempeño (Sika® CarboShear L) y adherido a la estructura con el adhesivo citado anteriormente, asimismo se aplicara resina sobre los refuerzos y se espolvoreara arenas finas (Sikadur®-510), con el fin de facilitar la adherencia de la capa final misma que seguirá las sugerencias anteriores en cuanto al acabado, impermeabilización y pintura respectivamente.

Tabla No. 126: Evaluación – Inspección de vigas principales en hormigón puente Cebadas.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

EVALUACION - INSPECCION PUENTE SOBRE EL RIO CEBADAS



ELEMENTOS PRINCIPALES			CALIFICACION						
PARTE DEL PUENTE	ELEMENTOS	DESCRIPCION:	N	1	2	3	4	5	6
SUPERESTRUCTURA	VIGAS DE SECUNDARIAS EN HORMIGON	Las vigas secundarias del Puente sobre el rio Cebadas son de hormigón armado con una resistencia a la compresión de 280 kg/cm ² en su primer tramo constituida por 4 diafragmas dos colocados en los extremos del tramo y los intermedios a una distancia de 9.88 m desde sus extremos respectivamente constituidas por un peralte de 1.50 m y un ancho de 2.25 m y un espesor de 0.25 m.	1						
			2	x					x
		FALLAS:	3			x	x		
		1. Fisuras en una dirección las mismas que son generadas por sobre esfuerzos en la estructura. 2. Aparición de eflorescencias y otros daños ocasionados por la humedad en la superficie del concreto. 3. Acero de refuerzo expuesto a lo largo de la viga y principios de descascaramientos sobre las mismas. 4. Nidos de piedra a lo largo de las mismas por malos procesos de vibrado durante el vertido del hormigón.	4						x
			5						

RECOMENDACION:

Implantar un proceso de rehabilitación y reforzamiento, este consistirá en seguir las sugerencias antes citadas en esta valoración en cuanto al sellado y relleno de fisuras igualmente se repararan todas las imperfecciones y perdidas de sección aplicando los mismo criterios, permitiéndonos así tener una superficie perfectamente nivelada para la colocación del soporte estructural posterior a esto se procederá a reforzar mediante la colocación de platinas CFRP de alto desempeño (Sika® CarboDur®), mismo que será adherido a la estructura mediante la colocación de un adhesivo para pegado estructural (Sikadur® 30), de igual manera se procederá a confinar la misma mediante la colocación de tejidos unidireccionales a base de fibras de carbono (SikaWrap®-230 C) y su impregnación será con resinas epóxicas (Sikadur®-330), hasta que la misma quede embebida a estas resinas, asimismo espolvoreara arenas finas (Sikadur®-510), con el fin de facilitar la adherencia de la capa final misma que seguirá las sugerencias anteriores en cuanto al acabado, impermeabilización y pintura respectivamente.

Tabla No. 127: Evaluacion – Inspección de vigas secundarias en hormigón puente Cebadas.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

EVALUACION - INSPECCION PUENTE SOBRE EL RIO CEBADAS



ELEMENTOS PRINCIPALES			CALIFICACION										
PARTE DEL PUENTE	ELEMENTOS	DESCRIPCION:	N	1	2	3	4	5	6	7	8		
<u>SUPERESTRUCTURA</u>	VIGAS PRINCIPALES EN ACERO	<p>Las vigas principales en el segundo tramo del puente sobre el rio Cebadas están constituidas por cuatro vigas metálicas tipo I fabricadas con acero estructural A - 588 con un esfuerzo a la fluencia de 3500 kg/cm² con un patín superior de 300 mm y un patín inferior de 450 mm, con un alma de 2600 mm y un espesor de 30 mm respectivamente, igualmente estas se hallan posicionadas a una distancia S de 2.70 m y reforzadas a flexión mediante platabandas.</p> <p>FALLAS:</p> <ol style="list-style-type: none"> Presencia de oxidación y corrosión en ciertas zonas especialmente en los soportes de las mismas debido a la presencia de humedad en la viga cabezal tanto del estribo como en la pila y al arrastre durante su montaje. Aparición de ampollas, decoloración y descascaramientos en el recubrimiento de pintura anticorrosiva debido a las causas antes mencionadas y a los cambios constantes de temperatura de la zona. 	1										
			2	x	x								x
			3								x		
			4										x
			5										

RECOMENDACION:

Implantar un proceso de reparación y fortalecimiento estructural este consistirá en integrar pletinas de acero estructural A- 588 a la estructura inicial con el fin de garantizar de que estas soporten las cargas y fuerzas a las que están sometidas la implementación de estos refuerzos responderán a un diseño citado posteriormente en esta investigación así mismos estas serán fijados a la estructura mediante cordones de soldadura que contengan del 2,5% al 3,5% de níquel (E 8016-C2 norma ASTM A-316), de igual manera se realizara una limpieza con chorro abrasivo a metal casi blanco (SSPC-SP10), procedimiento que nos asegura tener una superficie por lo menos en un 95% libre de impurezas, del mismo modo se emanará una capa de imprimante anticorrosivo a las mismas (Sikalastic®Metal Primer) y por último se procederá a recubrir toda la superficie mediante la colocación de una membrana elástica de poliurea pura de rápido curado y muy buena resistencia química (Sikalastic®-841 ST), logrando así garantizar de que estas soporten los esfuerzos y cargas para las que fueron diseñadas.

Tabla No. 128: Evaluación – Inspección vigas principales en acero puente Cebadas.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

EVALUACION - INSPECCION PUENTE SOBRE EL RIO CEBADAS



ELEMENTOS PRINCIPALES			CALIFICACION									
PARTE DEL PUENTE	ELEMENTOS	DESCRIPCION:	N	1	2	3	4	5	6	7	8	
SUPERESTRUCTURA	SISTEMAS DE ARRIOSTRAMIENTO	El sistema de arriostramiento del puente sobre el rio Cebadas están constituidas por 12 diafragmas posicionados a cada 5.42 m compuestos por perfiles en L de 75 x 75 x 8 de acero A-36 con un esfuerzo a la fluencia de 2520 kg/cm ² asimismo está compuesto por arriostramientos horizontales de similares características asimismo estas se encuentran unidas a las vigas por medio pletinas de acero A-588	1									
			2								x	
		FALLAS:	3							x		
		1. Presencia de oxidación y corrosión en ciertas zonas especialmente en los soportes de las mismas debido a la presencia de humedad en la viga cabezal tanto del estribo como en la pila. 2. Decoloración descascaramientos en el recubrimiento de pintura anticorrosiva debido a la causas antes citadas y a los cambios constantes de temperatura de la zona.	4									x
			5									

RECOMENDACION:

Perpetrar un procedimiento de rehabilitación a estos sistemas de arriostramiento, este consistirá en realizar una limpieza con chorro abrasivo a metal casi blanco (SSPC-SP10), procedimiento que nos asegura tener una superficie por lo menos en un 95% libre de impurezas, del mismo modo se emanará una capa de imprimante anticorrosivo a los mismos (Sikalastic®Metal Primer) y por último se procederá a recubrir toda la superficie mediante la colocación de una membrana elástica de poliurea pura de rápido curado y muy buena resistencia química (Sikalastic®-841 ST), logrando así garantizar de que estas soporten los esfuerzos y cargas para las que fueron diseñadas.

Tabla No. 129: Evaluacion – Inspección sistemas de arriostramiento puente Cebadas.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

EVALUACION - INSPECCION PUENTE SOBRE EL RIO CEBADAS



ELEMENTOS PRINCIPALES			CALIFICACION					
PARTE DEL PUENTE	ELEMENTOS	DESCRIPCION:	N	1	2	3	4	5
SUBESTRUCTURA	APOYOS DE NEOPRENO	Los apoyos del Puente sobre el rio Cebadas son de neopreno (elastomericas) asentados sobre 16 almohadillas de hormigón de 0.50 m de ancho por 0.60 m de largo y espesor de 0.06 m respectivamente, en el primer tramo se encuentran dispuestos 8 neoprenos de 0.40 m de ancho por 0.50 m de largo con un espesor de 0.06 m de igual manera en el segundo tramo tenemos 8 neoprenos de 0.40 m de ancho por 0.50 m de largo con espesor de 0.10 m cada uno de estos apoyos posicionadas por debajo de cada una de las vigas proporcionalmente. FALLAS: <ol style="list-style-type: none"> Degradaciones en el elastómero y las armaduras además de despegues en la unión goma metal, deformaciones, grietas y astillado del elastómero. Presencia de restos del encofrado que sirvió para hormigonar las almohadillas así como también de sedimentos y basuras alrededor de los mismos. Perdidas de sección en las almohadillas de apoyo además de eflorescencias y otros daños asociados a la humedad sobre esta superficie. 	1					
			2					
			3					
			4		x			
			5					

RECOMENDACION:

Establecer un sistema rehabilitación y reparación de los sistemas de apoyo dispuestos en el puente, los trabajos a efectuar consistirán en realizar una limpieza de todos los sedimentos y basura acumulados alrededor de los mismo asimismo se procederá a realizar un levantamiento de la superestructura por medio de gatos hidráulicos (izado máximo admisible de 2 cm en toda la línea de apoyo), realizado el levantamiento se procederá retirar los apoyos deteriorados además de reparar todas las imperfecciones de las almohadillas mediante la colocación de morteros fluidos de retracción compensada y de altas resistencias mecánicas(Sikadur®-42 Grout Pak LE), una vez fraguadas estas reparaciones se procederá a instalar los nuevos apoyos de neopreno (tipo Stup dureza 60), permitiéndonos así afirmar de que estos transmitan las cargas verticales a la subestructura, trabajen a corte y se opongan al movimiento sísmico asegurándonos una rigidez horizontal y un factor de amortiguamiento tolerando así que la estructura tenga una buena respuesta sísmica al presentarse un evento.

Tabla No. 130: Evaluación – Inspección apoyos de neopreno puente Cebadas.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

EVALUACION - INSPECCION PUENTE SOBRE EL RIO CEBADAS



ELEMENTOS PRINCIPALES			CALIFICACION								
PARTE DEL PUENTE	ELEMENTOS	DESCRIPCION:	N	1	2	3	4	5	6	7	
SUBESTRUCTURA	VIGA CABEZAL Y ALETONES ESTRIBO DERECHO	La viga cabezal y aletones del estribo del margen derecho del Puente sobre el rio Cebadas son de hormigón armado con una resistencia a la compresión de 280 kg/cm ² , asimismo cuenta con una viga cabezal de 11.50 m de ancho por 3.04 m de altura y un espesor de 0.45 m de igual manera se halla compuesta por dos aletones de 6.00 m dispuestas a 45° de los extremos de la viga cabezal con un espesor de 0.30 m respectivamente. FALLAS: <ol style="list-style-type: none"> Presencia acero de refuerzo expuestos en pequeñas fragmentos además de principios de descascaramientos sobre esta superficie. Nidos de piedra en algunos sitios de la viga cabezal y aletones por malos procesos de vibrado durante el vertido del hormigón en obra. Manifestación de eflorescencias y otros daños asociados con la humedad en la superficie del cabezal. 	1								
			2					x			
			3			x	x				
			4								
			5								x

RECOMENDACION:

Instaurar una rehabilitación preventiva sobre esta superficie misma que consistirá en remover y reparar todas las imperfecciones y cavidades mediante la colación de un adhesivo y mortero estructural de reparación basado en la combinación de resinas epóxicas y filler especiales (Sikadur®-31 CF), de igual manera se procederá a realizar un alisado de toda esta superficie mediante la colocación de un mortero tixotrópico basado en cemento modificado con adhesivos sintéticos y áridos seleccionados (Sika® MonoTop® 620), la impermeabilización se la realizara mediante la aplicación de morteros de impermeabilización flexible, a base de cemento, áridos seleccionados y polímeros modificados (SikaTop®-209 ES) a este tratamiento se le sumara una capa de protección con pintura anticarbonatación (Sikagard®-670 W Elastocolor).

Tabla No. 131: Evaluacion – Inspección viga cabezal y aletones estribo derecho.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

EVALUACION - INSPECCION PUENTE SOBRE EL RIO CEBADAS



ELEMENTOS PRINCIPALES			CALIFICACION								
PARTE DEL PUENTE	ELEMENTOS	DESCRIPCION:	N	1	2	3	4	5	6	7	
SUBESTRUCTURA	VIGA CABEZAL Y ALETONES ESTRIBO IZQUIERDO	La viga cabezal y aletones del estribo del margen izquierdo del Puente sobre el rio Cebadas son de hormigón armado con una resistencia a la compresión de 280 kg/cm ² , asimismo cuenta con una viga cabezal de 11.50 m de ancho por 2.34 m de altura y un espesor de 0.40 m de igual manera se halla compuesta por dos aletones de 6.00 m dispuestas a 45° de los extremos de la viga cabezal con un espesor de 0.30 m respectivamente. FALLAS: <ol style="list-style-type: none"> Presencia acero de refuerzo expuestos en pequeñas fragmentos además de principios de descascamientos sobre esta superficie. Nidos de piedra en algunos sitios de la viga cabezal y aletones por malos procesos de vibrado durante el vertido del hormigón en obra. Manifestación de eflorescencias y otros daños asociados con la humedad en la superficie del cabezal. 	1								
			2					x			
			3			x	x				
			4								
			5								x

RECOMENDACION:

Constituir un proceso de rehabilitación preventiva sobre esta superficie, misma que consistirá en remover y reparar todas las imperfecciones y cavidades mediante la colación de un adhesivo y mortero estructural de reparación basado en la combinación de resinas epóxicas y filler especiales (Sikadur®-31 CF), de igual manera se procederá a realizar un alisado de toda esta superficie mediante la colocación de un mortero tixotrópico basado en cemento modificado con adhesivos sintéticos y áridos seleccionados (Sika® MonoTop® 620), la impermeabilización se la realizara mediante la aplicación de morteros de impermeabilización flexible, a base de cemento, áridos seleccionados y polímeros modificados (SikaTop®-209 ES) a este tratamiento se le sumara una capa de protección con pintura anticarbonatación (Sikagard®-670 W Elastocolor).

Tabla No. 132: Evaluacion – Inspección viga cabezal y aletones estribo izquierdo.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

EVALUACION - INSPECCION PUENTE SOBRE EL RIO CEBADAS



ELEMENTOS PRINCIPALES			CALIFICACION									
PARTE DEL PUENTE	ELEMENTOS	DESCRIPCION:	N	1	2	3	4	5	6	7	8	
SUBESTRUCTURA	CUERPO PRINCIPAL ESTRIBO DERECHO	<p>El cuerpo del estribo derecho del puente sobre el rio Cebadas es de hormigón armado con una resistencia a la compresión de 280 kg/cm² tipo cantiléver asimismo este se encuentra ubicado sobre una zapata de 1.30 m de altura además este cuenta con 6.61 m de altura por 11.50 m de ancho y un espesor de 1.10 m, de igual manera cuenta con dos través sísmicos en la parte superior de 2.98 m de altura por 0.30 m de ancho además sobre este se encuentran posicionados 20 drenajes pvc de Ø 110 mm.</p> <p>FALLAS:</p> <ol style="list-style-type: none"> Presencia de descascaramientos, nidos de piedra, fisuras y desprendimientos de hormigón en algunos lugares de esta superficie estos se deben esencialmente a malas técnicas constructivas durante su ejecución. Acumulación de sedimentos, vegetación y basuras sobre el asiento del estribo así como también manifestaciones de eflorescencias y otros daños asociados con la humedad en la superficie del estribo. 	1				x					
			2	x					x			
			3				x					
			4									
			5								x	

RECOMENDACION:

Implantar un proceso de rehabilitación y conservación sobre esta área, misma que consistirá en ejecutar trabajos de limpieza sobre el asiento del estribo además de remover y reparar todas las imperfecciones y cavidades mediante la colocación de un adhesivo y mortero estructural de reparación basado en la combinación de resinas epóxicas y filler especiales (Sikadur®-31 CF), de igual manera se procederá a realizar un alisado de toda esta superficie mediante la colocación de un mortero tixotrópico basado en cemento modificado con adhesivos sintéticos y áridos seleccionados (Sika® MonoTop® 620), la impermeabilización se la realizará mediante la aplicación de morteros de impermeabilización flexible, a base de cemento, áridos seleccionados y polímeros modificados (SikaTop®-209 ES) a este tratamiento se le sumara una capa de protección con pintura anticarbonatación (Sikagard®-670 W Elastocolor).

Tabla No. 133: Evaluación – Inspección cuerpo principal estribo derecho puente Cebadas.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

EVALUACION - INSPECCION PUENTE SOBRE EL RIO CEBADAS



ELEMENTOS PRINCIPALES			CALIFICACION									
PARTE DEL PUENTE	ELEMENTOS	DESCRIPCION:	N	1	2	3	4	5	6	7	8	
SUBESTRUCTURA	CUERPO PRINCIPAL ESTRIBO IZQUIERDO	<p>El cuerpo del estribo izquierdo del puente sobre el rio Cebadas es de hormigón armado con una resistencia a la compresión de 280 kg/cm² tipo cantiléver asimismo este se encuentra ubicado sobre una zapata de 1.00 m de altura además este cuenta con 6.61 m de altura por 11.50 m de ancho y un espesor de 1.00 m, de igual manera cuenta con dos través sísmicos en la parte superior de 2.28 m de altura por 0.30 m de ancho además sobre este se encuentran posicionados 20 drenajes pvc de Ø 110 mm.</p> <p>FALLAS:</p> <ol style="list-style-type: none"> Presencia de descascaramientos, nidos de piedra, fisuras y desprendimientos de hormigón en algunos lugares de esta superficie estos se deben esencialmente a malas técnicas constructivas durante su ejecución. Acumulación de sedimentos, vegetación y basuras sobre el asiento del estribo así como también manifestaciones de eflorescencias y otros daños asociados con la humedad en la superficie del estribo. 	1				x					
			2	x					x			
			3				x					
			4									
			5								x	

RECOMENDACION:

Empezar un proceso de rehabilitación y conservación sobre esta área, misma que consistirá en ejecutar trabajos de limpieza sobre el asiento del estribo además de remover y reparar todas las imperfecciones y cavidades mediante la colación de un adhesivo y mortero estructural de reparación basado en la combinación de resinas epóxicas y filler especiales (Sikadur®-31 CF), de igual manera se procederá a realizar un alisado de toda esta superficie mediante la colocación de un mortero tixotrópico basado en cemento modificado con adhesivos sintéticos y áridos seleccionados (Sika® MonoTop® 620), la impermeabilización se la realizará mediante la aplicación de morteros de impermeabilización flexible, a base de cemento, áridos seleccionados y polímeros modificados (SikaTop®-209 ES) a este tratamiento se le sumará una capa de protección con pintura anticarbonatación (Sikagard®-670 W Elastocolor).

Tabla No. 134: Evaluación – Inspección cuerpo principal estribo izquierdo puente Cebadas.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

EVALUACION - INSPECCION PUENTE SOBRE EL RIO CEBADAS



ELEMENTOS PRINCIPALES			CALIFICACION							
PARTE DEL PUENTE	ELEMENTOS	DESCRIPCION:	N	1	2	3	4	5	6	
SUBESTRUCTURA	VIGA CABEZAL O MARTILLO PILA	<p>El cabezal o martillo de la pila del Puente sobre el rio Cebadas es de hormigón armado con una resistencia a la compresión de 280 kg/cm² consta con un ancho de 9.55 m constituida por dos niveles el primero con 3.00 m de altura (tramo en acero) y el segundo con 3.70 m (tramo en hormigón) y un espesor de 1.30 m además este toma una inclinación con el cuerpo de 152° de igual manera consta con dos traveses sísmicos en cada nivel de 0.40 m de ancho por 0.40 m.</p> <p>FALLAS:</p> <ol style="list-style-type: none"> Presencia de descascaramientos, nidos de piedra, fisuras, desprendimientos y acero de refuerzo expuesto a la intemperie en algunas zonas de esta superficie estos daños se deben principalmente a deficientes técnicas constructivas durante la ejecución de la obra. Acumulación de sedimentos, vegetación, restos de material de encofrado y basuras sobre los asientos del martillo así como también manifestaciones de eflorescencias y otros daños asociados con la humedad en la superficie la pila. 	1							
			2	x					x	
			3				x			
			4						x	
			5							

RECOMENDACION:

Establecer un proceso de rehabilitación y conservación sobre esta área, misma que consistirá en ejecutar trabajos de limpieza sobre el asiento del estribo además de remover y reparar todas las imperfecciones y cavidades mediante la colocación de un adhesivo y mortero estructural de reparación basado en la combinación de resinas epóxicas y filler especiales (Sikadur®-31 CF), de igual manera se procederá a realizar un alisado de toda esta superficie mediante la colocación de un mortero tixotrópico basado en cemento modificado con adhesivos sintéticos y áridos seleccionados (Sika® MonoTop® 620), la impermeabilización se la realizará mediante la aplicación de morteros de impermeabilización flexible, a base de cemento, áridos seleccionados y polímeros modificados (SikaTop®-209 ES) a este tratamiento se le sumará una capa de protección con pintura anticarbonatación (Sikagard®-670 W Elastocolor).

Tabla No. 135: Evaluación – Inspección viga cabezal o martillo pila puente Cebadas.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

EVALUACION - INSPECCION PUENTE SOBRE EL RIO CEBADAS



ELEMENTOS PRINCIPALES			CALIFICACION								
PARTE DEL PUENTE	ELEMENTOS	DESCRIPCION:	N	1	2	3	4	5	6	7	8
SUBESTRUCTURA	CUERPO PRINCIPAL PILA	El cuerpo principal o pedestal de la pila del puente sobre el rio Cebadas es de hormigón armado con una resistencia a la compresión de 280 kg/cm ² tipo columna sencilla, asimismo esta se encuentra ubicado sobre una zapata de 5.60 m de ancho por 9.00 m de largo y 1.35 m de altura además este cuenta con 8.61 m de altura por 5.15 m de ancho y un espesor de 1.30 m respectivamente.	1				x				
			2	x				x			
		3									x
		4									
		5							x		
		FALLAS:									
		1. Presencia de descascaramientos, nidos de piedra, fisuras y desprendimientos de hormigón en algunos lugares de esta superficie estos se deben esencialmente a malas técnicas constructivas durante su ejecución.									
		2. Acumulación de sedimentos, vegetación y basuras alrededor del pedestal de la pila así como también manifestaciones de eflorescencias y otros daños asociados con la humedad en la superficie del estribo.									

RECOMENDACION:

Instaurar un proceso de rehabilitación y conservación sobre esta área, misma que consistirá en ejecutar trabajos de limpieza sobre esta superficie y alrededor de la misma además de remover y reparar todas las imperfecciones y cavidades mediante la colocación de un adhesivo y mortero estructural de reparación basado en la combinación de resinas epóxicas y filler especiales (Sikadur®-31 CF), de igual manera se procederá a realizar un alisado de toda esta superficie mediante la colocación de un mortero tixotrópico basado en cemento modificado con adhesivos sintéticos y áridos seleccionados (Sika® MonoTop® 620), la impermeabilización se la realizará mediante la aplicación de morteros de impermeabilización flexible, a base de cemento, áridos seleccionados y polímeros modificados (SikaTop®-209 ES) a este tratamiento se le sumara una capa de protección con pintura anticarbonatación (Sikagard®-670 W Elastocolor).

Tabla No. 136: Evaluación – Inspección cuerpo principal pila puente Cebadas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

EVALUACION - INSPECCION PUENTE SOBRE EL RIO CEBADAS



ELEMENTOS PRINCIPALES			CALIFICACION						
PARTE DEL PUENTE	ELEMENTOS	DESCRIPCION:	N	1	2	3	4	5	6
SUBESTRUCTURA	CAUCE	El cauce del rio Cebadas tiene una longitud de 37.57 km hasta el sitio donde se emplazó el puente mismo que atraviesa una zona topográfica de características irregulares con caudal aforado de 60.80 m ³ /s y una velocidad de 1.17 m/s asimismo cuenta con un tirante normal de aguas de 2.25 m y un galibo en condiciones normales de 11.69 m.	1						
			2						
		FALLAS:	3				x		
		1. Presencia de grandes piedras depositadas en el cauce tanto aguas arriba como aguas abajo las cuales han sido arrastradas por el mismo en crecidas anteriores obstruyendo asi el flujo normal del agua mermando la capacidad hidráulica del cauce.	4						
			5						
RECOMENDACION: Implantar trabajos de limpieza del cauce 50 m tanto aguas arriba como aguas abajo de eje del puente, misma que busca garantizar un efectivo drenaje del agua en época de crecidas, ya que las piedras grandes depositadas en el cauce por crecidas anteriores disminuyen la capacidad hidráulica efectiva y constituyen un obstáculo para el paso normal del agua, esta labores se recomienda hacerla durante la época de estiaje.									

