



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

“Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil”

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**ANÁLISIS TÉCNICO DE VULNERABILIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL
SOBRE EL RÍO ALAO PARA GARANTIZAR EL BUEN VIVIR EN LAS
POBLACIONES DE ALAO LLACTAPAMBA Y SAN ANTONIO DE ALAO**

Autor:

Juan Andrés Segovia Bonifaz

Director:

Ing. Oscar Efrén Paredes Peñaherrera

Riobamba – Ecuador

2016

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: ANÁLISIS TÉCNICO DE VULNERABILIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL SOBRE EL RÍO ALAO PARA GARANTIZAR EL BUEN VIVIR EN LAS POBLACIONES DE ALAO LLACTAPAMBA Y SAN ANTONIO DE ALAO, y presentado por: JUAN ANDRÉS SEGOVIA BONIFAZ y dirigida por: ING. OSCAR EFRÉN PAREDES PEÑAHERRERA. 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 UNACH.

Ing. Oscar Efrén Paredes Peñaherrera



Firma

Ing. Daniel Fernando Ríos Lara



Firma

Ing. Víctor René Velásquez Benavides



Firma

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

“La responsabilidad del contenido de este trabajo de Grado, es exclusiva del autor: Juan Andrés Segovia Bonifaz; del director de proyecto: Ing. Oscar Efrén Paredes Peñaherrera; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo”



Juan Andrés Segovia Bonifaz

060305511-2

AGRADECIMIENTO

A todos y cada uno de los que, de una u otra manera, han participado en la elaboración del proyecto de investigación. A los catedráticos que han compartido sus conocimientos, a la Institución por fomentar el aprendizaje y la búsqueda de nuevos conocimientos. Y mi familia por el absoluto apoyo brindado durante el tiempo del saber.

DEDICATORIA

Madre, hermana, tíos y abuela.

CONTENIDO

<i>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</i>	<i>X</i>
<i>ÍNDICE DE TABLAS</i>	<i>XV</i>
<i>RESUMEN</i>	<i>XVIII</i>
<i>ABSTRACT</i>	<i>XIX</i>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	<i>XX</i>
<i>CAPÍTULO I</i>	<i>1</i>
1. MARCO REFERENCIAL	1
1.1. Planteamiento del Problema	1
1.2. Formulación del Problema	3
1.3. Objetivos	3
1.3.1. General	3
1.3.2. Específicos	4
1.4. Justificación	4
<i>CAPÍTULO II</i>	<i>6</i>
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes de la Investigación	6
2.2. Fundamentación teórica	11
2.2.1. Buen Vivir	11
2.2.2. Desarrollo Sostenible	13
a) Definición y Alcance	13
b) La problemática Ecuatoriana	14
c) Política Nacional	15
2.2.3. Infraestructura Vial	16
a) Generalidades	16
b) Definición	16
c) Componentes Físicos	17
d) Usuarios de la infraestructura vial	17
2.2.4. Puente	18
a) Definiciones	18
b) Esquemas típicos	19
c) Términos y Definiciones. Elementos constitutivos de un puente	20
d) Clasificación de los Puentes	26
e) Principales Tipos de Puentes de Hormigón	32
f) Principales Tipos de Puentes de Acero	36
2.2.5. Caminos y Carreteras	39
a) Definiciones	39

b)	Clasificación de Carreteras _____	40
c)	Clasificación Nacional de la Red Vial _____	43
d)	Proyectos de una carretera _____	48
2.2.6.	Suelo _____	50
a)	Definición _____	50
b)	Agentes generadores de Suelos. _____	51
c)	Génesis del Suelo _____	52
d)	Taxonomía del Suelo _____	55
2.2.7.	Sistema de Clasificación de Zonas de Vida (Holdridge). _____	58
2.2.8.	Definición para Análisis de Riesgo _____	61
2.2.9.	Fenómenos Naturales _____	62
2.2.10.	Desastre Natural _____	63
a)	Desastres generados en el interior de la Tierra _____	63
b)	Desastres generados por procesos dinámicos de la superficie de la Tierra ____	64
c)	Desastres generados por fenómenos meteorológicos o hidrológicos _____	64
d)	Fenómenos Biológicos _____	64
2.2.11.	Tectónica de Placas _____	64
a)	Límite Divergente o constructivo: las dorsales _____	66
b)	Límite Convergente o destructivo _____	66
c)	Límite Transformante, conservativo o neutro _____	66
d)	Subducción de placas _____	67
2.2.12.	Fallas Tectónicas _____	67
a)	Falla normal _____	67
b)	Falla Inversa _____	68
c)	Falla en dirección o de desgarre _____	68
d)	Falla de rotación cilíndrica _____	68
e)	Falla rotacional en tijera _____	68
2.2.13.	Sismología _____	69
a)	Intensidad _____	70
b)	Magnitud _____	70
c)	Mapa Zonas Sísmicas Ecuador _____	71
2.2.14.	Fenómeno Meteorológico ENOS _____	72
2.2.15.	Corrimientos de tierra _____	75
a)	Deslizamientos _____	75
b)	Flujo de arcilla _____	78
c)	Licuefacción _____	78
d)	Reptación _____	78
e)	Huaico _____	79
2.2.16.	Inspección de Puentes _____	79
a)	Inspección del cauce. _____	79
b)	Estribos y pilares _____	80
c)	Aparatos de apoyo _____	80

d)	Vigas y largueros _____	81
e)	Tableros _____	81
f)	Superficie de rodadura _____	82
g)	Accesos del puente _____	82
CAPÍTULO III _____		83
3.	MARCO METODOLÓGICO _____	83
3.1.	Diseño de la Investigación _____	83
3.2.	Población y Muestra _____	84
3.2.1.	Población _____	84
3.2.2.	Muestra _____	84
3.3.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos _____	85
3.4.	Operacionalización de variables _____	86
3.5.	Descripción del proyecto _____	86
3.5.1.	Antecedentes _____	86
3.5.2.	Generalidades _____	88
3.5.3.	Frecuencia _____	89
3.5.4.	Actividades de mantenimiento de puentes _____	89
3.5.5.	Responsabilidad del Inspector _____	90
3.5.6.	Organización de la Inspección _____	90
3.5.7.	Secuencia de Inspección _____	90
3.5.8.	Ejecución del Inventario e Inspección del Puente _____	92
a)	Introducción _____	92
b)	Dimensionamiento del Puente _____	93
c)	Inspección Visual del deterioro del Puente _____	93
d)	Fotografías _____	93
e)	Recopilación y procesamiento de datos _____	94
3.5.9.	Lineamientos para calificación del grado de deterioro del puente _____	114
a)	Elementos metálicos _____	114
b)	Pintura _____	116
c)	Elementos de concreto _____	118
d)	Protección del talud _____	123
e)	Socavación en fundaciones _____	123
3.5.10.	Análisis Hidrológico e hidráulico del río Alao _____	125
a)	Delimitación de la Unidad Hidrológica del río Alao _____	125
b)	Características Geomorfológicas _____	125
c)	Determinación del tipo de Unidad Hidrológica _____	126
d)	Número de Orden de la Micro Cuenca _____	127
e)	Curvas características Micro Cuenca _____	128
f)	Altitudes características _____	129
g)	Parámetros Geomorfológicos de la Micro Cuenca _____	129
h)	Parámetros de Relieve _____	130

i)	Parámetros de la Red Hidrográfica	131
j)	Tiempo de Concentración	132
k)	Precipitaciones media y máxima de la Micro Cuenca	132
l)	Estimación de la precipitación máxima probable	134
m)	Intensidad de Lluvia	137
n)	Ecuación de Intensidad	137
o)	Cálculo Caudal Máximo (Q.máx) período de retorno 50 años	143
p)	Cálculos Hidráulicos Condición actual del cauce bajo el Puente	144
q)	Capacidad hidráulica máxima bajo el Puente	148
r)	Capacidad hidráulica bajo el Puente para un Q.máx (m ³ /seg) en un período de retorno de 50 años.	149
s)	Identificación áreas de desborde del cauce	153
3.5.11.	Parámetros de calificación del sistema hidrológico del río Alao	165
3.5.12.	Tráfico y Movilidad	166
a)	Estudio de tráfico	166
b)	Análisis del tráfico	172
c)	Situación actual	175
d)	Previsión del tráfico futuro	175
e)	Pérdida de movilidad	176
f)	El transporte sostenible	176
3.5.13.	Parámetros de calificación tráfico y movilidad del sector	177
3.5.14.	Geología y Geotécnica aplicados a deslizamientos de masas	178
a)	Introducción	178
b)	Deslizamiento de laderas	179
c)	Clasificación del deslizamiento según la velocidad del movimiento	179
d)	Causas que afectan la estabilidad de laderas	180
e)	Partes de un deslizamiento	181
f)	Tipos de movimientos en masa	184
g)	Sistema de clasificación de deslizamientos unificado	188
h)	Situación actual	188
i)	Hipótesis de ocurrencia	191
j)	Análisis de hipótesis	191
k)	Ensayo triaxial No Confinado-No Drenado	194
l)	Propiedades índices del suelo	205
m)	Análisis cinemático de la ladera	208
3.5.15.	Parámetros de calificación para Geología y Geotécnica aplicados a deslizamientos	219
CAPÍTULO IV		220
4.	RESULTADOS	220
4.1.	Resumen: conclusiones parámetros de calificación	220
4.2.	Análisis de Vulnerabilidad de la infraestructura vial sobre el río Alao	220

4.3.	Análisis de Riesgo	222
4.3.1.	Identificación de peligros	222
4.3.2.	Evaluación del riesgo	223
CAPÍTULO V		224
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	224
5.1.	Conclusiones	224
5.2.	Recomendaciones	227
CAPÍTULO VI		228
6.	PROPUESTA	228
6.1.	Título de la Propuesta	228
6.2.	Introducción	228
6.3.	Objetivos	229
6.3.1.	General	229
6.3.2.	Específicos	229
6.4.	Fundamentación Científico-Técnica	230
6.4.1.	Ubicación	230
6.4.2.	Estudios preliminares de ingeniería	231
a)	Estudios Topográficos	232
b)	Estudio Hidrológico e Hidráulico	239
c)	Estudio Geológico y Geotécnico	247
d)	Estudio de tráfico	283
e)	Diseño geométrico de accesos al puente	288
f)	Señalización	331
g)	Estudio estructural	338
6.4.3.	Análisis económico de los modelos técnicos	435
6.5.	Comprobación de hipótesis	436
6.6.	Descripción de la propuesta	437
6.7.	Diseño organizacional	438
BIBLIOGRAFÍA		439
ANEXOS		442

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.	División político-administrativa. Riobamba, Chimborazo.	6
Ilustración 2.	Clasificación taxonómica del suelo por órdenes.	8
Ilustración 3.	Uso del Suelo y Vegetación actual	9
Ilustración 4.	Red Hidrográfica parroquia Pungalá	9
Ilustración 5.	Amenazas por deslizamientos y movimientos del suelo.	10

Ilustración 6. <i>Puente Tipo</i>	19
Ilustración 7. <i>Elementos principales de un puente.</i>	20
Ilustración 8. <i>Elementos constitutivos de un puente.</i>	21
Ilustración 9. <i>Elementos Tablero Puente</i>	22
Ilustración 10. <i>Barandas y aceras peatonales.</i>	22
Ilustración 11. <i>Losa de aproximación</i>	22
Ilustración 12. <i>Junta con sello de compresión</i>	23
Ilustración 13. <i>Aparatos de apoyo y juntas de dilatación.</i>	23
Ilustración 14. <i>Drenaje recomendado.</i>	24
Ilustración 15. <i>Gálibos especificados.</i>	24
Ilustración 16. <i>Pilas, Estribos y Cimentación.</i>	25
Ilustración 17. <i>Puentes de acuerdo al Diseño</i>	30
Ilustración 18. <i>Tipos de secciones para Puentes de Hormigón Armado</i>	34
Ilustración 19. <i>Sección de Viga Tipo "I"</i>	37
Ilustración 20. <i>Secciones Típicas de Vigas Tipo Cajón</i>	39
Ilustración 21. <i>Clasificación según desempeño de las Carreteras</i>	45
Ilustración 22. <i>Diagrama Bioclimático de zonas de vida del Sistema de Holdridge</i>	58
Ilustración 23. <i>Teoría de Placas Tectónicas</i>	65
Ilustración 24. <i>Mosaico de las placas rígidas que constituyen la envuelta externa de la Tierra.</i>	66
Ilustración 25. <i>Detalle zona de subducción</i>	67
Ilustración 26. <i>Mosaico Fallas Tectónicas</i>	68
Ilustración 27. <i>Zonas Sísmicas Ecuador</i>	72
Ilustración 28. <i>Circulación atmosférica en condiciones normales y El Niño</i>	73
Ilustración 29. <i>Anomalía de Temperatura Superficial del Mar (°C) Febrero 19 83-1 998-2 01674</i>	
Ilustración 30. <i>Deslizamientos de tierra San Antonio de Alao, julio-2 015.</i>	75
Ilustración 31. <i>Derrumbe quebrada Punninguayco, Alao, abril-2015</i>	77
Ilustración 32. <i>Delimitación área estudio</i>	125
Ilustración 33. <i>Área y Perímetro Micro Cuenca río Alao</i>	126
Ilustración 34. <i>Número de Orden Micro Cuenca río Alao</i>	127
Ilustración 35. <i>Curva Hipsométrica</i>	128
Ilustración 36. <i>Curva de frecuencia de altitudes</i>	128
Ilustración 37. <i>Rangos de pendientes en Micro Cuenca río Alao</i>	130
Ilustración 37. <i>Relieve Micro Cuenca río Alao</i>	130
Ilustración 39. <i>Curva Intensidad vs Tiempo de duración</i>	142
Ilustración 40. <i>Sección transversal cauce bajo puente en condiciones actuales</i>	144
Ilustración 41. <i>Sección transversal cauce bajo puente en condiciones críticas</i>	148
Ilustración 42. <i>División sección transversal por áreas</i>	150
Ilustración 43. <i>Sección transversal cauce bajo puente para $Q_{m\acute{a}x}$ a 50 años de período de retorno</i>	152
Ilustración 44. <i>Relieve zona de influencia, perfil cauce río Alao</i>	153
Ilustración 45. <i>Modelo tri-dimensional superficie terreno natural</i>	154
Ilustración 46. <i>Condición actual de bordes, río Alao</i>	154

Ilustración 48. Lámina de agua y línea de energía del cauce, condición actual abscisa 0+040 m.	155
Ilustración 47. Lámina de agua y línea de energía del cauce, condición actual abscisa 0+020 m.	155
Ilustración 49. Lámina de agua y línea de energía del cauce, condición actual abscisa 0+060 m.	155
Ilustración 50. Lámina de agua y línea de energía del cauce, condición actual abscisa 0+120 m.	156
Ilustración 51. Lámina de agua y línea de energía del cauce, condición actual abscisa 0+100 m.	156
Ilustración 52. Lámina de agua y línea de energía del cauce, condición actual abscisa 0+080 m.	156
Ilustración 53. Lámina de agua y línea de energía del cauce, condición actual abscisa 0+180 m.	157
Ilustración 54. Lámina de agua y línea de energía del cauce, condición actual abscisa 0+160 m.	157
Ilustración 55. Lámina de agua y línea de energía del cauce, condición actual abscisa 0+140 m.	157
Ilustración 56. Vista desde aguas arriba	158
Ilustración 57. Vista superior cauce	158
Ilustración 58. Vista cauce desde aguas abajo	158
Ilustración 59. Lámina de agua y línea de energía del cauce, condición avenida máxima abscisa 0+020 m.	159
Ilustración 60. Condiciones de borde del cauce para período de avenida máxima.	159
Ilustración 61. Lámina de agua y línea de energía del cauce, condición avenida máxima abscisa 0+060 m.	160
Ilustración 62. Lámina de agua y línea de energía del cauce, condición avenida máxima abscisa 0+080 m.	160
Ilustración 63. Lámina de agua y línea de energía del cauce, condición avenida máxima abscisa 0+040 m.	160
Ilustración 64. Lámina de agua y línea de energía del cauce, condición avenida máxima abscisa 0+140 m	161
Ilustración 65. Lámina de agua y línea de energía del cauce, condición avenida máxima abscisa 0+120 m.	161
Ilustración 66. Lámina de agua y línea de energía del cauce, condición avenida máxima abscisa 0+100 m.	161
Ilustración 67. Vista desde aguas abajo.	162
Ilustración 68. Lámina de agua y línea de energía del cauce, condición avenida máxima abscisa 0+180 m	162
Ilustración 69. Lámina de agua y línea de energía del cauce, condición avenida máxima abscisa 0+160 m	162
Ilustración 70. Vista desde aguas arriba	163

Ilustración 71. Vista superior. Desborde cauce.	163
Ilustración 72. Zona de afectación por desborde del cauce del río Alao	164
Ilustración 73. Niveles del flujo para condiciones actual y de avenida máxima.	164
Ilustración 74. Zonificación de áreas de estudio	167
Ilustración 75. Red vial de la zona de estudio	170
Ilustración 76. Clasificación del viario	171
Ilustración 77. Puntos de conflicto en red vial Alao	174
Ilustración 78. Descripción problemática de circulación, puntos de conflictos más relevantes	174
Ilustración 79. Partes de un deslizamiento	181
Ilustración 80. Esquema de caída	184
Ilustración 81. Esquema volcamiento	184
Ilustración 82. Esquema creep	184
Ilustración 83. Esquema deslizamiento rotacional	185
Ilustración 84. Esquema deslizamiento de traslación	185
Ilustración 85. Esquema extensión lateral	186
Ilustración 86. Esquema hundimiento	186
Ilustración 87. Esquema de los flujos	187
Ilustración 88. Esquema avalancha	187
Ilustración 89. Zonificación deslizamiento de tierra	189
Ilustración 90. Mosaico imágenes deslizamiento	189
Ilustración 91. Descripción etapas del deslizamiento	190
Ilustración 92. Derrumbe por activación de falla geológica, quebrada Puninguayco 16/04/2016	192
Ilustración 93. Diagrama del equipo de prueba triaxial	195
Ilustración 94. Escenarios típicos del cono de fricción para estabilidad de laderas	211
Ilustración 95. Tipos de rotura en un talud natural	212
Ilustración 96. Condiciones de flujo	213
Ilustración 97. Procedimiento de uso de los ábacos	214
Ilustración 98. Ábaco falla circular #1	215
Ilustración 99. Ábaco falla circular #3	216
Ilustración 100. Ábaco falla circular #5	217
Ilustración 101. Matriz de riesgo	223
Ilustración 102. Referencia con estructura existencia	231
Ilustración 103. Ubicación propuesta nueva infraestructura vial sobre el río Alao	231
Ilustración 104. Equipo para medición topográfica	235
Ilustración 105. Herramientas y materiales varios	236
Ilustración 106. Equipo de protección individual	236
Ilustración 107. Topografía área de implantación del puente	238
Ilustración 108. Área y Perímetro Micro Cuenca río Alao	239
Ilustración 109. Rangos de pendientes en Micro Cuenca	240
Ilustración 110. Relieve Micro Cuenca río Alao	240
Ilustración 111. Seccionamiento transversal del río cada 10 m. 39 perfiles	242

Ilustración 112. Interpretación de la crecida del río y áreas de desbordamiento del cauce	243
Ilustración 113. Eje puente, abscisa 0+270	243
Ilustración 114. Eje transversal, aguas arriba abscisa 0+280	244
Ilustración 115. Eje transversal, aguas arriba abscisa 0+260	244
Ilustración 116. Eje transversal, aguas arriba abscisa 0+300	245
Ilustración 117. Eje transversal, aguas arriba abscisa 0+240	245
Ilustración 118. Vista superior eje longitudinal puente.	246
Ilustración 119. Descripción eje transversal del cauce, abscisa 0+270	246
Ilustración 120. Gráfico de Plasticidad AASHTO	275
Ilustración 121. Flujograma Sistema de clasificación USCS	276
Ilustración 122. Carta de Plasticidad USCS	277
Ilustración 123. Camino agrícola/forestal	286
Ilustración 124. Secciones transversales típicas de accesos y puente	287
Ilustración 125. Curva circular simple, elementos	298
Ilustración 126. Sobreancho curva circular	301
Ilustración 127. Peralte, representación y convención.	303
Ilustración 128. Diagrama de transición en curvas circulares simples	306
Ilustración 129. Transición del peralte y sobreancho de una curva circular	306
Ilustración 130. Diagrama diseño vertical	313
Ilustración 131. Diseño vertical tipo	314
Ilustración 132. Representación de curva vertical	316
Ilustración 133. Tipos de curvas convexas	318
Ilustración 134. Tipos de curvas cóncavas	320
Ilustración 135. Índice del cálculo de la longitud de curvatura vertical cóncava	321
Ilustración 136. Secciones típicas de cunetas.	323
Ilustración 137. Elementos cuneta triangular tipo	325
Ilustración 138. Sección mixta transversal	328
Ilustración 139. Secciones transversales corte y relleno	328
Ilustración 140. Diagrama de Masas	330
Ilustración 141. Señalización Horizontal Puente	334
Ilustración 142. Señales Verticales Reglamentarias	335
Ilustración 143. Señales Verticales Preventivas	336
Ilustración 144. Señales Verticales Informativas	337
Ilustración 145. Camión de diseño HS 20-44	339
Ilustración 146. Matriz de riesgo	437

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Registros desastres naturales área de estudio. _____	11
Tabla 2. Clasificación funcional de las vías en base al TPDA _____	44
Tabla 3. Denominación de Carreteras por Condiciones Orográficas _____	47
Tabla 4. Biotemperatura media anual por zona térmica. _____	59
Tabla 5. Provincia de humedad del sistema de Holdridge. _____	60
Tabla 6. Escala de Intensidad de Mercalli modificada _____	70
Tabla 7. Escala de Magnitud de Richter _____	71
Tabla 8. Operacionalización de variables _____	86
Tabla 9. Secuencia de Inspección _____	91
Tabla 10. Grado de daño por deformación _____	114
Tabla 11. Grado de daño por oxidación _____	115
Tabla 12. Grado de daño por corrosión _____	115
Tabla 13. Grado de daño por elemento faltante _____	116
Tabla 14. Grado de daño por decoloración _____	116
Tabla 15. Grado de daño por ampollas _____	117
Tabla 16. Grado de daño por descascaramiento _____	117
Tabla 17. Grado de daño por fisuramiento _____	118
Tabla 18. Grado de daño por grietas en una dirección _____	118
Tabla 19. Grado de daño por grietas en dos direcciones _____	119
Tabla 20. Grado de daño por descascaramiento _____	119
Tabla 21. Grado de daño por acero de refuerzo expuesto _____	120
Tabla 22. Grado de daño por nidos de piedra _____	121
Tabla 23. Grado de daño por eflorescencia _____	121
Tabla 24. Grado de daño por agujeros en el elemento _____	122
Tabla 25. Grado de daño por inclinación _____	122
Tabla 26. Grado de daño por protección de talud _____	123
Tabla 27. Grado de daño por socavación en fundaciones _____	123
Tabla 28. Unidad Hidrológica _____	126
Tabla 29. Cuadro de áreas entre curvas de nivel _____	128
Tabla 30. Formas de la Cuenca de acuerdo al índice de compacidad _____	129
Tabla 31. Cuadro para el cálculo de pendiente media de la Micro Cuenca _____	131
Tabla 32. Registros pluviométricos Estación Alao – Método Gumbel _____	135
Tabla 33. Cálculo de las láminas para distintas frecuencias _____	136
Tabla 34. Valores concluidos para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas _____	137
Tabla 35. Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias _____	137
Tabla 36. Intensidades equivalentes de lluvia para diferentes tiempos de duración _____	138
Tabla 37. Resumen de aplicación de regresión potencial _____	141
Tabla 38. Intensidad –Tiempo de duración – Período de retorno _____	142
Tabla 39. Tipos de Uso de Suelo _____	143

Tabla 40. Coeficientes de escorrentía para diferentes períodos de retorno _____	143
Tabla 41. Cálculo caudal máximo – Método Racional _____	143
Tabla 42. Caudales Junio 1997 - 2010 _____	144
Tabla 43. Coeficientes de rugosidad de Manning para canales de corriente natural _____	146
Tabla 44. Grado de afectación del cauce en período de avenida máxima _____	165
Tabla 45. Datos poblacionales generales de la zona de influencia _____	166
Tabla 46. Datos poblacionales locales de la zona de influencia _____	167
Tabla 47. Resumen semanal del aforo vehicular en el punto de conflicto _____	168
Tabla 48. Tasas de crecimiento vehicular de la provincia de Chimborazo _____	175
Tabla 49. Grado de impacto del tráfico y movilidad _____	177
Tabla 50. Sistema unificado para clasificación de deslizamientos _____	188
Tabla 51. Datos de reporte ensayo triaxial espécimen 1 _____	201
Tabla 52. Datos de reporte ensayo triaxial espécimen 2 _____	202
Tabla 53. Datos de reporte ensayo triaxial espécimen 3 _____	203
Tabla 54. Parámetros ensayo triaxial _____	204
Tabla 55. Granulometría del suelo _____	206
Tabla 56. Parámetros físicos y mecánicos del suelo _____	210
Tabla 57. Resumen análisis cinemático Talud Natural _____	218
Tabla 58. Grado de impacto por estabilización de masas _____	219
Tabla 59. Resumen parámetros de calificación _____	220
Tabla 60. Cuadro de niveles de vulnerabilidad _____	221
Tabla 61. Categorización por probabilidad de ocurrencia de fenómenos naturales _____	223
Tabla 62. Intensidad –Tiempo de duración – Período de retorno _____	241
Tabla 63. Designación por normativas para cada tipo de ensayo _____	248
Tabla 64. Contenido de humedad Margen Izquierdo _____	253
Tabla 65. Contenido de humedad Margen Derecho _____	254
Tabla 66. Granulometría Margen Izquierdo 0.50m – 1.00 m _____	257
Tabla 67. Granulometría Margen Izquierdo 1.00m – 1.50 m _____	258
Tabla 68. Granulometría Margen Derecho 0.50m – 1.00 m _____	259
Tabla 69. Granulometría Margen Derecho 1.00m – 1.50 m _____	260
Tabla 70. Granulometría Margen Derecho 1.50m – 2.00 m _____	261
Tabla 71. Granulometría Margen Derecho 2.00m – 2.50 m _____	262
Tabla 72. Límites de Atterberg Margen Izquierdo 0.50m – 1.00 m _____	266
Tabla 73. Límites de Atterberg Margen Derecho 0.50m – 1.00 m _____	267
Tabla 74. Límites de Atterberg Margen Derecho 1.00m – 1.50 m _____	268
Tabla 75. Límites de Atterberg Margen Derecho 1.50m – 2.00 m _____	269
Tabla 76. Límites de Atterberg Margen Derecho 2.00m – 2.50 m _____	270
Tabla 77. Peso específico y % de absorción de agua Margen Derecho _____	272
Tabla 78. Peso específico y % de absorción de agua Margen Izquierdo _____	273
Tabla 79. Sistema de clasificación de suelos AASHTO _____	276
Tabla 80. Propiedades importantes de los diferentes tipos de suelos (USCS) _____	277
Tabla 81. Resumen clasificación de suelos _____	278

Tabla 82. <i>Características de resistencia de acuerdo a SPT_1</i> _____	280
Tabla 83. <i>Características de resistencia de acuerdo a SPT_2</i> _____	281
Tabla 84. <i>Clasificación funcional de las vías en base al TPDA</i> _____	286
Tabla 85. <i>Velocidad de diseño de acuerdo a la topografía del terreno y tipo de vía</i> _____	291
Tabla 86. <i>Relación de velocidad de operación con la velocidad de diseño</i> _____	292
Tabla 87. <i>Tasa de sobreelevación de acuerdo al tipo de área</i> _____	294
Tabla 88. <i>Radios mínimos y grados máximos de curvas horizontales para distintas velocidades de diseño</i> _____	296
Tabla 89. <i>Elementos de diseño para curvas horizontales y velocidades de diseño, e.máx=10%</i> _____	297
Tabla 90. <i>Longitudes de desarrollo del peralte en carreteras de dos carriles, en metros</i> _____	297
Tabla 91. <i>Longitudes de desarrollo de la sobreelevación en carreteras de dos carriles</i> _____	304
Tabla 92. <i>Gradiente longitudinal necesaria para el desarrollo del peralte</i> _____	305
Tabla 93. <i>Valores de diseño de las gradientes longitudinales máximas</i> _____	314
Tabla 94. <i>Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa</i> _____	319
Tabla 95. <i>Cálculo de curvas verticales</i> _____	321
Tabla 96. <i>Ancho de calzada de acuerdo la clase de carretera y TPDA</i> _____	322
Tabla 97. <i>Inclinaciones máximas del talud (V:H) interior de la cuneta</i> _____	324
Tabla 98. <i>Niveles de ensayo para barandas de puentes</i> _____	350
Tabla 99. <i>Longitudes de desarrollo, ganchos y traslapes</i> _____	377
Tabla 100. <i>Cuadro de comparación, condición actual y esperada. Niveles de vulnerabilidad</i> _____	436

RESUMEN

La susceptibilidad de los sistemas naturales, económicos y sociales al impacto de un peligro de origen natural o inducido por el hombre se lo denomina vulnerabilidad; la cual está determinada por el origen y tipo de evento, geografía de la zona afectada, las características técnico-constructivas de las estructuras existentes, la salud del ecosistema, el grado de preparación para el enfrentamiento de la situación por parte de la población, comunidad y gobiernos locales, así como por la capacidad de recuperación en el más breve tiempo posible.

Las amenazas, como factores externos de riesgo, de origen geomórfico (deslizamientos, avalanchas, hundimientos), meteorológico (tormentas, granizadas) e hidrológico (inundaciones, desbordamientos), son las que tienen mayor repercusión en el área de estudio. Para salvaguardar las condiciones de vida en los sectores afectados se realiza una inspección y evaluación de la infraestructura vial sobre el río Alao, en la cual se analiza el tiempo de funcionalidad de la estructura, sistema constructivo, fallas estructurales y/o funcionales, así mismo como su relación y comportamiento ante condiciones eventuales riesgosas del ecosistema. El informe de inspección y evaluación del conjunto de análisis y de su acción con el entorno brindan parámetros para determinar su grado de vulnerabilidad. La probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural en relación con el nivel de vulnerabilidad determina el tipo de riesgo de la estructura a sufrir daños. Actuar frente a los parámetros que ocasionan vulnerabilidad en la estructura con modelos técnicos funcionales mitiga su susceptibilidad de ser propenso a un impacto de riesgo mayor.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

CENTRO DE IDIOMAS INSTITUCIONAL

Lic: Eduardo Heredia

10 de Agosto de 2016

ABSTRACT

The susceptibility of natural, economic and social systems to the impact of a hazard of natural origin or induced by man is called vulnerability; which is determined by the origin and type of event, geography of the affected area, the technical and construction features of existing structures, the ecosystem health, the degree of preparedness for facing with the situation by the population, community and local governments, as well as resilience in the shortest time possible.

The threats, as external risk factors of geomorphic origin (landslides, avalanches, land subsidence), meteorological (storms, hailstorms) and hydrological (floods, overflows) are those that have the greatest impact in the study area. An inspection and evaluation of road infrastructure on the Alao river are carried out to safeguard the living conditions in the affected sectors, in which the time of functionality of the structure, construction system, structural failures and / or functional is analyze, as well as its relationship and behavior in possible hazardous conditions of ecosystem.

The inspection and evaluation report of the set of analysis and its action with the environment provide parameters to determine its degree of vulnerability. The probability of occurrence of a natural phenomenon in relation to the level of vulnerability determines the type of risk of the structure to suffer damage. Acting against the parameters that provoke vulnerability in the structure with functional technical models mitigates its susceptibility of being prone a risk of higher impact.


10/08/16



INTRODUCCIÓN

Una infraestructura vial es todo el conjunto de elementos que permite el desplazamiento de vehículos en forma confortable y segura desde un punto a otro. Al hablar de la infraestructura vial sobre el río Alao, es referirse a los accesos y el puente vehicular que salva el cauce del río para comunicar a las comunidades de Alao Llactapamba y San Antonio de Alao. Estos elementos que conforman la infraestructura son propensos a recibir daños afectaciones, ya sea por el tiempo de servicio, sobrecargas, agentes climáticos o debido a la influencia de fenómenos naturales o antrópicos. La UNESCO ha definido a la entidad del daño implantado a un elemento o conjunto de elementos a riesgo, por la influencia de un fenómeno natural en un determinado tiempo como vulnerabilidad. Los efectos de daño pueden mitigarse reduciendo su vulnerabilidad, para esto es necesario conocer el comportamiento del fenómeno natural o antrópico que genera el riesgo e identificar el área sujeta al mismo.

Es así que, el presente proyecto dentro de su planteamiento realizará una evaluación de los diferentes parámetros a los que está inmersa la infraestructura para determinar su grado de daño y vulnerabilidad y así determinar el nivel de riesgo al que está expuesta. Se realizará entonces una inspección y evaluación del puente y de sus accesos, el sistema hidrológico e hidráulico del cauce, la movilidad y el transporte; y un estudio de deslizamientos de masas que afecta a uno de los sectores. Con el resultado de calificación de estos parámetros se plantean modelos técnicos con los cuales se espera poder mitigar la vulnerabilidad de los elementos y reducir el riesgo al que están expuestos.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1.Planteamiento del Problema

El *buen vivir* o entendido de igual forma por su expresión en kiwckua *Sumak Kawsay* se ha desarrollado dentro de los últimos años en el Ecuador, obteniendo un gran impacto al adoptar la idea del desarrollo de los pueblos relacionando sus actividades con la naturaleza para una convivencia equilibrada que permita su avance simultáneo y no se impida la armonía que debe existir entre el medio ambiente y las personas. Un modelo de vida de desarrollo más justo, sostenible, en el mejor de los casos sustentable, y ecológico.

La Carta Magna del estado aprobada en el año de 2008, art.30 de los Derechos del buen vivir establece que “*Las personas tienen derecho a un hábitat seguro y saludable, y a una vivienda adecuada y digna, con independencia de su situación social y económica*” y para garantizarlo la necesidad de un plan de acción para mitigar riesgos de tipo físicos, químicos, biológicos, ergonómicos, mecánicos, psicosociales y ambientales. Planes respaldados con documentación habilitante a todo trámite, así como la debida información técnica, social, económica, etc. Información técnica necesaria que detalle un procedimiento sistemático para lograr un resultado determinado y efectivo ante problemas como, el crecimiento demográfico desacelerado y desordenado de la sociedad, que solo entre 1950 y 2005 creció en un 160%, de 2.5 a 6.5 mil millones de personas

aproximadamente y se espera para el 2050 más de 9 mil millones de personas a nivel mundial, incidiendo en el deterioro del medio ambiente y de la calidad de vida; modelos de dispersión descontrolados de los poblados debido al fracaso del urbanismo en los últimos años con repercusiones negativas en el caso de los sistemas de movilidad.

Uno de los elementos esenciales para el desarrollo de la economía de un país es su infraestructura vial, en muchos casos, los puentes son el componente más vulnerable de una carretera y su condición influye en la continuidad del servicio de transporte que brinde y que esta sea además de forma permanente y segura. El estado de los puentes depende de muchos factores que pueden o no estar relacionados entre sí.

Como muchas estructuras con más de 50 años de servicio que generalmente sufren daño por falta de mantenimiento, más no por su antigüedad. Estructuras con estado crítico en su estabilidad por sobre-cargas, influencia de agentes ambientales en los elementos, fenómenos naturales que alteran el comportamiento de respuesta de la estructura, entre otros factores.

El fenómeno meteorológico “El Niño” es el componente natural, considerado erráticamente cíclico, que genera un gran riesgo para la red vial del país al repetirse periódicamente en forma intensa cada 6 a 8 años. Registros mencionan las condiciones de “El Niño” de 1982-1983, 1997-1998 como nefastas en infraestructuras viales del país, y de acuerdo publicaciones del CIIFEN (Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño) se pronostica un impacto de mayor consideración que los anteriores en el período 2015-2016.

El desarrollo de métodos, técnicas, informes, procesos, que mitiguen o eviten los riesgos productos de la dimensión del desastre y la probabilidad de su acontecimiento, permitirán disponer de medidas de protección, sistemas de alarma, planos de evacuación para áreas sujetas a peligros recurrentes, y a un sinfín de información que garantice el buen vivir de los pobladores de un sector. Sin embargo, la insuficiencia de alguno de estos expedientes dentro de una sociedad que pretende el desarrollo sostenible, solo problematiza su progreso y aumenta el riesgo ante desastres.

El autor, en plena conciencia de la problemática mencionada, considera necesario el estudio de la infraestructura vial sobre el río Alao, en perspectiva que los resultados de su investigación ayuden a fortalecer y mejoren las condiciones de buen vivir de los sectores de estudio.

1.2. Formulación del Problema

¿El desarrollo de procedimientos sistemáticos de análisis y evaluación de la infraestructura vial es ineludible para adiestrar a la población en prevenir, resistir y sobreponerse al impacto de un peligro de origen natural o inducido por el hombre enfocando así al sistema social a un desarrollo sostenible y el buen vivir de sus habitantes?

1.3. Objetivos

1.3.1. General

- Realizar la inspección, análisis y evaluación de la infraestructura vial sobre el río Alao, su relación con el medio ambiente y factores de riesgo de tipo natural.

1.3.2. Específicos

- Realizar un informe técnico en el cual se detallen las deficiencias existentes en cada uno de los elementos constitutivos de la infraestructura vial, sus recomendaciones de mantenimiento y acciones de reparación.

- Contemplar un análisis hidrológico e hidráulico del sector en estudio para determinar el comportamiento normal del río y de condiciones máximas que se puedan presentar.

- Efectuar un análisis geológico y geotécnico de las laderas, para poder analizar el comportamiento de los deslizamientos de tierra que se presentan eventualmente en el área de estudio debido a lluvias de intensidades altas.

- Efectuar un estudio de tránsito y movilidad, para analizar la circulación de vehículos y del transporte público dentro de las comunidades de estudio.

- Establecer una propuesta a la problemática como medida de control y mitigación de factores de impacto pernicioso en el objeto de estudio.

1.4. Justificación

Como se mencionó anteriormente, uno de los elementos esenciales para el desarrollo de la economía de un sector es su infraestructura vial.

El sistema vial de las comunidades de estudio se encuentra conformado por dos terracerías, con sus respectivas brechas de comunicación intercomunal. Al término de la vía terciaria que comunica el sector de estudio con la cabecera parroquial, se encuentra la división de ingreso para las comunidades, es así que, siguiendo el trazado principal se llega a la comunidad de Alao Llactapamba y desde el cambio de ruta cruzando el río Alao por el puente existente a la comunidad de San Antonio de Alao.

El único ingreso y salida de los pobladores desde la comunidad de San Antonio es por el puente que comunica a los poblados como una vía segura. Sabiendo además que es la población más afectada en épocas invernales por la formación de corrimientos de tierra, debido a las intensas precipitaciones prolongadas, causando daños en viviendas, terrenos de producción agropecuaria, cambio en el comportamiento del cauce del río por la descarga del material de los deslizamientos y aumento de caudal en el mismo. Afectando de esta manera a los elementos de la subestructura y superestructura del puente.

La condición de los puentes varía considerablemente. Las estructuras con más de cincuenta años de uso, generalmente sufren daños por falta de mantenimiento adecuado, más que por su antigüedad. Los puentes presentan un estado crítico con respecto a su estabilidad estructural y capacidad de carga y, en estas condiciones, la seguridad del tránsito asume altos niveles de incertidumbre asociados a riesgos crecientes. De allí la importancia de realizar el “ANÁLISIS TÉCNICO DE VULNERABILIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL SOBRE EL RÍO ALAO PARA GARANTIZAR EL BUEN VIVIR EN LAS POBLACIONES DE ALAO LLACTAPAMBA Y SAN ANTONIO DE ALAO”.

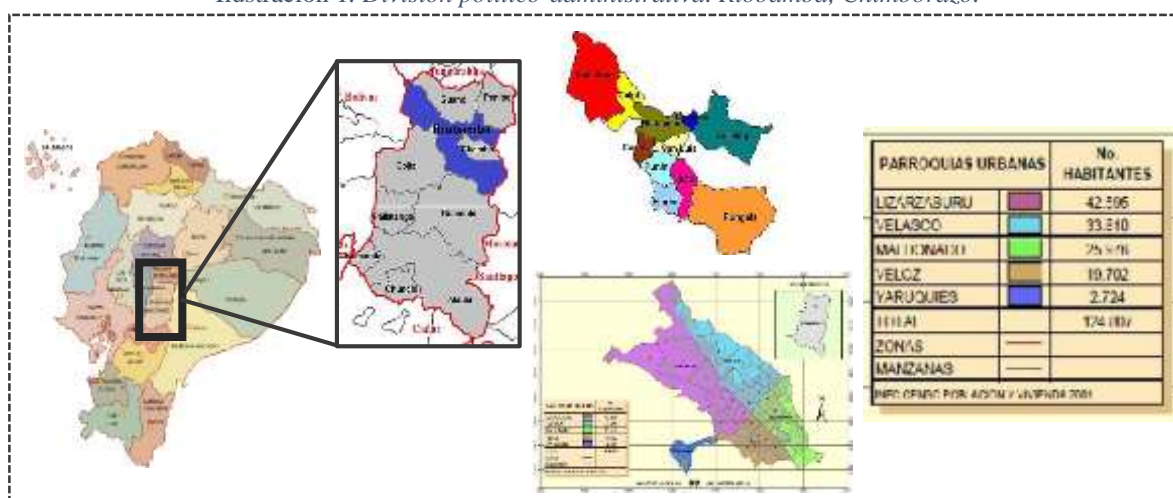
CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

El cantón Riobamba está situado a 2750 metros sobre el nivel del mar (msnm), ubicada dentro del Sistema Geodésico Mundial de 1984 (WGS 84 por sus siglas en inglés) en la zona 17 M, 760948 metros Este, 9815967 metros Sur, en la región Sierra Central y constituye la capital de la Provincia de Chimborazo. Consta de 5 parroquias urbanas (Maldonado, Veloz, Lizarzaburu, Velasco, Yaruquíes) y 11 parroquias rurales (San Juan, Licto, Calpi, Quimiag, Cacha, Flores, Punín, Cubijés, Licán, San Luis, Pungalá).

Ilustración 1. División político-administrativa. Riobamba, Chimborazo.



Fuente: (Wikipedia, 2016)

Este distrito no dispone de un Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial como lo establecen las leyes de estado. No obstante su crecimiento se ha basado en el Plan de Desarrollo Urbano (PDUR), instrumento de planificación cantonal vigente desde 1998, mismo que no aborda la problemática en el área rural.

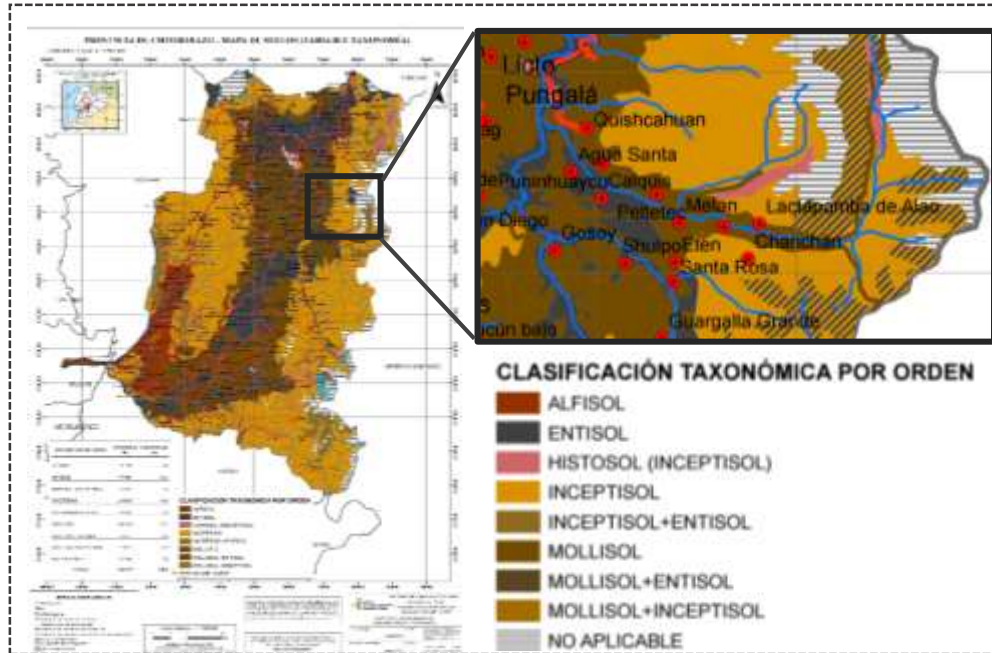
A pesar de la problemática que atraviesa el sector rural al no ser considerado dentro del plan de desarrollo, los gobiernos parroquiales como acción ante la problemática y en pleno cumplimiento de ley crean el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT), para el progreso de cada uno de sus sectores.

La parroquia de Pungalá constituida legalmente desde 1861 es una de las parroquias rurales del cantón Riobamba, limita al Norte con el cantón Chambo, al Sur con la parroquia Cebadas del cantón Guamote, al Este con la provincia de Morona Santiago y la Oeste con la parroquia de Licto. De acuerdo a lo publicado en su PDOT del 2011 sabemos que su población es de 5969 habitantes y abarca una extensión de 28133.06 Has. Su rango altitud es de 2880msnm, lo que representa que su clima sea Ecuatorial Frío de Alta Montaña en el 90% de su extensión y el restante de un clima Ecuatorial Frío Semi-húmedo; temperaturas que oscilan entre los 6 y 18°C permitiendo la existencia de climas templados en las partes bajas y fríos en las zonas altas. Las precipitaciones anuales fluctúan desde 500mm hasta los 1000mm de lluvia.

Dentro de los asentamientos humanos que integran el territorio parroquial, situamos el área de estudio, en las comunidades de Alao Llactapamba (330 habitantes) y San Antonio de Alao (480 habitantes) con extensiones de 5748.91 Has y 7527.85 Has respectivamente. De acuerdo a la cartografía temática generada por Dirección de Regionalización Agraria

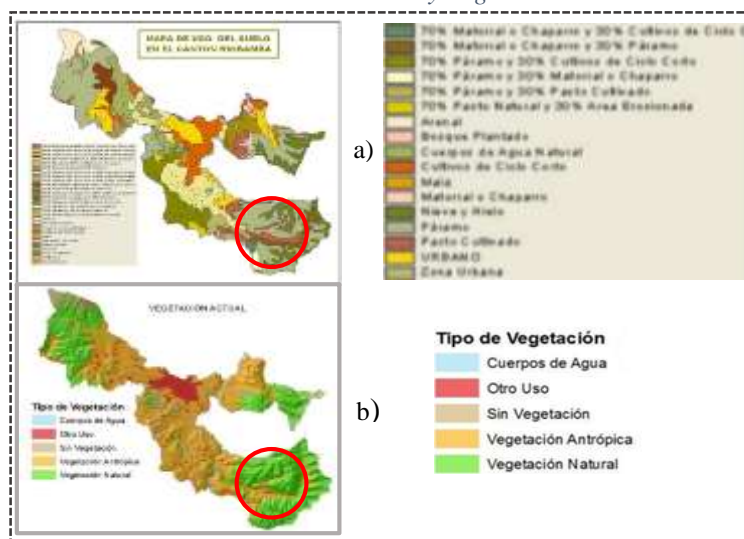
(PRONAREG) como organismo del Ministerio de Agricultura y Ganadería conjuntamente con la Oficina de Investigación Científica y Técnica en el Extranjero (ORSTOM por sus siglas en francés) la taxonomía de suelos del sector de Alao corresponden a los de Orden Inceptisol y Mollisol.

Ilustración 2. Clasificación taxonómica del suelo por órdenes.



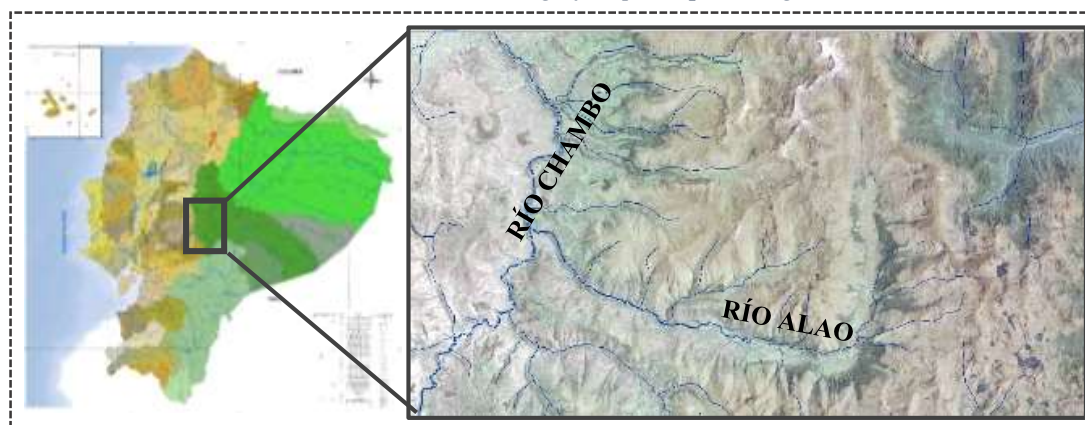
Fuente: (MAGAP, 2014)

El Plan Estratégico de Desarrollo Cantonal de Riobamba proyectado al 2025 (PEDC-R 2025) determina que el uso del suelo le corresponde a Pasto cultivado, 70% matorral o chaparro y 30% páramo y páramo, considerado como una verdadera reserva natural para la protección de la micro-cuenca. La ocupación del suelo por cobertura vegetal concierne a vegetación natural y antrópica.

Ilustración 3. *Uso del Suelo y Vegetación actual*

Fuente: (PDOT 2015-2025, 2015, págs. 41-42)

La Red Hidrográfica vislumbra los ríos Daldal por el norte, Guarullá y Cebadas por el sur, el río Chambo por la parte occidental y el río Alao que atraviesa el área de oriente a occidente.

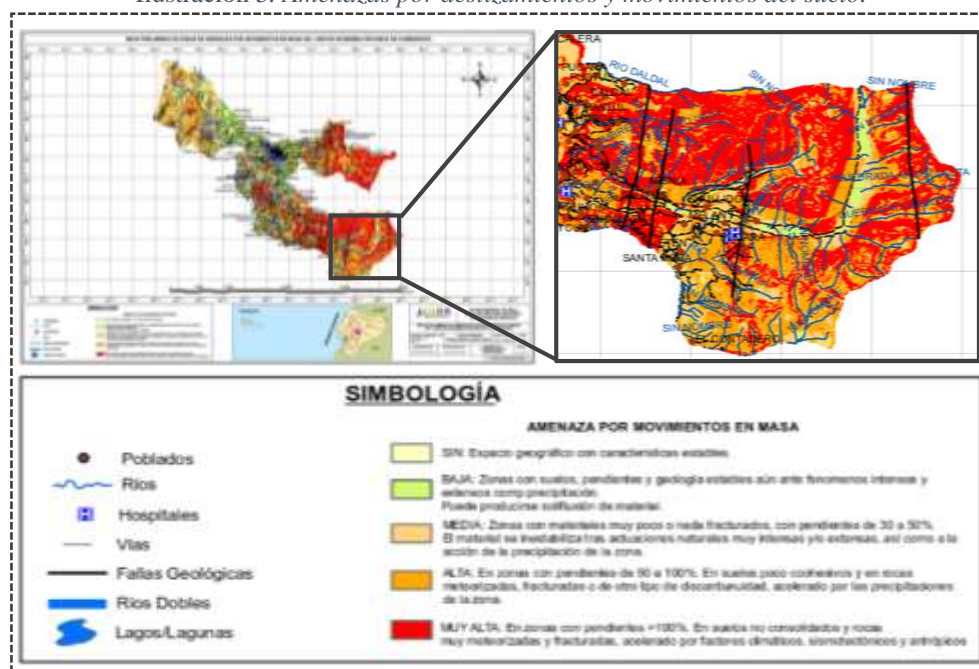
Ilustración 4. *Red Hidrográfica parroquia Pungalá*

Fuente: (Tesis, 2016)

En función al mapa Bioclimático del Ecuador y de acuerdo al sistema de clasificación de las zonas de vida de Holdridge, a Alao le corresponde un Páramo Pluvial Sub-Andino (pp-SA), Bosque muy Húmedo Montano (bmh-M) y Bosque Húmedo Montano Bajo (bh-MB), por encontrarse dentro del rango de los 2000 a 4500 msnm.

La vulnerabilidad que el sector presenta por efectos antrópicos y naturales está relacionado con inundaciones, vientos, movimientos de masa, precipitaciones intensas, entre los más representativos. No hay que dejar de lado que el país está atravesado por una gran falla geológica (Falla Puna-Pallatanga-Cosanga-Chingual); el producto de la subducción de la placa de Nazca, en el océano, con la placa Sudamericana, produce movimientos sísmicos; lo que ha dado lugar a la formación de las cadenas montañosas y otros sistemas de fallas, como la falla Quito-Latacunga y la falla Sub-andina Oriental, de la misma manera al par de fallas geológicas que atraviesan inmediatamente a la micro-cuenca de análisis.

Ilustración 5. Amenazas por deslizamientos y movimientos del suelo.



Fuente: (GADM-Riobamba, 2015)

Debido a que el suelo en este sector presenta una textura relativamente suelta y no es excesivamente permeable, en períodos lluviosos se satura, al no ser compacto se desliza acarreando escombros en grandes volúmenes y afectando directamente a los pobladores.

El fenómeno “El Niño”, se muestra con precipitaciones de intensa duración en el área de investigación, la cual, de acuerdo a registros analizados del año 1998 (lapso durante el cual el fenómeno puntúo) en publicaciones del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), se establece que el caudal y nivel del cauce son los máximos registros hasta el momento en el río Alao. A continuación se detalla un historial de desastres naturales que han vapuleado y afectado a los asentamientos humanos objetos de exploración.

Tabla 1. *Registros desastres naturales área de estudio.*

N°	DESCRIPCION	FECHA			FUENTE
		DD	MM	AA	
1	Derrumbe de 2 000 m ³ de material pétreo inhabilitando vía hacia la cabecera parroquial en Quebrada Punguayco	16	Febrero	2013	(Cotopaxinoticias, 2013)
2	Deslizamiento de tierra en la zona de Alao, seis casas afectadas y al menos 10 en riesgo.	26	Abril	2015	(La Prensa Chimborazo, 2015)
3	Deslave de gran magnitud obstaculizó la vía de acceso Quebrada Punguayco, afectaciones en casa comunal y centro infantil San Antonio de Alao, 3 casas dañadas en Alao Llactapamba	22	Julio	2015	(ElComercio, 2015)

Fuente: Indicadas

El estudio global de todos estos aspectos, puntualiza a un estudio del sector para entender su vulnerabilidad y garantizar el bienestar, seguridad, traslado y asistencia de los asentamientos poblacionales ante cualquier apremio sorpresa, mediante un análisis técnico a la infraestructura vial sobre el río Alao que comunica a los poblados de estudio.

2.2.Fundamentación teórica

2.2.1. Buen Vivir

El buen Vivir es un principio constitucional basado en el *Sumak Kawsay*, que recoge una visión del mundo centrada en el ser humano, como parte de un entorno natural y

social. Es “La satisfacción de las necesidades, la consecución de una calidad de vida y muerte digna, el amar y ser amado, el florecimiento saludable de todos y todas, en paz y armonía con la naturaleza y la prolongación indefinida de las culturas humanas. El buen vivir supone tener tiempo libre para la contemplación y la emancipación, y que las libertades, oportunidades, capacidades y potencialidades reales de los individuos se amplíen y florezcan de modo que permitan lograr simultáneamente aquello que la sociedad, los territorios, las diversas identidades colectivas y cada uno –visto como un ser humano universal y particular a la vez- valora como objeto de vida deseable (tanto material como subjetivamente y sin producir ningún tipo de dominación a otro)”. Plan Nacional para el Buen Vivir 2009-2013. (Ministerio de Educación, 2016).

Sumak Kawsay (vida en armonía – Buen Vivir) en el mundo indígena significa tener una tierra y un territorio sano y fértil; cultivar lo necesario y de forma diversificada; preservar, cuidar, mantener limpios ríos, bosques, el aire, montañas; tener un territorio un territorio manejado colectivamente, una educación en base a valores propios y una comunicación constante; también implica regirse por un código de ética y el reconocimiento y respeto a los derechos de los demás; además implica decidir de manera colectiva las prioridades de cada pueblo o comunidad. (CHUJI, 2010).

El Buen Vivir desde el pensamiento crítico de (ACOSTA, 2009), en la constitución ecuatoriana, tiene que ver con una serie de derechos y garantías sociales, económicas y ambientales. También está plasmado en los principios orientadores del régimen económico, que se caracterizan por promover una relación armoniosa entre los seres humanos individual y colectivamente, así como con la Naturaleza. En esencia busca

construir una economía solidaria, al tiempo que se recuperan varias soberanías como concepto central de la vida política del país. El Buen Vivir, en tanto régimen de desarrollo en construcción y como parte inherente de un Estado plurinacional, busca una vida armónica. Es decir equilibrada entre todos los individuos y las colectividades, con la sociedad y con la Naturaleza. No se puede olvidar que lo humano se realiza (o debe realizarse) en comunidad; con y en función de otros seres humanos, sin pretender dominar a la Naturaleza.

2.2.2. Desarrollo Sostenible

La definición de Desarrollo Sostenible se ha ido ajustando a través de un proceso gradual de aproximaciones y acuerdos. Sin embargo, a pesar de los notables avances de reflexión y análisis, se considera que todavía subsisten las generalidades por encima de los criterios prácticos que facilitan su aplicación y evaluación. (BERMEO, 2005).

a) Definición y Alcance

La definición generalizada señala que, el Desarrollo Sostenible constituye un proceso que pretende la satisfacción de las necesidades actuales permanentemente, sin comprometer la satisfacción de las necesidades futuras de las actuales generaciones y de las que vendrán, es decir, que no agota ni desperdicia os recursos naturales y no lesiona innecesariamente al ambiente ni a los seres humanos.

Debe estar encaminado a lograr, al mismo tiempo, el crecimiento económico, la equidad y progreso social, el uso racional de los recursos naturales y la conservación del

ambiente, en un marco de gobernabilidad política, con el objetivo de lograr mejores condiciones de vida para toda la población.

b) La problemática Ecuatoriana

El Ecuador, cuyo territorio forma parte de varios de los ecosistemas más importantes del planeta y cuya población afronta los problemas propios de los países en vías de desarrollo, se ha visto afectado por los problemas ambientales mundiales y ha estado inmerso, desde su perspectiva, en parte de los procesos que los han generado. Sin embargo, al interior del país, son muchas las particularidades que han ido configurando los estilos de desarrollo a lo largo del tiempo y el perfil ambiental del Ecuador de nuestros días.

En lo ambiental, los problemas del Ecuador son ampliamente conocidos. La pobreza es, sin duda, la principal causa y efecto del deterioro ambiental; sin embargo, también son motivo de intensa preocupación: la deforestación, la erosión, la pérdida de la biodiversidad y de los recursos genéticos, la desordenada e irracional explotación de los recursos naturales, la creciente contaminación del agua, del suelo y del aire; el deficiente manejo de desechos, el deterioro de las condiciones ambientales urbanas, los problemas de salud por la contaminación y malnutrición, la desertificación y agravamiento del fenómeno de las sequías, el deterioro de las cuencas hidrográficas, y el impacto de los riesgos y desastres naturales.

Esta compleja problemática tiene su origen, fundamentalmente, en la falta de sostenibilidad de los modelos de desarrollo que a lo largo del tiempo se han impuesto en Ecuador y que han sido los generadores de estructuras de pobreza y deterioro ambiental.

A esta causa de carácter estructural, se agregan otros factores restrictivos como son: la falta de cumplimiento de las leyes y regulaciones existentes y de un marco legal, al más alto nivel, que oriente y regule la gestión ambiental; la debilidad institucional de las entidades encargadas de las funciones de regulación, control, apoyo y seguimiento; la falta de políticas económicas que estimulen el uso racional y valoricen los recursos naturales así como los daños que en ellos se producen; la falta de planes y políticas de estado que perduren en el largo plazo; la falta de una sólida base en ciencia y tecnología para recuperar, adaptar y desarrollar tecnologías sustentables; la limitada participación ciudadana por falta de organización y promoción; la ausencia de una educación que incorpore efectivamente la variable ambiental en los contenidos curriculares a todo nivel; y, las deficiencias en la producción y acceso a la información relacionada con la gestión ambiental.

Para superar la crisis económica y social que actualmente enfrenta, el país continuará recurriendo en los próximos años a la explotación de los recursos naturales; sin embargo, será indispensable que dicho aprovechamiento lo ejecute en términos sostenibles, para lo cual deberá adoptar una estrategia que procure, en forma simultánea, la rentabilidad económica, la justicia social y la racionalidad ambiental.

c) Política Nacional

Según redacta (GADM Cuenca, 2015), en su Plan de Movilidad y Espacios Públicos, el Ecuador a través del PLAN NACIONAL DEL BUEN VIVIR 2009-2013, persigue la implantación de un nuevo modelo que trasciende al “desarrollo” y busca la consecución del “Buen Vivir”; la mejora de la calidad de vida de la población, la

construcción y fortalecimiento de espacios públicos, interculturales y del encuentro común, son algunos de los objetivos que se plantearon en el plan nacional.

La estrategia territorial propuesta planteada consideró un nuevo modelo policéntrico territorial que permita alcanzar el Buen Vivir, un modelo policéntrico, articulado y complementario de los asentamientos humanos que desde la escala nacional ha de replicarse hasta los territorios cantonales y proximidad.

Una de las estrategias relacionadas con la movilidad se sostiene sobre la jerarquización y eficiencia de las infraestructuras de movilidad, energía y conectividad.

2.2.3. Infraestructura Vial

a) Generalidades

(Secretaria de Movilidad, s.f.), menciona: La infraestructura vial es uno de los pilares de crecimiento y desarrollo sostenible de un país. Pese a su importancia económica y social, presenta altos niveles de atrasos. Se identifica la falta e inadecuada planeación como una de las razones del rezago en el sector vial.

Por lo tanto es de vital importancia establecer metodologías de estudios, intervención y conservación de la infraestructura con el fin de brindar un tránsito efectivo, cómodo y seguro.

b) Definición

La infraestructura vial es el conjunto de componentes físicos que interrelacionados entre sí de manera coherente y bajo cumplimiento de ciertas especificaciones técnicas de

diseño y construcción, ofrecen condiciones cómodas y seguras para la circulación de los usuarios que hacen uso de ella.

c) Componentes Físicos

- Estructura del pavimento.
- Separador central, isletas, glorietas.
- Obras de arte o drenaje (bordillos, cunetas, box-couvert, etc.).
- Muros de contención.
- Puentes vehiculares y peatonales.
- Rampas peatonales.
- Ciclo-rutas (vías destinadas de manera permanente a circulación de personas en bicicleta).
- Elementos de seguridad vial de apoyo (señalización, alumbrado, barandas, acupuntura vial, dispositivos electrónicos, etc.).
- El suelo como elemento estructural.

d) Usuarios de la infraestructura vial

- Conductores de vehículos automotores.
- Conductores de bicicletas.
- Peatones.

2.2.4. Puente

Término que se le atribuye a aquella estructura vial con trazado por encima de la superficie que vence obstáculos naturales y antrópicos para comunicar dos puntos que no necesariamente son destinos finitos.

En el país la topografía suele mostrarse muy irregular, razón por la cual en el trazado de carreteras la construcción de puentes suele ser muy frecuente.

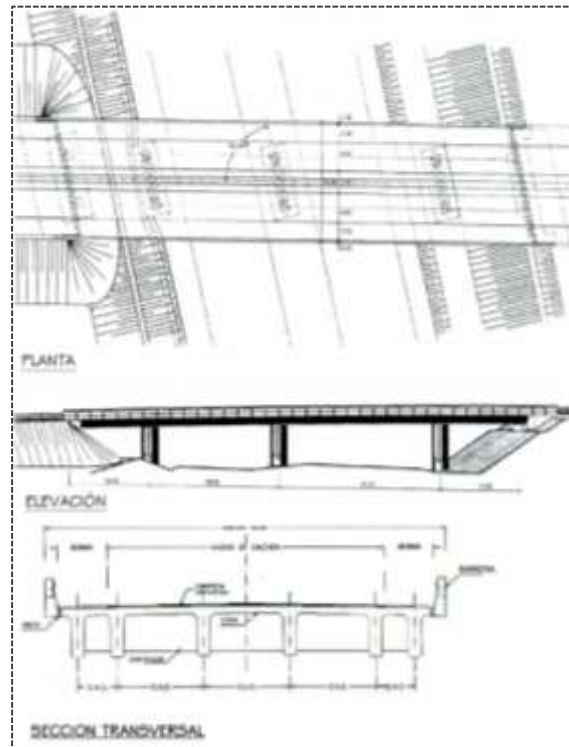
a) Definiciones

(RODRIGUEZ, 2012) Define un puente como, una obra que se construye para salvar un obstáculo dando así continuidad a una vía. Suele sustentar un camino, una carretera o una vía férrea, pero también puede transportar tuberías y líneas de distribución de energía. Los puentes que soportan un canal o conductos de agua se llaman acueductos. Aquellos contruidos sobre terreno seco o en un valle, viaductos.

(BELLIDO DE LUNA, 2002, pág. 11) Expone que, un puente es mucho más que un elemento de unión, tiene además la función de resistir las cargas que transitan sobre él, de resistir el embate de las aguas de los ríos, manteniéndose erguido a pesar de la socavación que se genera en sus bases, debe enfrentar el viento que se genera en las grandes quebradas, las heladas y el peso de la nieve en las grandes alturas, los

movimientos de las tierras en los sismos y finalmente los embates de la naturaleza y el desgaste que se acumula sobre si, con el paso del tiempo.

Ilustración 6. *Puente Tipo*



Fuente: (RODRIGUEZ, 2012, pág. 1)

b) Esquemas típicos

Se denomina vano, al espacio salvado entre dos pilas contiguas, tramo es el elemento estructural que lo salva y luz es la distancia entre los apoyos de los elementos estructurales.

Un obstáculo puede ser salvado de un extremo a otro con un elemento estructural apoyado en sus dos extremos, este caso es el de un puente de un solo vano, un solo tramo y una sola luz. En general se ha utilizado el término de luz como sinónimo de vano. La

luz se refiere a la distancia entre los apoyos del elemento estructural y no al espacio debajo de él.

Pueden distinguirse la luz efectiva o de cálculo, que es la distancia entre los puntos de aplicación de las reacciones de apoyo. La Luz modular es una medida convencional que define la distancia entre los ejes de los apoyos que soportan los elementos estructurales. Y la luz libre es la distancia entre los paramentos que conforman la infraestructura.

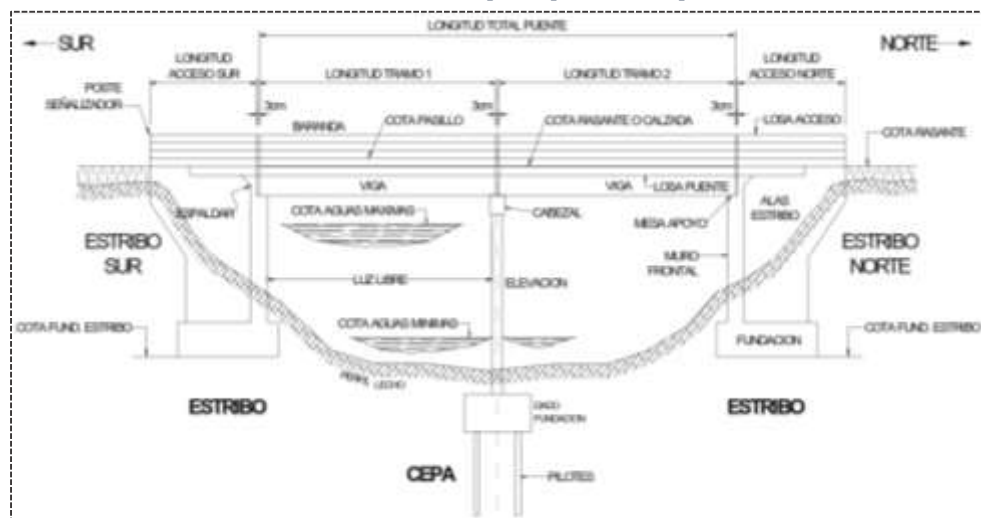
c) Términos y Definiciones. Elementos constitutivos de un puente

Superestructura e Infraestructura

En un puente se distinguen dos partes principales la superestructura y la infraestructura.

La **superestructura** comprende el tablero y los aparatos de apoyo y es el conjunto de elementos que descansa en la infraestructura.

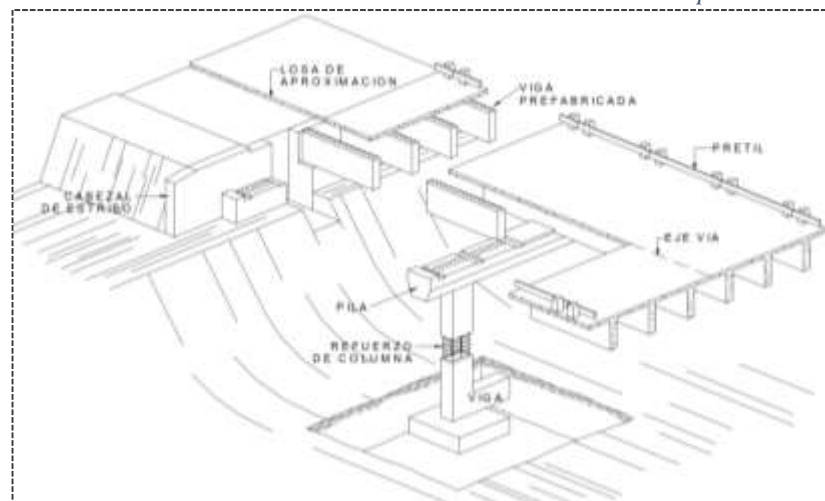
Ilustración 7. *Elementos principales de un puente.*



Fuente: (BELLIDO DE LUNA, 2002, pág. 12)

El **tablero** es el conjunto de elementos que conforma la superficie sobre la cual circulan los vehículos, el mismo puede estar formado estructuralmente por una losa, por un conjunto de vigas o por la combinación de ambas, siendo la losa el elemento estructural principal en el primero y las vigas en los dos últimos. Además de estos tres casos señalados, el tablero puede estar soportado estructuralmente por otros elementos principales tales como: arcos, cerchas, pórticos y cables en los puentes colgantes.

Ilustración 8. *Elementos constitutivos de un puente.*



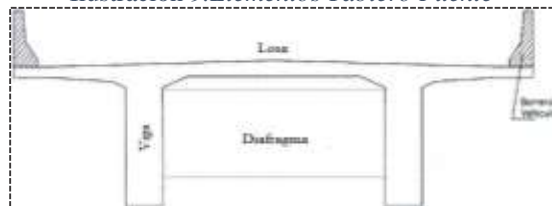
Fuente: (BELLIDO DE LUNA, 2002, pág. 13)

El tablero se compone además de todos los elementos que conforman la superficie de circulación de la vía; tales como la losa de la calzada, sus travesaños, y los restantes elementos como el pavimento, pasillos, barandas, barbacanas, cantoneras y las juntas de dilatación.

El **pavimento** es la capa de rodado sobre la cual transitan los vehículos; puede ser de hormigón o asfalto. Si el pavimento es asfáltico no constituye un elemento estructural, pero si es de hormigón se construye comúnmente como una sobre losa y en este caso sí contribuye con la resistencia de la losa del tablero.

La **losa** es la parte superior de tablero sobre la que se ubica el pavimento, la misma es la encargada de transmitir las solicitaciones a las vigas o directamente a los cabezales, si el puente no posee vigas.

Ilustración 9. Elementos Tablero Puentes

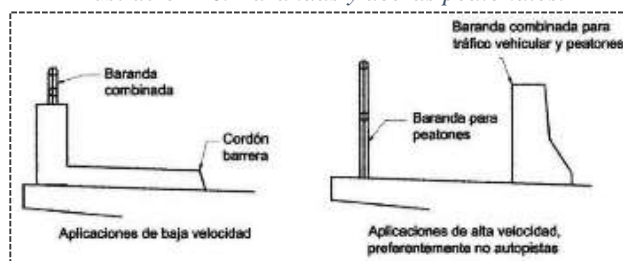


Fuente: (Tesista, 2016)

Las **vigas longitudinales** soportan la losa y son las que se asientan en los aparatos de apoyo. Los elementos que conectan las vigas longitudinales entre sí formando un entramado horizontal, se denominan **travesaños** o **diafragmas** y contribuyen además a incrementar la rigidez transversal del entramado.

Las **barandas** son elementos que limitan la calzada a ambos lados del tablero. Su función es impedir que los vehículos se salgan del puente en caso de accidentes y caigan al vacío, brindando de este modo una gran seguridad al conductor al pasar sobre la estructura. Las barandas pueden ser de hormigón armado y también metálicas.

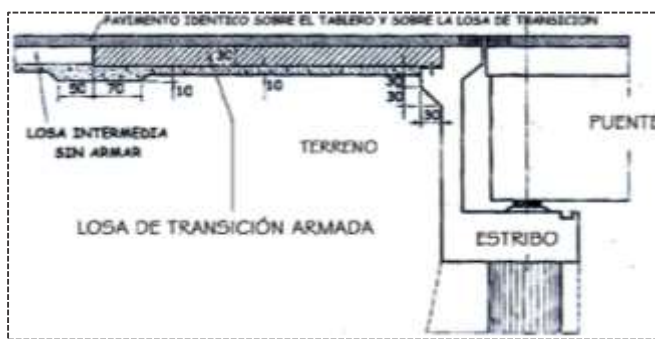
Ilustración 10. Barandas y aceras peatonales.



Fuente: (RODRIGUEZ, 2012, pág. 4)

La **losa de aproximación** o **de procho** es el elemento de transición entre el terraplén y el puente. Su función es evitar el cambio brusco entre el material deformable que constituye el terraplén y la estructura rígida que conforma el puente.

Ilustración 11. Losa de aproximación



Fuente: (RODRIGUEZ, 2012, pág. 6)

Las **juntas de dilatación** son los elementos que permiten dar continuidad al pavimento en la unión entre los tramos adyacentes para permitir el movimiento longitudinal de los elementos estructurales que se originan debido a los sismos, a la



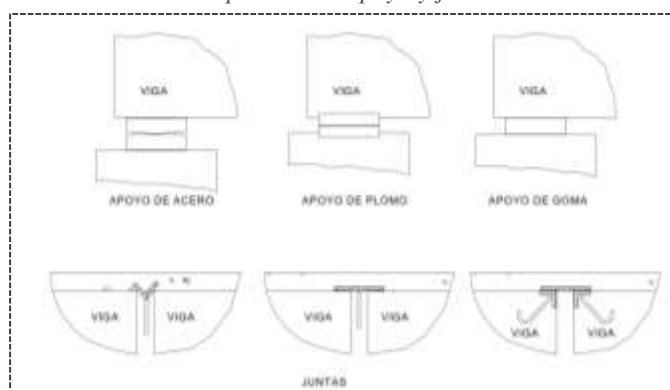
Fuente: (RODRIGUEZ, 2012, pág. 7)

fuerza de frenado, al viento, o a los cambios de temperatura, de modo que pueda haber una libre dilatación o contracción de los elementos que componen el tablero.

Las **cantoneras** son perfiles de acero ubicados en los extremos de la losa cuando ésta es de hormigón armado, conformando la junta de dilatación para proteger las aristas vivas del hormigón. Sobre ellas se coloca otra plancha con el fin de tapar la junta, evitando así el paso de las aguas lluvias.

Los **aparatos de apoyo** son los elementos que conectan la superestructura con la infraestructura, y en ellos se concentran las cargas que son transmitidas a los cabezales de las pilas y los estribos. Existen dos tipos de aparatos de apoyo; fijos y deslizantes. Los aparatos de apoyo también deberán ser capaces de absorber las fuerzas horizontales provenientes del sismo.

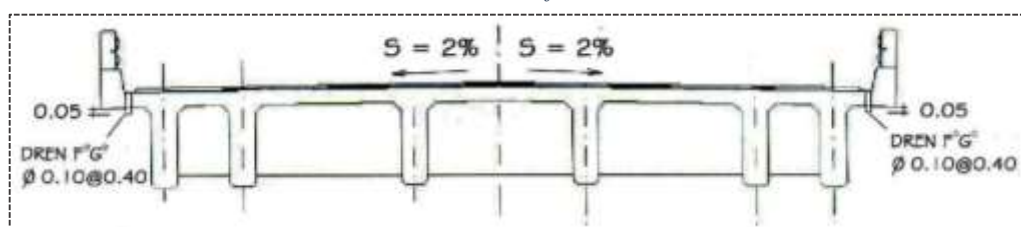
Ilustración 13. Aparatos de apoyo y juntas de dilatación.



Fuente: (BELLIDO DE LUNA, 2002, pág. 15)

El **drenaje** para evacuación de aguas lluvia de la calzada, con pendiente longitudinal, la mayor posible, recomendándose un mínimo de 0.5%. La pendiente de drenaje transversal mínima es de 2% para las superficies de rodadura. En caso de rasante horizontal, se utilizan también sumideros o lloraderos, de diámetro suficiente y número adecuado. Son típicos drenes de material anticorrosivo, Φ 0.10 m cada 0.40 m, sobresaliendo debajo de la placa 0.05 m como mínimo. El agua drenada no debe caer sobre las partes de la estructura.

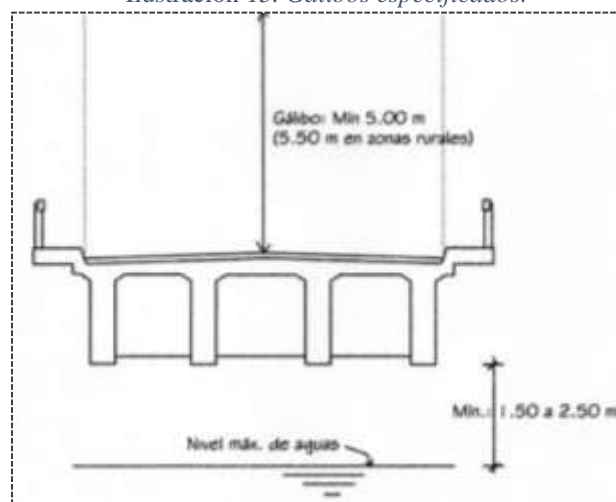
Ilustración 14. *Drenaje recomendado.*



Fuente: (RODRIGUEZ, 2012, pág. 6)

Los **gálidos** horizontal y vertical para puentes urbanos serán el ancho y la altura necesarios para el paso del tráfico vehicular. El gálibo vertical no será menor que 5.00 m. En zonas rurales, el gálibo vertical sobre autopistas principales será al menos de 5.50 m. En zonas altamente desarrolladas puede reducirse, previa justificación técnica. Los gálidos especificados pueden ser incrementados si el asentamiento pre-calculado de la superestructura excede los 2.5 cm. En puentes sobre cursos de agua, se debe considerar como mínimo una altura

Ilustración 15. *Gálidos especificados.*



Fuente: (RODRIGUEZ, 2012, pág. 7)

libre de 1.50 m a 2.50 m sobre el nivel máximo de las aguas. Los puentes construidos sobre vías navegables deben considerar los gálibos de navegación de esas vías; a falta de información precisa, el gálibo horizontal podrá ser, por lo menos, dos veces el ancho máximo de las embarcaciones, más un metro.

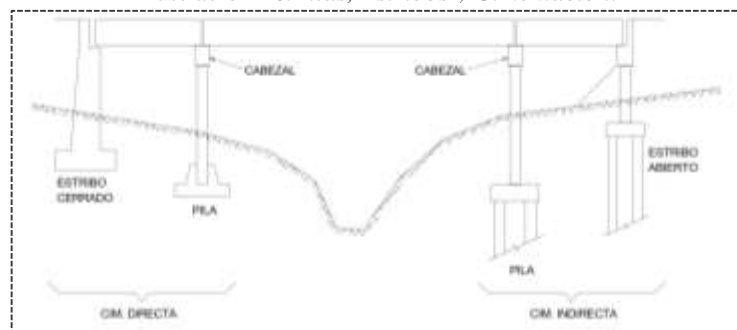
La **infraestructura** o **subestructura** es la parte del puente que conecta la superestructura con el terreno y en ella se encuentran las pilas, los estribos, sus cabezales y sus fundaciones.

Los **cabezales** son los elementos sobre los que se apoyan los aparatos de apoyo y sirven de coronación, transmitiendo a su vez las solicitaciones, tanto a las columnas o pilares que conforman las pilas, como a los estribos.

Las **pilas** o **cepas** son elementos estructurales que soportan el tablero en los puntos intermedios de la longitud de un puente. Los **estribos** son los elementos estructurales que soportan el tablero del puente en sus extremos y además tiene la función de contener total o parcialmente el terraplén de aproche.

Las **fundaciones** de las pilas y los estribos son las que transmiten las cargas al terreno. Pueden ser directas o indirectas. La **cimentación directa** se utiliza cuando el

Ilustración 16. *Pilas, Estribos y Cimentación.*



Fuente: (BELLIDO DE LUNA, 2002, pág. 16)

estrato resistente se encuentra a poca profundidad y no es alcanzado por la socavación. La **cimentación indirecta** es la que emplea los pilotes de hormigón que pueden ser hormigonados “in situ” o hincados, y se usan cuando el estrato resistente se encuentra a gran profundidad o la socavación es elevada.

d) Clasificación de los Puentes

Los puentes se suelen clasificar de acuerdo a múltiples aspectos funcionales, geométricos y constructivos que permiten obtener una visión más amplia en su estudio. Las clasificaciones más usuales se exponen a continuación:

- **Longitud de la obra de fábrica**

De acuerdo a la longitud de fábrica, las mismas se clasifican del siguiente modo:

- ❖ *Longitudes menores que 10 m. Alcantarillas o pontículos.*
- ❖ *Longitud entre 10 y 20 m. Puentes menores.*
- ❖ *Longitud entre 11 y 70 m. Puentes medianos.*
- ❖ *Longitud mayor que 70 m. Puentes mayores.*

- **Ancho de la calzada**

De acuerdo al ancho de la calzada de circulación, los puentes carreteros se clasifican en:

- ❖ *Puentes de Vía simple.*
- ❖ *Puentes de Doble vía.*
- ❖ *Puentes de Triple vía o superior.*

La norma AASHTO define que el ancho de una vía o de camión HS es de 3.048 m para un ancho de pista de 3.658 m. Los puentes con calzadas superiores a 10 m. son considerados puentes de calzada especial.

- **Composición de los elementos del Tablero**

De acuerdo a los materiales que componen el tablero de un puente, el mismo se clasifica como:

- ❖ *Puentes de Losas.*
- ❖ *Puentes de Vigas.*

- **Utilización**

De acuerdo al fin al que se destinen, los puentes pueden agruparse en:

- ❖ *Puentes peatonales o pasarelas.*
- ❖ *Puentes de ferrocarriles.*
- ❖ *Puentes de carreteras o viaductos.*
- ❖ *Puentes para canales o acueductos.*
- ❖ *Puentes especializados; tales como oleoductos, gaseoductos, transportadores, canales de relave.*
- ❖ *Puentes grúas.*

- **Objetivos**

De acuerdo al propósito y a la zona donde fueron construidos, los puentes pueden clasificarse en:

❖ *Puentes militares.*

Pueden ser del tipo mecano de rápido montaje y retiro, también pueden ser de circunstancia, los cuales son construidos con materiales ligeros del lugar.

❖ *Puentes urbanos y rurales.*

En tanto los *puentes urbanos* estarían diseñados para el tránsito de ciudades y los *rurales* en caminos alejados de los sectores urbanos.

❖ *Puentes provisorios.*

Son aquellos que se construyen por un breve lapso de tiempo a la espera de la definición del trazado o a su ubicación definitiva.

▪ **Material**

De acuerdo al material empleado en su construcción los puentes pueden ser de:

❖ *Madera.*

❖ *Acero.*

❖ *Hormigón armado.*

❖ *Hormigón pre y pos tensado.*

❖ *Mampostería y sillería.*

❖ *Mixtos.*

Los puentes mixtos comprenden todos aquellos donde se combinan diferentes tipos de materiales.

- **Diseño**

De acuerdo a su diseño los puentes se clasifican del siguiente modo:

- ❖ *Puentes rectos.*
 - *Continuos.*
 - *Simplemente apoyados.*
 - *Rotulados o gerber.*
- ❖ *Puentes de arco.*
- ❖ *Puentes aporticados.*

Están constituidos por pórticos de Hormigón armado, en ellos la superestructura y la infraestructura se encuentran unidas monolíticamente.

- ❖ *Puentes atirantados.*

Son aquellos donde las vigas están sostenidas mediante tirantes de acero desde columnas o torres

- ❖ *Puentes colgantes.*

Las vigas están sostenidas por cables de acero que se encuentran tendidos entre torres.

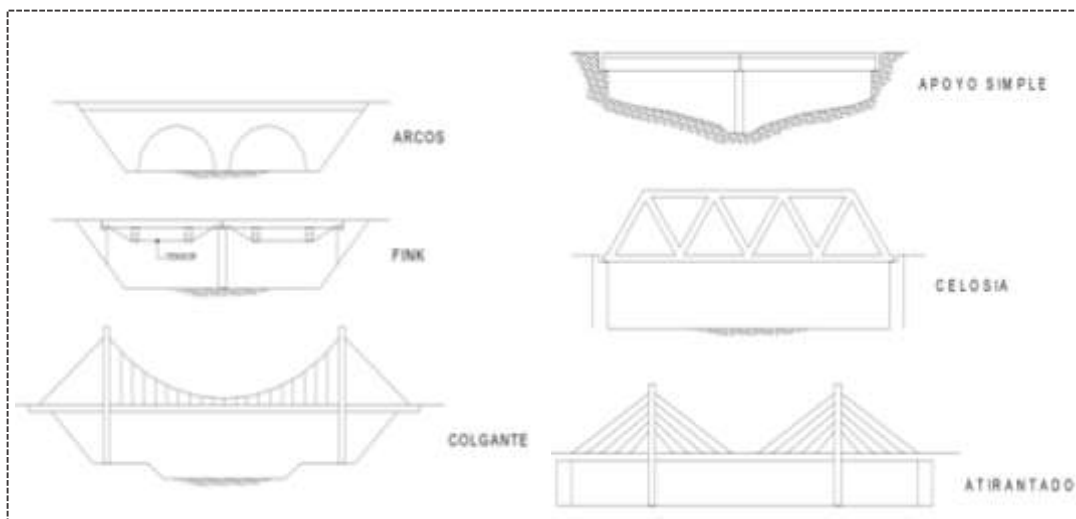
- ❖ *Puentes de vigas Fink.*

Son aquellos que poseen un tirante inferior que puede ser un perfil metálico o un cable postensado que aumenta la altura de la viga al ubicar en una zona mucho más baja que ella el cordón de tracción.

- ❖ *Puentes de celosías.*

Están compuestos por cerchas metálicas, actualmente son poco usados en carreteras no así en ferrocarriles.

Ilustración 17. Puentes de acuerdo al Diseño



Fuente: (BELLIDO DE LUNA, 2002, págs. 21-22)

▪ Capacidad y Duración

En relación con su duración, los puentes se clasifican como:

- ❖ *Puentes Permanentes.*
- ❖ *Puentes de Emergencia.*

Con respecto a su capacidad quedan clasificados como:

- ❖ *Puentes con limitaciones de diseño.*
- ❖ *Puentes de diseño normalizado.*

En el primer caso es obligatoria la señalización que indique el tipo de limitación que posee el puente, ya sea carga, ancho o altura de los vehículos que circulan por él.

- **Trazado**

Al considerar su trazado, los puentes pueden ser:

- ❖ *Puentes en esviaje.*
- ❖ *Pasos superiores.*
- ❖ *Pasos inferiores.*
- ❖ *Puentes o pasos en curva.*

Los puentes en esviaje son aquellos que consideran un esviaje de las aguas o de la vía que pasa por encima o por debajo de ellos con respecto del tránsito.

- **Operabilidad o Explotación**

En este caso los puentes se clasifican como:

- ❖ *Puentes Giratorios.*
- ❖ *Puentes Levadizos.*
- ❖ *Puentes Fijos.*

Los puentes giratorios o levadizos son utilizados en ríos navegables, y los fijos son todos aquellos cuya estructura se mantiene en una posición invariable, con independencia del tránsito que circula por él.

- **Propiedad**

De acuerdo con su propietario, que es el encargado de su conservación y mantención, los puentes pueden ser:

- ❖ *Puentes de Utilidad Pública.*

- ❖ *Puentes Privados.*

Los puentes privados solo son localizados en áreas de uso completamente privado.

- **Tipo de Fundación**

Cuando se alude al tipo o la forma de su sistema de fundaciones, es posible distinguir la siguiente clasificación:

- ❖ *Puentes flotantes o de pontones.*

- ❖ *Puentes de fundación indirecta sobre pilotes hincados.*

- ❖ *Puentes sobre macro pilotes in situ.*

- ❖ *Puentes de fundación directa.*

- ❖ *Puentes con cámara neumática*

e) Principales Tipos de Puentes de Hormigón

(CHEN W-F, 2000) Clasifica a los puentes de hormigón en:

- **Puentes de Hormigón Armado**

El hormigón armado es una combinación del acero y el hormigón, adecuado especialmente para resistir esfuerzos de flexión. El hormigón es muy adecuado para resistir compresiones y el acero en barras para resistir tracciones. Por ello las barras de acero se introducen en la pieza de hormigón, en el borde que debe resistir las tracciones, y gracias a la adherencia entre los dos materiales, las primeras resisten las tracciones y el segundo las compresiones. La gran disponibilidad y flexibilidad del concreto y las barras

de refuerzo han hecho a los puentes de hormigón armado como una alternativa aún competitiva. Los puentes de hormigón armado consisten en: elementos de hormigón precolado, que son fabricados en una planta de producción y luego transportados para el montaje en el lugar de trabajo, o también de hormigón colado en el sitio, que es formado y fundido directamente en su sitio de colocación.

Los puentes de hormigón armado se pueden clasificar en:

❖ *Puentes Losa.*

Con una estructura sencilla, se trata de una losa reforzada longitudinalmente, se requiere una mayor cantidad de acero de refuerzo y de hormigón estructural que en los puentes de vigas, para la misma longitud. Sin embargo los detalles de diseño y la dificultad en el encofrado son menores y más baratos, se ha encontrado que éste tipo de puentes resulta ser muy económico para longitudes simplemente soportadas de alrededor de 9 metros y de vanos continuos de alrededor de 12 metros.

❖ *Puentes Viga “T”.*

La construcción de la viga “T” consiste en una losa reforzada transversalmente que está apoyada en vigas longitudinales. Construir éste tipo de puentes requiere de encofrados más complicados, particularmente para puentes oblicuos, comparado con otras formas de superestructuras. Éste tipo de puentes generalmente es más económico para longitudes de 12 a 18 metros, el espesor del vástago de la viga varía usualmente de 35 a 55 centímetros y es controlado por el espacio horizontal requerido del refuerzo del momento positivo.

El espaciamiento lateral óptimo de las vigas longitudinales está entre 1.8 y 3.0 metros para un costo mínimo de encofrados y materiales.

❖ *Puentes de Viga Cajón.*

Tienen cubierta superior, alma vertical y losa inferior, y se utilizan para longitudes de 15 a 36 metros, con vigas espaciadas a 1.5 veces el alto de la estructura, más allá de este rango es mejor considerar otro tipo de puente como uno de estructura de acero. Esto se debe a que el volumen y la masa de concreto aumentan mucho el peso.



Fuente: (PONCE, 1998)

▪ **Puentes de Hormigón Pretensado y Postensado**

Se denomina hormigón pretensado a un hormigón al que, antes de la puesta en servicio, se le introducen refuerzos mediante cables o alambres de acero. El esfuerzo de pretensado se puede transmitir al hormigón de dos formas: mediante armaduras pretensas (generalmente alambres), método utilizado mayoritariamente en elementos prefabricados, o mediante armaduras postensadas (generalmente torones, grupo de cables), método utilizado mayoritariamente en piezas hormigonadas en el sitio. Generalmente el pre-esfuerzo se induce por medio de cables de acero de alta resistencia, que se traccionan y a continuación se anclan. Los torones deben ser capaces de pre-comprimir el hormigón mediante las placas de anclaje, como ocurre en el hormigón pretensado. También se pueden dejar intencionadamente conductos con un perfil predeterminado dentro del

elemento para luego pasar cables de acero por los mismo, y posteriormente aplicarles la fuerza de pretensado mediante gatos hidráulicos por último, se deben anclar los torones en los extremos. Este procedimiento se conoce como hormigón postensado. Normalmente al aplicar esta técnica, se emplea hormigón y acero de altas resistencias para resistir los enormes esfuerzos inducidos.

Los puentes de hormigón pretensado y postensado se pueden clasificar en:

❖ *Losas Huecas.*

Se usan frecuentemente en vanos de 6 a 15 metros y la relación de altura a longitud es de 0.03 para vanos simples y continuos.

❖ *Vigas "I".*

Este tipo de puentes compiten con los puentes de vigas de acero, el trabajo de encofrado es complicado, particularmente para estructuras inclinadas, este tipo de puentes frecuentemente se construyen en longitudes hasta 50 metros y la relación de altura a longitud es de 0.055 para vanos simples y de 0.05 para vanos continuos.

❖ *Vigas de Cajón.*

Este tipo de secciones se usan frecuentemente para vanos de más 30 metros y son particularmente adecuadas para realizar ampliaciones de puentes.

La relación de altura a profundidad es de 0.045 para vanos simples y de 0.04 para vanos continuos, su gran resistencia a esfuerzos de torsión lo hacen muy adecuada para alineaciones curvas como las que se necesita en rampas de autopistas.

f) Principales Tipos de Puentes de Acero

(CHEN W-F, 2000) Clasifica a los puentes de acero en:

- Puentes Vigas.
- Puentes de Armadura.
- Puentes Arco.
- Puentes colgantes.
- Puentes atirantados.

Los más comunes son los puentes tipo viga, ya que suele ser la alternativa estructural que más se ajusta con las condiciones actuales viabilidad, condiciones del mercado del país, entre las más importantes.

▪ Puentes Vigas

Están formados fundamentalmente por elementos horizontales que se apoyan en sus extremos sobre soportes o pilares. Las vigas o elementos horizontales tienden a flexionarse como consecuencia de las cargas que soportan. El esfuerzo de flexión supone una compresión en la zona superior de las vigas y una tracción en la inferior. Según su sección transversal los puentes viga se clasifican principalmente en:

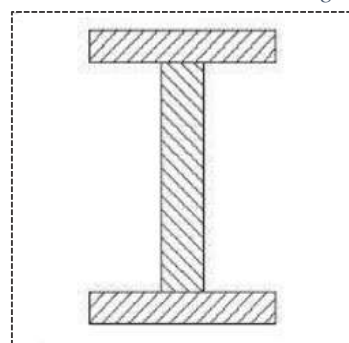
- ❖ *Puentes de Viga tipo "I".*

La viga de este tipo de puentes tiene forma de “I”, la placa vertical se conoce como alma y las placas inferior y superior se conocen como patines, en este tipo de puentes se incluyen los puentes trabe.

Las secciones “I” pueden ser clasificadas en tres categorías basadas en su tipo de fabricación o su comportamiento estructural.

- Una sección de acero tipo “I” puede ser laminada en caliente con o sin cubre placas, o una sección armada, llamada trabe con o sin asientos que consisten en un par de planchas llamadas patines soldadas a otra

Ilustración 19. *Sección de Viga*



Fuente: (RIVAS, 2013, pág. 45)

- placa llamada alma. Las vigas laminadas son aplicables a pequeñas luces (menos de 30 metros) y las trabes se utilizan en longitudes mayores (de 30 a 90 metros). Una trabe puede ser considerada una viga. El mayor distintivo de una trabe es el uso de rigidizadores transversales que proveen acción de campo de tracciones, incrementado la resistencia a cortante post pandeo.
- Las secciones “I” pueden ser clasificadas como compuestas y no compuestas, una sección de acero que actúa con las losa de hormigón para resistir flexión se llama compuesta. Una sección de acero desconectada de la losa de hormigón se llama no compuesta. Ya que la sección compuesta es más efectiva al usar las propiedades

del acero y del hormigón este tipo de sección es siempre la mejor elección.

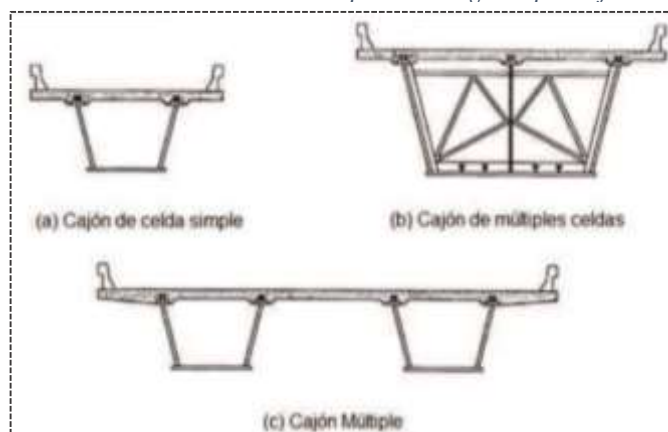
- Las secciones pueden también ser clasificadas como compactas, no compactas y elementos esbeltos. Una sección calificada como compacta puede desarrollar una distribución de esfuerzos totalmente plásticas, las secciones no compactas desarrollan el esfuerzo de fluencia en la fibra extrema del patín de compresión antes del pandeo local, pero no llegan a desarrollar la distribución de esfuerzos plásticos totales, las secciones que tienen elementos esbeltos pandean elásticamente antes de alcanzar el esfuerzo.

❖ *Puentes de Viga de Cajón.*

Puentes de Viga de Cajón, la viga tipo cajón se caracteriza porque tiene la sección transversal en forma de cajón, la típica viga de cajón tiene dos almas y dos patines, son muy usados en la construcción de carreteras urbanas, los puentes tipo cajón tienen una alta resistencia a la flexión y rigidez torsional, y la forma tipo caja (cerrada) reduce la exposición de las superficies, haciéndolas menos susceptibles a la corrosión. Hay dos tipos de vigas tipo cajón de acero, las de sección compuesta (caja de acero compuesta con la losa de hormigón), y vigas tipo cajón de acero con losas ortotrópicas. Los puentes de viga tipo cajón compuestos son usados en luces de 30 a 60 metros generalmente, mientras que los puentes viga tipo cajón con tablero ortotrópico son usados para luces más grandes. Los puentes tipo cajón usualmente tienen uno o múltiples cajones, según el número de cajones se puede clasificar a los puentes tipo viga cajón en tres categorías.

- Cajón de celda simple.
- Cajón de múltiples celdas.
- Cajón múltiple.

Ilustración 20. Secciones Típicas de Vigas Tipo Cajón



Fuente: (RIVAS, 2013, pág. 46)

2.2.5. Caminos y Carreteras

a) Definiciones

(AGUDELO O, 2002), se refiere a una carretera como, un sistema de transporte que permite la circulación de vehículos en condiciones de continuidad en el espacio y el tiempo y que requiere de cierto nivel de seguridad, rapidez y comodidad. Puede ser de una o varias calzadas, cada calzada puede estar conformada por uno o varios carriles y tener uno o ambos sentidos de circulación, de acuerdo a los volúmenes en la demanda del tránsito, la composición vehicular, su clasificación funcional y distribución direccional.

En cambio (CASTELÁN) menciona: algunos acostumbran denominar CAMINOS a las vías rurales, mientras que el nombre de CARRETERAS se lo aplican a los caminos de características modernas destinadas al movimiento de un gran número de vehículos. La

carretera se puede definir como la adaptación de una faja sobre la superficie terrestre que llene las condiciones de ancho, alineamiento y pendiente para permitir el rodamiento adecuado de los vehículos para los cuales ha sido acondicionada.

b) Clasificación de Carreteras

(NEVI-12-MTOP Vol.1, 2013) Estipula que las carreteras del siglo 21 deben tener más en cuenta el aspecto funcional de las carreteras. En cuanto a su uso, proceso que dará lugar a vías más seguras, más económicas, eficientes, confiables e inteligentes. Además, se debe proporcionar usos innovadores. En lo que se refiere a las demandas existentes y futuras sobre los nuevos desafíos globales. Basados en los requerimientos futuros y los nuevos desafíos, se han establecido prioridades temáticas sobre la base de una evaluación integral que se resume en los siguientes puntos:

- **Carreteras Seguras y Confiables**

El objetivo central es permitir un transporte seguro, eficiente, predecible y confiable de personas y mercancías sobre distancias cortas y largas. A fin de lograr esto, la gestión de las obras viales, la interrupción, la seguridad y el mantenimiento son mejorados, particularmente con respecto a los elementos de red más importantes (nodos, puentes y túneles).

La información de los vehículos es integrada con la información de las carreteras y los sistemas de gestión, la comunicación para interactuar con los sistemas de seguridad. Por lo tanto, la gestión eficaz del tráfico se hace posible para satisfacer las necesidades de información de cada usuario de la vía.

- **Carreteras Inteligentes**

El fin es permitir la gestión del tráfico y el mantenimiento de carreteras para tomar mejores decisiones operacionales y estratégicas. Para lograr este objetivo, el continuo monitoreo del estado de las carreteras y estructuras, del tráfico y la seguridad vial, así como la tecnología de sensores requerida están más desarrolladas e integradas. Todos los subsistemas, es decir materiales, construcción, información, capacidad vial, dispositivos de control de tránsito y comunicación, han de ser integrados en un sistema global.

- **Carreteras Ahorradoras de Energía**

El consumo de energía para la planificación, construcción y operación se reducirán al mínimo y siempre que sea posible por energía renovable. Para este propósito las energías solar, geotérmica y del viento en la proximidad de carreteras son propuestas y nuevos materiales de construcción, tecnologías y métodos de construcción con un consumo de energía lo más bajo posible. Las emisiones de CO₂ provenientes de la producción y eliminación de materiales de construcción y las emisiones de CO₂ en la construcción de carreteras se reducirán al mínimo.

- **Carreteras de baja emisión**

La compatibilidad del tráfico con las exigencias de protección de emisión es un elemento esencial para la aceptación del tráfico motorizado. Con las versiones nuevas y mejoradas de los métodos de construcción estándar, el ruido del tráfico se reducirá de manera significativa en la fuente. Las técnicas para reducir al mínimo las emisiones del tráfico por la degradación y la retención de los contaminantes son integradas.

- **Carreteras como parte del Medio Ambiente**

La carretera es parte de nuestro espacio cotidiano y una base esencial de la vida cotidiana. La mismo tiempo, los impactos negativos del tráfico se deben reducir al mínimo, especialmente en áreas urbanas los usuarios vulnerables, como los peatones y los ciclistas, así como las personas con movilidad reducida necesitan estar protegidos para que puedan movilizarse de una manera segura. A través de esto, los efectos de las carreteras en la calidad de vida humana, así como sobre la naturaleza y el medio ambiente deberán ser considerados en la planificación de las redes viales y las rutas de transporte.

- **Carreteras Sostenibles**

La consideración de los aspectos económicos, ecológicos y sociales en el ciclo de vida de la infraestructura de transporte es un prerrequisito para garantizar la movilidad de nuestra sociedad a largo plazo. Sostenibilidad, seguridad y eficiencia. La carretera del siglo 21 tiene por objeto establecer un equilibrio entre los aspectos económicos, ecológicos y sociales. Los elementos de la infraestructura vial serán considerados como un todo durante su vida útil, teniendo en cuenta las cuestiones de sostenibilidad en la planificación, elección de materiales y métodos de construcción, mantenimiento y desmontaje y sobre todo la seguridad a todos los usuarios.

- **Carreteras como un Innovador Futuro**

La ola de innovación en los vehículos del siglo 21 tiene que complementarse con una infraestructura adecuada. Además de su función como ruta de transporte, la Carretera del Siglo 21 se ha establecido como parte de innovación. Con el fin de desarrollar materiales

de construcción y métodos de construcción que son innovadores y menos costosos sobre su ciclo de vida y pueda transferir tan rápido como sea posible en la práctica.

- **Caminos modulares**

Tiene como objeto proporcionar pavimentos constituidos por las losas de hormigón que se pueden abrir y cerrar en menos de un día, con un acceso fácil a las redes subterráneas.

c) Clasificación Nacional de la Red Vial

(NEVI-12-MTOP Vol.2A, 2013), clasifica las carreteras del país principalmente por:

- **Clasificación por Capacidad (Función del Tráfico Promedio Diario Anual, TPDA)**

Con el fin de elevar los estándares de las carreteras del país y con ello, lograr la eficiencia y la seguridad en el tránsito anheladas, se ha considerado plantear esta clasificación, que considera los datos de tráfico a nivel nacional recabados por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP) en septiembre del 2012, estadísticas de accidentes y el parque automotor del país. De esta información, por ejemplo, se puede concluir que existen muchas vías que rebasan ya la barrera de los 80 000 vehículos diarios (TPDA), que existe un número significativo de accidentes de tránsito, y que además, por diversos estudios realizados, el parque automotor ha crecido consistentemente a una tasa promedio simple durante los últimos 14 años en el orden del 6% anual.

Para normalizar, la estructura de la red vial del país de este siglo, se ha clasificado a las carreteras de acuerdo al volumen de tráfico que procesa o que se estima procesará en el

año horizonte o de diseño $TPDA_d$. De acuerdo a esta clasificación, las vías debería ser diseñadas con las características funcionales y geométricas correspondientes a su clase pudiendo, obviamente, construirse por etapas, en función del incremento del tráfico y del presupuesto.

Tabla 2. Clasificación funcional de las vías en base al $TPDA$

Clasificación Funcional de las Vías en base al $TPDA_d$			
Descripción	Clasificación Funcional	Tráfico Promedio Diario Anual ($TPDA_d$) al año de horizonte	
		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

Fuente: (NEVI-12-MTOP Vol.2A, 2013, pág. 64)

* $TPDA$. Tráfico Promedio Diario Anual.

* $TPDA_d$. $TPDA$ correspondiente al año horizonte o de diseño.

En esta clasificación considera un $TPDA_d$ para el año horizonte, se define como:

$TPDA_d = \text{Año de inicio de estudios} + \text{Años de Licitación, Construcción} + \text{Años de Operación}$.

* C1 = equivale a carretera de mediana capacidad.

* C2 = equivale a carretera convencional básica y camino básico.

* C3 = camino agrícola/forestal.

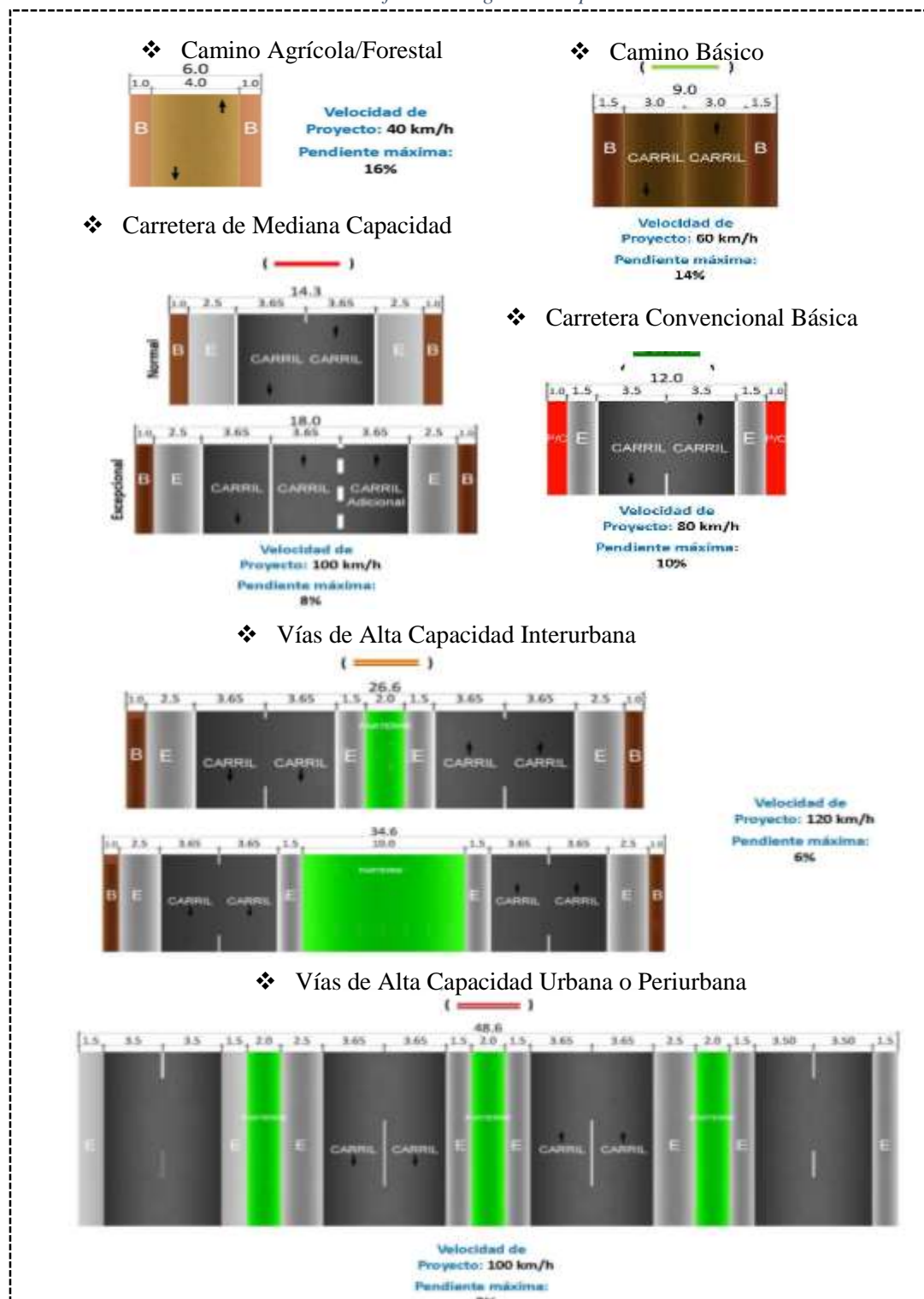
Se define como años de operación (n); al tiempo comprendido desde la inauguración del proyecto hasta el término de su vida útil, teniendo las siguientes consideraciones:

- ❖ *Proyectos de rehabilitación y mejoras* $n = 20$ años.
- ❖ *Proyectos especiales de nuevas vías* $n = 30$ años.
- ❖ *Mega Proyectos Nacionales* $n = 50$ años.

▪ **Clasificación según desempeño de las Carreteras**

Según lo establecido en el Plan Estratégico de Movilidad (PEM), según su desempeño se clasifican de la siguiente manera:

Ilustración 21. Clasificación según desempeño de las Carreteras



Fuente: (NEVI-12-MTOP Vol.2A, 2013, págs. 65-66)

- **Clasificación por Jerarquía de la Red Vial**

- ❖ *Corredores Arteriales.*

Son los caminos de alta jerarquía funcional, los que se constituyen por aquellos que conectan en el Continente, a las Capitales de Provincia, a los principales puertos marítimos con los del Oriente, pasos de frontera que sirven para viajes de larga distancia y que deben tener alta movilidad, accesibilidad reducida y/o controlada en su recorrido, giros y maniobras controlados; y, estándares geométricos adecuados para proporcionar una operación de tráfico eficiente y segura.

- ❖ *Vías Colectoras.*

Son los caminos de mediana jerarquía funcional, los que se constituyen por aquellos cuya función es la de recolectar el tráfico de la zona rural o de una región, que llegan a través de los caminos locales para conducirla a la malla estratégica o esencial de corredores arteriales. Son caminos que se utilizan para servir el tráfico de recorridos intermedios o regionales, requiriendo de estándares geométricos adecuados para cumplir esta función.

- ❖ *Caminos Vecinales.*

Estas vías son las carreteras convencionales básicas que incluyen a todos los caminos rurales no incluidos en las denominaciones anteriores, destinado a recibir el tráfico doméstico de poblaciones rurales, zonas de producción agrícola, accesos a sitios turísticos.

▪ Clasificación por Condiciones Orográficas

Se tipificarán las carreteras según el relieve del terreno natural atravesado indicado en la Tabla. En función de la máxima inclinación media de la línea de máxima pendiente, correspondiente a la franja original de dicho terreno interceptada por la explanación de la carretera.

Tabla 3. Denominación de Carreteras por Condiciones Orográficas

TIPO DE RELIEVE	MÁXIMA INCLINACIÓN MEDIA
Llano	$i \leq 5$
Ondulado	$5 < i \leq 15$
Accidentado	$15 < i \leq 25$
Muy accidentado	$25 < i$

Fuente: (NEVI-12-MTOP Vol.2A, 2013, pág. 69)

▪ Clasificación por el Número de Calzadas

❖ *Carreteras de calzadas separadas.*

Son las que tienen calzadas diferenciadas para cada sentido de circulación, con una separación física entre ambas. Excepcionalmente pueden tener más de una calzada para cada sentido de circulación. No se considera como separación física la constituida exclusivamente por marcas viales sobre el pavimento o bordillos montables (altura inferior a 15 cm).

❖ *Carreteras de calzada única.*

Son las que tienen una sola calzada para ambos sentidos de circulación, sin separación física, independientemente del número de carriles.

- **Clasificación de acuerdo a la Superficie de Rodamiento**

- ❖ *Pavimentos flexibles.*

Son aquellos que tienen una capa de rodadura formada por mezcla bituminosa de asfalto altamente resistente a los ácidos, álcalis y sales.

- ❖ *Pavimentos rígidos.*

Son aquellos donde la capa de rodadura está formado por una losa de concreto hidráulico (agua, cemento, arena y grava), con o sin refuerzo estructural, apoyada sobre la subrasante de material granular.

- ❖ *Afirmados.*

Son aquellas en las que la superficie de rodadura se compone de una capa de material granular con tamaño máximo 2 ½” y con proporción de finos, debidamente compactado.

- ❖ *Superficie Natural.*

Su capa de rodadura se compone del terreno natural del lugar, debidamente conformado.

d) Proyectos de una carretera

(AGUDELO O, 2002) Enumera 5 tipos de proyectos de acuerdo a las actividades que involucra. Estos proyectos son:

- **Proyecto de Construcción.**

Comprende el conjunto de todas las obras que se representan en un proyecto de carreteras.

Se trata de un proyecto donde no existe ninguna vía o se va a continuar una ya existente.

- **Proyectos de Mejoramiento.**

Se trata de modificar la geometría y dimensiones originales de la vía con el fin de mejorar su nivel de servicio y de acuerdo a las condiciones requeridas por el tránsito actual y futuro.

Comprende tres tipos de trabajos que son: ampliación, rectificación y pavimentación.

La ampliación se puede hacer sobre la calzada existente, también se puede tratar de la construcción de bermas o ambas actividades. La rectificación se refiere al mejoramiento del alineamiento horizontal y vertical con el fin de garantizar una velocidad de diseño adoptada. La pavimentación corresponde al diseño y construcción de la estructura del pavimento.

- **Proyectos de Rehabilitación.**

Se refiere a la recuperación de las condiciones iniciales de la vía de tal forma que se cumplan las especificaciones técnicas con que fue diseñada inicialmente.

- **Proyectos de Mantenimiento Rutinario.**

Se puede realizar tanto en vías pavimentadas como no pavimentadas. Se refiere a la conservación permanente (a intervalos menores de un año) de las zonas laterales, y a intervalos de emergencias en la carretera, con el fin de mantener las condiciones óptimas para la circulación segura de vehículos en la vía.

- **Proyectos de Mantenimiento Periódico.**

Este se realiza en vías pavimentadas y en afirmado. Comprende la realización de actividades de conservación a intervalo variables, relativamente prolongadas (3 a 5 años), destinados principalmente a recuperar el deterioro de la capa de rodadura ocasionados por el tránsito y por los efectos del clima, también puede comprender la construcción de algunas obras de drenaje menores y de protección faltantes en la vía.

2.2.6. Suelo

a) Definición

“Suelo” es un término del que hacen uso diferentes profesantes. La interpretación varía de acuerdo con sus respectivos intereses. Para el Agrónomo, por ejemplo, la palabra se aplica a la parte superficial de la corteza capaz de sustentar vida vegetal, siendo esta interpretación demasiado restringida para el Ingeniero. Para el Geólogo es todo material intemperizado posteriormente a su transporte.

Para los fines de esta obra, la palabra Suelo representa todo tipo de material terroso, desde un relleno de desperdicio, hasta areniscas parcialmente cementadas. Quedan excluidas de la definición las rocas sanas, ígneas o metamórficas y los depósitos sedimentarios altamente cementados, que no se ablanden o desintegren rápidamente por acción de la intemperie. El agua contenida juega un papel tan fundamental en el comportamiento mecánico del suelo, que debe considerarse como parte integral del mismo. (JUÁREZ BADILLO, 2005).

b) Agentes generadores de Suelos.

La corteza terrestre es atacada principalmente por el aire y las aguas, siendo los medios de acción de estas sustancias sumamente variados. Sin embargo, en último análisis, todos los mecanismos de ataque pueden incluirse en dos grupos: desintegración mecánica y descomposición química.

El término desintegración mecánica se refiere a la intemperización de las rocas por agentes físicos, tales como cambios periódicos de temperatura, acción de la congelación del agua en las juntas y grietas de las rocas, efectos de organismos, planas, etc. Por estos fenómenos las rocas llegan a formar arenas o, cuando mucho, limos y sólo en casos especiales arcillas.

Por descomposición química se entiende la acción de agentes que atacan las rocas modificando su constitución mineralógica o química. El principal agente es, desde luego, el agua y los mecanismos de ataque más importantes son la oxidación, la hidratación y la carbonatación.

Los efectos químicos de la vegetación juegan un papel no despreciable. Estos mecanismos generalmente producen arcilla como último producto de descomposición. Todos los efectos anteriores suelen acentuarse con los cambios de temperatura, por lo cual es frecuente encontrar formaciones arcillosas de importancia en zonas húmedas y cálidas, mientras que sin típicas de zonas más frías formaciones arenosas o limosas, más gruesas.

En los desiertos cálidos, la falta de agua hace que los fenómenos de descomposición no se desarrollen por lo cual la arena predomina en estas zonas; allí los

efectos de ciclos de tensiones y compresiones sobre las rocas, producidos por elevaciones y descensos periódicos y continuados de temperatura, son los mecanismos de ataque determinantes.

Los suelos deben, pues, su origen a una tal variedad de causas que excede todo poder de descripción detallada. El resultado de este concurso de causas, es una inmensa diversidad de tipos de suelo resultantes.

También deben notarse que su formación ha ocurrido a través de las Eras Geológicas, tal como sigue ocurriendo hoy; en consecuencia, el hombre es completamente ajeno a la génesis del suelo: sólo le toca manejarlo, tal como a naturaleza se lo presenta. (JUÁREZ BADILLO, 2005).

c) Génesis del Suelo

“El suelo es un cuerpo natural dinámico, resultante de la interacción de los factores”.

Según (ALVAREZ CAUSIL, 2015), los suelos se forman como resultado de la interacción de factores climáticos y biológicos que actúan sobre los materiales de la corteza terrestre, transformándolos a través del tiempo, y produciendo el perfil podológico, más o menos diferenciado en horizontes, según las características del relieve y la mayor o menor intensidad de los procesos físicos, químicos y biológicos involucrados.

A continuación se explican cuáles son los principales factores y procesos responsables de la pedogénesis.

▪ Factores de formación de los Suelos

Los factores de formación de suelos son agentes o fuerzas que interactúan para generar procesos, transformaciones o modificaciones en los materiales que dan origen a los suelos. Se describen a continuación los principales factores formadores de suelos.

❖ *Material parental.*

El material parental de un suelo está constituido por el conjunto de rocas y sedimentos transportados por el agua o por el viento, principalmente cenizas, lapilli, pómez y otros materiales piroclásticos, aportados por las erupciones volcánicas ocurridas en diferentes épocas, principalmente durante el Cuaternario.

Los materiales de cenizas, han sido transportados por el viento o removidos por las aguas de escorrentía y luego transportados por los ríos que descienden de las montañas, formando depósitos recientes o antiguos, gruesos o delgados, según como haya sido la dinámica eólica o fluvial durante el depósito y la relación con las emisiones volcánicas de los piroclastos.

❖ *El clima*

Las dos características del clima que se miden con mayor frecuencia y que más se han correlacionado con la formación de los suelos son las precipitación y la temperatura. Es bien conocida la importancia del agua bajo cualesquiera de sus manifestaciones: agua lluvia, agua freática, humedad relativa, etc., y de la temperatura, como factores climáticos en la formación de los suelos.

❖ *El factor biológico*

El componente biológico es quizá el factor más dinámico que participa en la evolución de los suelos; además, es el más variado y por consiguiente el de más amplias posibilidades de acción en los diferentes procesos pedogenéticos que se suceden en el suelo.

❖ *El relieve como factor*

Se define como el conjunto de formas y desigualdades que están en la superficie de la tierra, la topografía y la pendiente se consideran como elementos que forman parte del relieve. Desde el punto de vista pedológico se considera como un factor que modifica notablemente la actuación de los demás factores.

❖ *EL tiempo como factor*

Ha sido considerado como un factor relativo dentro de la génesis de los suelos; en el proceso pedogénético el tiempo cero es el momento en que se completa un proceso catastrófico, lo cual da comienzo a un nuevo ciclo de desarrollo del suelo. Una catástrofe se puede definir como el cambio repentino en la superficie de un terreno o en el nivel freático ocasionado por un proceso geológico, como un levantamiento o una inclinación de una masa litosférica; puede ser el cambio rápido de una ladera, debido a la erosión geológica o a la erosión antrópica.

▪ **Procesos formadores de Suelos**

Un proceso es una secuencia compleja de reacciones y sucesos que implican cambios y modificaciones en los materiales y cuerpos que intervienen. Los procesos edafológicos fundamentales pueden ser de cuatro clases:

❖ *Ganancias*

Incluye todas las adiciones o llegada de materiales al suelo, bien sean líquidas, sólidas o gaseosas.

❖ *Perdidas,*

Incluye todos los procesos mediante los cuales el suelo pierde parte de los materiales constitutivos, bien sea de la superficie o de cualquiera de sus horizontes.

❖ *Translocaciones*

Comprende el movimiento de materiales, minerales u orgánicos, de uno a otro sitio dentro del perfil.

❖ *Transformaciones*

Comprende las alteraciones y modificaciones que sufren los materiales constitutivos del suelo, bien sean minerales u orgánicos.

d) Taxonomía del Suelo

(SILVA, 2011), en su artículo menciona que las clases de suelos que conforman las categorías del sistema taxonómico se definen con parámetros precisos (horizontes y características diagnósticas), sin embargo las características de diferenciación no se aplican uniformemente a un mismo nivel de abstracción debido a que las poblaciones de los suelos son muy complejas y variadas.

La categoría más alta es el Orden, que consta de diez clases de suelos definidos con criterios morfogenéticos expresados mediante los epipedones y endopedones, que reflejan los procesos formadores del suelo.

Cada orden está dividido en Subórdenes con base en las características asociadas de humedad y temperatura, así como de las propiedades químicas o mineralógicas que incluyen texturas, presencia de alofana o sesquióxidos libres en la fracción arcilla.

Los Grandes Grupos se definen por propiedades que obedecen a cambios en los procesos comunes, no identificados en las categorías más altas como similitud y disposición de los horizontes, estado de saturación, regímenes de temperatura y presencia o ausencia de caracterizaciones diagnósticas.

Los subgrupos abarcan suelos cuyas propiedades representan desviaciones del concepto central del Gran Grupo, que indican intergradaciones a otros Grande Grupos, Subórdenes y ordenes o extragradaciones a no suelo, el subgrupo se forma con el nombre del Gran Grupo, más un adjetivo que indica la variación del concepto central.

Los suelos más estudiados fueron clasificados en su mayoría dentro de los Órdenes:

- **Entisoles**

Los suelos de este orden se caracterizan por no presentar evolución, lo cual se manifiesta por la ausencia de horizontes diagnósticos diferentes a un epipedón ócrico. Existen varias causas que han impedido el desarrollo de estos horizontes, entre ellas pueden mencionarse: materiales parentales inertes, insuficiencia de tiempo para evolucionar aún bajo condiciones favorables para ello; predominio de procesos erosivos sobre la formación

de los suelos, climas extremos que no permiten un desarrollo genético y en otros casos aportes recientes de sedimentos.

- **Inceptisoles**

Representan una etapa subsiguiente de evolución en relación con los Entisoles. Las características sobresalientes en este orden se asocian a combinaciones de contenidos de humedad, de uno o más horizontes genéticos; evidencia de todos los tipos de procesos formativos pero sin predominio evidente de alguno; reserva de minerales alterables, exclusión de texturas arenosas y capacidad moderada a alta para la retención de cationes. El gran grupo de los *Dystrandepts* domina en los climas medio y frío, presenta una saturación de bases inferior al 50%.

- **Mollisoles**

Son suelos minerales, con contenidos intermedios de materia orgánica, saturación de bases alta y buenas características físicas (estructura, textura y consistencia). Estos suelos reúnen buenas características morfológicas, propiedades físicas y químicas que los hacen aptos para uso agrícola. Los molisoles que evolucionan bajo condiciones de buen drenaje y un régimen de humedad údico son clasificados como *Hapludolls*.

- **Alfisoles**

Son suelos minerales cuya característica principal es el enriquecimiento de arcilla iluvial. Pueden evolucionar en diferentes regímenes de temperatura y humedad, pero son más extensos en las áreas húmedas y subhúmedas y en sitios donde las condiciones de relieve son estables.

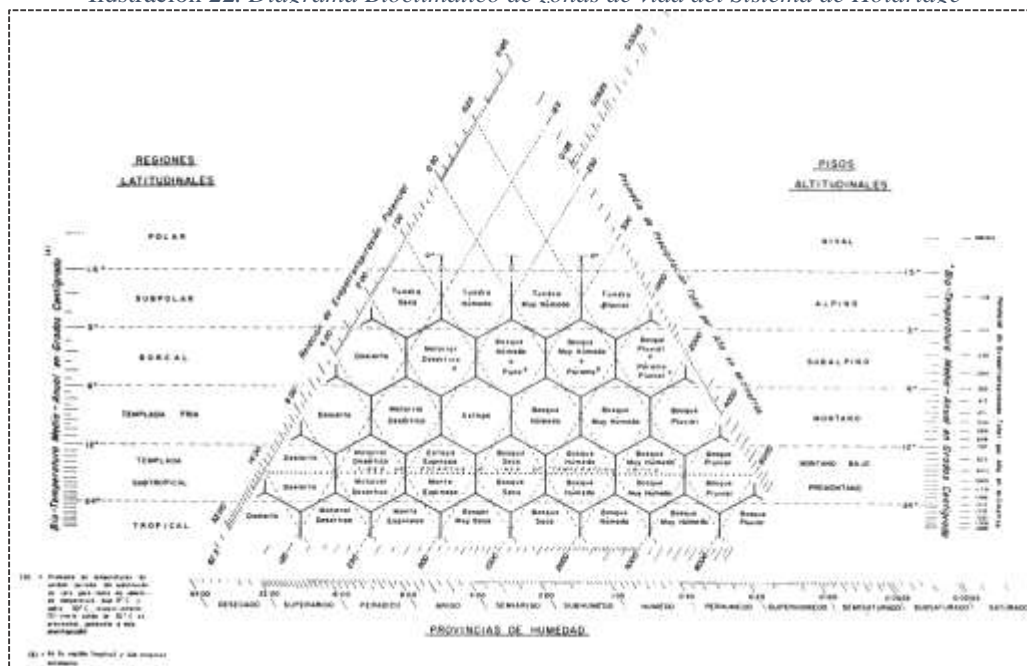
▪ Ultisoles

Son suelos minerales muy evolucionados donde la acción de los factores de formación ha sido muy intensa y prolongada. Morfológicamente los ultisoles son muy similares a los alfisoles. Estos suelos pueden ocurrir en condiciones muy variables de humedad, temperatura y altitud, pero preferencialmente se encuentran en las zonas húmedas tropicales y subtropicales y geológicamente en zonas muy antiguas y estables.

2.2.7. Sistema de Clasificación de Zonas de Vida (Holdridge).

Holdridge realizó una clasificación de zonas de vida, según su comportamiento bioclimático. Las zonas de vida son una división mayor de la superficie terrestre, antecedente de los actuales biomas. Las definió como “un grupo de asociaciones vegetales dentro de una división natural del clima, que se hacen teniendo en cuenta las condiciones edáficas y las etapas de sucesión, y que tienen una fisonomía similar en cualquier parte del mundo”. (SÁNCHEZ, Cristina. 2013).

Ilustración 22. Diagrama Bioclimático de zonas de vida del Sistema de Holdridge



Fuente: (OAS, s.f.)

▪ Bases del Sistema de Holdridge

Está basado en la vegetación y fisonomía, más no en la composición florística. Los factores principales que tuvo en cuenta fueron la precipitación y la biotemperatura.

❖ *Biotemperatura media anual*

Determina el crecimiento de las plantas que oscila entre los 0 y 30°C.

Tabla 4. *Biotemperatura media anual por zona térmica.*

Regiones latitudinales	Biotemperatura	Pisos altitudinales
Polar (glacial)	0 a 1.5°C	Nival
Subpolar (tundra)	1.5 a 3°C	Alpino
Boreal	3 a 6°C	Subalpino
Templado frío	6 a 12°C	Montano
Templado cálido	12 a 18°C	Montano bajo
Subtropical	18 a 24°C	Premontano
Tropical	Mayor de 24°C	Basal

Fuente: (Wikipedia, 2015)

❖ *Precipitación*

Generalmente se mide en milímetros (mm) anuales.

❖ *Evapotranspiración potencial*

Relación entre la precipitación media anual y la evapotranspiración, el cual determina el índice de humedad.

Tabla 5. Provincia de humedad del sistema de Holdridge.

Evapotranspiración potencial	Provincias de humedad
0.125 a 0.25	Superhúmedo o pluvial
0.25 a 0.5	Perhúmedo o muy húmedo
0.5 a 1	Húmedo
1 a 2	Subhúmedo o seco
2 a 4	Semiárido
4 a 8	Árido
8 a 16	Perárido
16 a 32	Superárido

Fuente: (Wikipedia, 2015)

(GAD-P-Pungalá, 2011). En función del mapa bioclimático del Ecuador y de acuerdo a la clasificación de las Zonas de Vida de Holdridge, el sector de estudio comprende 2 zonas:

- **Páramo Pluvial Sub-Andino (pp-SA)**

Con temperaturas entre 3-6°C y una precipitación media anual de 1 000 a 2 000 mm. Es la zona de los grandes páramos, donde la vegetación predominante constituye la paja. Con altitudes comprendidas entre los 3 000 a 4 500 msnm.

- **Bosque Muy Húmedo Montano (bmh-M)**

Se ubica en las vertientes internas de la cordillera sobre los valles interandinos, localizados en altitudes que van de los 2 800 a los 3 500 msnm. Con temperaturas anuales de 6 y 12°C y precipitaciones ente 1 000 y 2 000 mm de lluvia.

2.2.8. Definición para Análisis de Riesgo

(CHUNGA, 2013), menciona la diferencia entre Riesgo y Peligro; cada peligro implica cierto riesgo, cuyos elementos significativos son: la vida humana, las propiedades, la economía del estado y el ambiente.

El riesgo es la cuantificación de un peligro en términos de probabilidad que produzca ciertos daños. El grado de riesgo tolerable depende luego de esto, que es un riesgo: la vida, por ejemplo, es más importante que la propiedad.

El riesgo para la sociedad se puede considerar como el producto entre la dimensión del desastre y la probabilidad de su acontecimiento. Si no han sido utilizadas medidas de protecciones, si no han sido instalados sistemas de alarmas, si no han sido elaborados planos de evacuación para áreas sujetas a peligros recurrentes (constantes), tales áreas tendrán una máxima vulnerabilidad.

Los efectos de un desastre se pueden mitigar reduciendo la Vulnerabilidad. Para tener éxito, necesitamos conocer el comportamiento del fenómeno geológico que genera el riesgo e identificar el área sujeta a riesgo. El nivel de riesgo potencial puede ser disminuido y los efectos atenuados, también estableciendo vínculos o incentivos legislativos en el proceso de planificación.

- **Peligrosidad**

Es la probabilidad de recurrencia de un fenómeno de determinada intensidad, en un período de tiempo y un área establecida.

- **Peligro**

Referido a la intensidad para caracterizar el fenómeno dañino predecible. Esto puede ser expresado en términos de energía, volumen, superficie, etc.

- **Vulnerabilidad**

Este parámetro ha sido definido por la UNESCO como la entidad del daño implante a un elemento o grupo de elementos a riesgo, de manifestarse un fenómeno natural en un tiempo determinado. Se expresa con una escala que va de 0 (nada de daño) a 1 (pérdida total), aceptable también con valores fraccionarios.

- **Intensidad**

Una escala que mide la fuerza de un desastre natural en base a la evaluación de los efectos que éste produce a las personas, a las construcciones y al terreno.

2.2.9. Fenómenos Naturales

(SANTILLÁN, 2013). La naturaleza se manifiesta viva de diversas maneras: lluvias, mareas, vientos, sismos, terremotos, geiseres, volcanes. Algunas expresiones de la naturaleza son diarias y estamos acostumbrados a ellas, y otras nos conmueven profundamente pues ocurren esporádicamente. Entre las últimas podemos situar los llamados “desastres naturales” (Tsunami, maremoto, lluvias prolongadas que traen inundaciones, tornados, etc.), cuya mejor expresión sería “fenómenos naturales peligrosos”.

Toda expresión de la naturaleza y actividad de la Tierra es llamada “Fenómeno Natural”, independientemente de su incidencia al hombre y su forma de vida.

Los fenómenos naturales no tienen por qué ser considerados “desastres”. La erosión natural del viento y la lluvia son actividades de la naturaleza no desastrosas. La erupción de un volcán, si bien puede ocasionar daños a los asentamientos del hombre, es en realidad parte de la naturaleza viva que palpita según sus leyes. Cuando decimos que el planeta está vivo, nos referimos a los elementos activos de la geomorfología terrestre, pues el planeta se encuentra en actividad, y su proceso de formación aún no está completo.

2.2.10. Desastre Natural

Es la reciprocidad entre fenómenos naturales de peligro y condiciones humanas vulnerables (viviendas no preparadas para sismos o poblados indefensos ante inundaciones, asentamientos ocurridos en zonas de riesgo, economías bajas, falta de equipos y herramientas de medición y prevención). (SANTILLÁN, 2013).

En la clasificación de desastres naturales se han contado más de 20, entre ellos brumas, nieblas, granizos, etc., pero los más importantes por su nivel de destrucción en asentamientos humanos son:

a) Desastres generados en el interior de la Tierra

- Terremoto
- Tsunami/Maremoto
- Erupción volcánica

b) Desastres generados por procesos dinámicos de la superficie de la Tierra

- Deslizamiento
- Derrumbe
- Alud
- Aluvión
- Huaico

c) Desastres generados por fenómenos meteorológicos o hidrológicos

- Inundación
- Sequías
- Heladas
- Tormentas
- Granizada
- Tornados
- Huracanes

d) Fenómenos Biológicos

Marea roja (sobre la superficie del agua aparecen moluscos que transportan toxinas y alteran la cadena trófica).

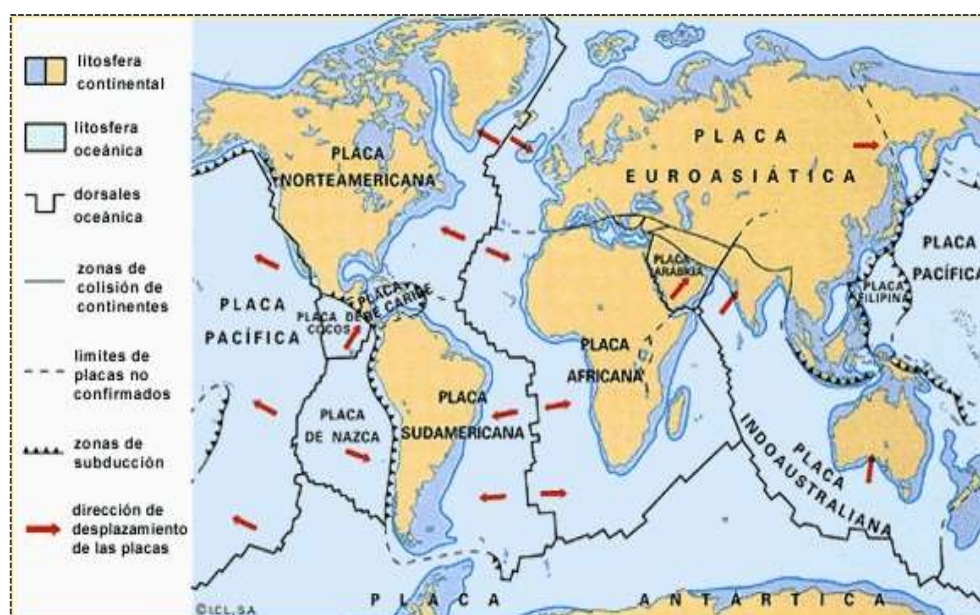
2.2.11. Tectónica de Placas

(NATGEO, 2015) Señala: Existe un puñado de placas principales y docenas secundarias. Seis de las principales reciben el nombre del continente en el que se encuentran, como la Placa Norteamericana, la Placa Africana o la Placa Antártica. Las placas secundarias son más pequeñas, pero no menos importantes en cuanto a su influencia sobre la estructura del planeta. La pequeña placa Juan de Fuca, por ejemplo, es responsable de los volcanes que salpican la región del Pacífico Noroeste de Estados Unidos.

Las placas conforman la litosfera, la capa superficial de la Tierra (incluye la corteza y la parte superior del manto). Las corrientes de las rocas más blandas que tienen debajo las impulsan como si se tratara de una cinta transportadora en mal estado. La actividad geológica proviene de la interacción de las placas cuando éstas se acercan o separan.

El Ecuador continental se encuentra asentado en la placa Sudamericana, mientras que el Ecuador insular en las placas del Pacífico, de los Cocos y la de Nazca.

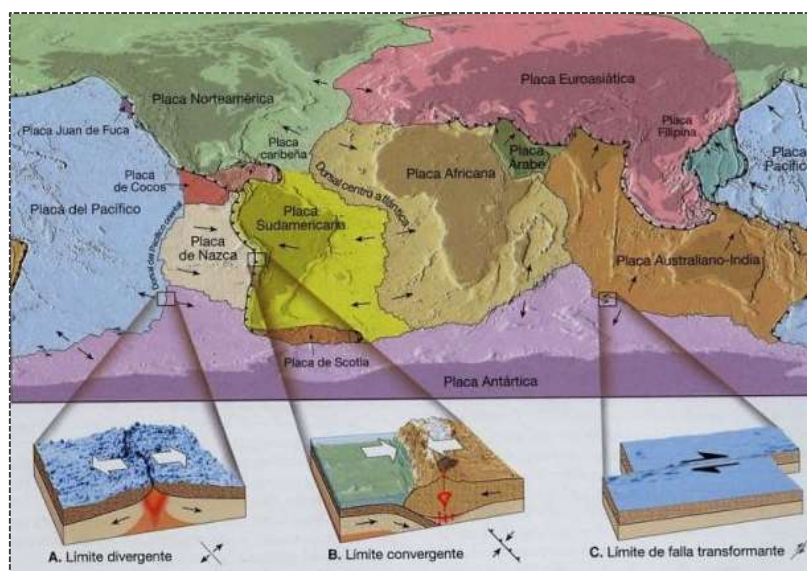
Ilustración 23. Teoría de Placas Tectónicas



Fuente: S.f.

El movimiento de las placas crea tres tipos de límites tectónicos: límites convergentes, donde las placas se acercan unas a otras, límites divergentes, donde se separan, y límites transformantes, donde las placas se mueven de lado en relación unas con otras.

Ilustración 24. Mosaico de las placas rígidas que constituyen la envuelta externa de la Tierra.



Fuente: Tomado de W. B. Hamilton, U. S. Geological Survey.

a) Límite Divergente o constructivo: las dorsales

Son límites en los que las placas se separan unas de otras y, por lo tanto, emerge magma desde regiones más profundas, por ejemplo, la dorsal mesoatlántica formada por la separación de las placas de Eurasia y Norteamérica y las de África y Sudamérica.

b) Límite Convergente o destructivo

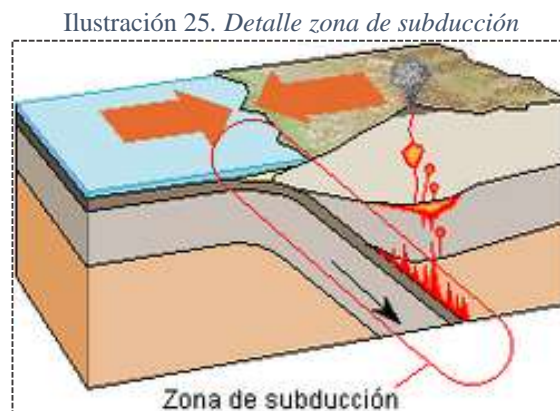
Son límites en los que una placa choca contra otra, formando una zona de subducción (la placa oceánica se hunde bajo la capa continental), o un cinturón orogénico (si las placas chocan y se comprimen). Son también conocidos como “bordes activos”

c) Límite Transformante, conservativo o neutro

Son límites donde los bordes de las placas se deslizan una con respecto a la otra a lo largo de una falla de transformación.

d) Subducción de placas

(PIDWIRNY, 2013). Subducción Cabral de placas es el proceso de hundimiento de una placa litosférica bajo otra en un límite convergente, según la teoría de tectónica de placas. La subducción ocurre a lo largo de amplias zonas de subducción que en el presente se concentran en las costas del océano Pacífico en el llamado cinturón de fuego del Pacífico.



Fuente: (BENITEZ, 2006)

2.2.12. Fallas Tectónicas

Según (MARTÍNEZ, s.f.), reciben el nombre de fallas las fracturas en que hay desplazamientos de los sectores de roca afectados a ambos lados de la superficie de rotura.

Existen algunos tipos de fallas, entre los cuales mencionaremos:

a) Falla normal

También llamada directa o de gravedad. Se caracteriza porque el plano de falla buza hacia el labio hundido. Se genera como respuesta a esfuerzos distensivos.

b) Falla Inversa

En este caso el plano de falla buza hacia el labio levantado. Ocurre como consecuencia de esfuerzos compresivos.

c) Falla en dirección o de desgarre

La superficie de falla suele ser próxima a la vertical. El movimiento responde a fuerzas de cizalla horizontal que causan el desplazamiento lateral de un bloque respecto al otro.

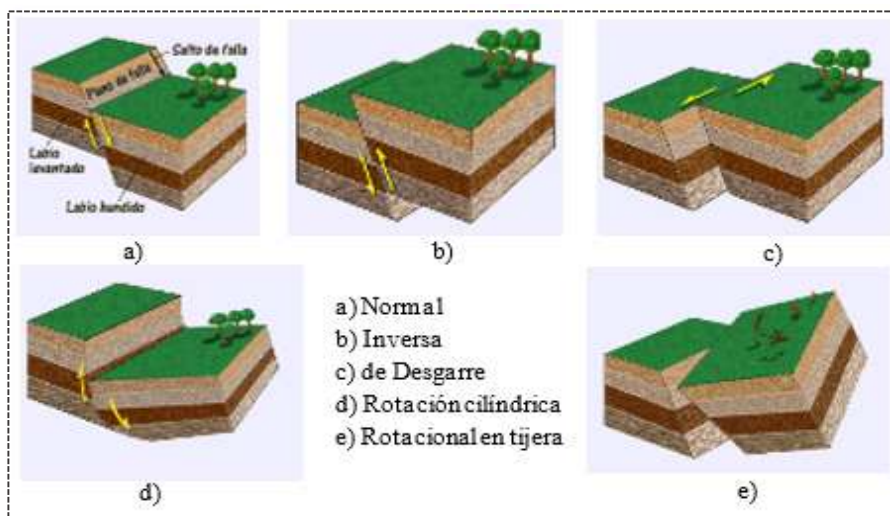
d) Falla de rotación cilíndrica

La superficie de falla es aproximadamente cilíndrica como consecuencia del giro de uno de los bloques de falla en torno a un eje de rotación paralelo a la superficie de falla.

e) Falla rotacional en tijera

En este tipo de falla el giro de los bloques tiene lugar respecto a un eje que es perpendicular a la superficie de falla.

Ilustración 26. *Mosaico Fallas Tectónicas*



Fuente: (MARTÍNEZ, s.f.)

Para determinar la peligrosidad sísmica de una zona es necesario realizar el análisis de las fallas que sean capaces de provocar un terremoto destructivo. En el análisis de estas fallas se considera en primer lugar, si su orientación es la adecuada para sufrir desplazamiento en función de la orientación de los esfuerzos transmitidos desde los límites de placas. A estas fallas se les denomina **fallas capaces**, es decir fallas que por su geometría son capaces de acumular suficiente energía como para producir el deslizamiento, y por ello potencialmente generadoras de terremotos. Si esas fallas han tenido algún tipo de actividad en los últimos 10000 años se les denomina **fallas activas**. (GEOLOGÍA, 2014).

2.2.13. Sismología

De acuerdo a (GARCÍA, 2007). Es una rama de la geofísica que se encarga del estudio de terremotos y la propagación de las ondas sísmicas que se generan en el interior y la superficie de la Tierra, así mismo que las placas tectónicas.

En general los terremotos se originan en los límites de placas tectónicas y son producto de la acumulación de tensiones por interacción entre dos o más placas. Las placas tectónicas son una unidad estructural rígida, con un espesor de 100 km aproximadamente, que constituye la capa esférica superficial de la Tierra, según la teoría de placas.

Existen dos medidas para determinar el “tamaño” de un sismo: la intensidad y la magnitud, ambas expresadas en grados.

a) Intensidad

Es una medida de los efectos causados por un sismo en un lugar determinado de la superficie terrestre. En ese lugar, un sismo pequeño pero muy cercano puede causar alarma y grandes daños, en cuyo caso decimos que su intensidad es grande; en cambio un sismo muy grande pero muy lejano puede apenas ser sentido ahí y su intensidad, en ese lugar, será pequeña. (Biblioteca digital)

La escala más común en América es la escala modificada de Mercalli que data de 1931. Ésta, detalla en el Apéndice, va del grado I (detectado sólo con instrumentos) hasta el grado XII (destrucción total), y corresponde a daños leves hasta grado V.

Tabla 6. *Escala de Intensidad de Mercalli modificada*

I	No sentido, excepto por algunas personas bajo circunstancias especialmente favorables.
II	Sentido sólo por unas pocas personas en reposo, especialmente en los pisos elevados de los edificios.
III	Sentido con bastante nitidez en los interiores, especialmente en los pisos superiores de los edificios, pero muchas personas no lo reconocen como un terremoto.
IV	Durante el día, sentido en interiores de edificios por muchas personas, en los exteriores por muy pocas. Sensación de que un camión pesado haya chocado contra el edificio.
V	Sentido por casi todo el mundo, muchos se despiertan. A veces se observan cambios en los árboles, los postes y otros objetos altos.
VI	Sentido por todos; muchos se asustan y salen a la calle. Algunos muebles pesados se mueven; pocos casos de paredes caídas o chimeneas dañadas. Poco daño.
VII	Todo el mundo corre a la calle. Daño despreciable en los edificios de diseño y construcción buenos; de ligero a moderado en las estructuras de construcción ordinaria; considerable en los edificios pobres o con estructuras mal diseñadas.
VIII	Daño ligero en estructuras especialmente diseñadas; considerable en edificios sustanciales ordinarios con derrumbamiento parcial; grande en estructuras mal construidas (caída de chimeneas, columnas, monumentos, muros).
IX	Daño considerable en estructuras especialmente diseñadas. Los edificios son desplazados de sus cimientos. Se abren grietas en el suelo.
X	Se destruyen algunas estructuras de madera bien construidas. La mayoría de las estructuras de albañilería y madera se destruyen. Se abren muchísimas grietas en el terreno.
XI	Quedan de pie muy pocas estructuras, si queda alguna. Se destruyen los puentes; grandes fisuras en el terreno.
XII	Daño total. Se ven ondas en el suelo. Los objetos son lanzados al aire.

Fuente: (ALCANTARA, 2012)

b) Magnitud

La magnitud de un sismo es un número que busca caracterizar el tamaño de un sismo y la energía sísmica liberada. Se mide en una escala logarítmica, de tal forma que cada unidad de magnitud corresponde a un incremento de raíz cuadrada de 1000, o bien, de aproximadamente 32 veces la energía liberada. Es decir que, un sismo de magnitud 8

es 32 veces más grande que uno de magnitud 7, 1 000 veces más grande que uno de magnitud 6, 32000 veces más grande que uno de magnitud 5, y así sucesivamente. (GEOFÍSICA UNAM).

Tabla 7. *Escala de Magnitud de Richter*

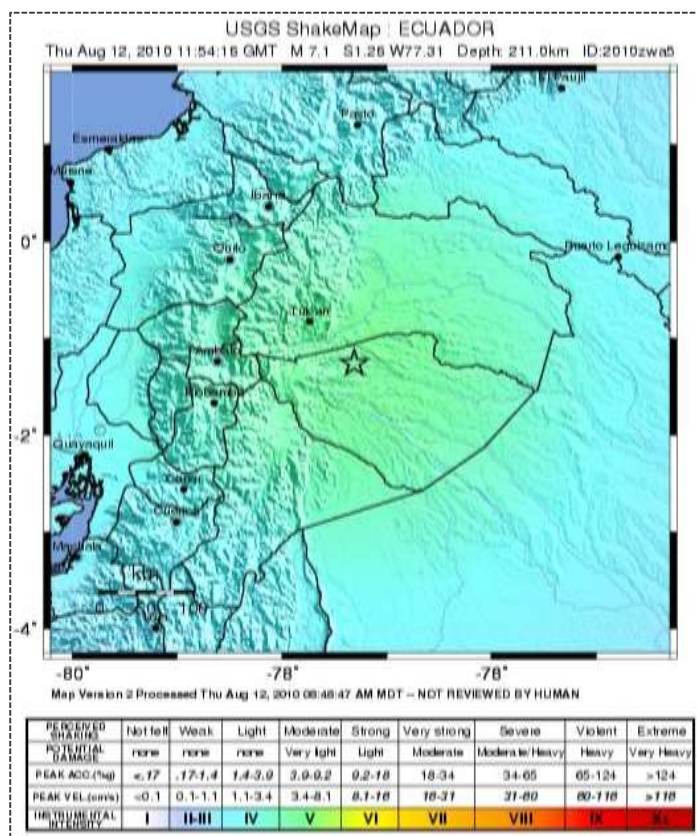
Magnitud	Efectos del terremoto
> 3.5	Generalmente no se siente, pero se registra.
3.5 a 5.4	Se siente, pero sólo causa daños menores cerca de donde se produce.
5.5 a 6.0	Ocasiona daños ligeros a edificios mal construidos y otras estructuras en un radio de 10 km.
6.1 a 6.9	Puede ocasionar daños severos en áreas donde vive mucha gente.
7.0 a 7.9	Terremoto mayor. Causa graves daños a las comunidades en un radio de 100 km.
8.0 o mayor	Gran terremoto. Destrucción total de comunidades cercanas y daños severos en un radio de más de 1000 km de distancia.

Fuente: (SANCHEZ, 2014)

c) Mapa Zonas Sísmicas Ecuador

De acuerdo al Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS por sus siglas en inglés), el territorio continental presenta intensidades instrumentales registradas que fluctúan dentro del rango de II y V, como se visualiza en la ilustración siguiente.

Ilustración 27. Zonas Sísmicas Ecuador



Fuente: (USGS, 2010)

2.2.14. Fenómeno Meteorológico ENOS

El Niño Oscilación del Sur (ENOS). Así como las placas tectónicas son protagonistas de los procesos internos de la Tierra, el clima lo es de las interacciones de su superficie. La rotación de la Tierra arrastra la atmósfera y el agua de los océanos e impulsa los vientos alisios al sur y norte del Ecuador terrestre, formando la zona de convergencia entre los trópicos de Cáncer y Capricornio, que cubre el aire caliente y húmedo y de lluvias de la subregión.