Tabla No. 137: Evaluacion – Inspección cauce puente Cebadas.
 Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

TIPO DE DAÑO - EVALUACION DEL GRADO DE DAÑO										
ELEMENTOS SECUNDARIOS										
COMPONENTES	ITEM	1	2	3	4	5	6	7	8	SUMATORIAS
CARPETA DE RODADURA	FALLA	DETERIORO SUPERFICIAL	AGRIETAMIENTOS	BACHES	SOBRECARGAS DE ASFALTO	MATERIAL AJENO A LA VIA				10
	EVALUACION	5	2			3				
	FALLA	FALTANTE O AUSENCIA	AGRIETAMIENTOS	ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	DAÑOS POR COLISION	DESCASCAMIENTO	NIDOS DE PIEDRA			5
	EVALUACION		3			2				
BARANDAS DE HORMIGON	FALLA	SONIDOS EXTRAÑOS	FILTRACIONES DE AGUA	FALTANTE O DEFORMACION	MOVIMIENTO VERTICAL	JUNTAS OBSTRUIDAS	ACERO DE REFUERZO EXPUESTO			13
	EVALUACION	3	3	4		3				
	FALLA	OBSTRUCCION DE DRENAJES	LONGITUD O SECCION INSUFICIENTE	AUSENCIA DE DRENAJES	MALA UBICACION DE DRENAJES	BOMBEO DE LA VIA				5
	EVALUACION	3				2				
SISTEMA DE DRENAJE	FALLA	FISURAS EN UNA DIRECCION	FISURAS EN DOS DIRECCIONES	DESCASCAMIENTO	ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	NIDOS DE PIEDRA	EFLORESCENCIA	FALTANTE O AUSENCIA		1
	EVALUACION				1					
	FALLA	EMPLAZAMIENTO DE SEÑALETICA	DESGASTE DE PINTURA	AUSENCIA DE SEÑALETICA	DETERIORO DE DELINEADORES DE PISO	INSEGURIDAD VIAL				9
	EVALUACION		2	3	4					
ACCESOS	FALLA	FALLAS EN LA CARPETA DE RODA DURA	DEFICIENCIA EN EL DRENAJE	DEFICIENCIAS EN LA SEÑALETICA	PERDIDA DE GUARDAVIAS	ACUMULACION DE MATERIAL EN LA VIA				10
	EVALUACION		4	3		3				

Tabla No. 138: Ponderación según el grado de daño, el tipo y los elementos A.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

TIPO DE DAÑO – EVALUACION DEL GRADO DE DAÑO										
ELEMENTOS PRINCIPALES										
COMPONENTES	ITEM	1	2	3	4	5	6	7	8	SUMATORIAS
LOSA	FALLA	FISURAS EN UNA DIRECCION	FISURAS EN DOS DIRECCIONES	DESCASCARAMIENTO	ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	NIDOS DE PIEDRA	EFLORESCENCIA	FALTANTE O AUSENCIA		5
	EVALUACION	2					3			
VIGA PRINCIPAL DE HORMIGON	FALLA	FISURAS EN UNA DIRECCION	FISURAS EN DOS DIRECCIONES	DESCASCARAMIENTO	ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	NIDOS DE PIEDRA	EFLORESCENCIA			17
	EVALUACION	4		2	4	4	3			
VIGAS SECUNDARIAS DE HORMIGON	FALLA	FISURAS EN UNA DIRECCION	FISURAS EN DOS DIRECCIONES	DESCASCARAMIENTO	ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	NIDOS DE PIEDRA	EFLORESCENCIA			14
	EVALUACION	2		3	3	4	2			
VIGA PRINCIPAL DE ACERO	FALLA	OXIDACION	CORROSION	DEFORMACION	PERDIDA DE PERNOS	GRIETA EN LA SOLDADURA O PLACA	PINTURA DECOLORACION	PINTURA AMPOLLAS	PINTURA DESCASCARAMIENTO	13
	EVALUACION	2	2				3	4	2	
SISTEMAS DE ARRIOSTRAMIENTO	FALLA	OXIDACION	CORROSION	DEFORMACION	PERDIDA DE PERNOS	GRIETA EN LA SOLDADURA O PLACA	PINTURA DECOLORACION	PINTURA AMPOLLAS	PINTURA DESCASCARAMIENTO	9
	EVALUACION						3	4	2	
APOYOS	FALLA	ROTURA DE PERNOS	DEFORMACION DEL APOYO	INCLINACION	DESPLAZAMIENTO					4
	EVALUACION		4							
VIGA CABEZAL Y ALETONES ESTRIBO DERECHO	FALLA	FISURAS EN UNA DIRECCION	FISURAS EN DOS DIRECCIONES	DESCASCARAMIENTO	ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	NIDOS DE PIEDRA	EFLORESCENCIA	PROTECCION DE TALUD		13
	EVALUACION			3	3	2	5			

Tabla No. 139: Ponderación según el grado de daño, el tipo y los elementos B.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

TIPO DE DAÑO - EVALUACION DEL GRADO DE DAÑO										
ELEMENTOS PRINCIPALES										
COMPONENTES	ITEM	1	2	3	4	5	6	7	8	SUMATORIAS
VIGA CABEZAL Y ALETONES ESTRIBO IZQUIERDO	FALLA	FISURAS EN UNA DIRECCION	FISURAS EN DOS DIRECCIONES	DESCASCARAMIENTO	ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	NIDOS DE PIEDRA	EFLORESCENCIA	PROTECCION DE TALUD		13
	EVALUACION			3	3	2	5			
CUERPO PRINCIPAL ESTRIBO DERECHO	FALLA	FISURAS EN UNA DIRECCION	FISURAS EN DOS DIRECCIONES	DESCASCARAMIENTO	ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	NIDOS DE PIEDRA	EFLORESCENCIA	INCLINACION	SOCAVACION EN LA FUNDICION	13
	EVALUACION	2		3	1	2	5			
CUERPO PRINCIPAL ESTRIBO IZQUIERDO	FALLA	FISURAS EN UNA DIRECCION	FISURAS EN DOS DIRECCIONES	DESCASCARAMIENTO	ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	NIDOS DE PIEDRA	EFLORESCENCIA	INCLINACION	SOCAVACION EN LA FUNDICION	13
	EVALUACION	2		3	1	2	5			
VIGA CABEZALO MARTILLO - PILA	FALLA	FISURAS EN UNA DIRECCION	FISURAS EN DOS DIRECCIONES	DESCASCARAMIENTO	ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	NIDOS DE PIEDRA	EFLORESCENCIA			16
	EVALUACION	2		3	4	2	5			
CUERPO PRINCIPAL - PILA	FALLA	FISURAS EN UNA DIRECCION	FISURAS EN DOS DIRECCIONES	DESCASCARAMIENTO	ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	NIDOS DE PIEDRA	EFLORESCENCIA	INCLINACION	SOCAVACION EN LA FUNDICION	13
	EVALUACION	2			1	2	5		3	
CAUCE	FALLA	INESTABILIDAD DE TALUDES	EROSION EN LECHO Y MARGEN DEL RIO	SOCAVACION GENERAL DEL CAUCE	OBSTRUCCION DEL CAUCE	SEDIMENTACION MATERIAL	COLAPSO ESTRUCTURAS DE PROTECCION			3
	EVALUACION				3					

Tabla No. 140: Ponderación según el grado de daño, el tipo y los elementos C.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

6.1.8 CALIFICACION Y CONDICION GENERAL DEL PUENTE.

De esta manera una vez evaluado cada elemento y calificado su estado, se ponderan en un reporte donde se encuentran las calificaciones por componente, las cuales se afectan por el nivel de importancia respectivo, se calcula la sumatoria de estos valores para determinar el rango de afectación para cada uno de los elementos tanto principales como secundarios, de esta manera se puede determinar la calificación, condición, y descripción de afectación general del puente, a continuación se detallan los parámetros obtenidos en la calificación estructural y funcional del puente Cebadas.

CONDICION GENERAL DEL PUENTE CEBADAS			
ELEMENTOS	PONDERACIONES	CALIFICACION	CONDICION
SECUNDARIOS	53	6	MUY BUENO
			BUENO
			REGULAR
PRINCIPALES	146		MALO
			MUY MALO
			PESIMO

Tabla No. 141: Calificación y condición general del puente Cebadas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

6.1.9 EVALUACION DE VULNERABILIDAD SISMICA DEL PUENTE.

Para la evaluación de vulnerabilidad de este puente ante amenazas sísmicas se utilizó el método de Risk Management Solutions Inc. (RMS), publicado en 1997, el cual considera el comportamiento diferenciado de los tipos estructurales de puentes. Los resultados del uso de esta metodología sirven para completar las observaciones visuales de las inspecciones realizadas en campo, tomando en consideración los daños potenciales que podría sufrir la estructura según sus características estructurales del puente y las aceleraciones pico del terreno que podrían presentarse para diferentes periodos de retorno. Esta metodología se basa en estudios estadísticos del comportamiento de puentes ante sismos ocurridos en el pasado, y es una práctica muy utilizada en la actualidad debido al desarrollo de un gran número de curvas de fragilidad para distintos tipos de estructuras.

El puente sobre el río Cebadas fue evaluado tomando en consideración sus características estructurales y utilizando mapas de aceleraciones, según la amenaza sísmica, para un periodo de retorno de 475 años. Bajo estas consideraciones se esperaría una aceleración pico del terreno de 0.40g. Los espectros de diseño para los niveles de amenaza sísmica que corresponda serán desarrollados en base a las curvas de amenaza sísmica presentadas en el apéndice 10.3 de la Norma Ecuatoriana de la Construcción – NEC en el capítulo de Cargas Sísmicas y Diseño Sismo Resistente. A continuación se muestran las características del puente sobre el río Cebadas para la evaluación sísmica según la metodología RMS.

CARACTERÍSTICAS - VULNERABILIDAD SISMICA RMS	
CARACTERÍSTICA	PUENTE SOBRE EL RIO CEBADAS
PERIODO DE CONSTRUCCION	2010 - 2012
MATERIAL	CONCRETO - ACERO ESTRUCTURAL
TIPO DE ESTRUCTURA	VIGAS DE CONCRETO REFORZADO Y ACERO ESTRUCTURAL
TIPO	PUENTE SIMPLEMENTE APOYADO
DISEÑO	SISMO RESISTENTE
RIESGO	ALTO

Tabla No. 142: Características - vulnerabilidad sísmica del puente Cebadas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

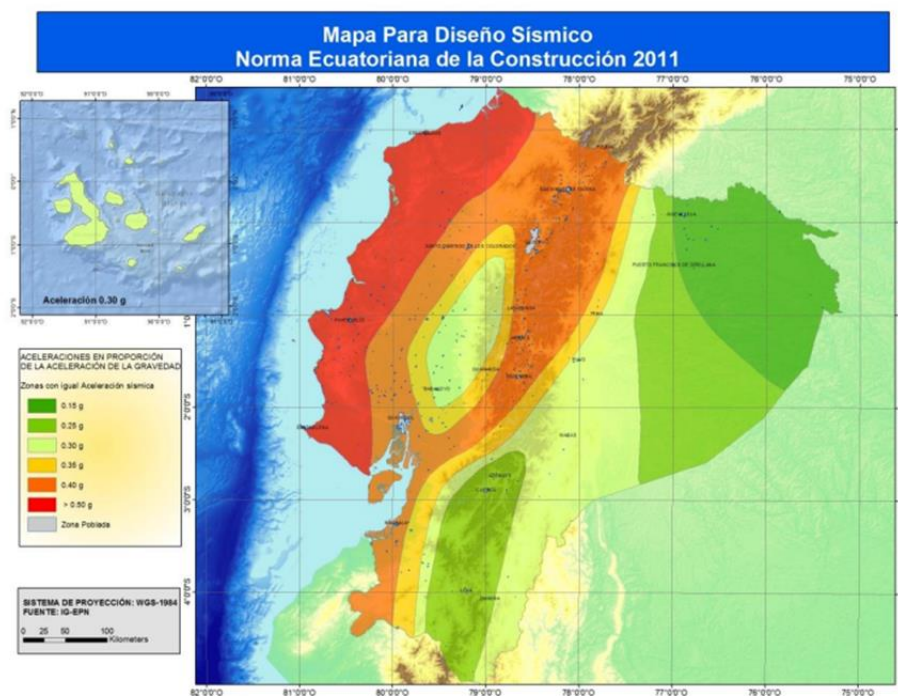


Figura No. 37: Zonas sísmicas para el propósito de diseño sismo resistente.
Elaborado por: Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011

De las características anteriores, y siguiendo la metodología de RMS, el puente se clasifica como una estructura HBR11 (puente simplemente apoyado, diseño sismo resistente y de alto riesgo). Con base en la clasificación del puente y las aceleraciones del terreno esperadas a 475 años, se concluye que el puente tiene una vulnerabilidad muy alta ante amenaza sísmica. El nivel de vulnerabilidad es muy alto según la metodología RMS, lo que implica que el puente es susceptible a la degradación de los estribos, a la pérdida parcial de apoyo de las vigas principales sobre la viga cabezal del estribo y asentamiento de los accesos del puente. De ahí la importancia de realizar las reparaciones necesarias al puente para asegurar su buen funcionamiento y comportamiento estructural ante cargas de servicio y minimizar el nivel de riesgo asociado ante eventos extremos.

CAPITULO 7

LA DISCUSION

El nivel de impulso vial que ha tenido el país, específicamente en materia de puentes, ha sido eminente en los últimos años; la construcción de obras de paso para movilizar mercancías y personas ha sido necesaria con el fin de solucionar los problemas de congestión y facilitar las actividades económicas. Por otro lado, la diversificación comercial entre pueblos, las permutaciones y la globalización en general, levantaron los volúmenes de tránsito y las cargas que soportarán los puentes. Debido a esto, el país debería contar con reglamentos y procedimientos que garanticen la funcionalidad y la capacidad de los puentes existentes y de los que se construirán en el futuro anticipándonos y asegurándonos de esta manera de que estos fallen según las hipótesis planteadas en la etapa de diseño.

Las formas en que los diversos componentes de la estructura fallan, así como la ocurrencia y frecuencia en que se presentan estas fallas, generan consecuencias económicas y sociales en mayor o menor medida, pero además, evidencian la considerable diferencia que existe entre las condiciones reales y las de diseño. Las cargas que se aplican a la estructura, la caracterización del emplazamiento, las propiedades de los materiales que se utilizan, los procedimientos y formulaciones desarrolladas o utilizadas en su construcción, y la adecuación de los tamaños y formas predichos en el diseño de cada uno de sus elementos, se encuentran lejos de ser exactos.

Lo anterior se debe a que se encuentran sujetos a complejas interrelaciones, defectos del material, deficiencias en la estructura o errores humanos en su diseño u construcción, todo esto genera condiciones desfavorables al presentarse un evento u amenaza tendiendo a ser más vulnerables, acumulando fallas llegando en algunos casos al punto de sumar un deterioro significativo u colapso de la misma. En la actualidad, la tendencia en la ingeniería civil se dirige a proveer diseños económicos con niveles de seguridad específicos y al reforzamiento de estructuras existentes. Es por esto que no podemos estar ajenos a la investigación y desarrollo de técnicas que ayuden a mejorar la calidad de las infraestructuras construidas en el país.

Siempre ha existido la discusión sobre qué hacer al momento de detectar un daño en este tipo de estructuras. Es por esto que es un tema de vital importancia en la ingeniería civil, ya que hoy en día el estado estructural y funcional de la mayoría de los puentes no es muy eficiente. La mayoría de los métodos de evaluación estructural de puentes son basadas en inspecciones visuales y dependen del punto de vista ingenieril del evaluador. Es decir puede haber distintas opiniones acerca de las condiciones estructurales y funcionales de un puente, en la mayoría de las ocasiones ninguna de ellas está cerca de describir la condición estructural y funcional real de dicho puente. En el Ecuador no contamos con una metodología de evaluación y peor aún con registros que ayuden al análisis de estas estructuras es por esto que la inventiva a esgrimir será la propuesta del Sistema de Administración de Puentes.

En consecuencia, el presente trabajo de investigación, titulado **“Evaluación Estructural y Funcional del Puente Cebadas, ubicado en el kilómetro 32 del tramo Guamote-Macas (Ruta E46), Aplicando la Metodología del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (S.A.E.P.), para su rehabilitación y conservación”** es un aporte a los estudios e investigaciones que tienen como fin garantizar el buen funcionamiento de este tipo de estructuras. La evaluación estructural y funcional realizada en esta investigación tiene como primera parte la validación de la metodología utilizada, los resultados encontrados luego de las evaluaciones describen y manifiestan algunos temas, tendencias y datos representativos, a pesar de la poca apertura recibida por parte de los entes administrativos de esta estructura sin embargo hay unos datos que son relevantes dentro de análisis final de esta estructura.

Para empezar la inventiva del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes considera 54 tipos de patologías, con una escala de calificación del 1 a 5, esta varía según el grado de afectación de cada patología, expuesto esto se estimó los porcentajes de afectación de los elementos del puente tanto para elementos principales como secundarios, el porcentaje de fallo fue estimado en un 27.18% para elementos secundarios y un 32.44% para elementos principales llegando a un porcentaje de fallo del 59.62% en la estructura del puente. Considerando estas ponderaciones se estimó las tendencias de fallo según las patologías valoradas y estimadas en el sistema evidenciando preponderantemente 28 tipos de patologías relevantes que afectan significativamente el buen funcionamiento de la estructura del puente Cebadas entre las más relevantes tenemos:

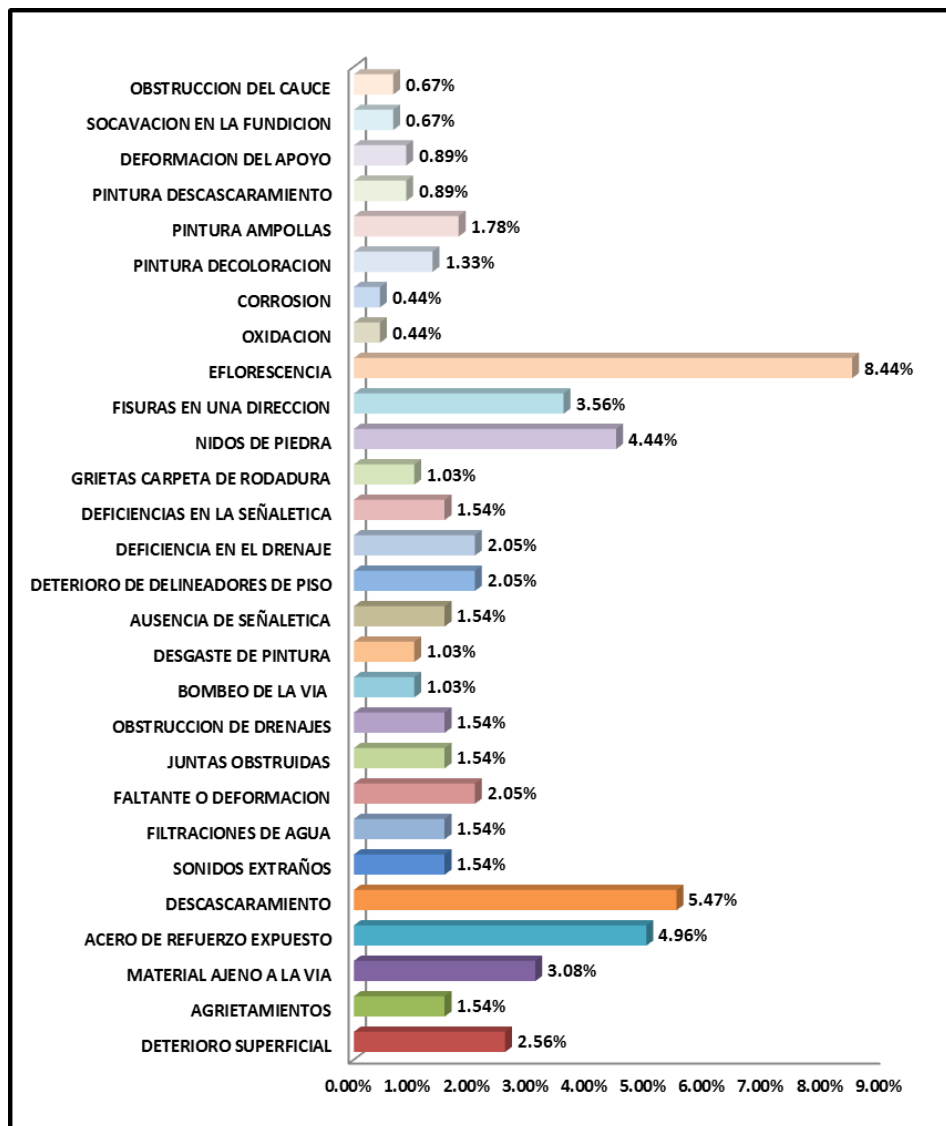


Figura No. 38: Patologías encontradas en el puente Cebadas
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Por último para validar la metodología utilizada se determinó la condición general del puente Cebadas obteniendo una calificación de seis esto demuestra que la estructura se encuentra en una escala de deterioro mala y que está sujeta a pérdidas de sección, deterioros que afectan seriamente a los elementos estructurales primarios y que hay la posibilidad de fracturas locales, así como también pueden presentarse fisuras en el concreto o fatigas en el acero es por esto que conviene cerrar el puente al tráfico para que este sea intervenido de forma inmediata para evitar que el daño se extienda o empeore y se convierta en crítico, es por esta razón que también se priorizó e incluyó como factores de evaluación a la hidráulica, el tráfico y vulnerabilidad sísmica en este análisis con el fin de alcanzar una mejor nivel de evaluación de la estructura analizada en esta investigación.

CAPITULO 8

CONCLUSIONES-RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES.

- De la evaluación hidráulica realizada en esta investigación se obtuvieron los siguientes caudales de diseño el primero con un caudal de 462.49 m³/s obtenido por el método racional y un caudal de 558.14 m³/s obtenido por método de ajuste de probabilidad de Gumbel, la diferencia entre estos dos resultados hace que se tome como caudal diseño para la modelación hidráulica en el HEC-RAS el mayor en función de la seguridad de la evaluación y de la estructura.
- De acuerdo con la modelación hidráulica el nivel de aguas máximas ordinarias es igual a 2910.60 m.s.n.m mientras que el nivel de aguas máximas extraordinarias para un periodo de retorno de 100 años es igual a 2912.09 m.s.n.m, evidenciando de esta manera que la altura de implantación de la estructura existente cumple con las normas vigentes dictadas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas MTOP, de igual manera la socavación general en el cauce, no implica riesgo para la estabilidad de la estructura implantada.
- La composición actual de tráfico en el puente Cebadas está dada por un 49.46% de vehículos livianos, un 10.81% de buses y un 39.73% por camiones, proyectando este tráfico para un periodo de diseño de 50 años, con un medida 5.10% del PIB se determinó un tráfico futuro de 1389 vehículos compuesto por un 14.47% de vehículos livianos, un 13.16% de buses y un 72.37% de camiones, de esta composición se categorizo a la vía Riobamba – Guamote – Macas como una carretera de clase C1 de acuerdo con las tablas del N.E.V.I - 12.