En condiciones normales las aguas de Pacífico en América del Sur, desde Chile hasta el Sur de Ecuador, son frías y ricas en nutrientes y generan un ecosistema con abundante vida marina que explica la riqueza pesquera e países como Perú. El frío de las aguas se debe a la corriente de Humboldt o del Perú que proviene de las aguas de la Antártida. En su recorrido entre el norte de Chile y Perú genera, junto con la circulación de los vientos alisios, áreas costeras desérticas, consideradas entre las zonas más secas del mundo. A veces los vientos alisios, se debilitan y atenúan la corriente fría de Humboldt, lo que hace que desde el otro lado del Pacífico, desde Indonesia y Australia, las aguas cálidas del océano lleguen a la costa suramericana entre Chile y el sur de Ecuador y desplacen aguas frías de la corriente de Humboldt: *llegó El Niño*. El fenómeno es acompañado por incrementos del nivel de mar que pueden llegar a los 40 cm en las costas suramericanas.

Ilustración 28. *Circulación atmosférica en condiciones normales y El Niño*

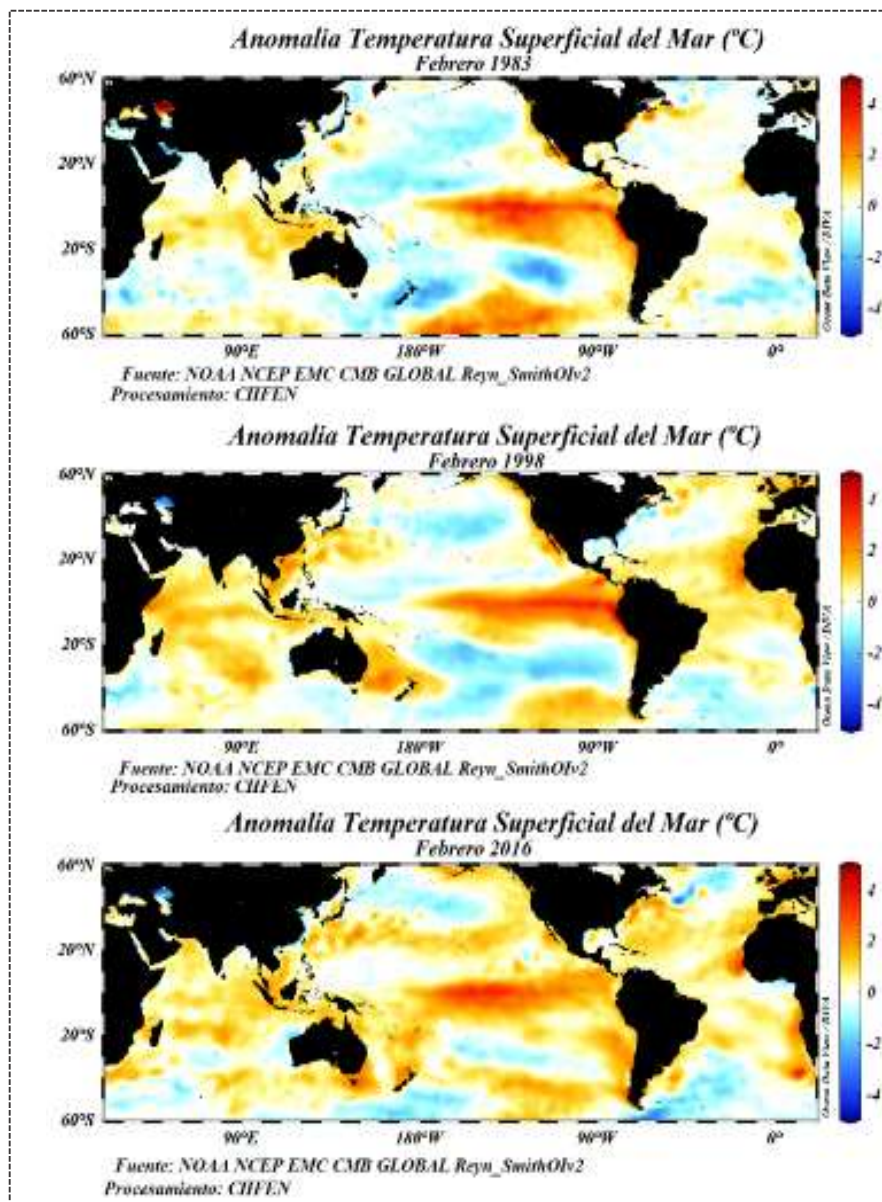


Fuente: (LUHR, 2003, pág. 449).

Se denomina El Niño la presencia de aguas anormalmente cálidas (más de 0.5°C por encima de lo normal) en la costa occidental de Suramérica por un período mayor a tres meses consecutivos. Actualmente es considerado como un fenómeno ocasional, irregular, aperiódico y de grandes repercusiones socio-económicas en el mundo. Se presenta con

variada intensidad, siendo los episodios de 1982 – 1983 y 1997 – 1998 los de más impacto en el siglo XX. No obstante las condiciones atmosféricas del período 2015 y lo que va del año 2016, han registrado escenarios equivalentes relacionados con los episodios de gran impacto ya mencionados.

Ilustración 29. Anomalía de Temperatura Superficial del Mar (°C) Febrero 1983-1998-2016



Fuente: (Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño (CIIFEN), 2016)

2.2.15. Corrimientos de tierra

Un corrimiento de tierra, deslave o derrumbe, es un desastre relacionado con las avalanchas, pero en vez de nieve lleva tierra, rocas, árboles, casas, etc.

Según describe (SPRINGER, 2007), los corrimientos de tierra pueden ser provocados por terremotos, erupciones volcánicas o inestabilidad en las zonas circundantes, así como explosiones causadas por el hombre para construcciones.

Los corrimientos (deslaves) de barro o lodo son un tipo especial de corrimiento cuyo causante es el agua que penetra en el terreno por lluvias fuertes, modificándolo y provocando el deslizamiento; menciona (DON, 1999).

a) Deslizamientos

Los deslizamientos pueden producirse a un ritmo lento, de unos cuantos milímetros por año, o producirse de forma muy rápida, a velocidades de hasta 20 millas por hora (32.1 km/h). Son altamente peligrosos y pueden convertirse en verdaderos

Ilustración 30. *Deslizamientos de tierra San Antonio de Alao, julio-2 015.*



Fuente: (La Prensa, 2015)

desastres naturales cuando sepultan poblaciones bajo toneladas de tierra. Son muy comunes y en algunas regiones causan más problemas que las tormentas o los terremotos. Desafortunadamente, no hay manera de evitar los deslaves puesto que obedecen a fuerzas físicas de la naturaleza, pero sí se pueden prevenir los daños si se aplican prácticas correctas de ingeniería, de investigación geológica y de protección civil.

Las capas del suelo están unidas por variadas fuerzas, y una de ellas es la fricción, una fuerza de resistencia al deslizamiento entre dos superficies. Es justamente lo que ocurre con la tierra, pero si algún elemento se introduce entre las superficies inclinadas se produce un deslizamiento.

Un deslave puede iniciarse en la ladera o en una pendiente pronunciada si la tierra de ésta se satura rápidamente con agua. Las principales causas son las siguientes:

- Lluvias excesivas o intensas. En zonas altamente susceptibles a los deslaves, pueden ocurrir después de una racha corta de lluvia.
- Agua de deshielo que debilita el suelo.
- Erosión causada por corrientes de agua.
- Modificaciones en las aguas subterráneas.
- Cambios en el nivel del agua.

La velocidad del flujo depende de la cantidad de agua, el volumen de la tierra, el ángulo de inclinación y el tipo de tierra.

Algunas zonas son más vulnerables que otras. Por lo general, aquellas cuyo suelo ha sido modificado por las acciones humanas o por los incendios forestales u otros desastres

naturales, tienen más probabilidades de sufrir deslizamientos de tierra, así como aquellas pendientes modificadas para la construcción de edificios y las zonas escarpadas situadas en la parte inferior de las montañas o cañones.

En resumidas cuentas, se puede decir que las causas de los deslaves son geológicas, morfológicas y antropogénicas (derivadas de las actividades humanas).

Ilustración 31. *Derrumbe quebrada Puningayco, Alao, abril-2015*



Fuente: (Infocentro Alao, 2015)

Los deslaves suelen ser muy aparatosos, en el sentido estricto de la palabra. Cuesta abajo, la tierra recoge árboles, autos y construcciones, ocasionando severos daños económicos. Los puentes quedan bloqueados, se fragmentan las líneas eléctricas y las poblaciones quedan incomunicadas. En el mejor de los casos, los daños económicos son mayores que las vidas que un deslave puede cobrar. Las personas que sobreviven a un desastre de gran magnitud se ven vulnerables ante los riesgos a la salud que entrañan el lodo y los residuos. (GeoEnciclopedia, s.f.).

b) Flujo de arcilla

Los corrimientos consistentes en flujo de arcilla se producen en zonas muy lluviosas, afectando a zonas muy grandes. Los terrenos arcillosos, al entrar en contacto con el agua, se comportan como si alcanzasen el límite líquido y se mueven de manera más lenta que los deslizamientos. Se da en pequeñas pendientes, pero en gran cantidad.

Los espesores varían de acuerdo a la configuración estratigráfica del sitio de ocurrencia del fenómeno, y de ahí sus efectos en la zona de influencia. Aunque puede decirse que ingenierilmente no es posible evitarlo, sí se pueden mitigar los efectos aplicando criterios básicos de bioingeniería e ingeniería ambiental. (Wikipedia, 2015).

c) Licuefacción

Se da en zonas de arenas limosas saturadas, o en arenas muy finas redondeadas (loess). Debido a la gran cantidad de agua intersticial que presentan, las presiones intersticiales son tan elevadas que un sismo, o una carga dinámica, o la elevación del nivel freático, pueden aumentarlas, llegando a anular las tensiones efectivas. Esto motiva que las tensiones tangenciales se anulen, comportándose el terreno como un pseudolíquido. Se produce, entre otros terrenos, en rellenos mineros.

d) Reptación

Movimiento muy lento que se da en capas superiores de laderas arcillosas, de en torno a 50 centímetros de espesor. Está relacionado con procesos de variación de humedad estacionales. Se manifiestan en forma de pequeñas ondulaciones y suelen ser signo de una posible futura inestabilidad generalizada.

e) **Huaico**

Un huaico es una corriente de tierra, una violenta inundación de aluvión donde gran cantidad de material de terreno de las laderas es desprendido y arrastrado por el agua vertiente abajo hasta el fondo de los valles, causando enormes sepultamientos a su paso.

(El Libertario, 2008), menciona: en términos científicos modernos, según el Proyecto Multinacional Andino, un huayco se conoce como flujos de detritos, o flujo de escombros, dependiendo de la cantidad de sedimento y bloques que traiga.

2.2.16. Inspección de Puentes

De acuerdo a la “Guía para Inspección de puentes” emitida por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones de Perú, se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones básicas para la inspección de un puente:

a) Inspección del cauce.

Con la anticipación a los problemas y tomando adecuadas medidas de protección, se pueden minimizar serias dificultades posteriores. Con ese motivo, es conveniente investigar las siguientes condiciones:

- Si existe espacio adecuado bajo el puente para permitir el paso de las aguas. Los depósitos de arena y/o grava pueden reducir este espacio.
- Si hay estabilidad y buen comportamiento de los bordes y protección de orillas.
- Posible obstrucción del cauce con maleza, palizadas o crecimiento de plantas que puedan contribuir a la socavación.

Un registro del perfil del cauce da información valiosa sobre la tendencia del río a erosionar, cambiar de curso, de gradiente, etc.

b) Estribos y pilares

Los defectos más frecuentes son los siguientes:

- Deterioro del concreto en la línea de agua.
- Deterioro del concreto en la zona de los apoyos.
- Grietas en los estribos, especialmente entre el cuerpo y las alas. Estas grietas deben observarse a través del tiempo para ver si aumentan. Cuando estas grietas se pronuncian, indican que hay movimiento estructural que puede ser causado por problemas de cimentación.

c) Aparatos de apoyo

Los aparatos de apoyo, sean fijos o móviles deben ser examinados para asegurar que funcionen debidamente. El mal comportamiento de los apoyos puede ser causa de movimientos de pilares o estribos. Si existe este tipo de problemas debe efectuarse la siguiente inspección:

- Observar si los pernos de anclaje están dañados o si las tuercas necesitan ajuste.
- Verificar si los elementos de expansión permiten el movimiento de acuerdo a su diseño.
- Verificar si hay suciedad o escombros alrededor de los aparatos de apoyo.
- Observar si hay exceso de deformación o rotura en las placas de neopreno.
- Observar los rodillos y su condición de apoyo móvil.

- Los aparatos de apoyo pueden sufrir daños por causa del tráfico pesado.

d) Vigas y largueros

Pueden ser de madera, acero o concreto. Cada material presenta problemas específicos para su mantenimiento, los cuales deben ser investigados.

- Vigas de madera: los defectos más comunes son rajaduras, deterioros, roturas, ataque de insectos y hongos; falta de tratamiento superficial que permite que se desarrollen grietas longitudinales y se extiendan a todo lo largo de la viga.
- Vigas de acero: oxidación bajo las zonas de las juntas de dilatación, debido a la humedad que pasa por las grietas del tablero, deterioro de la pintura, conexiones flojas, corrosión y rajaduras alrededor de remaches y pernos en la unión de elementos de una viga, fisuras en la soldadura y metal base.
- Vigas de concreto: desintegración de la losa de una viga de sección "T", inoperancia de los aparatos de apoyo, exposición del acero de refuerzo por corrosión, grietas en los extremos de las vigas.

e) Tableros

Los tableros deben examinarse para determinar si hay riesgo de deslizamiento de los vehículos sobre su superficie debido a falta de rugosidad en el piso. Debe observarse que no haya empozamiento de agua por la obstrucción de los drenes. Verificar que estos funcionen sin afectar partes estructurales o al tráfico que pasa en un nivel inferior.

- Tablero de madera: deben ser examinados para detectar si hay deterioro en la zona de contacto con los largueros o entre capas de madera laminada.
- Tablero de acero: deben examinarse para detectar si hay corrosión o soldaduras en malas condiciones, si hay suciedad acumulada en los pisos de parilla en las zonas de apoyo sobre largueros o si hay planchas sueltas o si la pintura está deteriorada.
- Tablero de concreto: deben examinarse para ver si hay grietas, descascamientos u otros signos de deterioro. Debe observarse con cuidado el acero de refuerzo para determinar su estado, las grietas en el concreto permiten que la humedad afecte al acero de refuerzo el cual al oxidarse se expande y causa desprendimiento del concreto.

f) Superficie de rodadura

Cualquier tipo de superficie de rodadura puede ocultar los defectos del tablero. Esta superficie debe observarse con mucho cuidado para buscar evidencia del deterioro del tablero. En algunos casos se debe remover pequeñas secciones para facilitar una mejor investigación.

g) Accesos del puente

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 daño estructural. La junta entre la losa de aproximación y los estribos, diseñada para el movimiento causado por las variaciones de temperatura, debe ser examinada para comprobar su debida abertura y sello apropiado.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Diseño de la Investigación

El presente estudio se rige a las bases del método analítico, mismo que describe el análisis de hechos, fenómenos y casos. Se sitúa en el presente, pero no se limita a la simple recolección y tabulación de datos, sino que hace la interpretación y el análisis imparcial de los mismos con una finalidad preestablecida. Se fija su proceso por:

1. Identificación y delimitación precisa del problema.
2. Recolección de datos.
3. Elaboración, organización, clasificación, comparación e interpretación de los mismos.
4. Extracción de conclusiones.
5. Redacción del informe final.

Nivel de la investigación: Exploratoria

Descriptiva

Evaluativa.

Tipo de estudio: Investigación Documental – bibliográfico

Investigación de Campo

Investigación Directa

Investigación Deductiva

3.2. Población y Muestra

3.2.1. Población

Alao Llactapamba	330 habitantes
San Antonio de Alao	480 habitantes
Total:	810 habitantes¹

3.2.2. Muestra

Se la obtiene a partir de:
$$n = \frac{k^2 N p q}{e^2 (N-1) + k^2 p q}$$

Donde,

n= tamaño de la muestra

N= tamaño de la población o universo.

k= constante que depende del nivel de confianza que se asigne.

¹ Dato Censal INEC 2010

Valor de k	1,15	1,28	1,44	1,65	1,96	2,24	2,58
Nivel de confianza	75%	80%	85%	90%	95%	97,5%	99%

e = error muestral deseado, es la diferencia que puede haber entre el resultado que obtenemos preguntando a una muestra de la población y el que obtendríamos si preguntáramos al total de ella. Varía entre el 1% y el 9%.

p = proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio. Se supone $p=q=0.5$

q = proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, $1-p$

Entonces el tamaño de la muestra es:

$$n = \frac{k^2 N p q}{e^2 (N - 1) + k^2 p q}$$

$$n = \frac{1.44^2 * 810 * 0.5 * 0.5}{0.05^2 (810 - 1) + 1.44^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = 165 \text{ habitantes}$$

3.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

La metodología analítica requiere descomponer es partes algo complejo, en desintegrar un hecho o una idea en sus fragmentos, para mostrarlas, describirlas, numerarlas y para explicar las causas de hechos o fenómenos que constituyen el problema en sí, dándole solución a este.

Para realizar este tipo de análisis, partiendo de los estudios topográficos, hidrológicos e hidráulicos, geológicos y geotécnicos, de riesgo sísmico, socio-económicos, ambiental, de tráfico, complementarios y trazados de vías; se dispone de hojas de inspección, de descripción, encuestas, memorias técnicas, muestras de suelo.

3.4.Operacionalización de variables

Tabla 8. *Operacionalización de variables*

VARIABLES	CONCEPTO	INDICADOR	ÍNDICE
Variable Independiente	Análisis técnico de vulnerabilidad de la Infraestructura vial sobre el río Alao	Informe de Inspección	Deficiencias
		Evaluación de elementos	Estado actual, mantenimientos
		Análisis del entorno	Criterio de análisis
Variables Dependientes	Movilidad y seguridad vial	Manejo de un plan	Favorable circulación ante eventos de riesgo
	Estabilidad y mitigación de riesgos	Evaluación	Registro de incidencias
		Plan de respaldo	Prevención
		Proyecto de contingencia	Mitigar la emergencia

Fuente: (Tesis, 2016)

3.5.Descripción del proyecto

3.5.1. Antecedentes

Una infraestructura vial adecuada es fundamental para el desarrollo del país. De acuerdo a nuestro contexto geográfico, parte de la población distribuida en el territorio nacional se encuentra en las zonas rurales, razón por la cual las carreteras toman gran importancia para la integración e interconexión dentro del país.

Es así que, los puentes siendo los elementos más vulnerables dentro de una infraestructura vial presentan un estado crítico con respecto a su estabilidad estructural, capacidad de carga, influencia del medio ambiente, fenómenos naturales, mismos que originan su deterioro.

En las comunidades, San Antonio de Alao y Alao Llactapamba se han registrado desde hace varios años, por injerencia del invierno, corrimientos de tierra debido a las fuertes lluvias que se han registrado, estableciendo un estado de emergencia en los sectores. Desastre que es también influenciado por eventos sísmicos presentes en la región.

Si bien sabemos que, los corrimientos de tierra, deslaves o derrumbes, son desastres naturales en los cuales una capa del suelo se separa desde el lecho de roca, en este caso particularmente de los cerros que rodean a las comunidades, en consecuencia de las fuertes lluvias durante la época de invierno al moverse por la serie de laderas que presenta este relieve, llevan consigo masas de tierra, rocas, escombros y otros residuos saturados de agua que tienden a fluir hasta afectar a los terrenos y viviendas de los moradores, en algunos de los casos dependiendo de la magnitud del deslizamiento llega hasta el cauce del río Alao, provocando en éste represamientos y por ende desbordes de su cauce afectando tanto los terrenos inmediatos como a la infraestructura vial que comunica a dichas comunidades.

Por lo tanto dada la necesidad de salvaguardar la integridad de las poblaciones, se propone inspeccionar y evaluar el puente existente, sus accesos, obras de protección, de drenaje, y condiciones del entorno en base a una guía de inspección.

3.5.2. Generalidades

Se entiende por inspección de puentes al conjunto de acciones de gabinete y campo, que comprende un proceso sistematizado desde la recopilación de la información hasta la toma de datos en campo, a fin de conocer el estado del puente en un instante dado.

La inspección de un puente se encamina a dos objetivos, la inspección propiamente dicha para asegurar el tráfico sin riesgos, y el de detectar las deficiencias existentes recomendando acciones para corregirlas dentro de un mantenimiento de la estructura.

- Los tipos de inspección son:
- Inspección inicial (de inventario).
- Inspección rutinaria (periódica).
- Inspección de daños.
- Inspección especial.

En el presente informe se detalla una inspección inicial, misma que será controlada por inspecciones rutinarias posteriores para asegurar la estabilidad de la estructura y de sus elementos.

Debido a las fuerzas destructivas de la naturaleza, el incremento del tráfico y la presencia de vehículos sobrecargados, las estructuras de los puentes presentan deficiencias o defectos.

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

3.5.3. Frecuencia

Los puentes en servicio deben ser evaluados, por lo menos, una vez al año, por parte de personal adiestrado específicamente para la identificación y evaluación de daños. Los componentes sumergidos del puente deben ser inspeccionados cada tres (3) años con personal especializado. La época más recomendable para realizar esta inspección es al término de la temporada de lluvias, cuando la disminución de los niveles de agua facilite el acceso bajo las obras y se observe los indicios de socavación, que es causa principal del colapso del puente. En casos extraordinarios se deberá disponer de Inspecciones Especiales.

La Inspección será visual y física, existiendo otras técnicas avanzadas (destructivas y no destructivas), para inspecciones específicas de concreto y acero.

3.5.4. Actividades de mantenimiento de puentes

El objetivo principal es describir los procedimientos y métodos para realizar el inventario y evaluar su deterioro.

La información recopilada durante la inspección del puente es fundamental para programar el mantenimiento oportuno, de su calidad dependerá el buen funcionamiento del sistema dado, que la estructura continúe envejeciendo y deteriorándose, una evaluación precisa y completa es esencial para mantener 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 este informe.

3.5.5. Responsabilidad del Inspector

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 estar además pendiente de que los problemas menores sean corregidos a tiempo antes de que el daño evolucione y aumente así el costo de reparación.

3.5.6. Organización de la Inspección

Previo a la inspección se organiza en primera instancia el control de herramientas y el equipo adecuado por medio de *check-list* esperando optimizar de esta manera la acción del trabajo de campo en recopilación de información sobre el estado de los elementos.

Como mínimo se deben realizar los siguientes pasos:

- Revisión del archivo de la estructura del puente si se encuentra disponible.
- Identificación de los componentes y elementos del puente.
- Identificación de la condición del sitio.
- Identificación de condiciones especiales.
- Disposición del equipo y herramientas requeridas.
- Desarrollo de la secuencia de inspección.

3.5.7. Secuencia de Inspección

Tabla 9. *Secuencia de Inspección*

SECUENCIA DE INSPECCIÓN			
COMPONENTE	COD	ELEMENTOS A INSPECCIONAR	
ACCESORIOS	001	1. LOSA DE APROXIMACIÓN	x
	002	2. CARACTERÍSTICAS DE SEGURIDAD DEL TRÁFICO	x
	003	3. SUPERFICIE DE RODAMIENTO O PAVIMENTO	✓
	004	4. JUNTAS DE EXPANSIÓN	x
	005	5. ACERAS Y BARANDAS	✓
	006	6. DRENAJES	✓
	007	7. SEÑALIZACIÓN	x
	008	8. ELECTRICIDAD/ILUMINACIÓN	x
	009	9. BARRERAS Y OTROS DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DEL TRÁFICO	x
SUPERESTRUCTURA	010	1. LOSA/TABLERO	✓
	011	2. VIGA CAJÓN	✓
	012	4. SERVICIOS PÚBLICOS INSTALADOS (TELÉFONO, ACUEDUCTO, ECT)	x
SUBESTRUCTURA	013	1. APOYOS	x
	014	2. ESTRIBOS	✓
	015	3. PILAS	x
	016	4. PROTECCIÓN DE TALUD	✓
	017	5. FUNDACIONES	✓
	018	6. PILOTES	x
ACCESOS	019	1. ALINEAMIENTOS	✓
	020	2. DIMENSIONES	✓
	021	3. CONDICIONES DE SUPERFICIE	✓
	022	4. ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS	x
RÍO	023	1. CONDICIONES HIDROLÓGICAS E HIDRÁULICAS	✓
	024	2. PERFIL DEL RÍO Y ALINEAMIENTO	✓
	025	3. LECHO DEL RÍO	✓
	026	4. DIQUES	x
	027	5. CONDICIÓN DE MÁRGENES	✓
	028	6. APERTURA HIDRÁULICA	✓
	029	7. NIVEL MÁXIMO Y NORMAL	✓
TRÁFICO MOVILIDAD	Y 030	1. TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL	✓
	031	2. CIRCULACIÓN VEHICULAR	✓
	032	3. CONDICIONES GENERALES	✓
ENTORNO	034	1. ESTABILIDAD DE TALUDES	✓
	035	2. TIPO DE SUELO	✓
	036	3. CARACTERÍSTICAS GENERALES	✓

3.5.8. Ejecución del Inventario e Inspección del Puente

a) Introducción

El gestionar las estructuras de los puentes mediante un sistema de recopilación de información específica requiere de dos actividades fundamentales para la investigación, recopilación e introducción de información que son: la recolección de datos para inventario y la inspección periódica del puente.

Dentro del Inventario de puentes se agrupa 6 formularios que contienen información general del puente. Detalles de la subestructura, superestructura, el entorno, imágenes de los planos y las fotografías. La información que se recopila en los formularios de inventario no variará sino hasta que alguna de las partes principales del puente sea modificada o el puente sea reemplazado por una nueva estructura. En este último caso se conserva un historial del puente reemplazado.

En cuanto a los datos de inspección, serán almacenados según el formulario 7 que forma parte de esta actividad. Los reportes de la hoja de inspección son realizados de una manera muy cuidadosa por el inspector ya que son una parte importante del sistema, estos informes son guardados para ser utilizados como una herramienta de gestión debido a que a partir de los datos recopilados y en conjunto con otra información esencial se determina la deficiencia estructural, priorización de reparación y la estimación del costo bruto de la reparación del puente. El inventario de puentes y las actividades de inspección incluyen tres partes generales las cuales son: dimensionamiento del puente, inspección visual y toma de fotografías.

b) Dimensionamiento del Puente

La dimensión del puente es información importante para diferentes aspectos como son el costo de reparación o mantenimiento, determinar su alcance y estimar la capacidad de carga, entre otros.

El dimensionamiento es también necesario si las entidades competentes no disponen de los planos originales. En las hojas de medición se establecen las dimensiones de los elementos del Puente.

c) Inspección Visual del deterioro del Puente

La inspección visual que se realiza para la evaluación del deterioro del puente es parte importante de la inspección del puente. Se la utiliza de igual manera para realizar un análisis estimado de los costos de reparación, prioriza la reparación del Puente y clasifica su grado de deterioro.

d) Fotografías

Datos importantes para el mantenimiento de la estructura. En la guía fotográfica del inventario se muestran algunas de las partes esenciales del Puente que deben ser registradas por medio de las imágenes, dentro de estas encontramos: nombre del Puente, vista de la vía a lo largo del eje vial, perspectiva de toda la estructura, una vista lateral, vista inferior, vista del cauce del río, de la subestructura, señales, etc.

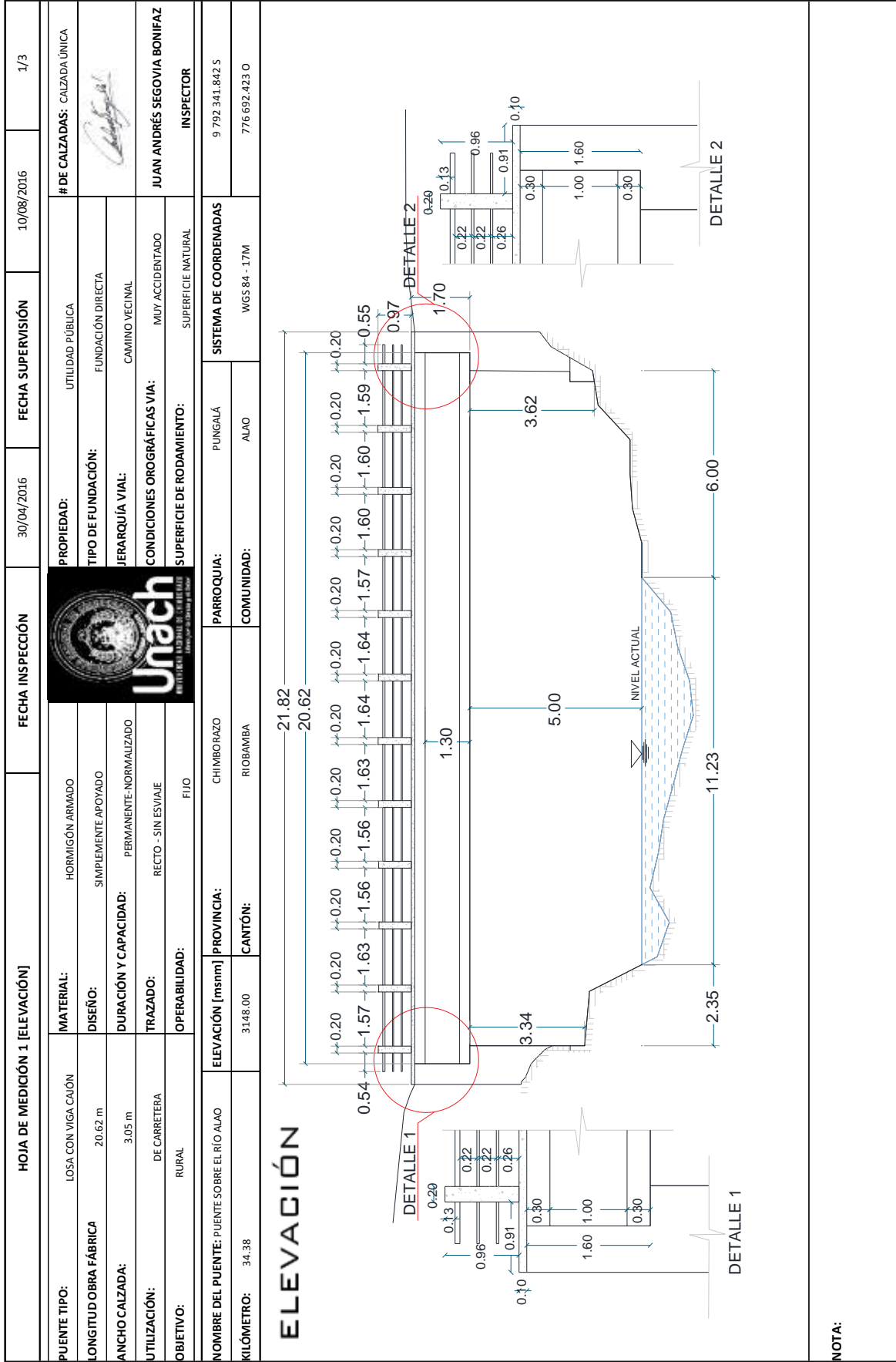
De acuerdo a las fotografías para la hoja de inspección están losa, vigas, estribos, barandas, entre otros.

e) Recopilación y procesamiento de datos

A continuación se establecen las hojas de medición (elevación, planta, sección transversal) para el inventario de dimensiones de los elementos de la infraestructura vial, así como también los formularios donde se detallan las características particulares y generales en la estructura. Dicha información está corroborada con un registro fotográfico que detalla y describe la recopilación de información.

Esta información será procesada y analizada para su posterior evaluación de acuerdo al grado de daño que se registre en los elementos del puente, obteniendo una apreciación integral que describe el grado de estabilidad estructural, funcionalidad y seguridad de la estructura.

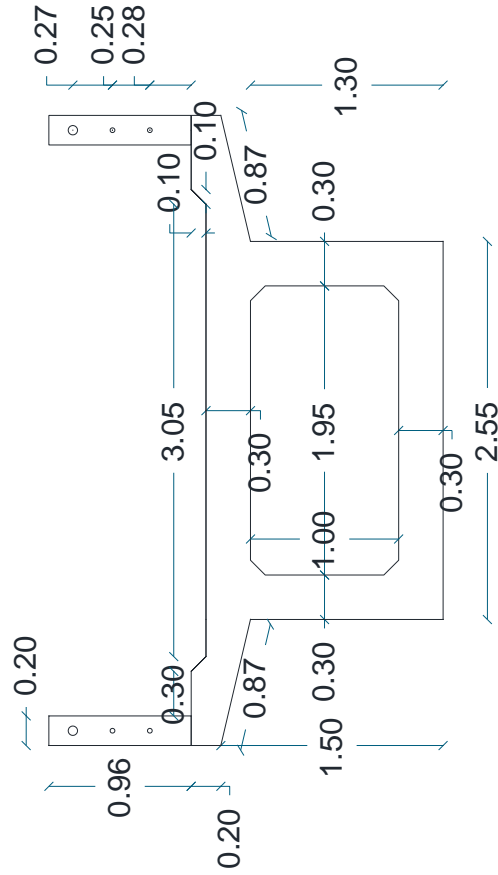
De acuerdo a esto, se plantearán las debidas acciones correctivas, de mantenimiento o la propuesta de una nueva infraestructura vial de ser el caso, si las condiciones son estrictamente necesarias para resguardar la seguridad y transitabilidad de los habitantes de las zonas de estudio.



HOJA DE MEDICIÓN 2 [PLANTA]		FECHA INSPECCIÓN	30/04/2016	FECHA SUPERVISIÓN	10/08/2016	2/3
PUENTE TIPO:	LOSA CON VIGA CAJÓN	MATERIAL:	HORMIGÓN ARMADO	PROPIEDAD:	UTILIDAD PÚBLICA	# DE CALZADAS: CALZADA ÚNICA
LONGITUD OBRA FÁBRICA:	20.62 m	DISEÑO:	SIMPLEMENTE APOYADO	TIPO DE FUNDACIÓN:	FUNDACIÓN DIRECTA	
ANCHO CALZADA:	3.05 m	DURACIÓN Y CAPACIDAD:	PERMANENTE-NORMALIZADO	JERARQUÍA VIAL:	CAMINO VECINAL	
UTILIZACIÓN:	DE CARRETERA	TRAZADO:	RECTO - SIN ESVAÍE	CONDICIONES OROGRÁFICAS VIA:	MUY ACCIDENTADO	JUAN ANDRÉS SEGOVIA BONIFAZ
OBJETIVO:	RURAL	OPERABILIDAD:	FIJO	SUPERFICIE DE RODAMIENTO:	SUPERFICIE NATURAL	INSPECTOR
NOMBRE DEL PUENTE: PUENTE SOBRE EL RÍO ALAO	ELEVACIÓN [msnm]	PROVINCIA:	CHIMBORAZO	PARROQUIA:	PUNGALÁ	SISTEMA DE COORDENADAS
KILÓMETRO: 34.38	3148.00	CANTÓN:	RIOBAMBA	COMUNIDAD:	ALAO	WGS 84 - 17M
<p style="text-align: center;">PLANTA</p>						
NOTA:						

HOJA DE MEDICIÓN 3 [SECCIÓN TRANSVERSAL]		FECHA INSPECCIÓN	30/04/2016	FECHA SUPERVISIÓN	10/08/2016	# DE CALZADAS: CALZADA ÚNICA	3/3
PUENTE TIPO:	LOSA CON VIGA CAJÓN	MATERIAL:	HORMIGÓN ARMADO	PROPIEDAD:	UTILIDAD PÚBLICA		
LONGITUD OBRA FÁBRICA	20.62 m	DISEÑO:	SIMPLEMENTE APOYADO	TIPO DE FUNDACIÓN:	FUNDACIÓN DIRECTA		
ANCHO CALZADA:	3.05 m	DURACIÓN Y CAPACIDAD:	PERMANENTE-NORMALIZADO	JERARQUÍA VIAL:	CAMINO VECINAL		
UTILIZACIÓN:	DE CARRETERA	TRAZADO:	RECTO - SIN ESVAÍE	CONDICIONES OROGRÁFICAS VIA:	MUY ACCIDENTADO	JUAN ANDRÉS SEGOVIA BONIFAZ	
OBJETIVO:	RURAL	OPERABILIDAD:	FIJO	SUPERFICIE DE RODAMIENTO:	SUPERFICIE NATURAL	INSPECTOR	
NOMBRE DEL PUENTE: PUENTE SOBRE EL RÍO ALAO	ELEVACIÓN [msnm]	PROVINCIA:	CHIMBORAZO	PARROQUIA:	PUNGALÁ	SISTEMA DE COORDENADAS	
KILÓMETRO: 34.38	31461.00	CANTÓN:	RIOBAMBA	COMUNIDAD:	ALAO	9 792 341.842 S 776 692.423 O	

SECCIÓN TRANSVERSAL



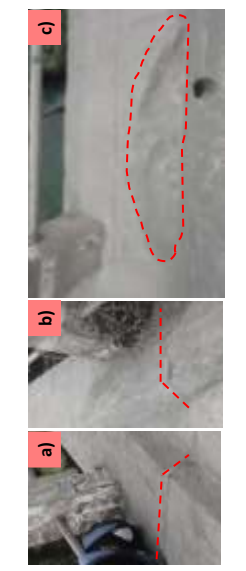
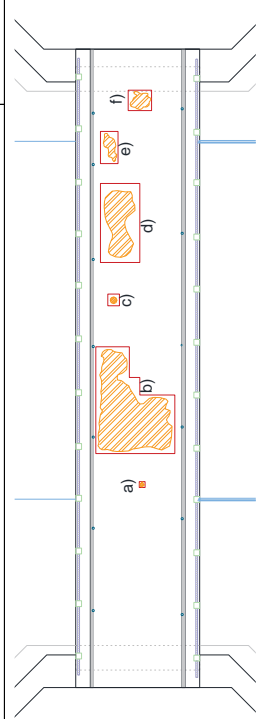
TIPO:	VIGA CAJÓN
NÚMERO DE VIGAS	1
NÚMERO DE DIAFRAGMAS	---

NOTA:

FORMULARIO 1		INVENTARIO BÁSICO DEL PUENTE		FECHA INSPECCIÓN		FECHA SUPERVISIÓN		1 / 1					
PUENTE TIPO:	LOSA CON VIGA CAJÓN	MATERIAL:	HORMIGÓN ARMADO	PROPIEDAD:		UTILIDAD PÚBLICA		# DE CALZADAS: CALZADA ÚNICA					
LONGITUD OBRA FÁBRICA:	20.62 m	DISEÑO:	SIMPLEMENTE APOYADO	TIPO DE FUNDACIÓN:		FUNDACIÓN DIRECTA							
ANCHO CALZADA:	3.05 m	DURACIÓN Y CAPACIDAD:	PERMANENTE-NORMALIZADO	IERARQUÍA VIAL:		CAMINO VECINAL							
UTILIZACIÓN:	DE CARRETERA	TRAZADO:	RECTO - SIN ESVAÍE	CONDICIONES OROGRÁFICAS VÍA:		MUY ACCIDENTADO		JUAN ANDRÉS SEGOVIA BONIFAZ					
OBJETIVO:	RURAL	OPERABILIDAD:	FIJO	SUPERFICIE DE RODAMIENTO:		SUPERFICIE NATURAL		INSPECTOR					
NOMBRE PUENTE:	PUENTE SOBRE EL RÍO ALAO	ELEVACIÓN [msnm]	3148.00	PROVINCIA:	CHIMBORAZO	PARROQUIA:	PUNGALÁ	SISTEMA DE COORDENADAS 9 792 341.842 S					
KILÓMETRO:	34-38	CANTÓN:	RIOBAMBA			COMUNIDAD:	ALAO	WGS 84 - 17M 776 692.423 O					
ELEMENTOS BÁSICOS													
PUENTE TIPO	LOSA CON VIGA CAJÓN			ANCHO TOTAL [m]		4.25 m							
# TRAMOS	1			ITEM		3							
TIPO DE SERVICIO	VEHICULAR			W[m]		0.20							
PENDIENTE LONGITUDINAL:	0 %			H[m]		0.10							
CONTEO DE TRÁFICO		AÑO	2016		CAZADA [m]		3.05 m						
		VEH/D/A	54										
		VEHICULOS PESADOS	35.19%										
		POR CARGA	X										
		POR ALTURA	X										
		POR ANCHO	3.05 m										
RESTRICCIONES													
CAZADA ÚNICA													
# VÍAS DE TRÁNSITO													
H-20													
SOBRE CARGA DE DISEÑO													
A.A.S.H.T.O 1980													
ESPECIFICACIÓN DE DISEÑO													
1983													
AÑO DE CONSTRUCCIÓN													
RECTO													
ALINEAMIENTO													
RECTO													
LUZ PUENTE[m]													
20.62		L[m]	20.62	I1[m]	0.00	I2[m]	0.00	H1[m]	0.00	H2[m]	0.00	Gal[m]	5.00
ANTECEDENTES DE INSPECCIÓN													
INSPECTOR	-----	TIPO DE INSPECCIÓN	-----	AÑO	-----								
ANTECEDENTES DE REHABILITACIÓN													
ELEMENTO	-----	DESCRIPCIÓN	-----	AÑO	-----					OBSERVACIONES			
										ESTRIBO MARGEN DERECHO E IZQUIERDO A GRAVEDAD - HORMIGÓN CICLÓPEO			
VISTA PANORÁMICA													

FORMULARIO 2	INVENTARIO BÁSICO DEL PUENTE (DETALLE SUPERESTRUCTURA)	FECHA INSPECCIÓN	FECHA SUPERVISIÓN	10/08/2016	1/2									
PUENTE TIPO:	LOSA CON VIGAS	HORMIGÓN ARMADO	PROPIEDAD: UTILIDAD PÚBLICA											
LONGITUD OBRA DE FÁBRICA:	20.62 m	SIMPLEMENTE APOYADO	TIPO DE FUNDACIÓN: FUNDACIÓN DIRECTA											
ANCHO DE CALZADA:	3.05 m	PERMANENTE - NORMALIZADO	JERARQUÍA VIAL: CAMINO VECINAL											
UTILIZACIÓN:	DE CARRETERA	RECTO - SIN ESVAÍE	CONDICIONES OROGRÁFICAS VÍA: MUY ACCIDENTADO											
OBJETIVO:	RURAL	FIJO	SUPERFICIE DE RODAMIENTO: SUPERFICIE NATURAL											
NOMBRE DEL PUENTE:	PUENTE SOBRE EL RÍO ALAO	CHIMBORAZO	PARROQUIA: PUNGALÁ											
KILÓMETRO:	34.38	RIOBAMBA	SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 84 - 17M											
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	ALINEACIÓN EN PLANTA	TIPO	FRENTE [m]	FONDO [m]	PROFUNDIDAD [m]	ALTURA [m]	ESESOR [m]	DIÁMETRO [m]	LONGITUD [m]	^ [°]	PENDIENTE [%]	# [u]
LS-001	LOSA TABERO	HORMIGÓN ARMADO	RECTO	MACIZO	3.05	21.82	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0	1
ACR-001	ACERA	HORMIGÓN ARMADO	RECTO	EN YOLADO	0.60	21.82	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0	2
Cc-001	BALAUSTRE	HORMIGÓN ARMADO	RECTO	CUADRADO	0.20	0.20	0.20	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97		1
Cc-002	BALAUSTRE	HORMIGÓN ARMADO	RECTO	CUADRADO	0.20	0.20	0.20	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98		1
Cc-003	BALAUSTRE	HORMIGÓN ARMADO	RECTO	CUADRADO	0.20	0.20	0.20	0.965	0.965	0.965	0.965	0.965		1
Cc-004	BALAUSTRE	HORMIGÓN ARMADO	RECTO	CUADRADO	0.20	0.20	0.20	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96		1
Cc-005	BALAUSTRE	HORMIGÓN ARMADO	RECTO	CUADRADO	0.20	0.20	0.20	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96		1
Cc-006	BALAUSTRE	HORMIGÓN ARMADO	RECTO	CUADRADO	0.20	0.20	0.20	0.955	0.955	0.955	0.955	0.955		1
Cc-007	BALAUSTRE	HORMIGÓN ARMADO	RECTO	CUADRADO	0.20	0.20	0.20	0.965	0.965	0.965	0.965	0.965		1
Cc-008	BALAUSTRE	HORMIGÓN ARMADO	RECTO	CUADRADO	0.20	0.20	0.20	0.955	0.955	0.955	0.955	0.955		1
Cc-009	BALAUSTRE	HORMIGÓN ARMADO	RECTO	CUADRADO	0.20	0.20	0.20	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95		1
Cc-010	BALAUSTRE	HORMIGÓN ARMADO	RECTO	CUADRADO	0.20	0.20	0.20	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94		1
Cc-011	BALAUSTRE	HORMIGÓN ARMADO	RECTO	CUADRADO	0.20	0.20	0.20	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95		1
Cc-012	BALAUSTRE	HORMIGÓN ARMADO	RECTO	CUADRADO	0.20	0.20	0.20	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96		1
Cc-013	BALAUSTRE	HORMIGÓN ARMADO	RECTO	CUADRADO	0.20	0.20	0.20	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96		1
Cc-014	BALAUSTRE	HORMIGÓN ARMADO	RECTO	CUADRADO	0.20	0.20	0.20	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96		1
OBSERVACIONES:														
LAS DIMENSIONES EXPUESTAS EN EL PRESENTE FORMULARIO HACEN MENCIÓN A MEDIDAS GENERALES, PARA OBTENER MÁS INFORMACIÓN SOBRE LOS DATOS ESPECÍFICOS DE LOS ELEMENTOS REVISAR FORMULARIO 5														
INVENTARIO BÁSICO DEL PUENTE O EN SU DEFECTO EL PLANO DE INVENTARIO DONDE SE DETALLA LOS ELEMENTOS CON SUS RESPECTIVAS ACOTACIONES														

FORMULARIO 7		INSPECCIÓN DEL PUENTE (FOTOGRAFÍAS)		FECHA INSPECCIÓN		30/04/2016		FECHA SUPERVISIÓN		10/08/2016		1/9									
PUENTE TIPO:	LOSA CON VIGAS	MATERIAL:	HORMIGÓN ARMADO	PROPIEDAD:	UTILIDAD PÚBLICA	# DE CALZADAS: CALZADA ÚNICA															
LONGITUD OBRA DE FÁBRICA:	20.62 m	DISEÑO:	SIMPLEMENTE APOYADO	TIPO DE FUNDACIÓN:	FUNDACIÓN DIRECTA																
ANCHO DE CALZADA:	3.05 m	DURACIÓN Y CAPACIDAD:	PERMANENTE-NORMALIZADO	JERARQUÍA VIAL:	CAMINO VECINAL																
UTILIZACIÓN:	DE CARRETERA	TRAZADO:	RECTO - SIN DESVÍE	CONDICIONES OROGRÁFICAS VÍA:	MUY ACCIDENTADO	JUAN ANDRÉS SEGOVIA BONIFAZ															
OBJETIVO:	RURAL	OPERABILIDAD:	FIJO	SUPERFICIE DE RODAMIENTO:	SUPERFICIE NATURAL	INSPECTOR															
NOMBRE DEL PUENTE	PUENTE SOBRE EL RÍO ALAO	ELEVACIÓN [msnm]	3148.00	PROVINCIA:	CHIMBORAZO	PARROQUIA:	PUINGALÁ	SISTEMA DE COORDENADAS													
KILÓMETRO:	34.38	CANTÓN:	RIOBAMBA	COMUNIDAD:	ALAO	WGS 84 - 17M															
DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE DE RODAMIENTO	No.	001	DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE DE RODAMIENTO																
COD.003	La capa de rodamiento está definida por una capa de mortero (masillado) sobre la losa de la estructura de espesor 2cm aproximadamente, desgastada debido a su exposición ante agentes climáticos y debido al desgaste por fricción del tránsito de vehículos.	dd/mm/aa	01/05/2016	COD.003	Afectación de capa de rodamiento por desprendimiento del masillado en áreas (a, b, c, d, e, f); además de desgaste en la superficie debido a abrasión por efecto de fricción en tránsito de vehículos y retracción de la losa por causa de variación de temperatura.																
DESCRIPCIÓN	JUNTAS DE EXPANSIÓN	dd/mm/aa	01/05/2016	Área superficie de rodamiento (m2):	66.55	a):	0.04	b):	7.53	c):	0.16	d):	3.64	e):	0.66	f):	0.56	serie:	DSC01672	dd/mm/aa	01/05/2016
				Área desgaste superficie (m2):	53.96																
		No.	003	DESCRIPCIÓN	ACERAS								No.	005							
COD.004	Se realizó la limpieza de la superestructura con los moradores del sector para evidenciar la discontinuidad entre el tablero y los estribos que dan lugar a las juntas de expansión. Sin embargo, terminada dicha acción se observó que la estructura no posee juntas de dilatación, el elemento es monolítico, la fundación conjunta de superestructura con estribos de subestructura	dd/mm/aa	30/04/2016	COD.005	Aceras de hormigón armado en volados, fundidas monolíticamente con losa y viga cajón. Sus dimensiones corresponden a la luz del puente, ancho de 0.60 m, espesor interno de 0.10 m en forma de chafalán y espesor externo de volado de 0.20 m. No existe un ancho libre fuera del ocupado por las barandas para el tránsito de peatones, quedando su transitable limitada a 0.30 m.								dd/mm/aa	01/05/2016							
		serie:	IMG-20160430-00104-00107-DSC01605	DESCRIPCIÓN									serie:	DSC01679-80							
				COD.005	Aceras de hormigón armado en volados, fundidas monolíticamente con losa y viga cajón. Sus dimensiones corresponden a la luz del puente, ancho de 0.60 m, espesor interno de 0.10 m en forma de chafalán y espesor externo de volado de 0.20 m. No existe un ancho libre fuera del ocupado por las barandas para el tránsito de peatones, quedando su transitable limitada a 0.30 m.								dd/mm/aa	01/05/2016							
				DESCRIPCIÓN									serie:	DSC01681-82							






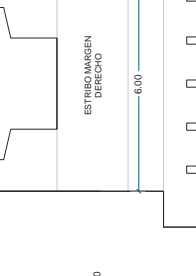
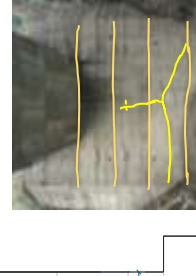
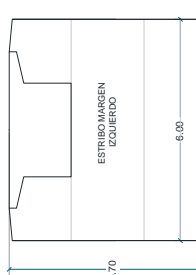
COD.005 a), b)-Agritamientos transversales localizados en extremos de apoyo sobre los estribos, tanto en el margen derecho como en el izquierdo. Fisuras de entre 6 y 8 mm con continuidad en el tablero, ocasionadas por el cambio de rigidez del elemento monolítico en los apoyos, sin presencia de juntas de expansión y por el impacto de entrada y salida de vehículos. c)-Desprendimiento de hormigón de área: 0.22 m2 en chafalán de acera aguas abajo. Además agritamientos por temperatura.

FORMULARIO 7		INSPECCIÓN DEL PUENTE (FOTOGRAFÍAS)		FECHA INSPECCIÓN		FECHA SUPERVISIÓN		2/9						
PUENTE TIPO:	LOSA CON VIGAS	MATERIAL:	HORMIGÓN ARMADO	PROPIEDAD:	UTILIDAD PÚBLICA	# DE CALZADAS:	CALZADA ÚNICA							
LONGITUD OBRA DE FÁBRICA:	20.62 m	DISEÑO:	SIMPLEMENTE APOYADO	TIPO DE FUNDACIÓN:	FUNDACIÓN DIRECTA									
ANCHO DE CALZADA:	3.05 m	DURACIÓN Y CAPACIDAD:	PERMANENTE-NORMALIZADO	JERARQUÍA VIAL:	CAMINO VECINAL									
UTILIZACIÓN:	DE CARRETERA	TRAZADO:	RECTO - SIN ESVAÍE	CONDICIONES OROGRÁFICAS VÍA:	MUY ACCIDENTADO	JUAN ANDRÉS SEGOVIA BONIFAZ								
OBJETIVO:	RURAL	OPERABILIDAD:	FIJO	SUPERFICIE DE RODAMIENTO:	SUPERFICIE NATURAL	INSPECTOR								
NOMBRE DEL PUENTE:	PUENTE SOBRE EL RÍO ALAJO	ELEVACIÓN [msnm]	3148.00	PROVINCIA:	CHIMBORAZO	SISTEMA DE COORDENADAS								
KILÓMETRO:	34.38	CANTÓN:	RIOBAMBA	PARROQUIA:	PUNGALÁ	WGS 84 - 17M	9 792 341.842 S 776 692.232 O							
DESCRIPCIÓN	BARANDAS	No.	006	BARANDAS						No.	007			
	Cc.001													
COD.005	Barandas compuestas por balaustres de hormigón armado de secciones de 0.20x0.20 m, altura media de 0.96 m. Y barandales de tubería galvanizada de diámetros 60 mm y 30 mm. Delaminación de concreto, generalmente en las tres caras de los balaustres y al menos un tercio de la superficie afectada, dejando el acero de refuerzo expuesto en corrosión.		dd/mm/aa	30/04/2016		% I		% II		% III		dd/mm/aa	30/04/2016	
			serie:	IMG-20160430-00131		0.070 0.056 0.032		24.74% 9.28%		16.49% 17.01%		serie: IMG-20160430-00128-00129-00132-00134-00135		
DESCRIPCIÓN	BARANDAS										No.	008		
	Cc.002										Cc.003			
	Cc.004										Cc.005			
	Cc.004										Cc.006			
COD.005	ÁREA POR CARGA (m2)		ÁREA AFECTACIÓN (m2) / %		% I		% II		% III		dd/mm/aa		30/04/2016	
Cc.003	0.193		0.010 0.046 0.030		4.97% 23.71% 15.21%		0.070 0.056 0.032		24.74% 9.28%		16.49% 17.01%		serie: IMG-20160430-00137-00139-00140-00142-00143-00144-00146-00147-00149-00151-0152-001536	
Cc.004	0.192		0.098 0.039 0.021		51.04% 20.42% 10.83%		0.048 0.018 0.033		9.28%		17.01%			
Cc.005	0.192		0.050 0.011 0.010		26.04% 5.47% 5.00%		0.048 0.018 0.033		9.28%		17.01%			
Cc.006	0.191		0.072 0.021 0.036		37.70% 10.89% 18.85%		0.048 0.018 0.033		9.28%		17.01%			

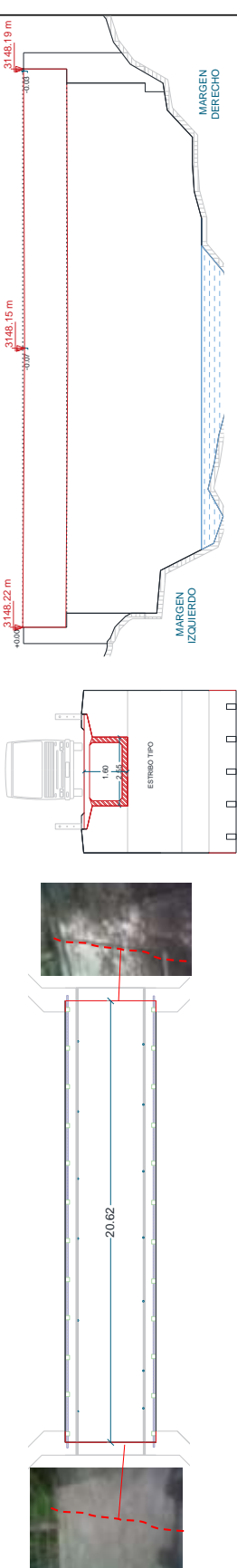
FORMULARIO 7		INSPECCIÓN DEL PUENTE (FOTOGRAFÍAS)		FECHA INSPECCIÓN		FECHA SUPERVISIÓN		10/08/2016		3/9	
PUENTE TIPO:	LOSA CON VIGAS	MATERIAL:	HORMIGÓN ARMADO	PROPIEDAD:	UTILIDAD PÚBLICA	# DE CALZADAS:	CALZADA ÚNICA				
LONGITUD OBRA DE FÁBRICA:	20.62 m	DISEÑO:	SIMPLEMENTE APOYADO	TIPO DE FUNDACIÓN:	FUNDACIÓN DIRECTA						
ANCHO DE CALZADA:	3.05 m	DURACIÓN Y CAPACIDAD:	PERMANENTE-NORMALIZADO	JERARQUÍA VIAL:	CAMINO VECINAL						
UTILIZACIÓN:	DE CARRETERA	TRAZADO:	RECTO - SIN ESVAÍE	CONDICIONES OROGRÁFICAS VÍA:	MUY ACCIDENTADO	JUAN ANDRÉS SEGOVIA BONIFAZ					
OBJETIVO:	RURAL	OPERABILIDAD:	FIJO	SUPERFICIE DE RODAMIENTO:	SUPERFICIE NATURAL	INSPECTOR					
NOMBRE DEL PUENTE:	PUENTE SOBRE EL RÍO ALAO	ELEVACIÓN [msnm]	31.48.00	PROVINCIA:	CHIMBORAZO	SISTEMA DE COORDENADAS:					
KILÓMETRO:	34.38	CANTÓN:	RIOBAMBA	PARROQUIA:	PUNGALÁ	ALAO	WGS 84 - 17M	9 792 341.842 S			
DESCRIPCIÓN											
BARANDAS											
Cc-007											
Cc-008											
Cc-009											
Cc-010											
Cc-011											
Cc-012											
Cc-013											
Cc-014											
BARANDAS											
Cc-010											
Cc-011											
Cc-012											
Cc-013											
Cc-014											
BARANDAS											
Cc-010											
Cc-011											
Cc-012											
Cc-013											
Cc-014											
BARANDAS											
Cc-010											
Cc-011											
Cc-012											
Cc-013											
Cc-014											
BARANDAS											
Cc-010											
Cc-011											
Cc-012											
Cc-013											
Cc-014											
BARANDAS											
Cc-010											
Cc-011											
Cc-012											
Cc-013											
Cc-014											
BARANDAS											
Cc-010											
Cc-011											
Cc-012											
Cc-013											
Cc-014											
BARANDAS											
Cc-010											
Cc-011											
Cc-012											
Cc-013											
Cc-014											
BARANDAS											
Cc-010											
Cc-011											
Cc-012											
Cc-013											
Cc-014											
BARANDAS											
Cc-010											
Cc-011											
Cc-012											
Cc-013											
Cc-014											
BARANDAS											
Cc-010											
Cc-011											
Cc-012											
Cc-013											
Cc-014											
BARANDAS											
Cc-010											
Cc-011											
Cc-012											
Cc-013											
Cc-014											
BARANDAS											
Cc-010											
Cc-011											
Cc-012											
Cc-013											
Cc-014											
BARANDAS											
Cc-010											
Cc-011											
Cc-012											
Cc-013											
Cc-014											
BARANDAS											
Cc-010											
Cc-011											
Cc-012											
Cc-013											
Cc-014											
BARANDAS											
Cc-010											
Cc-011											
Cc-012											
Cc-013											
Cc-014											
BARANDAS											
Cc-010											
Cc-011											
Cc-012											
Cc-013											
Cc-014											
BARANDAS											
Cc-010											
Cc-011											
Cc-012											
Cc-013											
Cc-014											
BARANDAS											
Cc-010											
Cc-011											
Cc-012											
Cc-013											
Cc-014											
BARANDAS											
Cc-010											
Cc-011											
Cc-012											
Cc-013											
Cc-014											
BARANDAS											
Cc-010											
Cc-011											
Cc-012											
Cc-013											
Cc-014											
BARANDAS											
Cc-010											
Cc-011											
Cc-012											
Cc-013											
Cc-014											
BARANDAS											
Cc-010											
Cc-011											
Cc-012											
Cc-013											
Cc-014											
BARANDAS											
Cc-010											

FORMULARIO 7		INSPECCIÓN DEL PUENTE (FOTOGRAFÍAS)		FECHA INSPECCIÓN		FECHA SUPERVISIÓN		10/08/2016		4/9			
PUENTE TIPO:	LOSA CON VIGAS	MATERIAL:	HORMIGÓN ARMADO	PROPIEDAD:	UTILIDAD PÚBLICA	# DE CALZADAS:	CALZADA ÚNICA						
LONGITUD OBRA DE FÁBRICA:	20.62 m	DISEÑO:	SIMPLEMENTE APOYADO	TIPO DE FUNDACIÓN:	FUNDACIÓN DIRECTA								
ANCHO DE CALZADA:	3.05 m	DURACIÓN Y CAPACIDAD:	PERMANENTE-NORMALIZADO	JERARQUÍA VIAL:	CAMINO VECINAL	JUAN ANDRÉS SEGOVIA BONIFAZ							
UTILIZACIÓN:	DE CARRETERA	TRAZADO:	RECTO - SIN ESVAÍE	CONDICIONES OROGRÁFICAS VÍA:	MUY ACCIDENTADO	INSPECTOR							
OBJETIVO:	RURAL	OPERABILIDAD:	FIJO	SUPERFICIE DE RODAMIENTO:	SUPERFICIE NATURAL								
NOMBRE DEL PUENTI	PUENTE SOBRE EL RÍO ALAO	ELEVACIÓN [msnm]		PROVINCIA:	CHIMBORAZO	SISTEMA DE COORDENADAS							
KILÓMETRO:	34.38		3148.00	CANTÓN:	RIOBAMBA	WGS 84 - 17M							
DESCRIPCIÓN													
BARANDAS													
Cc.015													
COD.005	AREA POR CARGA (m2)	I	0.192	0.039	0.052	0.012	0.032	0.000	0.000	0.000	0.000	dd/mm/aa.	30/04/2016
Cc.015			0.188	0.005	0	0.048	0.000	2.55%	0.00%	25.53%	0.00%	serie:	
Cc.016			0.188	0	0	0	0.048	0.00%	0.00%	25.53%	0.00%	IMG-20160430-00183-00184-0185-0186-	
Cc.017			0.188	0.018	0.028	0	0.000	9.36%	14.89%	0.00%	0.00%	00178-00189-00194-00195-00196-	
Cc.018													
Cc.016													
BARANDAS													
Cc.017													
Cc.018													
Cc.019													
COD.005	AREA POR CARGA (m2)	I	0.188	0.014	0.028	0.000	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000	dd/mm/aa.	30/04/2016
Cc.019			0.186	0.010	0.018	0	0.010	5.16%	9.68%	0.00%	5.38%	serie:	
Cc.020			0.190	0.027	0.018	0.008	1.080	14.32%	9.47%	4.21%	568.42%	IMG-20160430-00198-00199-00201-	
Cc.021			0.186	0	0.010	0	0.018	0.00%	5.38%	0.00%	9.46%	00202-00203-00205-00206-00207-00208-	
Cc.022												00209-00211-00213	
DESCRIPCIÓN													
BARANDAS													
Cc.019													
Cc.020													
Cc.021													
Cc.022													

FORMULARIO 7		INSPECCIÓN DEL PUENTE (FOTOGRAFÍAS)		FECHA INSPECCIÓN		FECHA SUPERVISIÓN		10/08/2016		6/9	
PUENTE TIPO:	LOSA CON VIGAS	MATERIAL:	HORMIGÓN ARMADO	PROPIEDAD:	UTILIDAD PÚBLICA	# DE CALZADAS: CALZADA ÚNICA					
LONGITUD OBRA DE FÁBRICA:	20.62 m	DISEÑO:	SIMPLEMENTE APOYADO	TIPO DE FUNDACIÓN:	FUNDACIÓN DIRECTA						
ANCHO DE CALZADA:	3.05 m	DURACIÓN Y CAPACIDAD:	PERMANENTE NORMALIZADO	FEARRQUÍA VIAL:	CAMINO VECINAL						
UTILIZACIÓN:	DE CARRETERA	TRAZADO:	RECTO - SIN ESVAÍE	CONDICIONES OROGRÁFICAS VÍA:	MUY ACCIDENTADO	JUAN ANDRÉS SEGOVIA BONIFAZ					
OBJETIVO:	RURAL	OPERABILIDAD:	FIJO	SUPERFICIE DE RODAMIENTO:	SUPERFICIE NATURAL	INSPECTOR					
NOMBRE DEL PUENTE:	PUENTE SOBRE EL RÍO ALAJÓ	PROVINCIA:	CHIMBORAZO	PARROQUIA:	PUNGALÁ	SISTEMA DE COORDENADAS					
KILÓMETRO:	34.38	CANTÓN:	RIOBAMBA	COMUNIDAD:	ALAJÓ	WGS 84 - 17M					
DESCRIPCIÓN			DESCRIPCIÓN No. 017		DESCRIPCIÓN No. 018						
COD.010	El tablero de la estructura está ubicado en la cara superior de la viga cajón, incluyendo los volados soportes de aceras (sección transversal). En la sección longitudinal, la configuración de la estructura obtenida mediante un levantamiento con estación total revela un asentamiento de aproximadamente 0.03 m, y una deflexión de 55 mm en relación a una límite de deformación permisible dado por L/800, que en este caso será de 25.77 mm.		COD.010		Luz puente (m): 20.62 Asentamiento Margen derecho (mm): 3 Deflexión registrada (mm): 55 Deflexión permisible (mm): 25.78		dd/mm/aa 08/05/2016		serie:		
DESCRIPCIÓN							VIGA CAJÓN		No. 019		
COD.011	a) c) Vista lateral desde aguas arriba y aguas abajo de la viga cajón. La superestructura, conformado por el tablero y la viga, se encuentra embebida dentro de la parte superior de los estribos de ambos márgenes debido a que la fundición de estos dos elementos se ha realizado al mismo instante de acuerdo con lo que detalla el método constructivo utilizado. Se identifica agrietamientos de hasta 0.03 m de espesor en la unión de la superestructura con los estribos de ambos márgenes debido al cambio de rigidez que se produce entre estos elementos una vez dado el asentamiento de la cimentación del margen derecho, grietas que se reflejan en la parte del tablero mismas que delimitan e identifican a cada elemento. b) Las paredes laterales e inferior de la viga presentan fisuras típicas a flexión y corte, que sin embargo no son de gran importancia dentro del desarrollo de la estructura. La existencia de rebabas producidas por el encoframiento de las paredes donde los sedimentos se acumulan y por lo general en zonas húmedas se aprecia ya materia orgánica. Porosidad en los recubrimientos de las paredes de la viga derivado del mal vibrado del hormigón durante su vertida. Y presencia además de alambres de amarre corroídos utilizados en la obra falsa.								dd/mm/aa 30/04/2016		
								serie: DSC016:25-44-48-50-51-55-58 61-70-81-IMG-20160430-00174			

FORMULARIO 7		INSPECCIÓN DEL PUENTE (FOTOGRAFÍAS)		FECHA INSPECCIÓN		FECHA SUPERVISIÓN		7/9	
PUENTE TIPO:		LOSA CON VIGAS		PROPIEDAD:		UTILIDAD PÚBLICA		# DE CALZADAS: CALZADA ÚNICA	
LONGITUD OBRA DE FÁBRICA:		20.62 m		TIPO DE FUNDACIÓN:		FUNDACIÓN DIRECTA			
ANCHO DE CALZADA:		3.05 m		DURACIÓN Y CAPACIDAD:		PERMANENTE-NORMALIZADO		JUAN ANDRÉS SEGOVIA BONIFAZ	
UTILIZACIÓN:		DE CARRETERA		TRAZADO:		RECTO - SIN ESVAJE		INSPECTOR	
OBJETIVO:		RURAL		OPERABILIDAD:		FIJO		SUPERFICIE DE RODAMIENTO: SUPERFICIE NATURAL	
NOMBRE DEL PUENTE		PUENTE SOBRE EL RÍO ALAO		PROVINCIA:		CHIMBORAZO		SISTEMA DE COORDENADAS	
KILOMETRO:		34.38		CANTÓN:		RIOBAMBA		PUNGALA	
DESCRIPCIÓN		ELEVACIÓN [msnm]		3148.00		ALAO		WGS 84 - 17M	
COD.011		Grietas de reflexión en superficie del tablero, debido al desacomodo de los elementos por el asentamiento de la cimentación. La sección transversal de la viga aportan al registro la altura y el ancho de la viga. En la sección longitudinal asentamiento y deflexión de la superestructura		DESCRIPCIÓN		Luz puente (m): 20.62 Asentamiento Margen derecho (mm.): 3 Deflexión registrada (mm): 55 Deflexión permisible (mm): 25.78		dd/mm/aa 30/04/2016 serie: IMG-2016-0430-00174	
DESCRIPCIÓN		ESTRIBOS		ESTRIBOS		ESTRIBOS		No. 022	
									
COD.014		Los estribos o contrafuertes de ambos márgenes corresponden a muros de gravedad de hormigón ciclopeo, mismos que, gracias a las dimensiones generosas de sus elementos, actúan en resistencia del empuje del suelo. Fundición realizada por cuerpos másticos de acuerdo a lo que se verifica en el método constructivo.		COD.014		Estribo margen derecho fundido en 5 tramos de cuerpos másticos, según se evidencia por la presencia de rebabas debidas al proceso de encofrado de los cuerpos. Porosidad en dichas uniones por el mal vibrado del hormigón durante su proceso de vertido. Fisuras presentes en el tercio inferior de la estructura debido al empuje de tierra contenida. El elemento no se encuentra a plomada debido a una inclinación de los cuerpos inferiores. La falta de mantenimiento ha permitido que los drenajes se taponaran con escombros y material de sitio cumpliendo irregularmente su función. En un estribo de margen izquierdo, se documentan similares fallas y observaciones al igual que el del margen derecho. Sin embargo, este elemento posee ductos de drenaje en su pantalla a diferencia que la otra estructura, lo cual evidencia existencia de nivel freático alto en el suelo de implantación del elemento.		dd/mm/aa 01/05/2016 serie: DSC016:19-25-31	

VIGA CAJÓN



FORMULARIO 7	INSPECCIÓN DEL PUENTE (FOTOGRAFÍAS)		FECHA INSPECCIÓN	30/04/2016	FECHA SUPERVISIÓN	10/08/2016	8 / 9
PUENTE TIPO:	LOSA CON VIGAS	MATERIAL:	HORMIGÓN ARMADO	PROPIEDAD:	UTILIDAD PÚBLICA	# DE CALZADAS:	CALZADA ÚNICA
LONGITUD OBRA DE FÁBRICA:	20.62 m	DISÑO:	SIMPLEMENTE APOYADO	TIPO DE FUNDACIÓN:	FUNDACIÓN DIRECTA		
ANCHO DE CALZADA:	3.05 m	DUCCIÓN Y CAPACIDAD:	PERMANENTE-NORMALIZADO	FEARRQUIA VIAL:	CAMINO VECINAL	JUAN ANDRÉS SEGOVIA BONIFAZ	
UTILIZACIÓN:	DE CARRETERA	TRAZADO:	RECTO - SIN ESVAJE	CONDICIONES OROGRÁFICAS VÍA:	MUY ACCIDENTADO	INSPECTOR	
OBJETIVO:	RURAL	OPERABILIDAD:	FIJO	SUPERFICIE DE RODAMIENTO:	SUPERFICIE NATURAL		
NOMBRE DEL PUENTE	PUENTE SOBRE EL RÍO ALAJÓ	ELEVACIÓN [msnm]	3148.00	PROVINCIA:	CHIMBORAZO	SISTEMA DE COORDENADAS	9 792.341.842 S
KILOMETRO:	34.38	CANTÓN:	RIOBAMBA	COMUNIDAD:	ALAJÓ		776 692.423 O
DESCRIPCIÓN	PROTECCIÓN DE TALUD						
COD.016							dd/mm/aa 01/05/2016 serie: DSC01629-32-IMG-20160430-00120-00138-00140
DESCRIPCIÓN	<p>Protecciones de taludes por medio de muros de ala que parten desde los estribos de cada márgen, cerrando la estructura de contención del suelo en ángulo de 30° aproximadamente. La longitud de los muros de ala varían en cada estribo dependiendo de la implantación en el terreno, es así que en el márgen izquierdo las alas son de longitud menor a las del márgen derecho actuando en respuesta al tramo de relleno. En el márgen derecho las alas poseen mayor metraje dado que en este lugar las condiciones son de excavaciones para formar los talúdes a contención. Presencia de humedad por el corrimiento de agua lluvia desde la superestructura dando paso al apareamiento de materia orgánica. No se evidencia fisuramiento típico del elemento en respuesta a su función. Desprendimiento de hormigón y agregado grueso en el ala derecha del estribo del márgen izquierdo y porosidad en la superficie debido al mal vibrado del hormigón y presencia de rebabas ocasionadas por el proceso de encofrado</p>						
DESCRIPCIÓN	FUNDACIONES						
COD.017							dd/mm/aa 08/05/2016 serie:
DESCRIPCIÓN	<p>Detalles de cimentaciones no registrados por ser un elemento bajo relleno, sin embargo se pudo obtener datos de distancias en planta para su mejor representación gráfica supuesta.</p>						

FORMULARIO 7		INSPECCIÓN DEL PUENTE (FOTOGRAFÍAS)		FECHA INSPECCIÓN		30/04/2016		FECHA SUPERVISIÓN		10/08/2016		9 / 9	
PUENTE TIPO:		LOSAS CON VIGAS		MATERIAL:		HORMIGÓN ARMADO		PROPIEDAD:		UTILIDAD PÚBLICA		# DE CALZADAS: CALZADA ÚNICA	
LONGITUD OBRA DE FÁBRICA:		20.62 m		DISEÑO:		SIMPLEMENTE APOYADO		TIPO DE FUNDACIÓN:		FUNDACIÓN DIRECTA			
ANCHO DE CALZADA:		3.05 m		DURACIÓN Y CAPACIDAD:		PERMANENTE-NORMALIZADO		JERARQUÍA VIAL:		CAMINO VEICINAL		JUAN ANDRÉS SEGOVIA BONIFAZ	
UTILIZACIÓN:		DE CARRETERA		TRAZADO:		RECTO - SIN ESVAÍE		CONDICIONES OROGRÁFICAS VÍA:		MUY ACCIDENTADO		INSPECTOR	
OBJETIVO:		RURAL		OPERABILIDAD:		FIJO		SUPERFICIE DE RODAMIENTO:		SUPERFICIE NATURAL			
NOMBRE DEL PUENTE		PUENTE SOBRE EL RÍO ALAO		ELEVACIÓN [mmnm]		3148.00		PARROQUIA:		PUNGALÁ		SISTEMA DE COORDENADAS:	
KIÓMETRO:		34.38		PROVINCIA:		CHIMBORAZO		COMUNIDAD:		ALAO		WGS 84 - 17M	
DESCRIPCIÓN													
												No. 025	
COD.019												dd/mm/aa	
												01/05/2016	
												serie:	
												DSC01672-73-IMG-20160430-00092-00131	
DESCRIPCIÓN		ACCESOS										No. 026	
												dd/mm/aa	
												08/05/2016	
												serie:	

3.5.9. Lineamientos para calificación del grado de deterioro del puente

Como parte del procedimiento de inspección de puentes se cuenta con una hoja de inspección (formulario 8), donde 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 los 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 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 metálicos o de hormigón y la calificación del grado de daño asociada.

a) Elementos metálicos

▪ Deformación

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. El grado de daño para la deformación de los elementos de acero está definida:

Tabla 10. *Grado de daño por deformación*

GRADO DE DAÑO	DESCRIPCIÓN
1	No se observan daños de deformación en el elemento
2	Deformación menor a 5.0 cm
3	Deformación entre 5.0 y 10.0 cm con respecto al original
4	Deformación entre 10.0 y 20.0 cm con respecto al original
5	Deformación mayor a 20.0 cm con respecto al original

Fuente: (Tesis, 2016)

▪ Oxidación

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.

Tabla 11. *Grado de daño por oxidación*

GRADO DE DAÑO	DESCRIPCIÓN
1	No se observa oxidación en el elemento
2	Se observa comienzos de oxidación
3	20.0% del elemento está cubierto con oxidación
4	50.0% del elemento está cubierto con oxidación
5	Más del 50.0% de la superficie del elemento está cubierto con oxidación

Fuente: (Tesisista, 2016)

▪ Corrosión

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.