- De acuerdo con la evaluación estructural y funcional del puente Cebadas y aplicando la metodología del sistema de administración de estructuras de puentes S.A.E.P se determinó que este presenta un grado de daño afectación en los primarios de 146 y en los elementos secundarios un grado de daño de afectación de 53 con estos parámetros se estableció un rango para su calificación obteniendo una calificación de seis y una condición general del estado del puente de Mala.
- Es importante conocer las proporciones de fallo encontrados en la evaluación del puente Cebadas dichas proporciones completan un 59.62% de afectación en la estructura y estas a su vez se encuentran permutadas en un 32.44% en los componentes principales y en un 27.18% en los componentes secundarios de la misma asimismo a continuación se mostraran las proporciones donde se concentran el mayor porcentaje de afectación según el tipo de elemento y sus componentes:

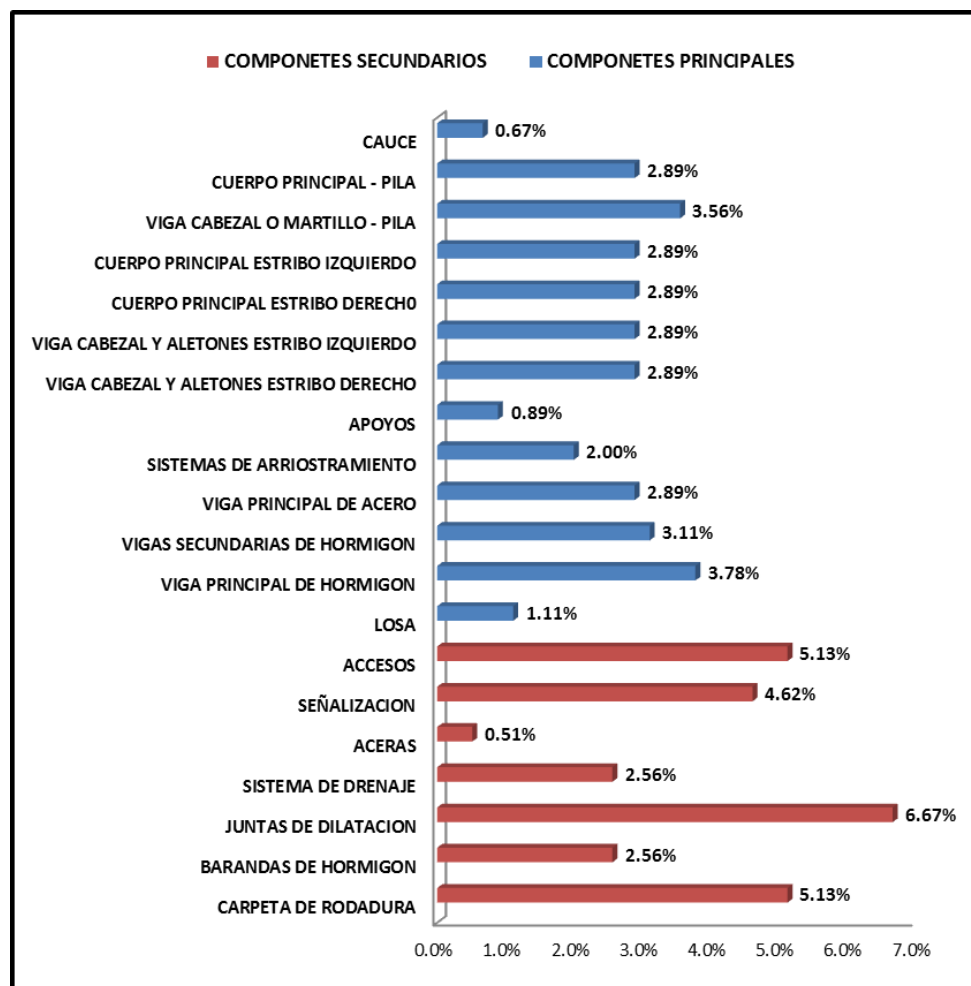


Figura No. 39: Grado de afectación según el tipo de elemento y su componente.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

- De acuerdo con la evaluación de vulnerabilidad sísmica y siguiendo la metodología Risk Management Solutions RMS, el puente se clasifica como una estructura HBR11 (puente simplemente apoyado, diseño sismo resistente y de alto riesgo), con base en esta clasificación y tomando en cuenta las aceleraciones espectrales del terreno esperadas a 475 años, se determina que el puente Cebadas tiene una vulnerabilidad muy alta ante amenaza sísmica.
- Mediante estas evaluaciones se determinó que puente es susceptible a la degradación de los estribos, a la pérdida parcial de apoyo de las vigas principales sobre la viga cabezal del estribo y asentamiento de los accesos del puente, de ahí la importancia de realizar las reparaciones necesarias al puente para asegurar su buen funcionamiento y comportamiento estructural ante cargas de servicio y minimizar el nivel de riesgo asociado ante eventos extremos.
- Es evidente la poca pericia y la pésima ejecución en los trabajos efectuados durante la construcción del puente Cebadas esto ha ocasionado de que la estructura sume considerables deterioros, lo cual está afectando seriamente a los elementos estructurales primarios con fisuras en el concreto es conviene cerrar el puente al tráfico para que este sea intervenido de forma inmediata para evitar que el daño se extienda o empeore y se convierta en crítico.
- Considerando el grado de daño, las patologías y su ves analizando la condición general del puente Cebadas se determinó de que este debe ser intervenido mediante un plan de reparación y reforzamiento estructural aplicando refuerzos a flexión en vigas las de hormigón mediante la colocación de polímeros reforzados con fibras de carbono, asimismo este plan contara con un modelo económico referencial para su rehabilitación, conservación y mantenimiento.

8.2 RECOMENDACIONES.

- Debido a que la carretera Riobamba – Guamote - Macas, es de gran importancia para el desarrollo económico y comercial de varios cantones de las provincias de Chimborazo y Morona Santiago, y además de ser una de las arterias principales que unen la región Oriental con la Sierra ecuatoriana, es recomendable de que las instituciones encargadas de la administración de estas estructuras cuenten con un adecuado modelo de gestión y conservación vial con el fin reducir los costos de mantenimiento vial y operación vehicular en las redes arteriales de la provincia Chimborazo y del país.
- La rehabilitación y reforzamiento de la estructura del puente Cebadas, se recomienda hacerla durante la época de estiaje, que como se indica en esta investigación se presentan en los meses de Enero a Agosto, asimismo es de suma importancia seguir las sugerencias descritas en la evaluación de cada uno de los componentes tanto principales como secundarios ya que en estas se citan, el conjunto de acciones y tratamientos a seguir en cada uno de estos, de igual manera en estos incisos se presenta el proceso constructivo a perpetuar con el fin de reintegrar y asegurar un buen funcionamiento de la estructura.

CAPITULO 9

LA PROPUESTA

9.1 TEMA DE LA PROPUESTA.

Plan de reparación y reforzamiento estructural del puente Cebadas, ubicado en el kilómetro 32 de la vía Guamote - Macas, aplicando refuerzos a flexión en vigas de hormigón mediante la colocación de polímeros reforzados con fibras de carbono, hacia un modelo económico referencial para su rehabilitación, conservación y mantenimiento.

9.2 INTRODUCCION.

Muchos de los puentes en la provincia de Chimborazo; más que todo el puente Cebadas, fue construido de forma menoscaba y poco control por parte de los entes administrativos de esta estructura, esto origina que las vigas de concreto reforzado sean expuestas a un sobre esfuerzo reduciendo su capacidad de carga provocando la aparición de fisuras que debilitan la estructura. Adicionalmente algunos camiones que circulan sobre ellos en algunas ocasiones llevan carrocerías o cargas demasiado altas que en ocasiones golpean las vigas, dañándolas seriamente y poniendo en peligro la estructura.

Algunos de los puentes no se pueden demoler para reemplazarlos por ser vías principales, y su costo e impacto en el tráfico sería demasiado alto, por lo que se hace necesario buscar métodos de reforzamiento que cumplan con los requisitos de carga en la actualidad. Existen varios métodos de reforzamiento, y este plan se centra en presentar un método de diseño y proceso de aplicación del refuerzo con fibra de carbono, método muy poco utilizado en el Ecuador para este tipo de estructuras y en fin para cualquier obra civil en el país.

Adicionalmente al diseño de los refuerzos en vigas, se presentara un modelo económico referencial de mantenimiento del puente Cebadas tomando en cuenta las sugerencias y recomendaciones descritas en la evaluación estructural y funcional del mismo asegurando así una intervención técnica y económica en este, garantizando de esta manera el buen funcionamiento, seguridad e integridad de la obra civil en cuestión y minimizando los riesgos en esta al presentarse eventos extraordinarios.

9.3 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.

La vía Riobamba – Guamote – Macas, tiene gran importancia para el desarrollo de la provincia de Chimborazo, así lo demuestra las investigaciones realizadas por el gobierno autónomo descentralizado de la provincia y el Ministerio de Transportes y Obras Públicas M.T.O.P, constituyéndola en uno de los ejes viales que junta la región interandina con el oriente ecuatoriano, facilitando la conectividad entre las provincias de Chimborazo y Morona Santiago. Por otra parte, el área de influencia de la vía, está constituida por una zona netamente agrícola ganadera, donde se desarrollan las principales actividades productivas de la provincia.

A partir de estas investigaciones, es primordial enfocarnos en modelos de gestión y conservación vial para estas estructuras, logrando así con esta investigación presentar un plan de reparación y reforzamiento estructural para el puente Cebadas además de proponer un presupuesto económico referencial del mismo asegurándonos de esta manera el funcionamiento y operación óptima de la estructura, permitiéndonos asegurar el tráfico en la zona de influencia y constituyéndose en un verdadero modelo de gestión y conservación vial para estas estructuras mismo que podrá ser aplicado a estructuras de similares características.

9.4 JUSTIFICACION.

El presente plan de reparación y reforzamiento estructural, va encaminado a proponer un modelo económico referencial de conservación vial, aplicado al puente Cebadas, el cual puede ser asumido por cualquier entidad administradora vial, que tenga a su cargo vías y estructuras de similares características a la estudiada, estas estructuras pueden ser intervenidas con procesos de mantenimiento, con la finalidad de presentar a los usuarios ahorros significativos en las operaciones vehiculares, y en el costo de mantenimiento en las entidades administradoras viales.

Con un procedimiento aplicable de conservación y rehabilitación, daremos un mantenimiento oportuno y programado, que ayudará a mantener los estándares funcionales y estructurales, proporcionando una vida útil de acuerdo al periodo de diseño. Asegurando un puente en condiciones óptimas, que cubrirá las necesidades de los usuarios en lo referente a la seguridad, rapidez y comodidad, incrementando un mayor desarrollo de la región, tanto social, económico y turístico, dinamizando los viajes y por ende la economía de las poblaciones beneficiadas.

9.5 OBJETIVOS.

9.5.1 OBJETIVO GENERAL.

- a. La finalidad de la presente propuesta es establecer, parámetros y lineamientos básicos de reparación y reforzamiento estructural aplicados y pormenorizados al puente Cebadas, considerando particularidades como el diseño del refuerzo en las vigas y los costos unitarios de mantenimiento de este, constituyéndose así el presente plan en una auténtica alternativa de reparación y reforzamiento estructural del puente en interés.

9.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

Para cumplimiento de este objetivo general se han alcanzado los siguientes objetivos específicos:

- a. Analizar y estudiar el diseño estructural de las vigas metálicas del puente para determinar si estas necesitan ser reforzadas estructuralmente.
- b. Estimar el refuerzo necesario con fibra de carbono para devolver a la viga de concreto reforzado su capacidad de carga inicial o aumentar su capacidad de carga.
- c. Proponer un modelo económico referencial basado en costos unitarios de mantenimiento para de esta manera intimar el precio de reparación del puente Cebadas.

9.6 DISEÑO DEL REFUERZO PARA VIGAS DE CONCRETO REFORZADO.

9.6.1 DISEÑO DE LA VIGA BAJO CAMION DE CARGA HS-MOP.

A continuación se desarrolla el diseño de la viga para el camión de carga HS-MOP, para después evaluar y determinar la cantidad de refuerzo necesario para su reforzamiento:

9.6.2 CONSIDERACIONES DE DISEÑO.

El camión de carga a utilizar para el diseño es el HS-MOP, que tiene las características mostradas en la siguiente tabla, reproducida aquí para comodidad.

CAMIONES DE DISEÑO				
Camion	Eje Delantero	Eje Posterior	Eje Posterior	W (Ton)
HS-MOP	4.55	18.175	18.175	22.725

Tabla No. 143: Características camión de diseño HS-MOP.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

9.6.3 PREDIMENSIONAMIENTO DE LA VIGA.

Para el predimensionamiento la viga se considera las características básicas de la sección transversal del puente Cebadas en su primer tramo, estas son:

CARACTERISTICAS BASICAS DE LA SECCION TRANSVERSAL		
TRAMO EN HORMIGON L = 30 M		
Ancho de tablero	10.80	m
Ancho de calzada	9.30	m
Cantidad de vigas	4.00	u
Ancho de aceras	0.75	m
Espesor de aceras	0.25	m
Separacion entre vigas a ejes	2.70	m
Espesor de losa	0.20	m
Ancho de viga	0.45	m
Altura de viga	2.20	m
Altura del diafragma	1.50	m
Ancho del diafragma	0.25	m
Altura de baranda	0.90	m
Espesor de carpeta	0.05	m
Luz del puente	30.00	m

Tabla No. 144: Características básicas de la sección transversal en hormigón.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

9.6.4 MEMORIA DE CALCULO.

Las vigas se diseñarán como vigas T, para esto se toma el criterio según AASHTO que dice:

$$B \leq \left\{ \begin{array}{c} \frac{L}{4} \\ 12t + b \\ s \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{c} \frac{30.00}{4} \\ [12 * 0.20] + 0.45 \\ 2.70 \end{array} \right\} = 2.70 \text{ m}$$

Determinación de la carga muerta.

DETERMINACION DE CARGAS MUERTAS		
TRAMO EN HORMIGON L = 30.00 M		
P. Propio de losa	1.40	Ton/m
P. Propio viga	2.34	Ton/m
P. Propio carpeta de rodadura	0.35	Ton/m
P. Propio de aceras	0.24	Ton/m
P. Propio de barandas	0.04	Ton/m
TOTAL	4.37	Ton/m

Tabla No. 145: Determinación de cargas muertas tramo en hormigón.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

$$P \text{ diafragma} = 1.50 \text{ m} * 0.25 \text{ m} * 2.25 \text{ m} * 2.60 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^3} = 2.19 \frac{\text{Ton}}{\text{m}}$$

Determinación de cargas vivas.

Al momento de calcular la carga viva se deben calcular y aplicar el factor de impacto y el factor de distribución que especifica AASHTO.

Factor de impacto:

Este factor toma en cuenta la fuerza del golpe de las ruedas sobre el puente al momento de ingresar el vehículo, está dado por la formula.

$$FI = 1 + \frac{15}{L + 38}$$

$$FI = 1 + \frac{15}{30.00 + 38} = 1.22$$

Factor de distribución: Indica qué porcentaje del peso de cada rueda está actuando sobre la viga, está dado según el tipo de vigas, longitud del puente y cantidad de carriles y separación entre vigas. La tabla 3.23.1 Distribution of Wheel Loads in Longitudinal Beams, de la AASHTO 2002, indica las ecuaciones para calcular este factor, a continuación se reproduce la sección de la tabla relacionada con vigas T.

FACTOR DE DISTRIBUCION DE RUEDA POR VIGAS		
TIPO DE LOSA	UNA LINEA DE TRANSITO	DOS O MAS LINEAS DE TRANSITO
CONCRETO VIGAS T	1.98	1.83

Tabla No. 146: Factor de distribución de rueda para vigas.
Elaborado por: AASHTO 2002, tabla 3.23.1 p. 33.

$$Fd = \frac{S}{1.83} \Rightarrow \text{para puentes con dos o mas lineas de transito}$$

$$Fd = \frac{2.70}{1.83} = \mathbf{1.48}$$

Con los factores se procede a aplicarlos en las ruedas del camión de carga, obteniendo los siguientes resultados:

$$P' = \frac{W_{RUEDAS\ DELANTERAS}}{2} * FI * Fd$$

$$P' = \frac{4.55\ Ton}{2} * 1.22 * 1.48 = \mathbf{4.11\ Ton}$$

$$P = \frac{W_{RUEDAS\ TRASERAS}}{2} * FI * Fd$$

$$P = \frac{18.175\ Ton}{2} * 1.22 * 1.48 = \mathbf{16.41\ Ton}$$

Momento máximo.

Con las cargas factoradas se procede a calcular el momento máximo en la viga debido a la carga viva, al no estar al centro de la viga se procede a calcularlo por medio de líneas de influencia. Se calcularán las líneas de influencia para el camión de carga al centro de la viga y en el punto de momento máximo, se compararán los momentos para utilizar el momento máximo.

Líneas de influencia: el camión está en $x = 15,00$ metros (centro de la viga). Aplicando varias cargas unitarias se obtiene el siguiente diagrama, a continuación se muestran los resultados obtenidos:

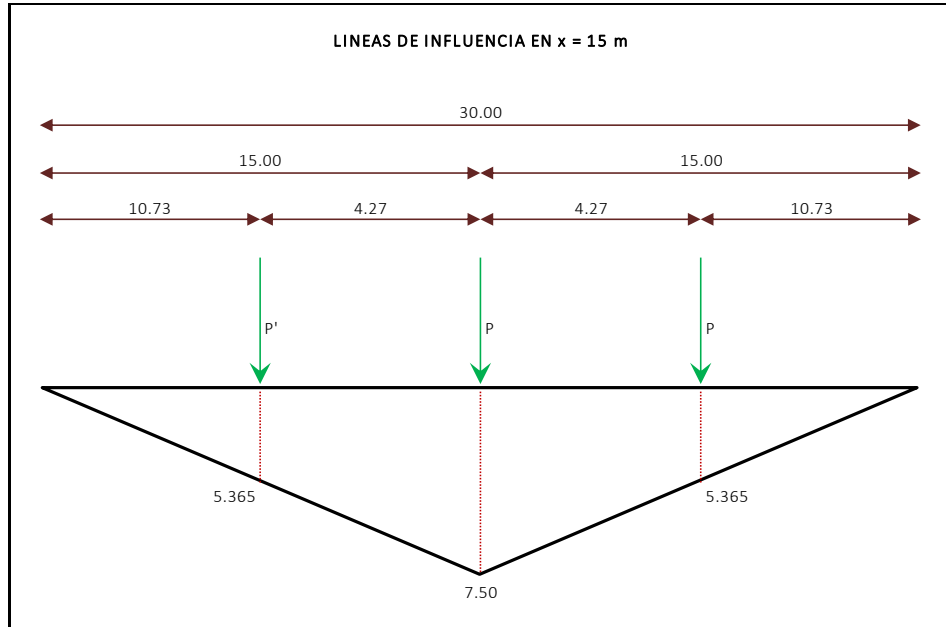


Figura No. 41: Líneas de influencia en $x = 15,00\text{ m}$
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Momento carga viva:

$$M_L = (5,36 \cdot 4,11) + (7,50 \cdot 16,41) + (5,36 \cdot 16,41) = \mathbf{233,17\text{ Ton} - m}$$

Momento de carga muerta distribuida:

$$M_{D1} = \frac{1}{2} \cdot 7,50 \cdot 30,00 \cdot 4,37 = \mathbf{491,63\text{ Ton} - m}$$

Momento de carga muerta puntual del diafragma:

$$M_{D1} = 7,50 \cdot 2,19 = \mathbf{16,43\text{ Ton} - m}$$

Momento de carga muerta:

$$M_D = 491,63 + 16,43 = \mathbf{508,06\text{ Ton} - m}$$

Para determinar el momento último se utiliza la tabla 3.22.1A de coeficientes γ y β de la AASTHO 2002 que indica los coeficientes para las diferentes combinaciones de carga. La tabla se reproduce a continuación. La combinación de cargas a utilizar es $M_u = 1.3 (M_D + 1.67 M_L)$, por lo tanto los momentos últimos para las dos posiciones del camión de carga son las siguientes:

Col. No.	1	2	3	3A	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
GROUP	γ	β FACTORS													
		D	(L+I) _n	(L+I) _p	CF	E	B	SF	W	WL	LF	R+S+T	EQ	ICE	%
SERVICE LOAD	I	1.0	1	1	0	1	β_E	1	1	0	0	0	0	0	100
	IA	1.0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150
	IB	1.0	1	0	1	1	β_E	1	1	0	0	0	0	0	**
	II	1.0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	125
	III	1.0	1	1	0	1	β_E	1	1	0.3	1	1	0	0	125
	IV	1.0	1	1	0	1	β_E	1	1	0	0	0	1	0	125
	V	1.0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	140
	VI	1.0	1	1	0	1	β_E	1	1	0.3	1	1	1	0	140
	VII	1.0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	133
	VIII	1.0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	140
IX	1.0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	150	
X	1.0	1	1	0	0	β_E	0	0	0	0	0	0	0	100	
LOAD FACTOR DESIGN	I	1.3	β_D	1.67*	0	1.0	β_E	1	1	0	0	0	0	0	Not Applicable
	IA	1.3	β_D	2.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	IB	1.3	β_D	0	1	1.0	β_E	1	1	0	0	0	0	0	
	II	1.3	β_D	0	0	0	β_E	1	1	1	0	0	0	0	
	III	1.3	β_D	1	0	1	β_E	1	1	0.3	1	1	0	0	
	IV	1.3	β_D	1	0	1	β_E	1	1	0	0	0	1	0	
	V	1.25	β_D	0	0	0	β_E	1	1	1	0	0	1	0	
	VI	1.25	β_D	1	0	1	β_E	1	1	0.3	1	1	1	0	
	VII	1.3	β_D	0	0	0	β_E	1	1	0	0	0	0	1	
	VIII	1.3	β_D	1	0	1	β_E	1	1	0	0	0	0	0	
IX	1.20	β_D	0	0	0	β_E	1	1	1	0	0	0	0		
X	1.30	1	1.67	0	0	β_E	0	0	0	0	0	0	0		

Tabla No. 147: coeficientes γ y β de la AASTHO 2002.
Elaborado por: AASTHO 2002, tabla 3.22.1A.

Para el camión de carga en $x = 15.00$ metros:

$$M_u = 1.3\{508.06 + 1.67[233.17]\} = 1166.69 \text{ Ton} - m$$

Diseño final de la viga.

Para el diseño de la viga y calcular el área de acero necesaria para resistir el momento máximo se utiliza las siguientes ecuaciones:

$$\phi M_u = \phi \left\{ \rho b f_y d^2 \left[1 - 0.6 \frac{\rho f_y}{f'_c} \right] \right\}$$

Al sustituir los datos conocidos se obtiene una ecuación de segundo grado en función de ρ , y al resolverla se obtienen los siguientes resultados:

$$\rho = \frac{-b \pm \sqrt{\{b^2 - [4 a c]\}}}{2 a} = \text{FORMULA GENERAL}$$

$$\rho = \begin{cases} \rightarrow 0.108727 \\ \rightarrow \mathbf{0.002384} \end{cases}$$

$$\rho_b = \frac{\phi \beta_1 f'c}{f_y} * \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 * 0.85 * 280.00}{4200} * \frac{600}{600 + 4200} = \mathbf{0.006021}$$

$$0.75\rho_b = 0.006021 * 0.75 = \mathbf{0.004516}$$

$$As = \rho b d$$

$$As = 0.002384 * 270.00 * 210.00 = \mathbf{135.17 \text{ cm}^2}$$

$$a = \frac{As f_y}{0.85 f'c b}$$

$$a = \frac{135.17 * 4200.00}{0.85 * 280.00 * 270.00} = \mathbf{8.84 \text{ cm}}$$

Al compararlo con el límite máximo de $0.75\rho=0.004516$ se toma como cuantía de acero $\rho=0.002384$, por lo que el área de acero (As) requerida para el momento factorado (M_u) igual a 1166.69 tonelada - metro es 135.17 centímetros cuadrados como refuerzo a flexión. Al calcular la altura del eje neutro se obtiene una altura de 8.84 centímetros comprobando que se comporta todavía como una viga rectangular al estar dentro de la altura de la losa.

9.6.5 DISEÑO DE LA VIGA BAJO CAMION DE CARGA HS-MOP + 10%

A continuación se desarrolla el diseño de la viga propuesta del puente para obtener el momento necesario a alcanzar y acero de refuerzo que es necesario colocar para la nueva resistencia requerida.

9.6.6 CONSIDERACIONES DE DISEÑO.

El camión de carga a utilizar para el diseño de la nueva viga es el HS-MOP + 10%, que tiene las características mostradas en la siguiente tabla. Tiene las mismas dimensiones pero es más pesado que el HS-MOP.

CAMIONES DE DISEÑO				
Camion	Eje Delantero	Eje Posterior	Eje Posterior	W (Ton)
HS-MOP + 10%	5.01	19.99	19.99	25

Tabla No. 148: Características camión de diseño HS-MOP + 10%.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

9.6.7 PREDIMENSIONAMIENTO DE LA VIGA.

La superestructura a utilizar para el puente es la misma que se utilizó para diseño con camión de carga HS-MOP, con la diferencia que ahora se diseñará para un camión de carga HS-MOP + 10%.

9.6.8 MEMORIA DE CALCULO.

La sección de la viga T es la misma que se utilizó para diseñar con el camión de carga HS-MOP, por lo que no se repetirán los criterios de predimensionamiento. Con la sección definida se procede a diseñar la viga con el siguiente procedimiento:

Determinación de la carga muerta.

Al ser la misma sección de viga la carga muerta no cambia, el peso propio total y de diafragma son los mismos, siendo estos: P. Propio Total = 4.37 Ton y P. Propio Diafragma = 2.19 Ton.

Determinación de cargas vivas.

Como la sección de la superestructura no cambia, los factores de impacto y de distribución son los mismos, siendo estos: $FI=1.22$, $Fd=1.48$. Ya con los factores se procede a aplicarlos en las ruedas del camión de carga, obteniendo los siguientes resultados:

$$P' = \frac{W_{RUEDAS\ DELANTERAS}}{2} * FI * Fd$$

$$P' = \frac{5.01\ Ton}{2} * 1.22 * 1.48 = \mathbf{4.52\ Ton}$$

$$P = \frac{W_{RUEDAS\ TRASERAS}}{2} * FI * Fd$$

$$P = \frac{19.99\ Ton}{2} * 1.22 * 1.48 = \mathbf{18.05\ Ton}$$

Momento carga viva:

$$M_L = (5.36 * 4.52) + (7.50 * 18.05) + (5.36 * 18.05) = \mathbf{256.46\ Ton - m}$$

El momento por carga muerta es el mismo que en diseño para camión de carga HS-MOP, este es: $M_D = 508.06\ Ton - m$, ya que la sección de la viga no cambia. Para calcular el momento máximo se utiliza la misma ecuación utilizada para el cálculo con el camión de carga HS-MOP. La combinación de cargas a utilizar es: $M_u = 1.3 (M_D + 1.67 M_L)$.

Para el camión de carga en $x = 15.00$ metros:

$$M_U = 1.3\{508.06 + 1.67[256.46]\} = \mathbf{1217.25\ Ton - m}$$

Diseño final de la viga.

Para el diseño de la viga y calcular el área de acero necesaria para resistir el momento máximo se utiliza las siguientes ecuaciones:

$$\phi M_u = \phi \left\{ \rho b f_y d^2 \left[1 - 0.6 \frac{\rho f_y}{f'_c} \right] \right\}$$

Al sustituir los datos conocidos se obtiene una ecuación de segundo grado en función de ρ , y al resolverla se obtienen los siguientes resultados:

$$\rho = \frac{-b \pm \sqrt{\{b^2 - [4 a c]\}}}{2 a} = \text{FORMULA GENERAL}$$

$$\rho = \begin{cases} \rightarrow 0.108621 \\ \rightarrow \mathbf{0.002489} \end{cases}$$

$$\rho_b = \frac{\phi \beta_1 f'c}{f_y} * \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 * 0.85 * 280.00}{4200} * \frac{600}{600 + 4200} = \mathbf{0.006021}$$

$$0.75\rho_b = 0.006021 * 0.75 = \mathbf{0.004516}$$

$$As = \rho b d$$

$$As = 0.002489 * 270.00 * 210.00 = \mathbf{141.13 \text{ cm}^2}$$

$$a = \frac{As f_y}{0.85 f'c b}$$

$$a = \frac{141.13 * 4200.00}{0.85 * 280.00 * 270.00} = \mathbf{9.22 \text{ cm}}$$

Al compararlo con el límite máximo de $0.75\rho=0.004516$ se toma como cuantía de acero $\rho=0.002489$, por lo que el área de acero (As) requerida para el momento factorado (M_u) igual a 1217.25 tonelada - metro es 141.13 centímetros cuadrados como refuerzo a flexión. Al calcular la altura del eje neutro se obtiene una altura de 9.22 centímetros comprobando que se comporta todavía como una viga rectangular al estar dentro de la altura de la losa.

9.6.9 COMPARACION ENTRE VIGAS DISEÑADAS PARA HS-MOP Y HS-MOP + 10%.

Después de realizar el diseño de las dos superestructuras podemos comparar los datos obtenidos para los diferentes camiones de carga utilizados. Estos se resumen en la siguiente tabla:

COMPARACION DE MOMENTOS ENTRE VIGAS		
CAMION DE DISEÑO	Mu	As
HS-MOP	1166.69	135.17
HS-MOP + 10%	1217.25	141.13

Tabla No. 149: Comparación de momentos entre vigas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

9.6.10 DIFERENCIAS DE MOMENTOS MAXIMOS.

Al comparar el resultado del momento máximo de cada viga se puede ver una diferencia de momentos y de área de acero. Se llega a la conclusión que el puente diseñado con el camión de carga HS-MOP tiene una deficiencia de refuerzo y no soporta el paso de un camión de carga HS-MOP + 10%. La diferencia de momentos es igual a:

$$\Delta M_u = 1217.25 - 1166.69 = \mathbf{50.56 \text{ Ton} - m}$$

9.6.10 REFUERZO NECESARIO PARA AUMENTAR LA CAPACIDAD DE CARGA.

Para calcular el refuerzo necesario se utiliza la diferencia de momentos obtenida y se sustituye en la ecuación:

$$\phi M_u = \phi \left\{ \rho b f_y d^2 \left[1 - 0.6 \frac{\rho f_y}{f'_c} \right] \right\}$$

$$\rho = 0.0001012$$

$$A_s = \rho b d$$

$$A_s = 0.0001012 * 270.00 * 210.00 = \mathbf{5.74 \text{ cm}^2}$$

Se obtiene como resultado un área de acero de refuerzo (A_s) de 5.74 centímetros cuadrados para el momento último (M_u) 50.56 tonelada-metro. Este refuerzo de acero adicional se debe colocar en la viga, pero su colocación por métodos tradicionales es difícil, y por ser una viga de puente hay una dificultad extra en el trabajo, por lo que el refuerzo de fibra de carbono se calculará para reemplazar ese acero adicional necesario.

9.6.11 ESTIMACION DEL REFUERZO CON FIBRA DE CARBONO.

La información que es importante obtener de la viga son las dimensiones de la sección, su longitud, tipo de apoyo y cargas que soporta. Con esta información se procede a realizar la evaluación de las vigas dañadas para determinar su resistencia actual y la cantidad de refuerzo adicional a colocar para aumentar su resistencia de camiones de carga HS-MOP a HS-MOP + 10% que transitan actualmente. En este caso la sección de la viga es conocida, pues se reforzará la viga diseñada en los ítems anteriores para que soporte el camión de carga HS-MOP + 10% según el diseño de la viga en las secciones anteriores. Las características de la superestructura se resumen en la siguiente tabla.

PROPIEDADES DE LA VIGA PUENTE CEBADAS		
hf	20.00	cm
bw	45.00	cm
L	30.00	m
b	270.00	cm
d	210.00	cm
df	220.00	cm
f'c	280.00	kg/cm ²
fy	4200.00	kg/cm ²
a	8.84	cm
ϕM_n Sin CFRP	10293.88	kn-m

Tabla No. 150: Propiedades de la viga del puente Cebadas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

$$\phi = 0.90$$

$$\phi M_n \text{ sin CFRP} = \phi A_s f_y \left\{ d - \frac{a}{2} \right\}$$

$$\phi M_n \text{ sin CFRP} = 0.90 * 135.17 * 4200 \left\{ 210 - \frac{8.84}{2} \right\} = \mathbf{10293.88 \text{ kN} - \text{m}}$$

El refuerzo de fibra de carbono que se utilizará es fabricado por Sika y se propone utilizar 8 tiras de 90 milímetros de ancho, mismas que serán colocadas según el detalle del refuerzo CFRP en la cara inferior de la viga. Sus propiedades son obtenidas de la hoja técnica del producto Sika Carbodur resumidas en la siguiente tabla.

SIKA CARBODUR S 914		
Espesor de la tira, t_f	1.40	mm
Resistencia ultima a tension, f^*f_u	3100.00	N/mm ²
Deformacion de falla, E^*f_u	1.70	%
Modulo de elasticidad del FRP, E_f	165000.00	N/mm ²

Tabla No. 151: Propiedades del refuerzo CFRP Sika Carbodur.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Las cargas y momentos de las vigas de la superestructura se resumen en la siguiente tabla:

CARGAS Y MOMENTOS CAMIONES HS-MOP - HS-MOP + 10%		
CARGA/MOMENTO	CARGA ACTUAL	CARGA ESPERADA
WDL	42.87	42.87
WLL	13.76	15.14
WLL+WDL	56.63	58.01
1.1WDL+0.75WLL		58.51
1.3(WDL+1.67WLL)	85.60	88.59
MDL	4978.99	4978.99
MLL	2285.07	2513.31
MS	7264.06	7492.30
1.1MDL+0.75MLL		7361.87
1.3(MDL+1.67MLL)	11433.57	11929.08

Tabla No. 152: Cargas y Momentos de diseño de las vigas del puente Cebadas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Estimación del refuerzo con fibra de carbono.

Antes de iniciar el cálculo del refuerzo de la fibra de carbono se debe verificar que la estructura cumpla con el criterio de esfuerzo límite, según se la siguiente ecuación:

$$\phi M_n > 1.1 M_{DL} + 0.75 M_{LL}$$

$$11437.64 \text{ kN} - \text{m} > 7361.87 \text{ kN} - \text{m} \rightarrow \text{ok}$$

La ecuación estipula que el momento resistente nominal existente sin refuerzo CFRP es de $\phi M_n = 11433.57 \text{ kN}\cdot\text{m}$ y es mayor que el momento límite sin refuerzo con la carga anticipada $1.1 M_{DL} + 0.75 M_{LL} = 7361.87 \text{ kN}\cdot\text{m}$, este nos permite seguir con el procedimiento de cálculo se desarrolla a continuación.

Estimación de las propiedades del sistema CFRP.

Al ser una viga de puente su condición de exposición es exterior, por lo tanto según la tabla II el factor de reducción a utilizar es de 0,85.

resistencia ultima de diseño a tension $\rightarrow f_{fu} = C_E f_{fu}^*$

$$f_{fu} = 0.85 * 3100.00 \frac{N}{mm^2} = \mathbf{2635.00 \frac{N}{mm^2}}$$

deformacion de ruptura de diseño del refuerzo CFRP $\rightarrow \varepsilon_{fu} = C_E \varepsilon_{fu}^*$

$$\varepsilon_{fu} = 0.85 * 0.0170 \frac{mm}{mm} = \mathbf{0.01445 \frac{mm}{mm}}$$

Estimaciones preliminares.

modulo de elasticidad del concreto $\rightarrow E_c = 4730 \sqrt{f'_c}$

$$E_c = 4730 \sqrt{28.00 \frac{N}{mm^2}} = \mathbf{25028.81 \frac{N}{mm^2}}$$

$$\beta_1 = 1.05 - 0.05 \frac{f'_c}{6.9}$$

$$\beta_1 = 1.05 - 0.05 \frac{28.00 \frac{N}{mm^2}}{6.9} = \mathbf{0.85}$$

area de refuerzo CFRP $\rightarrow A_f = n t_f W_f$

$$A_f = 8 * 1.40mm * 90 mm = \mathbf{1008.00 mm^2}$$

Determinar la deformación existente en la cara inferior.

La deformación existente es calculada asumiendo que la viga está fracturada y las únicas cargas actuando sobre la viga al momento de la colocación del refuerzo CFRP es la carga muerta. Para determinar el momento de inercia de la sección fisurada, I_{cr} primero se calcula la posición del eje neutro de la viga T . Sustituyendo y resolviendo para c la ecuación:

$$b_w(c - h_f)^2 - 2 n A_s (d - c) + b h_f (2c - h_f) = 0$$

$$0.45 c^2 + 1.116272 c - 0.5441712 = 0$$

$$c = 0.42 \text{ m}$$

Sustituyendo datos se obtiene una distancia 0.42 metros desde la fibra extrema a compresión al eje neutro, esta es mayor que el espesor del ala de la viga, por lo tanto el I_{cr} se tiene que calcular para una viga T . Al sustituir los datos de la sección de la viga en la siguiente fórmula:

$$I_{cr} = \frac{1}{3} b_w (c - h_f)^3 + \frac{1}{12} b h_f^3 + b h_f \left(c - \frac{h_f}{2} \right)^2 - n A_s (d - c)^2$$

$$I_{cr} = 363896246400.00 \text{ mm}^4$$

$$c = kd \rightarrow k = \frac{c}{d}$$

$$k = \frac{0.42 \text{ m}}{2.10 \text{ m}} = 0.20 \frac{\text{mm}}{\text{mm}}$$

La deformación se obtiene por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{deformacion del concreto al colocar CFRP} \rightarrow \varepsilon_{bi} = \frac{M_{DL}(d_f - kd)}{I_{cr} E_c}$$

$$\varepsilon_{bi} = \frac{4978880.00 \text{ kN} - \text{m} \left(2200 \text{ mm} - \left[0.20 \frac{\text{mm}}{\text{mm}} * 2100 \text{ mm} \right] \right)}{363896246400.00 \text{ mm}^4 * 25.02881 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}}$$

$$\varepsilon_{bi} = 0.000973068645914$$

Determinar el coeficiente de dependencia del adhesivo del sistema CFRP.

El coeficiente de dependencia del adhesivo k_m para flexión se calcula en función del valor resultante de comparar:

$$E_f t_f > 180000 \frac{N}{mm}$$

$$165000 \frac{N}{mm^2} * 1.40 m = 231000 \frac{N}{mm} > 180000 \frac{N}{mm}$$

$$k_m = \frac{1}{60 \varepsilon_{fu}} \left\{ \frac{90000}{E_f t_f} \right\} \leq 0.90$$

$$k_m = \frac{1}{60 * 0.01445} \left\{ \frac{90000}{231000} \right\} = \mathbf{0.45 \leq 0.90}$$

Estimación de c , la profundidad del eje neutro.

Un valor razonable de c para iniciar es $0.20d$. El valor de c es ajustado después comparar equilibrio entre valor de c asumido y c calculado. Este valor sugerido es $c = 420.00$ milímetros, y al realizar los cálculos no se obtiene el equilibrio buscado, por lo que por motivos ilustrativos se utiliza para los cálculos siguientes $c = 230.00$ milímetros, valor donde se alcanza el equilibrio.

Determinar el nivel de deformación efectiva del refuerzo CFRP.

$$\varepsilon_{fe} = 0.003 \left\{ \frac{df - c}{c} \right\} - \varepsilon_{bi} \leq k_m \varepsilon_{fu}$$

$$\varepsilon_{fe} = 0.003 \left\{ \frac{2200.00 mm - 230.00 mm}{230.00 mm} \right\} - 0.000973068645914$$

$$\varepsilon_{fe} = 0.024723 \leq 0.45 * 0.01445$$

$$\varepsilon_{fe} = 0.024723 \leq 0.0065025 \rightarrow \text{No es correcto}$$

El resultado de la primera ecuación es mayor que el límite. En este caso, el modo de fallo es el fallo del CFRP y el resultado final, el valor límite de deformación:

$$\varepsilon_{fe} = \mathbf{0.0065025}$$

Debe notarse que para la profundidad del eje neutro seleccionada, la falla por adherencia debe ser el modo de falla gobernante porque la segunda expresión de la ecuación gobierna. Si la primera expresión de la ecuación gobierna la falla por aplastamiento del concreto es la que gobierna. Debido a que el CFRP controla el modo de falla de la sección, la deformación unitaria del concreto a la falla debe ser menor que 0,003, y se calcula con la ecuación:

$$\varepsilon_c = (\varepsilon_{fe} + \varepsilon_{bi}) \left(\frac{c}{df - c} \right)$$

$$\varepsilon_c = (0.0065025 + 0.000973068645914) \left(\frac{230 \text{ mm}}{2200 \text{ mm} - 230 \text{ mm}} \right)$$

$$\varepsilon_c = \mathbf{0.00087278}$$

Estimación de la deformación en el acero de refuerzo existente.

$$\varepsilon_s = (\varepsilon_{fe} + \varepsilon_{bi}) \left(\frac{d - c}{df - c} \right)$$

$$\varepsilon_s = (0.0065025 + 0.000973068645914) \left(\frac{2100 \text{ mm} - 230 \text{ mm}}{2200 \text{ mm} - 230 \text{ mm}} \right)$$

$$\varepsilon_s = \mathbf{0.0070961}$$

Estimación del esfuerzo en el acero de refuerzo.

$$fs = E_s \varepsilon_s \leq fy$$

$$fs = 200.00 \frac{kN}{mm^2} * 0.0070961 \leq 0.4200 \frac{kN}{mm^2}$$

$$fs = 1.42 \frac{kN}{mm^2} \leq 0.4200 \frac{kN}{mm^2}$$

$$fs > fy \rightarrow \text{entonces } fs = \mathbf{0.4200 \frac{kN}{mm^2}}$$

Estimación del esfuerzo en el CFRP.

$$f_{fe} = E_f \varepsilon_{fe}$$

$$f_{fe} = 165.00 \frac{kN}{mm^2} * 0.0065025 = \mathbf{1.0729 \frac{kN}{mm^2}}$$

Estimación de fuerzas internas resultantes y revisión de equilibrio.

Los Factores del bloque de esfuerzos se basan en una distribución parabólica de la relación esfuerzo/deformación del concreto calculados de la forma siguiente:

$$\varepsilon'_c = \frac{1.7 f'_c}{E_c}$$

$$\varepsilon'_c = \frac{1.7 * 28.00 \frac{N}{mm^2}}{25028.81 \frac{N}{mm^2}} = \mathbf{0.0019018}$$

$$\beta_1 = \frac{4 \varepsilon'_c - \varepsilon_c}{6 \varepsilon'_c - 2 \varepsilon_c}$$

$$\beta_1 = \frac{(4 * 0.0019018) - (0.00087278)}{(6 * 0.0019018) - (2 * 0.00087278)} = \mathbf{0.6967669}$$

$$\alpha_1 = \frac{3 \varepsilon'_c \varepsilon_c - \varepsilon_c^2}{3 \beta_1 \varepsilon_c^2}$$

$$\alpha_1 = \frac{(3 * 0.0019018 * 0.00087278) - 0.00087278^2}{3 * 0.6967669 * 0.0019018^2} = \mathbf{0.5578896}$$

$$c = \frac{A_s f_s + A_f f_{fe}}{\alpha_1 f'_c \beta_1 b}$$

$$c = \frac{13517 \text{ mm}^2 * 420 \frac{N}{mm^2} + 1008.00 \text{ mm}^2 * 1071.90 \frac{N}{mm^2}}{0.5578896 * 28.00 \frac{N}{mm^2} * 0.6967669 * 2700 \text{ mm}}$$

$$c = \mathbf{230.00 \text{ mm}}$$

$c = 230.00 \text{ mm} = 230.00 \text{ mm}$ estimado → *Estamos en equilibrio*

Ajuste de c hasta obtener equilibrio.

El valor de c asumido y el c calculado son iguales, por lo que existe equilibrio de esfuerzos. Si los dos valores de c no coinciden, los pasos anteriores se repiten hasta obtener equilibrio.

Estimación del esfuerzo a flexión de los componentes.

$$Mn = As fs \left(d - \frac{\beta_1 c}{2} \right) + \psi_f Af f_{fe} \left(df - \frac{\beta_1 c}{2} \right)$$

$$\text{Contribucion del acero} \rightarrow Mns = As fs \left(d - \frac{\beta_1 c}{2} \right)$$

$$Mns = 13517 \text{ mm}^2 * 420 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \left(2100 \text{ mm} - \frac{0.6967669 * 230 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$\mathbf{Mns = 11467.10 \text{ kN} - \text{m}}$$

$$\text{Contribucion del CFRP} \rightarrow Mnf = Af f_{fe} \left(df - \frac{\beta_1 c}{2} \right)$$

$$Mnf = 1008 \text{ mm}^2 * 1071.9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \left(2200 \text{ mm} - \frac{0.696766 * 230 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$\mathbf{Mnf = 2292.63 \text{ kN} - \text{m}}$$

$$\phi Mn = \phi (Mns + \psi_f Mnf)$$

$$\phi Mn = 0.90(11467.10 \text{ kN} - \text{m} + [0.85 * 2292.63 \text{ kN} - \text{m}])$$

$$\mathbf{\phi Mn = 12074.25 \text{ kN} - \text{m} \geq 11929.08 \text{ kN} - \text{m}}$$

Se obtiene el resultado satisfactorio de que la sección reforzada es capaz de sostener la nueva carga requerida.

Evaluación de los esfuerzos de servicio en el acero de refuerzo en el CFRP.

El cálculo de la profundidad del eje neutro de la sección fisurada puede ser simplificado para una viga rectangular sin refuerzo a compresión según la ecuación:

$$k = \sqrt{\left[\rho_s \frac{E_s}{E_c} + \rho_f \frac{E_f}{E_c}\right]^2 + 2 \left[\rho_s \frac{E_s}{E_c} + \rho_f \frac{E_f}{E_c} \left(\frac{df}{d}\right)\right]} - \left\{\rho_s \frac{E_s}{E_c} + \rho_f \frac{E_f}{E_c}\right\}$$

$$\text{cuantía de acero refuerzo} \rightarrow \rho_s = \frac{A_s}{b d}$$

$$\rho_s = \frac{13517 \text{ mm}^2}{2700 \text{ mm} * 2100 \text{ mm}} = \mathbf{0.0023840}$$

$$\text{cuantía del refuerzo CFRP} \rightarrow \rho_f = \frac{A_f}{b df}$$

$$\rho_s = \frac{1008.00 \text{ mm}^2}{2700 \text{ mm} * 2200 \text{ mm}} = \mathbf{0.0001697}$$

Sustituyendo los datos en la ecuación tenemos $k = \mathbf{0.18194555}$

$$kd = 0.18194555 * 2100.00 \text{ mm} = \mathbf{382.09 \text{ mm}}$$

El esfuerzo en el acero de refuerzo se calcula y verifica que sea menor que el límite recomendado con la ecuación:

$$f_{s,s} = \frac{\left[M_s + \varepsilon_{bi} A_f E_f \left(d - \frac{kd}{3}\right)\right] (d - kd) E_s}{A_s E_s \left(d - \frac{kd}{3}\right) (d - kd) + A_f E_f \left(d - \frac{kd}{3}\right) (d - kd)} \leq 0.80 f_y$$

$$f_{s,s} = 274.77 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$f_{s,s} = 274.77 \frac{N}{\text{mm}^2} \leq 0.80 * \left(420.00 \frac{N}{\text{mm}^2}\right)$$

$$f_{s,s} = 274.77 \frac{N}{\text{mm}^2} \leq 336.00 \frac{N}{\text{mm}^2} \rightarrow \text{Si cumple con el límite}$$

El nivel de esfuerzo en el acero de refuerzo es menor por lo tanto sí cumple con el límite recomendado.

Límite de flujo plástico del CFRP bajo cargas de servicio.

$$ff,s = f_{s,s} \left(\frac{E_f}{E_s} \right) \left(\frac{df - kd}{d - kd} \right) - \varepsilon_{bi} E_f < 0.55 f_{fu}$$

Sustituyendo los datos en la ecuación $\rightarrow ff,s = 79.33 \frac{N}{mm^2}$

$$ff,s = 79.33 \frac{N}{mm^2} < 0.55 * 2635.00 \frac{N}{mm^2}$$

$$ff,s = 79.33 \frac{N}{mm^2} < 1449.25 \frac{N}{mm^2} \rightarrow \text{Si cumple con el limite}$$

La ecuación se cumple, por lo que el esfuerzo en el CFRP está dentro de los límites recomendados para los esfuerzos de cargas cíclicas.

Comprobación a esfuerzo cortante.

Una vez diseñado el refuerzo a flexión de la viga mediante laminado de fibra de carbono, vamos a comprobar que la viga es capaz de soportar los nuevos esfuerzos cortantes debido al cambio de uso. Dado que nuestro refuerzo CFRP está calculado para trabajar conjuntamente con la viga a esfuerzos de flexión. El procedimiento para la comprobación a esfuerzo cortante se detalla a continuación:

DATOS DE DISEÑO PARA LA COMPROBACION A ESFUERZO CORTANTE		
CM	4.37	Ton
L	30	m
P	9.995	Ton
D	4.27	m
f	1.48	a
bw	45	cm
L	30	m
f'c	280	kg/cm2
fy	4200	kg/cm2
RA	65.55	Ton

Tabla No. 153: Datos de diseño para la comprobación a cortante.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Estimación de cortantes a diferentes distancias.

ESTIMACION DE CORTANTES PARA DIFERENTES DISTANCIAS					
TRAMOS	REACCIONES	IMPACTO	VCM	VCV+I	VU
0	20.35	0.22	65.55	36.77	165.04
3	18.11	0.23	52.44	32.98	139.77
6	15.86	0.24	39.33	29.15	114.41
9	13.61	0.25	26.22	25.26	88.93
15	9.11	0.28	0.00	17.30	37.56

Tabla No. 154: Estimación de cortantes a diferentes distancias.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Estimación del cortante a distancia d.

Realizamos una regla de 3 para encontrar la cortante a una distancia d de la cara del estribo es decir en x=12.90 m y tenemos Vu=147.19 Ton.