Tabla 12. *Grado de daño por corrosión*

GRADO DE DAÑO	DESCRIPCIÓN
1	No se observa corrosión en el elemento
2	Se observa el principio de la corrosión
3	La corrosión creció y ha ocasionado orificios en partes del elemento
4	Algunas partes del elemento están reducidas por corrosión
5	Algunas partes del elemento se han perdido por la corrosión

Fuente: (Tesisista, 2016)

- **Faltante o ausencia**

Faltante se refiere a la pérdida parcial o total de algún elemento.

Tabla 13. *Grado de daño por elemento faltante*

GRADO DE DAÑO	DESCRIPCIÓN
1	Se cuenta con la totalidad del elemento
2	Algunas partes del elemento están dañadas
3	Hace falta menos del 10.0% del elemento
4	Hace falta entre 10.0% y 30.0% del elemento
5	Hace falta más del 30.0% del elemento

Fuente: (Tesista, 2016)

b) Pintura

La pintura es de los medios principales utilizados para la protección de la estructura de acero contra la oxidación y la corrosión.

- **Decoloración**

Tabla 14. *Grado de daño por decoloración*

GRADO DE DAÑO	DESCRIPCIÓN
1	No se observa ninguna decoloración
2	No aplica
3	Se observa decoloración en un grado
4	No aplica
5	No se observa el color original

Fuente: (Tesista, 2016)

- **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.

Tabla 15. *Grado de daño por ampollas*

GRADO DE DAÑO	DESCRIPCIÓN
1	No se observan ampollas en la superficie del elemento
2	Se observan ampollas ligeras
3	Han crecido ampollas en algunas partes de la superficie del elemento
4	Se detectó óxido alrededor de la ampolla en algunas partes de la superficie del elemento
5	Se observa que el óxido socava más de 10.0 cm ² en la superficie del elemento

Fuente: (Tesista, 2016)

- **Descascaramiento**

Tabla 16. *Grado de daño por descascaramiento*

GRADO DE DAÑO	DESCRIPCIÓN
1	No se observa descascaramiento de la pintura en la superficie del elemento
2	Se observa el principio del descascaramiento de la pintura
3	Ha crecido el descascaramiento de la pintura en algunas partes de la superficie del elemento
4	Se observa un considerable descascaramiento de la pintura
5	Se observa un considerable descascaramiento de la pintura con óxido

Fuente: (Tesista, 2016)

c) Elementos de concreto

▪ Fisuramientos

Fisuramiento se refiere a aberturas que surgen en alguna superficie, ya sea por la mala calidad de materiales usados, incorrecto proceso constructivo, exposición a cambio de temperatura o como reacción a diferentes combinaciones de esfuerzos.

Tabla 17. *Grado de daño por fisuramiento*

GRADO DE DAÑO	DESCRIPCIÓN
1	No hay fisuras
2	Se observan algunas fisuras
3	El espesor de la fisura es menor a 0.10 mm con intervalos de 20.0 cm
4	El espesor de la fisura es mayor a 0.10 mm con intervalos de 20.0 cm
5	Se observan fisuras con espesores de varios mm

Fuente: (Tesisista, 2016)

▪ Grietas 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.

Tabla 18. *Grado de daño por grietas en una dirección*

GRADO DE DAÑO	DESCRIPCIÓN
1	No se observan grietas
2	El ancho de las grietas es menor a 0.20 mm en intervalos de más de 1.0 m
3	El ancho de las grietas es mayor a 0.20 mm en intervalos de más de 1.0 m
4	El ancho de las grietas es mayor a 0.20 mm en intervalos de entre 1.0 y 0.50 m
5	El ancho de grietas es mayor a 0.20 mm en intervalos de menos de 0.50 m

Fuente: (Tesisista, 2016)

- **Grietas en dos direcciones**

La causa principal de las grietas en dos direcciones es debido a la fatiga causada por la repetición de carga viva. La extensión y patón de la malla de la grieta deben ser cuidadosamente inspeccionados, ya que es una de las señales más claras del deterioro de los elementos de concreto.

Tabla 19. *Grado de daño por grietas en dos direcciones*

GRADO DE DAÑO	DESCRIPCIÓN
1	No se observan grietas
2	No aplica
3	El ancho de las grietas es menor a 0.20 mm en intervalos mayores a 50 cm
4	El ancho de las grietas es mayor a 0.20 mm con intervalos menores a 50 cm
5	El ancho de grietas es mayor a 0.20 mm y el concreto se está descascarando

Fuente: (Tesista, 2016)

- **Descascaramiento**

El descascaramiento es la delaminación local 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.

Tabla 20. *Grado de daño por descascaramiento*


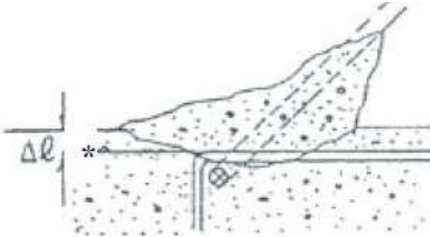
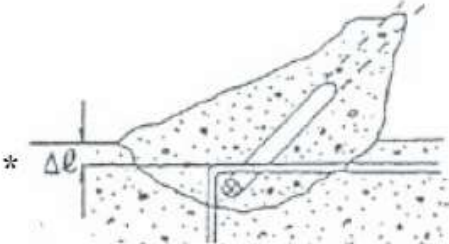

GRADO DE DAÑO	DESCRIPCIÓN
1	No se observa descascaramiento en la superficie del elemento
2	Se observa el principio des descascaramiento
3	Ha crecido el descascaramiento en algunas partes de la superficie del elemento
4	Se observa un considerable descascaramiento
5	Se observa un considerable descascaramiento y oxidación en los elementos

Fuente: (Tesista, 2016)

▪ **Acero de refuerzo expuesto**

Se refiere a la exposición del acero de refuerzo que debe estar embebido en el concreto.

Tabla 21. Grado de daño por acero de refuerzo expuesto

GRADO DE DAÑO	DESCRIPCIÓN
1	Descascaramiento en la superficie del concreto
2	<p>Se observan cáscaras a lo largo del refuerzo principal</p>  <p style="text-align: center;">Refuerzo Principal</p>
3	<p>El refuerzo está expuesto en pequeñas partes</p> 
4	<p>Se observa el refuerzo principal expuesto y oxidado</p> 
5	<p>Se observa el acero principal expuesto y con reducción de la sección</p>  <p style="text-align: center;">* Δl: Recubrimiento de concreto</p>

Fuente: (Tesista, 2016)

▪ 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 del cemento.

Tabla 22. Grado de daño por nidos de piedra

GRADO DE DAÑO	DESCRIPCIÓN
1	No se observaron nidos de piedra
2	Se observaron nidos de piedra en algunos sitios
3	Se observan más de 10 nidos de piedra
4	Se observan nidos de piedra en muchos sitios
5	No aplica

Fuente: (Tesisista, 2016)

▪ Eflorescencia

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 del elemento.

Tabla 23. Grado de daño por eflorescencia

GRADO DE DAÑO	DESCRIPCIÓN
1	No se observó eflorescencia
2	Se observaron pequeñas manchas blancas en la superficie del concreto
3	Se observó eflorescencia a lo largo de la grieta en menos de la mitad del área del elemento
4	Se observó eflorescencia en más de la mitad del área del elemento
5	Se observaron estalactitas en muchos lugares causadas por el cloruro de calcio

Fuente: (Tesisista, 2016)

▪ Agujeros

Cuando se observan agujeros, escamas, reventaduras en el concreto es una clara evidencia de la deterioración del elemento.

Tabla 24. *Grado de daño por agujeros en el elemento*

GRADO DE DAÑO	DESCRIPCIÓN
1	No se observan agujeros
2	Se observaron escamas en la superficie de concreto
3	Se observan pequeños agujeros a lo largo del refuerzo del elemento
4	Se desarrollan agujeros con más de 1.0 m ² del área en el elemento
5	Existen evidencias de que el agujero se extiende a través del elemento

Fuente: (Tesisista, 2016)

▪ Inclinación

La inclinación incluye el movimiento vertical, lateral o rotacional del elemento. Las causas principales de la inclinación de un elemento son la falla del mismo, la filtración de agua y los sismos.

Tabla 25. *Grado de daño por inclinación*

GRADO DE DAÑO	DESCRIPCIÓN
1	No se observa movimiento
2	No aplica
3	Se confirma visualmente el movimiento ligero
4	No aplica
5	La inclinación es notable

Fuente: (Tesisista, 2016)

d) Protección del talud

El problema principal de los pantallas de muros de contención de tierra, no es la deficiencia estructural de éstos, sino más bien el colapso del relleno de aproximación cerca de los mismos.

Tabla 26. *Grado de daño por protección de talud*

GRADO DE DAÑO	DESCRIPCIÓN
1	No hay daños en el talud del relleno de aproximación
2	No aplica
3	El talud del relleno de aproximación colapsó ligeramente
4	No aplica
5	El colapso del talud reduce el ancho de la vía

Fuente: (Tesisista, 2016)


e) Socavación en fundaciones

La socavación es la erosión de material causada por el agua en movimiento. La socavación puede causar desgaste en el material de relleno en el estribo por filtración de agua.

Tabla 27. *Grado de daño por socavación en fundaciones*

GRADO DE DAÑO	DESCRIPCIÓN
1	No se observa socavación
2	No aplica
3	Se observa socavación pero no se extiende a la fundación
4	No aplica
5	Aparece socavación en la fundación

Fuente: (Tesisista, 2016)

FORMULARIO 8	EVALUACIÓN DEL PUENTE (GRADO DE DAÑO)		FECHA INSPECCIÓN	30/04/2016	FECHA SUPERVISIÓN	10/08/2016	1/1	
PUENTE TIPO:	LOSA CON VIGAS	MATERIAL:	HORMIGÓN ARMADO	PROPIEDAD:				# DE CALZADAS: CALZADA ÚNICA
LONGITUD OBRA DE FÁBRICA:	20.62 m	DISEÑO:	SIMPLEMENTE APOYADO	UTILIDAD PÚBLICA:				
ANCHO DE CALZAD:	3.05 m	DURACIÓN Y CAPACIDAD:	PERMANENTE-NORMALIZADO	TIPO DE FUNDACIÓN:				
UTILIZACIÓN:	DE CARRETERA	TRAZADO:	RECTO - SIN ESVAÍE	JERARQUÍA VIAL:				CAMINO VECINAL
OBJETIVO:	RURAL	OPERABILIDAD:	FUJO	CONDICIONES OROGRÁFICAS VÍA:				MUY ACCIDENTADO
				SUPERFICIE DE RODAMIENTO:				SUPERFICIE NATURAL
NOMBRE DEL PUEN	PUENTE SOBRE EL RÍO ALAO	ELEVACIÓN [mm]	3148.00	PROVINCIA:	CHIMBORAZO	PARROQUIA:	PUNGALÁ	SISTEMA DE COORDENADAS
KILÓMETRO:	34.38	CANTÓN:	RIOBAMBA	COMUNIDAD:	ALAO	WGS 84 - 17M	776.692.423.0	
COD.003	SUPERFICIE DE RODAMIENTO	CÓDIGO	LCP008	LCP009	LCP010	LCP011	LCP015	COMENTARIO
		EVALUACIÓN	3	3	3	4	4	EN CUANTO SE REFIERE A LAS AFECTACIONES EN EL MASILLADO DE LA LOSA
COD.005	ACERAS	CÓDIGO	LCP008	LCP009	LCP010	LCP011	-----	
		EVALUACIÓN	3	4	3	4	-----	
COD.005	BALUSTRES	CÓDIGO	LCP009	LCP010	LCP011	LCP012	LCP013	
		EVALUACIÓN	5	5	5	4	2	
COD.005	BARANDALES	CÓDIGO	LCP002	LCP005	LCP007	LCP007	-----	
		EVALUACIÓN	2	3	2	-----	-----	
COD.006	DRENAJES	CÓDIGO	NO APLICA	LCP005	-----	LCP007	-----	
		EVALUACIÓN	3	-----	-----	-----	-----	TUBERÍAS DE DRENAJE TAPADAS POR SEDIMENTOS ACUMULADOS SOBRE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO
COD.010	TABLERO	CÓDIGO	LCP009	LCP014	LCP016	LCP016	-----	
		EVALUACIÓN	4	2	3	-----	-----	
COD.011	VIGA CAJÓN	CÓDIGO	LCP008	LCP009	LCP002	LCP016	-----	
		EVALUACIÓN	3	4	2	3	-----	OXIDACIÓN EN ALAMBRES DE AMARRE DE PROCESO DE ENCOFRADO
COD.014	ESTRIBOS	CÓDIGO	LCP008	LCP009	LCP013	LCP016	LCP017	
		EVALUACIÓN	4	3	2	3	3	
COD.016	PROTECCIÓN DE TALUD	CÓDIGO	LCP008	LCP009	LCP011	LCP013	LCP017	
		EVALUACIÓN	2	3	4	2	3	
COD.017	FUNDACIONES	CÓDIGO	LCP008	LCP014	LCP017	LCP018	-----	
		EVALUACIÓN	2	2	3	3	-----	
OBSERVACIONES:	Realizada la evaluación de los elementos constitutivos de la estructura, de acuerdo a los grados de daño por diversos factores en cada elemento se obtuvo la calificación total de evaluación de 3.00 parámetro indicativo de que la estructura debe cumplir un seguimiento de control, además de un mantenimiento para que su nivel de seguridad y funcionalidad sean eficientes		ELEMENTOS METÁLICOS		PINTURA		ELEMENTOS DE CONCRETO	
	LCP001_DFORMACIÓN		LCP005_DECOLORACIÓN		LCP008_FISURAMIENTOS		LCP012_ACIERO DE REFUERZO EXPUESTO	
	LCP002_OXIDACIÓN		LCP006_AMPOLLAS		LCP009_GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN		LCP013_NIDOS DE PIEDRA	
	LCP003_CORROSIÓN		LCP007_DESCASCARAMIENTO		LCP010_GRIETAS EN DOS DIRECCIONES		LCP014_EFLORESCENCIA	
	LCP004_FALTANTE O AGENCIA				LCP011_DESCASCARAMIENTO		LCP015_AGUJEROS	
					LCP017_DESCASCARAMIENTO		LCP018_SOCAVACIÓN EN FUNDACIONES	
					LCP016_INCLINACIÓN			
							OTROS	

3.5.10. Análisis Hidrológico e hidráulico del río Alao

a) Delimitación de la Unidad Hidrológica del río Alao

Ilustración 32. Delimitación área estudio



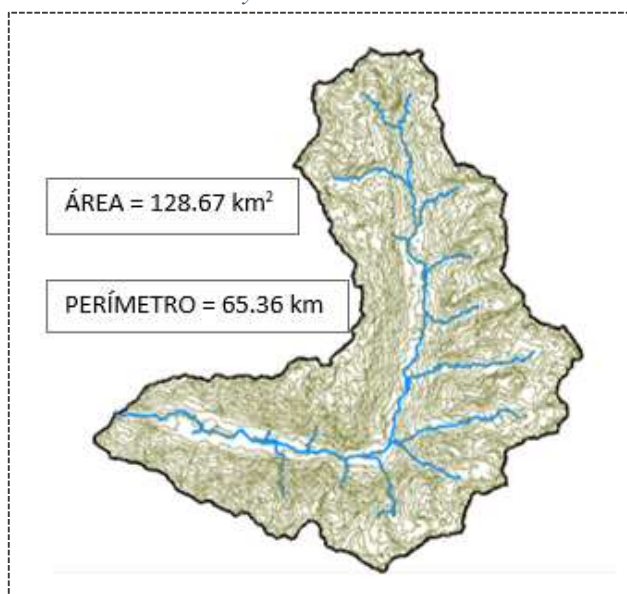
Fuente: (Tesista, 2016)

b) Características Geomorfológicas

Las características geomorfológicas de una cuenca hidrográfica dan una idea de las propiedades particulares de cada una; estas propiedades o parámetros facilitan el empleo de fórmulas hidrológicas, generalmente empíricas, que sirven para relacionarla y concernir sus respuestas.

Área Micro-cuenca(A):	128.67 km ²
Perímetro Micro-cuenca (P):	65.36 km
Longitud Micro-cuenca (L):	16.45 km
Longitud del Cauce Principal (L _p)	11.04 km
Cota Inicial Cauce Principal	3628.93 m.s.n.m.
Cota Final Cauce Principal	3061.50 m.s.n.m.
Longitud Total de Cauces (L _t)	62.58 km
Ancho de Micro-cuenca (w): $w = \frac{A}{L}$	7.82 km

Ilustración 33. Área y Perímetro Micro Cuenca río Alao



Fuente: (Tesista, 2016)

c) Determinación del tipo de Unidad Hidrológica

De acuerdo a las características geomorfológicas, y con fundamento en la siguiente tabla, se ha determinado que la unidad hidrológica de estudio corresponde a una Sub Cuenca, sin embargo, como veremos posteriormente, de acuerdo al número de orden y por rodear el intervalo en área, se la ha determinado como la Micro Cuenca del río Alao.

Tabla 28. Unidad Hidrológica

TAMAÑO RELATIVO DE LOS SISTEMAS HIDROLÓGICOS		
UNIDAD HIDROLÓGICA	ÁREA (km²)	# DE ORDEN
Micro Cuenca	10 – 100	1, 2, 3
Sub Cuenca	101 – 700	4, 5
Cuenca	más de 700	6 o más

Fuente: (Tesista, 2016)

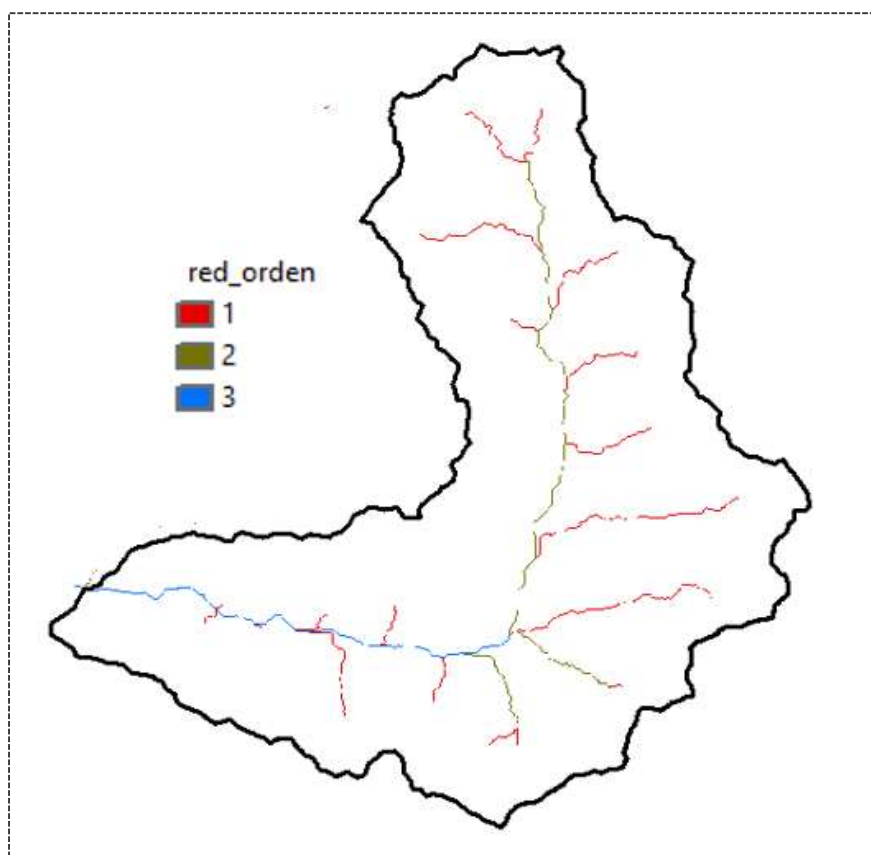
d) Número de Orden de la Micro Cuenca

Refleja el grado de ramificación o bifurcación dentro de una hoya. A mayor número de orden, es mayor el potencial erosivo, mayor el transporte de sedimentos y por tanto mayor también la componente de escorrentía directa.

Clasificación de las corrientes de agua:

- Corrientes de 1er Orden: pequeños canales que no tienen tributarios
- Corrientes de 2do orden: cuando dos corrientes de primer orden se unen
- Corrientes de 3er Orden: cuando dos corrientes de segundo orden se unen
- Corrientes de orden $n+1$: cuando dos corrientes de orden “ n ” se unen.

Ilustración 34. Número de Orden Micro Cuenca río Alao



Fuente: (Tesisista, 2016)

Por el número de ramificaciones, la Micro Cuenca es de orden **3**

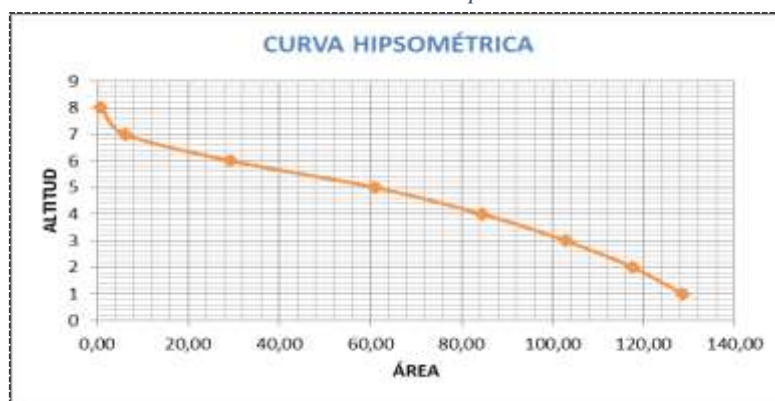
e) Curvas características Micro Cuenca

Tabla 29. Cuadro de áreas entre curvas de nivel

Nº ORDEN	COTA MIN	COTA MAX	Área Parcial (km ²)	Área Acumulada (km ²)	Área que queda sobre la superficie	Porcentaje de area entre C.N.	Porcentaje de área sobre C.N.
1	3047,31	3300	11,05	11,05	128,62	8,59%	100,00%
2	3300	3490	14,71	25,76	117,57	11,44%	91,41%
3	3490	3680	18,35	44,12	102,86	14,27%	79,97%
4	3680	3870	23,54	67,66	84,51	18,30%	65,70%
5	3870	4060	31,63	99,28	60,97	24,59%	47,40%
6	4060	4250	23,22	122,50	29,34	18,05%	22,81%
7	4250	4440	5,28	127,79	6,12	4,11%	4,76%
8	4440	4602	0,84	128,62	0,84	0,65%	0,65%
			128,62			100%	

Fuente: (Tesista, 2016)

Ilustración 35. Curva Hipsométrica



Fuente: (Tesista, 2016)

Ilustración 36. Curva de frecuencia de altitudes



Fuente: (Tesista, 2016)

f) Altitudes características

Altitud media de la Micro Cuenca: 3824.41 m.s.n.m.

Altitud más frecuente: 3775.00 m.s.n.m.

Altitud de Frecuencia media (Em): $Em = \frac{\sum ae}{A}$ 3796.34 m.s.n.m.

e: Elevación media entre dos contornos

a: Área entre contornos

A: Área total

g) Parámetros Geomorfológicos de la Micro Cuenca

Factor de forma Micro Cuenca (F): $F = \frac{A}{L^2}$ 0.48

Relación de elongación (R): $R = 1,128 \frac{\sqrt{A}}{L}$ 0.78

Relación de circularidad (Rc): $Rc = \frac{4A\pi}{P^2}$ 0.38

Índice de Compacidad o Índice de Gravelious (K): $K = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$ 1.61

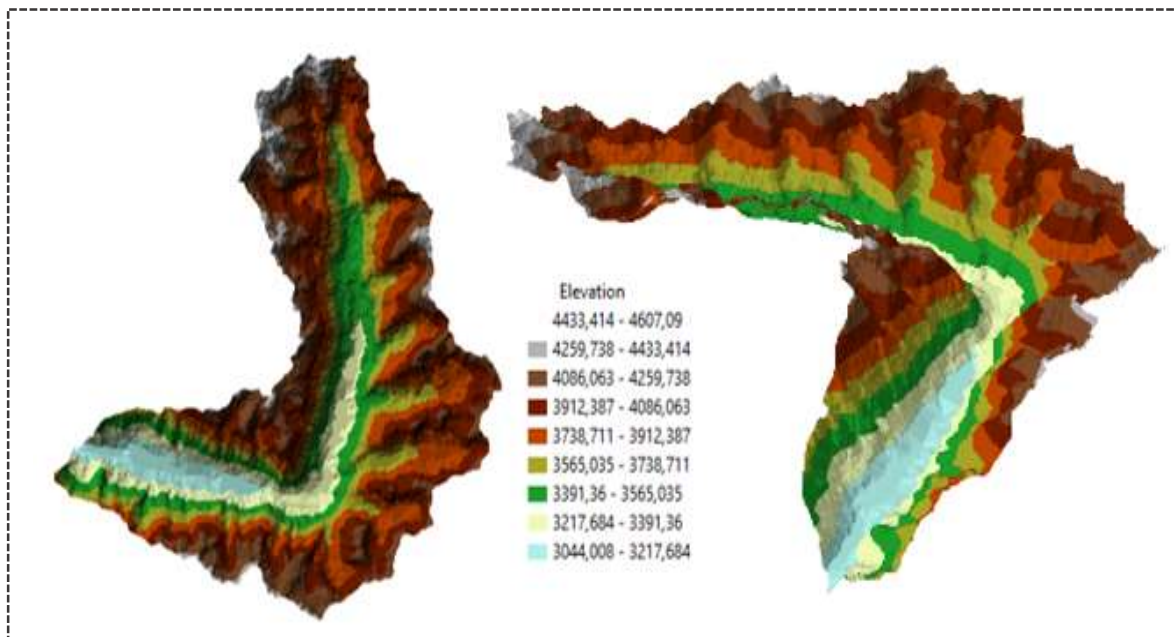
Tabla 30. Formas de la Cuenca de acuerdo al índice de compacidad

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 III	1.51 a 1.75	Oval - oblonga a rectangular - oblonga

Fuente: s.f.

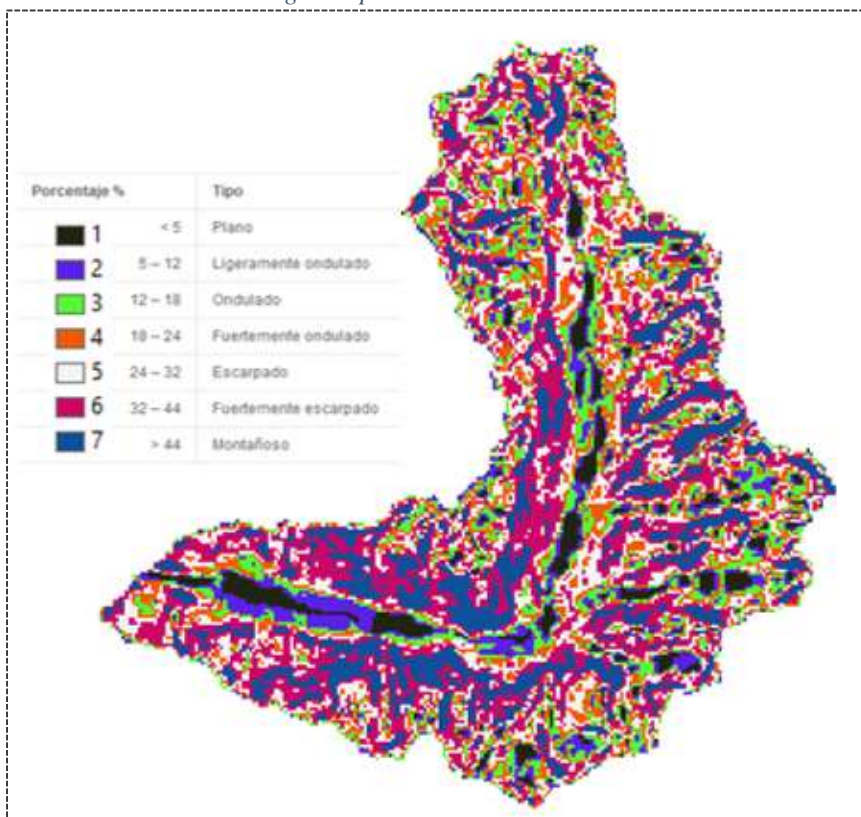
h) Parámetros de Relieve

Ilustración 38. *Relieve Micro Cuenca río Alao*



Fuente: (Tesista, 2016)

Ilustración 37. *Rangos de pendientes en Micro Cuenca río Alao*



Fuente: (Tesista, 2016)

Tabla 31. Cuadro para el cálculo de pendiente media de la Micro Cuenca

Tipo	Nº	RANGO PENDIENTE		PROMEDIO	NÚMERO DE OCURRENCIA	PROMEDIO x OCURRENCIA
		INFERIOR	SUPERIOR			
Plano	1	0	5	2,5	1.337,0	3.342,5
Ligeramente ondulado	2	5	12	8,5	2.064,0	17.544,0
Ondulados	3	12	18	15,0	3.053,0	45.795,0
Fuertemente ondulado	4	18	24	21,0	3.630,0	76.230,0
Escarpado	5	24	32	28,0	4.821,0	134.988,0
Fuertemente escarpado	6	32	44	38,0	6.322,0	240.236,0
Montañoso	7	44	100	72,0	3.940,0	283.680,0
					25.167,0	801.815,5

Fuente: (Tesista, 2016)

$$\text{Pendiente media de la Micro Cuenca} = \frac{\text{Promedio por ocurrencia}}{\text{Número de ocurrencia}} =$$

31.86 % (escarpado)

$$\text{Pendiente media del cauce principal:} = \frac{(\text{Cota inicial del cauce} - \text{Cota final del cauce})}{10 * \text{Longitud cauce principal (Lp)}} =$$

5.14 % (ligeramente ondulado)

i) Parámetros de la Red Hidrográfica

$$\text{Densidad de drenaje (Dd):} \quad D_d = \frac{L_t}{A} \quad 0.49$$

$$\text{Constante de estabilidad del río (C):} \quad C = \frac{A}{L_t} \quad 2.06$$

$$\text{Densidad de corriente (Dc) o Densidad hidrográfica (Dh):} \quad D_h = \delta D_d^2 \quad 0.34$$

δ : coeficiente adimensional = 0.694

j) Tiempo de Concentración

Se determina el tiempo de concentración mediante las fórmulas de:

<p>Kirpich</p> $tc = 0.0195 * \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$	<p>Témez (1978)</p> $Tc = 0.3 \left(\frac{L}{S_0^{0.25}} \right)^{0.75}$
--	--

Dónde,

tc = tiempo de concentración (Kirpich: min; Témez: horas)

L = máxima longitud del recorrido (Kirpich: m; Témez: km)

H = diferencia de elevación entre los puntos extremos del cauce (m)

So = diferencia de cotas entre los puntos extremos del cauce sobre L en %

$$tc = 0.0195 * \left(\frac{11.04 * 1000^3}{3628.93 - 3061.50} \right)^{0.385} \quad tc = 0.3 * \left(\frac{11.04}{5.14^{0.25}} \right)^{0.75}$$

$$tc = 79.32 \text{ min}$$

$$tc = 1.34 \text{ horas}$$

$$tc = 1.32 \text{ horas}$$

$$tc = 80.20 \text{ min}$$

Obtenidos los diferentes valores de Tiempos de concentración, se prosigue a tomar el promedio, teniendo un **Tiempo de concentración de 79.76 min**, tiempo que tarda en llegar la última gota desde el inicio del río Alao hasta la zona de desfogue.

k) Precipitaciones media y máxima de la Micro Cuenca

Debido a que el territorio continental se ve influenciado por el fenómeno meteorológico ENOS (El Niño Oscilación Sur), se han considerado los datos desde el período de 1997-1998, período en el cual el INAH (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología) registró las precipitaciones más intensas debidas a dicho fenómeno.

Estación:	M0396 ALAO											Latitud:	1° 52' 38" S	
Ciudad:	Riobamba											Longitud:	78° 30' 42" W	
Provincia:	Chimborazo											Altura:	3200 m	
DATOS DE : PRECIPITACIÓN TOTAL (mm)														
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	
1997	27,6	121,5	55,8	92,1	69,4	69,7	68,5	37,1	0,0	31,4	118,6	47,7	739,40	
1998	34,2	69,0	79,4	130,1	82,5	116,9	134,7	74,7	39,9	101,2	20,7	12,2	895,50	
1999	43,2	102,1	98,8	176,6	0,0	125,6	82,9	83,3	101,0	49,4	42,0	106,5	1.011,40	
2000	71,2	105,8	78,9	112,7	228,7	108,5	48,7	89,2	91,4	13,1	24,6	93,6	1.066,40	
2002	34,4	57,6	46,0	128,4	81,4	93,0	65,5	9,2	0,0	0,0	105,0	46,2	666,70	
2004	0,0	57,7	100,2	128,5	91,8	66,3	133,7	44,1	38,7	126,8	112,3	59,7	959,80	
2006	35,0	53,6	57,1	109,5	50,6	16,2	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	325,40	
2008	103,5	132,4	84,1	122,9	137,7	138,0	176,3	120,9	132,9	165,5	108,9	27,4	1.450,50	
2010	0,0	25,2	126,5	158,5	215,4	219,8	130,1	89,2	93,2	174,7	177,2	215,9	1.625,70	
2011	105,3	185,3	86,6	252,8	159,1	219,2	283,7	85,0	144,1	77,2	532,7	201,3	2.332,30	
2012	154,2	76,3	96,7	198,6	232,6	94,8	135,4	100,2	95,8	153,5	92,5	71,7	1.502,30	
SUMA	608,6	986,5	910,1	1610,7	1349,2	1268,0	1262,9	732,9	737,0	892,8	1334,5	882,2	12.575,40	
MEDIA	55,3	89,7	82,7	146,4	122,7	115,3	114,8	66,6	67,0	81,2	121,3	80,2	1.143,22	
DATOS DE : PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 Hrs. (mm)														
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	
1997	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
1998	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,4	
1999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
2000	0,0	0,0	0,0	0,0	31,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,2	
2002	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
2004	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
2006	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
2008	0,0	0,0	0,0	21,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,5	
2010	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
2011	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
2012	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,2	0,0	23,2	
MAX	0,0	0,0	0,0	21,5	31,2	0,0	23,4	0,0	0,0	0,0	23,2	0,0	31,2	

Debido a la falta de pluviógrafos en las estaciones próximas al sitio de proyecto, que permitan una determinación directa de las curvas de intensidad – duración – frecuencia, se trabajó sobre la base de registros de máximas precipitaciones diarias.

1) Estimación de la precipitación máxima probable

La precipitación máxima probable es aquella magnitud de lluvia que ocurre sobre una cuenca particular, en la cual generará un gasto de avenida, para el que virtualmente no existe riesgo de ser excedido. Los diversos procedimientos de estimación de la precipitación máxima probable no están normalizados, ya que varían principalmente con la cantidad y calidad de los datos disponibles; además, cambian con el tamaño de la cuenca, su emplazamiento y su topografía, con los tipos de temporales que producen las precipitaciones extremas y con el clima. Los métodos de estimación de fácil y rápida aplicación son los empíricos y el estadístico.

Aunque existe un número importante de distribuciones de probabilidad empleadas en hidrología, son sólo unas cuantas las comúnmente utilizadas, debido a que los datos hidrológicos de diversos tipos han probado en repetidas ocasiones ajustarse satisfactoriamente a un cierto modelo teórico. Las lluvias máximas horarias o diarias por lo común se ajustan bien a la distribución de valores extremos tipo I o Gumbel, a la Log-Pearson tipo III y a la gamma incompleta. En este proyecto se empleó la distribución Gumbel. Se trabajará con la serie anual de máximos correspondiente a la estación M0396.

Tabla 32. Registros pluviométricos Estación Alao – Método Gumbel

No	Año	Mes	Precipitación (mm)	
		Max. Precip.	x_i	$(x_i - \bar{x})^2$
1	1997		0,0	81,49
2	1998	JUL	23,4	206,58
3	1999		0,0	81,49
4	2000	MAY	31,2	491,63
5	2002		0,0	81,49
6	2004		0,0	81,49
7	2006		0,0	81,49
8	2008	ABR	21,5	155,57
9	2010		0,0	81,49
10	2011		0,0	81,49
11	2012	NOV	23,2	200,87
<i>Suma</i>			99,3	1.625,08

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = 9.03 \text{ mm}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 12.75 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * s = 9.94 \text{ mm}$$

$$u = \bar{x} - 0.5772 * \alpha = 3.29 \text{ mm}$$

Para el modelo de probabilidad:

$$F_{(x)} = e^{-e^{-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}}$$

Según el estudio de miles de estaciones - año de datos de lluvia, realizado por L. L. Welss, los resultados de un análisis probabilístico llevado a cabo con lluvias máximas anuales tomadas en un único y fijo intervalo de observación, al ser incrementados en un 13% conducían a magnitudes más aproximadas a las obtenidas en el análisis basado en lluvias máximas verdaderas. Por tanto el valor representativo adoptado para la Micro Cuenca será multiplicado por 1.13 para ajustarlo por intervalo fijo y único de observación.

Tabla 33. *Cálculo de las láminas para distintas frecuencias*

Periodo	Variable	Precip.	Prob. de	Corrección
Retorno	Reducida	(mm)	ocurrencia	intervalo fijo
Años	YT	XT'(mm)	F(xT)	XT (mm)
2	0,3665	6,9332	0,5000	7,8345
5	1,4999	18,1988	0,8000	20,5647
10	2,2504	25,6577	0,9000	28,9932
25	3,1985	35,0820	0,9600	39,6426
50	3,9019	42,0734	0,9800	47,5430
75	4,3108	46,1371	0,9867	52,1350
100	4,6001	49,0133	0,9900	55,3850
500	6,2136	65,0502	0,9980	73,5067

Fuente: (Tesista, 2016)

m) Intensidad de Lluvia

Los datos meteorológicos necesarios para el cálculo de las crecidas, consiste en las intensidades de diseño para diferentes periodos de retorno, considerando duraciones del mismo orden de magnitud que los tiempos de concentración de cada cuenca.

El cálculo se efectúa a partir de las intensidades obtenidas de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia, sobre la base de los datos generados por el Estudio de Lluvias Intensas publicado por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) desde 1 997 a 2 012.

n) Ecuación de Intensidad

Las relaciones o cocientes a la lluvia de 24 horas se emplean para duraciones de varias horas. D. F. Campos A, propone los siguientes cocientes:

Tabla 34. *Valores concluidos para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas*

Duraciones, en horas									
1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
0,30	0,39	0,46	0,52	0,57	0,61	0,68	0,80	0,91	1,00

Fuente: (A., 1978)

Estos datos serán obtenidos como un porcentaje de los resultados de la precipitación máxima probable para 24 horas, para cada período de retorno, diferentes porcentajes de este valor según los tiempos de duración de lluvia adoptados.

Tabla 35. *Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias*

Tiempo de Duración	Cociente	P.M.P. (mm) para diferentes tiempos de duración Sg. Periodo de Retorno							
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	75 años	100 años	500 años
24 hr	X24	7,8345	20,5647	28,9932	39,6426	47,5430	52,1350	55,3850	73,5067
18 hr	X18 = 91%	7,1294	18,7138	26,3838	36,0748	43,2641	47,4428	50,4003	66,8911
12 hr	X12 = 80%	6,2676	16,4517	23,1945	31,7141	38,0344	41,7080	44,3080	58,8054
8 hr	X8 = 68%	5,3274	13,9840	19,7154	26,9570	32,3292	35,4518	37,6618	49,9846
6 hr	X6 = 61%	4,7790	12,5444	17,6858	24,1820	29,0012	31,8023	33,7848	44,8391
5 hr	X5 = 57%	4,4656	11,7219	16,5261	22,5963	27,0995	29,7169	31,5694	41,8988
4 hr	X4 = 52%	4,0739	10,6936	15,0764	20,6142	24,7223	27,1102	28,8002	38,2235
3 hr	X3 = 46%	3,6039	9,4597	13,3369	18,2356	21,8698	23,9821	25,4771	33,8131
2 hr	X2 = 39%	3,0554	8,0202	11,3073	15,4606	18,5418	20,3326	21,6001	28,6676
1 hr	X1 = 30%	2,3503	6,1694	8,6980	11,8928	14,2629	15,6405	16,6155	22,0520

Fuente: (Tesista, 2016)

Basándose en los resultados de la anterior tabla, y los tiempos de duración adoptados, calculamos la intensidad equivalente para cada caso, según:

$$I = \frac{P[mm]}{t_{duración}[hr.]}$$

Tabla 36. Intensidades equivalentes de lluvia para diferentes tiempos de duración

Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno							
Hr	min	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	75 años	100 años	500 años
24 hr	1440	0,3264	0,8569	1,2080	1,6518	1,9810	2,1723	2,3077	3,0628
18 hr	1080	0,3961	1,0397	1,4658	2,0042	2,4036	2,6357	2,8000	3,7162
12 hr	720	0,5223	1,3710	1,9329	2,6428	3,1695	3,4757	3,6923	4,9004
8 hr	480	0,6659	1,7480	2,4644	3,3696	4,0412	4,4315	4,7077	6,2481
6 hr	360	0,7965	2,0907	2,9476	4,0303	4,8335	5,3004	5,6308	7,4732
5 hr	300	0,8931	2,3444	3,3052	4,5193	5,4199	5,9434	6,3139	8,3798
4 hr	240	1,0185	2,6734	3,7691	5,1535	6,1806	6,7775	7,2000	9,5559
3 hr	180	1,2013	3,1532	4,4456	6,0785	7,2899	7,9940	8,4924	11,2710
2 hr	120	1,5277	4,0101	5,6537	7,7303	9,2709	10,1663	10,8001	14,3338
1 hr	60	2,3503	6,1694	8,6980	11,8928	14,2629	15,6405	16,6155	22,0520

Fuente: (Tesista, 2016)

La representación matemática de las curvas Intensidad – Duración – Período de retorno,

Sg. Bernard es:

$$I = \frac{a * T^b}{t^c}$$

En la cual:

I: intensidad (mm/hr)

t: duración de la lluvia (min)

T: período de retorno (años)

a, b, c: parámetros de ajuste

Realizando un cambio de variable:

$$d = a * T^b$$

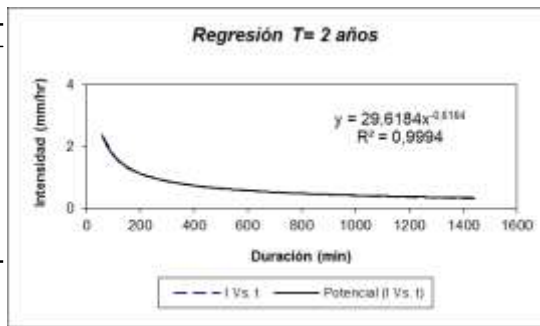
De donde:

$$I = \frac{d}{t^c} \Rightarrow I = d * t^{-c}$$

Periodo de retorno para T = 2 años

Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) ²
1	1440	0,3264	7,2724	-1,1195	-8,1416	52,8878
2	1080	0,3961	6,9847	-0,9261	-6,4689	48,7863
3	720	0,5223	6,5793	-0,6495	-4,2733	43,2865
4	480	0,6659	6,1738	-0,4066	-2,5101	38,1156
5	360	0,7965	5,8861	-0,2275	-1,3392	34,6462
6	300	0,8931	5,7038	-0,1130	-0,6447	32,5331
7	240	1,0185	5,4806	0,0183	0,1004	30,0374
8	180	1,2013	5,1930	0,1834	0,9523	26,9668
9	120	1,5277	4,7875	0,4238	2,0288	22,9201
10	60	2,3503	4,0943	0,8546	3,4989	16,7637
10	4980	9,6982	58,1555	-1,9623	-16,7974	346,9435

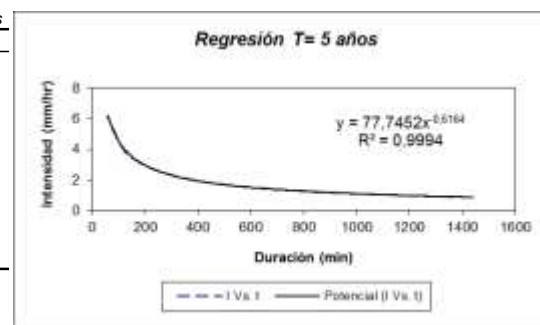
Ln(A) = 3,3884 A = 29,6184 B = -0,6164



Periodo de retorno para T = 5 años

Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) ²
1	1440	0,8569	7,2724	-0,1545	-1,1234	52,8878
2	1080	1,0397	6,9847	0,0389	0,2717	48,7863
3	720	1,3710	6,5793	0,3155	2,0759	43,2865
4	480	1,7480	6,1738	0,5585	3,4479	38,1156
5	360	2,0907	5,8861	0,7375	4,3411	34,6462
6	300	2,3444	5,7038	0,8520	4,8597	32,5331
7	240	2,6734	5,4806	0,9834	5,3894	30,0374
8	180	3,1532	5,1930	1,1484	5,9638	26,9668
9	120	4,0101	4,7875	1,3888	6,6490	22,9201
10	60	6,1694	4,0943	1,8196	7,4501	16,7637
10	4980	25,4568	58,1555	7,6882	39,3250	346,9435

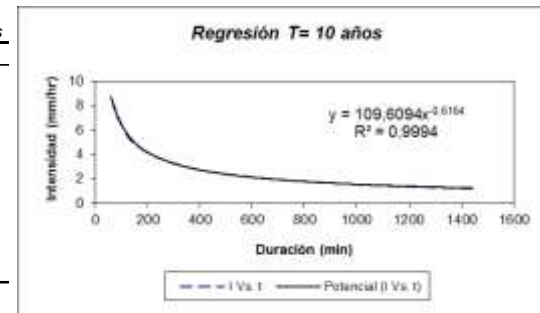
Ln(A) = 4,3534 A = 77,7452 B = -0,6164



Periodo de retorno para T = 10 años

Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) ²
1	1440	1,2080	7,2724	0,1890	1,3745	52,8878
2	1080	1,4658	6,9847	0,3824	2,6708	48,7863
3	720	1,9329	6,5793	0,6590	4,3358	43,2865
4	480	2,4644	6,1738	0,9020	5,5685	38,1156
5	360	2,9476	5,8861	1,0810	6,3629	34,6462
6	300	3,3052	5,7038	1,1955	6,8189	32,5331
7	240	3,7691	5,4806	1,3268	7,2719	30,0374
8	180	4,4456	5,1930	1,4919	7,7475	26,9668
9	120	5,6537	4,7875	1,7323	8,2934	22,9201
10	60	8,6980	4,0943	2,1631	8,8564	16,7637
10	4980	35,8903	58,1555	11,1230	59,3006	346,9435

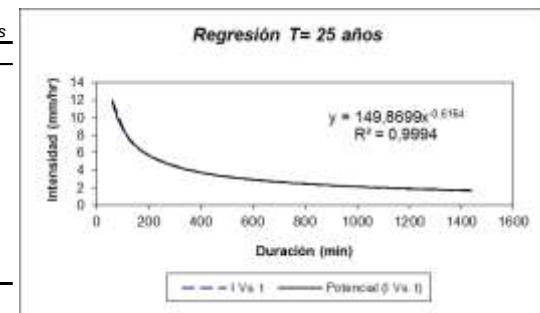
Ln(A) = 4,6969 A = 109,6094 B = -0,6164



Periodo de retorno para T = 25 años

Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) ²
1	1440	1,6518	7,2724	0,5019	3,6497	52,8878
2	1080	2,0042	6,9847	0,6952	4,8559	48,7863
3	720	2,6428	6,5793	0,9719	6,3941	43,2865
4	480	3,3696	6,1738	1,2148	7,4999	38,1156
5	360	4,0303	5,8861	1,3938	8,2043	34,6462
6	300	4,5193	5,7038	1,5083	8,6033	32,5331
7	240	5,1535	5,4806	1,6397	8,9865	30,0374
8	180	6,0785	5,1930	1,8048	9,3721	26,9668
9	120	7,7303	4,7875	2,0451	9,7911	22,9201
10	60	11,8928	4,0943	2,4759	10,1373	16,7637
10	4980	49,0731	58,1555	14,2515	77,4942	346,9435

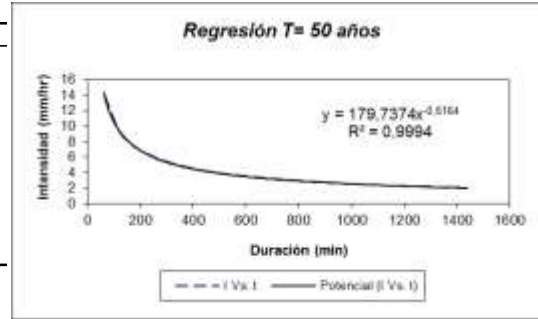
Ln(A) = 5,0098 A = 149,8699 B = -0,6164



Periodo de retorno para T = 50 años

Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) ²
1	1440	1,9810	7,2724	0,6836	4,9713	52,8878
2	1080	2,4036	6,9847	0,8770	6,1253	48,7863
3	720	3,1695	6,5793	1,1536	7,5897	43,2865
4	480	4,0412	6,1738	1,3965	8,6219	38,1156
5	360	4,8335	5,8861	1,5756	9,2740	34,6462
6	300	5,4199	5,7038	1,6901	9,6398	32,5331
7	240	6,1806	5,4806	1,8214	9,9825	30,0374
8	180	7,2899	5,1930	1,9865	10,3158	26,9668
9	120	9,2709	4,7875	2,2269	10,6612	22,9201
10	60	14,2629	4,0943	2,6577	10,8814	16,7637
10	4980	58,8529	58,1555	16,0687	88,0628	346,9435

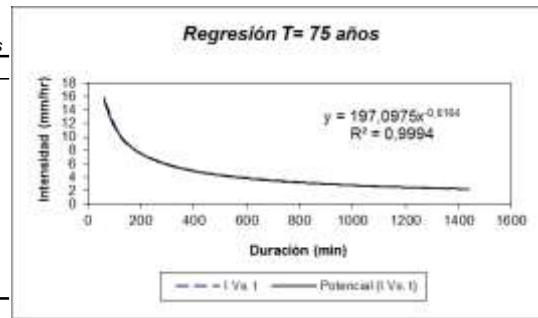
Ln(A) = 5,1915 A = 179,7374 B = -0,6164



Periodo de retorno para T = 75 años

Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) ²
1	1440	2,1723	7,2724	0,7758	5,6418	52,8878
2	1080	2,6357	6,9847	0,9692	6,7693	48,7863
3	720	3,4757	6,5793	1,2458	8,1963	43,2865
4	480	4,4315	6,1738	1,4887	9,1911	38,1156
5	360	5,3004	5,8861	1,6678	9,8167	34,6462
6	300	5,9434	5,7038	1,7823	10,1657	32,5331
7	240	6,7775	5,4806	1,9136	10,4878	30,0374
8	180	7,9940	5,1930	2,0787	10,7946	26,9668
9	120	10,1663	4,7875	2,3191	11,1026	22,9201
10	60	15,6405	4,0943	2,7499	11,2589	16,7637
10	4980	64,5373	58,1555	16,9908	93,4248	346,9435

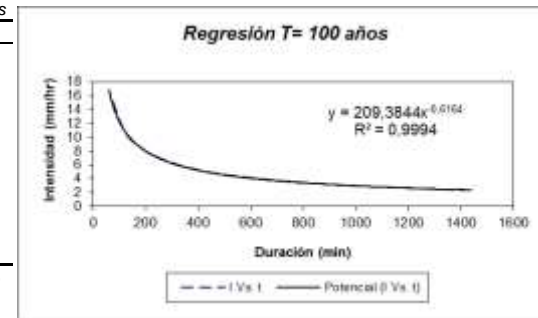
Ln(A) = 5,2837 A = 197,0975 B = -0,6164



Periodo de retorno para T = 100 años

Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) ²
1	1440	2,3077	7,2724	0,8363	6,0816	52,8878
2	1080	2,8000	6,9847	1,0296	7,1916	48,7863
3	720	3,6923	6,5793	1,3063	8,5942	43,2865
4	480	4,7077	6,1738	1,5492	9,5645	38,1156
5	360	5,6308	5,8861	1,7283	10,1727	34,6462
6	300	6,3139	5,7038	1,8428	10,5107	32,5331
7	240	7,2000	5,4806	1,9741	10,8193	30,0374
8	180	8,4924	5,1930	2,1392	11,1086	26,9668
9	120	10,8001	4,7875	2,3796	11,3921	22,9201
10	60	16,6155	4,0943	2,8103	11,5065	16,7637
10	4980	68,5605	58,1555	17,5955	96,9417	346,9435

Ln(A) = 5,3442 A = 209,3844 B = -0,6164



Periodo de retorno para T = 500 años

Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) ²
1	1440	3,0628	7,2724	1,1193	8,1402	52,8878
2	1080	3,7162	6,9847	1,3127	9,1688	48,7863
3	720	4,9004	6,5793	1,5893	10,4566	43,2865
4	480	6,2481	6,1738	1,8323	11,3121	38,1156
5	360	7,4732	5,8861	2,0113	11,8388	34,6462
6	300	8,3798	5,7038	2,1258	12,1252	32,5331
7	240	9,5559	5,4806	2,2572	12,3707	30,0374
8	180	11,2710	5,1930	2,4222	12,5786	26,9668
9	120	14,3338	4,7875	2,6626	12,7473	22,9201
10	60	22,0520	4,0943	3,0934	12,6655	16,7637
10	4980	90,9931	58,1555	20,4262	113,4036	346,9435

Ln(A) = 5,6272 A = 277,8940 B = -0,6164

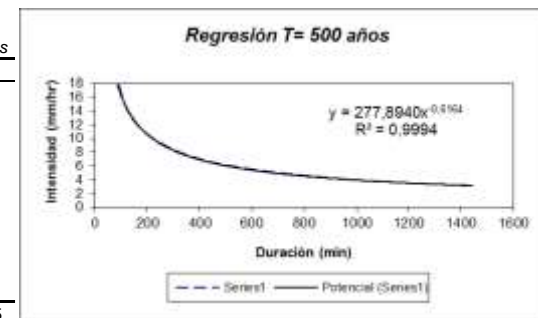


Tabla 37. Resumen de aplicación de regresión potencial

Periodo de Retorno (años)	Término ctte. de regresión (d)	Coef. de regresión [c]
5	77,74524991523	-0,6163860881
10	109,60941918386	-0,6163860881
25	149,86988152506	-0,6163860881
50	179,73739239901	-0,6163860881
100	209,38436626099	-0,6163860881
Promedio =	153,86952802529	-0,6163860881

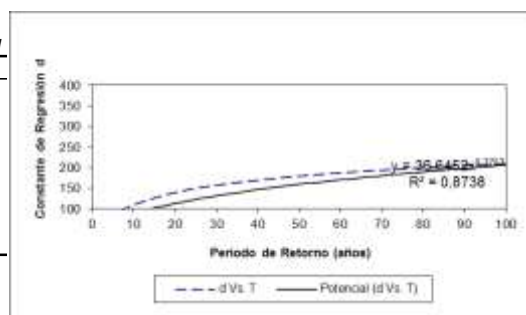
Fuente: (Tesista, 2016)

En función del cambio de variable realizado, se ejecuta otra regresión de potencia entre las columnas del período de retorno (T) y el término constante de regresión (d), para obtener valores de la ecuación:

$$d = a * T^b$$

Regresión potencial						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x * ln y	(lnx) ²
1	2	29,6184	0,6931	3,3884	2,3487	0,4805
2	5	77,7452	1,6094	4,3534	7,0066	2,5903
3	10	109,6094	2,3026	4,6969	10,8151	5,3019
4	25	149,8699	3,2189	5,0098	16,1258	10,3612
5	50	179,7374	3,9120	5,1915	20,3093	15,3039
6	75	197,0975	4,3175	5,2837	22,8123	18,6407
7	100	209,3844	4,6052	5,3442	24,6108	21,2076
8	500	277,8940	6,2146	5,6272	34,9711	38,6214
8	767	1230,9562	26,8733	38,8951	138,9996	112,5074

$$\ln(A) = 3,6013 \quad A = 36,6452 \quad B = 0,3753$$



Término constante de regresión (a) = 36.6452

Coeficiente de regresión (b) = 0.375275

Finalmente se tiene la ecuación de intensidad válida para la Micro Cuenca:

$$I = \frac{36,6452 * T^{0,375275}}{t^{0,61639}}$$

Dónde:

I: intensidad de precipitación (mm/hr)

T: período de retorno (años)

t: tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla 38. Intensidad –Tiempo de duración – Período de retorno

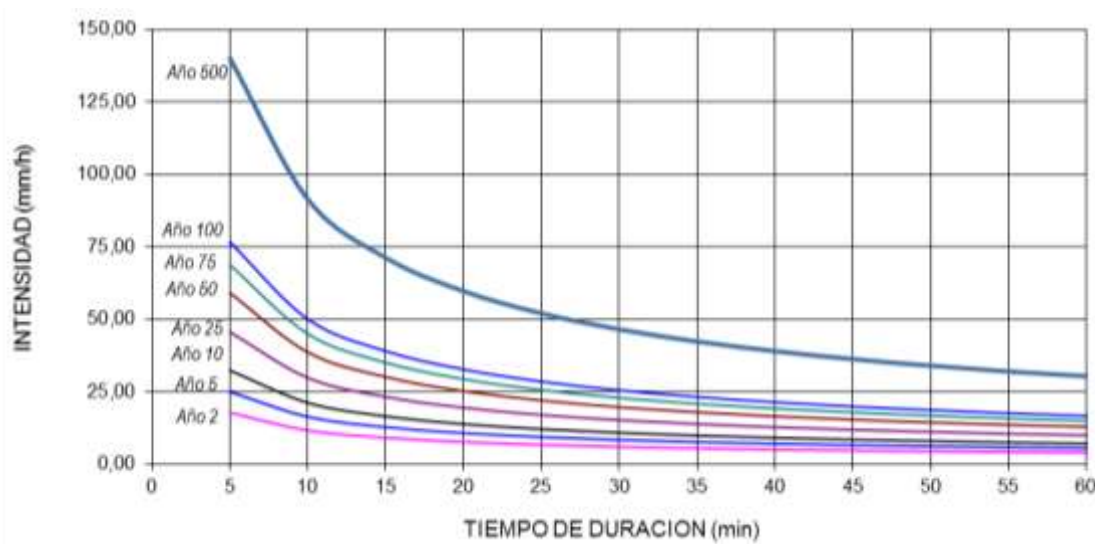
Frecuencia años	Duración en minutos					
	5	10	15	20	25	30
5	24,86	16,22	12,63	10,58	9,22	8,24
10	32,24	21,03	16,38	13,72	11,96	10,69
25	45,48	29,66	23,10	19,35	16,86	15,07
50	58,99	38,48	29,97	25,10	21,87	19,55
100	76,51	49,91	38,87	32,56	28,37	25,36

Tabla de intensidad - Tiempo de duración - Periodo de retorno (continuación...)

Frecuencia años	Duración en minutos					
	35	40	45	50	60	79,76
5	7,49	6,90	6,42	6,01	5,37	4,51
10	9,72	8,95	8,32	7,80	6,97	5,85
25	13,71	12,62	11,74	11,00	9,83	8,25
50	17,78	16,37	15,23	14,27	12,75	10,70
100	23,06	21,24	19,75	18,51	16,54	13,88
500	42,18	38,85	36,13	33,86	30,26	25,39

Fuente: (Tesista, 2016)

Ilustración 39. Curva Intensidad vs Tiempo de duración



Fuente: (Tesista, 2016)

o) **Cálculo Caudal Máximo (Q.máx) período de retorno 50 años**

Método Racional

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Donde:

Q= caudal maximo en m3/s

C= coeficiente de escoirrentia tomado de la tabla

I=intencidad de lluvia en mm/h

A= area de la cuenca en Ha

Tabla 39. *Tipos de Uso de Suelo*

Tipos de uso del suelo	
TIPO	USOS DEL SUELO
1	Forestal protector
2	Uso mixto
3	Uso mixto - rural (Residencial 38% impermeable)
4	Áreas y corredores de actividad múltiple de cobertura zonal
5	Corredor barrial
6	Equipamientos generales o de ciudad (Residencial 38% impermeable)
7	Residencial tipo (65% impermeable)
8	Verdes

Tabla 40. *Coeficientes de escorrentía para diferentes períodos de retorno*

Coeficientes de escorrentía para diferentes periodos de retorno						
USO DEL SUELO	Tr=2.33	Tr=5	Tr=10	Tr=25	Tr=50	Tr=100
1	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52
2	0.4	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55
3	0.37	0.4	0.42	0.46	0.49	0.53
4	0.75	0.8	0.83	0.88	0.92	0.97
5	0.73	0.77	0.81	0.86	0.9	0.95
6	0.37	0.4	0.42	0.46	0.49	0.53
7	0.4	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55
8	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52

Tabla 41. *Cálculo caudal máximo – Método Racional*

AÑOS	C	I (mm/hr)	A (Has)	Q.máx (m3/seg)
5	0,4	4,51	12867	64,48
10	0,42	5,85	12867	87,82
25	0,46	8,25	12867	135,64
50	0,49	10,7	12867	187,39
100	0,53	13,88	12867	262,93

Fuente: (Tesis, 2016)

El caudal máximo calculado para un período de retorno de 50 años es de 187.39 m³/seg, similar al caudal máximo registrado por el INAMHI en junio de 1 998, de 159.33 m³/seg bajo condiciones del ENOS.

Tabla 42. Caudales Junio 1997 -

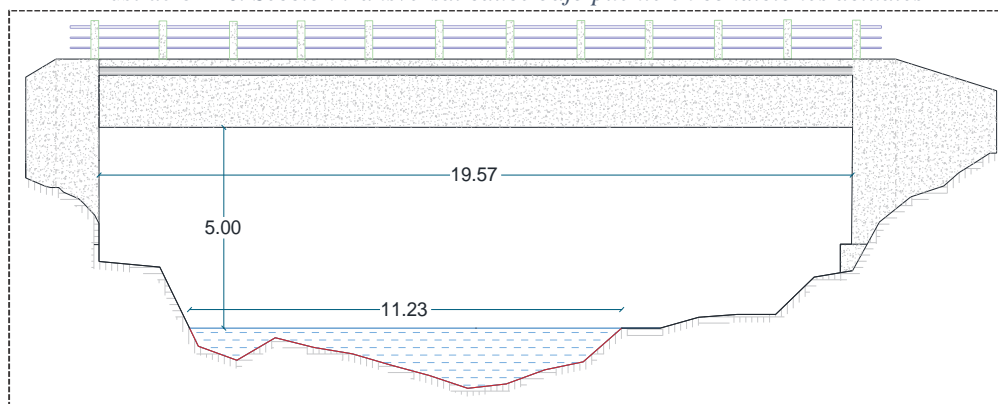
CAUDAL (m3/seg)			
	máx	mín	medio
AÑO	JUN		
1997	13,66	2,70	4,71
1998	159,33	3,82	17,85
1999	22,84	5,08	10,55
2000	81,89	5,60	13,45
2002	63,49	3,92	10,98
2004	43,81	3,51	9,32
2006	34,79	2,16	4,69
2008	17,36	2,54	6,25
2010	87,33	3,80	14,86
	159,33		

Fuente: (Tesista, 2016)

p) Cálculos Hidráulicos Condición actual del cauce bajo el Puente

Para determinar el comportamiento del cauce del río durante el período de inspección, se han documentado datos necesarios y obligatorios dentro de los cuales constan: perfil transversal del cauce bajo el puente y la velocidad de la corriente para posteriormente de acuerdo a lo formulado por Manning determinar el caudal del río y verificar su velocidad.

Ilustración 40. Sección transversal cauce bajo puente en condiciones actuales



Fuente: (Tesista, 2016)

- **Área mojada**

Se entiende como la superficie que ocupa el agua en una sección perpendicular al flujo. Esta sección está definida, en la parte superior por la línea o espejo de agua, y en la parte inferior por el canal mismo. Dentro del análisis el área mojada estará determinada por la sección punteada de la ilustración anterior, resultante del levantamiento del perfil transversal registrado en el formulario 4 de inventario básico del Puente con ayuda de las herramientas básicas de AutoCAD.

$$Am = 9.31 \text{ m}^2$$

- **Perímetro mojado**

Es el contorno del canal que está en contacto con el agua. En la ilustración se lo define mediante un trazo de color rojo.

$$Pm = 12.26 \text{ m}$$

- **Radio Hidráulico**

Se lo representa con la letra “R” y está expresado en metros, resultado de la relación entre:

$$R = \frac{Am}{Pm} = \frac{9.31}{12.26}$$

$$R = 0.759 \text{ m}$$

- **Velocidad cauce**

Durante el inventario se registraron datos para la obtención de este parámetro. Si bien sabemos que la velocidad es una cualidad que relaciona la distancia recorrida en un tiempo determinado, en campo se estableció una distancia de 20 m donde se dejó correr un material libre por la superficie del cauce trasladándose sobre esta dimensión en un tiempo de aproximadamente 16 segundos, entonces:

$$V = \frac{20 \text{ m}}{16 \text{ seg}} = 1.25 \text{ m/s}$$

Sin embargo, Manning propone mediante una fórmula que abarca parámetros más específicos del recorrido del cauce, con la cual se verificará el resultado obtenido anteriormente.

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

Dónde:

R: radio hidráulico (m)

S: Pendiente del cauce (m/m). [Sección 3.5.9 lit. h)]

n: coeficiente de rugosidad de Manning [Tabla 25]

V: velocidad del flujo (m/seg)

Tabla 43. Coeficientes de rugosidad de Manning para canales de corriente natural

Canales de corriente natural	
Limpios y rectos	0.025 – 0.030
Sinuosos, con embalses y bajos	0.033 – 0.040
Con muchas hierbas altas, sinuosos	0.075 – 0.150

Fuente: (Sánchez, s.f.)

$$V = \frac{(0.759)^{2/3} (0.0514)^{1/2}}{0.150}$$

$$V = 1.258 \text{ m/s}$$

Los valores obtenidos en campo y mediante la fórmula de Manning son similares, pero se optará por el resultado del segundo método para posteriores cálculos.

$$V = 1.258 \text{ m/s}$$

- **Caudal del cauce**

El caudal viene expresado por la fórmula general:

$$Q = A * V$$

Dónde:

Q: caudal del cauce (m³/seg)

A: área mojada (m²)

V: velocidad del flujo obtenida en campo (m/s)

$$Q = 9.31 * 1.25$$

$$Q = 11.638 \text{ m}^3/\text{seg}$$

De igual forma que en la velocidad, utilizamos la fórmula de Manning para determinar un caudal en relación a parámetros de radio hidráulico, pendiente del cauce y coeficiente de rugosidad.

$$Q = \frac{AmR^{2/3}S^{1/2}}{n}$$

$$Q = \frac{(9.31)(0.759)^{2/3}(0.0514)^{1/2}}{0.150}$$

$$Q = 11.712 \text{ m}^3/\text{seg}$$

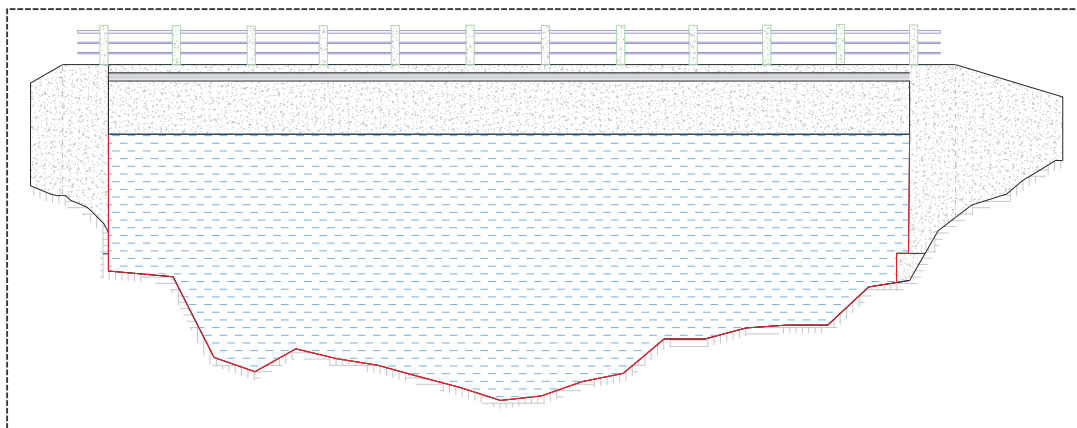
Verificados los resultados de los caudales, el dato a utilizarse será:

$$Q = 11.712 \text{ m}^3/\text{seg}$$

q) Capacidad hidráulica máxima bajo el Puente

Dentro de este punto, se obtendrá la capacidad máxima que tiene el puente para permitir fluir por debajo de él un caudal crítico, del cual su área mojada será toda la sección comprendida entre la base de la viga, el fondo de cauce y las pantallas de los estribos. Los datos utilizados para área mojada y perímetro mojado serán los arrojados por las herramientas del programa de AutoCAD.

Ilustración 41. Sección transversal cauce bajo puente en condiciones críticas



Fuente: (Tesista, 2016)

- **Área mojada**

$$Am = 100.90 \text{ m}^2$$

- **Perímetro mojado**

$$Pm = 28.90 \text{ m}$$

- **Radio Hidráulico**

$$R = \frac{Am}{Pm} = \frac{100.90}{28.90}$$

$$R = 3.491 \text{ m}$$

- **Velocidad cauce**

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

$$V = \frac{(3.491)^{2/3} (0.0514)^{1/2}}{0.150}$$

$$V = 3.478 \text{ m/s}$$

▪ **Caudal del cauce**

$$Q = \frac{AmR^{2/3}S^{1/2}}{n}$$

$$Q = \frac{(100.90)(3.491)^{2/3} (0.0514)^{1/2}}{0.150}$$

$$Q = 350.976 \text{ m}^3/\text{seg}$$

La capacidad hidráulica bajo el puente en condiciones críticas permite el paso de una caudal de 350.976 m³/seg.

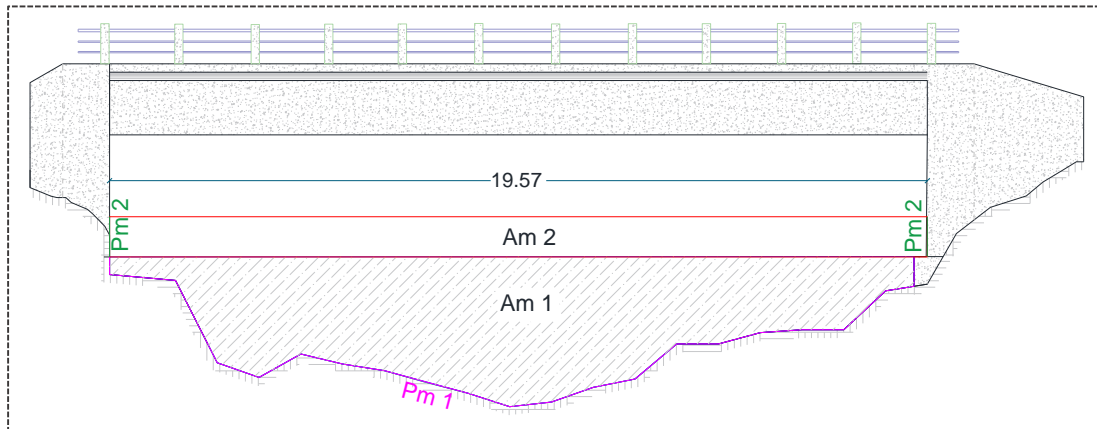
De acuerdo al resultado obtenido para el caudal máximo esperado en un período de retorno de 50 años, de 189.394 m³/seg, la capacidad hidráulica bajo el puente es suficiente para permitir el paso del flujo, sin embargo, se determinarán valores como área y perímetro mojados bajo estas circunstancias para evaluar que la altura libre sobre el flujo y bajo la estructura sea necesaria para no afectar a la misma.

r) Capacidad hidráulica bajo el Puente para un Q.máx (m³/seg) en un período de retorno de 50 años.

Una vez comprobado que la capacidad hidráulica del puente es suficiente para evacuar el caudal máximo esperado en un período de retorno de 50 años, es necesario evaluar las características y parámetros necesarios para establecer si la altura de seguridad comprendida entre la base la superestructura y el espejo de aguas es la adecuada para evitar daños en los elementos por el acarreo de palizadas debido a la creciente.

En la sección transversal ilustrada, para facilitar el cálculo del parámetro deseado, se la dividirá en áreas, y por medio de un cálculo de iteración y un ajuste gráfico en el software de dibujo se determinará el área mojada necesaria para el caudal de período de retorno ($187.39 \text{ m}^3/\text{seg}$), la altura de crecida del flujo y la altura de seguridad para el paso de palizada.

Ilustración 42. División sección transversal por áreas



Fuente: (Tesista, 2016)

$$Am1 = 43.87 \text{ m}^2$$

$$Pm = 22.78 \text{ m}$$

$$R = \frac{43.87}{22.78} = 1.926 \text{ m}$$

$$Q_{Am1} = \frac{(43.78)(1.926)^{2/3}(0.0514)^{1/2}}{0.150}$$

$$Q_{Am1} = 102.64 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q(\text{m}^3/\text{seg}) \text{ por ajustar: } 187.39 - 102.64 = 84.76$$

Para determinar la diferencia del caudal, se trabaja dentro del área mojada 2 (Am2), considerando un rectángulo de base conocida y altura variable para el proceso de iteración hasta emparejar, conjuntamente con Am1, el área mojada necesaria para el caudal de período de retorno.

$$\text{base} = 19.57 \text{ m} \quad \text{altura} = 1.00 \text{ m}$$

$$Am2 = 19.57 * 1.00 = 19.57 \text{ m}^2$$

$$Pm2 = 2 * altura = 2 * 1.00 = 2.00 \text{ m}$$

Obtenido esto, se procede a sumar áreas mojadas al igual que perímetros para determinar el caudal por la fórmula de Manning, esperando obtener un valor cercano al del caudal de período de retorno, caso contrario se procederá a realizar otra reiteración.

$$Am_{necesaria} = Am1 + Am2 = 43.87 + 19.57 = 63.44 \text{ m}^2$$

$$Pm_{necesaria} = Pm1 + Pm2 = 22.78 + 2.00 = 24.78 \text{ m}$$

$$R_{necesaria} = \frac{63.44}{24.78} = 2.56 \text{ m}$$

$$Q_{iteración1} = \frac{(63.44)(2.56)^{2/3}(0.0514)^{1/2}}{0.150} = 179.44 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Dado que, $Q_{iteración1} \neq Q. \text{máx}$ se procede a iterar nuevamente con una altura de 1.10m para Am2.

$$Am2 = 19.57 * 1.10 = 21.53 \text{ m}^2$$

$$Pm2 = 2 * 1.10 = 2.20 \text{ m}$$

$$Am_{necesaria} = 43.87 + 21.53 = 65.40 \text{ m}^2$$

$$Pm_{necesaria} = 22.78 + 2.20 = 24.98 \text{ m}$$

$$R_{necesaria} = \frac{65.40}{24.98} = 2.62 \text{ m}$$

$$Q_{iteración2} = \frac{(65.40)(2.62)^{2/3}(0.0514)^{1/2}}{0.150} = 187.76 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$Q_{iteración2} \approx Q. \text{máx}$, pero se realizará una iteración más para ajustar al valor deseado con una altura de 1.0956 m para Am2.

$$Am_2 = 19.57 * 1.0956 = 21.44 \text{ m}^2$$

$$Pm_2 = 2 * 1.0956 = 2.19 \text{ m}$$

$$Am_{necesaria} = 43.87 + 21.44 = 65.31 \text{ m}^2$$

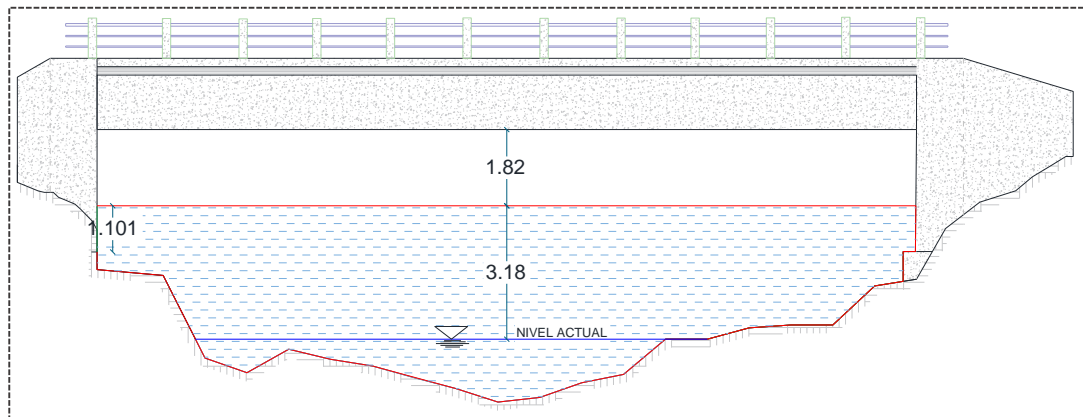
$$Pm_{necesaria} = 22.78 + 2.19 = 24.97 \text{ m}$$

$$R_{necesaria} = \frac{65.31}{24.97} = 2.62 \text{ m}$$

$$Q_{iteración3} = \frac{(65.34)(2.62)^{2/3}(0.0514)^{1/2}}{0.150} = 187.39 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Entonces, $Q_{iteración3} = Q_{\text{máx}}$, y mediante el software de dibujo AutoCAD se reajustan dimensiones debido a la irregularidad en la pantalla del estribo derecho, dejando una altura de 1.101 m para el Am_2 .

Ilustración 43. Sección transversal cauce bajo puente para $Q_{\text{máx}}$ a 50 años de período de retorno



Fuente: (Tesista, 2016)

El nivel de crecida con respecto al nivel actual es de 3.18 m. La altura de seguridad para el paso de palizadas en avenidas máximas de 1.82 m siendo 1.50 m el valor normado, estableciéndolo en un rango de seguridad aceptable.

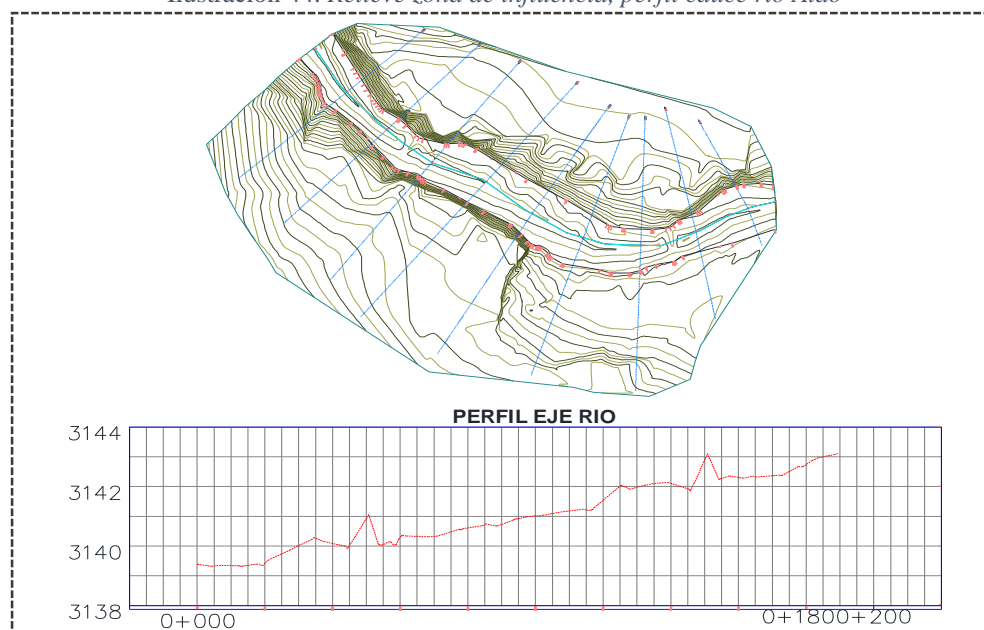
s) **Identificación áreas de desborde del cauce**

Para determinar las zonas de desborde aguas arriba y aguas abajo del puente se usará el programa HEC-RAS, en base a la topografía, perfiles, datos del caudal actual y máximo para avenidas esperadas en un período de retorno de 50 años.

▪ **Relieve natural de zona de influencia**

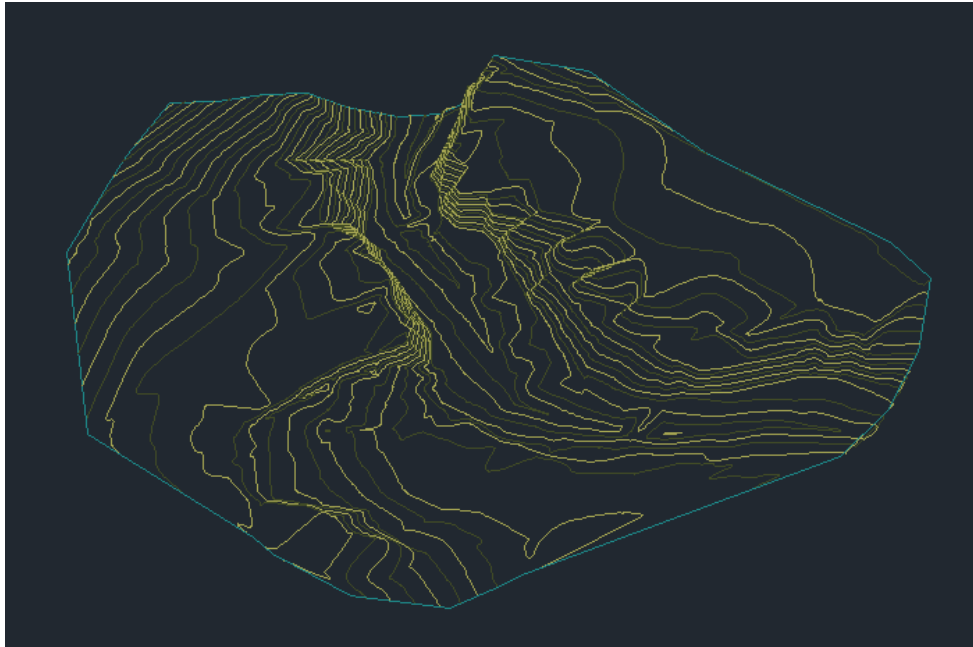
Mediante un levantamiento topográfico, se obtuvieron los datos necesarios para crear la superficie del terreno natural. Una vez delimitados los márgenes del río de acuerdo a su sentido de flujo, y determinado además el alineamiento central del cauce del río, se procede a trazar alineamientos para las secciones transversales a cada 20 metros desde el inicio del alineamiento del eje del río. Con esta información, realizada y procesada en el programa Civil 3D, extensión de Autodesk, se procede a ingresar los datos necesarios, en cuanto compete a topografía, caudales, pendientes y coeficientes de Manning, con respecto al cauce y márgenes, en el software HEC-RAS para modelar los niveles del río Alao en condiciones actuales y máximas para el período de retorno.

Ilustración 44. *Relieve zona de influencia, perfil cauce río Alao*



Fuente: (Tesista, 2016)

Ilustración 45. *Modelo tri-dimensional superficie terreno natural*

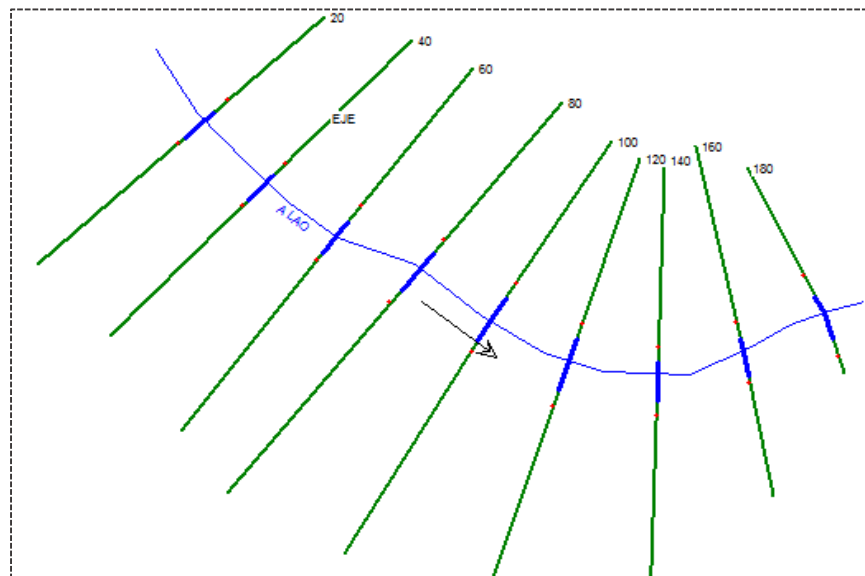


Fuente: (Tesista, 2016)

- **Condición actual**

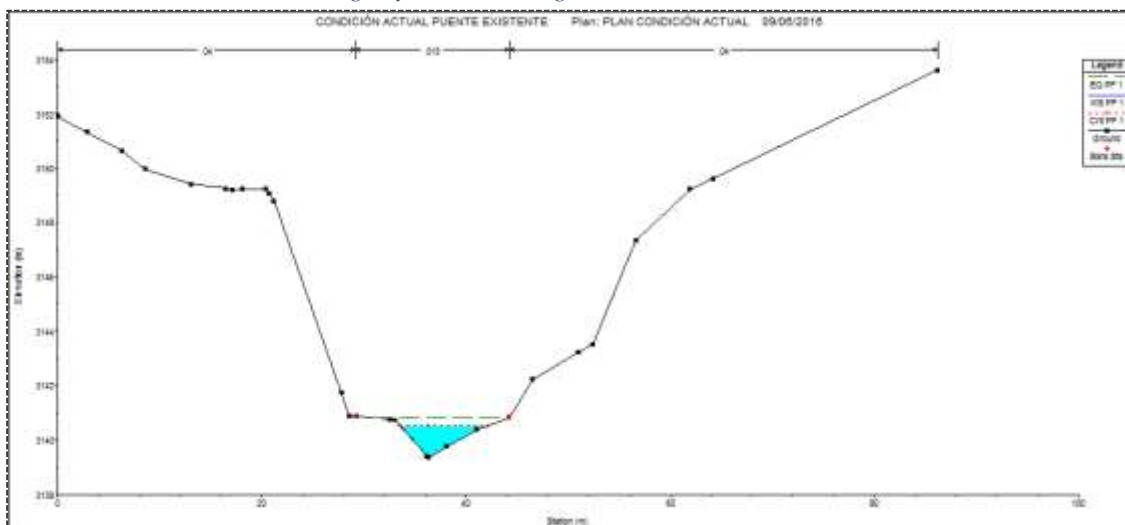
Los resultados de la modelación del río se presentan a continuación:

Ilustración 46. *Condición actual de bordes, río Alao*



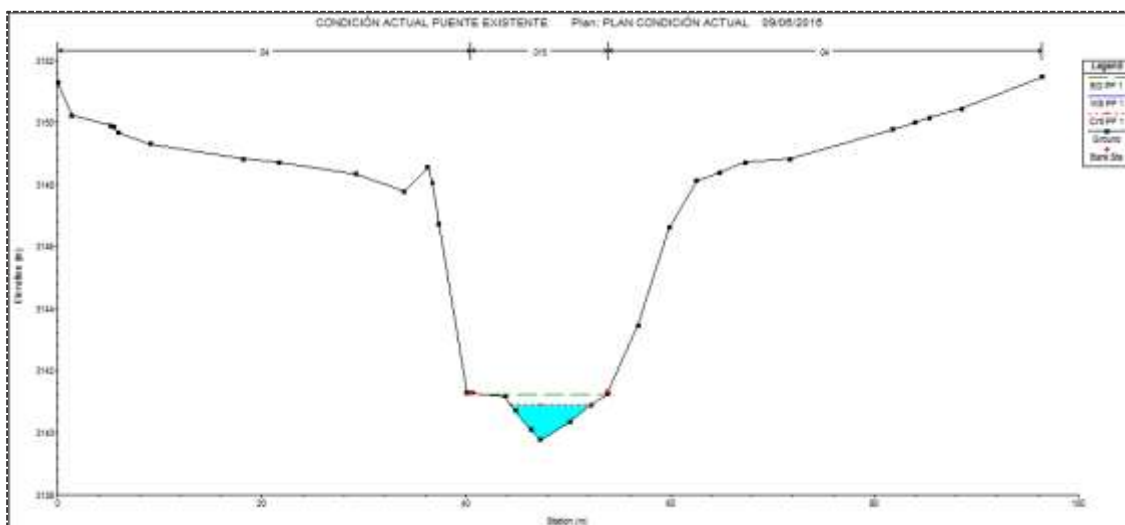
Fuente: (Tesista, 2016)

Ilustración 48. Lámina de agua y línea de energía del cauce, condición actual abscisa 0+020 m.



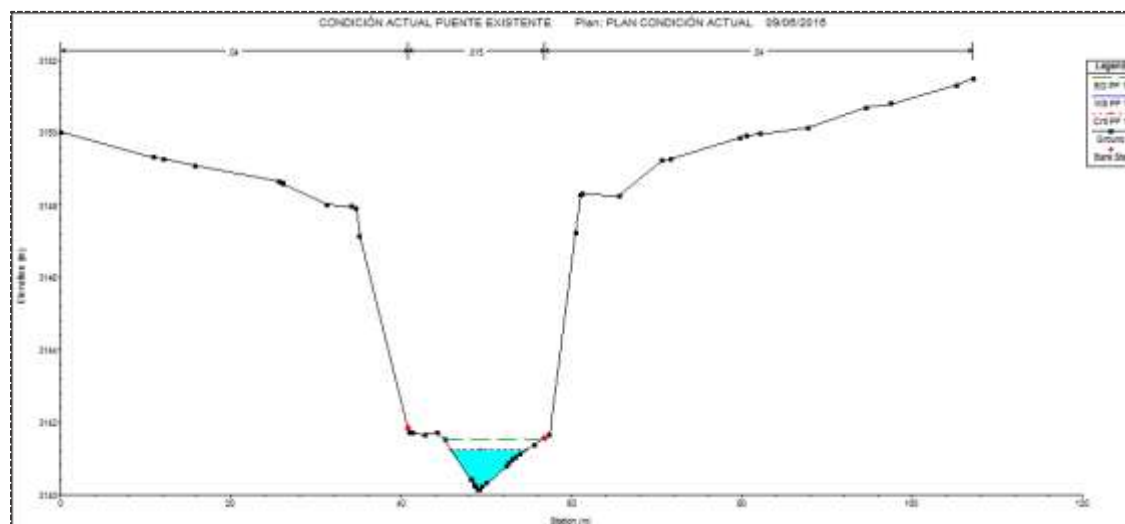
Fuente: (Tesis, 2016)

Ilustración 47. Lámina de agua y línea de energía del cauce, condición actual abscisa 0+040 m.



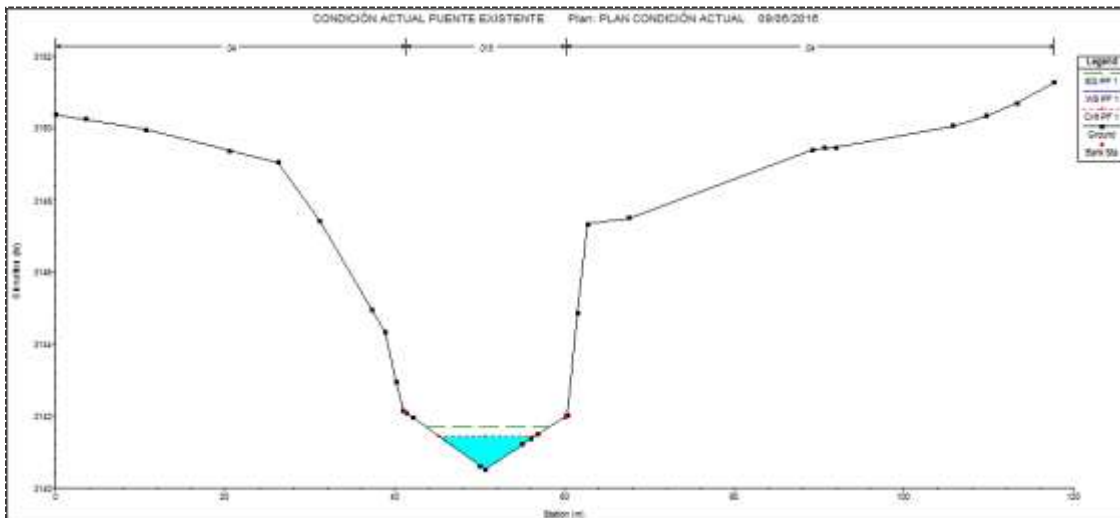
Fuente: (Tesis, 2016)

Ilustración 49. Lámina de agua y línea de energía del cauce, condición actual abscisa 0+060 m.



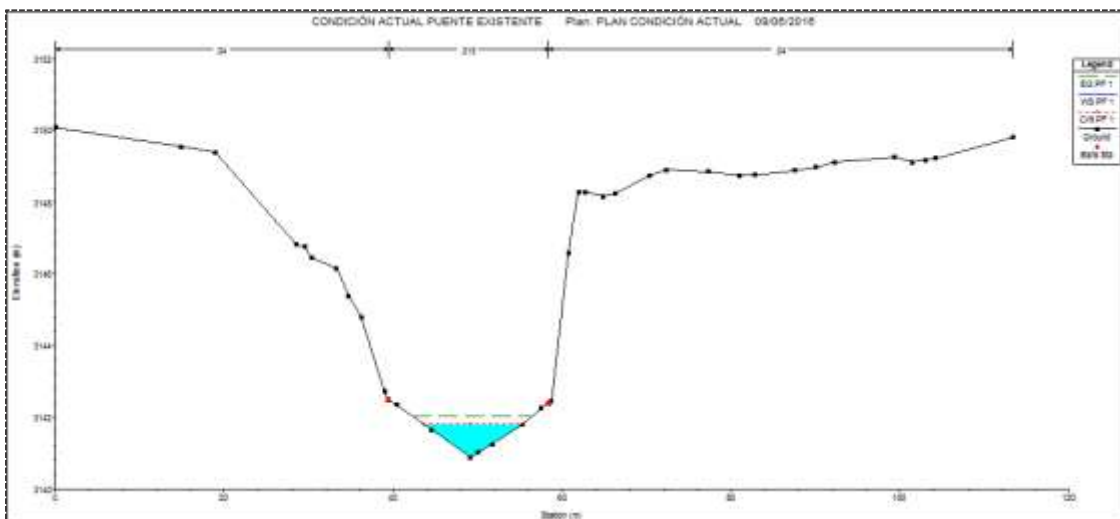
Fuente: (Tesis, 2016)

Ilustración 52. Lámina de agua y línea de energía del cauce, condición actual abscisa 0+080 m.



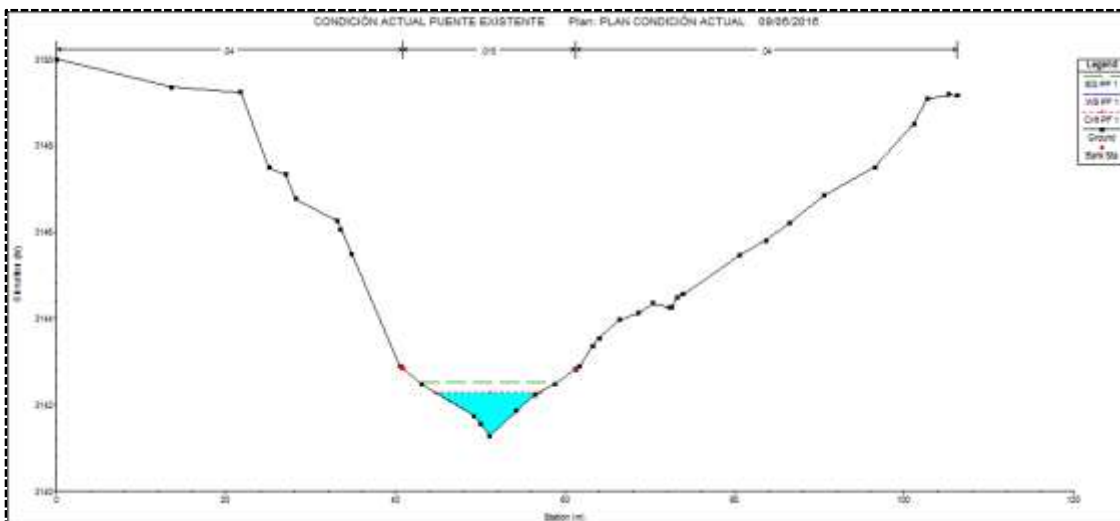
Fuente: (Tesista, 2016)

Ilustración 51. Lámina de agua y línea de energía del cauce, condición actual abscisa 0+100 m.



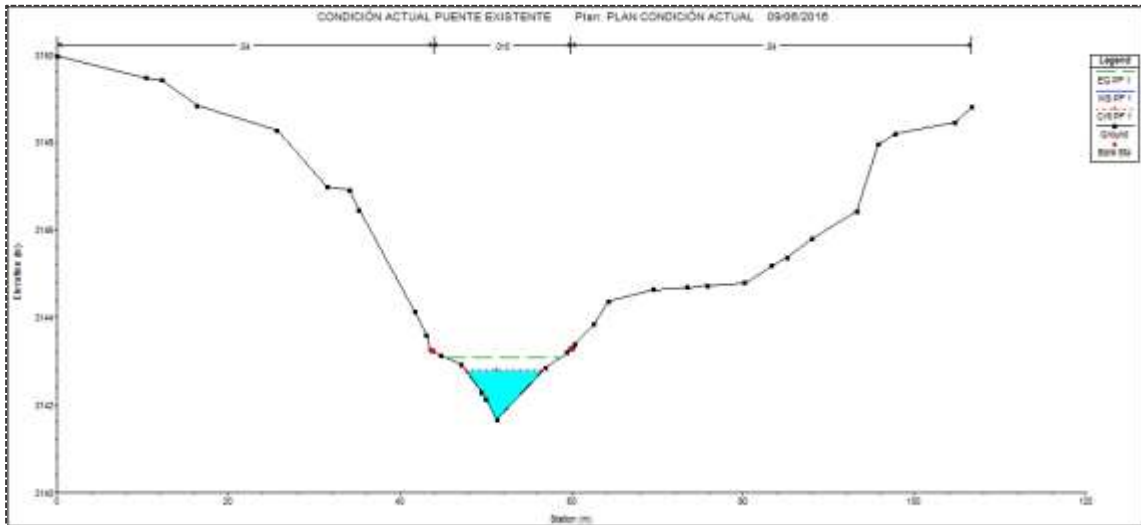
Fuente: (Tesista, 2016)

Ilustración 50. Lámina de agua y línea de energía del cauce, condición actual abscisa 0+120 m.



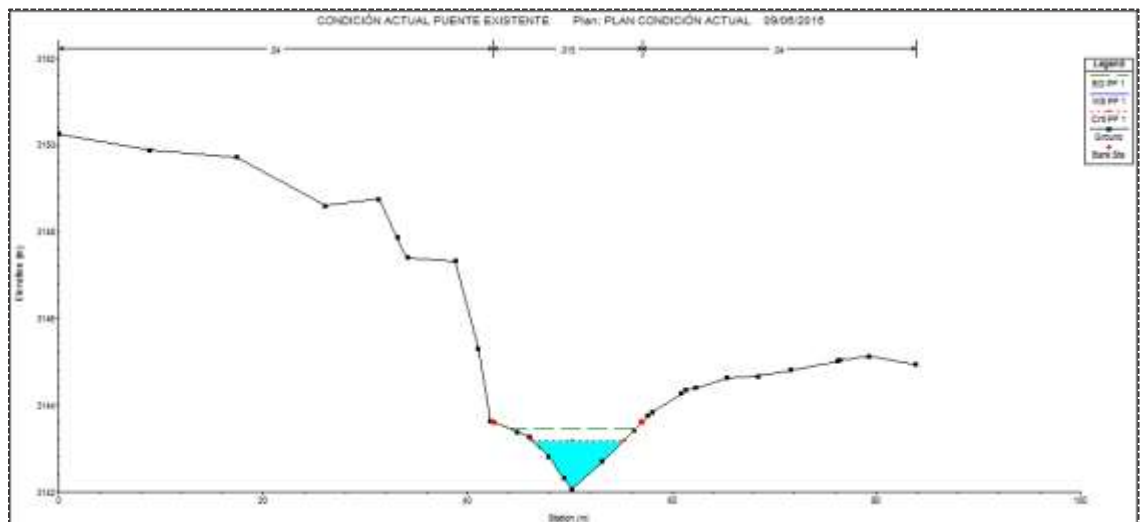
Fuente: (Tesista, 2016)

Ilustración 55. Lámina de agua y línea de energía del cauce, condición actual abscisa 0+140 m.



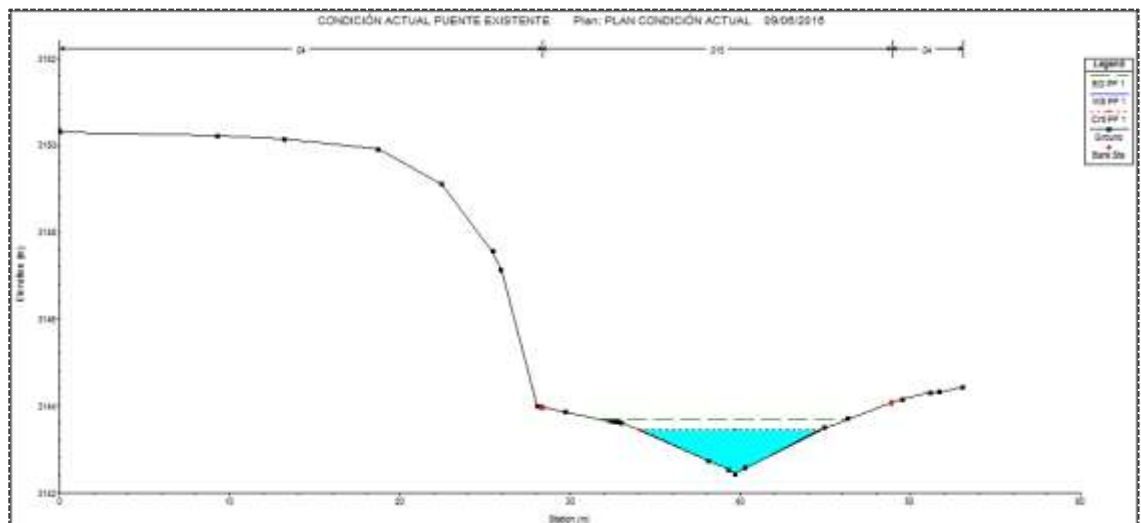
Fuente: (Tesista, 2016)

Ilustración 54. Lámina de agua y línea de energía del cauce, condición actual abscisa 0+160 m.



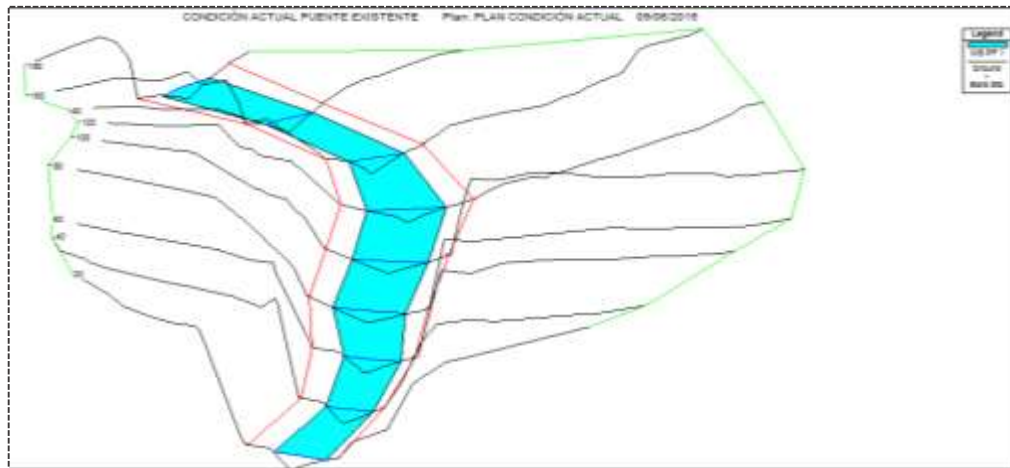
Fuente: (Tesista, 2016)

Ilustración 53. Lámina de agua y línea de energía del cauce, condición actual abscisa 0+180 m.



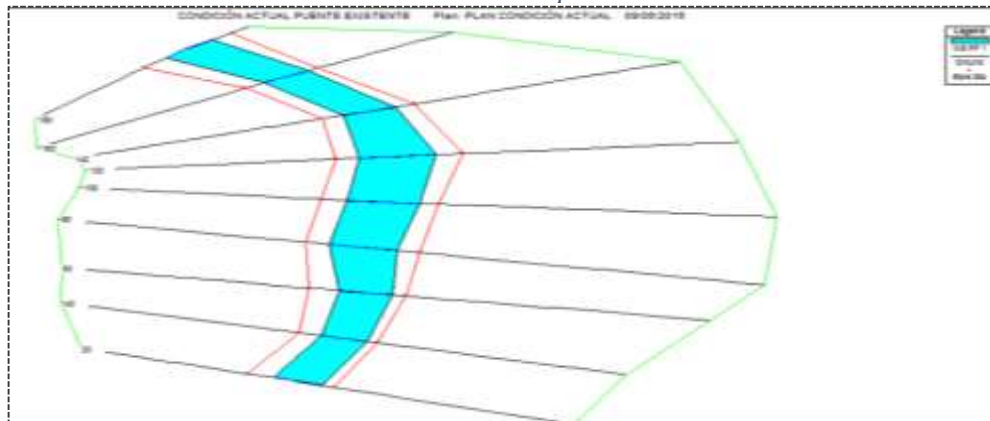
Fuente: (Tesista, 2016)

Ilustración 58. Vista cauce desde aguas abajo



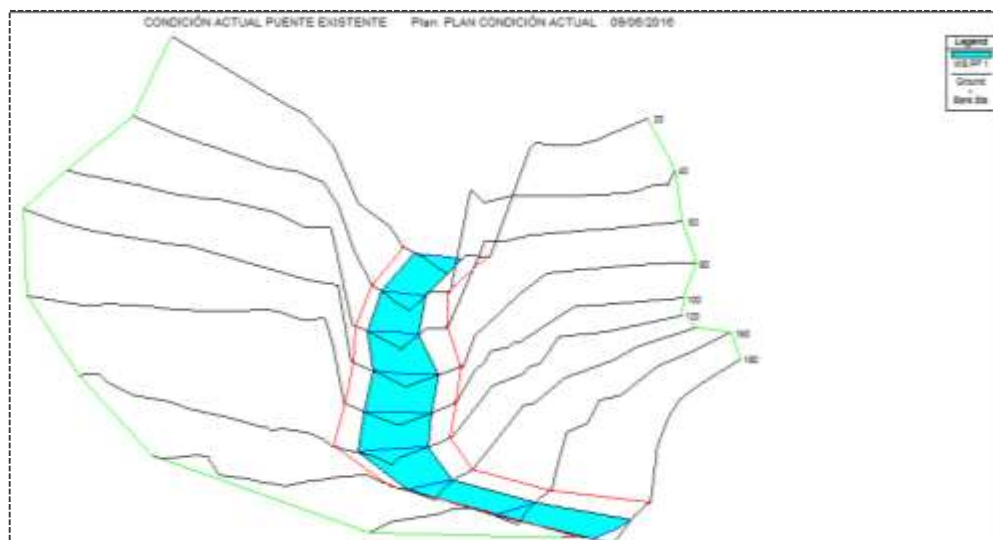
Fuente: (Tesisista, 2016)

Ilustración 57. Vista superior cauce



Fuente: (Tesisista, 2016)

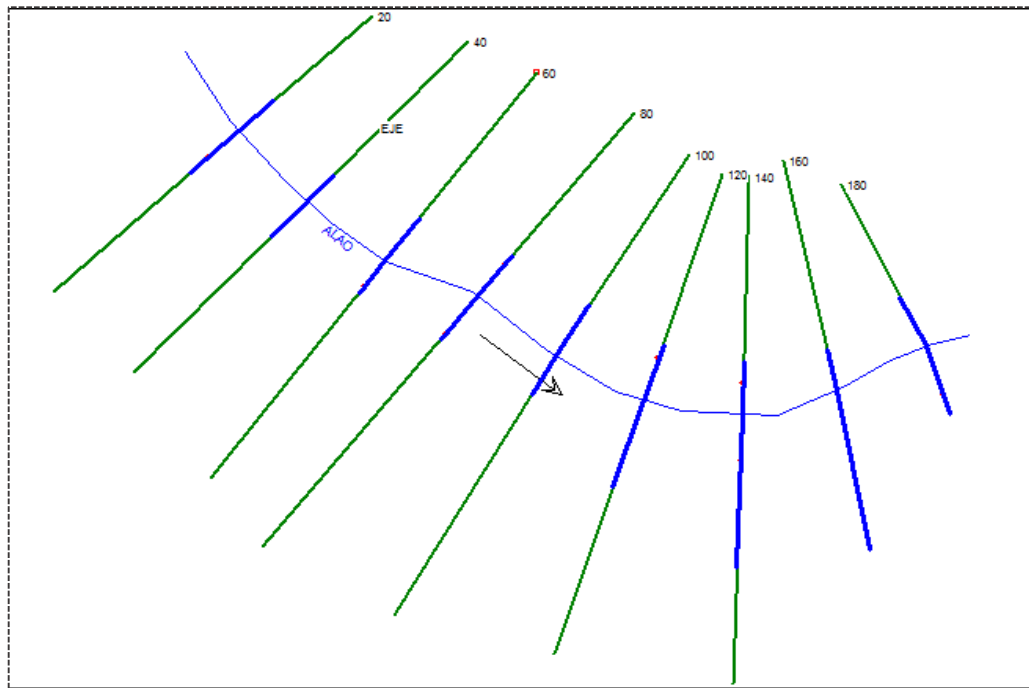
Ilustración 56. Vista desde aguas arriba



Fuente: (Tesisista, 2016)

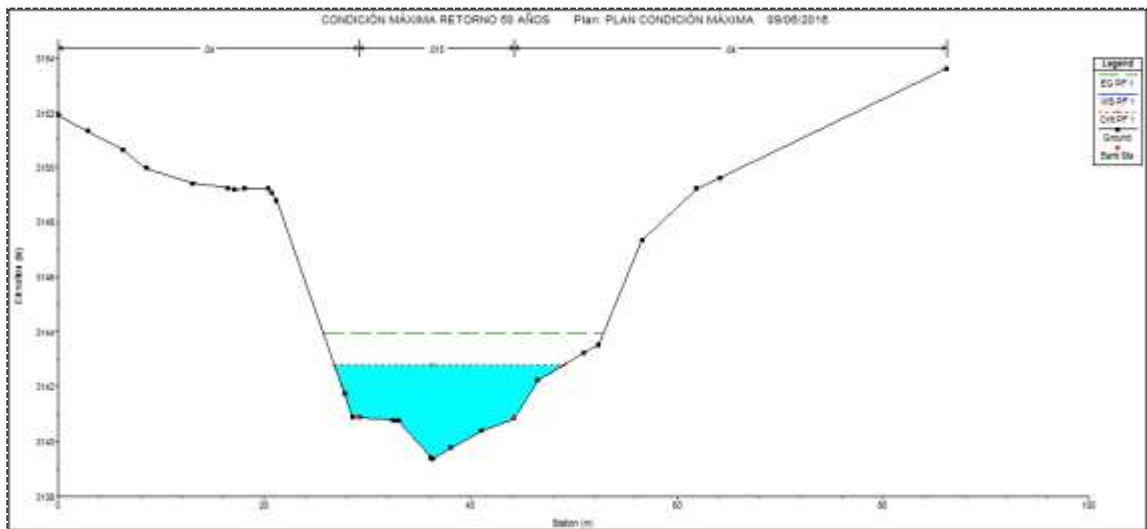
▪ **Condición máxima, período de retorno 50 años**

Ilustración 60. Condiciones de borde del cauce para período de avenida máxima.



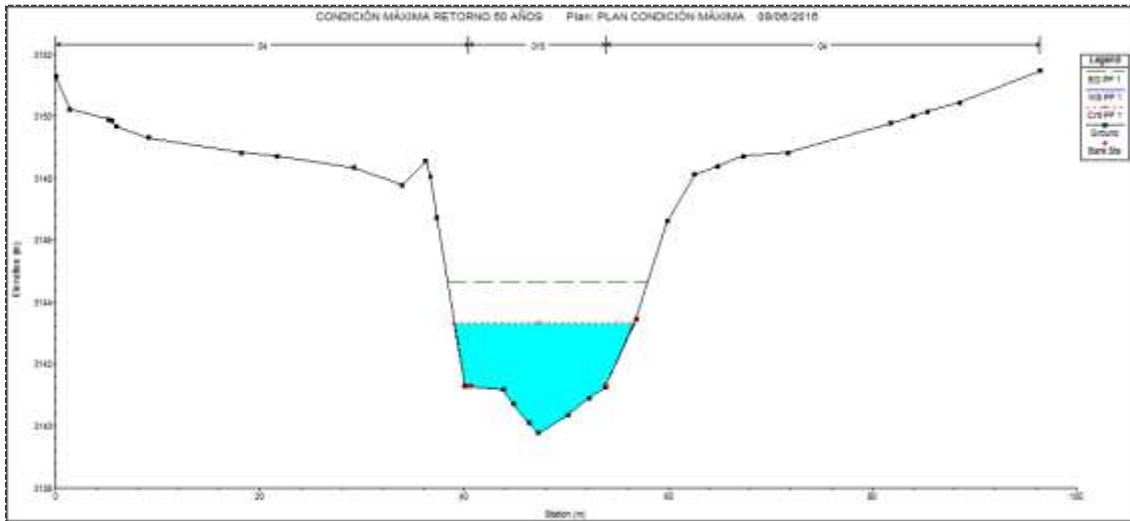
Fuente: (Tesista, 2016)

Ilustración 59. Lámina de agua y línea de energía del cauce, condición avenida máxima abscisa 0+020 m.



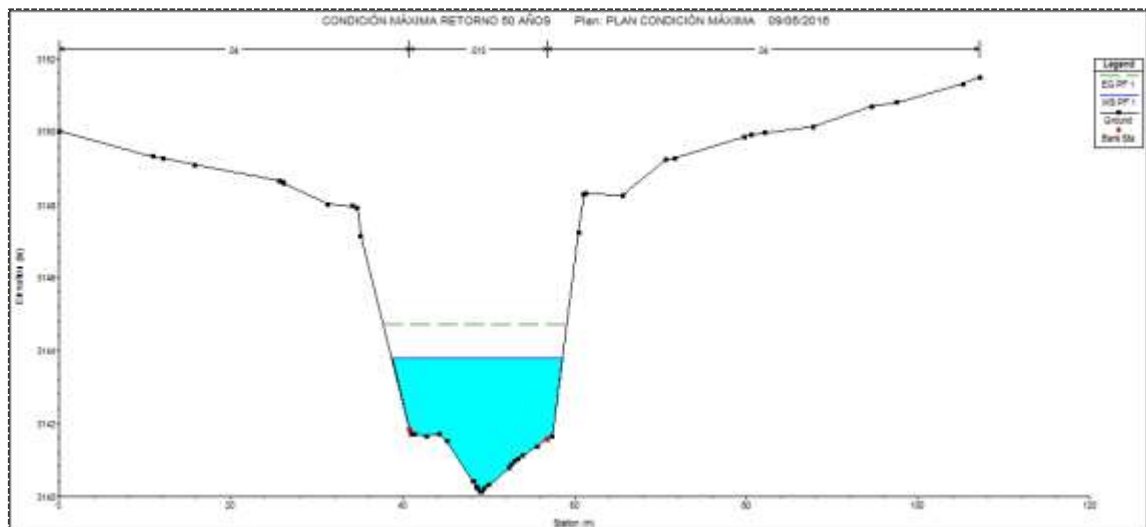
Fuente: (Tesista, 2016)

Ilustración 63. Lámina de agua y línea de energía del cauce, condición avenida máxima abscisa 0+040 m.



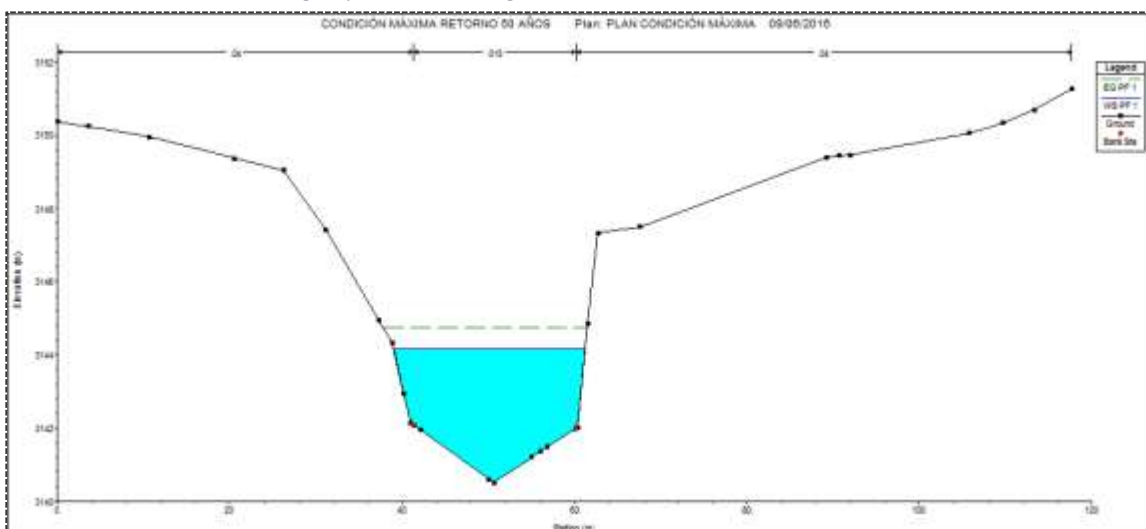
Fuente: (Tesista, 2016)

Ilustración 61. Lámina de agua y línea de energía del cauce, condición avenida máxima abscisa 0+060 m.



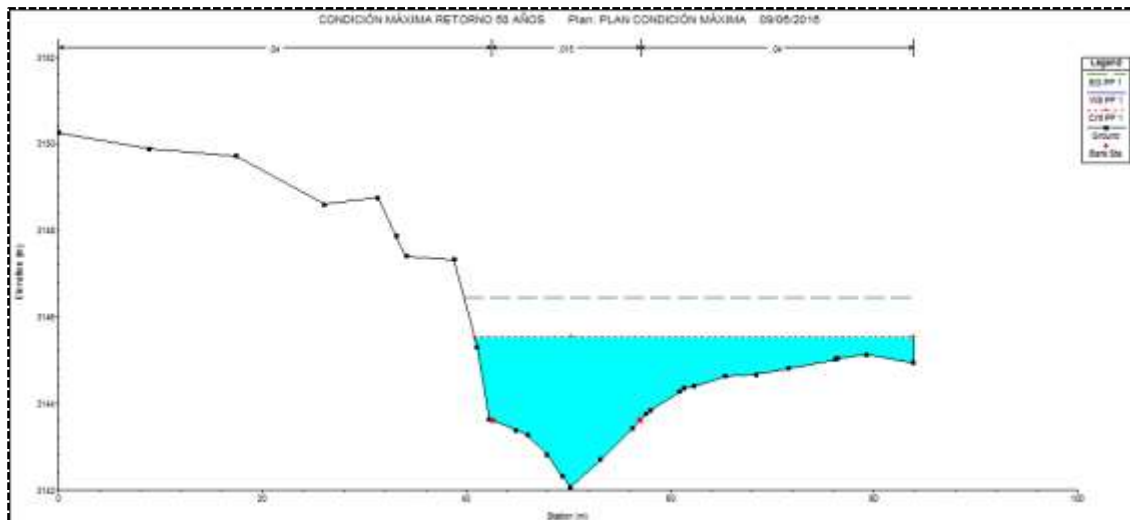
Fuente: (Tesista, 2016)

Ilustración 62. Lámina de agua y línea de energía del cauce, condición avenida máxima abscisa 0+080 m.



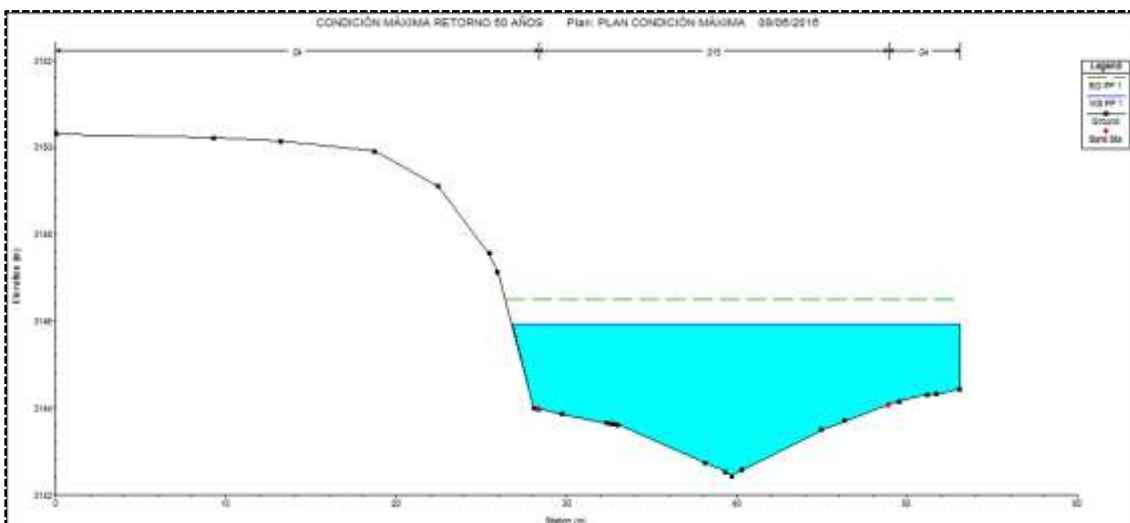
Fuente: (Tesista, 2016)

Ilustración 69. Lámina de agua y línea de energía del cauce, condición avenida máxima abscisa 0+160 m



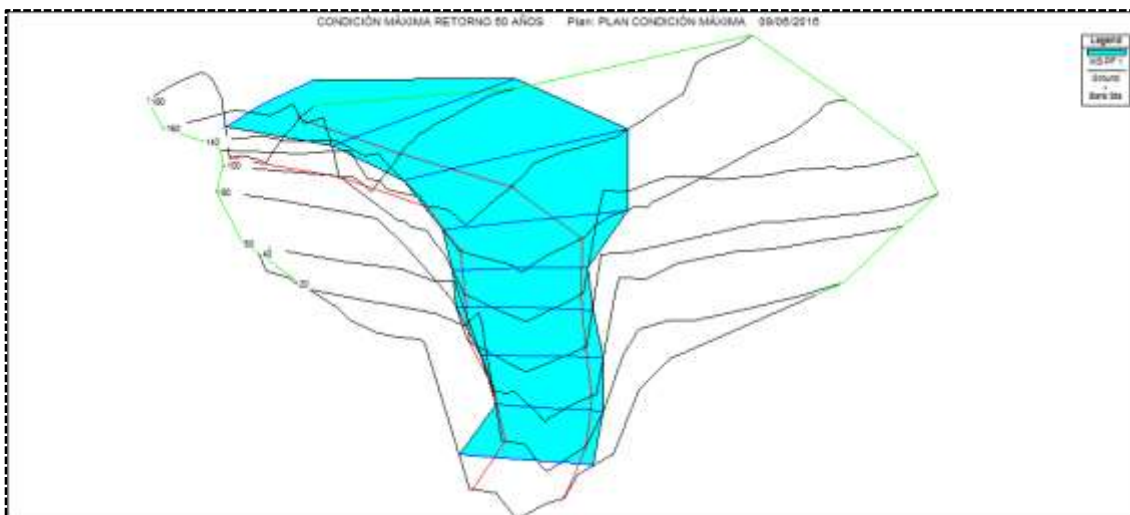
Fuente: (Tesista, 2016)

Ilustración 68. Lámina de agua y línea de energía del cauce, condición avenida máxima abscisa 0+180 m



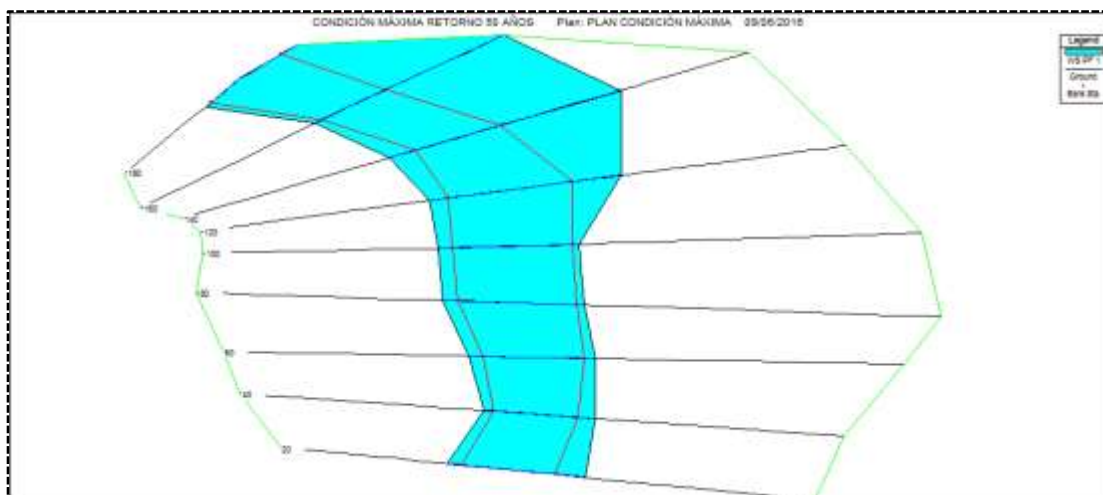
Fuente: (Tesista, 2016)

Ilustración 67. Vista desde aguas abajo.



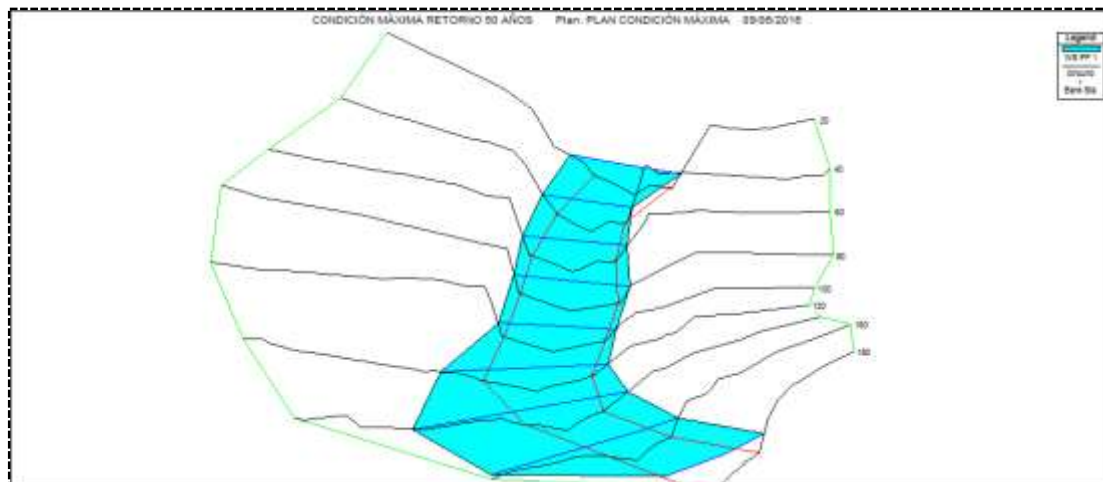
Fuente: (Tesista, 2016)

Ilustración 71. Vista superior. Desborde cauce.



Fuente: (Tesista, 2016)

Ilustración 70. Vista desde aguas arriba



Fuente: (Tesista, 2016)

Obtenido los niveles de crecida del cauce y su comportamiento en período de avenida máxima se ha determinado la zona afectada por desbordamiento del río Alao, localizada aguas arriba del puente, cubriendo gran parte del terreno natural que es utilizado para producción agrícola y la crianza de animales. Sin embargo, el comportamiento del río bajo condiciones máximas estimadas tiene un impacto de influencia controlado en cuanto se refiere a la capacidad que posee la estructura para dejar fluir el cauce, sin que el comportamiento del mismo afecte a los elementos de la infraestructura vial.

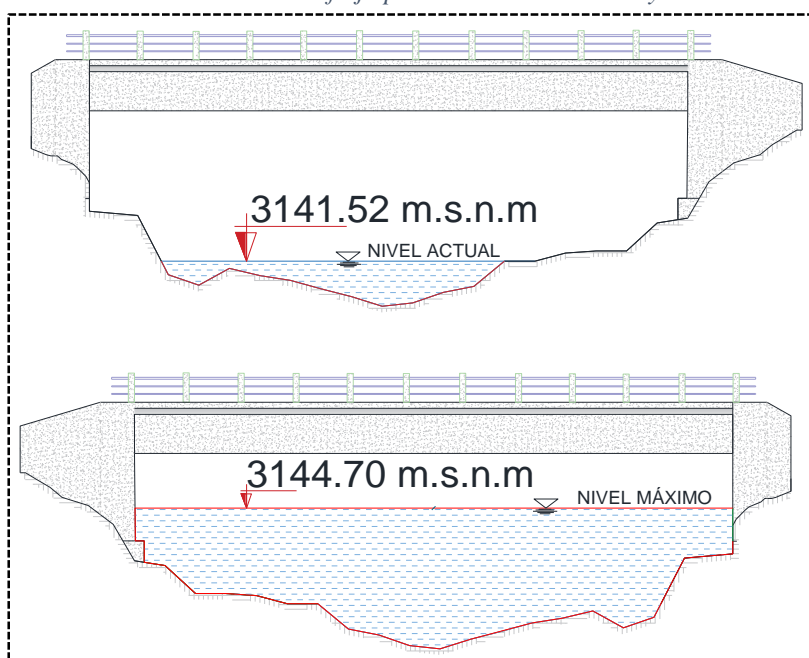
Ilustración 72. Zona de afectación por desborde del cauce del río Alao



Fuente: (Tesisista, 2016)

Las afectaciones por desbordamiento del cauce se encontrarán en zonas donde el terreno posea cotas por debajo de los 3144.70 m.s.n.m. Altura determinada de acuerdo a un análisis y modelamiento hidrológico e hidráulico del flujo, que corresponde a 3.18m sobre el nivel actual del río dentro de la zona de estudio.

Ilustración 73. Niveles del flujo para condiciones actual y de avenida



Fuente: (Tesisista, 2016)

3.5.11. Parámetros de calificación del sistema hidrológico del río Alao

Una vez realizado el análisis y determinado el comportamiento del río Alao en condiciones normales y para períodos de avenida máxima, se cualificará su acción directa con la infraestructura vial, razón de estudio.

La siguiente tabla describe en una escala progresiva, que va desde 1 a 5, el grado de afectación que tiene el flujo de acuerdo a su comportamiento. El diagnóstico se lo realiza para el cauce bajo condiciones de máxima crecida ya que dentro de condiciones normales no representa influencia alguna con el elemento de estudio.

Tabla 44. *Grado de afectación del cauce en período de avenida máxima*

GRADO DE AFECTACIÓN	DESCRIPCIÓN
1	Cauce estable sin arrastre
2	Cauce estable con arrastre
3	Cauce estable con arrastre y orillas difícilmente erosionables
4	Cauce estable con arrastre y orillas fácilmente erosionables
5	Cauce inestable, sinuoso, con afectación en grandes áreas por desbordamiento y arrastre de palizadas

Fuente: (Tesis, 2016)

Debido a que el cauce bajo condiciones de crecida máxima exhibe desbordamientos, arrastres de palizadas e inestabilidad en su flujo se lo califica con un grado de afectación de **5**.

3.5.12. Tráfico y Movilidad

El propósito de este estudio es abordar la problemática del transporte en las comunidades de estudio, su contribución a la contaminación atmosférica y acústica, además del estado de la red viaria existente.

El modelo de transporte existente se caracteriza por su fuerte tendencia a incrementar la movilidad y a utilizar medios menos eficientes, por lo que se está convirtiendo en uno de los factores más graves de insostenibilidad y de pérdida de calidad de vida. El transporte es responsable de aproximadamente el 60% de las emisiones de CO y el 50% de las de óxidos de nitrógeno, de ozono troposférico y de cientos de otras sustancias, cuya incidencia sobre el medio ambiente y la salud es poco conocida. Además produce el 80% de contaminación acústica.

a) Estudio de tráfico

▪ Datos generales del área de estudio

La población de la zona de influencia de acuerdo a dato censal del INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) del año 2010, es de 810 habitantes, repartidos en dos asentamientos humanos como se indica a continuación:

Tabla 45. *Datos poblacionales generales de la zona de influencia*

ASENTAMIENTO	HABITANTES	SUPERFICIE (Ha)	DENSIDAD POBLACIONAL (Hab/Ha)
Alao Llactapamba	330	5748.91	0.057
San Antonio de Alao	480	7527.85	0.064
TOTAL	810	13276.76	0.121

Fuente: (PODT Pungalá, 2011)

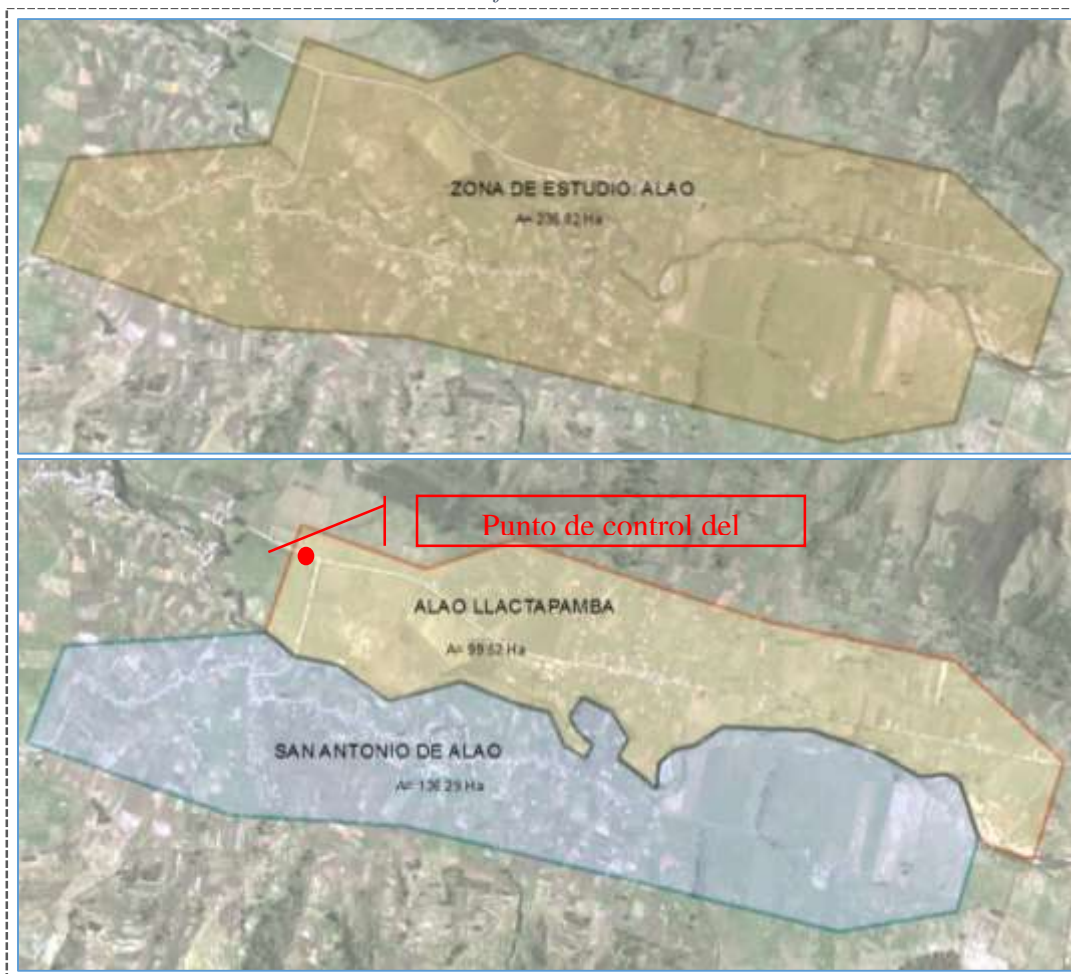
La población de Alao, en la que se realiza el análisis de tráfico se distribuye en dos zonas, notablemente separadas por el río Alao, que para efecto de estudio se la ha definido de la siguiente manera:

Tabla 46. Datos poblacionales locales de la zona de influencia

NÚCLEO	# HABITANTES	SUPERFICE (Ha)	DENSIDAD POBLACIONAL (Hab/Ha)
Alao Llactapamba	330	99.52	3.32
San Antonio de Alao	480	136.29	3.52
TOTAL	810	235.82	6.84

Fuente: (Tesisista, 2016)

Ilustración 74. Zonificación de áreas de estudio



Fuente: (Tesisista, 2016)

La zona de influencia de acuerdo al Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia de Pungalá registra una densidad poblacional muy baja en relación a su extensión que comprende la zona misma de las dos comunidades además de los altos páramos que conforman su territorio total. Para el presente estudio se han delimitado los asentamientos en base a la distribución de sus viviendas, terrenos de producción, y la red viaria que permite la comunicación dentro del sector, fraccionando los dos poblados por medio del río que atraviesa la zona a estudio, obteniendo de esta manera una densidad poblacional que corresponde a aproximadamente 7 habitantes por hectárea para análisis.

Otro dato de interés a la hora de analizar el tráfico del sector es el número de vehículos diarios censados por medio de un aforo vehicular realizado en el transcurso de 7 días, y registrados durante 12 horas durante el mes de mayo del presente año, tendiendo:

Tabla 47. Resumen semanal del aforo vehicular en el punto de conflicto

AFORO VEHICULAR - RESUMEN SEMANAL					
FECHA:	DE 09 A 15 DE MAYO 2016		REGISTRÓ:	JUAN ANDRÉS SEGOVIA	
HORARIO:	DE 06H00 A 18H00		LOCALIZACIÓN:	9,792,659.29	m
			WGS 84 - 17M	776,728.37	m
HORA	MOTOS	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES (2 EJES)	TOTAL
06H00 - 07H00	11	53	12	9	85
07H00 - 08H00	2	29	14	4	49
08H00 - 09H00	14	26	14	1	55
09H00 - 10H00	4	14	18	1	37
10H00 - 11H00	2	18	7	0	27
11H00 - 12H00	0	12	0	1	13
12H00 - 13H00	5	23	6	0	34

13H00 - 14H00	1	13	7	7	28
14H00 - 15H00	0	11	6	4	21
15H00 - 16H00	2	0	1	0	3
16H00 - 17H00	0	4	13	1	18
17H00 - 18H00	0	1	7	0	8
TOTAL	41	204	105	28	378
VEH/DÍA	6	29	15	4	54

Fuente: (Tesisista, 2016)

La distribución de los usos del suelo en el territorio es un factor decisivo, ya que define los flujos de los principales viajes entre zonas. De la ilustración 3, dentro de los antecedentes de la investigación, se plantea que dentro del área de ensayo el uso del suelo corresponde a pasto cultivado, ocupado por cobertura vegetal concerniente a vegetación natural y antrópica. Además de ser un sector con producción ganadera y lechera en su prioridad.

- **Red viaria existente**

El conflicto existente en el sector, debido al tráfico de vehículos, deriva de la estructura física del mismo, ya que la forma en que se hallan dispuestas y colocadas las viviendas y calles es inadecuada, debido a la dispersión de las primeras.

El trazado de la red vial rural no es del todo adecuado para el movimiento de vehículos y el transporte público, y si este movimiento va aumentando considerablemente con el tiempo, las vías se irán saturando, por lo que hace necesario la actuación sobre estas, modificando sus condiciones geométricas. De aquí la importancia de estudiar las características de las vías que componen la red de las zonas de análisis.

Ilustración 75. Red vial de la zona de estudio



Fuente: (Tesista, 2016)

▪ Clasificación de viario

El viario existente, atendiendo a su nivel de servicio y su función, se lo clasifica en:

❖ *Camino vecinal*

Estas vías son las carreteras convencionales básicas que incluyen a todos los caminos rurales, destinados a recibir el tráfico doméstico de los asentamientos poblacionales, zonas de producción agropecuaria y accesos a sitios turísticos. Su capa de rodadura se compone del terreno natural, debidamente conformado.

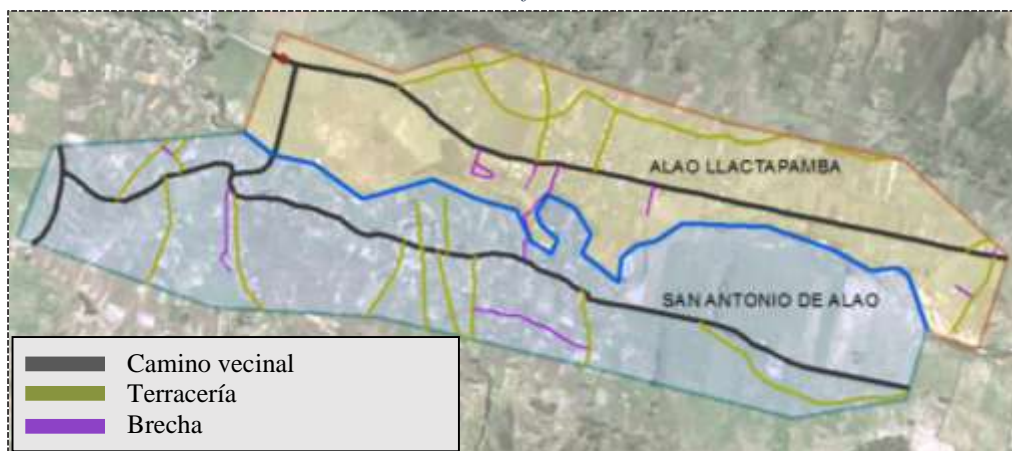
❖ *Terracerías*

Se denomina terracerías a los caminos designados como arterias de los caminos vecinales, de condiciones geométricas menores a los anteriores y de superficie de rodado conformado en el terreno natural aplanado.

❖ *Brechas*

Caminos cortos, que se bifurcan desde las terracerías y de condiciones geométricas menores.

Ilustración 76. Clasificación del viario



Fuente: (Tesisista, 2016)

▪ Sentido de circulación

Los sentidos de circulación actuales en los caminos vecinales, terracerías y brechas del sector son los recogidos por el tráfico adjunto.

Como se puede apreciar, la mayor parte de las vías, incluso de las principales son de un solo sentido. Al trabajar en ambos sentidos, se evidencia que las condiciones geométricas no son las necesarias.

▪ Capacidad de la red

La capacidad se define para cada uno de los accesos de un cruce como el volumen máximo de turismos que pueden atravesar esa intersección usando ese acceso. La capacidad en términos generales depende de:

- ❖ *Condiciones de tráfico*, volúmenes de los accesos, distribución, condiciones de estacionamientos y paradas del transporte público.
- ❖ *Condiciones geométricas de las vías*.
- ❖ *Condiciones de regulación* en coordinación con otras intersecciones, entre otras.

Dentro de la red vial, en un principio se pueden plantear problemas de capacidad debido a las condiciones geométricas de las mismas, dado por el ancho de calzada insuficiente para la circulación en ambos sentidos, debiendo ser interrumpido la circulación de un vehículo en cualquiera de los sentidos para dejar el flujo libre a otro.

- **Volúmenes de tráfico**

Mediante el desarrollo de una campaña de muestreo de tráfico, por medio de aforos manuales, se ha obtenido un total de **54** vehículos por día.

Las vías con mayor intensidad de concentración de tráfico son las principales, obteniendo un traslado de alrededor de 4 vehículos por hora durante 12 horas de continuo tráfico.

- b) Análisis del tráfico**

- **Densidad de población, densidad de vehículos**

Los datos de población en relación con la superficie, pronostican en principio un conflicto entre el número de desplazamientos que se producen. En afinidad con el número de vehículos se obtiene que se trasladan una media de 15 habitantes por vehículo por día.

Como datos significativos se ha extraído de la tabla de aforo vehicular el volumen de los diversos medios de transporte diario expresado en porcentajes, siendo un 11.11% motos, 53.70% vehículos livianos, 27.78% buses de transporte público y un 7.41% camiones de hasta dos ejes.

- **Análisis red viaria**

Analizando la estructura viaria lo primero que se detecta es que, de acuerdo al crecimiento de su trama, no se ha tomado en cuenta el trazado de las vías para facilitar comunicaciones.

El viario es fundamentalmente unidireccional, y cuando es de doble sentido, en la mayoría de los casos, no reúne las condiciones idóneas para ello. Los trazados rara vez son rectos, viéndose obligados a bordear terrenos de producción, dificultando las comunicaciones. La red existente es deficitaria, al ser formada por pequeñas vías cuya continuidad se ve interrumpida por una trama dispuesta con nulos criterios de ordenación, heredada de desarrollos no planificados.

Analizando las vías que canalizan la mayor parte del tráfico y que se han definido como principales, se observa claramente que la gran mayoría se emplazan de oeste a este y una pequeña trama de norte a sur, lo que induce gran uso por falta de alternativas.

▪ **Análisis de la capacidad de la red – puntos de conflictos**

Analizando los tramos de red más demandados y comparándolos con la capacidad de estos, se determinaron puntos de conflicto, siendo dos los más relevantes que se relacionan con el tráfico del transporte público en ambas poblaciones. Este problema se ha identificado debido a que al obtener un solo punto de comunicación entre los dos asentamientos, el ingreso y regreso de los poblados se los realiza mediante este acceso, puente existente.

En la ilustración se aprecian los puntos de conflicto, los de mayor importancia de estudio se los identifica de color rojo. El transporte al llegar a estos puntos debe cambiar su sentido de circulación y recorrer pequeños tramos en reversa para recoger pasajeros, y posteriormente retomar su circulación. Si analizamos el recorrido de un bus de transporte público que ingresa al sector de estudio, éste se interna inicialmente a la comunidad de Alao Llapapamba hasta uno de los puntos de conflicto donde cambia su dirección y

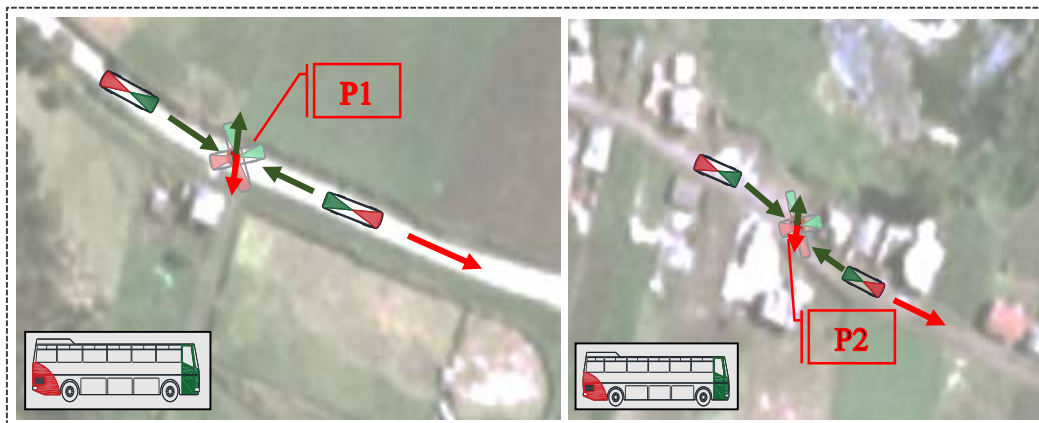
regresa por la misma vía hasta el camino que dirige al puente para ingresar a la comunidad de San Antonio de Alao hasta el otro punto de conflicto relevante. En este lugar, de similar manera, el transporte debe cambiar su sentido de circulación para retomar su recorrido y dirigirse a sus destinos. Otra característica importante que se ha tomado en cuenta para definir estos lugares como puntos de conflicto es el insuficiente ancho de calzada (aproximadamente de 5 a 7 metros) que limita a los buses cambiar su dirección de circulación. Los demás puntos de conflicto se deben de igual manera al limitado tránsito en doble sentido por las condiciones geométricas de las vías.

Ilustración 77. *Puntos de conflicto en red vial Alao*



Fuente: (Tesisista, 2016)

Ilustración 78. *Descripción problemática de circulación, puntos de conflictos más relevantes*



Fuente: (Tesisista, 2016)

c) Situación actual

De acuerdo a los datos registrados durante el trimestre comprendido desde abril hasta junio del año de estudio, se ha determinado que la situación actual del sector en cuanto a su tráfico se ha restringido, dado el crecimiento de las poblaciones y por ende el incremento de vehículos para transporte privado, de productos y servicio público.

La red viaria no abastece de forma adecuada la circulación de vehículos, tanto por las condiciones geométricas insuficientes que han generado la aparición de los llamados puntos conflictivos, como la inexistencia de vías o accesos alternos para facilitar la movilidad dentro del sector.

d) Previsión del tráfico futuro

Dada la falta de estudios aplicativos para el sector de análisis, las tasas de crecimientos que se usarán para la previsión de un tráfico futuro serán las adaptadas para la provincia de Chimborazo en general, desde el año de registro de datos.

Tabla 48. *Tasas de crecimiento vehicular de la provincia de Chimborazo*

TASA DE CRECIMIENTO VEHICULAR			
PERIODO	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
2006 - 2010	3.87	1.32	3.27
2011 - 2015	3.44	1.17	2.90
2016 - 2020	3.10	1.05	2.61
2021 - 2030	2.82	0.96	2.39

Fuente: (Tesista, 2016)

Sin embargo, se debe tener en consideración que el sector de análisis dentro de la última década ha presentado un movimiento de su población para establecerse en otros lugares de la región y en algunos casos fuera del país, generalmente por causas económicas y sociales. Por lo que, la selección de la tasa de crecimiento vehicular se regirá a los valores menores planteados en la tabla anterior, siendo para vehículos livianos del 2.82%, buses 0.96% y camiones del 2.39%.

e) Pérdida de movilidad

Una de las consecuencias inevitables para la pérdida de movilidad que sufren los conductores es la restricción que tienen al acceso dado por la escases de rutas alternas para su intercomunicación que han dado lugar a los ya mencionados puntos de conflicto. Esto ha llevado a que se planteen itinerarios alternativos para poder llegar a sus puntos de destino, provocando incomodidad en transportistas y conductores del sector por la discontinuidad que presenta la red vial para una correcta y eficiente circulación.

f) El transporte sostenible

La sostenibilidad del transporte a largo plazo dependerá de una mejor planificación futura en la red viaria del sector, buscando soluciones a la problemática expuesta dentro del análisis de tráfico realizado utilizando propuestas que se proyecten en la obtención de una mayor diversificación y versatilidad de los medios públicos de transporte, para una eficaz movilidad de los productores y encaminadas además a potenciar el atractivo turístico que ofrece el sector, igualmente la práctica de otras medidas complementarios que ayudarían a una mejor organización espacial dentro del territorio como también para enriquecer las condiciones socio-económicas de sus beneficiarios directos.

3.5.13. Parámetros de calificación tráfico y movilidad del sector

De acuerdo a lo dispuesto en el estudio de tráfico y movilidad para la zona de influencia, se establece a continuación una tabla que describe el grado de impacto que tienen el flujo de vehículos y las características de la red viaria como factores influyentes sobre el deterioro de la infraestructura vial sobre el río Alao, por ser el único punto de comunicación entre las comunidades de investigación, por lo cual se ha dado énfasis a la relación que posee el movimiento y la cantidad de vehículos que diariamente se desplazan por la red vial con el punto de enlace que libra el cauce natural de flujo de agua.

De igual forma, la tabla describe en una escala progresiva, que va desde 1 a 5, el grado de impacto del tráfico y movilidad con la estructura.

Tabla 49. *Grado de impacto del tráfico y movilidad*

GRADO DE IMPACTO	DESCRIPCIÓN
1	Flujo libre de vehículos ininterrumpido
2	Flujo libre de vehículos con un volumen de tráfico bajo
3	Flujo restringido de vehículos debido a características insuficientes en el trazado geométrico de la red y volumen de tráfico medio
4	Flujo de vehículos interrumpido debido a la insuficiente condición geométrica de la red viaria, puntos de conflicto, inexistencia de vías alternas de comunicación, volumen de tráfico medio
5	Flujo de vehículos interrumpido, pésimas características geométricas en el trazado de la red viaria, superficie de rodado en malas condiciones, existencia de varios puntos de conflicto y un volumen de tráfico muy concentrado.