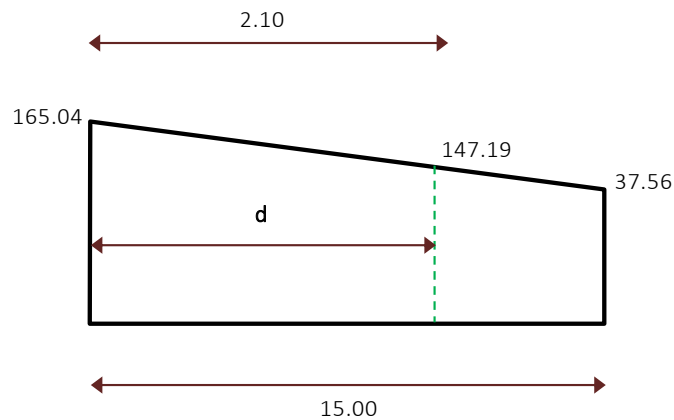


Figura No. 42: Estimación del cortante a una distancia d.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

$$Vu = Vu.max - \left\{ \frac{(Vu.max - Vu.min) * (d)}{L} \right\}$$

$$Vu = 165.04 \text{ Ton} - \left\{ \frac{(165.04 \text{ Ton} - 37.56 \text{ Ton}) * (2.10 \text{ m})}{15.00 \text{ m}} \right\}$$

$$Vu = 147.19 \text{ Ton}$$

Estimación del esfuerzo cortante último.

$$V_u = \frac{v_u}{\phi b_w d}$$
$$V_u = \frac{147190.00 \text{ kg}}{0.85 * 45.00 \text{ cm} * 210.00 \text{ cm}} = 18.32 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Estimación del esfuerzo resistente del concreto.

$$v_c = 0.53 \sqrt{f'_c}$$
$$v_c = 0.53 * \sqrt{280.00 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 8.87 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Comprobación según ACI 2005 11.5.6.

$$0.53 \sqrt{f'_c} < V_u < 1.50 \sqrt{f'_c}$$

$$8.87 < V_u < 25.10 \rightarrow \text{Si cumple la condicion}$$

9.6.12 DETALLE DEL REFUERZO CFRP.

La capacidad de adherencia del refuerzo CFRP es desarrollada sobre una longitud de desarrollo l_{df} , pues para desarrollar el esfuerzo efectivo del refuerzo CFRP en la sección el anclaje disponible debe ser mayor que l_{df} , según la ecuación:

$$l_{df} = \sqrt{\frac{n E_f t_f}{\sqrt{f'_c}}}$$
$$l_{df} = \sqrt{\frac{2 * 165000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 1.40 \text{ mm}}{\sqrt{28.00 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}}} = 295.48 \text{ mm}$$

$$l_{df} = 295.48 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

La longitud del refuerzo CFRP está determinado por el momento de fisuramiento M_{cr} , ya que para vigas simplemente apoyadas el extremo de una capa de refuerzo CFRP debe terminar por lo menos a una distancia igual a l_{df} , pasado del punto donde se encuentra el M_{cr} . Para realizar un rápido análisis del lugar donde se deben colocar los extremos del refuerzo CFRP en vigas simplemente apoyadas, la norma indica que para refuerzo CFRP de una sola capa los extremos deben terminar a una distancia por lo menos igual a la longitud de desarrollo l_{df} .

Pasado del punto que corresponde al momento de agrietamiento M_{cr} en la viga. La capa más externa debe terminar a una distancia no menor de l_{df} pasado el punto que corresponde al M_{cr} de la viga. Cada capa sucesiva debe terminar a una distancia no menor de 150 milímetros (6 pulgadas) más allá de la capa previa. Como primer paso se necesita encontrar la posición del M_{cr} para esto se procede a calcularlo con el siguiente procedimiento.

PROPIEDADES GEOMÉTRICAS DE LA SECCIÓN									
FIG	b	h	A	x	y	Mx	My	Ix	Iy
1	2.70	0.20	0.54	1.35	2.10	1.13	0.73	0.26	3.94
2	0.45	2.00	0.90	1.35	1.00	0.90	1.22	0.45	0.18
A		Ix		x		Iy		y	
1.44		0.71		1.35		4.12		1.41	

Tabla No. 155: Propiedades geométricas de la sección.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

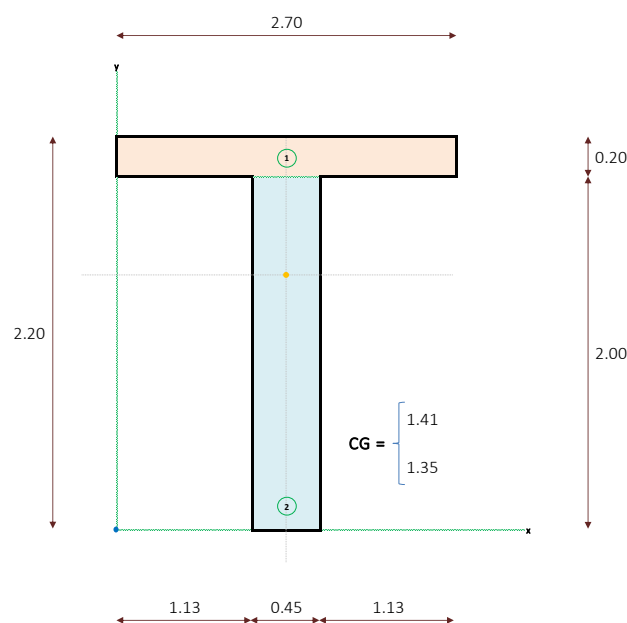


Figura No. 43: Sección T viga de hormigón del puente Cebadas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

$$f_r = 0.62\sqrt{f'_c}$$

$$f_r = 0.62\sqrt{28.00 \frac{N}{mm^2}} = 3.28 \frac{N}{mm^2}$$

$$I_g = 710175000000.00 \text{ mm}^4$$

$$y_t = 1412.50 \text{ mm}$$

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t}$$

$$M_{cr} = \frac{3.28 \frac{N}{mm^2} * 710175000000.00 \text{ mm}^4}{1412.50 \text{ mm}}$$

$$M_{cr} = 1649482182.16 \text{ N} - \text{mm} = \mathbf{168.31 \text{ Ton} - \text{m}}$$

Conociendo el momento de fisuramiento M_{cr} se procede a realizar el diagrama de momentos de la viga con el nuevo camión de carga para localizarlo y poder calcular la longitud del refuerzo a lo largo de la viga. Sumando la longitud de desarrollo l_{df} a la ubicación del momento de fisuramiento M_{cr} en cada lado de la viga se obtiene la ubicación donde debe terminar el refuerzo CFRP, a 5.88 metros de cada apoyo respectivamente.

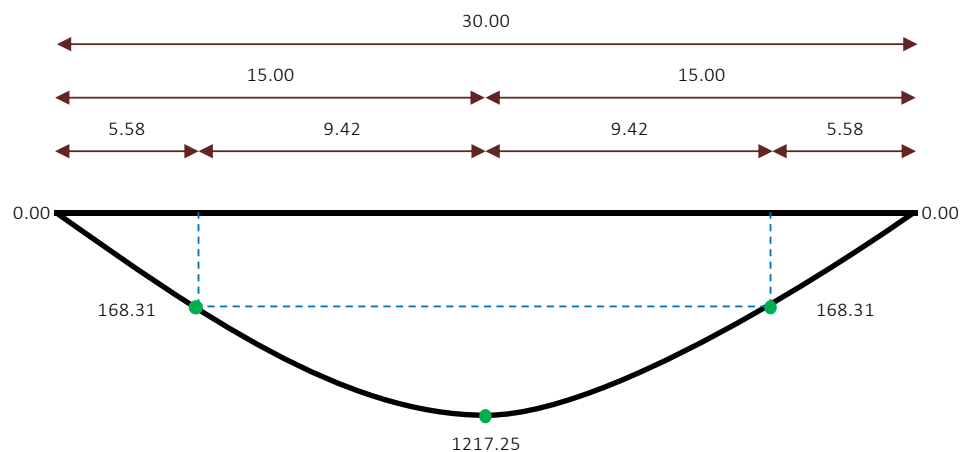


Figura No. 44: Diagrama de momentos camión HS-MOP + 10%.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Esto indica que el refuerzo CFRP termina a 5.88 metros de cada apoyo y que la longitud de la tira de refuerzo CFRP que se colocará en la viga es de 18.24 metros. Por facilidad de medida y colocación se decide que la primera capa de refuerzo tendrá una longitud de 18.50 metros y que se colocará a 5.75 metros de cada apoyo mientras que la segunda capa de refuerzo tendrá una longitud de 18.00 metros y que se colocara a cada 6.00 metros de cada apoyo.

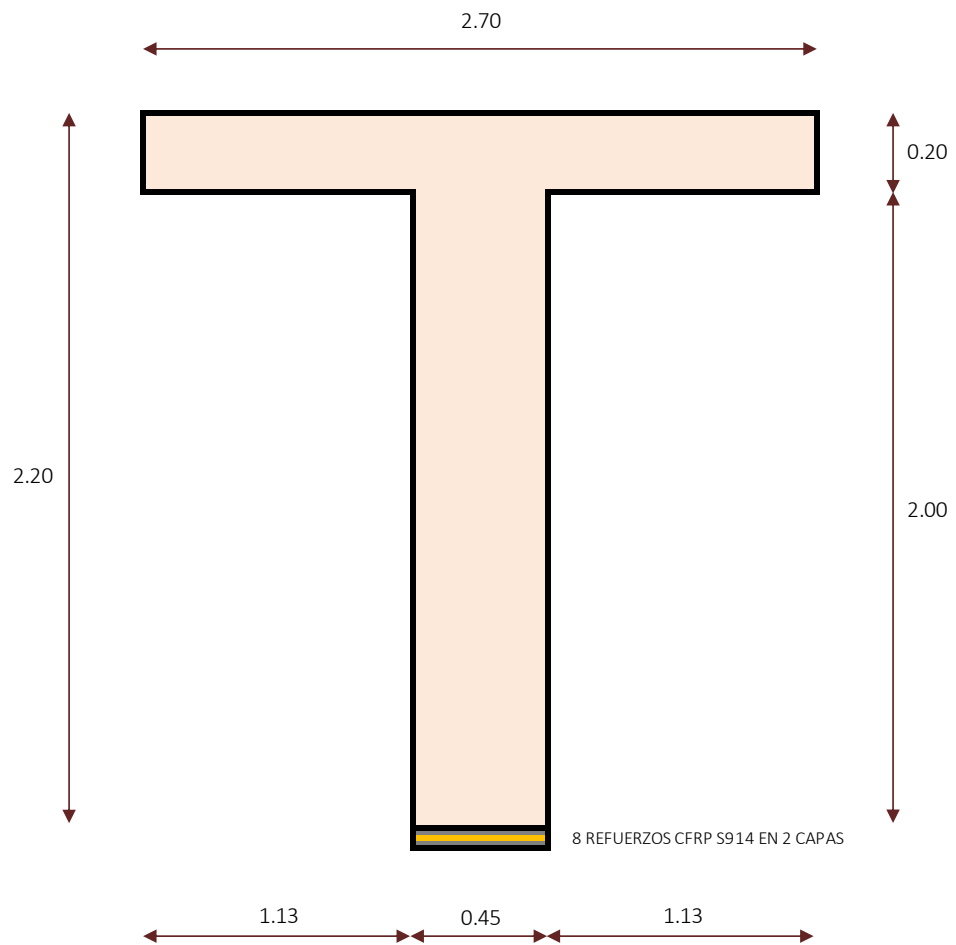


Figura No. 45: Sección transversal viga de hormigón reforzada.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

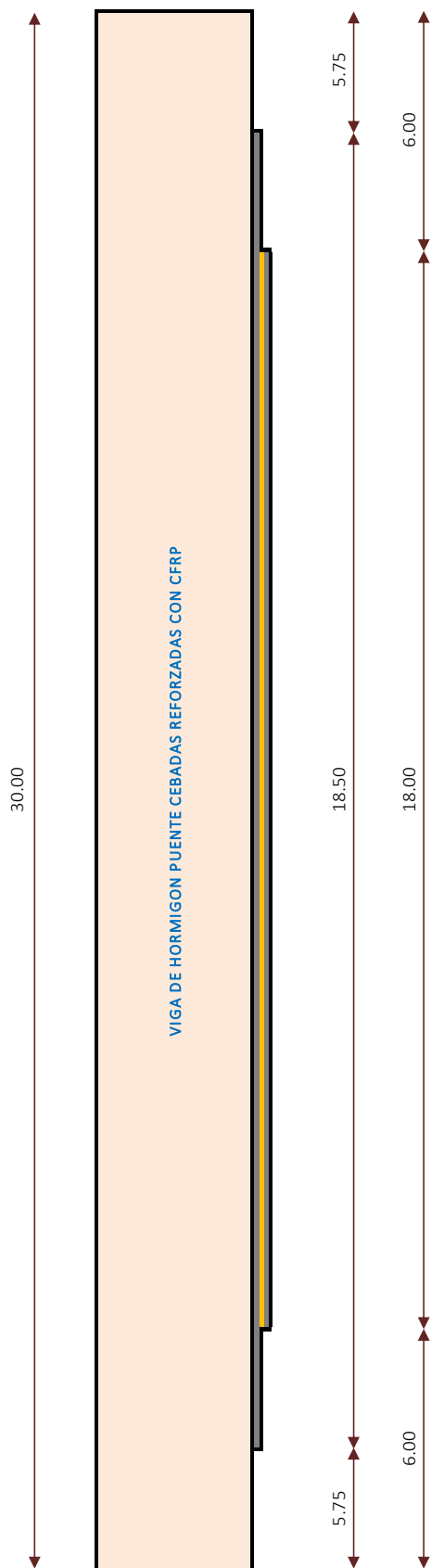


Figura No. 46: Longitud de solape del refuerzo CFRP en función del Mcr.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

9.7 ANALISIS ESTRUCTURAL DE LAS VIGAS METALICAS DEL PUENTE CEBADAS.

9.7.1 DISEÑO DE VIGAS METALICAS.

A continuación se desarrolla una revisión al diseño de vigas metálicas para un camión de carga HS-MOP, para después evaluar y estimar si estas necesitan refuerzo y de ser el caso determinar la cantidad de refuerzo necesario para su reforzamiento:

9.7.2 CONSIDERACIONES DE DISEÑO.

El camión de carga a utilizar para el diseño es el HS-MOP, que tiene las características mostradas en la siguiente tabla, reproducida aquí para comodidad.

CAMIONES DE DISEÑO				
Camion	Eje Delantero	Eje Posterior	Eje Posterior	W (Ton)
HS-MOP	4.55	18.175	18.175	22.725

Tabla No. 156: Características camión de diseño HS-MOP.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

9.7.3 PREDIMENSIONAMIENTO DE LA VIGA.

Para el predimensionamiento la viga se considera las características básicas de la sección transversal del puente Cebadas en su segundo tramo, estas son:

PROPIEDADES DE LAS VIGAS METALICAS PUENTE CEBADAS		
L	60.00	m
Ancho de acera	0.75	m
Espesor de la acera	0.25	m
Espesor del tablero	0.20	m
S	2.70	m
D	4.27	m
No. De vigas	4.00	u
Carga vehiculo de diseño	9.09	Ton
f'c	280.00	kg/cm ²
fy	4200.00	kg/cm ²
Peso específico del hormigon	2.60	Ton/m ³
Peso específico del acero	7.85	Ton/m ³
fy acero A 588	3500.00	kg/cm ²
fu acero A 588	4920.00	kg/cm ²

Tabla No. 157: Propiedades de las vigas metálicas del puente Cebadas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

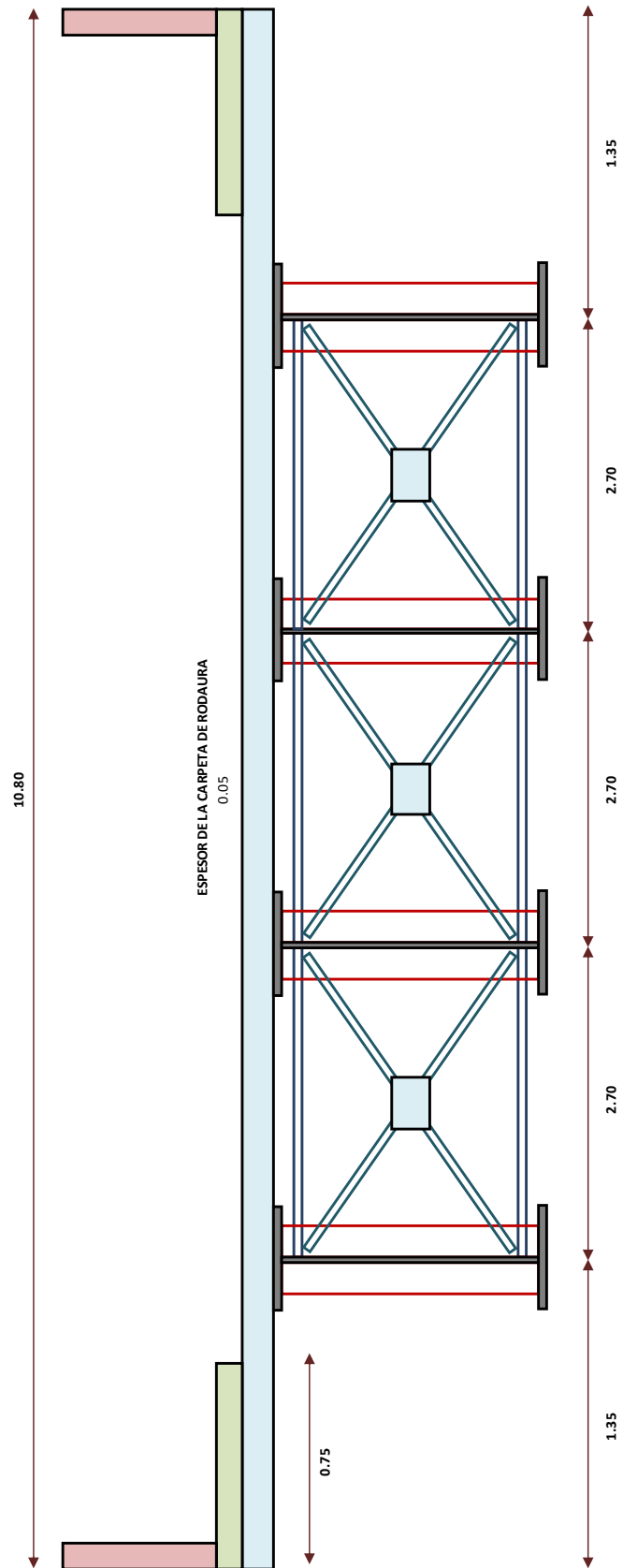


Figura No. 47: Sección transversal del puente Cebadas tramo en acero.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

9.7.4 MEMORIA DE CALCULO.

Para el predimensionamiento la viga se considera las características básicas de la sección transversal del puente Cebadas en su segundo tramo, estas son:

Determinación de cargas muertas.

DETERMINACION DE CARGAS MUERTAS		
TRAMO EN ACERO L = 60 M		
P.Propio losa	1.400	Ton/m
P.Propio carpeta	0.350	Ton/m
P.Propio barandas	0.038	Ton/m
P.Propio aceras	0.240	Ton/m
P.Propio vigas	0.897	Ton/m
P.Propio crucetas	0.060	Ton/m
TOTAL	2.985	Ton/m

Tabla No. 158: Determinación de cargas muertas tramo en acero.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Análisis de cargas muertas.

$$R_A = \frac{CM L}{2}$$

$$R_A = \frac{2.985 \frac{Ton}{m} * 60.00 m}{2} = 89.55 Ton$$

$$MCM = \left\{ (R_A x) - \left(CM \frac{x^2}{2} \right) \right\}$$

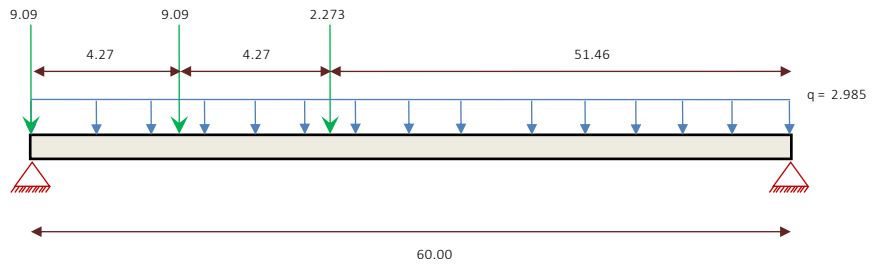
ANALISIS DE CARGAS MUERTAS HS-MOP		
X	MCM (Ton-m)	VCM
0.00	0.00	89.55
5.00	410.44	74.63
10.00	746.25	59.70
15.00	1007.44	44.78
30.00	1343.25	0.00

Tabla No. 159: Análisis de cargas muertas HS-MOP.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

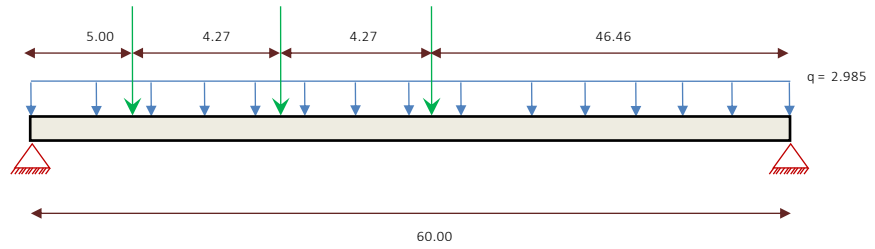
Análisis de cargas vivas.

Al momento de analizar y calcular las carga vivas se deben calcular y aplicar el factor de impacto, la carga del camión y el factor de distribución que específica la norma AASHTO.

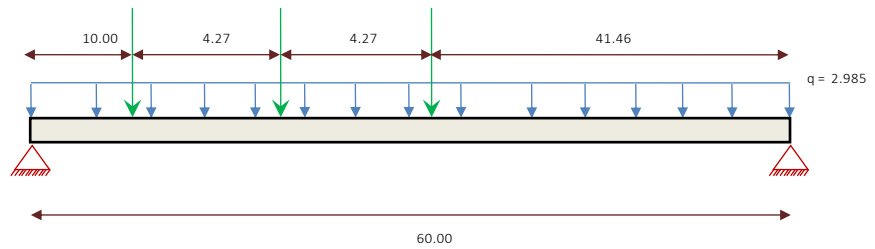
TREN DE CARGAS X = 0.00 M



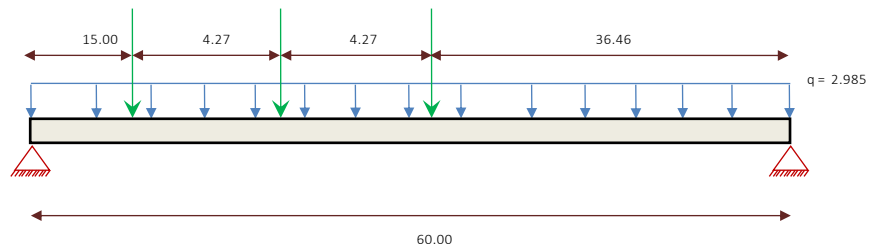
TREN DE CARGAS X = 5.00 M



TREN DE CARGAS X = 10.00 M



TREN DE CARGAS X = 15.00 M



TREN DE CARGAS X = 30.00 M

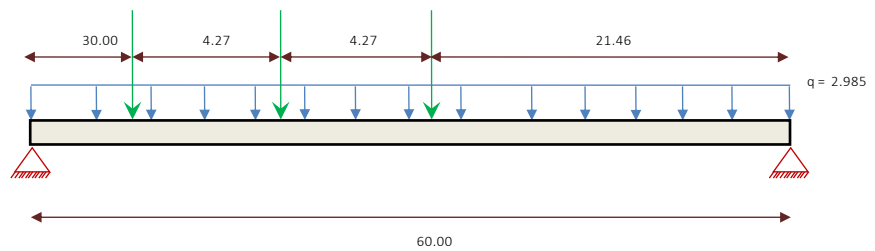


Figura No. 48: Tren de cargas vigas en acero camión HS-MOP
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Factor de impacto: Este factor toma en cuenta la fuerza del golpe de las ruedas sobre el puente al momento de ingresar el vehículo, está dado por la formula.

$$FI = 1 + \frac{15}{L + 38}$$

$$FI = 1 + \frac{15}{60.00 + 38} = \mathbf{1.15}$$

Factor de distribución: Indica qué porcentaje del peso de cada rueda está actuando sobre la viga, está dado según el tipo de vigas, longitud del puente y cantidad de carriles y separación entre vigas.

$$Fd = \frac{S}{1.83} \Rightarrow \text{para puentes con dos o mas lineas de transito}$$

$$Fd = \frac{2.70}{1.83} = \mathbf{1.48}$$

Carga del camión de diseño P.

$$P = \frac{W_{RUEDAS TRASERAS}}{2}$$

$$P = \frac{18.175 \text{ Ton}}{2} = \mathbf{9.09 \text{ Ton}}$$

$$R = \left\{ \frac{[P(L - x)] + [P(L - x - D)] + \left[\frac{P}{4}(L - x - D - D)\right]}{L} \right\}$$

$$MCV + I = R \times FI \times Fd$$

$$VCV + I = R \times FI \times Fd$$

ANÁLISIS DE CARGAS VIVAS CAMION HS-MOP				
X	REACCIONES	I	MCV	VCV
0.00	19.48	1.15	0.00	33.14
5.00	17.78	1.16	152.30	30.46
10.00	16.07	1.17	277.57	27.76
15.00	14.37	1.18	375.47	25.03
30.00	9.26	1.22	500.06	16.67

Tabla No. 160: Análisis de cargas vivas camión HS-MOP.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Momentos y cortantes últimos camión HS-MOP.