Fuente: (Tesista, 2016)

De lo establecido en la tabla, se califica con **4** al tráfico y movilidad en el sector, dadas las condiciones que se han presentado durante el estudio. Además de considerar al puente como un punto de conflicto para la pérdida de movilidad y comunicación.

3.5.14. Geología y Geotécnica aplicados a deslizamientos de masas

a) Introducción

La geología, como ciencia se encarga del estudio de la composición y estructura interna de la Tierra, y los procesos por los cuales han ido evolucionando a lo largo del tiempo. Ofrece testimonios esenciales para comprender la tectónica de placas, la historia de la vida a través de la paleontología, y cómo fue la evolución de ésta, además de los climas del pasado. Tiene una fundamental importancia en la prevención y entendimiento de desastres naturales como remoción de masas en general, terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas, entre otros.

Por su parte la geotécnica como rama de la geología se encarga del estudio de las propiedades mecánicas, hidráulicas e ingenieriles de los materiales provenientes del medio geológico. Investiga el suelo y las rocas por debajo de la superficie para determinar sus propiedades como acción ante la estabilización de laderas y diseño de estructuras civiles.

La geología aplicada está estrictamente asociada a la planificación del territorio y al uso del suelo, temas que se convirtieron muy importantes con una población mundial en continua expansión. El objetivo de la planificación territorial es mejorar la calidad de vida y el bienestar de la comunidad, que se consigue mejorando los ambientes en que la gente vive, por lo tanto, ello proporciona un sistema en el cual la comunidad pueda pilotar su desarrollo, implicando la gestión ambiental y no preocupándose solo de crear condiciones dignas, sean en ciudades o en este caso en el lugar campestre.

b) Deslizamiento de laderas

La dinámica de nuestro planeta implica un permanente proceso de transformaciones de diversas magnitudes que pueden traer riesgos para los grupos humanos ubicados en la zona de ocurrencia. Esto es particularmente notable en el caso de algunos fenómenos geológicos y en especial en el de los deslizamientos de laderas.

Como efecto de deslizamientos, existen experiencias catastróficas que han llegado a sepultar a poblaciones enteras y pueden ser de tal magnitud que quedan fuera de todo posible control humano, a excepción de una medida: la prevención con base en la oportuna detección y puesta a salvo de la población en riesgo.

Al deslizamiento puede describirse como el movimiento descendente de laderas naturales.

c) Clasificación del deslizamiento según la velocidad del movimiento

▪ Deslizamientos lentos

Presentan una velocidad imperceptible, que puede ser de unos cuantos centímetros de material al año. Se identifican por una serie de características marcadas en el terreno. Raramente catastrófico.

▪ Deslizamientos rápidos

La velocidad del movimiento es tal que la caída de todo el material puede darse en pocos segundos. Son frecuentes en las temporadas lluviosas o después de actividades sísmicas

intensas. Su identificación es directa y han sido los mayores causantes de muertes y daños materiales.

d) Causas que afectan la estabilidad de laderas

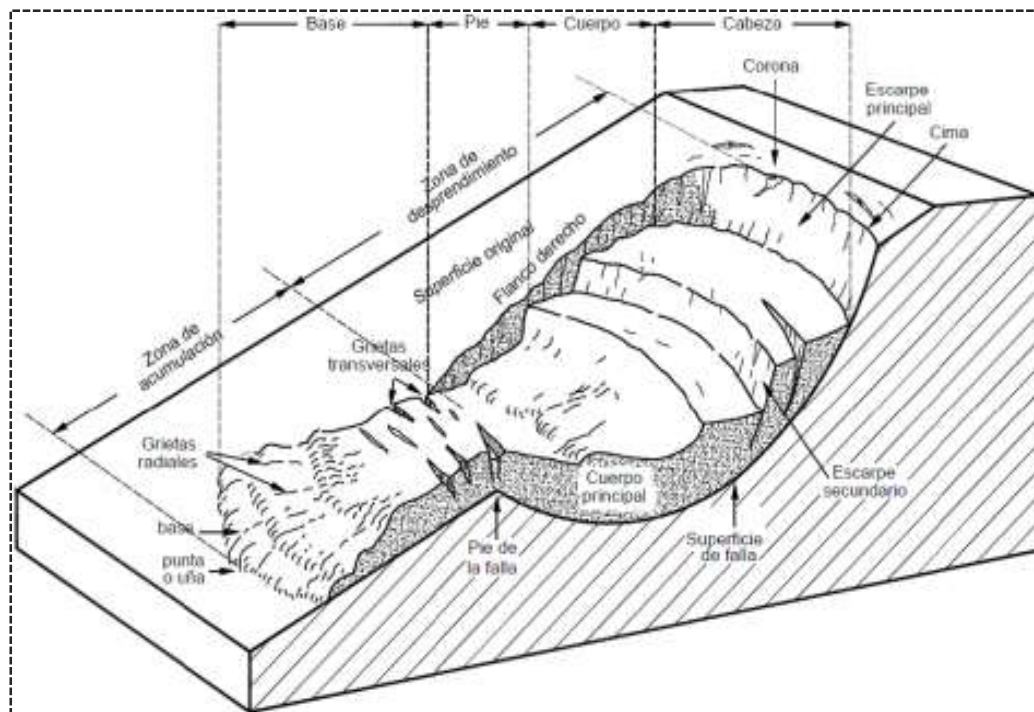
- La ocurrencia de los deslizamientos es consecuencia de un complejo campo de esfuerzos que está activo en una masa de roca o de suelo en la pendiente. Básicamente, los dos parámetros más determinantes son:
 - ❖ Un incremento del stress de corte: remoción del soporte lateral o de base, deslizamientos previos, incremento de carga, incremento de presiones laterales, stress transitorio, inclinación regional.
 - ❖ Una disminución en la resistencia del material: disminución de la resistencia del material, cambios en las fuerza intergranulares, cambios en la estructura.

- Listados de las causas:
 - ❖ Vibraciones por terremotos, explosiones, maquinarias, tráfico y truenos.
 - ❖ Cambios en el contenido del agua, causados por copiosas precipitaciones y subidas de los niveles del agua subterránea (nivel freático dinámico).
 - ❖ Remoción del apoyo lateral causado por erosión, falla previa de la ladera, construcción, excavación, deforestación o pérdida de vegetación estabilizadora.

- ❖ El exceso de peso, lluvia, granizo, nieve, acumulación de rocas sueltas o material volcánico, acumulaciones de desechos, pesos de edificaciones y vegetación.
- ❖ Desgaste y otras acciones físicas, químicas o biológicas pueden disminuir la resistencia de las rocas y del suelo con el tiempo.
- ❖ Acciones humanas como la interrupción del curso de las aguas y cambio en el agua potable.
- ❖ Nuevas construcciones en las cuales se usan métodos de “desmonte y terraplén”, que perjudican la estabilidad de la ladera.

e) Partes de un deslizamiento

Ilustración 79. Partes de un deslizamiento



Fuente: (Estabilidad de taludes, 2013)

- **Cabeza.** Parte superior de la masa de material que se mueve. La cabeza del deslizamiento no corresponde necesariamente a la cabeza del talud. Arriba de la cabeza está la corona.
- **Cima.** El punto más alto de la cabeza, en el contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.
- **Corona.** El material que se encuentra en el sitio, (prácticamente inalterado), adyacente a la parte más alta del escarpe principal, por encima de la cabeza.
- **Escarpe principal.** Superficie muy inclinada a lo largo de la periferia posterior del área en movimiento, causado por el deslizamiento del material. La continuación de la superficie del escarpe dentro del material conforma la superficie de falla.
- **Escarpe secundario.** Superficie muy inclinada producida por el desplazamiento diferencial dentro de la masa que se mueve. En un deslizamiento pueden formarse varios escarpes secundarios.
- **Superficie de falla.** Área por debajo del movimiento y que delimita el volumen del material desplazado. El suelo por debajo de la superficie de la falla no se mueve, mientras que el que se encuentra por encima de esta, se desplaza. En algunos movimientos no hay superficie de falla.

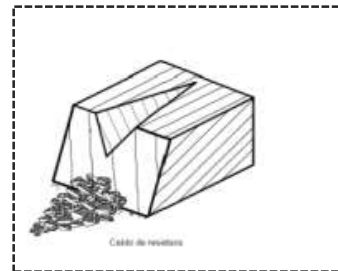
- **Pie de la superficie de falla.** La línea de interceptación (algunas veces tapada) entre la parte inferior de la superficie de rotura y la superficie original del terreno.
- **Base.** El área cubierta por el material perturbado abajo del pie de la superficie de falla.
- **Punta o uña.** El punto de la base que se encuentra a más distancia de la cima.
- **Cuerpo principal del deslizamiento.** El material desplazado que se encuentra por encima de la superficie de falla. Se pueden presentar varios cuerpos en movimiento.
- **Superficie original del terreno.** La superficie que existía antes de que se presentara el movimiento.
- **Costado o flanco.** Un lado (perfil lateral) del movimiento. Se debe diferenciar el flanco derecho y el izquierdo.
- **Derecha e izquierda.** Para describir un deslizamiento se recomienda utilizar la orientación geográfica (norte, sur, este y oeste); pero si se emplean las palabras derecha e izquierda, deben referirse al deslizamiento observado desde la corona hacia el pie.

f) Tipos de movimientos en masa

- **Caída.** Son movimientos en caída libre de distintos materiales tales como

rocas, detritos o suelos. Este tipo de movimiento se origina por el desprendimiento del material de una superficie inclinada, el cual puede rebotar, rodar, deslizarse, fluir ladera abajo. Ocurre en forma rápida sin dar tiempo a eludirlas.

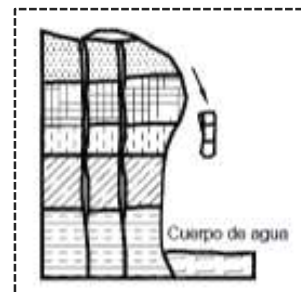
Ilustración 80. *Esquema de caída*



Fuente: (Estabilidad de taludes, 2013)

- **Inclinación o volcamiento.** Este tipo de movimiento consiste en una rotación hacia delante de una unidad o unidades de material térreo con centro de giro por debajo del centro de gravedad de la unidad.

Ilustración 81. *Esquema volcamiento*



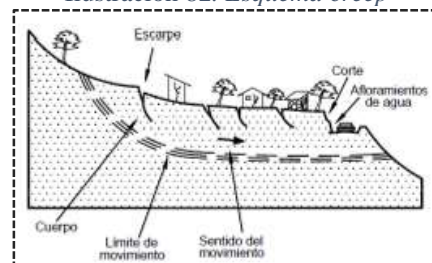
Fuente: (Estabilidad de taludes, 2013)

Generalmente los volcamientos ocurren en las formaciones rocosas, pero también, se presentan en suelo cohesivos secos y en suelos residuales.

- **Reptación (creep).** La reptación o creep consiste en movimientos del suelo

sub-superficial desde muy lentos a extremadamente lentos sin una superficie definida de falla. La profundidad del movimiento puede ser desde pocos centímetros hasta varios metros.

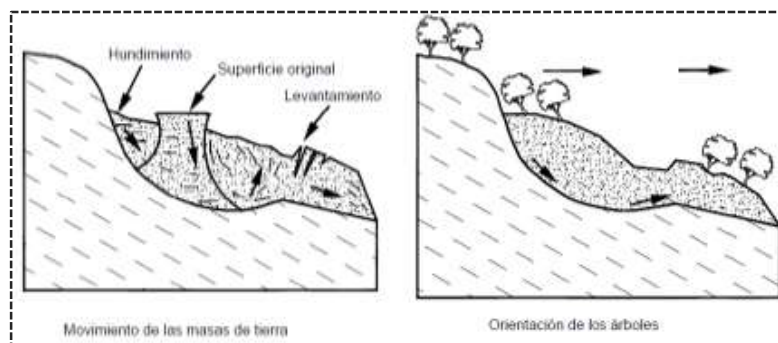
Ilustración 82. *Esquema creep*



Fuente: (Estabilidad de taludes, 2013)

- **Deslizamiento rotacional.** En un desplazamiento rotacional, la superficie de falla es cóncava hacia arriba y el movimiento es rotacional con respecto al eje paralelo a la superficie y transversal al deslizamiento. La cabeza del movimiento bascula hacia atrás y los árboles se inclinan, de forma diferente, en la cabeza y en el pie del deslizamiento.

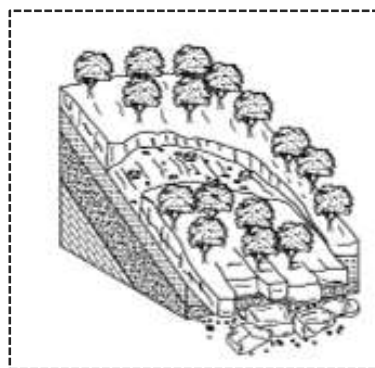
Ilustración 83. *Esquema deslizamiento rotacional*



Fuente: (Estabilidad de taludes, 2013)

- **Deslizamiento de traslación.** En este desplazamiento la masa se desliza hacia afuera o hacia abajo, a lo largo de una superficie más o menos plana o ligeramente ondulada y tiene muy poco o nada de movimiento de rotación o volteo. En muchos desplazamientos de traslación, la masa se deforma y/o se rompe y puede convertirse en flujo, especialmente en las zonas de pendiente fuerte.

Ilustración 84. *Esquema deslizamiento de traslación*

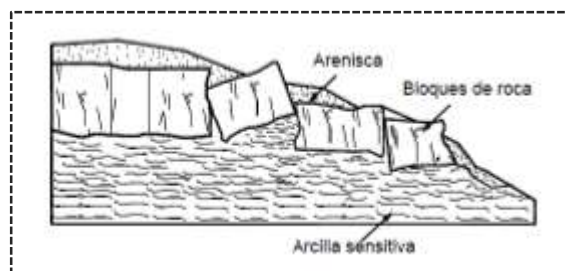


Fuente: (Estabilidad de taludes, 2013)

- **Extensión lateral.** Se denomina extensión o esparcimiento lateral a los movimientos con componentes principalmente en laderas de baja pendiente. En estos esparcimientos el modo de movimiento dominante, es

Ilustración 85. *Esquema extensión lateral*

la extensión lateral acomodada por fracturas de corte y tensión (sobre roca o sobre suelos plásticos).

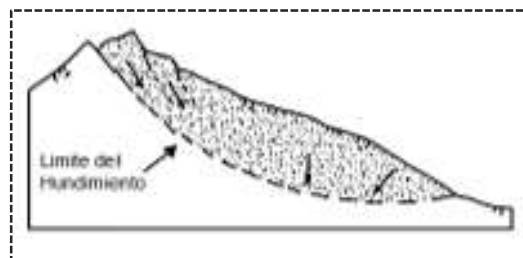


Fuente: (Estabilidad de taludes, 2013)

- **Hundimientos.** Los hundimientos son movimientos generalmente verticales de masas de suelo, en las cuales ocurre una disminución del volumen general del terreno.

Ilustración 86. *Esquema hundimiento*

Los procesos de hundimiento de gran magnitud se clasifican como parte de los movimientos en masa o desplazamientos, aunque



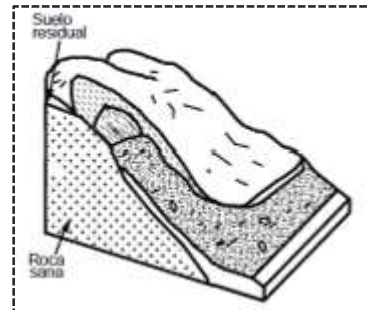
Fuente: (Estabilidad de taludes, 2013)

para su ocurrencia, la existencia de una ladera no es necesariamente un requisito. Pueden ser de gran magnitud o relativamente pequeños. Los hundimientos obedecen a diferentes causas naturales.

- **Flujos de tierra.** Son movimientos lentos de materiales blandos. Estos flujos frecuentemente arrastran parte de la capa vegetal.

- **Flujos de lodo.** Se forman en el momento en que la tierra y la vegetación son debilitadas considerablemente por el agua, alcanzando gran fuerza cuando la intensidad de las lluvias y su duración es larga.

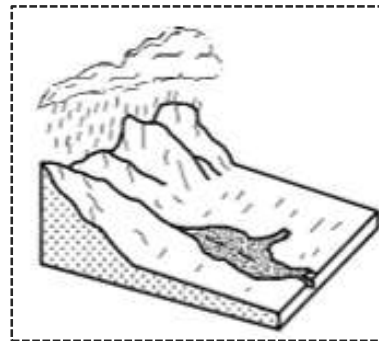
Ilustración 87. Esquema de los flujos



Fuente: (Estabilidad de taludes, 2013)

- **Avalancha.** Cuando los flujos alcanzan grandes velocidades se clasifican como avalanchas. En las avalanchas el flujo desciende formando una especie de ríos de roca, suelo y residuos diversos. Estos flujos comúnmente se relacionan con las lluvias ocasionales de índices pluviométricos excepcionalmente altos, el deshielo de los nevados o movimientos sísmicos en zonas de alta montaña y la ausencia de vegetación.

Ilustración 88. Esquema avalancha



Fuente: (Estabilidad de taludes, 2013)

- **Movimientos complejos.** Con mucha frecuencia los movimientos de una ladera incluyen una combinación de dos o más tipos de desplazamiento descritos anteriormente. A este tipo de deslizamiento que involucra varios tipos de movimientos, se le denomina complejo. Adicionalmente, un tipo de proceso activo puede convertirse en otro, a medida que progresa el

fenómeno de desintegración; es así como una inclinación puede terminar en un caído o en un deslizamiento en flujo.

g) Sistema de clasificación de deslizamientos unificado

Clasificación del deslizamiento pro el sistema unificado de Wieczorek:

Tabla 50. Sistema unificado para clasificación de deslizamientos

EDAD DE LA ACTIVIDAD MÁS RECIENTE		MATERIAL DOMINANTE		TIPO DE MOVIMIENTO DE PENDIENTE DOMINANTE	
SIMBOLO	DEFINICIÓN	SIMBOLO	DEFINICIÓN	SIMBOLO	DEFINICIÓN
A	ACTIVO	R	ROCA	L	DESCENSO
R	REACTIVADO	S	SUELO	T	DERROCAMIENTO
S	SUSPENDIDO	E	TIERRA	S	DESPLAZAMIENTO
H	INACTIVO-HISTÓRICO	D	ESCOMBROS	P	EXTENSIÓN
Y	INACTIVO-JÓVEN			F	FLUJO
M	INACTIVO-MADURO				
O	INACTIVO-VIEJO				
T	ESTABILIZADO				
B	ABANDONADO				
L	RESIDUO				

Fuente: (UNESCO) *traducido al español

h) Situación actual

La zona de análisis, ha presentado en uno de sus poblados (San Antonio de Alao) deslizamientos de masas con afectaciones en áreas de cultivo y de crianza de animales, así también como daños en viviendas, paredes y parte de la estructura del centro de educación del sector, entre otros daños. Situando de esta manera a sus habitantes bajo amenaza de riesgo debido al desastre natural. El último evento registrado que sepultó bajo escombros a animales, vegetación, cultivos y parte de estructuras de viviendas se presentó

el 26 de abril de 2015 bajo condiciones meteorológicas que mostraron períodos de lluvias intensas, desestabilizando el suelo y provocando el movimiento.

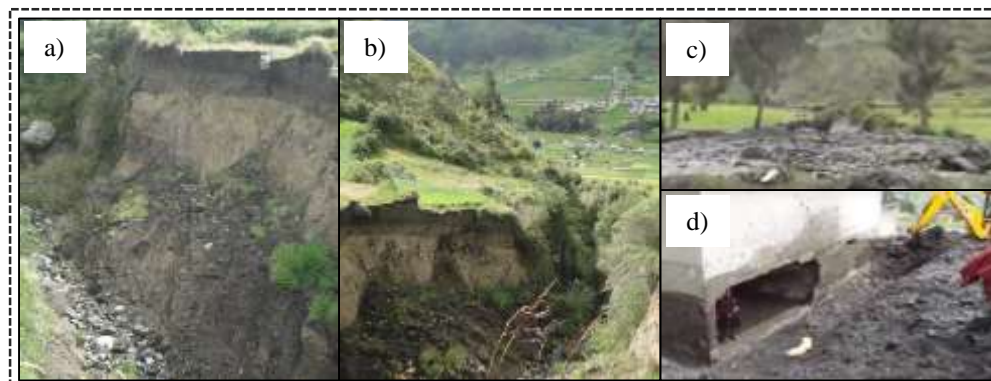
Ilustración 89. Zonificación deslizamiento de tierra



Fuente: (Tesisista, 2016)

La masa perturbada comprende un recorrido desde el desprendimiento de material ubicado a 3443.561 m.s.n.m., hasta la base del deslizamiento situada a 590 ml aproximadamente. Esta distancia es librada por el material gracias a una quebrada que debe su formación a la erosión realizada por la corriente de agua que desciende desde el glaciar que alimenta al flujo ubicado a más de 500 m sobre el desprendimiento. Permitiendo de esta manera que la masa de tierra se traslade por la quebrada hasta llegar a la zona de acumulación a 3193.17 m.s.n.m. cubriendo alrededor de 3.5 Has de terreno.

Ilustración 90. Mosaico imágenes deslizamiento

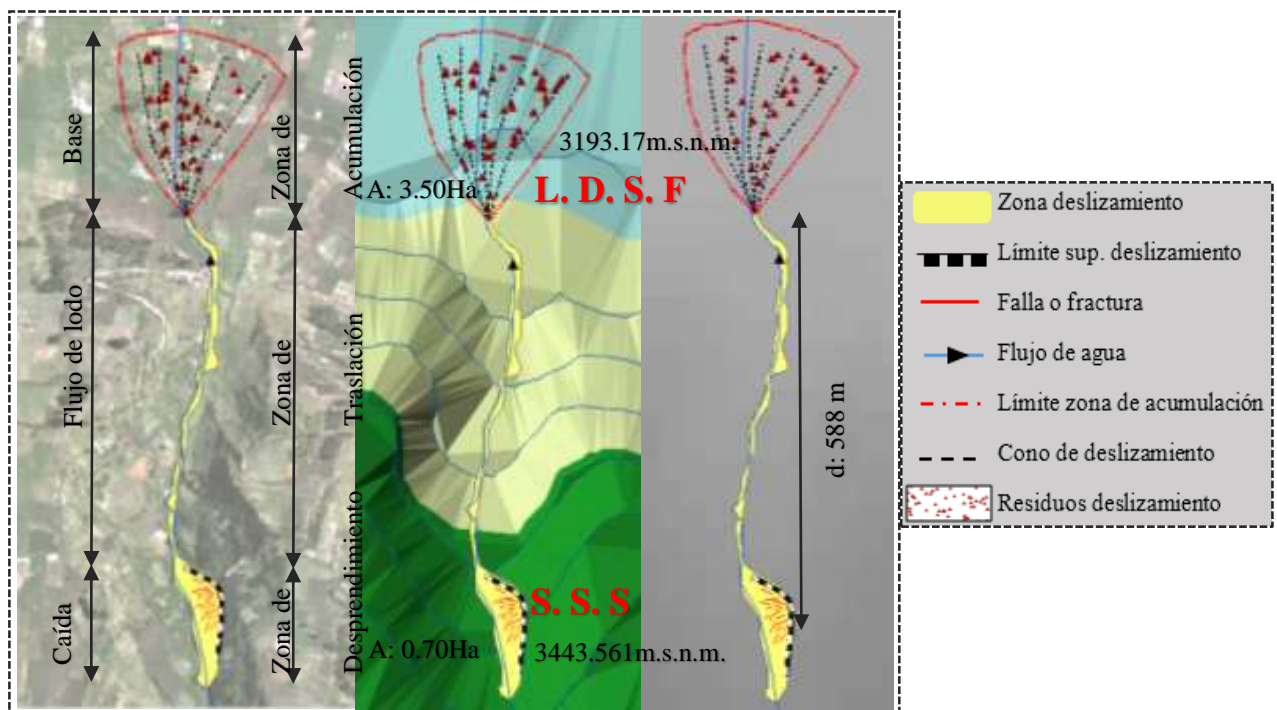


a) Pared izquierda quebrada, b) Pared derecha quebrada, c) Zona de acumulación, base, d) Afectaciones

Fuente: (Tesisista, 2016)

El material en el escarpe principal dentro de la cabeza del deslizamiento corresponde aproximadamente a 0.70Has de terreno fallado y desprendido, que en lo posterior es trasladado en un movimiento rápido por la quebrada gracias a la ayuda del flujo de agua que recorre por ella. El arrastre de material y la fricción que ocurre entre el material fallado y la superficie original en la quebrada desestabilizan las paredes de la misma obligándolas a fracturarse y de esta manera el material que se desliza aumenta en masa mientras se traslada hasta conformar la base del corrimiento.

Ilustración 91. Descripción etapas del deslizamiento



Fuente: (Tesisista, 2016)

Debido a la serie de desplazamientos que actúan en el corrimiento se lo ha catalogado como un movimiento complejo.

De acuerdo al Sistema Unificado de clasificación propuesto por Wieczorek la zona de desprendimiento corresponde al tipo **S. S. S.**, suspendido-suelo-deslizamiento, y en la zona de acumulación **L. D. S. F.**, residuo-escombros-deslizamiento-flujo.

i) Hipótesis de ocurrencia

Se sabe que un deslizamiento ocurre por diversas causas. A continuación se exponen las más relevantes de acuerdo a la relación que éstas tienen para la formación del fenómeno en la zona de análisis:

- Sismos generados por las vibraciones de la superficie terrestre originados por el movimiento brusco y repentino de las capas internas.
- Fractura del terreno ocasionado por fallas activas y capaces en el sector.
- Inestabilidad del suelo por saturación debido a precipitaciones intensas.
- Ocurrencia de los deslizamientos por consecuencia de un complejo campo de esfuerzos activos en la masa de suelo en la pendiente.

j) Análisis de hipótesis

- **Sismología del sector:**

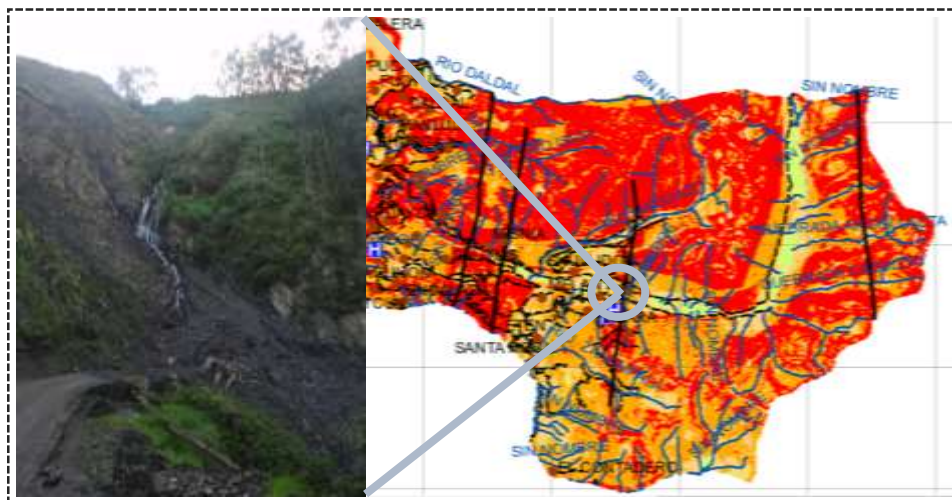
Las vibraciones repentinas y bruscas ocasionadas por el choque de las placas tectónicas de las capas internas de la Tierra son agentes causantes para desencadenar un deslizamiento de masa. El Ecuador se encuentra situado en una zona de alta ocurrencia sísmica con una serie de vibraciones históricas registradas. El último movimiento telúrico que se ha documentado en el territorio nacional fue el 16 de abril del presente año con epicentro en la parroquia de Pedernales en la provincia de Manabí, con una magnitud de 7.8 en la escala de Richter; considerado el más destructivo después del ocurrido en el año de 1987. Sin embargo, el movimiento producido por la subducción de la placa de Nazca en la placa Sudamericana no originó un desprendimiento del suelo en la zona de deslizamiento, descartando la primera hipótesis para la ocurrencia del fenómeno.

- **Fallas o fracturas geológicas**

Una falla es una grieta en la corteza terrestre, que está asociada con los movimientos telúricos, y que dependiendo de éstos las fallas se activan siendo capaces de producir corrimientos de tierra en varios sectores.

En la zona de Alao no se han documentado fallas, pero existen dos fallas muy cercanas al sector, como lo representa la ilustración; una de ellas con incidencia en la llamada quebrada de Puinguayco, por donde se encuentra el trazado del camino vecinal que comunica al sector de estudio con la cabeza parroquial.

Ilustración 92. Derrumbe por activación de falla geológica, quebrada Puinguayco 16/04/2016



Fuente: (Tesista, 2016)

Durante el evento sísmico del 16 de abril, ocurrido en el año de estudio, la falla se activó ocasionando un derrumbe y deshabilitando temporalmente la comunicación en los poblados.

No obstante, la hipótesis se descarta por no incidir dentro de la zona de deslizamiento analizada.

- **Inestabilidad del suelo por precipitaciones intensas**

La micro-cuenca del río Alao, de acuerdo a datos meteorológicos y a lo prescrito dentro del punto **3.5.10** del presente informe, registra que para este sector se espera una precipitación de 10.70 mm/hora para un período de concentración de 79.76 minutos (1 hora y 20 minutos aproximadamente) dentro de un período de retorno de 50 años. Intensidad de lluvia suficiente para saturar el suelo y desencadenar un corrimiento de tierra. Lo que justifica la formación del deslizamiento motivo de análisis, que se registró el 26 de abril de 2015, que ocurrió durante un período que ha contemplado intensas lluvias comprendidas entre los meses de abril y agosto.

Se debe tomar en cuenta además que en la zona de desprendimiento de material, se ha identificado un ojo de agua por donde brota el agua subterránea, que bajo la influencia de precipitaciones intensas de larga duración desestabiliza la capa de suelo para la formación del corrimiento. No obstante, para aceptar esta posibilidad como cierta, se deberá analizar y desertar la ocurrencia del deslizamiento por consecuencia del cambio de esfuerzos activos en la masa de suelo bajo condiciones habituales.

- **Cambio de esfuerzos activos en la masa de suelo**

Los esfuerzos dentro de un suelo se producen por el peso propio del mismo o por cargas que se encuentren sobre éste.

La ocurrencia de los movimientos de pendiente es consecuencia de un complejo campo de esfuerzos (stress es un esfuerzo por unidad de área), el cual es activo sobre una masa de roca o suelo.

El movimiento ocurre cuando el esfuerzo de corte (shear stress) excede el esfuerzo de resistencia (shear strength) del material. Diferencia con la erosión del suelo.

Las consecuencias de estos esfuerzos en conjunción con la morfología de la pendiente y los parámetros geotécnicos del material definen el tipo específico de deslizamiento que puede ocurrir.

Para realizar este análisis se desarrollará un análisis cinemático de taludes, para el cual es necesario obtener muestras de suelo de la pendiente de estudio para realizar un ensayo triaxial y determinar el ángulo de fricción interna del suelo y su cohesión, así como el porcentaje de humedad y las características del suelo de acuerdo a su granulometría y límites de atterberg.

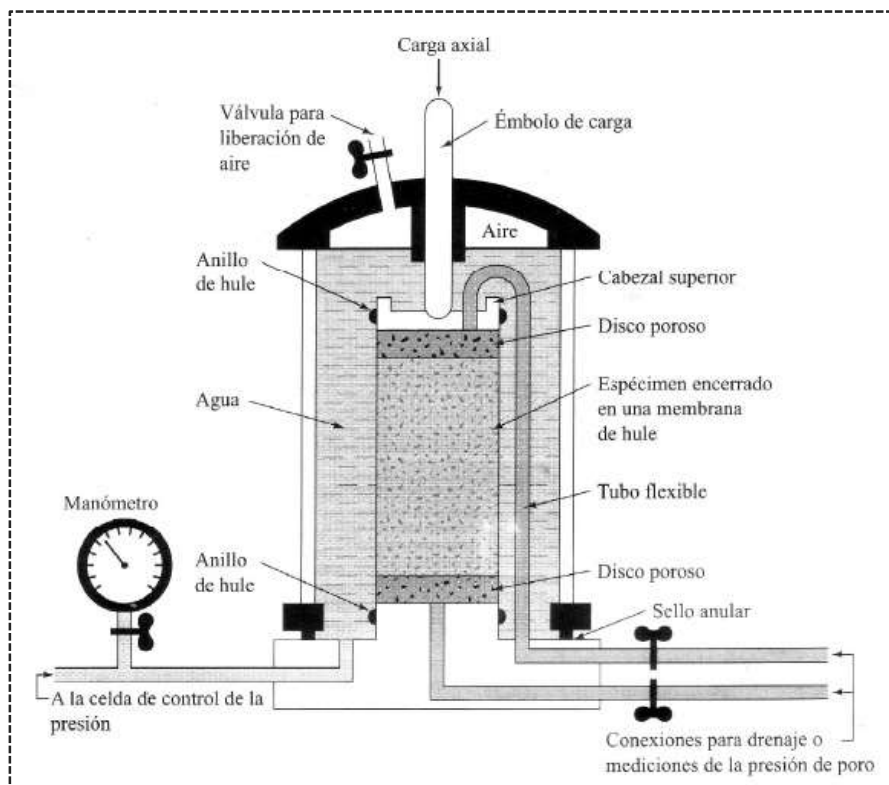
k) Ensayo triaxial No Confinado-No Drenado

▪ Discusión teórica

La prueba triaxial es uno de los métodos más confiables para determinar los parámetros de la resistencia cortante del suelo. Se usa ampliamente tanto para investigaciones como para pruebas convencionales. La prueba se considera confiable por las siguientes razones:

- ❖ Proporciona información sobre el comportamiento esfuerzo-deformación unitaria del suelo, que no suministra la prueba de corte directo.
- ❖ Permite condiciones más uniformes de esfuerzo que la prueba de corte directo con sus concentraciones de esfuerzos a lo largo del plano de falla
- ❖ Provee más flexibilidad en términos de trayectorias de carga.

Ilustración 93. Diagrama del equipo de prueba triaxial



Fuente: (Braja, 2001)

En la prueba de corte triaxial se usa generalmente un espécimen de suelo de aproximadamente 2.7" de diámetro y una altura de 2 a 2.5 veces su diámetro. El espécimen queda encerrado por una membrana delgada de látex y se coloca dentro de una cámara cilíndrica de plástico que se llena usualmente con agua o aire. La probeta que sometida a una presión de confinamiento por compresión del fluido en la cámara. Para generar la falla cortante en el espécimen, se aplica un esfuerzo axial a través de un émbolo vertical de carga (llamado a veces esfuerzo desviador). El esfuerzo puede aplicarse de dos formas:

- ❖ Aplicación de pesos muertos o presión hidráulica en iguales incrementos hasta que el espécimen falla (la deformación axial del espécimen que resulta de la carga aplicada por medio del émbolo se mide con micrómetro).

- ❖ Aplicación de deformación axial a razón constante por medio de una prensa de carga con engranes o hidráulica. Esta es una prueba por deformación unitaria controlada. La carga axial aplicada por el émbolo de carga corresponde a una deformación axial dada es medida por una celda de carga unida al émbolo.

Se proporciona también conexiones para medir el drenaje hacia adentro o hacia afuera del espécimen o para medir la presión de poro del agua (según las condiciones de la prueba).

3 tipos estándar de pruebas triaxiales son generalmente llevadas a cabo:

- ❖ Prueba Consolidación-Drenada, CD (consolidated drained)
- ❖ Prueba Consolidación-No drenada, CU (consolidated undrained)
- ❖ Prueba No consolidación-No drenada, UU (unconsolidated undrained)

El presente informe se harpa desarrollando la prueba UU en la cual no se permite el drenaje del suelo durante la aplicación de la presión de cámara σ_3 y la prueba se lleva a cabo rápidamente para evitar también el drenaje en la etapa de aplicación del esfuerzo desviador. Los resultados se dan en términos de esfuerzos totales.

▪ **Objetivos**

- ❖ Desarrollar el ensayo triaxial no confinado-no drenado e interpretar sus resultados.
- ❖ Determinar el esfuerzo desviador y el esfuerzo principal mayor y menor.
- ❖ Aplicar el círculo de Mohr.
- ❖ Obtener los parámetros del suelo ϕ (ángulo de fricción), c (cohesión).
- ❖ Elaborar las curvas de esfuerzo desviador-deformación unitaria.
- ❖ Revisar la consistencia de los resultados obtenidos.

- **Materiales**

- ❖ 3 calicatas de suelo con humedad natural (vol. aproximado 1pie³)
- ❖ Agua

- **Equipos y herramientas**

- ❖ 1 máquina de ensayo triaxial con capacidad de ensayar muestras de 2.7” de diámetro y 50kN.
- ❖ 1 dispositivo para medición de presión de confinamiento.
- ❖ 1 cámara de presión o triaxial.
- ❖ 1 membrana de látex para proteger especímenes.
- ❖ 1 placa circular superior para la muestra.
- ❖ 1 placa circular inferior para la muestra.
- ❖ 1 tubo expansor de muestras.
- ❖ 1 sierra.
- ❖ 1 espátula.
- ❖ 1 balanza con precisión de al menos el 0.1% del peso.
- ❖ 4 Aros de hule negro para sello.
- ❖ 1 compresor.
- ❖ 1 tanque de almacenamiento de agua.
- ❖ 6 taras para humedad.
- ❖ 1 horno para colocar muestras a $110\pm 5^{\circ}\text{C}$.
- ❖ 1 pie de rey de 0.001” de precisión.

- **Procedimiento de ensayo**

- ❖ Elaborar con las herramientas de corte al menos 3 especímenes cilíndricos de 2.7” de diámetro y una altura de 2 a 2.5 veces el diámetro; teniendo el cuidado de mantener horizontales los extremos de la probeta con respecto al eje vertical. Debe verificarse que el tamaño máximo nominal de la mayor partícula no exceda de 1/6 del diámetro del espécimen.

- ❖ Realizar 3 determinaciones de diámetro de la probeta (en los 3 puntos ubicados a $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, y $\frac{3}{4}$ de su altura) y determinar por lo menos 3 alturas espaciadas a 120° con respecto a su perímetro y registrarlas como D1, D2, D3, H1, H2 y H3 respectivamente.
- ❖ Determinar el peso del suelo húmedo de la probeta y registrarlo como W y el contenido de humedad de la probeta.
- ❖ Calcular y realizar la lista de lecturas de deformación a tomar (en mm) a partir de la altura promedio H de la probeta para las deformaciones unitarias correspondientes a 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 y 15%.
- ❖ Calcular la velocidad de aplicación de carga (deformación unitaria/tiempo) a razón de 1%/min para suelo cohesivo y de 0.3%/min para suelos quebradizos.
- ❖ Colocar la muestra en el expansor de membranas, aplicar succión y fijar los extremos de la membrana a las paredes del tubo.
- ❖ Insertar la probeta al interior del expansor de membranas y soltar de los extremos del tubo la membrana para que se adhiera a las paredes de la probeta.
- ❖ Colocar la probeta envuelta con la membrana sobre la base de la máquina de ensayo, colocándole previamente una placa circular transparente en la parte inferior y cubriendo la placa de base metálica con la membrana para luego colocar los aros de hule para sellar la base inferior.
- ❖ Poner con cuidado al interior de la membrana la placa superior y sellarla con los aros de hule.
- ❖ Colocar la cámara de confinamiento y apretar los seguros verticales.
- ❖ Alinear el vástago de transmisión de carga y el de deformación para que hagan contacto con los dispositivos de transmisión de datos.

- ❖ Encender la máquina e ingresar la velocidad de carga a aplicar, poner a cero los dispositivos que muestran las lecturas de carga y deformación.
- ❖ Notificar al personal de laboratorio la presión de confinamiento a aplicar e ingresar agua a la cámara hasta que se verifique que el dial de esfuerzo que está en la pared llegue al valor deseado.
- ❖ Activar el botón de desplazamiento y tomar pares de lecturas de carga (N) y deformación (mm) (del listado que previamente se calculó) hasta que se presente algunas de las situaciones siguientes:
 - Que no se defina un valor máximo de carga y se alcance una deformación unitaria de 15%.
 - Que se obtenga un valor de carga máximo y que éste ya haya perdido un 20% con respecto a dicho valor.
 - Que se presente una carga máxima y que se alcance un 5% de deformación unitaria más allá de la que se obtuvo para el valor máximo.
- ❖ Hacer un esquema o tomar una fotografía del tipo de falla que presenta la probeta.
- ❖ Abrir la válvula de retorno del agua de la cámara hasta que quede sin agua y presión al interior de ésta.
- ❖ Retirar la cámara de presión y extraer con cuidado la muestra, determinar su peso húmedo y colocar en el horno a 110 ± 5 °C hasta obtener masa constante y calcular su contenido de humedad.

▪ Cálculos

- ❖ Se calcula las deformaciones unitarias y el área corregida por medio de las ecuaciones:

$$\varepsilon = \Delta H / H_0$$

$$A = A_0 / (1 - \varepsilon)$$

Dónde:

ΔH : cambio en la altura del espécimen, leído del indicador de deformación

H_0 : altura inicial del espécimen de prueba

ε : deformación unitaria (expresada como un decimal)

A_0 : área inicial de la sección transversal de la muestra ($A_0 = \pi D^2/4$)

❖ Para calcular es esfuerzo desviador ($\sigma_1 - \sigma_3$):

$$(\sigma_1 - \sigma_3) = P/A$$

Dónde:

P : carga axial aplicada medida (N)

A : área promedio de la sección transversal correspondiente de la muestra (mm²)

❖ Curva esfuerzo-deformación unitaria:

Preparar un gráfico que muestre la relación entre el esfuerzo desviador (diferencia entre los esfuerzos principales) y la deformación unitaria axial, graficar el esfuerzo desviador en el eje de las ordenadas y la deformación unitaria axial (en porcentaje) en el eje de las abscisas. Seleccionar la resistencia a compresión y la deformación unitaria axial de falla de acuerdo con las definiciones que se han indicado con anterioridad.

❖ Calcular los esfuerzos totales principales mayor y menor a la falla:

σ_3 : esfuerzo total principal menor = presión en la cámara triaxial.

σ_1 : esfuerzo desviador de falla más presión de la cámara triaxial.

❖ Círculos de Mohr para al menos tres presiones confinantes, en coordenadas $\tau - \sigma$, y cálculo de c y ϕ .

■ Datos de reporte espécimen 1

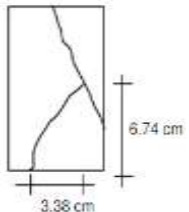
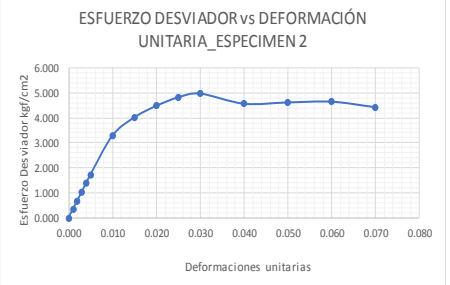
Tabla 51. Datos de reporte ensayo triaxial espécimen 1

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO																										
LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES																										
FECHA TOMA DE MUESTRA:		27/07/2016		FECHA ENSAYO:		28/07/2016																				
ESPECIMEN No.:		01		POR:		JUAN ANDRÉS SEGOVIA BONIFAZ																				
LOCALIZACIÓN:		ALAO SAN ANTONIO-PUNGALÁ-RIOBAMBA		CONDICIÓN MUESTRA:		ESTADO NATURAL																				
				COORD. UTM:		9 791 475.00 m 777 407.00 m 3288.00 msnm																				
ENSAYO COMPRESIÓN TRIAXIAL (UU)																										
ASTM-2850-95 MÉTODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA LA PRUEBA DE COMPRESIÓN TRIAXIAL NO CONSOLIDADA-NO DRENADA EN SUELOS COHESIVOS																										
DATOS INICIALES	Ds (cm):	6.44	H1 (cm):	13.17	Wo (gr):	628.0	Vc (mm/min):	1.3180																		
	Dc (cm):	6.38	H2 (cm):	13.18	Ao (cm ²):	31.87	σ ₃ (kgf/cm ²):	0.5																		
	Di (cm):	6.29	H3 (cm):	13.19	Vo (cm ³):	420.03	RAZÓN DE CARGA (def. unitaria/min):																			
	Dprom (cm):	6.37	Ho (cm):	13.18	γ _o (gr/cm ³):	1.495	1%																			
PORCENTAJE DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN MUESTRA (mm)	LECTURA CELDA DE CARGA (N)	VALOR DE CARGA (kgf)	DEFORMACIÓN UNITARIA ε=(Δh/Ho)	1-ε	ÁREA CORREGIDA (cm ²)	ESFUERZO DESVIADOR P/A, (kgf/cm ²)																			
0.0	0.00	0	0.00	0.000	1.000	31.869	0.000																			
0.1	0.13	79	8.05	0.001	0.999	31.901	0.252																			
0.2	0.26	114	11.62	0.002	0.998	31.933	0.364																			
0.3	0.40	193	19.67	0.003	0.997	31.965	0.615																			
0.4	0.53	242	24.67	0.004	0.996	31.997	0.771																			
0.5	0.66	325	33.13	0.005	0.995	32.029	1.034																			
1.0	1.32	679	69.22	0.010	0.990	32.191	2.150																			
1.5	1.98	800	81.55	0.015	0.985	32.354	2.521																			
2.0	2.64	930	94.80	0.020	0.980	32.519	2.915																			
2.5	3.30	991	101.02	0.025	0.975	32.686	3.091																			
3.0	3.95	1027	104.69	0.030	0.970	32.855	3.186																			
4.0	5.27	1108	112.95	0.040	0.960	33.197	3.402																			
5.0	6.59	1123	114.48	0.050	0.950	33.546	3.412																			
6.0	7.91	1019	103.87	0.060	0.940	33.903	3.064																			
7.0	9.23	1053	107.34	0.070	0.930	34.268	3.132																			
8.0	10.54	1070	109.07	0.080	0.920	34.640	3.149																			
9.0	11.86	1084	110.50	0.090	0.910	35.021	3.155																			
10.0	13.18	1047	106.73	0.100	0.900	35.410	3.014																			
11.0	14.50	0	0.00	0.110	0.890	35.808	0.000																			
12.0	15.82	0	0.00	0.120	0.880	36.215	0.000																			
13.0	17.13	0	0.00	0.130	0.870	36.631	0.000																			
14.0	18.45	0	0.00	0.140	0.860	37.057	0.000																			
15.0	19.77	0	0.00	0.150	0.850	37.493	0.000																			
TIPO DE MATERIAL: SM				DATOS ESPECIMEN (FINAL ENSAYO)																						
CONTENIDO DE AGUA INICIAL				<table border="1"> <tr><td>σ₁-σ₃ (kgf/cm²):</td><td>3.412</td></tr> <tr><td>σ₁ (kgf/cm²):</td><td>3.91</td></tr> </table>		σ ₁ -σ ₃ (kgf/cm ²):	3.412	σ ₁ (kgf/cm ²):	3.91																	
σ ₁ -σ ₃ (kgf/cm ²):	3.412																									
σ ₁ (kgf/cm ²):	3.91																									
<table border="1"> <thead> <tr><th>CÁPSULA No.</th><th>cap7</th><th>cap11</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>Wt+sh (gr):</td><td>76.28</td><td>64.63</td></tr> <tr><td>Wt+ss (gr):</td><td>65.74</td><td>55.79</td></tr> <tr><td>Wagua (gr):</td><td>10.54</td><td>8.84</td></tr> <tr><td>Wt (gr):</td><td>12.30</td><td>9.94</td></tr> <tr><td>w (%):</td><td>19.72</td><td>19.28</td></tr> <tr><td>w promedio (%):</td><td colspan="2">19.50</td></tr> </tbody> </table>		CÁPSULA No.	cap7	cap11	Wt+sh (gr):	76.28	64.63	Wt+ss (gr):	65.74	55.79	Wagua (gr):	10.54	8.84	Wt (gr):	12.30	9.94	w (%):	19.72	19.28	w promedio (%):	19.50		<p>ESQUEMA DE FALLA DEL ESPECIMEN</p>			
CÁPSULA No.	cap7	cap11																								
Wt+sh (gr):	76.28	64.63																								
Wt+ss (gr):	65.74	55.79																								
Wagua (gr):	10.54	8.84																								
Wt (gr):	12.30	9.94																								
w (%):	19.72	19.28																								
w promedio (%):	19.50																									
<p>Simbología:</p> <p>Ds: Diámetro superior Dc: Diámetro central Di: Diámetro inferior Dprom: Diámetro promedio Ho: Altura inicial del espécimen Wo: Peso inicial del espécimen Ao: Área inicial del espécimen Vo: Volumen inicial del espécimen γ_o: Peso volumétrico inicial (húmedo) Vc: Velocidad de carga</p>		<p>σ₁: Esfuerzo principal menor σ₂-σ₃: Esfuerzo desviador σ₃: Esfuerzo principal mayor Wt+sh: Peso de tarso+ suelo húmedo Wt+ss: Peso de tarso+ suelo seco Wagua: Peso del agua Wt: Peso de tarso w(%): Contenido de humedad γ_o: Peso volumétrico seco</p>																								

Fuente: (Tesista, 2016)

■ Datos de reporte espécimen 2

Tabla 52. Datos de reporte ensayo triaxial espécimen 2

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO											
LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES											
FECHA TOMA DE MUESTRA:		27/07/2016		FECHA ENSAYO:		28/07/2016					
ESPECIMEN No.:		02		POR:		JUAN ANDRÉS SEGOVIA BONIFAZ					
LOCALIZACIÓN:		ALAO SAN ANTONIO-PUNGALÁ-RIOBAMBA		CONDICIÓN MUESTRA:		ESTADO NATURAL					
				COORD. UTM:		9 791 455.00 m 777 380.00 m 3300.00 msnm					
ENSAYO COMPRESIÓN TRIAXIAL (UU)											
ASTM-2850-95 MÉTODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA LA PRUEBA DE COMPRESIÓN TRIAXIAL NO CONSOLIDADA-NO DRENADA EN SUELOS COHESIVOS											
DATOS INICIALES	Ds (cm):	5.57	H1 (cm):	13.01	Wo (gr):	515.1	Vc (mm/min):	1.3010			
	Dc (cm):	5.91	H2 (cm):	13.00	Ao (cm ²):	26.15	σ ₃ (kgf/cm ²):	1.0			
	Di (cm):	5.83	H3 (cm):	13.02	Vo (cm ³):	340.19	RAZÓN DE CARGA (def.unitaria/min):				
	Dprom (cm):	5.77	Ho (cm):	13.01	Yo (gr/cm ³):	1.514	1%				
PORCENTAJE DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN MUESTRA (mm)	LECTURA CELDA DE CARGA (N)	VALOR DE CARGA (kgf)	DEFORMACIÓN UNITARIA ε=(ΔH/Ho)	1- ε	ÁREA CORREGIDA (cm ²)	ESFUERZO DESVIADOR P/A _o (kgf/cm ²)				
0.0	0.00	0	0.00	0.000	1.000	26.148	0.000				
0.1	0.13	91	9.28	0.001	0.999	26.174	0.354				
0.2	0.26	178	18.14	0.002	0.998	26.201	0.693				
0.3	0.39	267	27.22	0.003	0.997	26.227	1.038				
0.4	0.52	360	36.70	0.004	0.996	26.253	1.398				
0.5	0.65	448	45.67	0.005	0.995	26.280	1.738				
1.0	1.30	855	87.16	0.010	0.990	26.412	3.300				
1.5	1.95	1050	107.03	0.015	0.985	26.546	4.032				
2.0	2.60	1176	119.88	0.020	0.980	26.682	4.493				
2.5	3.25	1272	129.66	0.025	0.975	26.819	4.835				
3.0	3.90	1318	134.35	0.030	0.970	26.957	4.984				
4.0	5.20	1223	124.67	0.040	0.960	27.238	4.577				
5.0	6.51	1250	127.42	0.050	0.950	27.524	4.629				
6.0	7.81	1271	129.56	0.060	0.940	27.817	4.658				
7.0	9.11	1223	124.67	0.070	0.930	28.116	4.434				
8.0	10.41		0.00	0.080	0.920	28.422	0.000				
9.0	11.71		0.00	0.090	0.910	28.734	0.000				
10.0	13.01		0.00	0.100	0.900	29.054	0.000				
11.0	14.31		0.00	0.110	0.890	29.380	0.000				
12.0	15.61		0.00	0.120	0.880	29.714	0.000				
13.0	16.91		0.00	0.130	0.870	30.055	0.000				
14.0	18.21		0.00	0.140	0.860	30.405	0.000				
15.0	19.52		0.00	0.150	0.850	30.763	0.000				
TIPO DE MATERIAL:		SM									
CONTENIDO DE AGUA INICIAL											
CÁPSULA No.	cap10	cap6									
Wt+sh (gr):	106.63	119.15									
Wt+ss (gr):	91.05	100.96									
Wagua (gr):	15.58	18.19									
Wt (gr):	9.28	9.93									
w (%):	19.05	19.98									
w promedio (%):	19.52										
<p>Datos Especimen (Final Ensayo)</p> <table border="1"> <tr><td>σ₁-σ₃ (kgf/cm²):</td><td>4.984</td></tr> <tr><td>σ₁ (kgf/cm²):</td><td>5.98</td></tr> </table>		σ ₁ -σ ₃ (kgf/cm ²):	4.984	σ ₁ (kgf/cm ²):	5.98	 <p>ESQUEMA DE FALLA DEL ESPECIMEN</p>					
σ ₁ -σ ₃ (kgf/cm ²):	4.984										
σ ₁ (kgf/cm ²):	5.98										
<p>Simbología:</p> <p>Ds: Diámetro superior Dc: Diámetro central Di: Diámetro inferior Dprom: Diámetro promedio Hr: Altura inicial del espécimen Wo: Peso inicial del espécimen Ao: Área inicial del espécimen Vo: Volumen inicial del espécimen Yo: Peso volumétrico inicial (húmedo) Vc: Velocidad de carga</p>		<p>σ₁: Esfuerzo principal mayor σ₂, σ₃: Esfuerzos desviador σ₃: Esfuerzo principal menor Wo+sh: Peso de tara+ suelo húmedo Wo+ss: Peso de tara+ suelo seco Wagua: Peso del agua Wt: Peso de tara w (%): Contenido de humedad Yo: Peso volumétrico seco</p>									
		<p>ESFUERZO DESVIADOR vs DEFORMACIÓN UNITARIA ESPECIMEN 2</p> 									

■ Datos de reporte espécimen 3

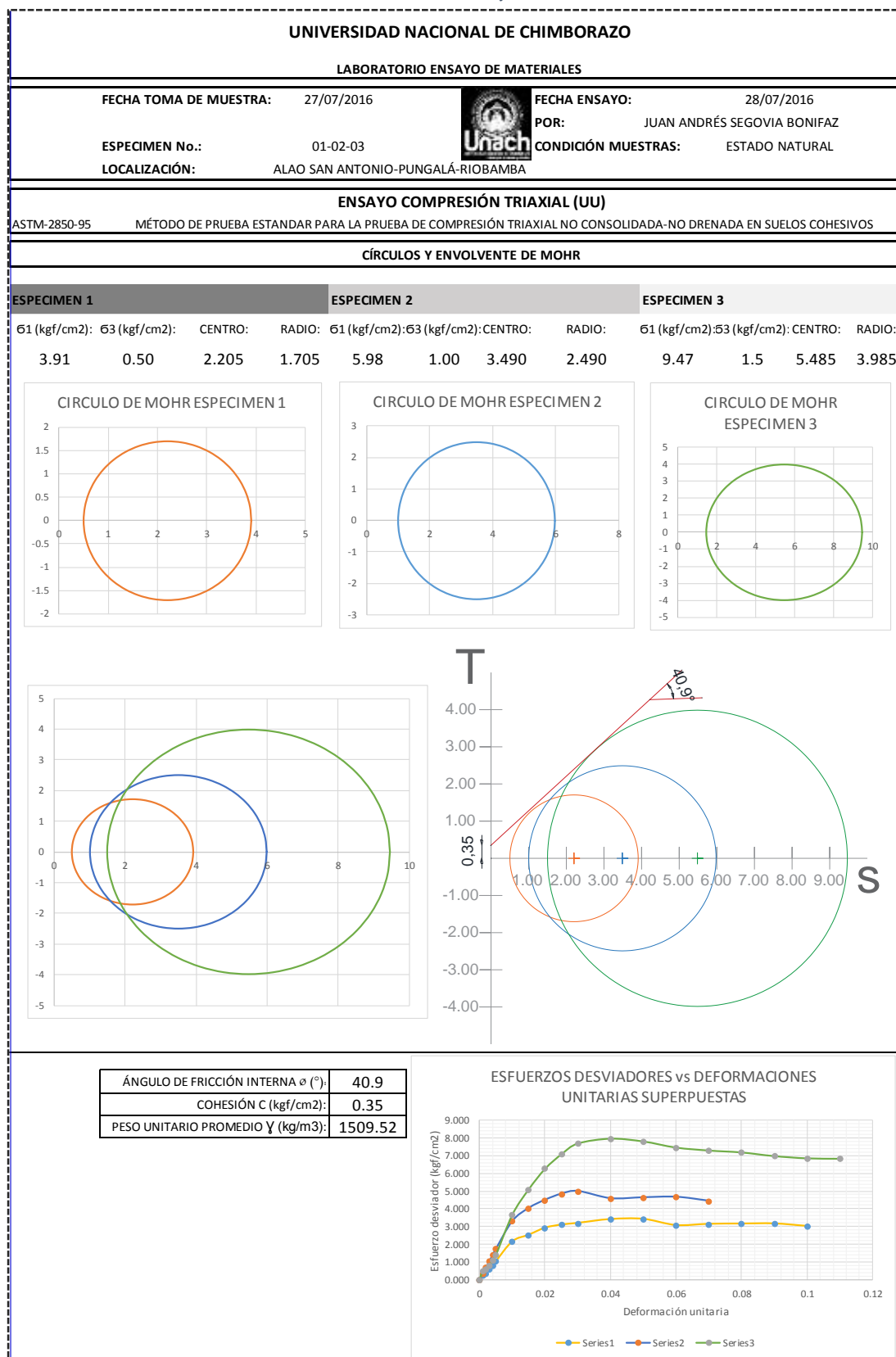
Tabla 53. Datos de reporte ensayo triaxial espécimen 3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO								
LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES								
FECHA TOMA DE MUESTRA:		27/07/2016		FECHA ENSAYO:		28/07/2016		
ESPECIMEN No.:		03		POR:		JUAN ANDRÉS SEGOVIA BONIFAZ		
LOCALIZACIÓN:		ALAO SAN ANTONIO-PUNGALA-RIOBAMBA		CONDICIÓN MUESTRA:		ESTADO NATURAL		
				COORD. UTM		9 791 414.00 m 777 370.00 m 3322.00 msnm		
ENSAYO COMPRESIÓN TRIAXIAL (UU)								
ASTM-2850-95 MÉTODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA LA PRUEBA DE COMPRESIÓN TRIAXIAL NO CONSOLIDADA-NO DRENADA EN SUELOS COHESIVOS								
DATOS INICIALES	Ds (cm):	6.33	H1 (cm):	13.46	Wo (gr):	645.1	Vc (mm/min):	1.3450
	Dc (cm):	6.25	H2 (cm):	13.44	Ao (cm ²):	31.57	σ ₃ (kgf/cm ²):	1.5
	Di (cm):	6.44	H3 (cm):	13.45	Vo (cm ³):	424.61	RAZÓN DE CARGA (def.unitaria/min):	
	Dprom (cm):	6.34	Ho (cm):	13.45	γ _o (gr/cm ³):	1.519		1%
PORCENTAJE DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN MUESTRA (mm)	LECTURA CELDA DE CARGA (N)	VALOR DE CARGA (kgf)	DEFORMACIÓN UNITARIA ε=(ΔH/Ho)	1-ε	ÁREA CORREGIDA (cm ²)	ESFUERZO DESVIADOR P/A (kgf/cm ²)	
0.0	0.00	0	0.00	0.000	1.000	31.570	0.000	
0.1	0.13	152	15.49	0.001	0.999	31.601	0.490	
0.2	0.27	188	19.16	0.002	0.998	31.633	0.606	
0.3	0.40	245	24.97	0.003	0.997	31.665	0.789	
0.4	0.54	345	35.17	0.004	0.996	31.696	1.110	
0.5	0.67	432	44.04	0.005	0.995	31.728	1.388	
1.0	1.35	1147	116.92	0.010	0.990	31.888	3.667	
1.5	2.02	1603	163.40	0.015	0.985	32.050	5.098	
2.0	2.69	1979	201.73	0.020	0.980	32.214	6.262	
2.5	3.36	2250	229.36	0.025	0.975	32.379	7.084	
3.0	4.04	2456	250.36	0.030	0.970	32.546	7.692	
4.0	5.38	2570	261.98	0.040	0.960	32.885	7.966	
5.0	6.73	2546	259.53	0.050	0.950	33.231	7.810	
6.0	8.07	2459	250.66	0.060	0.940	33.585	7.464	
7.0	9.42	2430	247.71	0.070	0.930	33.946	7.297	
8.0	10.76	2420	246.69	0.080	0.920	34.315	7.189	
9.0	12.11	2376	242.20	0.090	0.910	34.692	6.982	
10.0	13.45	2359	240.47	0.100	0.900	35.077	6.855	
11.0	14.80	2377	242.30	0.110	0.890	35.471	6.831	
12.0	16.14		0.00	0.120	0.880	35.874	0.000	
13.0	17.49		0.00	0.130	0.870	36.287	0.000	
14.0	18.83		0.00	0.140	0.860	36.709	0.000	
15.0	20.18		0.00	0.150	0.850	37.141	0.000	
TIPO DE MATERIAL:		SM						
CONTENIDO DE AGUA INICIAL								
CÁPSULA No.	cap26w	cap3						
Wt+sh (gr):	99.05	109.86						
Wt+ss (gr):	86.54	96.00						
Wagua (gr):	12.51	13.86						
Wt (gr):	9.59	9.67						
w (%):	16.26	16.05						
w promedio (%):	16.16							
Simbología:								
Ds:	Diámetro superior							
Dc:	Diámetro central							
Di:	Diámetro inferior							
Dprom:	Diámetro promedio							
Ho:	Altura inicial del espécimen							
Wo:	Peso inicial del espécimen							
Ao:	Área inicial del espécimen							
Vo:	Volumen inicial del espécimen							
γ _o :	Peso volumétrico inicial (diámetro)							
Vc:	Velocidad de carga.							
σ ₁ :	Esfuerzo principal menor							
σ ₂ :	Esfuerzo principal decesimal							
σ ₃ :	Esfuerzo principal mayor							
Wt+sh:	Peso de taras suelo húmedo							
Wt+ss:	Peso de taras suelo seco							
Wagua:	Peso del agua							
Wt:	Peso de taras							
w (%):	Contenido de humedad							
γ _o :	Peso volumétrico seco							
DATOS ESPECIMEN (FINAL ENSAYO)								
σ ₁ -σ ₃ (kgf/cm ²):		7.966						
σ ₁ (kgf/cm ²):		9.47						
ESQUEMA DE FALLA DEL ESPECIMEN								
ESFUERZO DESVIADOR vs DEFORMACIÓN UNITARIA_ESPECIMEN 3								

Fuente: (Tesista, 2016)

■ Parámetros ensayo triaxial

Tabla 54. *Parámetros ensayo triaxial*



Fuente: (Tesista, 2016)

l) Propiedades índices del suelo

▪ Contenido de humedad

El contenido de humedad de un suelo es la relación del cociente del peso de agua (w_{agua}) y el peso de suelo seco ($w_{suelo\ seco}$), esto se expresa en términos de porcentaje:

$$w = \frac{w_{agua}}{w_{suelo\ seco}} * 100$$

w. espécimen 1: 19.50%

w. espécimen 2: 19.52%

w. espécimen 3: 16.16%

w. promedio: 18.39%

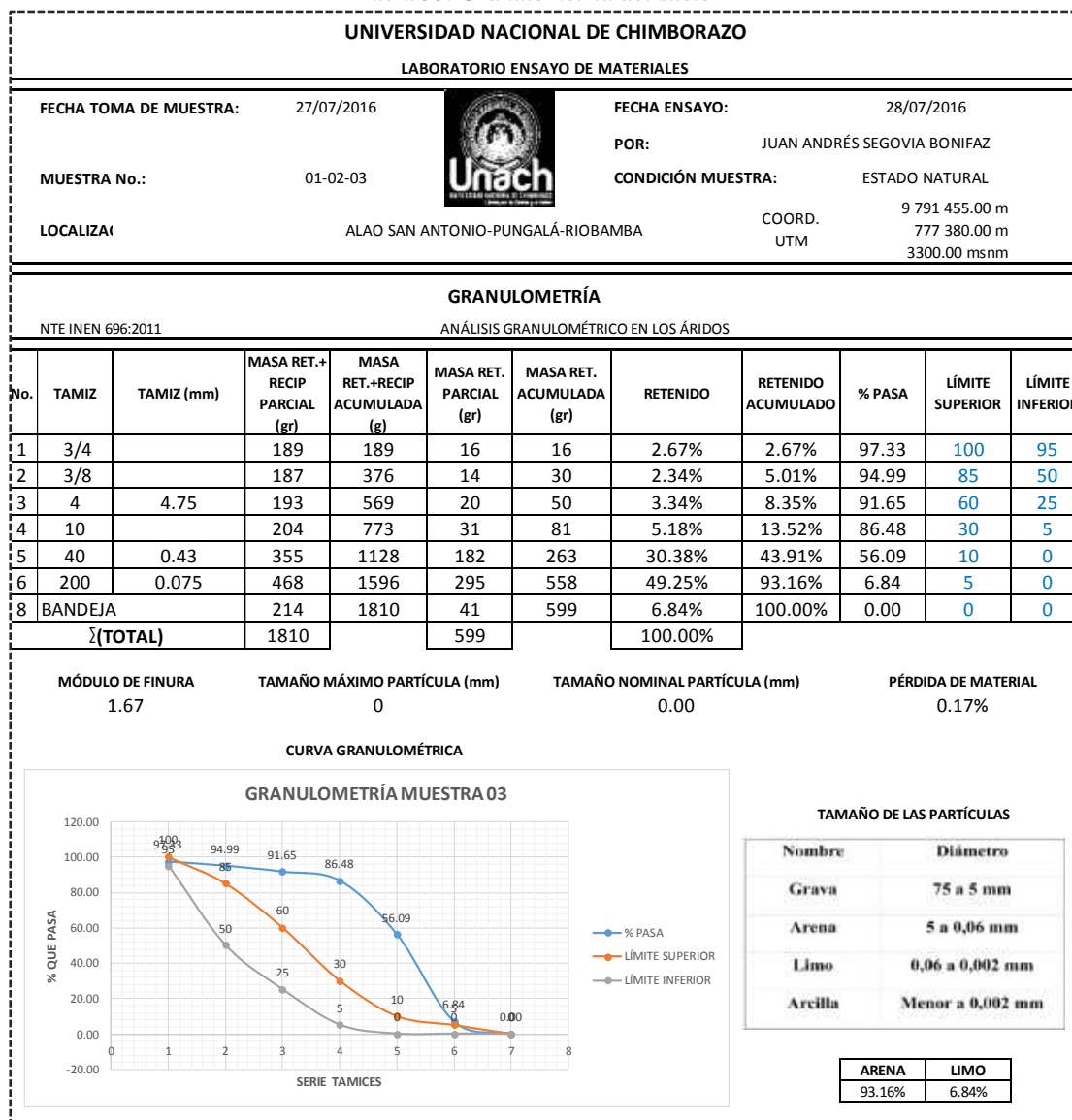
▪ Granulometría

La granulometría se define como la distribución de los diferentes tamaños de las partículas de un suelo, expresado como un porcentaje en relación con el peso total de la muestra seca.

El método de determinación granulométrico más sencillo es el ensayo de tamizado que para su realización utiliza una serie de tamices con diferentes diámetros que son ensamblados en una columna. En la parte superior, donde se encuentra el tamiz de mayor diámetro, se agrega el material original y la columna de tamices se somete a vibración y movimientos rotatorios intensos en una máquina especial. Luego de algunos minutos, se retiran los tamices y se desensamblan, tomando por separado los pesos de material retenido en cada uno de ellos y que, en su suma, deben corresponder al peso total del material que inicialmente se colocó en la columna de tamices.

Desde el punto de vista de la mecánica de suelos, un material heterogéneo se considera bien graduado, y sus propiedades mecánicas ofrecen mayor calidad. Un material homogéneo se considera mal graduado, sus propiedades mecánicas son deficientes.

Tabla 55. Granulometría del suelo



Fuente: (Tesis, 2016)

De acuerdo al tamaño nominal de la partícula, el material corresponde a una arena Tipo SM

Además es un suelo homogéneo, mal graduado.

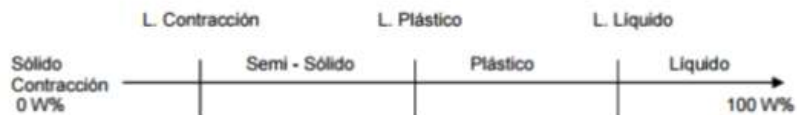
- **Límite líquido**

Es el contenido de agua tal que para un material dado, fija la división entre el estado casi líquido y plástico de un suelo. Es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como material plástico. A este nivel de contenido de humedad el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento al de un fluido viscoso.

El valor del límite líquido es el resultante a los 25 golpes en la gráfica % humedad-# de golpes, determinado después del procedimiento llevado a cabo en el equipo de casa grande.

- **Límite plástico**

Definido como el contenido de agua en el punto de transición de la muestra, de un estado líquido a un estado plástico, en donde el suelo adquiere una cierta resistencia al corte.



- **Índice plástico**

Se define como la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico.

Un índice de plasticidad bajo, como por ejemplo del 5%, significa que un pequeño incremento en el contenido de humedad de suelo lo transforma de semisólido a la condición de líquido, es decir resulta muy sensible a los cambios de humedad. Por el contrario, un índice de plasticidad alto, como por ejemplo del 20%, indica que para que un suelo pase del estado semisólido al líquido, se le debe agregar gran cantidad de agua.

Este valor permite determinar los parámetros de asentamiento de un suelo y su expansividad potencial.

Los procedimientos para determinar los límites de atterberg son los planteados por la norma ASTM D 4318. Por ser una arena no posee índice de plasticidad, es un suelo NP, no plástico.

m) Análisis cinemático de la ladera

▪ Geología

La zona de estudio se caracteriza por localizarse dentro de una micro-cuenca con un relieve escarpado dentro de un rango de 24 a 32%.

Los procesos denudativos (desprendimiento de la capa superior de tierra) presentes en esta zona están asociados a deslizamientos activos, por la acción de las aguas lluvias, de escorrentía y aguas superficiales presentes.

▪ Geomorfología

Las geoformas del terreno, en general, corresponden a zonas de ladera con pendientes fuertes y alargadas disectadas por los drenajes permanentes en el sector.

Los procesos de erosión natural conjuntamente con los desprendimientos de tierra han producido movimientos de masa a lo largo de la ladera, generando depósitos que han quedado colgados en su camino por la pendiente hasta llegar a la zona de acumulación del material.

- **Morfometría**

La pendiente general del terreno es escarpada (31.86%) lo cual ya es un factor de inestabilidad potencial, sumado a las intensas precipitaciones y el cambio de esfuerzos activos en la masa.

Se identifican 7 rangos de pendiente predominantes, menores al 5%, del 5% al 12%, del 12% al 18%, del 18% al 24%, del 24% al 32%, del 32% al 44% y mayores al 44%. Dentro del rango de 32% a 44% de inclinación la zona inestable de la ladera donde ha ocurrido el deslizamiento.

- **Uso del suelo**

En el sector de la ladera evaluada se encuentra cobertura vegetal, en suelo del tipo Inceptisol y Mollisol.

Suelos Inceptisoles presentes en vertientes de montaña en los pisos térmicos muy frío, frío y medio, con una capa de al menos 50cm de profundidad.

Suelos del tipo Mollisol, suelos minerales con contenidos intermedios de materia orgánica y buenas características físicas (estructura, textura y consistencia), reúnen además buenas características morfológicas, propiedades físicas y químicas que los hacen aptos para uso agrícola, con una capa de alrededor 1.25m de profundidad.

▪ Geotecnia

Para la realización de estos análisis no se hizo prospección geotécnica, los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio se tomaron del estudio realizado a la ladera donde se presentó el deslizamiento.

El método de exploración utilizado para la zona de análisis consistió en la realización de sondeos manuales, de los cuales se extrajeron muestras significativas para ser ensayadas en laboratorio.

Los ensayos realizados para conocer las propiedades físicas fueron: humedad natural y peso unitario en estado seco y en estado natural, y para determinar las propiedades mecánicas se hizo un ensayo triaxial no consolidado no drenado.

Se obtuvieron las siguientes propiedades:

Tabla 56. *Parámetros físicos y mecánicos del suelo*

ENSAYO	VALOR
LIMITE LIQUIDO	NP
INDICE DE PLASTICIDAD	
LIMITE PLASTICO	
PESO UNITARIO NATURAL	1.509 Ton/m ³
PESO UNITARIO SECO	1.450 Ton/m ³
ANGULO DE FRICCION	40.90 °
COHESION	3.5 Ton/m ²

Fuente: (Tesista, 2016)

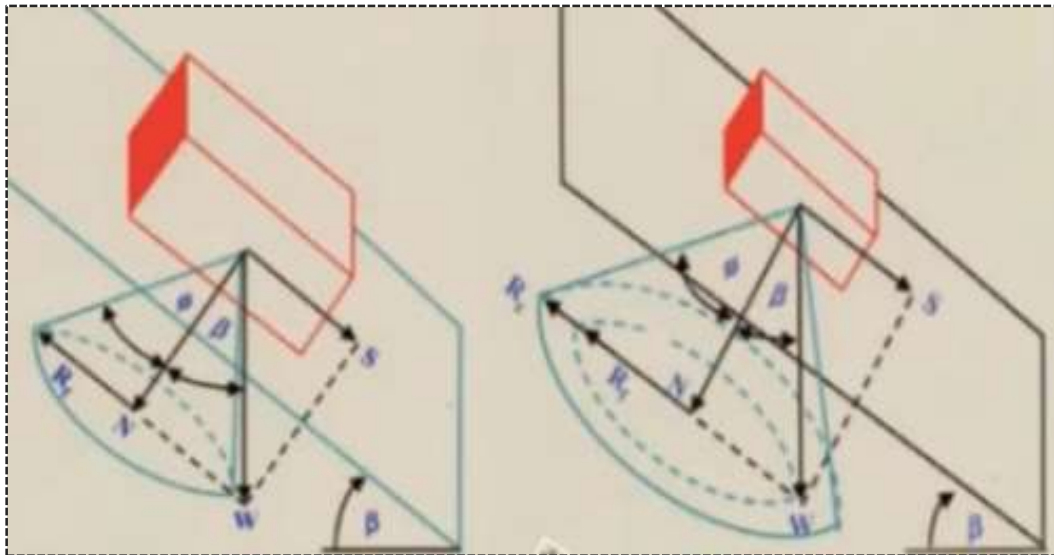
▪ **Concepto de cono de fricción**

Suponemos el plano inclinado de buzamiento β (24° en ladera de estudio), en el cual existe un bloque que tiene un peso W . Donde generamos un cono, por la parte de abajo, el cual va a tener un ángulo ϕ con respecto a la bisectriz, de diámetro 2ϕ .

Se dice que, si el peso W cae fuera del área de influencia del cono de fricción, entonces el bloque se desliza ya que éste ha vencido la resistencia del ángulo de fricción interna del suelo y el factor de seguridad será menor que 1.

Por el contrario si el peso cae dentro del cono de fricción el bloque será estable y su factor de seguridad será mayor que 1.

Ilustración 94. Escenarios típicos del cono de fricción para estabilidad de laderas

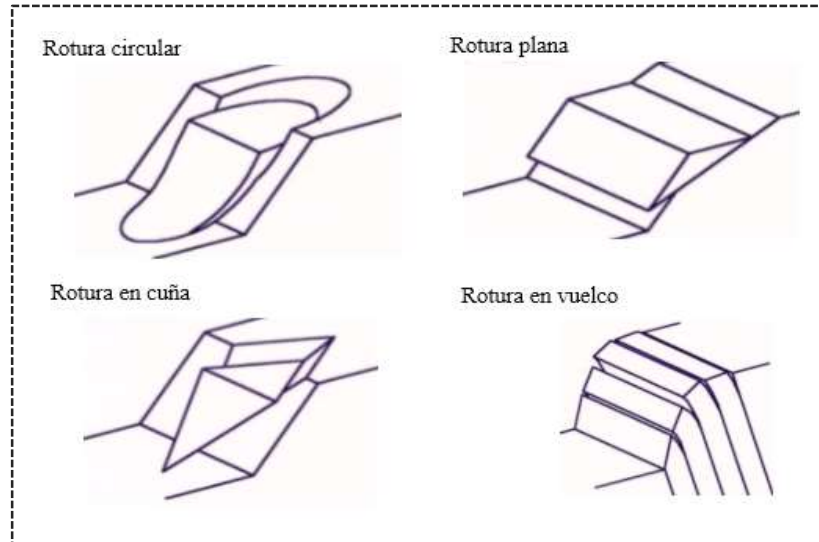


Fuente: (Tesis, 2016)

- **Mecanismos de rotura en taludes naturales**

Se presentan generalmente cuatro tipos de rotura:

Ilustración 95. *Tipos de rotura en un talud natural*



Fuente: (Tesista, 2016)

De acuerdo al análisis del desprendimiento, se trabajará con una falla de tipo circular.

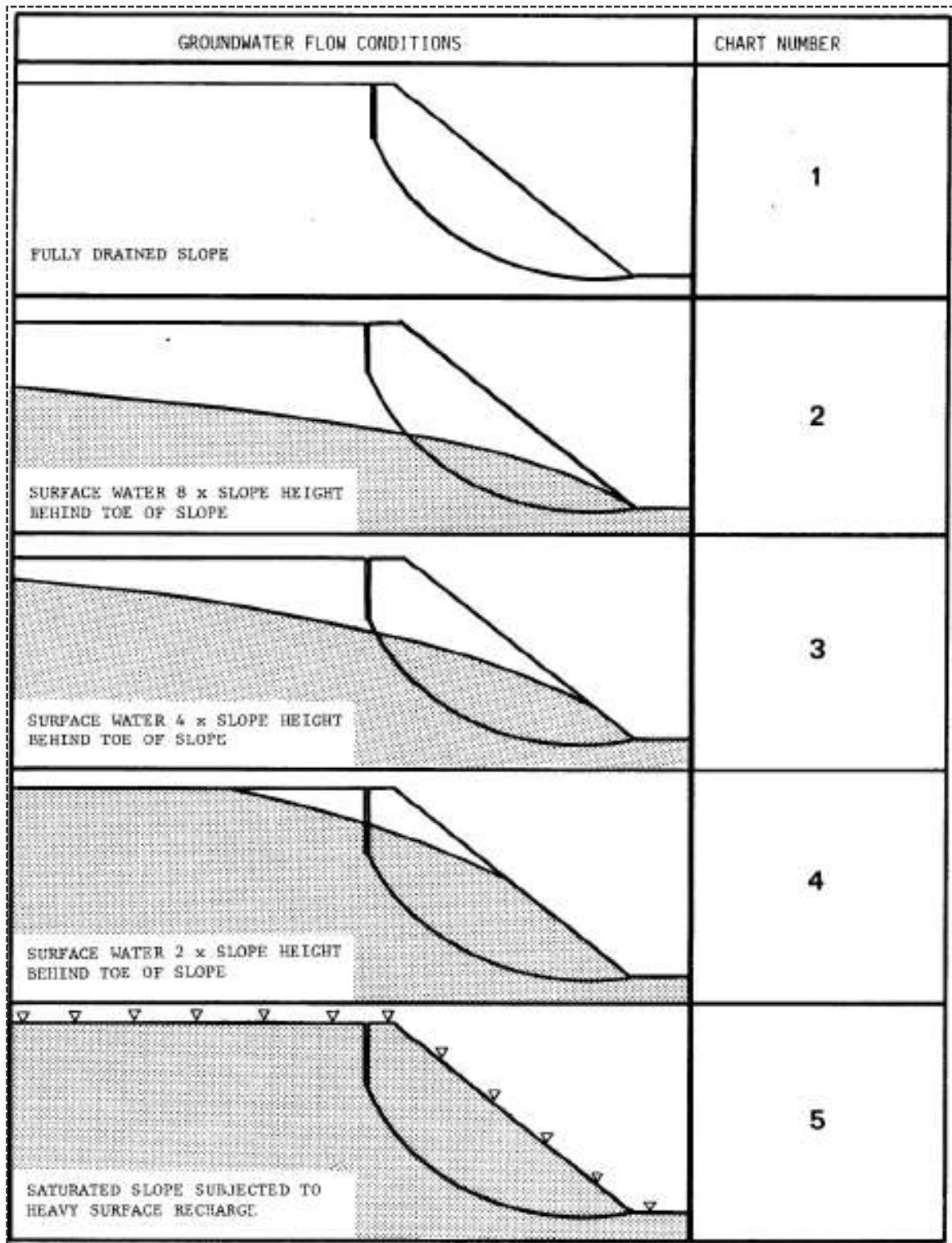
- **Análisis de estabilidad por el método de Hoek y Bray**

El análisis de la estabilidad de un talud es un proceso de tanteos, con suposiciones de las condiciones más críticas que en un momento dado se pueden presentar.

Para este caso en particular se evalúa el factor de seguridad con el propósito de conocer la probabilidad de falla del talud natural.

Este análisis está basado en el método del círculo de rozamiento, estudia los taludes naturales con filtración además de considerar la formación de una grieta de tracción. Se usarán los diferentes modelos de ábacos para determinar los parámetros de cálculo.

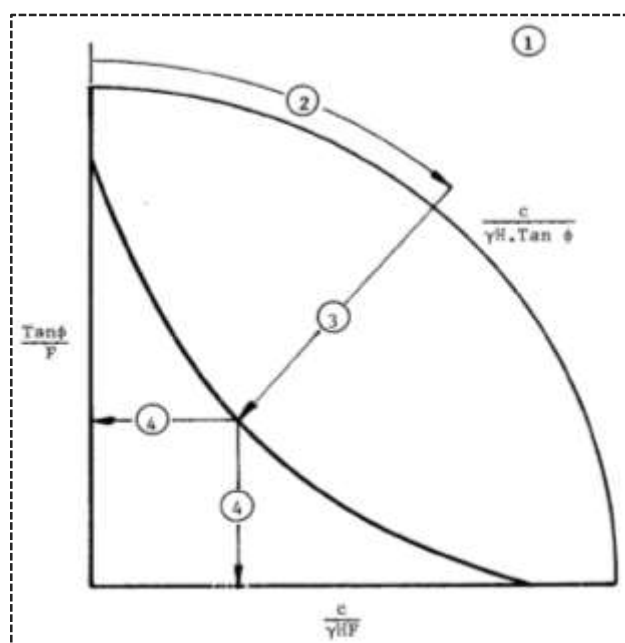
Ilustración 96. Condiciones de flujo



Fuente: (Cañizal)

De acuerdo a las características que se han encontrado en la zona de deslizamiento, se ha optado por realizar el análisis para las condiciones 1, 3 y 5. Siendo 1 para un talud sin presencia del nivel freático o afloramiento de agua a la superficie, 2 para un talud parcialmente saturado por la presencia de un ojo de agua por el cual aflora agua y 3 en condiciones saturadas que se presenta bajo precipitaciones eventuales considerables.

Ilustración 97. Procedimiento de uso de los ábacos



Fuente: (Cañizal)

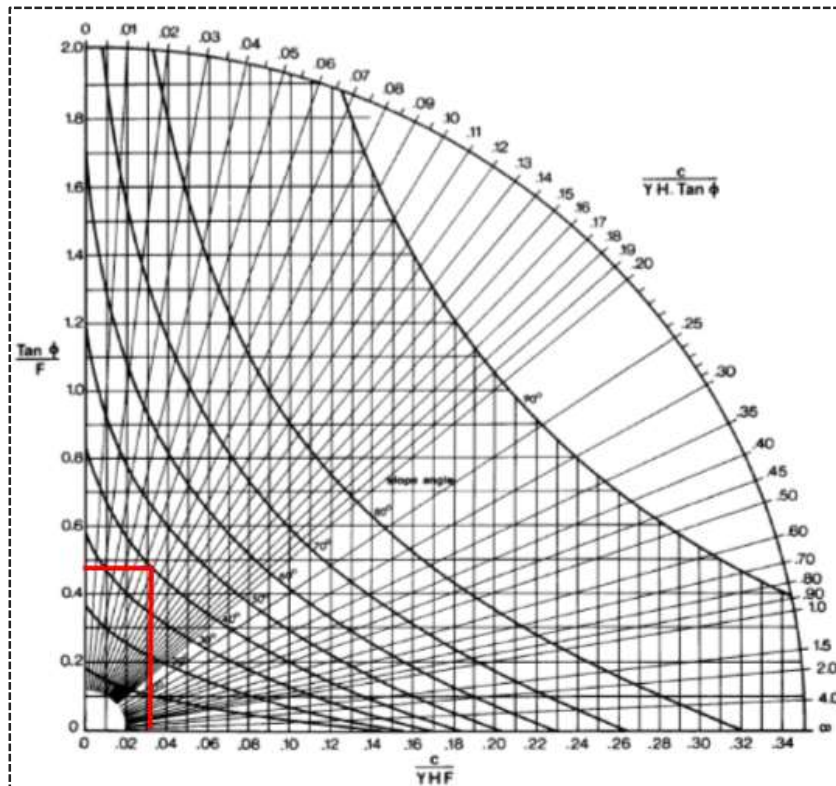
❖ Condición Seca (1)

c (Ton/m ²)	3.5
γ (Ton/m ³)	1.45
H (m)	40
φ (°)	40.90
β (°)	23

$$\frac{c}{\gamma * H * Tg\phi} = 0.070$$

Aplicamos el ábaco 1.

Ilustración 98. Ábaco falla circular #1



Fuente: (Cañizal)

Del ábaco tomamos:

$$\frac{Tg\phi}{F} = 0.48$$

Despejando obtenemos el factor de seguridad relacionado con el ángulo de fricción:

$$F = 1.80$$

$$\frac{c}{\gamma * H * F} = 0.035$$

Despejando obtenemos el factor de seguridad relacionado con la cohesión:

$$F = 1.72$$

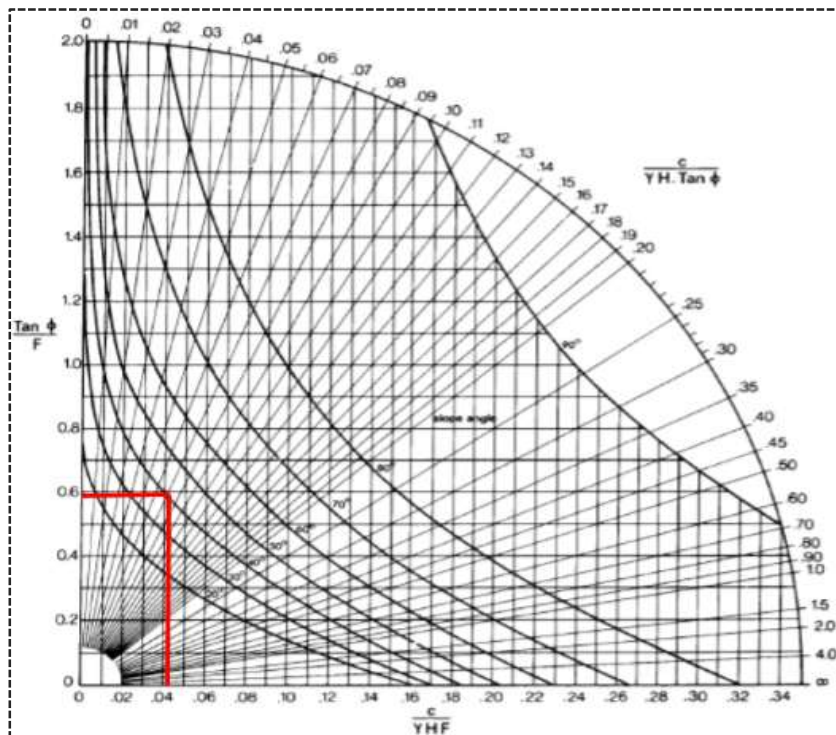
❖ Condición Parcialmente Saturada (3)

c (Ton/m ²)	3.5
γ (Ton/m ³)	1.5
H (m)	40
φ (°)	40.9
β (°)	23

$$\frac{c}{\gamma * H * Tg\phi} = 0.067$$

Aplicamos el ábaco 3.

Ilustración 99. Ábaco falla circular #3



Fuente: (Cañizal)

Del ábaco tomamos:

$$\frac{Tg\phi}{F} = 0.60$$

Despejando obtenemos el factor de seguridad relacionado con el ángulo de fricción:

$$F = 1.44$$

$$\frac{c}{\gamma * H * F} = 0.040$$

Despejando obtenemos el factor de seguridad relacionado con la cohesión:

$$F = 1.46$$

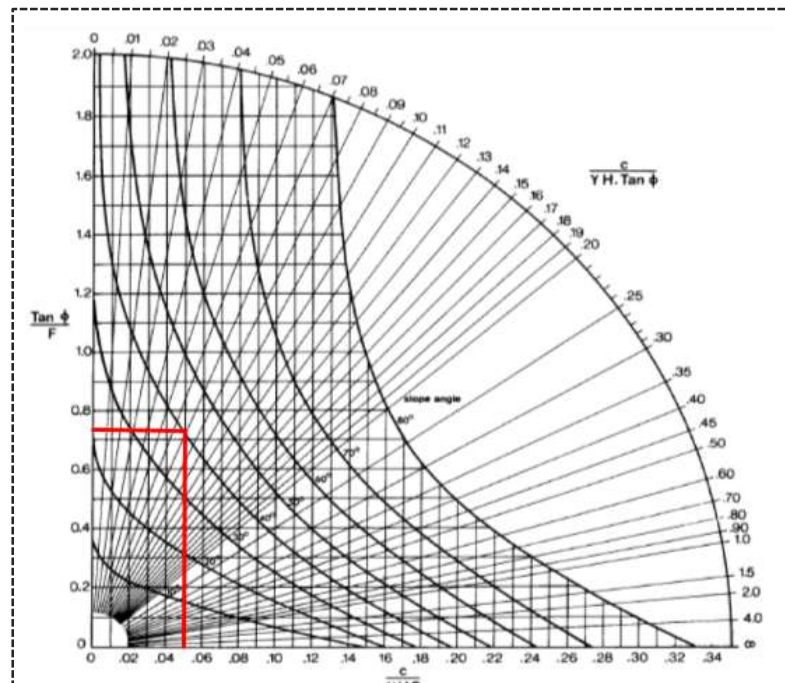
❖ Condición Saturada (5)

c (Ton/m ²)	3.5
γ (Ton/m ³)	1.55
H (m)	40
φ (°)	40.9
β (°)	23

$$\frac{c}{\gamma * H * Tg\phi} = 0.098$$

Aplicamos el ábaco 5.

Ilustración 100. Ábaco falla circular #5



Fuente: (Cañizal)

Del ábaco tomamos:

$$\frac{Tg\phi}{F} = 0.62$$

Despejando obtenemos el factor de seguridad relacionado con el ángulo de fricción:

$$F = 0.93$$

$$\frac{c}{\gamma * H * F} = 0.062$$

Despejando obtenemos el factor de seguridad relacionado con la cohesión:

$$F = 0.91$$

Tabla 57. Resumen análisis cinemático Talud Natural

METODO	CONDICION	F.S	DESCRIPCIÓN ESTADO	
HOEK Y BRAY	SECO CON ϕ	1.80	ESTABLE	
	SECO CON c	1.72	ESTABLE	
	PARCIALMENTE SATURADO CON ϕ	1.44	ESTABLE	
	PARCIALMENTE SATURADO CON c	1.46	ESTABLE	
	SATURADO CON ϕ	0.93		INESTABLE
	SATURADO CON c	0.91		INESTABLE

Fuente: (Tesis, 2016)

3.5.15. Parámetros de calificación para Geología y Geotécnica aplicados a deslizamientos

Una vez realizado el análisis cinemático de la ladera susceptible a desprendimientos, su medio de traslación, el flujo de lodo y la zona de acumulación, se cuantificará de acuerdo a la tabla anexa el nivel de impacto en que éste fenómeno incide directa o indirectamente en la infraestructura vial sobre el río Alao, dado que la población de San Antonio de Alao, en la zona de acumulación del deslizamiento, realizó una canalización para conducir el agua-lodo hacia el cauce del río para mitigar la acumulación de material en la zona y las afectaciones en la red viaria del sector.

La tabla describe en una escala progresiva, que va desde 1 a 5, el grado de impacto.

Tabla 58. Grado de impacto por estabilización de masas

GRADO DE IMPACTO	DESCRIPCIÓN
1	Talud natural estable
2	Talud natural susceptible a desprendimientos de masa debido a la sismología en el sector, fallas y/o fracturas en la superficie del terreno
3	Talud natural susceptible a desprendimientos de masa debido a inestabilidad por saturación de agua por fenómenos meteorológicos eventuales de precipitaciones intensas, y/o presencia de nivel freático
4	Talud natural susceptible a desprendimientos de masa debido al cambio de esfuerzos activos en la masa por su peso propio, y/o características físicas y mecánicas del suelo, sin necesidad de presencia de condiciones especiales.
5	Talud natural inestable, reúne todas las condiciones anteriores

Fuente: (Tesis, 2016)

La calificación de acuerdo al grado de impacto, corresponde a **3** debido a que, la cinemática de activación para el desprendimiento de masa ocurre bajo condiciones meteorológicas eventuales por precipitaciones intensas y presencia de nivel freático.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Resumen: conclusiones parámetros de calificación

A continuación se detalla una síntesis de la investigación en la cual se representan los elementos analizados y su grado de afectación e impacto en cuanto respecta a serviciabilidad y funcionalidad de la infraestructura vial sobre el río Alao.

Tabla 59. Resumen parámetros de calificación

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN
3.5.8	Inventario e Inspección del Puente	3
3.5.10	Análisis hidrológico e hidráulico del río Alao	5
3.5.12	Tráfico y movilidad	4
3.5.14	Geología y geotécnica aplicados a deslizamientos de masas	3
Calificación promedio:		3.75

Fuente: (Tesis, 2016)

4.2. Análisis de Vulnerabilidad de la infraestructura vial sobre el río Alao

La vulnerabilidad ha sido definida por la UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) como la entidad del daño implantado a un elemento o grupo de elementos susceptibles a riesgo, resultado de la probable ocurrencia de un evento desastroso, expresada en una escala desde 0 (sin daño) a 1 (pérdida total); se aceptan también valores fraccionarios.

El análisis de vulnerabilidad puede ser cualitativo o cuantitativo, permitiendo definir niveles de vulnerabilidad, en función de una serie de variables e indicadores del grado de exposición.

Para el análisis de vulnerabilidad de la infraestructura vial sobre el río Alao, que se ha calificado en una escala de 1 a 5, se efectúa la siguiente tabla, en la que se realiza un cambio en los parámetros de calificación para adoptar los establecidos dentro de la escala de 0 a 1, además de proporcionar niveles que representen una cualidad para cada indicador.

Tabla 60. Cuadro de niveles de vulnerabilidad

NIVELES DE VULNERABILIDAD		
1	0	V (sin daños)
2	0.25	IV (daños menores)
3	0.50	III (daños moderados)
4	0.75	II (daños mayores)
5	1	I (daños catastróficos, pérdida total)

Fuente: (Tesista, 2016)

De acuerdo a la calificación promedio obtenida al estudiar los diferentes componentes y elementos de la infraestructura vial sobre el río Alao, de valor 3.75, el nivel de vulnerabilidad se encuentra entre daños moderados a daños mayores, de III a II.

4.3. Análisis de Riesgo

El riesgo es la cuantificación de un peligro en términos de probabilidad que produzca ciertos daños.

El riesgo para la sociedad se puede considerar como el producto entre la dimensión del desastre y la probabilidad de su acontecimiento, dicho en otras palabras, el producto de la peligrosidad y la vulnerabilidad.

$$R = HxV$$

Dónde:

R: riesgo, grado de pérdida esperado (daño)

H: peligrosidad, probabilidad de recurrencia de un fenómeno de determinada intensidad, en un período de tiempo y en un área establecida

V: vulnerabilidad

4.3.1. Identificación de peligros

A través de un análisis retrospectivo, se realiza la identificación de fenómenos naturales y la probabilidad de que ocurran en un tiempo y área específica.

Para clasificar el peligro, se debe considerar la probabilidad de ocurrencia con la que se presenta, tal como se indica a continuación:

Tabla 61. Categorización por probabilidad de ocurrencia de fenómenos naturales

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	CATEGORÍA
Casi Certa	A
Muy Probable	B
Posible	C
Improbable	D
Rara	E

Fuente: (Tesista, 2016)

4.3.2. Evaluación del riesgo

Un análisis de riesgo consiste en estimar las pérdidas probables para los diferentes eventos peligrosos posibles. Evaluar el riesgo es relacionar los peligros y las vulnerabilidades con el fin de determinar el nivel de riesgo. En ese sentido, el análisis y clasificación de los riesgos determinan de manera cualitativa el nivel de riesgo, variando desde riesgo bajo hasta riesgo extremo, como se muestra en la matriz de riesgo siguiente:

Ilustración 101. Matriz de riesgo

		VULNERABILIDAD						
		V	IV	III	II	I		
PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	A	M	A	A	E	E	A	
	B	B	M	A	A	E	B	
	C	B	M	M	A	A	C	
	D	B	B	M	M	A	D	
	E	B	B	B	B	M	E	
		V	IV	III	II	I		
		VULNERABILIDAD						

B: BAJO
 M: MODERADO
 A: ALTO
 E: EXTREMO

Fuente: (Tesista, 2016)

El riesgo de acuerdo a la vulnerabilidad y a la probabilidad de ocurrencia, es alto.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Una vez realizado el estudio de vulnerabilidad de la infraestructura vial sobre el río Alao y determinado el riesgo que esta presenta, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- El informe de inventario, inspección y evaluación de los elementos constitutivos del puente que salva el cauce del río Alao ha reflejado, dada su calificación de 3 (en una escala de 1 a 5), que el conjunto como estructura no se encuentra en malas condiciones. La serviciabilidad y funcionabilidad de los elementos es aceptable para seguir brindando seguridad y transitabilidad a los pobladores de ambos sectores de estudio. Sin embargo, al analizar elemento por elemento, es necesario recalcar que cada uno de ellos debe ser intervenido mediante un mantenimiento y algunos, como los balaustres de hormigón armado, deben ser rehabilitados para su correcto funcionamiento.

- El estudio realizado al sistema hidrológico del río Alao, se lo realizó tanto para condiciones normales como para condiciones de crecida máxima del cauce para un período de retorno de 50 años. Bajo condiciones de avenida máxima se realizaron los cálculos pertinentes tomando como referencia primordial datos publicados por el INAMHI de precipitaciones registradas en períodos de El

Niño Oscilación del Sur (ENOS) de 1997-1998, con el fin de simular el comportamiento más crítico de la condición del cauce; determinando una altura de crecida del río de 3.18m sobre el nivel actual para un caudal de 187.39 m³/seg con un tiempo de concentración de 1hora 20minutos 16segundos y una intensidad de lluvia de 10.70mm/hora. La altura de seguridad, comprendida entre la base de la viga cajón y el nivel de crecida máxima, para permitir el paso de palizadas no debe ser menor a 1.50m de acuerdo a normativas y el puente posee una altura de alrededor 1.82m, previendo así el aumento del caudal por factores externos como la presencia de agua-lodo debido a deslizamientos de tierra. Se obtuvo además las zonas de desborde del cauce para alturas menores a los 3144.70 m.s.n.m.

- En lo que respecta al tráfico y movilidad dentro de la red viaria, por medio de conteos manuales se determinó que por el punto de control de tráfico pasan 54 vehículos diariamente, que comprende un 11.11% motos, 53.70% vehículos livianos, 27.78% buses de transporte público y un 7.41% de camiones de hasta dos ejes. La densidad poblacional corresponde a 6.84 habitantes por hectárea, obtenida a partir de 810 habitantes repartidos en una superficie de 235.82 hectáreas. Las características geométricas del trazado de las vías principales son insuficientes, generando puntos conflictivos, mismos que inciden dentro de la pérdida de movilidad. Además, debido a que existe un solo punto de comunicación entre las dos comunidades (puente sobre el río Alao), el tránsito de vehículos se ve interrumpido, dado a la falta de vías alternas para mejorar la comunicación y fluidez del tráfico.

- Se concluye además que los deslizamientos de tierra que se han suscitado en el sector ocurren, según información de los pobladores, cuando hay presencia de lluvias intensas por largos períodos; lo que se ha verificado al realizar el análisis cinemático del movimiento de masas, que al comparar tres casos, uno en el cual el talud natural se encuentra en condición seca y sin presencia de nivel freático manteniéndose estable; el segundo caso para un talud natural con presencia de nivel freático en condición natural parcialmente saturado, para el cual su estado ya presenta síntomas de inestabilidad y por ende posibles desprendimientos de la masa del suelo; y el tercer caso, que fue analizado para el talud natural completamente saturado, con presencia de nivel freático y bajo condiciones de precipitaciones intensas y de larga duración, en el cual su inestabilidad es más evidente, confirmando así la teoría del deslizamiento de tierra por los habitantes del sector
- Reuniendo todos los aspectos anteriormente mencionados, se concluye además que la infraestructura vial es muy vulnerable a percibir daños desde moderados a mayores. Que conjuntamente con la probabilidad de ocurrencia de fenómenos naturales en el sector se espera una cuantificación de peligro alta, debido al riesgo determinado.
- Un parámetro importante de la realización del estudio ha determinado que los efectos de un desastre se pueden mitigar reduciendo la vulnerabilidad.

5.2.Recomendaciones

- Es recomendable realizar un mantenimiento y rehabilitación de los elementos del puente para mantener de esta forma un tránsito seguro y confortable por el mismo.
- Realizar un control y limpieza en las orillas del cauce, para cuando se produzca una crecida no cambien las condiciones para las cuales fue diseñado el puente y su capacidad hidráulica bajo éste para permitir el paso del flujo.
- Analizar una propuesta que permita mejorar el tránsito y la movilidad por la red viaria, como también para mitigar el grado de afectación debido a deslizamientos de tierra y así brindar seguridad a los pobladores ante la presencia de desastres naturales, reduciendo de esta manera la vulnerabilidad y por ende el riesgo al que están expuestos.
- Se recomienda además, que para una mayor concientización e internalización de la cultura de prevención, es necesario que el levantamiento de información se realice en forma participativa con el gobierno provincial, municipio, líderes de las comunidades y la población en general.

CAPÍTULO VI

6. PROPUESTA

6.1. Título de la Propuesta

Esquematización de modelos técnicos para mitigar la vulnerabilidad y disminuir la condición de riesgo de la infraestructura vial sobre el río Alao.

6.2. Introducción

La propuesta busca mitigar el riesgo, o en el mejor de los casos dar solución a los conflictos que han ocasionado que la infraestructura vial sobre el río Alao sea susceptible a sufrir daños.

Se ha tomado en consideración, en base a los estudios realizados durante la presente investigación, el diseño de modelos técnicos que a la vez sean funcionales, factibles y viables como respuesta a los efectos que han determinado la vulnerabilidad de la estructura existente.

Es así que, se plantean dos modelos: el primero, que dada su importancia será el principal motivo de estudio de éste capítulo y que corresponde al diseño de una nueva infraestructura vial sobre el río Alao, que estará implantada a una distancia de alrededor 1.29 km lineales aguas arriba del puente existente, y a 1.95 km aproximadamente siguiendo la sinuosidad del cauce; el segundo modelo concierne a un mantenimiento de

los elementos del puente ya existente como control de seguridad y para prolongar su vida útil;

La concepción de la nueva infraestructura vial sobre el río Alao contempla el diseño de sus accesos, superestructura y subestructura, así como también los elementos complementarios. El mantenimiento del puente existente, en cambio tiene como finalidad restaurar los elementos que han sufrido daño y proteger a los elementos que son susceptibles a ello.

6.3.Objetivos

6.3.1. General

- Realizar el diseño de los modelos técnicos para mitigar el daño de la infraestructura vial sobre el río Alao, susceptible a riesgo, esperando reducir su vulnerabilidad.

6.3.2. Específicos

- Contemplar la elaboración de los estudios de ingeniería para determinar parámetros y definir criterios de diseño para la nueva infraestructura vial sobre el río Alao.
- Elaborar el diseño de cada uno de los elementos constitutivos de la infraestructura vial que salva el río Alao.

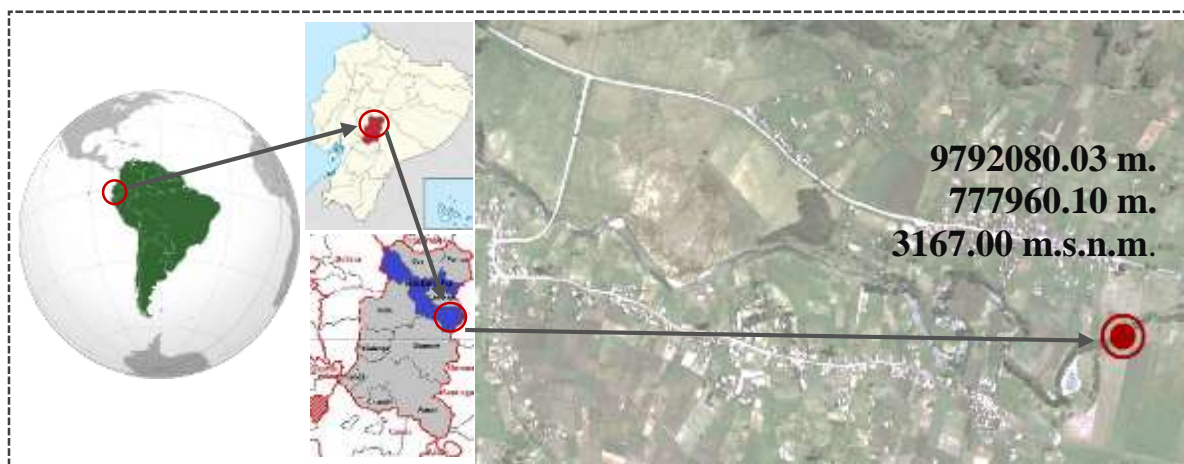
- Establecer un presupuesto referencial y planos estructurales del puente, donde se pueda tener constancia del precio de realización de una actividad, volúmenes de obra y el dimensionamiento de elementos.
- Establecer una lista de rubros con sus cantidades y precios unitarios para elaborar un presupuesto del segundo modelo técnico, en cuanto a mantenimiento de la estructura existente.
- Constatar mediante el análisis de riesgo si se ha reducido el impacto de daño en la infraestructura vial sobre el río Alao existente, con la implementación de los modelos técnicos planteados para mitigación.

6.4.Fundamentación Científico-Técnica

6.4.1. Ubicación

El proyecto se lo ha emplazado en el sector de Alao, comunidad de la parroquia de Pungalá perteneciente a la ciudad de Riobamba, Chimborazo – Ecuador. Referenciado geográficamente, de acuerdo al Sistema Geodésico Mundial de 1984 (WGS 84) proyectado a sistema Universal Transversal de Mercator (UTM), en la zona 17M del hemisferio Sur, coordenadas y altitud:

Ilustración 103. *Ubicación propuesta nueva infraestructura vial sobre el río Alao*



Fuente: (Tesista, 2016)

Con respecto al puente existente, la nueva propuesta se localiza a 1.29 Km aguas arriba de la estructura objeto de la problematización.

Ilustración 102. *Referencia con estructura existencia*



Fuente: (Tesista, 2016)

6.4.2. Estudios preliminares de ingeniería

Los estudios preliminares sirven para conocer la información necesaria para la elaboración del proyecto. Dada la magnitud, complejidad e importancia del proyecto se han planteado los siguientes estudios de ingeniería.

a) Estudios Topográficos

▪ Descripción

Se realiza un levantamiento topográfico, que sirve para el diseño del puente y los accesos, delimitando la zona de acción tanto y como sea necesaria para determinar el sitio de implantación de la estructura que permita cuantificar la información completa, tanto hidráulica como hidrológica de la misma, así también hacer constar en ella aquellas obras y/o edificaciones que por diversos motivos deben ser tomadas en cuenta.

El área requerida para el proyecto estará limitada como mínimo a 100 m aguas arriba y 100 m aguas debajo de donde se espera ubicar la estructura, de igual forma desde el eje del río hacia el margen izquierdo y derecho, con el fin de acaparar la mayor información posible para los estudios posteriores.

Durante el levantamiento topográfico se referenciarán los banco de marca (BM) referenciados geodésicamente, que estarán fijos en el terreno y que servirán para control del posterior replanteo de inicio de la obra. La tabla de puntos coordenados está anexa.

En el sitio del cruce del puente se establecerán 3 ejes transversales al cauce: uno en el eje de la estructura y los otros dos aguas arriba y aguas abajo a una distancia de 10 m respectivamente, a fin de facilitar la obtención de parámetros hidráulicos. Adicionalmente se obtendrán 2 perfiles transversales a 30m del eje (aguas arriba y aguas abajo) y un perfil longitudinal del río en una longitud no menor a 100 m.

▪ **Equipo Topográfico**

Para realizar el levantamiento topográfico se utilizó una estación total Sokkia Set 50RX, de invención japonesa, que trabaja en un rango de temperaturas extremas, ideal para el sector de análisis; además de aminorar el daño por agua o polvo en el equipo y una medición mejorada sin prisma de 400 m bastante rápida.

Especificaciones técnicas:

- ❖ Precisión de 2, 3, 5 y 6 segundos
- ❖ Óptica de 30 aumentos
- ❖ Precisión en pantalla al segundo
- ❖ Compensador de doble eje
- ❖ Medición sin prisma de 400 m
- ❖ Medición con 1 prisma de 5000 m
- ❖ Medición con 3 prismas de 6000 m
- ❖ Precisión de medición sin prisma de 3 mm
- ❖ Precisión de medición con prisma de 2 mm
- ❖ Tiempo de medición con primas de 0.9 segundos
- ❖ Display gráfico LCD de 1922x80 alfanumérico de 27 teclas
- ❖ Doble display
- ❖ 10 000 puntos de memoria internos
- ❖ 4 GB de datos mediante memoria SD Flash
- ❖ 4GB de datos mediante memoria USB Flash
- ❖ Descarga de datos mediante Cable RS 232, SD, USB

- ❖ Conectividad Bluetooth Clase 2
- ❖ Puntero laser Coaxial Rojo
- ❖ Luz Guía LED color verde
- ❖ Plomada Laser Clase 2
- ❖ Protección contra polvo y agua
- ❖ Temperatura de operación de -30°C hasta +50°C
- ❖ Peso del equipo con batería 5.6 kg
- ❖ Tiempo de operación de la batería mínimo 25 horas
- ❖ Programa para medición de coordenadas, replanteos, intersecciones
- ❖ Medición de elevación remota, cálculo de área.

Accesorios:

- ❖ 1 Cabezote de estación total
- ❖ 2 Baterías recargables
- ❖ 1 Cargador de batería
- ❖ 1 Tapa protectora de lente
- ❖ 1 Bolsa de herramientas
- ❖ 1 Paño de limpieza
- ❖ 1 Manual de instrucciones
- ❖ 1 Memoria USB
- ❖ 1 Cartel de precaución de laser
- ❖ 1 Estuche rígido de transporte
- ❖ 1 Juego de correas de transporte

Equipos y accesorios complementarios:

- ❖ 2 Bastones de aplomar de 2.5 m para prismas
- ❖ 2 Prismas sencillos con soporte metálico
- ❖ 1 Tripie de extensión de aluminio robusto con sujeción de mariposa y de presión
- ❖ 2 Radios para 8km
- ❖ 1 Nivel de riel
- ❖ 1 GPS Garmin 64s

Ilustración 104. *Equipo para medición topográfica*



Fuente: (Tesista, 2016)

- **Herramientas y materiales**

- ❖ Estacas
- ❖ Martillo
- ❖ Cinta de medición de 30
- ❖ Flexómetro
- ❖ Clavos
- ❖ Franela
- ❖ Machete
- ❖ Libreta de apuntes
- ❖ Esferos, lápices y borradores
- ❖ Estilete, etc.

Ilustración 105. *Herramientas y materiales varios*



Fuente: (Tesista, 2016)

- **Equipo de protección Individual EPI**

- ❖ Chaleco reflectivo
- ❖ Casco
- ❖ Botas de caucho
- ❖ Guantes
- ❖ Gafas, etc.

Ilustración 106. *Equipo de protección*



Fuente: (Tesista, 2016)

- **Procedimiento de medición**

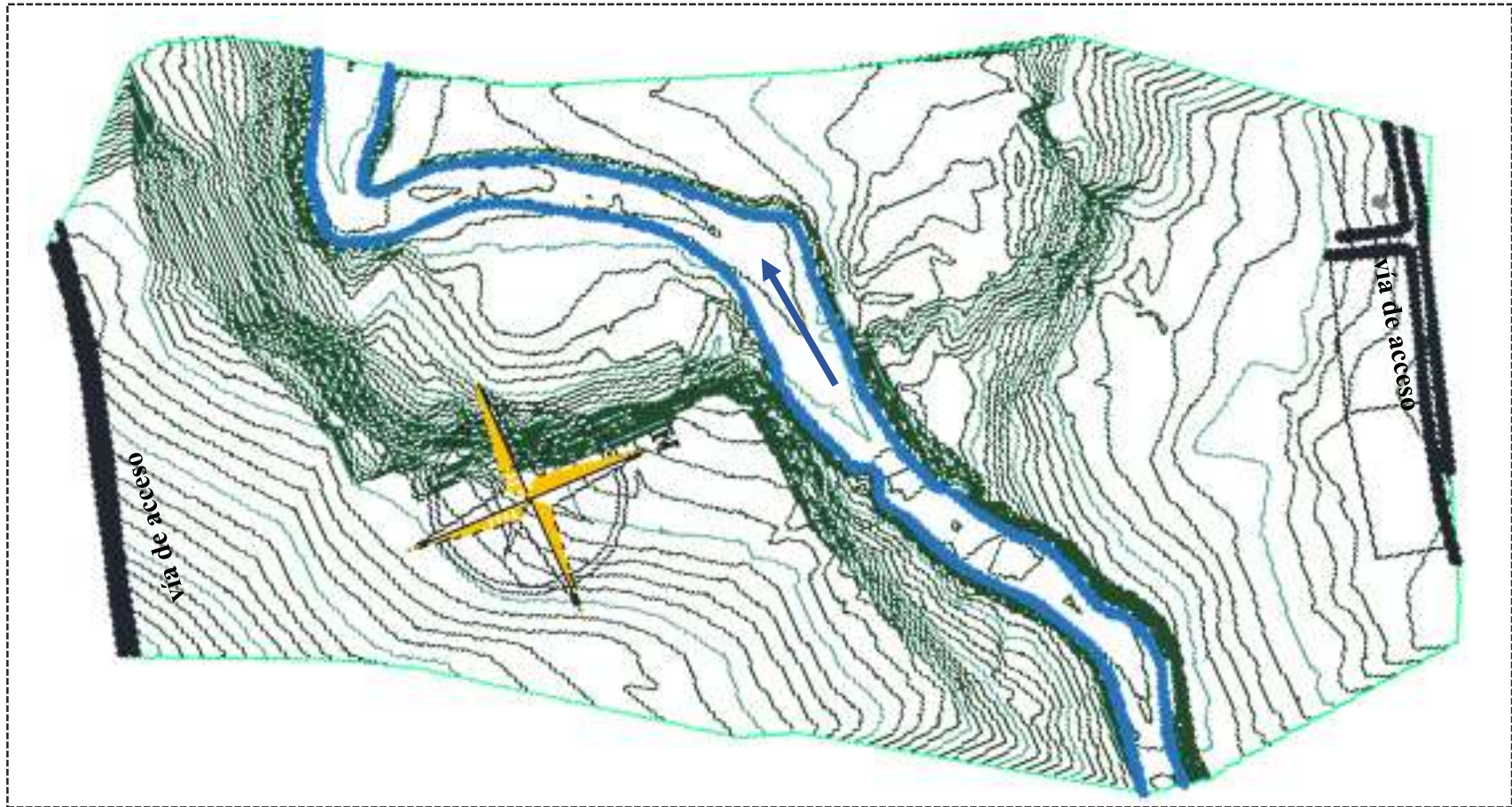
- ❖ Planimetría

Se uso el método de deflexiones para efectuar el levantamiento planimétrico del puente, el cual consiste en unir dos rectas en un punto formando un ángulo, que resulta de la prolongación de una estas rectas con la otra. El método es usado para realizar el levantamiento topográfico mediante poligonales abiertas, que se utiliza normalmente para el trazo y localización de vías de comunicación. Los puntos formados por la proyección de las rectas se los ha denominado BM, bancos de marca, que se han referenciado en cada una de las 6 estaciones del equipo topográfico fijados mediante hitos (estacas o elementos de referencia como árboles, estructuras, ect) para posterior control en el replanteo para comienzo de la obra. El total de puntos que se levanto por medio de las 6 estaciones de medición son 1000 puntos.

- ❖ Altimetría

El trabajo consiste en la nivelación del eje del camino, eje del río, con sus correspondientes secciones transversales y curvas de nivel, representados en los planos anexos. Se uso el principio del método de nivelación diferencial en distancias largas, que consiste en asumir un BN, banco de marca, con altura conocida e inamovible; referencia en las estaciones, del cual se traslada la elevación hacia los puntos de interés determinando de esta manera los desniveles entre los puntos del terreno, para esto primeramente se visa el punto asumido, luego se toman las lecturas de los puntos los cuales se desea conocer su elevación.

Ilustración 107. Topografía área de implantación del puente



Fuente: (Tesista, 2016)

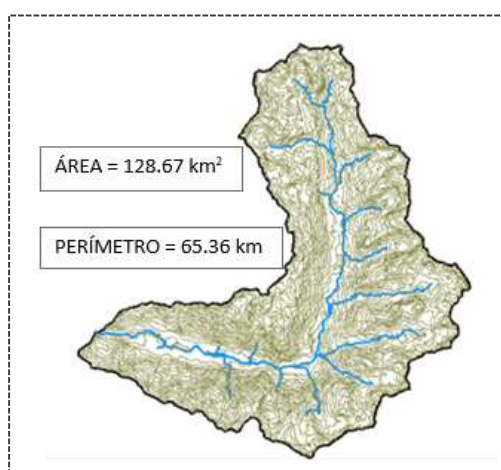
b) Estudio Hidrológico e Hidráulico

El presente estudio se basa en el análisis Hidrológico e Hidráulico del río Alao ya establecido dentro del capítulo III del presente estudio, (ítem 3.5.10), sin embargo se detallaran los parámetros más relevantes para determinar la información hidráulica del puente propuesto.

▪ Características Geomorfológicas de la micro-cuenca del río Alao

Área Micro-cuenca(A):	128.67 km ²
Perímetro Micro-cuenca (P):	65.36 km
Longitud Micro-cuenca (L):	16.45 km
Longitud del Cauce Principal (L _p)	11.04 km
Cota Inicial Cauce Principal	3628.93 m.s.n.m.
Cota Final Cauce Principal	3061.50 m.s.n.m.
Longitud Total de Cauces (L _t)	62.58 km
Ancho de Micro-cuenca (w): $w = \frac{A}{L}$	7.82 km

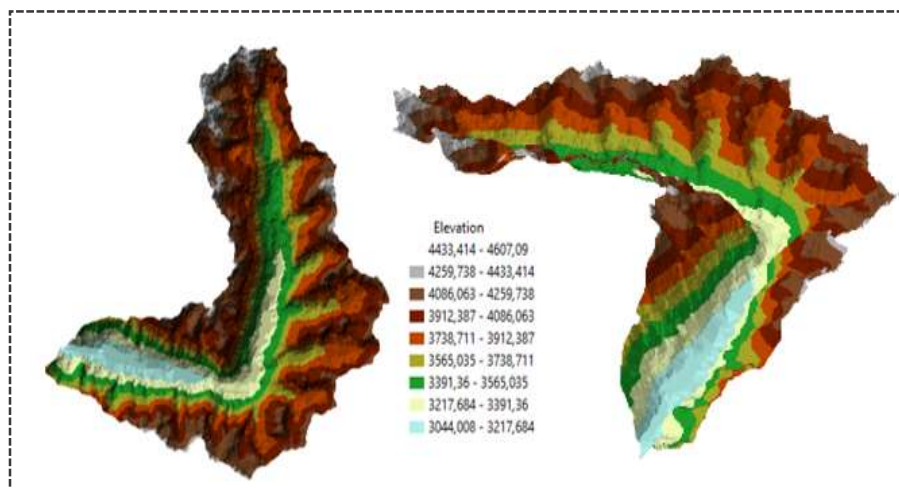
Ilustración 108. Área y Perímetro Micro Cuenca río Alao



Fuente: (Tesista, 2016)

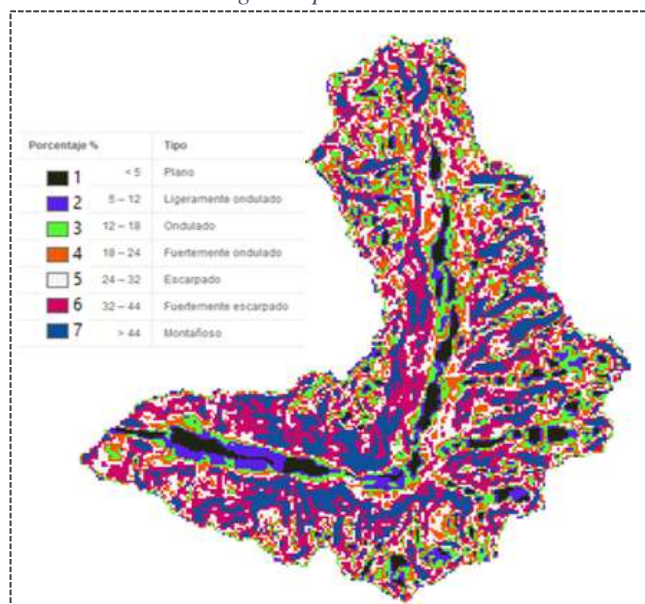
▪ **Parámetros de Relieve de la micro-cuenca**

Ilustración 110. *Relieve Micro Cuenca río Alao*



Fuente: (Tesista, 2016)

Ilustración 109. *Rangos de pendientes en Micro Cuenca*



Fuente: (Tesista, 2016)

$$\text{Pendiente media de la Micro Cuenca} = \frac{\text{Promedio por ocurrencia}}{\text{Número de ocurrencia}} =$$

31.86 % (fuertemente escarpado)

$$\text{Pendiente media del cauce principal:} = \frac{(\text{Cota inicial del cauce} - \text{Cota final del cauce})}{10 * \text{Longitud cauce principal (Lp)}} =$$

5.14 % (ligeramente ondulado)

▪ **Tiempo de concentración**

Según:

Kirpich:
$$t_c = 0.0195 * \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385} = 79.32 \text{ minutos}$$

Témez:
$$T_c = 0.3 \left(\frac{L}{S_0^{0.25}} \right)^{0.75} = 80.20 \text{ minutos}$$

Tiempo de concentración promedio = **79.76 minutos**

▪ **Intensidad de lluvia para un período de retorno de 50 años de acuerdo al tiempo de concentración**

Tabla 62. Intensidad –Tiempo de duración – Período de retorno

Frecuencia años	Duración en minutos					
	5	10	15	20	25	30
5	24,86	16,22	12,63	10,58	9,22	8,24
10	32,24	21,03	16,38	13,72	11,96	10,69
25	45,48	29,66	23,10	19,35	16,86	15,07
50	58,99	38,48	29,97	25,10	21,87	19,55
100	76,51	49,91	38,87	32,56	28,37	25,36

Tabla de intensidad - Tiempo de duración - Periodo de retorno (continuación...)

Frecuencia años	Duración en minutos					
	35	40	45	50	60	79,76
5	7,49	6,90	6,42	6,01	5,37	4,51
10	9,72	8,95	8,32	7,80	6,97	5,85
25	13,71	12,62	11,74	11,00	9,83	8,25
50	17,78	16,37	15,23	14,27	12,75	10,70
100	23,06	21,24	19,75	18,51	16,54	13,88
500	42,18	38,85	36,13	33,86	30,26	25,39

Fuente: (Tesista, 2016)

▪ **Cálculo Caudal Máximo (Q.máx) período de retorno 50 años**

Por el Método Racional
$$Q = \frac{C * I * A}{360} = 187.39 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Donde:

Q= caudal maximo en m3/s

C= coeficiente de escoirrentia tomado de la tabla

I=intencidad de lluvia en mm/h

A= area de la cuenca en Ha

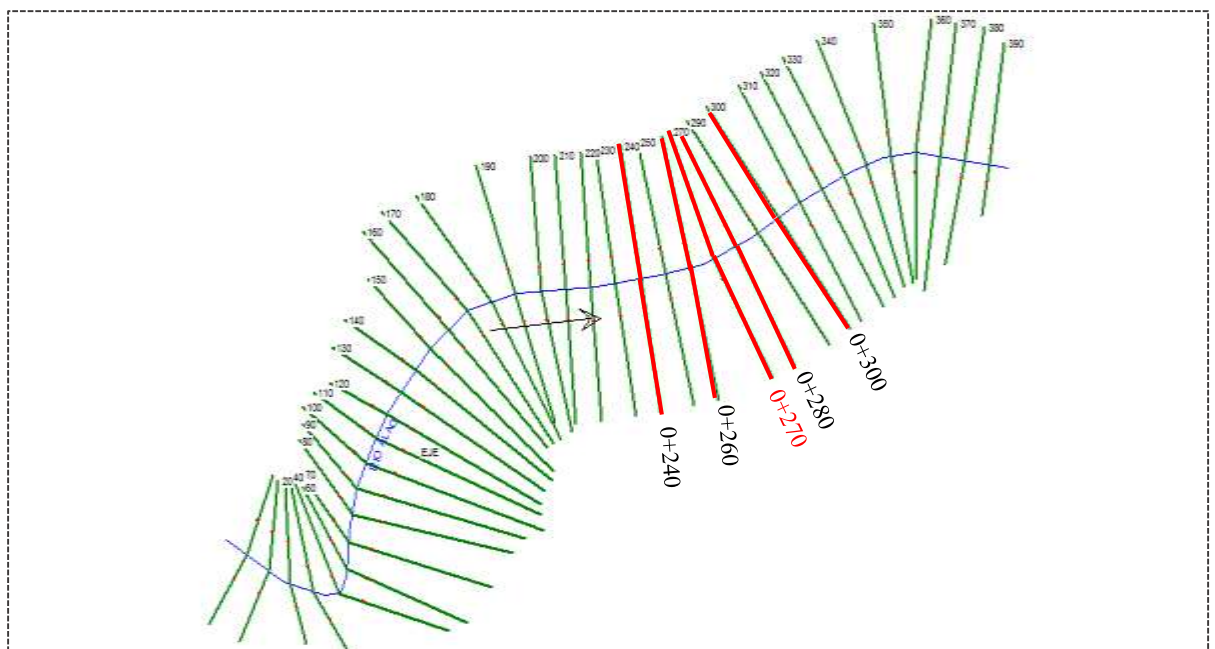
▪ Estimación Niveles de crecida máxima

Determinadas las características de la micro-cuenca, su condición hidrológica y la valoración del caudal máximo probable se procede a determinar los niveles de crecida estimados con ayuda del software HEC-RAS.

Los datos proporcionados por la herramienta de análisis servirán como criterio de diseño para establecer la luz del puente y el gálibo del mismo.

Como se mencionó previamente, la obtención de la información hidráulica se expresará

Ilustración 111. Seccionamiento transversal del río cada 10 m. 39 perfiles

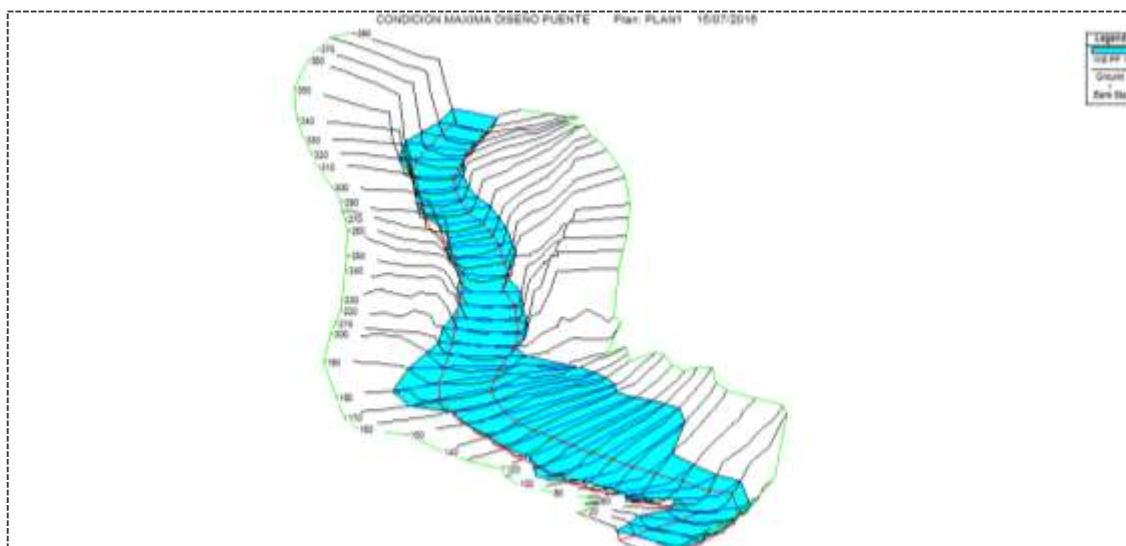


Fuente: (Tesista, 2016)

por medio de 5 ejes transversales al cruce, uno que es el eje propuesto de la estructura un tanto perpendicular al eje del río, 2 ejes a 10 m aguas arriba y aguas abajo del eje del puente y otros 2 a 30 m aguas arriba y aguas abajo del puente.

A continuación se presentan los datos obtenidos con el software resultados de una modelación del comportamiento de la crecida del río para determinar niveles de crecida y zonas de desborde del cauce.

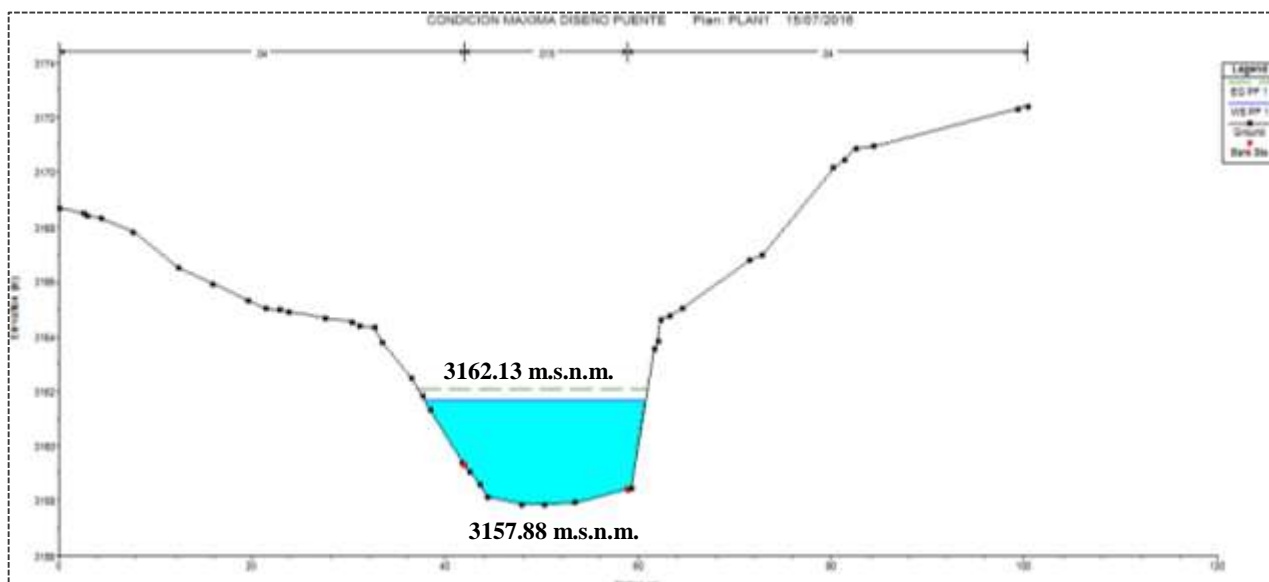
Ilustración 112. Interpretación de la crecida del río y áreas de desbordamiento del cauce



Fuente: (Tesista, 2016)

Para el eje transversal de la estructura propuesta, abscisa 0+270

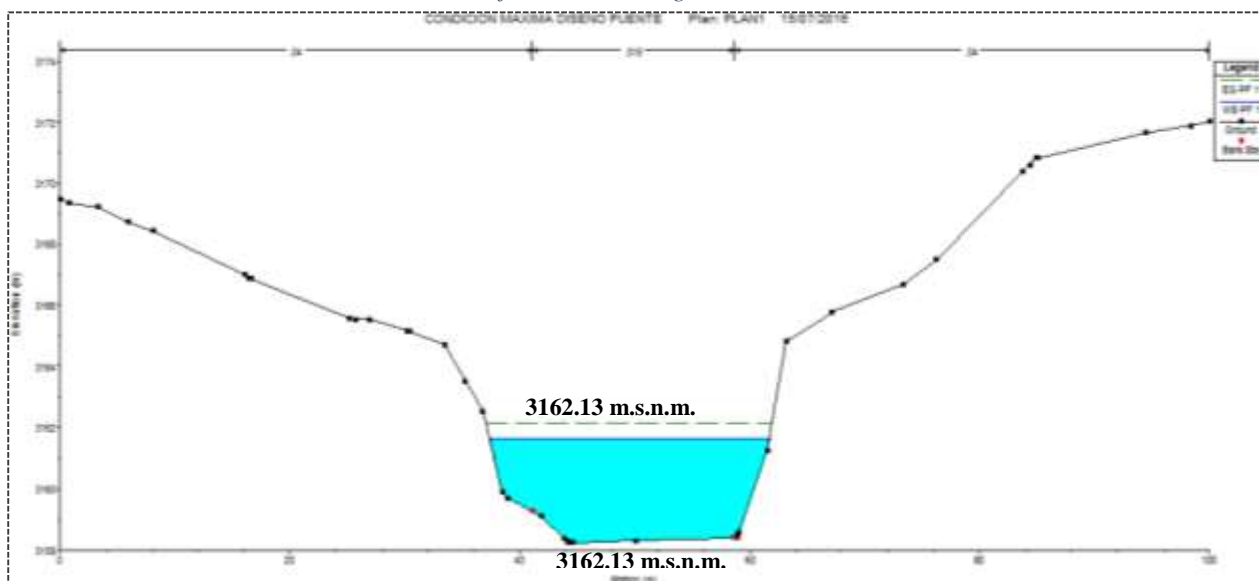
Ilustración 113. Eje puente, abscisa 0+270



Fuente: (Tesista, 2016)

Para el eje 10 m aguas arriba, abscisa 0+280

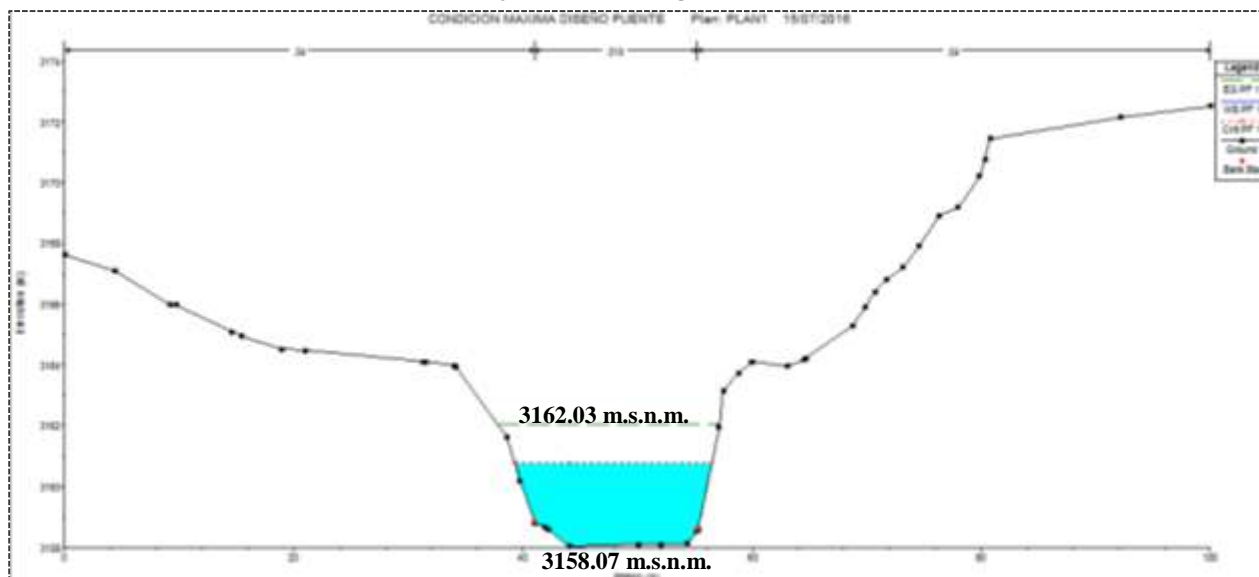
Ilustración 114. Eje transversal, aguas arriba abscisa 0+280



Fuente: (Tesista, 2016)

Para el eje 10 m aguas abajo, abscisa 0+260

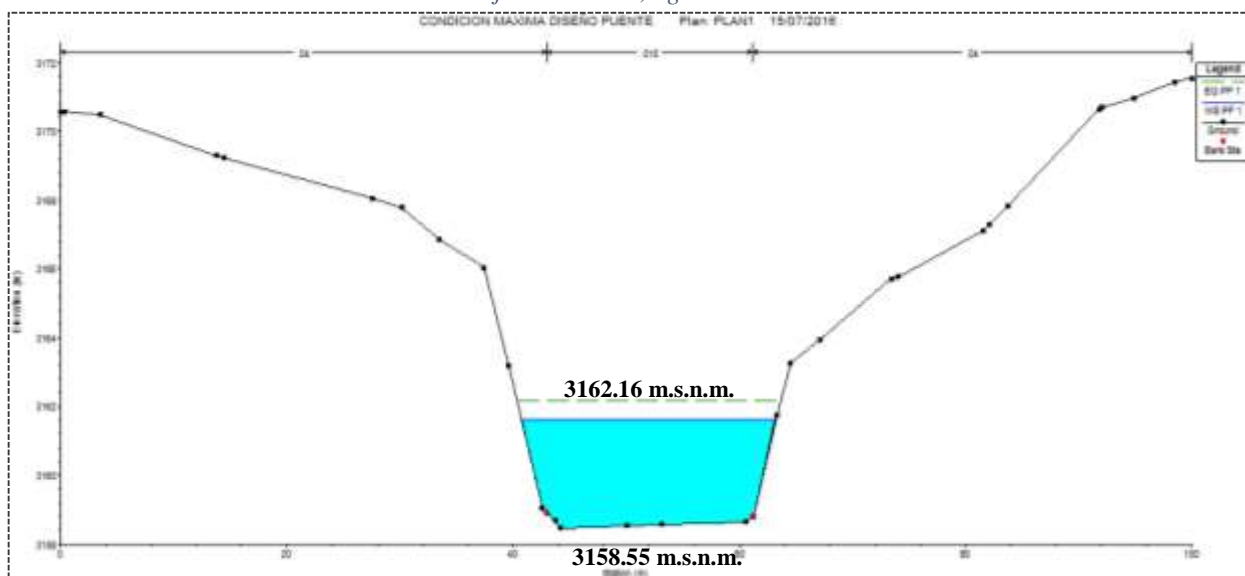
Ilustración 115. Eje transversal, aguas arriba abscisa 0+260



Fuente: (Tesista, 2016)

Para el eje 30 m aguas abajo, abscisa 0+300

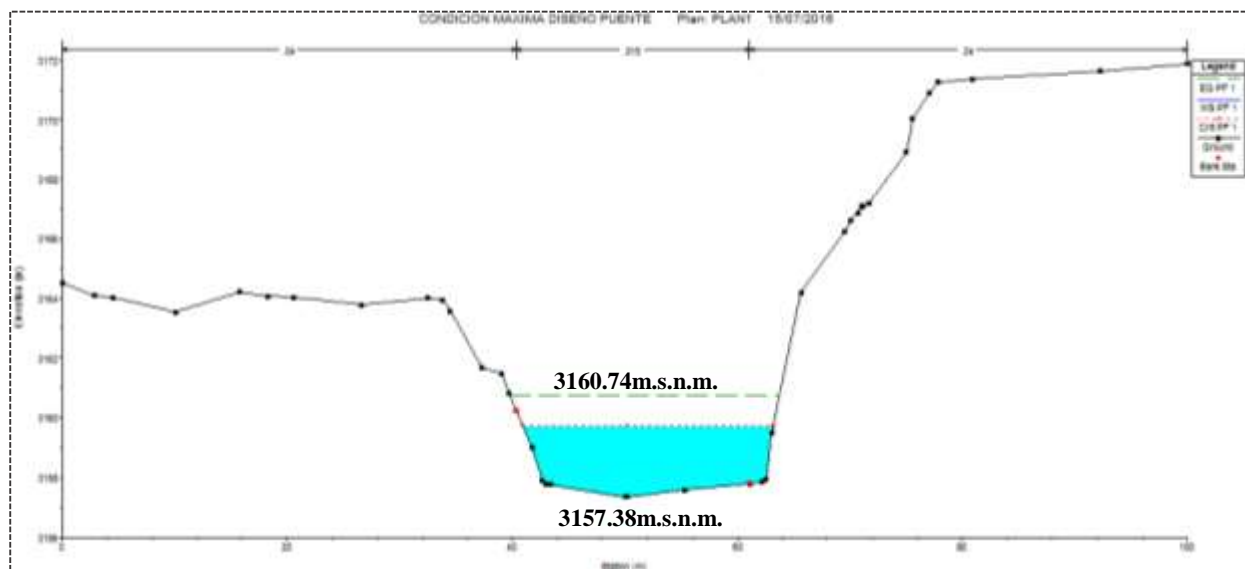
Ilustración 116. Eje transversal, aguas arriba abscisa 0+300



Fuente: (Tesista, 2016)

Para el eje 30 m aguas abajo, abscisa 0+240

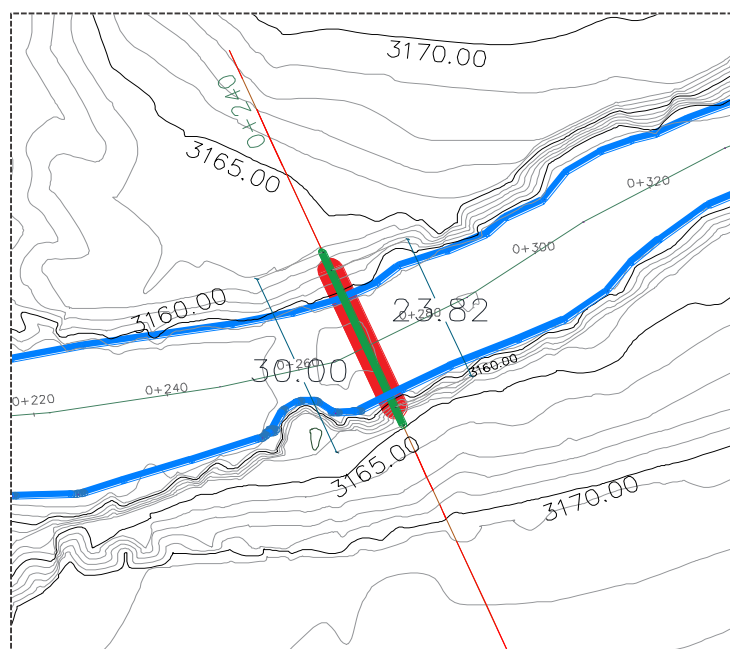
Ilustración 117. Eje transversal, aguas arriba abscisa 0+240



Fuente: (Tesista, 2016)

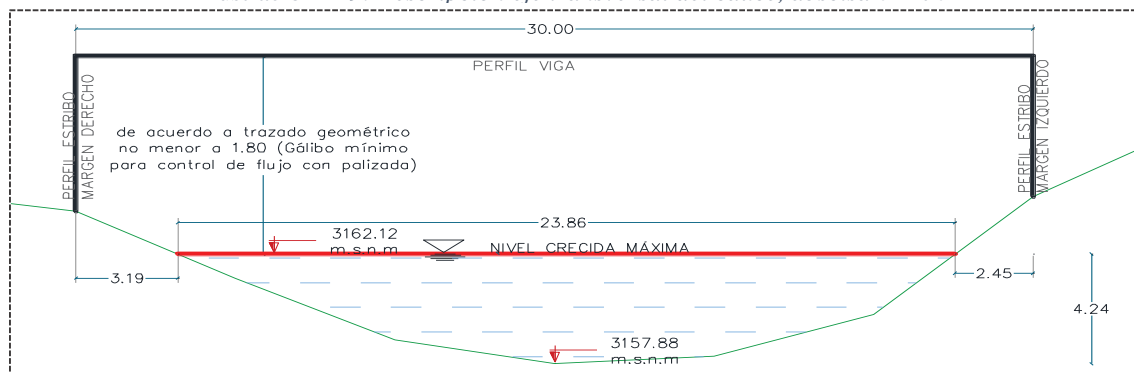
La sección transversal del eje del puente, proporciona datos de altura de crecida del nivel del cauce, ancho de desbordamiento del río, socavación que se puede presentar en el cauce. Determinando una Luz del puente de 30 m. El gálibo mínimo recomendado es de 1.80 m, con el objeto de que sirva como espacio libre bajo el puente y el nivel del cauce para evacuar el flujo de crecida del cauce más acarrero de palizada.

Ilustración 118. Vista superior eje longitudinal puente.



Fuente: (Tesista, 2016)

Ilustración 119. Descripción eje transversal del cauce, abscisa 0+270



Fuente: (Tesista, 2016)

c) Estudio Geológico y Geotécnico

Como ya se ha mencionado anteriormente la geología se encarga del estudio de la composición y estructura interna de la Tierra y los procesos por los cuales han ido evolucionando a lo largo del tiempo. En cuanto a la geotécnica, como rama de la geología se encarga del estudio de las propiedades mecánicas, hidráulicas e ingenieriles de los materiales provenientes del medio geológico. Se estudiará el suelo por debajo de la superficie para determinar las propiedades de acción para el diseño de obras civiles, en este caso para la cimentación de los estribos del puente.

Los estudios de suelos para cimentaciones exige el conocimiento previo de las características del terreno de apoyo y el entorno donde se ubica el proyecto. Las características del terreno de apoyo se determinan mediante una serie de actividades que en su conjunto se denominan Estudio de Suelos para Cimentaciones y deben suministrar datos suficientes del subsuelo que permitan definir las propiedades geotécnicas más importantes de los suelos y materiales existentes en el sitio de ubicación.

▪ Trabajos de campo

El estudio debe abarcar una zona suficiente amplia a ambos lados del cauce, a partir del eje de la vía, que permita la identificación de las unidades geomorfológicas de dicha zona y señalar las unidades estructuras más importantes como fallas fracturas u otros accidentes que puedan afectar a la obra proyectada.

Antes de iniciar las exploraciones del subsuelo debe haber sido definida la ubicación del puente, así como la distancia entre los sitios de apoyo a fin de que los sondeos puedan

efectuarse lo más cercano posible a dichos sitios. Los trabajos de exploración básicamente comprenden:

- La realización, como mínimo, de un sondeo mecánico (perforación) en cada uno de los apoyos del puente.
- Los sondeos se ejecutarán con muestreo continuo.
- Cada sondeo se efectuará siguiendo el procedimiento de perforación y muestro de las ASTM D-1586 (Prueba de Penetración Estándar, SPT), en los estratos de suelo.
- Toma de muestras de los estratos encontrados en cada sondeo realizado, las que serán trasladadas al laboratorio para su análisis respectivo.

▪ Trabajos de Laboratorio

Los ensayos de laboratorio correspondientes al estudio de suelos para puentes se realizarán conforme a las Normas ASTM o INEN.

Ensayos de muestras que se tomen en los sondeos efectuados para su clasificación por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) para lo cual se efectuarán:

Tabla 63. Designación por normativas para cada tipo de ensayo

Tipo de Ensayo	Designación	
	ASTM	INEN
Ensayo de Penetración Estándar SPT	D-1586	689
Análisis Granulométrico de los Suelos	D-422	696/872
Límite líquido de los Suelos	D-423	691
Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los Suelos	D-424	692
Humedad Natural	D-2216	690
Peso Específico y Absorción		856
Clasificación SUCS	D-2487	
Peso Unitario	C-97	

Fuente: (Tesista, 2016)

❖ Características de resistencia del suelo

Para encontrar las características de resistencia que tiene el suelo se realiza un ensayo de penetración estándar (SPT, por sus siglas en inglés). Con este ensayo se mide la resistencia a la penetración del terreno mediante la hincada dinámica de un saca muestras que tiene forma normalizada.

Consiste primordialmente en contar el número de golpes (N) necesarios para introducir dentro de un estrato de suelo un saca muestras.

Ensayo de Penetración Estándar, SPT

Es un tipo de prueba de penetración dinámica, empleada para ensayar terrenos en los que se quiere realizar un reconocimiento geotécnico.

El ensayo SPT, consiste básicamente en contar el número de golpes (N) que se necesitan para introducir dentro de un estrato de suelo un toma muestras (cuchara partida hueca cilíndrica) de 50 cm de largo peso 16 libras, diámetro exterior de 51 mm e interior de 35 mm, que permite realizar tomas de muestra naturalmente alterada en su interior, a diferentes profundidades (generalmente con variación de metro en metro). El peso de la masa normalizada, así como la altura de caída libre, siendo éstos respectivamente 63.5 kg y 76.2 cm.

Este ensayo se realiza en depósitos de suelo arenoso y arcilla blanda; no es recomendable llevarlo a cabo en depósitos de grava, roca o arcilla consolidada, debido a los daños que podría sufrir el equipo de perforación al introducirlo dentro de dicho estratos.

El equipo y material empleado se detalla a continuación:

- Pesa de 63.5 Kg con una altura de caída de 76.2 cm
- Barras y brazos de perforación
- Toma de muestra o tubo partido
- Trípode de carga
- Flexómetro
- Fundas plásticas para traslado de muestras

El procedimiento para llevar a cabo el ensayo está establecido en la normativa, sin embargo se detalla una breve descripción del trabajo a realizar:

- Se realiza el sondeo hasta la profundidad establecida, y a continuación se lleva al fondo de dicha perforación una cuchara normalizada que se hincan 15 cm (6"). En la capa a reconocer, a fin de eliminar la zona superficial parcialmente alterada, por efectos del procedimiento utilizado durante la ejecución del sondaje.
- Se hace una señal sobre el varillaje y se cuenta el número de golpes (N) necesarios para hincar de nuevo la cuchara, la profundidad de 30 cm (12").
- Entonces el parámetro medido será: $N=N_1+N_2$, donde:
N1: número de golpes necesarios para hundir el tomamuestras 15 cm.
N2: número de golpes que se necesita para hundir los 15 cm restantes del tomamuestras.
- Si por algún motivo el número de golpes necesarios para hincar cualquier intervalo de 15cm es superior a 50, entonces el resultado del ensayo deja de ser la suma indicada para convertirse en rechazo, teniéndose que anotar la longitud hincada en

el tramo en el cuál se han alcanzado los 50 golpes. El ensayo se da por finalizado cuando se alcanza este valor.

- Finalmente se abre la cuchara partida y se toma la muestra de su interior, para realizar los ensayos correspondientes (contenido de humedad, granulometría, límites de Atterberg, peso específico).
- Las muestras recuperadas en el penetrómetro que mantienen su forma cilíndrica pueden ser usadas para pruebas de compresión sin confinamiento.