MOMENTOS Y CORTANTES ULTIMOS CAMION HS-MOP		
X	MU	VU
0.00	0.00	188.37
5.00	864.21	163.14
10.00	1572.73	137.87
15.00	2124.82	112.55
30.00	2831.85	36.19

Tabla No. 161: Momentos y cortantes últimos camión HS-MOP.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Momentos de diseño camión HS-MOP.

MOMENTOS DE DISEÑO CAMION HS-MOP	
CARGA/MOMENTO	CARGA ACTUAL
MDL	1343.25
MLL	500.06
MS	1843.31
1.1MDL+0.75MLL	1890.12
1.3(MDL+1.67MLL)	2831.85

Tabla No. 162: Momentos de diseño camión HS-MOP.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Dimensionamiento de la viga.

Para el dimensionamiento y análisis de las secciones en acero del puente Cebadas tomaremos en cuenta el momento último M_u de la sección, mismo que se encuentra ubicado a una distancia de 30.00 metros del apoyo, a continuación se presenta las características básicas de la sección a dicha distancia.

DIMENSIONAMIENTO DE LA VIGA DEL PUENTE CEBADAS		
SECCION ADOPTADA A 30 METROS		
D	267.00	cm
tw	2.54	cm
h	255.00	cm
tf sup ₁	3.00	cm
tf sup ₂	3.00	cm
tf inf ₁	3.00	cm
tf inf ₂	3.00	cm
bf sup ₁	25.00	cm
bf sup ₂	40.00	cm
bf inf ₁	45.00	cm
bf inf ₂	55.00	cm

Tabla No. 163: Dimensionamiento de la viga en acero del puente Cebadas.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LA SECCION									
FIG	b	h	A	x	y	Mx	My	Ix	Iy
1	40.00	3.00	120.00	27.50	265.50	31860.00	3300.00	2484709.49	192000.00
2	25.00	3.00	75.00	27.50	262.50	19687.50	2062.50	1488866.63	46875.00
3	2.54	255.00	647.70	27.50	133.50	86467.95	17811.75	3601335.53	4178.70
4	55.00	3.00	165.00	27.50	4.50	742.50	4537.50	2262946.34	499125.00
5	45.00	3.00	135.00	27.50	1.50	202.50	3712.50	1947573.32	273375.00
A		Ix		x		Iy		y	
1142.70		11785431.31		27.50		1015553.70		121.61	

Tabla No. 164: Propiedades geométricas de la sección en acero.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

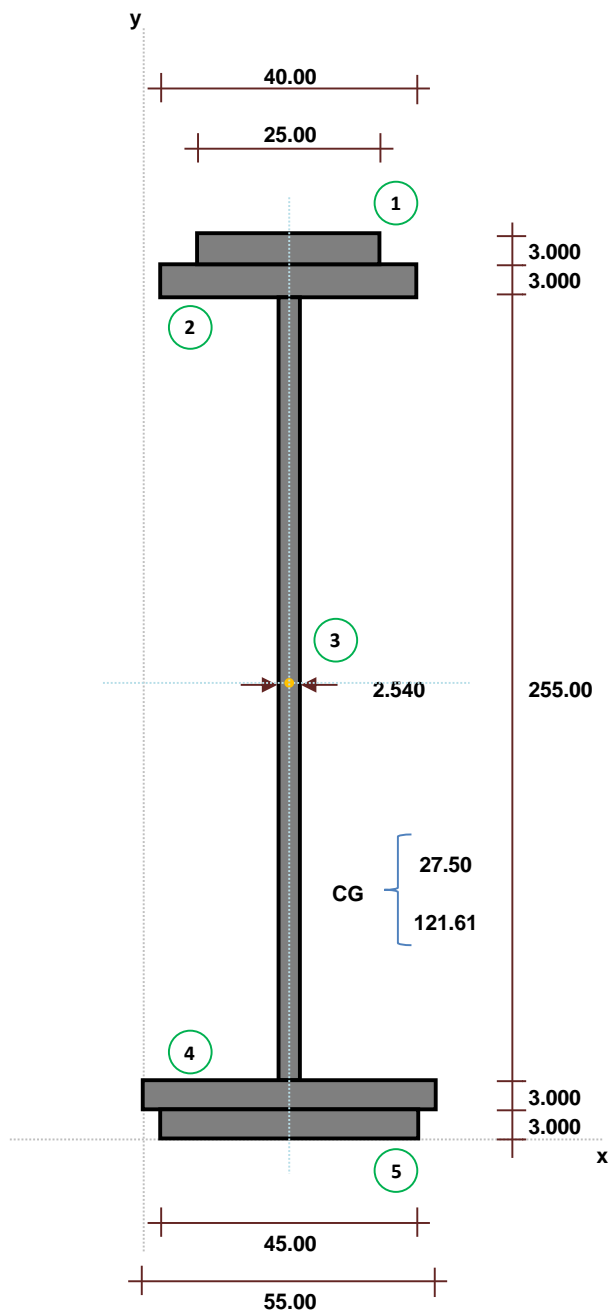


Figura No. 49: Sección I viga en acero puente Cebadas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

Propiedades de la sección adoptada.

La información recabada en este análisis es importante porque evidencio que la viga con la sección apodada a 30.00 metros de longitud soporta las cargas de servicio para las que fue diseñado. Con esta información se obtuvo un momento nominal Mn de a 3052.79 toneladas – metro mismo que es superior al momento ultimo calculado de 2831.85 toneladas metro verificando de esta manera que sección adoptada cumple con el cheque a flexión. Las características de la sección adoptada se resumen en la siguiente tabla.

PROPIEDADES DE LA SECCION ADOPTADA 30.00 METROS		
PUENTE CEBADAS - TRAMO EN ACERO		
Area	1142.70	cm ²
y	121.61	cm
h	255.00	cm
Ix	11785431.31	cm ⁴
Iy	1015553.70	cm ⁴
Zxx	96914.00	cm ³
Mn	3052.79	Ton-m

Tabla No. 165: Propiedades de la sección adoptada a 30.00 m.

Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

9.8 MODELO ECONOMICO REFERENCIAL DE REHABILITACION.

9.8.1 ANALISIS ECONOMICO DE LA INTERVENCION.

Utilizando las cantidades de obra obtenidas producto de la evaluación estructural y funcional del puente Cebadas y siguiendo las sugerencias y recomendaciones citadas y descritas anteriormente en esta investigación y partiendo de una planificación y cuantificación de daños del puente e integrando de forma lógica y ordenada los costos unitarios de cada una de las actividades o tareas a llevarse a cabo en esta intervención, estableceremos el presupuesto referencial de mantenimiento y conservación del puente en interés.

9.8.2 PRESUPUESTO REFERENCIAL.

TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS					
RUBRO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL
IES	INTERVENCION EN ELEMENTOS SECUNDARIOS				
A	MANTENIMIENTO DE CARPETA DE RODADURA				
1	Limpieza del elemento	m2	837.00	0.47	393.39
2	Rellenado de fisuras	m	20.93	1.84	38.51
3	Sellado de fisuras o cavidades	m2	25.11	34.46	865.29
4	Cepillado y texturizado de la superficie	m2	837.00	4.26	3,565.62
5	Impermeabilizacion A	m2	837.00	5.02	4,201.74
B	MANTENIMIENTO DE BARANDAS				
6	Sellado de fisuras o cavidades	m2	7.20	34.46	248.11
7	Rellenado de superficies con descascamientos	m2	3.60	15.18	54.65
8	Alisado de superficies	m2	374.40	7.50	2,808.00
9	Impermeabilizacion B	m2	374.40	9.40	3,519.36
10	Tratamiento con pintura anticarbonatacion	m2	374.40	4.10	1,535.04
C	MANTENIMIENTO DE JUNTAS DE DILATAACION				
11	Limpieza del elemento	m2	9.77	0.47	4.59
12	Juntas de dilatacion Neoflex N60	m	27.90	352.81	9,843.40
13	Apadtacion de la junta a la geometria del tablero	m	8.10	41.12	333.07
D	MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE				
14	Limpeza y desobstruccion de drenes	u	30.00	0.48	14.40
E	MANTENIMIENTO DE ACERAS				
15	Limpieza del elemento	m2	225.00	0.47	105.75
16	Remocion de alambres expuestos	u	88.00	0.32	28.16
17	Sellado de fisuras o cavidades	m2	0.88	34.46	30.32
18	Alisado de superficies	m2	225.00	7.50	1,687.50
19	Impermeabilizacion B	m2	225.00	9.40	2,115.00
20	Tratamiento con pintura anticarbonatacion	m2	225.00	4.10	922.50
F	MANTENIMIENTO DE SEÑALETICA				
21	Marcas en el pavimento con pintura	m	360.00	1.13	406.80
22	Marcas sobresalientes en el pavimento	u	45.00	6.79	305.55
23	Rotulo informativo de 1.80 m x 1.20 m	u	1.00	504.00	504.00
24	Rotulo informativo de 0.75 m x 0.75 m	u	2.00	240.00	480.00
G	MATENIMIENTO DE ACCESOS				
1	Limpieza del elemento	m2	167.40	0.47	78.68
26	Reconformacion de cunetas	m	3.50	150.67	527.35
IEP	INTERVENCION EN ELEMENTOS PRINCIPALES				
H	MANTENIMIENTO DE LOSA				
28	Limpieza del elemento	m2	1,008.00	0.47	473.76
29	Sellado de fisuras o cavidades	m2	9.58	34.46	330.13
30	Alisado de superficies	m2	1,008.00	7.50	7,560.00
31	Impermeabilizacion B	m2	1,008.00	9.40	9,475.20
32	Tratamiento con pintura anticarbonatacion	m2	1,008.00	4.10	4,132.80
I	MANTENIMIENTO DE VIGAS PRINCIPALES - HORMIGON				
33	Limpieza del elemento	m2	534.00	0.47	250.98
34	Rellenado de fisuras	m	480.00	1.84	883.20
35	Sellado de fisuras o cavidades	m2	192.00	34.46	6,616.32
36	Refuerzos a flexion con platinas CFRP	m	1,168.00	79.13	92,423.84
37	Refuerzos por confinamiento con tejidos CFRP	m2	213.60	105.65	22,566.84
38	Alisado de superficies	m2	534.00	7.50	4,005.00
39	Impermeabilizacion B	m2	534.00	9.40	5,019.60
40	Tratamiento con pintura anticarbonatacion	m2	534.00	4.10	2,189.40

J	MANTENIMIENTO DE VIGAS SECUNDARIAS - HORMIGON				
41	Limpieza del elemento	m2	94.50	0.47	44.42
42	Rellenado de fisuras	m	60.75	1.84	111.78
43	Sellado de fisuras o cavidades	m2	24.30	34.46	837.38
44	Refuerzos a flexion con platinas CFRP	m	54.00	79.13	4,273.02
45	Refuerzos por confinamiento con tejidos CFRP	m2	94.50	105.65	9,983.93
46	Alisado de superficies	m2	94.50	7.50	708.75
47	Impermeabilizacion B	m2	94.50	9.40	888.30
48	Tratamiento con pintura anticarbonatacion	m2	94.50	4.10	387.45
K	MANTENIMIENTO DE VIGAS PRINCIPALES - ACERO				
49	Limpieza del elemento	m2	132.00	0.47	62.04
50	Limpieza con chorro abrasivo a metal casi blanco SSPC-SP10	m2	1,737.60	1.04	1,807.10
51	Imprimacion anticorrosiva	m2	1,737.60	14.54	25,264.70
52	Tratamiento de pintura con membrana elastica de poliurea	m2	1,737.60	19.49	33,865.82
L	MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE ARRIOSTRAMIENTO				
53	Limpieza del elemento	m2	188.35	0.47	88.52
54	Limpieza con chorro abrasivo a metal casi blanco SSPC-SP10	m2	188.35	1.04	195.88
55	Imprimacion anticorrosiva	m2	188.35	14.54	2,738.61
56	Tratamiento de pintura con membrana elastica de poliurea	m2	188.35	19.49	3,670.94
M	MANTENIMIENTO DE APOYOS DE NEOPRENO				
57	Limpieza del elemento	m2	3.20	0.47	1.50
58	Reparacion de imperfecciones en almohadillas	u	16.00	58.02	928.32
59	Placas de neopreno tipo Stup dureza 60 (0.40 x 0.50 x 0.06)	u	8.00	584.32	4,674.56
60	Placas de neopreno tipo Stup dureza 60 (0.40 x 0.50 x 0.10)	u	8.00	806.32	6,450.56
N	MANTENIMIENTO DEL CABEZAL Y ALETONES ESTRIBO DERECHO				
61	Limpieza del elemento	m2	115.59	0.47	54.33
62	Sellado de fisuras o cavidades	m2	9.82	34.46	338.40
63	Alisado de superficies	m2	115.59	7.50	866.93
64	Impermeabilizacion B	m2	115.59	9.40	1,086.55
65	Tratamiento con pintura anticarbonatacion	m2	115.59	4.10	473.92
O	MANTENIMIENTO DEL CABEZAL Y ALETONES ESTRIBO IZQUIERDO				
66	Limpieza del elemento	m2	72.57	0.47	34.11
67	Sellado de fisuras o cavidades	m2	6.17	34.46	212.62
68	Alisado de superficies	m2	72.57	7.50	544.28
69	Impermeabilizacion B	m2	72.57	9.40	682.16
70	Tratamiento con pintura anticarbonatacion	m2	72.57	4.10	297.54
P	MANTENIMIENTO DEL CUERPO PRINCIPAL ESTRIBO DERECHO				
71	Limpieza del elemento	m2	83.40	0.47	39.20
72	Remocion de alambres expuestos	u	167.00	0.32	53.44
73	Sellado de fisuras o cavidades	m2	7.09	34.46	244.32
74	Alisado de superficies	m2	83.40	7.50	625.50
75	Impermeabilizacion B	m2	83.40	9.40	783.96
76	Tratamiento con pintura anticarbonatacion	m2	83.40	4.10	341.94
Q	MANTENIMIENTO DEL CUERPO PRINCIPAL ESTRIBO IZQUIERDO				
77	Limpieza del elemento	m2	44.69	0.47	21.00
78	Remocion de alambres expuestos	u	91.00	0.32	29.12
79	Sellado de fisuras o cavidades	m2	3.80	34.46	130.95
80	Alisado de superficies	m2	44.69	7.50	335.18
81	Impermeabilizacion B	m2	44.69	9.40	420.09
82	Tratamiento con pintura anticarbonatacion	m2	44.69	4.10	183.23
R	MANTENIMIENTO DEL CABEZAL O MARTILLO DE LA PILA				
83	Limpieza del elemento	m2	71.99	0.47	33.84
84	Sellado de fisuras o cavidades	m2	6.12	34.46	210.90
85	Alisado de superficies	m2	71.99	7.50	539.93
86	Impermeabilizacion B	m2	71.99	9.40	676.71
87	Tratamiento con pintura anticarbonatacion	m2	71.99	4.10	295.16
S	MANTENIMIENTO DEL CUERPO PRINCIPAL DE LA PILA				
88	Limpieza del elemento	m2	31.00	0.47	14.57
89	Remocion de alambres expuestos	u	81.00	0.32	25.92
90	Sellado de fisuras o cavidades	m2	12.40	34.46	427.30
91	Alisado de superficies	m2	31.00	7.50	232.50
92	Impermeabilizacion B	m2	31.00	9.40	291.40
93	Tratamiento con pintura anticarbonatacion	m2	31.00	4.10	127.10
T	MANTENIMIENTO DE CAUCE				
94	Limpieza del cauce	m3	98.40	11.40	1,121.76
V	LOCACION DE ESTRUCTURAS ADICIONALES				
95	Modulos y estructuras adicionales	glb	1.00	30,000.00	30,000.00
=====					
TOTAL:					329,323.29

SON : TRESCIENTOS VEINTE Y NUEVE MIL TRESCIENTOS VEINTE Y TRES, 29/100 DÓLARES

MARCELO ARCOS - HENRY CAIN G
ELABORADO

Riobamba, 10 de Septiembre del 2015

9.8.3 ASIGNACION DE SIMBOLOS Y % COSTOS DIRECTOS.

PROYECTO: PLAN DE REHABILITACION DEL PUENTE CEBADAS

UBICACIÓN: PITZIL - PARROQUIA CEBADAS - CANTON GUAMOTE

ASIGNACION DE SIMBOLOS

SIMBOLO	DESCRIPCION	% COSTO DIRECTO
V	AGUA	0.00
V	ARENA	0.02
V	CEMENTO	0.07
LEA	EXTRUCTURAS ADICIONALES	6.38
LEA	GATOS HIDRAULICOS	1.82
V	JUNTA DE NEOFLEX N60	2.90
LEA	MODULOS	0.91
V	NEOPRENO TIPO STUP DUREZA 60 A	1.40
V	NEOPRENO TIPO STUP DUREZA 60 B	1.94
V	PINTURA TERMOPLASTICA AWT 3M	0.11
V	RIPIO	0.01
V	ROTULO DE 0.75 x 0.75 M INC PO	0.15
V	ROTULO DE 1.80 x 1.20 M INC P	0.15
ARS	RPM 290 3M	0.09
RSC	SIKA CABODUR S914	25.99
ARS	SIKA FERROGARD 903	0.01
ARS	SIKA LATEX	0.76
ARS	SIKA MONOTOP 620	3.22
ARS	SIKA POXTAR LS	0.59
ARS	SIKA TOP 122	0.01
ARS	SIKADUR 30	2.73
ARS	SIKADUR 31 CF	2.64
ARS	SIKADUR 31 HI MOD GEL	0.06
ARS	SIKADUR 330	1.75
ARS	SIKADUR 42 GROUT PAK LE	0.19
ARS	SIKADUR 510	0.02
ARS	SIKADUR 52 INYECCION	0.20
ARS	SIKADUR COMBIFLEX SG 20CM	0.02
ARS	SIKAGARD 670 W ELASTOCOLOR	1.15
ARS	SIKALASTIC 841 ST COMP A	5.60
ARS	SIKALASTIC 841 ST COMP B	5.21
ARS	SIKALASTIC METAL PRIMER	7.71
ARS	SIKATOP 209 ES	4.06
RSC	SIKAWRAP 230 C	7.15
V	TABLA DE 0.06 x 2.50 M	0.01
E	Equipo propiamente dicho(100%)	3.19
X	Herramienta Menor(% total)	0.56
B	Mano de Obra	11.22

9.8.4 DESCRIPCION Y FORMULA DE REAJUSTE.

PROYECTO: PLAN DE REHABILITACION DEL PUENTE CEBADAS

UBICACIÓN: PITZIL - PARROQUIA CEBADAS - CANTON GUAMOTE

DESCRIPCION DE SIMBOLOS Y FORMULA DE REAJUSTE

SIMBOLO	DESCRIPCION	COSTO DIRECTO	COEFICIENTE
ARS	ADITIVOS DE REPARACION	98,847.74	0.360
B	MANO DE OBRA	30,803.85	0.112
E	EQUIPO PROPIAMENTE DICHO	8,749.81	0.032
LEA	LOCACION DE ESTRUCTURAS ADICIONALES	25,000.00	0.091
RSC	REFUERZO ESTRUCTURAL	90,947.95	0.331
V	VARIOS	18,547.34	0.068
X	HERRAMIENTA MENOR	1,537.79	0.006
		=====	=====
		274,434.48	1.000

$$Pr=Po(0.360 \text{ ARS1/ARSo} + 0.112 \text{ B1/Bo} + 0.032 \text{ E1/Eo} + 0.091 \text{ LEA1/LEAo} + 0.331 \text{ RSC1/RSCo} + 0.068 \text{ V1/Vo} + 0.006 \text{ X1/Xo})$$

EN DONDE:

- Pr** = Valor reajustado del anticipo o de la planilla.
- Po** = Valor del anticipo o de la planilla calculada con las cantidades de obra ejecutado a los precios unitarios contractuales descontada la parte proporcional del anticipo, de haberlo pagado.
- Bo** = Sueldos y salarios minimos de una cuadrilla tipo, fijados por Ley o Acuerdo Ministerial para las correspondientes ramas de actividad, más remuneraciones adicionales y obligaciones patronales de aplicación general que deban pagarse a todos los trabajadores en el país, exceptuando el porcentaje de la participación de los trabajadores en las utilidades de empresa, los viaticos, subsidios y beneficios de orden social: esta cuadrilla tipo estará conformada en base a los análisis de precios unitarios de la oferta adjudicada, vigentes treinta días antes de la fecha de cierre para la presentación de la oferta que constará en el contrato.
- B1** = Sueldos y salarios minimos de una cuadrilla tipo, fijados por Ley o Acuerdo Ministerial para las correspondientes ramas de actividad, más remuneraciones adicionales y obligaciones patronales de aplicación general que deban pagarse a todos los trabajadores en el país, exceptuando el porcentaje de la participación de los trabajadores en las utilidades de empresa, los viaticos, subsidios y beneficios de orden social: esta cuadrilla tipo estará conformada en base a los análisis de precios unitarios de la oferta adjudicada, vigentes a la fecha del pago del anticipo o de las planillas de ejecución de obra.
- Co,Do,Eo...Zo**= Los precios o índices de precios de los componentes principales vigentes 30 días antes de la fecha de cierre para la presentación de las ofertas, fecha que constará en el contrato.
- C1,D1,E1...Z1**= Los precios o índices de precios de los componentes principales a la fecha del pago del anticipo o de las planillas de ejecución de obra.
- Xo** = Indice de componentes no principales correspondiente al tipo de obra y a la falta de este, el índice de precios al consumidor treinta días antes de la fecha de cierre de la presentación de las ofertas, que constará en el contrato.
- X1** = Indice de componentes no principales correspondiente al tipo de obra y a la falta de este, el índice de precios al consumidor a la fecha del pago del anticipo o de las planillas de ejecución de obra.

MARCELO ARCOS - HENRY CAIN G
ELABORADO

9.8.5 LISTA DE MATERIALES.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS CUADRO AUXILIAR: COSTOS DE MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO UNIT.	CANTIDAD	COSTO TOTAL
AGUA	M3	1.10	0.77	0.85
ARENA	M3	20.00	2.28	45.60
CEMENTO	KG	0.16	1,225.00	196.00
EXTRUCTURAS ADICIONALES	GLB	17,500.00	1.00	17,500.00
GATOS HIDRAULICOS	GLB	5,000.00	1.00	5,000.00
JUNTA DE NEOFLEX N60	ML	285.00	27.90	7,951.50
MODULOS	GLB	2,500.00	1.00	2,500.00
NEOPRENO TIPO STUP DUREZA 60 A	U	480.00	8.00	3,840.00
NEOPRENO TIPO STUP DUREZA 60 B	U	665.00	8.00	5,320.00
PINTURA TERMOPLASTICA AWT 3M	KG	4.08	72.00	293.76
RIPIO	M3	12.00	3.33	39.96
ROTULO DE 0.75 x 0.75 M INC PO	U	200.00	2.00	400.00
ROTULO DE 1.80 x 1.20 M INC P	U	420.00	1.00	420.00
RPM 290 3M	U	5.60	45.00	252.00
SIKA CABODUR S914	M	58.37	1,222.00	71,328.14
SIKA FERROGARD 903	KG	6.26	4.27	26.73
SIKA LATEX	KG	5.40	385.22	2,080.19
SIKA MONOTOP 620	KG	1.28	6,903.35	8,836.29
SIKA POXITAR LS	KG	4.34	376.65	1,634.66
SIKA TOP 122	KG	1.40	23.76	33.26
SIKADUR 30	KG	15.35	488.80	7,503.08
SIKADUR 31 CF	KG	12.26	590.67	7,241.61
SIKADUR 31 HI MOD GEL	KG	11.71	13.77	161.25
SIKADUR 330	KG	22.29	215.67	4,807.28
SIKADUR 42 GROUT PAK LE	KG	6.42	80.00	513.60
SIKADUR 510	KG	0.33	153.01	50.49
SIKADUR 52 INYECCION	KG	19.31	28.09	542.42
SIKADUR COMBIFLEX SG 20CM	ML	6.88	8.10	55.73
SIKAGARD 670 W ELASTOCOLOR	KG	5.93	531.03	3,149.01
SIKALASTIC 841 ST COMP A	KG	15.96	962.98	15,369.16
SIKALASTIC 841 ST COMP B	KG	14.83	962.98	14,280.99
SIKALASTIC METAL PRIMER	KG	15.69	1,348.17	21,152.79
SIKATOP 209 ES	KG	2.47	4,513.73	11,148.91
SIKAWRAP 230 C	M2	60.65	323.51	19,620.88
TABLA DE 0.06 x 2.50 M	U	2.40	16.00	38.40
TOTAL:				233,334.54

MARCELO ARCOS - HENRY CAIN G
ELABORADO

Riobamba, 10 de Septiembre del 2015

9.8.6 LISTA DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS CUADRO AUXILIAR: TARIFA DE EQUIPOS

DESCRIPCION	COSTOxHORA	HORA-EQUIPO	COSTO TOTAL
Herramienta menor(% total)	1,537.79		1,537.79
CEPILLADORA DE HORMIGON	1.75	167.40	292.95
COMPRESOR	1.35	981.29	1,324.74
CONCRETERA DE UN SACO	4.50	3.85	17.33
CORTADORA DE HORMIGON	2.50	12.28	30.70
ESMERIL	0.75	12.28	9.21
EXCAVADORA	45.00	12.30	553.50
HIDROLAVADORA DE 1400 WATTS	1.00	325.67	325.67
LIMADORA DE HORMIGON	1.25	334.80	418.50
SANDBLASTING	4.38	1,260.57	5,521.30
VIBRADOR	2.50	3.85	9.63
VOLQUETA DE 8 M3	20.00	12.30	246.00
		TOTAL:	10,287.32

MARCELO ARCOS - HENRY CAIN G
ELABORADO

Riobamba, 10 de Septiembre del 2015

9.8.7 LISTA DE MANO DE OBRA.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS CUADRO AUXILIAR: COSTOS DE MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CAT.	SAL.REALxHORA	HOR-HOMBRE	COSTO TOTAL
MAESTRO MAYOR	EO C1	3.57	418.06	1,492.47
PINTOR ESPECIALIZADO	EO C1	3.57	1,164.27	4,156.44
ALBAÑIL	EO D2	3.22	4,119.02	13,263.24
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	EO D2	3.22	514.48	1,656.63
AYUDANTE DE EQUIPO PESADO	EO E2	3.18	12.30	39.11
AYUDANTE DE PINTOR	EO E2	3.18	632.08	2,010.01
PEON	EO E2	3.18	2,543.38	8,087.95
OPERADOR DE EQUIPO PESADO	OP C1	3.57	12.30	43.91
CHOFER LICENCIA TIPO E	TE C1	3.57	12.30	43.91
TOTAL:				30,793.67

MARCELO ARCOS - HENRY CAIN G
ELABORADO

Riobamba, 10 de Septiembre del 2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
 FACULTAD DE INGENIERIA
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: PLAN DE REHABILITACION DEL PUENTE CEBADAS

RUBRO : Rellenado de fisuras

UNIDAD: m

ITEM : 2

FECHA :

ESPECIFICACIONES:

<i>EQUIPO</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>TARIFA</i>	<i>COSTO HORA</i>	<i>RENDIMIENTO</i>	<i>COSTO</i>	
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.03 =====	
SUBTOTAL M					0.03	
<i>MANO DE OBRA</i>	<i>CATEG.</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>JORNAL/HR</i>	<i>COSTO HORA</i>	<i>RENDIMIENTO</i>	<i>COSTO</i>
ALBAÑIL	EO D2	2.00	3.22	6.44	0.083	0.53 =====
SUBTOTAL N						0.53
<i>MATERIALES</i>			<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>PRECIO UNIT.</i>	<i>COSTO</i>
SIKADUR 52 INYECCION			KG	0.050	19.31	0.97 =====
SUBTOTAL O						0.97
<i>TRANSPORTE</i>			<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>PREC.TRANSP.</i>	<i>COSTO</i>
SUBTOTAL P						0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)						1.53
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)					20.00	0.31
OTROS INDIRECTOS(%)						0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO						1.84
VALOR UNITARIO						1.84

SON: UN DÓLAR CON OCHENTA Y CUATRO CENTAVOS

MARCELO ARCOS - HENRY CAIN G
 ELABORADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: PLAN DE REHABILITACION DEL PUENTE CEBADAS

RUBRO : Sellado de fisuras o cavidades

UNIDAD: m2

ITEM : 3

FECHA :

ESPECIFICACIONES:

EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.20 =====	
SUBTOTAL M					0.20	
MANO DE OBRA	CATEG.	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
ALBAÑIL	EO D2	2.00	3.22	6.44	0.420	2.70
PEON	EO E2	1.00	3.18	3.18	0.420	1.34 =====
SUBTOTAL N						4.04
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
SIKADUR 31 CF		KG	1.940	12.26	23.78	
SIKA LATEX		KG	0.130	5.40	0.70 =====	
SUBTOTAL O					24.48	
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC. TRANSP.	COSTO	
					=====	
SUBTOTAL P					0.00	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					28.72	
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%) 20.00					5.74	
OTROS INDIRECTOS(%)					0.00	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					34.46	
VALOR UNITARIO					34.46	

SON: TREINTA Y CUATRO DÓLARES CON CUARENTA Y SEIS CENTAVOS

MARCELO ARCOS - HENRY CAIN G
ELABORADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: PLAN DE REHABILITACION DEL PUENTE CEBADAS

RUBRO : Cepillado y texturizado de la superficie

UNIDAD: m2

ITEM : 4

FECHA :

ESPECIFICACIONES:

EQUIPO		CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor 5% de M.O.						0.13
CEPILLADORA DE HORMIGON		1.00	1.75	1.75	0.200	0.35
LIMADORA DE HORMIGON		2.00	1.25	2.50	0.200	0.50
						=====
SUBTOTAL M						0.98
MANO DE OBRA	CATEG.	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	EO D2	3.00	3.22	9.66	0.200	1.93
PEON	EO E2	1.00	3.18	3.18	0.200	0.64
						=====
SUBTOTAL N						2.57
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.		COSTO
						=====
SUBTOTAL O						0.00
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC. TRANSP.		COSTO
						=====
SUBTOTAL P						0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)						3.55
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)						20.00 0.71
OTROS INDIRECTOS(%)						0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO						4.26
VALOR UNITARIO						4.26

SON: CUATRO DÓLARES CON VEINTE Y SEIS CENTAVOS

MARCELO ARCOS - HENRY CAIN G
ELABORADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: PLAN DE REHABILITACION DEL PUENTE CEBADAS

RUBRO : Impermeabilizacion A

UNIDAD: m2

ITEM : 5

FECHA :

ESPECIFICACIONES:

EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.05	
SANDBLASTING	2.00	4.38	8.76	0.100	0.88	
COMPRESOR	2.00	1.35	2.70	0.100	0.27	
					=====	
SUBTOTAL M					1.20	
MANO DE OBRA	CATEG.	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
PINTOR ESPECIALIZADO	EO C1	2.00	3.57	7.14	0.100	0.71
AYUDANTE DE PINTOR	EO E2	1.00	3.18	3.18	0.100	0.32
						=====
SUBTOTAL N						1.03
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
SIKA POXTAR LS		KG	0.450	4.34	1.95	
					=====	
SUBTOTAL O					1.95	
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO	
					=====	
SUBTOTAL P					0.00	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					4.18	
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)					20.00	
OTROS INDIRECTOS(%)					0.00	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					5.02	
VALOR UNITARIO					5.02	

SON: CINCO DÓLARES CON DOS CENTAVOS

MARCELO ARCOS - HENRY CAIN G
ELABORADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
 FACULTAD DE INGENIERIA
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: PLAN DE REHABILITACION DEL PUENTE CEBADAS

RUBRO : Rellenado de superficies con descascamientos

UNIDAD: m2

ITEM : 7

FECHA :

ESPECIFICACIONES:

<i>EQUIPO</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>TARIFA</i>	<i>COSTO HORA</i>	<i>RENDIMIENTO</i>	<i>COSTO</i>	
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.13 =====	
SUBTOTAL M					0.13	
<i>MANO DE OBRA</i>	<i>CATEG.</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>JORNAL/HR</i>	<i>COSTO HORA</i>	<i>RENDIMIENTO</i>	<i>COSTO</i>
ALBAÑIL	EO D2	2.00	3.22	6.44	0.400	2.58 =====
SUBTOTAL N						2.58
<i>MATERIALES</i>		<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>PRECIO UNIT.</i>	<i>COSTO</i>	
SIKA TOP 122		KG	6.600	1.40	9.24	
SIKA LATEX		KG	0.130	5.40	0.70 =====	
SUBTOTAL O					9.94	
<i>TRANSPORTE</i>		<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>PREC.TRANSP.</i>	<i>COSTO</i>	
SUBTOTAL P					0.00 =====	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					12.65	
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)					20.00	
OTROS INDIRECTOS(%)					0.00	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					15.18	
VALOR UNITARIO					15.18	

SON: QUINCE DÓLARES CON DIECIOCHO CENTAVOS

MARCELO ARCOS - HENRY CAIN G
 ELABORADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: PLAN DE REHABILITACION DEL PUENTE CEBADAS

RUBRO : Alisado de superficies

UNIDAD: m2

ITEM : 8

FECHA :

ESPECIFICACIONES:

EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.11 =====	
SUBTOTAL M					0.11	
MANO DE OBRA	CATEG.	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
ALBAÑIL	EO D2	1.00	3.22	3.22	0.330	1.06
PEON	EO E2	1.00	3.18	3.18	0.330	1.05 =====
SUBTOTAL N						2.11
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
SIKA MONOTOP 620		KG	2.600	1.28	3.33	
SIKA LATEX		KG	0.130	5.40	0.70 =====	
SUBTOTAL O					4.03	
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC. TRANSP.	COSTO	
					=====	
SUBTOTAL P					0.00	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					6.25	
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%) 20.00					1.25	
OTROS INDIRECTOS(%)					0.00	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					7.50	
VALOR UNITARIO					7.50	

SON: SIETE DÓLARES CON CINCUENTA CENTAVOS

MARCELO ARCOS - HENRY CAIN G
ELABORADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: PLAN DE REHABILITACION DEL PUENTE CEBADAS

RUBRO : Impermeabilizacion B

UNIDAD: m2

ITEM : 9

FECHA :

ESPECIFICACIONES:

<i>EQUIPO</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>TARIFA</i>	<i>COSTO HORA</i>	<i>RENDIMIENTO</i>	<i>COSTO</i>	
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.17 =====	
SUBTOTAL M					0.17	
<i>MANO DE OBRA</i>	<i>CATEG.</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>JORNAL/HR</i>	<i>COSTO HORA</i>	<i>RENDIMIENTO</i>	<i>COSTO</i>
ALBAÑIL	EO D2	2.00	3.22	6.44	0.360	2.32
PEON	EO E2	1.00	3.18	3.18	0.360	1.14 =====
SUBTOTAL N						3.46
<i>MATERIALES</i>		<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>PRECIO UNIT.</i>	<i>COSTO</i>	
SIKATOP 209 ES		KG	1.700	2.47	4.20 =====	
SUBTOTAL O					4.20	
<i>TRANSPORTE</i>		<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>PREC.TRANSP.</i>	<i>COSTO</i>	
SUBTOTAL P					0.00 =====	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					7.83	
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)					20.00	
OTROS INDIRECTOS(%)					0.00	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					9.40	
VALOR UNITARIO					9.40	

SON: NUEVE DÓLARES CON CUARENTA CENTAVOS

MARCELO ARCOS - HENRY CAIN G
ELABORADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: PLAN DE REHABILITACION DEL PUENTE CEBADAS

RUBRO : Tratamiento con pintura anticarbonatacion

UNIDAD: m2

ITEM : 10

FECHA :

ESPECIFICACIONES:

EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.05	
SANDBLASTING	2.00	4.38	8.76	0.100	0.88	
COMPRESOR	2.00	1.35	2.70	0.100	0.27	
					=====	
SUBTOTAL M					1.20	
MANO DE OBRA	CATEG.	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
PINTOR ESPECIALIZADO	EO C1	2.00	3.57	7.14	0.100	0.71
AYUDANTE DE PINTOR	EO E2	1.00	3.18	3.18	0.100	0.32
						=====
SUBTOTAL N						1.03
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
SIKAGARD 670 W ELASTOCOLOR		KG	0.200	5.93	1.19	
					=====	
SUBTOTAL O					1.19	
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO	
					=====	
SUBTOTAL P					0.00	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					3.42	
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)					20.00	
OTROS INDIRECTOS(%)					0.00	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					4.10	
VALOR UNITARIO					4.10	

SON: CUATRO DÓLARES CON DIEZ CENTAVOS

MARCELO ARCOS - HENRY CAIN G
ELABORADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: PLAN DE REHABILITACION DEL PUENTE CEBADAS

RUBRO : Juntas de dilatacion Neoflex N60

UNIDAD: m

ITEM : 12

FECHA :

ESPECIFICACIONES:

EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.36	
CORTADORA DE HORMIGON	1.00	2.50	2.50	0.440	1.10	
ESMERIL	1.00	0.75	0.75	0.440	0.33	
					=====	
SUBTOTAL M					1.79	
MANO DE OBRA	CATEG.	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
MAESTRO MAYOR	EO C1	1.00	3.57	3.57	0.440	1.57
ALBAÑIL	EO D2	2.00	3.22	6.44	0.440	2.83
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	EO D2	1.00	3.22	3.22	0.440	1.42
PEON	EO E2	1.00	3.18	3.18	0.440	1.40
						=====
SUBTOTAL N						7.22
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
JUNTA DE NEOFLEX N60		ML	1.000	285.00	285.00	
					=====	
SUBTOTAL O					285.00	
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO	
					=====	
SUBTOTAL P					0.00	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					294.01	
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)					20.00 58.80	
OTROS INDIRECTOS(%)					0.00	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					352.81	
VALOR UNITARIO					352.81	

SON: TRESCIENTOS CINCUENTA Y DOS DÓLARES CON OCHENTA Y UN CENTAVOS

MARCELO ARCOS - HENRY CAIN G
ELABORADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: PLAN DE REHABILITACION DEL PUENTE CEBADAS

RUBRO : Apadtacion de la junta a la geometria del tablero

UNIDAD: m

ITEM : 13

FECHA :

ESPECIFICACIONES:

EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.36	
					=====	
SUBTOTAL M					0.36	
MANO DE OBRA	CATEG.	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
ALBAÑIL	EO D2	2.00	3.22	6.44	0.740	4.77
PEON	EO E2	1.00	3.18	3.18	0.740	2.35
						=====
SUBTOTAL N						7.12
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
SIKADUR COMBIFLEX SG 20CM		ML	1.000	6.88	6.88	
SIKADUR 31 HI MOD GEL		KG	1.700	11.71	19.91	
					=====	
SUBTOTAL O					26.79	
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO	
					=====	
SUBTOTAL P					0.00	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					34.27	
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%) 20.00					6.85	
OTROS INDIRECTOS(%)					0.00	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					41.12	
VALOR UNITARIO					41.12	

SON: CUARENTA Y UN DÓLARES CON DOCE CENTAVOS

MARCELO ARCOS - HENRY CAIN G
ELABORADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: PLAN DE REHABILITACION DEL PUENTE CEBADAS

RUBRO : Limpeza y desobstruccion de drenes

UNIDAD: u

ITEM : 14

FECHA :

ESPECIFICACIONES:

<i>EQUIPO</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>TARIFA</i>	<i>COSTO HORA</i>	<i>RENDIMIENTO</i>	<i>COSTO</i>	
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.02 =====	
SUBTOTAL M					0.02	
<i>MANO DE OBRA</i>	<i>CATEG.</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>JORNAL/HR</i>	<i>COSTO HORA</i>	<i>RENDIMIENTO</i>	<i>COSTO</i>
PEON	EO E2	2.00	3.18	6.36	0.060	0.38 =====
SUBTOTAL N						0.38
<i>MATERIALES</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>PRECIO UNIT.</i>	<i>COSTO</i>		
SUBTOTAL O					0.00	
<i>TRANSPORTE</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>PREC. TRANSP.</i>	<i>COSTO</i>		
SUBTOTAL P					0.00	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0.40	
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)					20.00	
OTROS INDIRECTOS(%)					0.00	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0.48	
VALOR UNITARIO					0.48	

SON: CUARENTA Y OCHO CENTAVOS DE DÓLAR

MARCELO ARCOS - HENRY CAIN G
ELABORADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: PLAN DE REHABILITACION DEL PUENTE CEBADAS

RUBRO : Remocion de alambres expuestos

UNIDAD: u

ITEM : 16

FECHA :

ESPECIFICACIONES:

<i>EQUIPO</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>TARIFA</i>	<i>COSTO HORA</i>	<i>RENDIMIENTO</i>	<i>COSTO</i>	
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.01 =====	
SUBTOTAL M					0.01	
<i>MANO DE OBRA</i>	<i>CATEG.</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>JORNAL/HR</i>	<i>COSTO HORA</i>	<i>RENDIMIENTO</i>	<i>COSTO</i>
ALBAÑIL	EO D2	1.00	3.22	3.22	0.030	0.10
PEON	EO E2	1.00	3.18	3.18	0.030	0.10 =====
SUBTOTAL N						0.20
<i>MATERIALES</i>		<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>PRECIO UNIT.</i>	<i>COSTO</i>	
SIKA FERROGARD 903		KG	0.010	6.26	0.06 =====	
SUBTOTAL O					0.06	
<i>TRANSPORTE</i>		<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>PREC.TRANSP.</i>	<i>COSTO</i>	
SUBTOTAL P					0.00 =====	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0.27	
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)					20.00	0.05
OTROS INDIRECTOS(%)						0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO						0.32
VALOR UNITARIO						0.32

SON: TREINTA Y DOS CENTAVOS DE DÓLAR

MARCELO ARCOS - HENRY CAIN G
ELABORADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: PLAN DE REHABILITACION DEL PUENTE CEBADAS

RUBRO : Marcas en el pavimento con pintura

UNIDAD: m

ITEM : 21

FECHA :

ESPECIFICACIONES:

EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.00	
SANDBLASTING	1.00	4.38	4.38	0.010	0.04	
COMPRESOR	1.00	1.35	1.35	0.010	0.01	
					=====	
SUBTOTAL M					0.05	
MANO DE OBRA	CATEG.	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
PINTOR ESPECIALIZADO	EO C1	1.00	3.57	3.57	0.010	0.04
AYUDANTE DE PINTOR	EO E2	1.00	3.18	3.18	0.010	0.03
						=====
SUBTOTAL N						0.07
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
PINTURA TERMOPLASTICA AWT 3M		KG	0.200	4.08	0.82	
					=====	
SUBTOTAL O					0.82	
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO	
					=====	
SUBTOTAL P					0.00	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0.94	
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)					20.00	
OTROS INDIRECTOS(%)					0.00	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1.13	
VALOR UNITARIO					1.13	

SON: UN DÓLAR CON TRECE CENTAVOS

MARCELO ARCOS - HENRY CAIN G
ELABORADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
 FACULTAD DE INGENIERIA
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: PLAN DE REHABILITACION DEL PUENTE CEBADAS

RUBRO : Marcas sobresalientes en el pavimento

UNIDAD: u

ITEM : 22

FECHA :

ESPECIFICACIONES:

<i>EQUIPO</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>TARIFA</i>	<i>COSTO HORA</i>	<i>RENDIMIENTO</i>	<i>COSTO</i>	
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.00 =====	
SUBTOTAL M					0.00	
<i>MANO DE OBRA</i>	<i>CATEG.</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>JORNAL/HR</i>	<i>COSTO HORA</i>	<i>RENDIMIENTO</i>	<i>COSTO</i>
PEON :	EO E2	1.00	3.18	3.18	0.020	0.06 =====
SUBTOTAL N						0.06
<i>MATERIALES</i>		<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>PRECIO UNIT.</i>	<i>COSTO</i>	
RPM 290 3M		U	1.000	5.60	5.60 =====	
SUBTOTAL O					5.60	
<i>TRANSPORTE</i>		<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>PREC.TRANSP.</i>	<i>COSTO</i>	
					=====	
SUBTOTAL P					0.00	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					5.66	
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)					20.00	1.13
OTROS INDIRECTOS(%)						0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO						6.79
VALOR UNITARIO						6.79

SON: SEIS DÓLARES CON SETENTA Y NUEVE CENTAVOS

MARCELO ARCOS - HENRY CAIN G
 ELABORADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
 FACULTAD DE INGENIERIA
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: PLAN DE REHABILITACION DEL PUENTE CEBADAS

RUBRO : Rotulo informativo de 1.80 m x 1.20 m

UNIDAD: u

ITEM : 23

FECHA :

ESPECIFICACIONES:

<i>EQUIPO</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>TARIFA</i>	<i>COSTO HORA</i>	<i>RENDIMIENTO</i>	<i>COSTO</i>	
Herramienta Menor 0% de M.O.					0.00 =====	
SUBTOTAL M					0.00	
<i>MANO DE OBRA</i>	<i>CATEG.</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>JORNAL/HR</i>	<i>COSTO HORA</i>	<i>RENDIMIENTO</i>	<i>COSTO</i>
						=====
SUBTOTAL N						0.00
<i>MATERIALES</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>PRECIO UNIT.</i>	<i>COSTO</i>		
ROTULO DE 1.80 x 1.20 M INC P	U	1.000	420.00	420.00	=====	
SUBTOTAL O					420.00	
<i>TRANSPORTE</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>PREC.TRANSP.</i>	<i>COSTO</i>		
					=====	
SUBTOTAL P					0.00	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					420.00	
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)					20.00	
OTROS INDIRECTOS(%)					0.00	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					504.00	
VALOR UNITARIO					504.00	

SON: QUINIENTOS CUATRO DÓLARES

MARCELO ARCOS - HENRY CAIN G
 ELABORADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: PLAN DE REHABILITACION DEL PUENTE CEBADAS

RUBRO : Rotulo informativo de 0.75 m x 0.75 m

UNIDAD: u

ITEM : 24

FECHA :

ESPECIFICACIONES:

<i>EQUIPO</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>TARIFA</i>	<i>COSTO HORA</i>	<i>RENDIMIENTO</i>	<i>COSTO</i>	
Herramienta Menor 0% de M.O.					0.00 =====	
SUBTOTAL M					0.00	
<i>MANO DE OBRA</i>	<i>CATEG.</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>JORNAL/HR</i>	<i>COSTO HORA</i>	<i>RENDIMIENTO</i>	<i>COSTO</i>
						=====
SUBTOTAL N						0.00
<i>MATERIALES</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>PRECIO UNIT.</i>	<i>COSTO</i>		
ROTULO DE 0.75 x 0.75 M INC PO	U	1.000	200.00	200.00 =====		
SUBTOTAL O					200.00	
<i>TRANSPORTE</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>PREC.TRANSP.</i>	<i>COSTO</i>		
					=====	
SUBTOTAL P					0.00	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					200.00	
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)					40.00	
OTROS INDIRECTOS(%)					0.00	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					240.00	
VALOR UNITARIO					240.00	

SON: DOSCIENTOS CUARENTA DÓLARES

MARCELO ARCOS - HENRY CAIN G
ELABORADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: PLAN DE REHABILITACION DEL PUENTE CEBADAS

RUBRO : Reconformacion de cunetas

UNIDAD: m

ITEM : 26

FECHA :

ESPECIFICACIONES:

EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor 5% de M.O.					1.77
CONCRETERA DE UN SACO	1.00	4.50	4.50	1.100	4.95
VIBRADOR	1.00	2.50	2.50	1.100	2.75
					=====
SUBTOTAL M					9.47

MANO DE OBRA	CATEG.	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
MAESTRO MAYOR	EO C1	1.00	3.57	3.57	1.100	3.93
ALBAÑIL	EO D2	1.00	3.22	3.22	1.100	3.54
PEON	EO E2	8.00	3.18	25.44	1.100	27.98
						=====
SUBTOTAL N						35.45

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
CEMENTO	KG	350.000	0.16	56.00
ARENA	M3	0.650	20.00	13.00
RIPIO	M3	0.950	12.00	11.40
AGUA	M3	0.220	1.10	0.24
				=====
SUBTOTAL O				80.64

TRANSPORTE	UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO
				=====
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		125.56
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)	20.00	25.11
OTROS INDIRECTOS(%)		0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO		150.67
VALOR UNITARIO		150.67

SON: CIENTO CINCUENTA DÓLARES CON SESENTA Y SIETE CENTAVOS

MARCELO ARCOS - HENRY CAIN G
ELABORADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: PLAN DE REHABILITACION DEL PUENTE CEBADAS

RUBRO : Refuerzos a flexion con platinas CFRP

UNIDAD: m

ITEM : 36

FECHA :

ESPECIFICACIONES:

<i>EQUIPO</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>TARIFA</i>	<i>COSTO HORA</i>	<i>RENDIMIENTO</i>	<i>COSTO</i>	
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.07 =====	
SUBTOTAL M					0.07	
<i>MANO DE OBRA</i>	<i>CATEG.</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>JORNAL/HR</i>	<i>COSTO HORA</i>	<i>RENDIMIENTO</i>	<i>COSTO</i>
MAESTRO MAYOR	EO C1	1.00	3.57	3.57	0.100	0.36
ALBAÑIL	EO D2	3.00	3.22	9.66	0.100	0.97 =====
SUBTOTAL N						1.33
<i>MATERIALES</i>		<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>PRECIO UNIT.</i>	<i>COSTO</i>	
SIKA CABODUR S914		M	1.000	58.37	58.37	
SIKADUR 30		KG	0.400	15.35	6.14	
SIKADUR 510		KG	0.100	0.33	0.03 =====	
SUBTOTAL O					64.54	
<i>TRANSPORTE</i>		<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>PREC.TRANSP.</i>	<i>COSTO</i>	
SUBTOTAL P					0.00 =====	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					65.94	
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)					20.00	
OTROS INDIRECTOS(%)					0.00	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					79.13	
VALOR UNITARIO					79.13	

SON: SETENTA Y NUEVE DÓLARES CON TRECE CENTAVOS

MARCELO ARCOS - HENRY CAIN G
ELABORADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: PLAN DE REHABILITACION DEL PUENTE CEBADAS

RUBRO : Refuerzos por confinamiento con tejidos CFRP

UNIDAD: m2

ITEM : 37

FECHA :

ESPECIFICACIONES:

EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.42 =====	
SUBTOTAL M					0.42	
MANO DE OBRA	CATEG.	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
MAESTRO MAYOR	EO C1	1.00	3.57	3.57	0.830	2.96
ALBAÑIL	EO D2	2.00	3.22	6.44	0.830	5.35 =====
SUBTOTAL N						8.31
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
SIKAWRAP 230 C		M2	1.050	60.65	63.68	
SIKADUR 330		KG	0.700	22.29	15.60	
SIKADUR 510		KG	0.100	0.33	0.03 =====	
SUBTOTAL O					79.31	
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO	
SUBTOTAL P					0.00 =====	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					88.04	
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)					20.00	
OTROS INDIRECTOS(%)					0.00	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					105.65	
VALOR UNITARIO					105.65	

SON: CIENTO CINCO DÓLARES CON SESENTA Y CINCO CENTAVOS

MARCELO ARCOS - HENRY CAIN G
ELABORADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: PLAN DE REHABILITACION DEL PUENTE CEBADAS

RUBRO : Limpieza con chorro abrasivo a metal casi blanco SSPC-SP10

UNIDAD: m2

ITEM : 50

FECHA :

ESPECIFICACIONES:

EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.02	
SANDBLASTING	2.00	4.38	8.76	0.050	0.44	
COMPRESOR	1.00	1.35	1.35	0.050	0.07	
					=====	
SUBTOTAL M					0.53	
MANO DE OBRA	CATEG.	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
PINTOR ESPECIALIZADO	EO C1	1.00	3.57	3.57	0.050	0.18
AYUDANTE DE PINTOR	EO E2	1.00	3.18	3.18	0.050	0.16
						=====
SUBTOTAL N						0.34
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
					=====	
SUBTOTAL O					0.00	
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC. TRANSP.	COSTO	
					=====	
SUBTOTAL P					0.00	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0.87	
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%) 20.00					0.17	
OTROS INDIRECTOS(%)					0.00	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1.04	
VALOR UNITARIO					1.04	

SON: UN DÓLAR CON CUATRO CENTAVOS

MARCELO ARCOS - HENRY CAIN G
ELABORADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: PLAN DE REHABILITACION DEL PUENTE CEBADAS

RUBRO : Imprimacion anticorrosiva

UNIDAD: m2

ITEM : 51

FECHA :

ESPECIFICACIONES:

EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.03	
SANDBLASTING	2.00	4.38	8.76	0.055	0.48	
COMPRESOR	1.00	1.35	1.35	0.055	0.07	
					=====	
SUBTOTAL M					0.58	
MANO DE OBRA	CATEG.	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
PINTOR ESPECIALIZADO	EO C1	2.00	3.57	7.14	0.055	0.39
AYUDANTE DE PINTOR	EO E2	1.00	3.18	3.18	0.055	0.17
						=====
SUBTOTAL N						0.56
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
SIKALASTIC METAL PRIMER		KG	0.700	15.69	10.98	
					=====	
SUBTOTAL O					10.98	
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO	
					=====	
SUBTOTAL P					0.00	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					12.12	
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)					20.00	
OTROS INDIRECTOS(%)					0.00	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					14.54	
VALOR UNITARIO					14.54	

SON: CATORCE DÓLARES CON CINCUENTA Y CUATRO CENTAVOS

MARCELO ARCOS - HENRY CAIN G
ELABORADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: PLAN DE REHABILITACION DEL PUENTE CEBADAS

RUBRO : Tratamiento de pintura con membrana elastica de poliurea

UNIDAD: m2

ITEM : 52

FECHA :

ESPECIFICACIONES:

EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.02	
SANDBLASTING	2.00	4.38	8.76	0.040	0.35	
COMPRESOR	1.00	1.35	1.35	0.040	0.05	
					=====	
SUBTOTAL M					0.42	
MANO DE OBRA	CATEG.	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
PINTOR ESPECIALIZADO	EO C1	2.00	3.57	7.14	0.040	0.29
AYUDANTE DE PINTOR	EO E2	1.00	3.18	3.18	0.040	0.13
						=====
SUBTOTAL N						0.42
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
SIKALASTIC 841 ST COMP A		KG	0.500	15.96	7.98	
SIKALASTIC 841 ST COMP B		KG	0.500	14.83	7.42	
					=====	
SUBTOTAL O					15.40	
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC. TRANSP.	COSTO	
					=====	
SUBTOTAL P					0.00	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					16.24	
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%) 20.00					3.25	
OTROS INDIRECTOS(%)					0.00	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					19.49	
VALOR UNITARIO					19.49	

SON: DIECINUEVE DÓLARES CON CUARENTA Y NUEVE CENTAVOS

MARCELO ARCOS - HENRY CAIN G
ELABORADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: PLAN DE REHABILITACION DEL PUENTE CEBADAS

RUBRO : Reparacion de imperfecciones en almohadillas

UNIDAD: u

ITEM : 58

FECHA :

ESPECIFICACIONES:

EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.66 =====	
SUBTOTAL M					0.66	
MANO DE OBRA	CATEG.	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
MAESTRO MAYOR	EO C1	1.00	3.57	3.57	1.000	3.57
ALBAÑIL	EO D2	2.00	3.22	6.44	1.000	6.44
PEON	EO E2	1.00	3.18	3.18	1.000	3.18 =====
SUBTOTAL N						13.19
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
SIKADUR 42 GROUT PAK LE		KG	5.000	6.42	32.10	
TABLA DE 0.06 x 2.50 M		U	1.000	2.40	2.40 =====	
SUBTOTAL O					34.50	
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO	
SUBTOTAL P					0.00 =====	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					48.35	
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)					20.00	
OTROS INDIRECTOS(%)					0.00	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					58.02	
VALOR UNITARIO					58.02	

SON: CINCUENTA Y OCHO DÓLARES CON DOS CENTAVOS

MARCELO ARCOS - HENRY CAIN G
ELABORADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: PLAN DE REHABILITACION DEL PUENTE CEBADAS

RUBRO : Placas de neopreno tipo Stup dureza 60 (0.40 x 0.50 x 0.06)

UNIDAD: u

ITEM : 59

FECHA :

ESPECIFICACIONES:

EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.33 =====	
SUBTOTAL M					0.33	
MANO DE OBRA	CATEG.	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
MAESTRO MAYOR	EO C1	1.00	3.57	3.57	0.500	1.79
ALBAÑIL	EO D2	2.00	3.22	6.44	0.500	3.22
PEON	EO E2	1.00	3.18	3.18	0.500	1.59 =====
SUBTOTAL N						6.60
MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO		
NEOPRENO TIPO STUP DUREZA 60 A	U	1.000	480.00	480.00 =====		
SUBTOTAL O					480.00	
TRANSPORTE	UNIDAD	CANTIDAD	PREC. TRANSP.	COSTO		
				0.00 =====		
SUBTOTAL P					0.00	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					486.93	
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%) 20.00					97.39	
OTROS INDIRECTOS(%)					0.00	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					584.32	
VALOR UNITARIO					584.32	

SON: QUINIENTOS OCHENTA Y CUATRO DÓLARES CON TRENTA Y DOS CENTAVOS

MARCELO ARCOS - HENRY CAIN G
ELABORADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: PLAN DE REHABILITACION DEL PUENTE CEBADAS

RUBRO : Placas de neopreno tipo Stup dureza 60 (0.40 x 0.50 x 0.10)

UNIDAD: u

ITEM : 60

FECHA :

ESPECIFICACIONES:

EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.33 =====	
SUBTOTAL M					0.33	
MANO DE OBRA	CATEG.	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
MAESTRO MAYOR	EO C1	1.00	3.57	3.57	0.500	1.79
ALBAÑIL	EO D2	2.00	3.22	6.44	0.500	3.22
PEON	EO E2	1.00	3.18	3.18	0.500	1.59 =====
SUBTOTAL N						6.60
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
NEOPRENO TIPO STUP DUREZA 60 B		U	1.000	665.00	665.00 =====	
SUBTOTAL O					665.00	
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC. TRANSP.	COSTO	
					=====	
SUBTOTAL P					0.00	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					671.93	
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%) 20.00					134.39	
OTROS INDIRECTOS(%)					0.00	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					806.32	
VALOR UNITARIO					806.32	

SON: OCHOCIENTOS SEIS DÓLARES CON TREINTA Y DOS CENTAVOS

MARCELO ARCOS - HENRY CAIN G
ELABORADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: PLAN DE REHABILITACION DEL PUENTE CEBADAS

RUBRO : Limpieza del cauce

UNIDAD: m3

ITEM : 94

FECHA :

ESPECIFICACIONES:

EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.07	
EXCAVADORA	1.00	45.00	45.00	0.125	5.63	
VOLQUETA DE 8 M3	1.00	20.00	20.00	0.125	2.50	
					=====	
SUBTOTAL M					8.20	
MANO DE OBRA	CATEG.	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
CHOFER LICENCIA TIPO E	TE C1	1.00	3.57	3.57	0.125	0.45
OPERADOR DE EQUIPO PESADO	OP C1	1.00	3.57	3.57	0.125	0.45
AYUDANTE DE EQUIPO PESADO	EO E2	1.00	3.18	3.18	0.125	0.40
						=====
SUBTOTAL N						1.30
MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO		
				=====		
SUBTOTAL O				0.00		
TRANSPORTE	UNIDAD	CANTIDAD	PREC. TRANSP.	COSTO		
				=====		
SUBTOTAL P				0.00		
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					9.50	
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%) 20.00					1.90	
OTROS INDIRECTOS(%)					0.00	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					11.40	
VALOR UNITARIO					11.40	

SON: ONCE DÓLARES CON CUARENTA CENTAVOS

MARCELO ARCOS - HENRY CAIN G
ELABORADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
 FACULTAD DE INGENIERIA
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: PLAN DE REHABILITACION DEL PUENTE CEBADAS

RUBRO : Modulos y estructuras adicionales

UNIDAD: glb

ITEM : 95

FECHA :

ESPECIFICACIONES:

EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Herramienta Menor 0% de M.O.					0.00 =====	
SUBTOTAL M					0.00	
MANO DE OBRA	CATEG.	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
						=====
SUBTOTAL N						0.00
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
MODULOS		GLB	1.000	2,500.00	2,500.00	
EXTRUCTURAS ADICIONALES		GLB	1.000	17,500.00	17,500.00	
GATOS HIDRAULICOS		GLB	1.000	5,000.00	5,000.00 =====	
SUBTOTAL O					25,000.00	
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO	
					=====	
SUBTOTAL P					0.00	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					25,000.00	
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)					5,000.00	
OTROS INDIRECTOS(%)					0.00	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					30,000.00	
VALOR UNITARIO					30,000.00	

SON: TREINTA MIL DÓLARES

MARCELO ARCOS - HENRY CAIN G
 ELABORADO

9.8.9 DESCRIPCION DE LA PROPUESTA.

La propuesta describe un plan de reparación y reforzamiento estructural, aplicando refuerzos a flexión en las vigas de hormigón mediante la colocación de polímeros reforzados con fibras de carbono de igual manera esta se complementa con un modelo económico referencial para la rehabilitación, conservación y mantenimiento del puente Cebadas. Manifestado esto a continuación se presenta el plan de acciones a seguir para la conservación de la estructura, mismo que considera de suma importancia toda la información recabada en las inspecciones así como también se respaldan, en los resultados obtenidos en las evaluaciones realizadas en la presente investigación.

Por último y con sustento en las sugerencias y tratamientos citadas en las evaluaciones, en cuanto a la rehabilitación del puente se procedió a cuantificar los volúmenes de intervención de cada uno de los componentes y en el caso particular de las vigas de hormigón se procedió a calcular el refuerzo necesario para que estas cumplan con los esfuerzos y cargas para las que fueron diseñadas, definiendo **8 refuerzos CFRP S914** en dos capas, establecidos los volúmenes de intervención se calculó el valor referencial de la propuesta misma que es de: **\$ 329,323.29 (TRESCIENTOS VEINTE Y NUEVE MIL TRESCIENTOS VEINTE Y TRES, 29/100) dólares de Estados Unidos de América.**

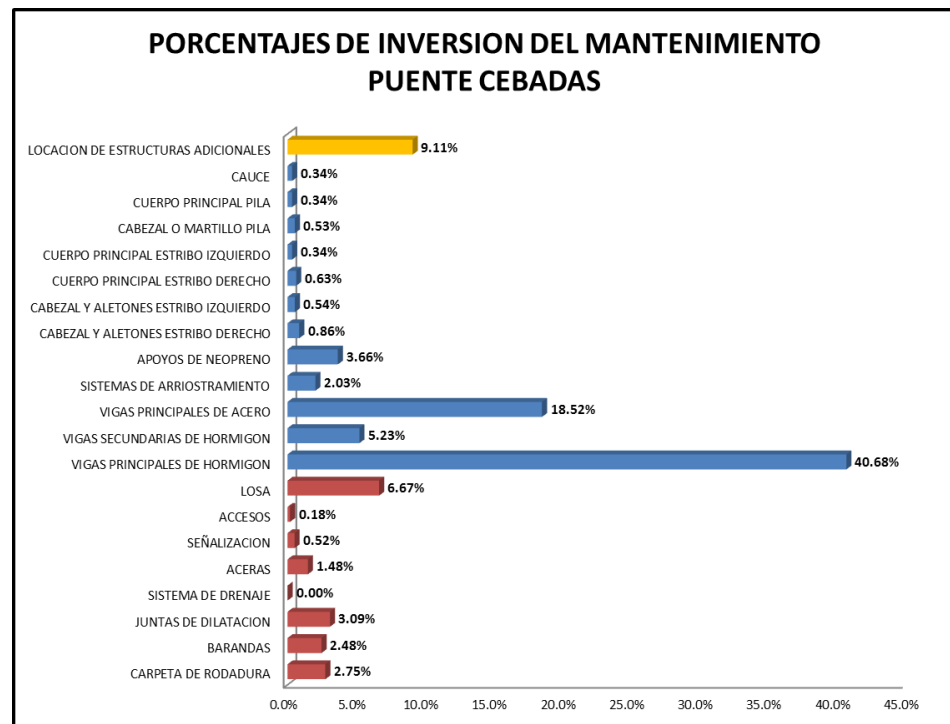
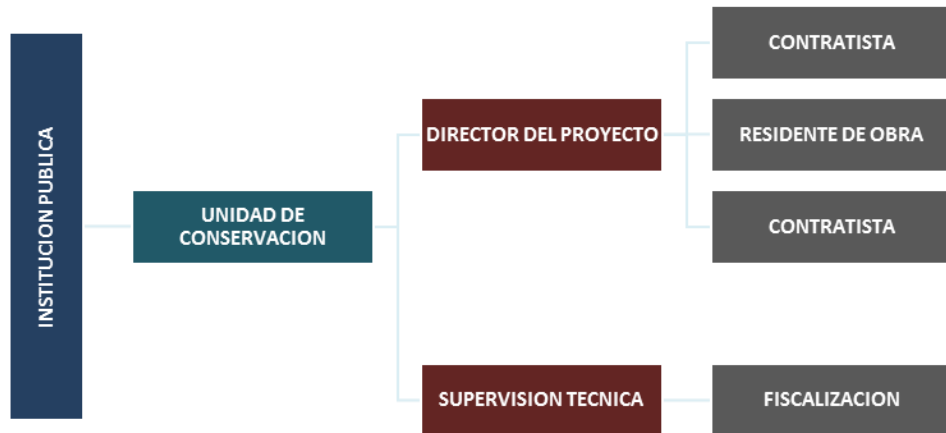


Figura No. 50: Porcentajes de inversión del mantenimiento del puente Cebadas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

9.8.10 DISEÑO ORGANIZACIONAL.



9.8.11 ACREDITACION DE LA PROPUESTA.

El plan de reparación y reforzamiento estructural planteado en la presente propuesta demuestra de forma fehaciente, que es el más indicado a ser aplicado en el puente en interés ya que esta necesita una inversión de tan solo un 2.38% con respecto al monto de la inversión inicial, además de ser un plan que brinda beneficios estructurales por su peso propio, su alta resistencia a la tensión, corrosión bajo costo de instalación y rápida puesta en servicio con respecto a otros métodos de reforzamiento y mantenimiento, por ultimo damos como acredita la propuesta por ser económica, técnica y de corto plazo en su ejecución.

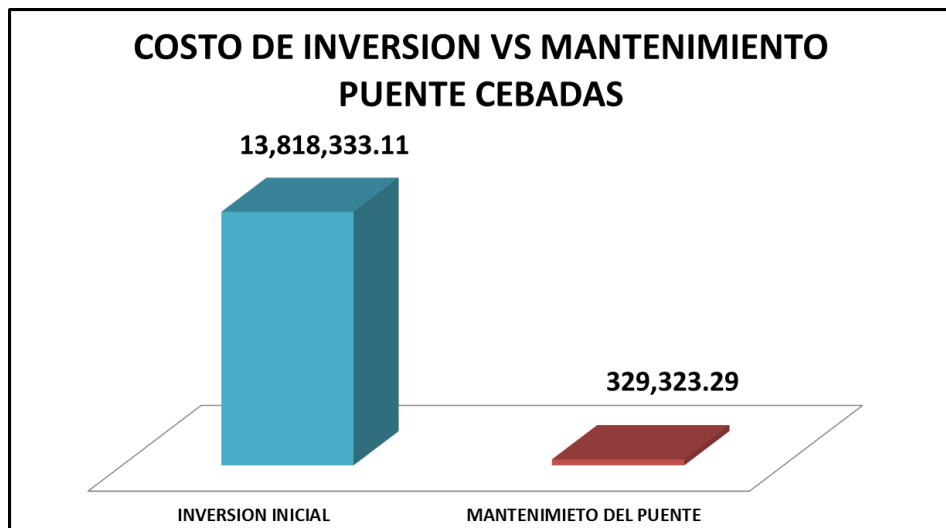


Figura No. 51: Costo de la inversión vs mantenimiento del puente Cebadas.
Elaborado por: Henry Cain G y Marcelo Arcos.

CAPITULO 10

BIBLIOGRAFIA

1. Ministerio de Transportes y Comunicaciones de la República del Perú.2009. Guía para inspección de puentes. Perú.
2. Ministerio de Transportes y Obras Públicas de la República de Costa Rica.2007. Manual de inspección de puentes S.A.E.P. Costa Rica.
3. Ministerio de Transportes y Obras Públicas de la República del Ecuador.2012. Norma Ecuatoriana Vial. Ecuador.
4. Ministerio de Transportes y Obras Públicas de la República del Paraguay.2010. Manual para la inspección visual de puentes.
5. Ministerio de Transportes e Instituto Nacional de Vías de la república de Colombia.2008. Manual para la inspección visual de puentes y pontones. Colombia.
6. Ministerio de Fomento Gobierno de España.2012. Guía para la realización de inspecciones principales de obras de paso en la red de Carreteras del Estado.
7. ALFARO, Marco.2001. Evaluación Sísmica de Pasos a Desnivel en el Área Metropolitana de San Salvador con Características Especiales. Tesis UES el Salvador.
8. CARDOZA, Marvin y VILLALOBOS, José.2005. Evaluación estructural de un puente mediante la realización de una prueba de carga estática. Tesis Universidad de el Salvador.

9. CASTELLANOS, Raúl.2009. Propuesta de un modelo para la Evaluación de los Puentes Metálicos. Tesis Universidad de Oriente Santiago de Cuba.
10. IBAÑEZ, Carlos.2013. Diseño del Reforzamiento para la Reparación o Aumento de Capacidad de Carga de Vigas para Puentes de Concreto Reforzado Utilizando Fibra de Carbono. Tesis Universidad San Carlos de Guatemala.
11. LÓPEZ, Javier.2012. Refuerzos a Flexión de Vigas de Hormigón Armado Mediante Polímeros Reforzados con Fibra De Carbono. Tesis Universidad Politécnica de Valencia.
12. MENDOZA, Wilson.2003. Manual para el Mantenimiento Rutinario y Preventivo de Puentes en El Salvador. Tesis UES. El Salvador.
13. ORTIZ, Adriana y SANCHEZ, Luis.2014. Guía de inspección funcional y estructural de puentes de concreto reforzado tipo losa y losa sobre vigas. Tesis Universidad Nacional de Chimborazo.
14. RODRIGUEZ, Rene.2011. Modelo de gestión de conservación vial para reducir los costos de mantenimiento vial y operación vehicular en los caminos rurales de las poblaciones de Riobamba, San Luis, Punín, Flores, Cebadas de la provincia de Chimborazo. Tesis Universidad Técnica de Ambato.
15. American Concrete Institute.2005. Reglamento para las Construcciones de Concreto Estructural y Comentarios ACI 318-05 y ACI 318R-05. Michigan Estados Unidos.
16. American Association of State Highway and Transportation Officials.1998. LRFD Bridge Design Specifications. Washington D.C. USA.
17. American Association of State Highway and Transportation Officials.2000. Manual for Condition Evaluation of Bridges. Washington D.C. USA.
18. American Concrete Institute.1995. Análisis y Diseño de Estructuras de Puentes de Concreto ACI 343R-95. Michigan Estados Unidos.

CAPITULO 11

ANEXOS

1. ANEXO 1:
FICHAS TECNICAS.
2. ANEXO 2:
TOPOGRAFIA BASE Y AXULIAR PUENTE SOBRE EL RIO CEBADAS.
3. ANEXO 3:
CARTOGRAFIA BASE CUENCA DEL RIO CEBADAS.
4. ANEXO 4:
INTENSIDADES MAXIMAS EN 24 H DE ESTACIONES METEOROLOGICAS.
5. ANEXO 5:
ECUACIONES DE ZONIFICACIÓN DE INTENSIDADES LLUVIA.
6. ANEXO 6:
CURVAS DE INTENSIDAD DURACION DE ZONAS DETERMINADAS.
7. ANEXO 7:
MAPA DE ZONIFICACIÓN DE INTENSIDADES DE LLUVIA.
8. ANEXO 8:
CAUDALES MEDIOS DIARIAS ESTACION HIDROMETRICA H790.
9. ANEXO 9:
PRECIPITACIONES ANUALES DE LA ESTACION METEOROLOGICA M395.
10. ANEXO 10:
VALORES CRITICOS DE LA PRUEBA DE SMIRVNOV – KOLMOGOROV.

ANEXO 1

ANEXO 2

ANEXO 3

ANEXO 4

ANEXO 5

ANEXO 6

ANEXO 7

ANEXO 8

ANEXO 9

ANEXO 10