Las propiedades índices del suelo se han detallado dentro del capítulo 3 (ítem 3.5.14, literal l). Sin embargo se detallarán los equipos y materiales utilizados así como el procedimiento realizado para los distintos ensayos ejecutados.

De las perforaciones realizadas se obtuvieron 2 muestras en el margen izquierdo a 1.00 m y 1.50 m respectivamente. En el margen derecho 4 muestras a 1.00m – 1.50m – 2.00m – 2.50 m.

Con las muestras obtenidas se realiza los siguientes ensayos:

Contenido de humedad

Este método de ensayo mide de la manera más confiable la humedad que existe en la muestra de ensayo y no determina las variaciones que puedan presentarse en el depósito.

Una muestra normalizada en estado natural es secada en horno hasta eliminar la humedad tanto superficial como aquella ubicada entre los poros del árido.

La cantidad de agua evaporada expresada en porcentaje respecto de la masa seca es la humedad del árido.

Equipo:

- Balanza con sensibilidad de 0.1%
- Horno ventilado con temperatura alrededor de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Recipientes para la muestra
- Agitador de muestra

Procedimiento.

- Determinar la masa de la muestra con una aproximación de 0.1%.
- Secar la muestra completamente en el recipiente por medio de la fuente de calor seleccionada, cuidando no perder partículas. Un calentamiento muy rápido puede causar que algunas partículas exploten, resultando en una pérdida de las mismas.
- La muestra está completamente seca cuando un mayor tiempo de calor ocasiona, o puede ocasionar una pérdida adicional de la masa menor al 0.1%.
- Determinar la masa de la muestra seca, con una aproximación de 0.1%, luego de que se haya enfriado lo suficiente como para no dañar la balanza.

El contenido de humedad de un suelo es la relación del cociente del peso de agua (w_{agua}) y el peso de suelo seco ($w_{suelo\ seco}$), esto se expresa en términos de porcentaje:

$$w = \frac{w_{agua}}{w_{suelo\ seco}} * 100$$

Tabla 64. Contenido de humedad Margen Izquierdo

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO														
LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES														
FECHA TOMA DE MUESTRA:	13/07/2016			FECHA ENSAYO:	14/07/2016									
LOCALIZACIÓN:	MARGEN IZQUIERDO			POR:	JUAN ANDRÉS SEGOVIA BONIFAZ									
MUESTRA No.:	01-02			CONDICIÓN MUESTRA:	ESTADO NATURAL									
PROFUNDIDAD:	INDICADAS			COORD. UTM	9792064.531 m 777959.256 m 3164.72 msnm									
% DE HUMEDAD EVAPORABLE POR SECADO														
NTE INEN 862:2011			DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD.											
MASA RECIENTE (gr)	MASA RECIPI.+SUELO HÚMEDO (gr)	MASA RECIPI.+SUELO SECO (gr)	MASA SUELO HÚMEDO (gr)	MASA SUELO SECO (gr)	MASA DE AGUA EVAPORADA (gr)	% HUMEDAD								
MUESTRA 01 - PROF: 1.00m														
496	1539	1305	1043	809	234	28.92%								
MUESTRA 01 - PROF: 1.50m														
212	349	336	137	124	13	10.48%								
PROMEDIO:						19.70%								
<p style="text-align: center;">CONTENIDO DE HUMEDAD % MARGEN IZQUIERDO</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MUESTRA 1</td> <td>28.92%</td> </tr> <tr> <td>MUESTRA 2</td> <td>10.48%</td> </tr> <tr> <td>PROMEDIO</td> <td>19.70%</td> </tr> </tbody> </table>								1	MUESTRA 1	28.92%	MUESTRA 2	10.48%	PROMEDIO	19.70%
	1													
MUESTRA 1	28.92%													
MUESTRA 2	10.48%													
PROMEDIO	19.70%													
OSERVACIONES:														
TIPO FUENTE DE CALOR: HORNO VENTILADO RANGO DE TEMPERATURA 110°C ± 5°C														

Fuente: (Tesista, 2016)

Tabla 65. Contenido de humedad Margen Derecho

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO																		
LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES																		
FECHA TOMA DE MUESTRA: 13/07/2016			FECHA ENSAYO: 14/07/2016															
LABORATORIO: MARGEN DERECHO			POR: JUAN ANDRÉS SEGOVIA BONIFAZ															
MUESTRA No.: 01-02-03-04			CONDICIÓN MUESTRA: ESTADO NATURAL															
PROFUNDIDAD: INDICADAS			COORD. UTM 9792094.205 m 777953.758 m 3163.00 msnm															
% DE HUMEDAD EVAPORABLE POR SECADO																		
NTE INEN 862:2011			DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD.															
MASA RECIPIENTE (gr)	MASA RECIP.+SUELO HÚMEDO (gr)	MASA RECIP.+SUELO SECO (gr)	MASA SUELO HÚMEDO (gr)	MASA SUELO SECO (gr)	MASA DE AGUA EVAPORADA (gr)	% HUMEDAD												
MUESTRA 01 - PROF: 1.00m																		
152	1082	823	930	671	259	38.60%												
MUESTRA 02 - PROF: 1.50m																		
172	572	493	400	321	79	24.61%												
MUESTRA 03 - PROF: 2.00m																		
246	1476	1305	1230	1059	171	16.15%												
MUESTRA 04 - PROF: 2.50m																		
211	647	597	436	386	50	12.95%												
PROMEDIO:						23.08%												
<p>CONTENIDO DE HUMEDAD % MARGEN DERECHO</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>MUESTRA</th> <th>% HUMEDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MUESTRA 01</td> <td>38.60%</td> </tr> <tr> <td>MUESTRA 02</td> <td>24.61%</td> </tr> <tr> <td>MUESTRA 03</td> <td>16.15%</td> </tr> <tr> <td>MUESTRA 04</td> <td>12.95%</td> </tr> <tr> <td>PROMEDIO</td> <td>23.08%</td> </tr> </tbody> </table>							MUESTRA	% HUMEDAD	MUESTRA 01	38.60%	MUESTRA 02	24.61%	MUESTRA 03	16.15%	MUESTRA 04	12.95%	PROMEDIO	23.08%
MUESTRA	% HUMEDAD																	
MUESTRA 01	38.60%																	
MUESTRA 02	24.61%																	
MUESTRA 03	16.15%																	
MUESTRA 04	12.95%																	
PROMEDIO	23.08%																	
OSERVACIONES:																		
TIPO FUENTE DE CALOR: HORNO VENTILADO RANGO DE TEMPERATURA 110°C ± 5°C																		

Fuente: (Tesis, 2016)

Granulometría

Se denomina clasificación granulométrica a la medición y gradación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos con fines de análisis tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

Curva Granulométrica:

Tomando en cuenta el peso total y los pesos retenidos, se procede a realizar la curva granulométrica, con los valores de porcentaje retenido que cada diámetro ha obtenido.

La curva granulométrica permite visualizar la tendencia homogénea o heterogénea que tienen los tamaños de grano de las partículas.

Desde el punto de vista de la mecánica de suelos, un material heterogéneo se considera bien gradado, y sus propiedades mecánicas ofrecen mayor calidad. Un material homogéneo se considera mal gradado, sus propiedades mecánicas son deficientes.

Equipos:


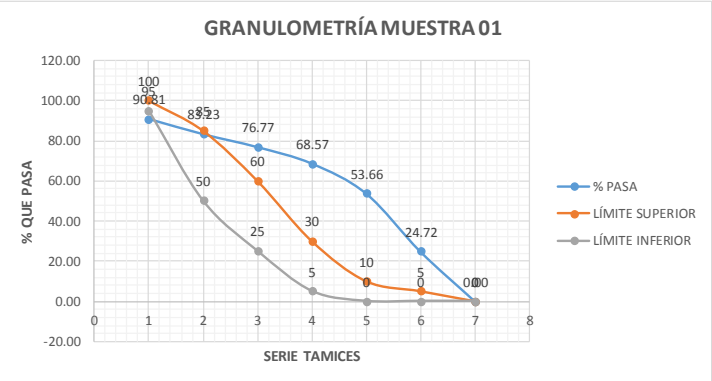
- Balanza con sensibilidad de 0.1%
- Horno ventilado con temperatura alrededor de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Serie de tamices: No.4, 10, 20, 40, 60, 200 y la bandeja
- Recipientes
- Agitador de tamices

Procedimiento:

- Colocamos las muestras obtenidas del ensayo SPT en las diferentes bandejas y secamos en el horno a una temperatura controlada de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, por lo mínimo 24 h o hasta conseguir una masa constante, esto se lo realiza para que los poros estén libres de humedad y determinar la masa de la muestra en estado seco más la bandeja.
- Seleccionamos los tamices necesarios y adecuados para los agregados, limpiamos cada tamiz con cuidado de tal manera que se elimine toda la suciedad.
- Ordenamos los tamices en forma decreciente según el tamaño de su abertura, de arriba a abajo y después colocamos en la tamizadora.
- Ponemos la muestra en el tamiz superior despacio de tal manera que no se derrame el material, dejamos que se agite por un período suficiente de 3 minutos, de tal forma que cumpla con el criterio de conformidad o de tamizado.
- Terminado el tiempo de sacudidas, el material que quedo en el primer tamiz colocamos en una bandeja para determinar su masa, este paso se lo realizo para cada tamiz, que al final debe dar la masa total del agregado que se colocó inicialmente.


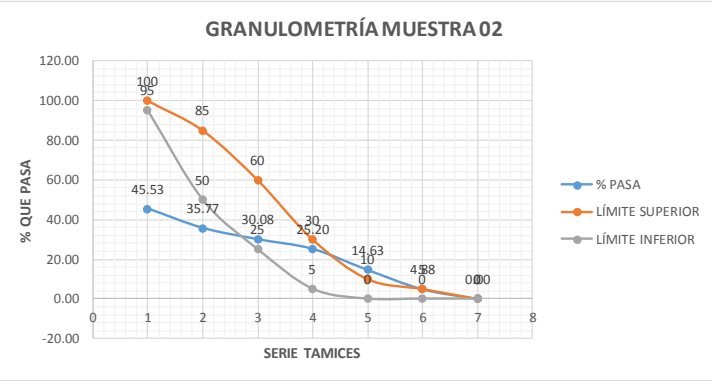
A continuación se indican las tablas de resultados del ensayo de granulometría para los dos márgenes.

Tabla 66. Granulometría Margen Izquierdo [0.50m – 1.00 m]

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO											
LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES											
FECHA TOMA DE MUESTRA: 13/07/2016								FECHA ENSAYO: 14/07/2016			
LOCALIZACIÓN: MARGEN IZQUIERDO								POR: JUAN ANDRÉS SEGOVIA BONIFAZ			
MUESTRA No.: 01				CONDICIÓN MUESTRA: ESTADO NATURAL				COORD. 9792064.531 m			
PROFUNDIDAD: 0.50 m - 1.00 m								UTM 777959.256 m			
								3164.72 msnm			
GRANULOMETRÍA											
NTE INEN 696:2011 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS											
No.	TAMIZ	TAMIZ (mm)	MASA RET.+ RECIP PARCIAL (gr)	MASA RET.+RECIP ACUMULADA (g)	MASA RET. PARCIAL (gr)	MASA RET. ACUMULADA (gr)	RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	% PASA	LÍMITE SUPERIOR	LÍMITE INFERIOR
1	4	4.75	320	320	74	74	9.19%	9.19%	90.81	100	95
2	10	2	273	593	61	135	7.58%	16.77%	83.23	85	50
3	20	0.85	204	797	52	187	6.46%	23.23%	76.77	60	25
4	40	0.43	238	1035	66	253	8.20%	31.43%	68.57	30	5
5	60	0.25	366	1401	120	373	14.91%	46.34%	53.66	10	0
6	200	0.075	444	1845	233	606	28.94%	75.28%	24.72	5	0
8	BANDEJA		371	2216	199	805	24.72%	100.00%	0.00	0	0
Σ(TOTAL)			2216		805		100.00%				
MÓDULO DE FINURA			TAMAÑO MÁXIMO PARTÍCULA (mm)			TAMAÑO NOMINAL PARTÍCULA (mm)			PÉRDIDA DE MATERIAL		
2.02			4.75			4.75			0.49%		
CURVA GRANULOMÉTRICA											
GRANULOMETRÍA MUESTRA 01											
											
TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS											
Nombre	Diámetro										
Grava	75 a 5 mm										
Arena	5 a 0,06 mm										
Limo	0,06 a 0,002 mm										
Arcilla	Menor a 0,002 mm										
ARENA		LIMO									
75.28%		24.72%									
OBSERVACIONES:											


Fuente: (Tesis, 2016)

Tabla 67. Granulometría Margen Izquierdo |1.00m – 1.50 m|

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO											
LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES											
FECHA TOMA DE MUESTRA: 13/07/2016								FECHA ENSAYO: 14/07/2016			
LOCALIZACIÓN: MARGEN IZQUIERDO								POR: JUAN ANDRÉS SEGOVIA BONIFAZ			
MUESTRA No.: 02								CONDICIÓN MUESTRA: ESTADO NATURAL			
PROFUNDIDAD: 1.00 m - 1.50 m								COORD. UTM: 9792064.531 m 777959.256 m 3164.72 msnm			
GRANULOMETRÍA											
NTE INEN 696:2011 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS											
No.	TAMIZ	TAMIZ (mm)	MASA RET.+ RECIP PARCIAL (gr)	MASA RET.+RECIP ACUMULADA (g)	MASA RET. PARCIAL (gr)	MASA RET. ACUMULADA (gr)	RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	% PASA	LÍMITE SUPERIOR	LÍMITE INFERIOR
1	4	4.75	313	313	67	67	54.47%	54.47%	45.53	100	95
2	10	2	224	537	12	79	9.76%	64.23%	35.77	85	50
3	20	0.85	159	696	7	86	5.69%	69.92%	30.08	60	25
4	40	0.43	178	874	6	92	4.88%	74.80%	25.20	30	5
5	60	0.25	259	1133	13	105	10.57%	85.37%	14.63	10	0
6	200	0.075	223	1356	12	117	9.76%	95.12%	4.88	5	0
8	BANDEJA		178	1534	6	123	4.88%	100.00%	0.00	0	0
Σ(TOTAL)			1534		123		100.00%				
MÓDULO DE FINURA			TAMAÑO MÁXIMO PARTÍCULA (mm)			TAMAÑO NOMINAL PARTÍCULA (mm)			PÉRDIDA DE MATERIAL		
4.44			4.75			0.85			0.81%		
CURVA GRANULOMÉTRICA											
GRANULOMETRÍA MUESTRA 02											
											
TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS											
Nombre	Diámetro										
Grava	75 a 5 mm										
Arena	5 a 0,06 mm										
Limo	0,06 a 0,002 mm										
Arcilla	Menor a 0,002 mm										
ARENA		LIMO									
95.12%		4.88%									
OBSERVACIONES: Debido a que en la perforación se obtuvo poco material, en su mayoría piedras, se visualiza el cambio brusco en los resultados											

Fuente: (Tesis, 2016)

Tabla 68. Granulometría Margen Derecho [0.50m – 1.00 m]

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO														
LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES														
FECHA TOMA DE MUESTRA: 13/07/2016						FECHA ENSAYO: 14/07/2016								
LOCALIZACIÓN: MARGEN DERECHO						POR: JUAN ANDRÉS SEGOVIA BONIFAZ								
MUESTRA No.: 01						CONDICIÓN MUESTRA: ESTADO NATURAL								
PROFUNDIDAD: 0.50 m - 1.00 m									COORD. 9792094.205 m					
						UTM 777953.758 m								
									3163.00 msnm					
GRANULOMETRÍA														
NTE INEN 696:2011 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS														
No.	TAMIZ	TAMIZ (mm)	MASA RET.+ RECIP PARCIAL (gr)	MASA RET.+RECIP ACUMULADA (g)	MASA RET. PARCIAL (gr)	MASA RET. ACUMULADA (gr)	RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	% PASA	LÍMITE SUPERIOR	LÍMITE INFERIOR			
1	4	4.75	252	252	6	6	0.90%	0.90%	99.10	100	95			
2	10	2	297	549	85	91	12.76%	13.66%	86.34	85	50			
3	20	0.85	233	782	81	172	12.16%	25.83%	74.17	60	25			
4	40	0.43	236	1018	64	236	9.61%	35.44%	64.56	30	5			
5	60	0.25	304	1322	58	294	8.71%	44.14%	55.86	10	0			
6	200	0.075	411	1733	200	494	30.03%	74.17%	25.83	5	0			
8	BANDEJA		344	2077	172	666	25.83%	100.00%	0.00	0	0			
Σ(TOTAL)			2077		666		100.00%							
MÓDULO DE FINURA			TAMAÑO MÁXIMO PARTÍCULA (mm)			TAMAÑO NOMINAL PARTÍCULA (mm)			PÉRDIDA DE MATERIAL					
1.94			4.75			0.25			0.75%					
CURVA GRANULOMÉTRICA														
GRANULOMETRÍA MUESTRA 01														
TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS														
Nombre	Diámetro													
Grava	75 a 5 mm													
Arena	5 a 0,06 mm													
Limo	0,06 a 0,002 mm													
Arcilla	Menor a 0,002 mm													
ARENA		LIMO												
74.17%		25.83%												
OBSERVACIONES:														


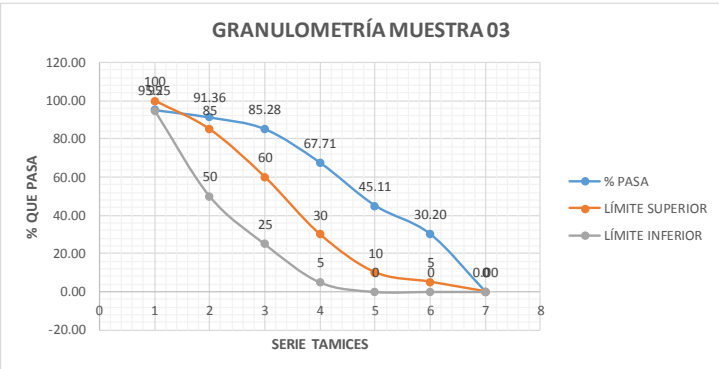
Fuente: (Tesis, 2016)

Tabla 69. Granulometría Margen Derecho |1.00m – 1.50 m|

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO																					
LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES																					
FECHA TOMA DE MUESTRA: 13/07/2016				FECHA ENSAYO: 14/07/2016																	
LOCALIZACIÓN: MARGEN DERECHO				POR: JUAN ANDRÉS SEGOVIA BONIFAZ																	
MUESTRA No.: 02				CONDICIÓN MUESTRA: ESTADO NATURAL																	
PROFUNDIDAD: 1.00 m - 1.50 m				COORD. UTM				9792094.205 m 777953.758 m 3163.00 msnm													
GRANULOMETRÍA																					
NTE INEN 696:2011 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS																					
No.	TAMIZ	TAMIZ (mm)	MASA RET.+ RECIP PARCIAL (gr)	MASA RET.+RECIP ACUMULADA (g)	MASA RET. PARCIAL (gr)	MASA RET. ACUMULADA (gr)	RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	% PASA	LÍMITE SUPERIOR	LÍMITE INFERIOR										
1	4	4.75	252	252	6	6	1.89%	1.89%	98.11	100	95										
2	10	2	247	499	35	41	11.01%	12.89%	87.11	85	50										
3	20	0.85	186	685	34	75	10.69%	23.58%	76.42	60	25										
4	40	0.43	199	884	27	102	8.49%	32.08%	67.92	30	5										
5	60	0.25	271	1155	25	127	7.86%	39.94%	60.06	10	0										
6	200	0.075	327	1482	116	243	36.48%	76.42%	23.58	5	0										
8	BANDEJA		247	1729	75	318	23.58%	100.00%	0.00	0	0										
Σ(TOTAL)			1729		318		100.00%														
MÓDULO DE FINURA			TAMAÑO MÁXIMO PARTÍCULA (mm)			TAMAÑO NOMINAL PARTÍCULA (mm)			PÉRDIDA DE MATERIAL												
1.87			4.75			0.85			0.93%												
CURVA GRANULOMÉTRICA																					
GRANULOMETRÍA MUESTRA 02																					
TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nombre</th> <th>Diámetro</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grava</td> <td>75 a 5 mm</td> </tr> <tr> <td>Arena</td> <td>5 a 0,06 mm</td> </tr> <tr> <td>Limo</td> <td>0,06 a 0,002 mm</td> </tr> <tr> <td>Arcilla</td> <td>Menor a 0,002 mm</td> </tr> </tbody> </table>												Nombre	Diámetro	Grava	75 a 5 mm	Arena	5 a 0,06 mm	Limo	0,06 a 0,002 mm	Arcilla	Menor a 0,002 mm
Nombre	Diámetro																				
Grava	75 a 5 mm																				
Arena	5 a 0,06 mm																				
Limo	0,06 a 0,002 mm																				
Arcilla	Menor a 0,002 mm																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ARENA</th> <th>LIMO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>76.42%</td> <td>23.58%</td> </tr> </tbody> </table>												ARENA	LIMO	76.42%	23.58%						
ARENA	LIMO																				
76.42%	23.58%																				
OBSERVACIONES:																					


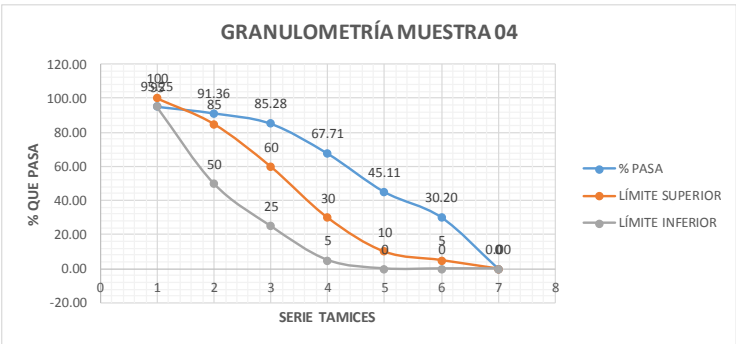
Fuente: (Tesis, 2016)

Tabla 70. Granulometría Margen Derecho |1.50m – 2.00 m|

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO														
LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES														
FECHA TOMA DE MUESTRA: 13/07/2016						FECHA ENSAYO: 14/07/2016								
LOCALIZACIÓN: MARGEN DERECHO						POR: JUAN ANDRÉS SEGOVIA BONIFAZ								
MUESTRA No.: 03						CONDICIÓN MUESTRA: ESTADO NATURAL								
PROFUNDIDAD: 1.50 m - 2.00 m						COORD. UTM: 9792094.205 m 777953.758 m 3163.00 msnm								
GRANULOMETRÍA														
NTE INEN 696:2011 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS														
No.	TAMIZ	TAMIZ (mm)	MASA RET.+ RECIP PARCIAL (gr)	MASA RET.+RECIP ACUMULADA (g)	MASA RET. PARCIAL (gr)	MASA RET. ACUMULADA (gr)	RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	% PASA	LÍMITE SUPERIOR	LÍMITE INFERIOR			
1	4	4.75	296	296	50	50	4.75%	4.75%	95.25	100	95			
2	10	2	253	549	41	91	3.89%	8.64%	91.36	85	50			
3	20	0.85	216	765	64	155	6.08%	14.72%	85.28	60	25			
4	40	0.43	357	1122	185	340	17.57%	32.29%	67.71	30	5			
5	60	0.25	484	1606	238	578	22.60%	54.89%	45.11	10	0			
6	200	0.075	368	1974	157	735	14.91%	69.80%	30.20	5	0			
8	BANDEJA		490	2464	318	1053	30.20%	100.00%	0.00	0	0			
Σ(TOTAL)			2464		1053		100.00%							
MÓDULO DE FINURA			TAMAÑO MÁXIMO PARTÍCULA (mm)			TAMAÑO NOMINAL PARTÍCULA (mm)			PÉRDIDA DE MATERIAL					
1.85			4.75			4.75			0.57%					
CURVA GRANULOMÉTRICA														
GRANULOMETRÍA MUESTRA 03														
														
TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS														
Nombre	Diámetro													
Grava	75 a 5 mm													
Arena	5 a 0,06 mm													
Limo	0,06 a 0,002 mm													
Arcilla	Menor a 0,002 mm													
ARENA		LIMO												
69.80%		30.20%												
OBSERVACIONES:														

Fuente: (Tesis, 2016)

Tabla 71. Granulometría Margen Derecho [2.00m – 2.50 m]

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO																					
LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES																					
FECHA TOMA DE MUESTRA: 13/07/2016								FECHA ENSAYO: 14/07/2016													
LOCALIZACIÓN: MARGEN DERECHO								POR: JUAN ANDRÉS SEGOVIA BONIFAZ													
MUESTRA No.: 04								CONDICIÓN MUESTRA: ESTADO NATURAL													
PROFUNDIDAD: 2.00 m - 2.50 m								COORD. UTM: 9792094.205 m 777953.758 m 3163.00 msnm													
GRANULOMETRÍA																					
NTE INEN 696:2011						ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS															
No.	TAMIZ	TAMIZ (mm)	MASA RET.+ RECIP PARCIAL (gr)	MASA RET.+RECIP ACUMULADA (g)	MASA RET. PARCIAL (gr)	MASA RET. ACUMULADA (gr)	RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	% PASA	LÍMITE SUPERIOR	LÍMITE INFERIOR										
1	4	4.75	387	387	141	141	36.72%	36.72%	63.28	100	95										
2	10	2	234	621	22	163	5.73%	42.45%	57.55	85	50										
3	20	0.85	187	808	35	198	9.11%	51.56%	48.44	60	25										
4	40	0.43	241	1049	69	267	17.97%	69.53%	30.47	30	5										
5	60	0.25	288	1337	42	309	10.94%	80.47%	19.53	10	0										
6	200	0.075	239	1576	28	337	7.29%	87.76%	12.24	5	0										
8	BANDEJA		219	1795	47	384	12.24%	100.00%	0.00	0	0										
Σ(TOTAL)			1795		384		100.00%														
MÓDULO DE FINURA			TAMAÑO MÁXIMO PARTÍCULA (mm)			TAMAÑO NOMINAL PARTÍCULA (mm)			PÉRDIDA DE MATERIAL												
3.68			4.75			2			0.52%												
CURVA GRANULOMÉTRICA																					
																					
TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nombre</th> <th>Diámetro</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grava</td> <td>75 a 5 mm</td> </tr> <tr> <td>Arena</td> <td>5 a 0,06 mm</td> </tr> <tr> <td>Limo</td> <td>0,06 a 0,002 mm</td> </tr> <tr> <td>Arcilla</td> <td>Menor a 0,002 mm</td> </tr> </tbody> </table>												Nombre	Diámetro	Grava	75 a 5 mm	Arena	5 a 0,06 mm	Limo	0,06 a 0,002 mm	Arcilla	Menor a 0,002 mm
Nombre	Diámetro																				
Grava	75 a 5 mm																				
Arena	5 a 0,06 mm																				
Limo	0,06 a 0,002 mm																				
Arcilla	Menor a 0,002 mm																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ARENA</th> <th>LIMO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>87.76%</td> <td>12.24%</td> </tr> </tbody> </table>												ARENA	LIMO	87.76%	12.24%						
ARENA	LIMO																				
87.76%	12.24%																				
OBSERVACIONES:																					

Fuente: (Tesis, 2016)

Límites de Atterberg

Se propone dos límites de contenido de humedad en el que el suelo puede adquirir consistencias indeseables: Límite Plástico o Inferior, donde el suelo se moldea fácilmente por la acción de una fuerza; y Límite Líquido o Superior, donde adquiere un comportamiento de masa viscosa.

Límite Plástico: se obtiene amasando una porción de suelo y formando cilindros sobre una superficie pulida, luego se cortan en varios pedazos y se reúnen nuevamente para formar un nuevo cilindro.

En el momento en que no se logre formar el cilindro se toma una porción a la cual se le determina el P_w . Este valor representa el contenido máximo de humedad que puede contener el suelo para pasar a una consistencia plástica.

La diferencia entre el Límite Líquido (LL) y el Límite Plástico (LP) define el Índice de Plasticidad (IP).

$$IP = LL - LP$$

Límite Líquido: esta propiedad se mide en laboratorio mediante un procedimiento en que una mezcla de suelo y agua, capaz de ser moldeada, se deposita en la cuchara de Casagrande, y se golpe consecutivamente contra la base de la máquina, haciendo girar la manivela, hasta que la zanja que previamente se ha recortado, se cierra en una longitud de 1”.

Si el número de golpes para que se cierre la zanja es 25, la humedad del suelo (razón peso de agua/peso de suelo seco) corresponde al límite líquido.

Después se grafica el número de golpes en coordenadas logarítmicas, contra el contenido de humedad correspondiente, en coordenadas normales, e interpolar para la humedad correspondiente a 25 golpes.

Equipos:

- Balanza con sensibilidad de 0.1%
- Horno ventilado con temperatura alrededor de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Material retenido Tamiz N°40
- Recipientes
- Cuchara de Casagrande
- Acanalador
- Espátula
- Placa de vidrio
- Recipiente de porcelana

Procedimiento:

Límite Líquido.

- Al realizar la granulometría se guardó el material que paso por el tamiz N°40 para la práctica una muestra aproximada de 100g a 150g.
- Se coloca la muestra en el tazón de porcelana, se le añade agua en una proporción de 3 ml y con la ayuda de la espátula se realiza una mezcla homogénea.

- Luego se coloca la máquina de Casagrande en un lugar limpio y nivelado, después se procede a calibrarlo.
- Con ayuda de la espátula colocamos el material en la cuchara de Casagrande.
- A continuación se divide la pasta en dos partes realizando una ranura trapecial se realiza más o menos unas 6 pasadas y se empieza a dar manivela a una velocidad de 2 vueltas por segundo hasta que las dos mitades se junten.
- Luego se debe sacar dos muestras en las taras y se procede a colocarlo en el horno de secado.
- Este proceso se lo realiza cuatro veces con distintos números de golpes entre los siguientes valores 5-15, 15-25, 25-35 y 35-45.
- Mediante los cálculos y la curva determinamos el límite líquido de este material.

Límite Plástico

- La muestra de ensayo se prepara de manera idéntica a la descrita en el límite líquido, o bien puede usarse la misma muestra que se usó en ese ensayo, en la etapa en que la pasta de suelo se vuelva lo suficientemente plástica para moldear la como una esfera.
- Escogemos una cantidad aproximada de 1cm^3 de material y hacemos una esfera con la ayuda de nuestras manos.
- Después colocamos la esfera en el vidrio esmerilado y con las yemas realizamos un cilindro de aproximadamente unos 3mm de diámetro y se toma la muestra en las taras, luego se dobla y amasa nuevamente, para volver a formar el cilindro, lo que se repite hasta que el cilindro se disgregue al llegar al diámetro de 3 mm, en trozos de tamaño de 0.5 a 1 cm.

Tabla 72. Límites de Atterberg Margen Izquierdo [0.50m – 1.00 m]

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO									
LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES									
FECHA TOMA DE MUESTRA:		13/07/2016			FECHA ENSAYO:		14/07/2016		
LOCALIZACIÓN:		MARGEN IZQUIERDO			POR:		JUAN ANDRÉS SEGOVIA BONIFAZ		
MUESTRA No.:		01			CONDICIÓN MUESTRA:		ESTADO NATURAL		
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:		AGREGADO FINO			MATERIAL RETENIDO TAMIZ No.40:		8.20%		
PROFUNDIDAD:		0.50 m - 1.00 m			COORD. UTM		9792064.531 m 777959.256 m 3164.72 msnm		
LÍMITE LÍQUIDO									
ASTM D 4318 LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, Y EL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS									
No. GOLPES	RECIPIENTE	MASA CÁP. (kg)	MASA CÁP.+SUELO HÚMEDO (kg)	MASA CÁP.+SUELO SECO (kg)	MASA SUELO HÚMEDO (kg)	MASA SUELO SECO (kg)	MASA DE AGUA EVAPORADA (kg)	% HUMEDAD	% HUMEDAD PROMEDIO
9	1	0.015	0.026	0.023	0.011	0.008	0.003	37.50%	29.03%
17	2	0.015	0.026	0.024	0.011	0.009	0.002	22.22%	
27	3	0.014	0.030	0.027	0.016	0.013	0.003	23.08%	
41	4	0.014	0.026	0.023	0.012	0.009	0.003	33.33%	
LÍMITE PLÁSTICO									
ASTM D 4318 LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, Y EL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS									
No.	RECIPIENTE	MASA CÁP. (kg)	MASA CÁP.+SUELO HÚMEDO (kg)	MASA CÁP.+SUELO SECO (kg)	MASA SUELO HÚMEDO (kg)	MASA SUELO SECO (kg)	MASA DE AGUA EVAPORADA (kg)	% HUMEDAD	% HUMEDAD PROMEDIO
1	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00%	0.00%
GRÁFICA: % HUMEDAD vs # GOLPES									
ASTM D 4318 LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, Y EL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS									
<p style="text-align: center;">MUESTRA 01: %HUMEDAD vs #GOLPES</p>									
ÍNDICE PLÁSTICO									
ASTM D 4318 LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, Y EL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS									
$I_p = LL - LP$									
IP = Índice de plasticidad		LL (%)		22.00% RESULTADO A LOS 25 GOLPES					
LL = Límite líquido		LP (%)		NP (NO PLÁSTICO)					
LP = límite plástico		IP (%)							
*DE ACUERDO A LA NORMA EL ÍNDICE PLÁSTICO (IP) DEBE SER MENOR QUE EL LL, CASO CONTRARIO SE PROCEDERÁ A COMBINAR CON OTRO MATERIAL PARA BAJAR EL % DE P									

Fuente: (Tesis, 2016)

Tabla 73. Límites de Atterberg Margen Derecho [0.50m – 1.00 m]

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO									
LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES									
FECHA TOMA DE MUESTRA: 13/07/2016					FECHA ENSAYO: 14/07/2016				
LOCALIZACIÓN: MARGEN DERECHO					POR: JUAN ANDRÉS SEGOVIA BONIFAZ				
MUESTRA No.: 01					CONDICIÓN MUESTRA: ESTADO NATURAL				
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: AGREGADO FINO					MATERIAL RETENIDO TAMIZ No.40: 9.61%				
PROFUNDIDAD: 0.50 m - 1.00 m					COORD. 9792094.205 m UTM 777953.758 m 3163.00 msnm				
LÍMITE LÍQUIDO									
ASTM D 4318 LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, Y EL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS									
No. GOLPES	RECIENTE	MASA CÁP. (kg)	MASA CÁP.+SUELO HÚMEDO (kg)	MASA CÁP.+ SUELO SECO (kg)	MASA SUELO HÚMEDO (kg)	MASA SUELO SECO (kg)	MASA DE AGUA EVAPORADA (kg)	% HUMEDAD	% HUMEDAD PROMEDIO
10	1	0.014	0.024	0.022	0.010	0.0080	0.002	25.00%	32.29%
19	2	0.014	0.025	0.022	0.011	0.008	0.003	37.50%	
31	3	0.014	0.025	0.023	0.011	0.009	0.002	22.22%	
41	4	0.014	0.027	0.023	0.013	0.009	0.004	44.44%	
LÍMITE PLÁSTICO									
ASTM D 4318 LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, Y EL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS									
No.	RECIENTE	MASA CÁP. (kg)	MASA CÁP.+SUELO HÚMEDO (kg)	MASA CÁP.+ SUELO SECO (kg)	MASA SUELO HÚMEDO (kg)	MASA SUELO SECO (kg)	MASA DE AGUA EVAPORADA (kg)	% HUMEDAD	% HUMEDAD PROMEDIO
1	1	0.014	0.019	0.018	0.005	0.004	0.001	25.00%	25.00%
GRÁFICA: % HUMEDAD vs # GOLPES									
ASTM D 4318 LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, Y EL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS									
<p style="text-align: center;">MUESTRA 01: %HUMEDAD vs #GOLPES</p>									
ÍNDICE PLÁSTICO									
ASTM D 4318 LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, Y EL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS									
$I_p = LL - LP$									
IP = Índice de plasticidad		LL (%) 29.00% RESULTADO A LOS 25 GOLPES							
LL = límite líquido		LP (%) 25.00%							
LP = límite plástico		IP (%) 4.00% LIGERAMENTE PLÁSTICO							
*DE ACUERDO A LA NORMA EL ÍNDICE PLÁSTICO (IP) DEBE SER MENOR QUE 9%. CASO CONTRARIO SE PROCEDERÁ A COMBINAR CON OTRO MATERIAL PARA BAJAR EL % DE IP									


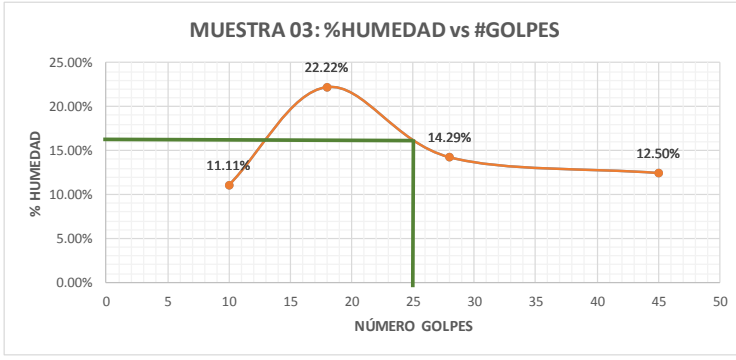
Fuente: (Tesista, 2016)

Tabla 74. Límites de Atterberg Margen Derecho [1.00m – 1.50 m]

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO																			
LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES																			
FECHA TOMA DE MUESTRA: 13/07/2016					FECHA ENSAYO: 14/07/2016														
LOCALIZACIÓN: MARGEN DERECHO					POR: JUAN ANDRÉS SEGOVIA BONIFAZ														
MUESTRA No.: 02					CONDICIÓN MUESTRA: ESTADO NATURAL														
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: AGREGADO FINO					MATERIAL RETENIDO TAMIZ No.40: 8.49%														
PROFUNDIDAD: 1.00 m - 1.50 m					COORD. UTM: 9792094.205 m 777953.758 m 3163.00 msnm														
LÍMITE LÍQUIDO																			
ASTM D 4318 LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, Y EL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS																			
No. GOLPES	RECIPIENTE	MASA CÁP. (kg)	MASA CÁP.+SUELO HÚMEDO (kg)	MASA CÁP.+SUELO SECO (kg)	MASA SUELO HÚMEDO (kg)	MASA SUELO SECO (kg)	MASA DE AGUA EVAPORADA (kg)	% HUMEDAD	% HUMEDAD PROMEDIO										
10	1	0.014	0.027	0.025	0.013	0.011	0.002	18.18%	21.62%										
19	2	0.014	0.030	0.027	0.016	0.013	0.003	23.08%											
34	3	0.014	0.021	0.020	0.007	0.006	0.001	16.67%											
41	4	0.014	0.023	0.021	0.009	0.007	0.002	28.57%											
LÍMITE PLÁSTICO																			
ASTM D 4318 LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, Y EL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS																			
No.	RECIPIENTE	MASA CÁP. (kg)	MASA CÁP.+SUELO HÚMEDO (kg)	MASA CÁP.+SUELO SECO (kg)	MASA SUELO HÚMEDO (kg)	MASA SUELO SECO (kg)	MASA DE AGUA EVAPORADA (kg)	% HUMEDAD	% HUMEDAD PROMEDIO										
1	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00%	0.00%										
GRÁFICA: % HUMEDAD vs # GOLPES																			
ASTM D 4318 LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, Y EL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS																			
<p style="text-align: center;">MUESTRA 01: %HUMEDAD vs #GOLPES</p> <table border="1"> <caption>Datos del Gráfico: % Humedad vs # Golpes</caption> <thead> <tr> <th>Número de Golpes</th> <th>% Humedad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10</td> <td>18.18%</td> </tr> <tr> <td>19</td> <td>23.08%</td> </tr> <tr> <td>34</td> <td>16.67%</td> </tr> <tr> <td>41</td> <td>28.57%</td> </tr> </tbody> </table>										Número de Golpes	% Humedad	10	18.18%	19	23.08%	34	16.67%	41	28.57%
Número de Golpes	% Humedad																		
10	18.18%																		
19	23.08%																		
34	16.67%																		
41	28.57%																		
ÍNDICE PLÁSTICO																			
ASTM D 4318 LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, Y EL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS																			
$I_p = LL - LP$																			
IP = Índice de plasticidad					LL (%) 20.00% RESULTADO A LOS 25 GOLPES														
LL = límite líquido					LP (%) NP (NO PLÁSTICO)														
LP = límite plástico					IP (%)														
* DE ACUERDO A LA NORMA EL ÍNDICE PLÁSTICO (IP) DEBE SER MENOR QUE 0% CASO CONTRARIO SE PROCEDERÁ A COMBINAR CON OTRO MATERIAL PARA BAJAR EL % DE P																			

Fuente: (Tesista, 2016)

Tabla 75. Límites de Atterberg Margen Derecho [1.50m – 2.00 m]

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO									
LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES									
FECHA TOMA DE MUESTRA:		13/07/2016				FECHA ENSAYO:		14/07/2016	
LOCALIZACIÓN:		MARGEN DERECHO				POR:		JUAN ANDRÉS SEGOVIA BONIFAZ	
MUESTRA No.:		03		CONDICIÓN MUESTRA:		ESTADO NATURAL		MATERIAL RETENIDO TAMIZ No.40: 17.57%	
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:		AGREGADO FINO		COORD. UTM		9792094.205 m 777953.758 m 3163.00 msnm		PROFUNDIDAD: 1.50 m - 2.00 m	
LÍMITE LÍQUIDO									
ASTM D 4318 LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, Y EL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS									
No. GOLPES	RECIPIENTE	MASA CÁP. (kg)	MASA CÁP+SUELO HÚMEDO (kg)	MASA CÁP.+ SUELO SECO (kg)	MASA SUELO HÚMEDO (kg)	MASA SUELO SECO (kg)	MASA DE AGUA EVAPORADA (kg)	% HUMEDAD	% HUMEDAD PROMEDIO
10	1	0.015	0.025	0.024	0.010	0.009	0.001	11.11%	15.03%
18	2	0.018	0.029	0.027	0.011	0.009	0.002	22.22%	
28	3	0.015	0.023	0.022	0.008	0.007	0.001	14.29%	
45	4	0.015	0.024	0.023	0.009	0.008	0.001	12.50%	
LÍMITE PLÁSTICO									
ASTM D 4318 LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, Y EL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS									
No.	RECIPIENTE	MASA CÁP. (kg)	MASA CÁP+SUELO HÚMEDO (kg)	MASA CÁP.+ SUELO SECO (kg)	MASA SUELO HÚMEDO (kg)	MASA SUELO SECO (kg)	MASA DE AGUA EVAPORADA (kg)	% HUMEDAD	% HUMEDAD PROMEDIO
1	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00%	0.00%
GRÁFICA: % HUMEDAD vs # GOLPES									
ASTM D 4318 LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, Y EL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS									
<p style="text-align: center;">MUESTRA 03: %HUMEDAD vs #GOLPES</p> 									
ÍNDICE PLÁSTICO									
ASTM D 4318 LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, Y EL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS									
$I_p = LL - LP$									
IP = Índice de plasticidad		LL (%)		16.50% RESULTADO A LOS 25 GOLPES		LP (%)		NP (NO PLÁSTICO)	
LL = límite líquido		LP (%)		NP (NO PLÁSTICO)		IP (%)			
IP = límite plástico									
*DE ACUERDO A LA NORMA EL ÍNDICE PLÁSTICO (IP) DEBE SER MENOR QUE 9% CASO CONTRARIO SE PROCEDERÁ A COMBINAR CON OTRO MATERIAL PARA BAJAR EL % DE IP									

Fuente: (Tesista, 2016)

Tabla 76. Límites de Atterberg Margen Derecho |2.00m – 2.50 m|

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO																			
LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES																			
FECHA TOMA DE MUESTRA: 13/07/2016					FECHA ENSAYO: 14/07/2016														
LOCALIZACIÓN: MARGEN DERECHO					POR: JUAN ANDRÉS SEGOVIA BONIFAZ														
MUESTRA No.: 04					CONDICIÓN MUESTRA: ESTADO NATURAL														
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: AGREGADO FINO					MATERIAL RETENIDO TAMIZ No.40: 17.97%														
PROFUNDIDAD: 2.00 m - 2.50 m					COORD. UTM: 9792094.205 m 777953.758 m 3163.00 msnm														
LÍMITE LÍQUIDO																			
ASTM D 4318 LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, Y EL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS																			
No. GOLPES	RECIPIENTE	MASA CÁP. (kg)	MASA CÁP.+SUELO HÚMEDO (kg)	MASA CÁP.+ SUELO SECO (kg)	MASA SUELO HÚMEDO (kg)	MASA SUELO SECO (kg)	MASA DE AGUA EVAPORADA (kg)	% HUMEDAD	% HUMEDAD PROMEDIO										
9	1	0.014	0.027	0.024	0.013	0.010	0.003	30.00%	23.67%										
15	2	0.018	0.027	0.025	0.009	0.007	0.002	28.57%											
26	3	0.014	0.024	0.023	0.010	0.009	0.001	11.11%											
43	4	0.014	0.024	0.022	0.010	0.008	0.002	25.00%											
LÍMITE PLÁSTICO																			
ASTM D 4318 LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, Y EL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS																			
No.	RECIPIENTE	MASA CÁP. (kg)	MASA CÁP.+SUELO HÚMEDO (kg)	MASA CÁP.+ SUELO SECO (kg)	MASA SUELO HÚMEDO (kg)	MASA SUELO SECO (kg)	MASA DE AGUA EVAPORADA (kg)	% HUMEDAD	% HUMEDAD PROMEDIO										
1	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00%	0.00%										
GRÁFICA: % HUMEDAD vs # GOLPES																			
ASTM D 4318 LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, Y EL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS																			
<p style="text-align: center;">MUESTRA 04: %HUMEDAD vs #GOLPES</p> <table border="1"> <caption>Datos del gráfico: % Humedad vs # Golpes</caption> <thead> <tr> <th>Número de Golpes</th> <th>% Humedad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>9</td> <td>30.00%</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>28.57%</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>11.11%</td> </tr> <tr> <td>43</td> <td>25.00%</td> </tr> </tbody> </table>										Número de Golpes	% Humedad	9	30.00%	15	28.57%	25	11.11%	43	25.00%
Número de Golpes	% Humedad																		
9	30.00%																		
15	28.57%																		
25	11.11%																		
43	25.00%																		
ÍNDICE PLÁSTICO																			
ASTM D 4318 LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, Y EL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS																			
$I_p = LL - LP$																			
IP = Índice de plasticidad					LL (%) 11.50% RESULTADO A LOS 25 GOLPES														
LL = límite líquido					LP (%) NP (NO PLÁSTICO)														
LP = límite plástico					IP (%)														

Fuente: (Tesista, 2016)

Gravedad específica y % de Absorción

Se sumerge en agua por $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$, una muestra de árido previamente secada, hasta conseguir una masa constante, con el propósito de llenar con agua sus poros. Se retira la muestra del agua, se seca el agua superficial de las partículas y se determina su masa. Luego, se coloca la muestra (o parte de esta) en un recipiente graduado y se determina el volumen de la muestra por el método gravimétrico o volumétrico; finalmente, la muestra se seca al horno y se determina nuevamente su masa. Utilizando los valores de masa obtenidos y mediante las fórmulas del método de ensayo, es posible calcular la densidad y la absorción.

Equipos:

- Balanza con sensibilidad de 0.1%
- Picnómetro
- Recipientes
- Molde y compactador metálico
- Termómetro
- Agua destilada

Procedimiento:

- Saturar los agregados por 24 horas.
- En primer lugar se debe llenar parcialmente el picnómetro con el agua destilada a una temperatura de $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$.

- Introducir en el picnómetro $500 \text{ g} \pm 10 \text{ g}$, en nuestro caso la cantidad que dispongamos del árido saturado superficialmente seco.
- Posteriormente llenamos con agua adicional hasta aproximadamente el 90% de su capacidad, manteniendo la misma temperatura anteriormente mencionada.
- Agitar el picnómetro hasta eliminar las burbujas de aire que se encuentran en la parte de adentro.
- Eliminamos el exceso de agua hasta dejar únicamente el árido fino, para luego colocarlo en un recipiente y por último secarlo en un horno y pesarlo.

Tabla 77. *Peso específico y % de absorción de agua Margen Derecho*

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO									
LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES									
FECHA TOMA DE MUESTRA: 13/07/2016					FECHA ENSAYO: 14/07/2016				
MUESTRA No.: -----					POR: JUAN ANDRÉS SEGOVIA BONIFAZ				
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA AGREGADO FINO					CONDICIÓN MUESTRA: SECA AL HORNO				
LOCALIZACIÓN: MARGEN DERECHO					COORD. 9792094.205 m UTM 777953.758 m 3163.00 msnm				
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN									
INEN 0856		GARVEDAD ESPECÍFICA Y % DE ABSORCIÓN ÁRIDOS FINOS (AF)							
MUESTRA N°	PICNÓMETRO gr	PICNÓMETRO + AGUA gr	PICNÓMETRO + AF (sss) gr	PICNÓMETRO + AF (sss) + AGUA gr	T° AGUA °C	DENSIDAD DEL AGUA RESPECTO A T° gr/cm3	MASA AF (sss) gr	Vol. desalojado cm3	DENSIDAD sss gr/cm3
1	495.00	1355.00	995.00	1640.00	23.00	997.62	500.00	215.00	2.32
2									
3	495.00	1355.00	996.00	1617.00	23.00	997.62	501.00	239.00	2.09
4									
MUESTRA N°	RECIPIENTE gr	RECIPIENTE + AF (sss) gr	RECIPIENTE + AF (seco) gr	AF (sss) gr	AF (seco) gr	AGUA CONTENIDA EN EL ÁRIDO gr	% ABSORCIÓN		
1	486.00	986.00	862.00	500.00	376.00	124.00	32.98		
2									
1	174.00	674.00	655.00	500.00	481.00	19.00	3.95		
2									
OBSERVACIONES:									

Fuente: (Tesista, 2016)

Tabla 78. *Peso específico y % de absorción de agua Margen Izquierdo*

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO									
LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES									
FECHA TOMA DE MUESTRA: 13/07/2016					FECHA ENSAYO: 14/07/2016				
MUESTRA No.: -----					POR: JUAN ANDRÉS SEGOVIA BONIFAZ				
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA AGREGADO FINO					CONDICIÓN MUESTRA: SECA AL HORNO				
LOCALIZACIÓN: MARGEN IZQUIERDO					COORD. 99792064.531 m UTM 777959.256 m 3164.72 msnm				
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN									
INEN 0856 GARVEDAD ESPECÍFICA Y % DE ABSORCIÓN ÁRIDOS FINOS (AF)									
MUESTRA	PINÓMETRO	PICNÓMETRO + AGUA	PICNÓMETRO + AF (sss)	PICNÓMETRO + AF (sss) + AGUA	T° AGUA	DENSIDAD DEL AGUA RESPECTO A T°	MASA AF (sss)	Vol. desalojado	DENSIDAD sss
N°	gr	gr	gr	gr	°C	gr/cm ³	gr	cm ³	gr/cm ³
1	495.00	1355.00	996.00	1653.00	23.00	997.62	501.00	203.00	2.46
2									
MUESTRA	RECIPIENTE	RECIPIENTE + AF (sss)	RECIPIENTE + AF (seco)	AF (sss)	AF (seco)	AGUA CONTENIDA EN EL ÁRIDO	% ABSORCIÓN		
N°	gr	gr	gr	gr	gr	gr			
1	613.00	1113.00	1010.00	500.00	397.00	103.00	25.95		
2									
OBSERVACIONES:									

Fuente: (Tesista, 2016)

Clasificación del suelo

Se realiza la clasificación con el ordenamiento de los diferentes suelos en grupos que posean propiedades semejantes, para facilitar la comparación con suelos cuyas propiedades ya se conocen.

Se usarán dos sistemas de clasificación:

○ **Sistema de clasificación de los suelos según AASHTO**

Esta clasificación se basa en los resultados obtenidos como el límite líquido, índice de plasticidad y material que pasa el tamiz No. 10, 40 y 200.

De acuerdo con este sistema los suelos están clasificados en ocho grupos designados por los símbolos del A-1 al A-8. Los suelos inorgánicos se clasifican en siete grupos que van del A-1 al A-7 y los suelos con elevada proporción de materia orgánica se clasifican como A-8.

Este método es usado principalmente para obras viales. La evaluación se complementa mediante el IG:

$$IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd$$

Dónde:

IG máx ≤ 20

a: % que pasas tamiz No. 200 (32-75)

b: % que pasa el tamiz No. 200 (15-55)

c: % LL (40-60)

d: % IP (10-30)

Consideraciones:

- El IG se informa en números enteros y si es negativo se hace igual a cero.
- El valor del IG debe ir siempre en paréntesis después del símbolo de grupo.
- Cuando el suelo es NP o el LL no puede ser determinado, el IG es cero.
- Si un suelo es altamente orgánico, se debe clasificar como A-8 por inspección visual y diferencia en humedades.

Tabla 79. Sistema de clasificación de suelos AASHTO

Clasif. General	Materiales Granulares (35% o menos pasa la malla nº 200)						Limos y Arcillas (35% pasa malla nº 200)				
	A - 1		A - 3	A - 2			A - 4	A - 5	A - 6	A - 7	
Subgrupos	A - 1 - a	A - 1 - b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				A-7-5/A-7-6
% que pasa tamiz : Nº 10	50 máx										
Nº 40	30 máx	50 máx	51 mín								
Nº 200	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx	36 mín	36 mín	36 mín	
Caract. Bajo Nº 40											
LL				40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
IP	6 máx	6 máx	NP	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
IG	0	0	0	0	0	4 máx	4 máx	8 máx	12 máx	16 máx	20 máx
Tipo de material	Gravas y Arenas		Arena fina	Gravas y arenas limosas y arcillosas				Suelos Limosos		Suelos arcillosos	
Terreno fundación	Excelente		Excelente	Excelente a bueno				Regular a malo			

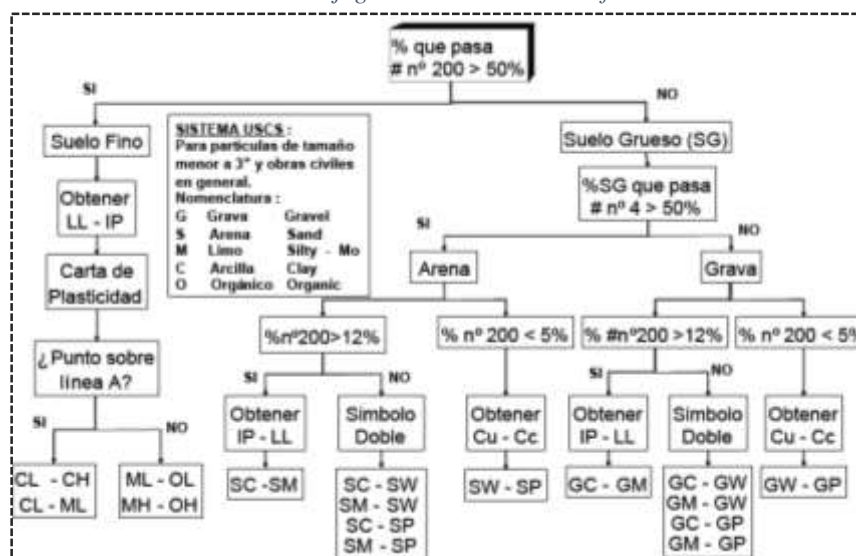
Fuente: (s.f)

○ Sistema de clasificación de los suelos USCS

Sistema concebido para permitir la identificación de los suelos en el terreno, los agrupa de acuerdo a su comportamiento como material para construcción en función de sus propiedades de granulometría y plasticidad.

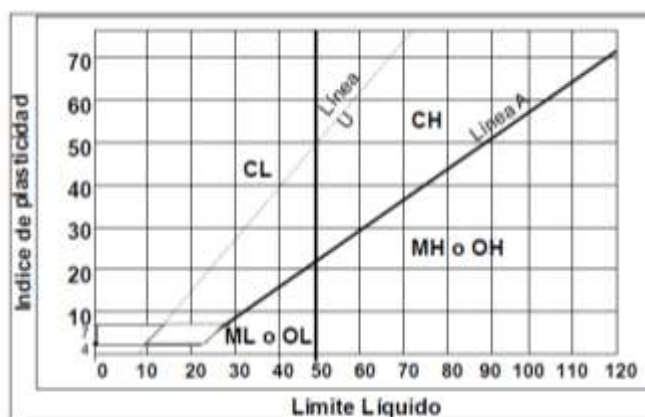
El primer paso para clasificar el suelo consiste en identificar si es altamente orgánico o no. De serlo, se anota las principales características como: textura, olor, etc., y se identifica simplemente como turba (Pt); y, si no lo es, se continúa el proceso con ayuda del siguiente flujograma para determinar su clasificación:

Ilustración 121. Flujograma Sistema de clasificación USCS



Fuente: (s.f)

Ilustración 122. Carta de Plasticidad USCS



Línea A = 0,73 (LL - 20)
Línea U = 0,90 (LL - 8)

Fuente: (s.f)

Tabla 80. Propiedades importantes de los diferentes tipos de suelos (USCS)

Denominaciones típicas de los de los grupos de suelos.	Símbolo del grupo	PROPIEDADES MAS IMPORTANTES			
		Permeabilidad en estado compactado	Resistencia al corte en estado compacto y saturado excelente	Compresibilidad en estado compacto y saturado.	Facilidad de tratamiento en obra.
Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arenas con pocos finos o sin ellos.	G W	Permeable	Excelente	Despresiable	Excelente
Gravas mal graduadas, mezclas de arena y grava con pocos finos o sin ellos.	G P	Muy permeable	Buena	Despresiable	Buena
Gravas limosas mal graduadas mezclas de gravas, arena y limo.	G M	Semipermeable a impermeable.	Buena	Despresiable	Buena
Gravas arcillosas, mezclas mal graduadas de gravas, arena y arcilla.	G S	Impermeable	Buena a regular	Muy baja	Buena
Arenas bien graduadas, arenas con grava con pocos finos o sin ellos.	S W	Permeable	Excelente	Despreciable	Excelente
Arenas mal graduadas, arenas con grava con pocos finos o sin ellos.	S P	Permeable	Buena	Muy baja	Regular
Arenas limosas, mezclas de arena y limo mal graduadas.	S M	Semipermeable a impermeable.	Buena	Baja	Regular
Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla mal graduadas.	SC	Impermeable	Buena a regular	Baja	Buena
Limos inorgánicos y arenas muy finas polvo de roca, arenas finas arcillosas o limosas con ligera plasticidad	ML	Semipermeable a impermeable.	Regular	Media	Regular
Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras	CL	Impermeable	Regular	Media	Buena a Regular
Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.	OL	Semipermeable a impermeable.	Deficiente	Media	Regular
Limos inorgánicos, suelos finos arenosos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos	MH	Semipermeable a impermeable.	Regular a deficiente	elevada	Deficiente
Arcillas inorgánicas de elevada plasticidad, arcillas grasas	CH	Impermeable	Deficiente	elevada	Deficiente
Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta	OH	Impermeable	Deficiente	elevada	Deficiente
Turba y otros suelos inorgánicos	Pt	-	-	-	-

Fuente: (s.f)

Tabla 81. Resumen clasificación de suelos

MUESTRA	MARGEN	PROFUNDIDAD	DENOMINACIÓN					
			AASHTO			USCS		
1	IZQUIERDO	0.50 m - 1.00 m	A-2-4		ARENA FINA CON CONTENIDOS DE LIMO	SM		ARENA LIMOSA, MEZCLA DE ARENA Y LIMO MAL GRADUADAS
2		1.00 m - 1.50 m	A-1-b		ARENA GRUESA CON O SIN MATERIAL FINO	GP		GRAVA MAL GRADUADA, MEZCLA DE GRAVA Y ARENA CON POCOS FINOS O SIN ELLOS
1	DERECHO	0.50 m - 1.00 m	A-2-4		ARENA FINA CON CONTENIDOS DE LIMO	SM		ARENA LIMOSA, MEZCLA DE ARENA Y LIMO MAL GRADUADAS
2		1.00 m - 1.50 m	A-2-4		ARENA FINA CON CONTENIDOS DE LIMO	SM		ARENA LIMOSA, MEZCLA DE ARENA Y LIMO MAL GRADUADAS
3		1.50 m - 2.00 m	A-2-4		ARENA FINA CON CONTENIDOS DE LIMO	SM		ARENA LIMOSA, MEZCLA DE ARENA Y LIMO MAL GRADUADAS
4		2.00 m - 2.50 m	A-2-4		ARENA FINA CON CONTENIDOS DE LIMO	SM		ARENA LIMOSA, MEZCLA DE ARENA Y LIMO MAL GRADUADAS

Fuente: (Tesista, 2016)

Características de resistencia

Para llevar a cabo el cálculo de la capacidad admisible (q_a) del suelo donde se implantará el proyecto, se ha considerado los ensayos de penetración estándar (SPT) tomando los valores de N (número de golpes) a los diferentes niveles en cada una de las perforaciones realizadas; basándose en los criterios de diseño de Terzaghi y Meyerhoff, se ha previsto además un asentamiento máximo de $S = 2.50 \text{ cm}$, y un factor de seguridad $F_s = 3$.

Tabulación de resultados del ensayo SPT.-

$$CN = \left(\frac{1}{\frac{G_A}{P_A}} \right)^{0.50} \quad \text{para } G_A > 25 \frac{kN}{m^3} \text{ si } G_A \text{ no cumple } 0.75$$

Dónde:

CN: número de spt en campo

Ga: presión sobrecarga en kN/m^3

Pa: presión atmosférica 100 kN/m^3

Para el número de SPT corregido:

$$N_{\text{Corregido}} = CN * N(\text{número de golpes en campo})$$

Ángulo de fricción interna según Peck Hasson y Thorburn

$$\phi = 27.1 + 0.3 * N_{\text{corregido}} - 0.00054(N_{\text{corregido}})^2$$


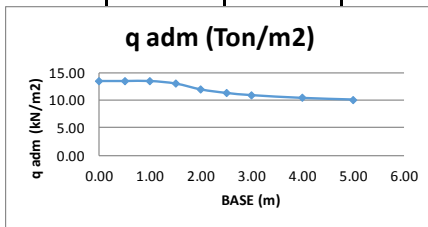
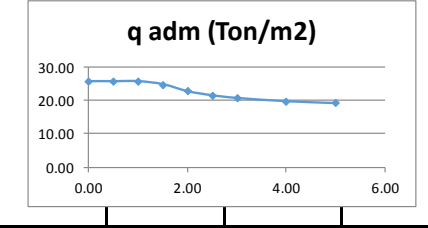
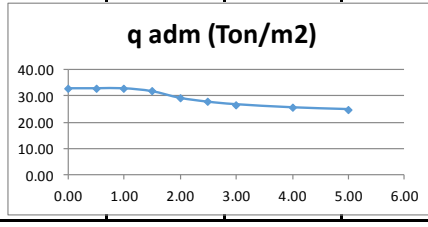
La carga admisible (q_{adm}) según Meyerhof es, para un asentamiento de 25.4mm

$$q_{adm} = 11.98 * N_{\text{corregido}} \text{ para } B \leq 1.22m$$

$$q_{adm} = 7.99 * N_{\text{corregido}} \left(\frac{3.28B + 1}{3.28B} \right)^2 \text{ para } B > 1.22m$$

De acuerdo a esto se han tabulado los siguientes resultados:

Tabla 82. Características de resistencia de acuerdo a SPT_1

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO											
LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES											
FECHA TOMA DE MUESTRA:	13/07/2016					FECHA ENSAYO:	14/07/2016				
LOCALIZACIÓN:	MARGEN DERECHO					POR:	JUAN ANDRÉS SEGOVIA BONIFAZ				
MUESTRA No.:	01-02-03-04					CONDICIÓN MUESTRA:	ESTADO NATURAL				
PROFUNDIDAD:	0.50 m - 1.00 m - 1.50 m - 2.00 m - 2.50 m					COORD. UTM	9792094.205 m 777953.758 m 3163.00 msnm				
ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR											
NIVEL DE CIMENTACION	PROFUNDIDAD (m)	N SPT GOLPES	PESO ESPECIFICO O EFECTIVO (kN/m ³)	PRESION DE SOBRECARGA (kN/m ²)	CN	NCORR (GOLPES)	S(mm)	B(m)	Capacidad Admisible del Suelo (Ton/m ²)	φ (grados)	
0.5 - 1.00	1.00	15	22.736	22.736	0.750	11.000	25.40	1	13.18	30	
1.00 - 1.50	1.50	21	22.736	34.104	1.021	21.000	25.40	1	25.16	33	
1.50 - 2.00	2.00	28	20.492	40.984	0.975	27.000	25.40	1	32.35	35	
2.00 - 2.50	2.50	32	20.492	51.230	0.919	29.000	25.40	1	34.74	35	
GRAFICA: ESFUERZO ADMISIBLE DEL SUELO vs. BASE DE LA CIMENTACIÓN											
Df (m)	NF	Ncorr (golpes)	S (mm)	B (m)	Sin NF	Con NF	Sin NF	Con NF	Carga Maxima Admisible		
					q adm (kN/m ²)	q adm (kN/m ²)	q adm (Ton/m ²)	q adm (Ton/m ²)	Q adm (kN)	Q adm (ton)	
1	no	11.000	25.400	0.00	131.78		13.45		0.00	0.00	
				0.50	131.78		13.45		4.12	0.42	
				1.00	131.78		13.45		16.47	1.68	
				1.50	127.25		12.98		35.79	3.65	
				2.00	116.73		11.91		58.36	5.96	
				2.50	110.63		11.29		86.43	8.82	
				3.00	106.66		10.88		119.99	12.24	
				4.00	101.80		10.39		203.60	20.78	
				5.00	98.94		10.10		309.17	31.55	
											
GRAFICA: ESFUERZO ADMISIBLE DEL SUELO vs. BASE DE LA CIMENTACIÓN											
Df (m)	NF	Ncorr (golpes)	S (mm)	B (m)	Sin NF	Con NF	Sin NF	Con NF	Carga Maxima Admisible		
					q adm (kN/m ²)	q adm (kN/m ²)	q adm (Ton/m ²)	q adm (Ton/m ²)	Q adm (kN)	Q adm (ton)	
1.5	no	21.000	25.400	0.00	251.58		25.67		0.00	0.00	
				0.50	251.58		25.67		7.86	0.80	
				1.00	251.58		25.67		31.45	3.21	
				1.50	242.93		24.79		68.32	6.97	
				2.00	222.84		22.74		111.42	11.37	
				2.50	211.21		21.55		165.01	16.84	
				3.00	203.63		20.78		229.08	23.38	
				4.00	194.34		19.83		388.69	39.66	
				5.00	188.88		19.27		590.24	60.23	
											
GRAFICA: ESFUERZO ADMISIBLE DEL SUELO vs. BASE DE LA CIMENTACIÓN											
Df (m)	NF	Ncorr (golpes)	S (mm)	B (m)	Sin NF	Con NF	Sin NF	Con NF	Carga Maxima Admisible		
					q adm (kN/m ²)	q adm (kN/m ²)	q adm (Ton/m ²)	q adm (Ton/m ²)	Q adm (kN)	Q adm (ton)	
2	no	27.000	25.400	0.00	323.46		33.01		0.00	0.00	
				0.50	323.46		33.01		10.11	1.03	
				1.00	323.46		33.01		40.43	4.13	
				1.50	312.34		31.87		87.84	8.96	
				2.00	286.51		29.24		143.26	14.62	
				2.50	271.56		27.71		212.15	21.65	
				3.00	261.81		26.71		294.53	30.05	
				4.00	249.87		25.50		499.74	50.99	
				5.00	242.84		24.78		758.88	77.44	
											

Fuente: (Tesista, 2016)

Tabla 83. Características de resistencia de acuerdo a SPT_2

GRAFICA: ESFUERZO ADMISIBLE DEL SUELO vs. BASE DE LA CIMENTACIÓN										
Df (m)	NF	Ncorr (golpes)	S (mm)	B (m)	Sin NF	Con NF	Sin NF	Con NF	Carga Maxima Admisible	
					q adm (kN/m ²)	q adm (kN/m ²)	q adm (Ton/m ²)	q adm (Ton/m ²)	Q adm (kN)	Q adm (ton)
2.5	no	29.000	25.400	0.00	347.42		35.45		0.00	0.00
				1.00	347.42		35.45		43.43	4.43
				1.50	335.47		34.23		94.35	9.63
				2.00	307.74		31.40		153.87	15.70
				3.00	281.20		28.69		316.35	32.28
				4.00	268.38		27.39		536.76	54.77
				5.00	260.83		26.62		815.09	83.17
				6.00	255.86		26.11		1151.35	117.48
				6.20	255.06		26.03		1225.56	125.06
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO										
LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES										
FECHA TOMA DE MUESTRA: 13/07/2016										
LOCALIZACIÓN: MARGEN IZQUIERDO										
MUESTRA No.: 01-02										
PROFUNDIDAD: 0.50 m - 1.00 m - 1.50 m										
					FECHA ENSAYO: 14/07/2016					
					POR: JUAN ANDRÉS SEGOVIA BONIFAZ					
					CONDICIÓN MUESTRA: ESTADO NATURAL					
					COORD. 99792064.531 m					
					UTM 777959.256 m					
					3164.72 msnm					
ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR										
NIVEL DE CIMENTACION	PROFUNDIDAD (m)	N SPT GOLPES	PESO ESPECIFICO O EFECTIVO (kN/m ³)	PRESION DE SOBRECARGA (kN/m ²)	CN	NCORR (GOLPES)	S(mm)	B(m)	Capacidad Admisible del Suelo (Ton/m ²)	φ (grados)
0.5 - 1.00	1.00	32	24.128	24.128	0.750	24.000	25.40	1	28.75	34
1.00 - 1.50	1.50	36	24.128	36.191	1.006	36.000	25.40	1	43.13	37
GRAFICA: ESFUERZO ADMISIBLE DEL SUELO vs. BASE DE LA CIMENTACIÓN										
Df (m)	NF	Ncorr (golpes)	S (mm)	B (m)	Sin NF	Con NF	Sin NF	Con NF	Maxima Admisible	
					q adm (kN/m ²)	q adm (kN/m ²)	q adm (Ton/m ²)	q adm (Ton/m ²)	Q adm (kN)	Q adm (ton)
1	no	24.000	25.400	0.00	287.52		29.34		0.00	0.00
				0.50	287.52		29.34		8.99	0.92
				1.00	287.52		29.34		35.94	3.67
				1.50	277.63		28.33		78.08	7.97
				2.00	254.68		25.99		127.34	12.99
				2.50	241.38		24.63		188.58	19.24
				3.00	232.72		23.75		261.81	26.71
				4.00	222.11		22.66		444.21	45.33
				5.00	215.86		22.03		674.56	68.83
GRAFICA: ESFUERZO ADMISIBLE DEL SUELO vs. BASE DE LA CIMENTACIÓN										
Df (m)	NF	Ncorr (golpes)	S (mm)	B (m)	Sin NF	Con NF	Sin NF	Con NF	Maxima Admisible	
					q adm (kN/m ²)	q adm (kN/m ²)	q adm (Ton/m ²)	q adm (Ton/m ²)	Q adm (kN)	Q adm (ton)
1.5	no	36.000	25.400	0.00	431.28		44.01		0.00	0.00
				0.50	431.28		44.01		13.48	1.38
				1.00	431.28		44.01		53.91	5.50
				1.50	416.45		42.49		117.13	11.95
				2.00	382.02		38.98		191.01	19.49
				2.50	362.07		36.95		282.87	28.86
				3.00	349.07		35.62		392.71	40.07
				4.00	333.16		34.00		666.32	67.99
				4.10	332.01		33.88		697.63	71.19

Fuente: (Tesista, 2016)

De acuerdo a los datos obtenidos las propiedades de los suelos para ambos márgenes será:

Margen	Tipo de suelo	Profundidad cimentación (m)	Nivel freático	% humedad	q.adm (Ton/m ²)	Ø
Derecho	SM	$2.50 + 1_{seguridad} = 3.50$	No	23.08	26.03	35°
Izquierdo	GP	$1.50 + 1_{seguridad} = 2.50$ Para puentes mínimo (3.00m)	No	19.70	33.88	37°

d) Estudio de tráfico

El presente estudio permitirá diseñar el tipo de estructura necesaria y suficiente para que la vía y el puente garanticen un óptimo nivel de servicio en los próximos 30 años.

Por medio del conteo manual realizado en el capítulo III (ítem 3.5.12), tráfico y movilidad, se determinó el tráfico diario promedio de vehículos que recorrerán diariamente por la vía en 54, de los cuales 6 corresponden a motos, 29 a vehículos livianos, 15 a buses y 4 a camiones de hasta dos ejes.

El TPDA actual, se determina en base a las observaciones y conteos del tráfico diario actual, para proyectar el TPDA futuro y realizar el dimensionamiento bajo criterios normativos del ancho de calzada, velocidad de diseño y demás parámetros para realizar el trazo geométrico de la infraestructura vial sobre el río Alao.

▪ Tráfico promedio diario anual proyectado, TPDA de diseño

Viene dado por la ecuación:

$$TPDA \text{ de diseño} = TPDA \text{ Futuro} + Tráfico \text{ atraído} + Tráfico \text{ generado} + Tráfico \text{ por desarrollo}$$

❖ TPDA Futuro

Pronóstico del volumen y composición del tráfico actual, para un período de diseño de n=30 años, y tasas de crecimiento (i) vehicular de: 2.82% (livianos), 0.96% (buses) y 2.39% (camiones).

$$TDPA \text{ Futuro} = TDPA \text{ actual} * (1 + i)^n$$

$$TDPA \text{ Futuro}_{\text{livianos}} = (6 + 29) * (1 + 2.82\%)^{30} = 81 \text{veh/día}$$

$$TDPA \text{ Futuro}_{\text{buses}} = (15) * (1 + 0.96\%)^{30} = 15 \text{veh/día}$$

$$TDPA \text{ Futuro}_{\text{livianos}} = (4) * (1 + 2.39\%)^{30} = 4 \text{veh/día}$$

❖ Tráfico Atraído

Es el tráfico desviado y varia del 10% al 30% del TPDA actual, proviene de vías existentes que se encuentran cerca del lugar del proyecto, se tomó un valor de 10% .

$$\textbf{Tráfico Atraído} = 10\% * TPDA \text{ actual}$$

$$\text{Tráfico Atraído}_{\text{livianos}} = 10\% * (6 + 29) = 4 \text{veh/día}$$

$$\text{Tráfico Atraído}_{\text{buses}} = 10\% * (15) = 2 \text{veh/día}$$

$$\text{Tráfico Atraído}_{\text{livianos}} = 10\% * (4) = 0 \text{veh/día}$$

❖ Tráfico Generado

Es el número de viajes que generaría la vía por influencia, se le asigna una tasa de incremento del 20 % del tráfico actual, con un periodo de generación de uno o dos años después de que la carretera ha sido abierta al servicio.

$$\textbf{Tráfico Generado} = 20\% * TPDA \text{ actual}$$

$$\text{Tráfico Generado}_{\text{livianos}} = 20\% * (6 + 29) = 7 \text{veh/día}$$

$$\text{Tráfico Generado}_{\text{buses}} = 20\% * (15) = 3 \text{veh/día}$$

$$\text{Tráfico Generado}_{\text{livianos}} = 20\% * (4) = 1\text{veh/día}$$

❖ Tráfico de Desarrollo

Se produce por la incorporación de nuevas áreas de producción, varía entre 5% al 7% del tráfico de los vehículos. Se asigna un valor de 6%.

$$\text{Tráfico de Desarrollo} = 6\% * \text{TPDA actual}$$

$$\text{Tráfico de Desarrollo}_{\text{livianos}} = 6\% * (6 + 29) = 2\text{veh/día}$$

$$\text{Tráfico de Desarrollo}_{\text{buses}} = 6\%(15) = 1\text{veh/día}$$

$$\text{Tráfico de Desarrollo}_{\text{livianos}} = 6\% * (4) = 0\text{veh/día}$$

El TPDA proyectado a 30 años para cada categoría es:

$$\text{TPDA de diseño} = \text{TPDA Futuro} + \text{Tráfico atraído} + \text{Tráfico generado} + \text{Tráfico por desarrollo}$$

$$\text{TPDA}_{\text{de diseño Livianos}} = 81 + 4 + 7 + 2 = 94\text{veh/día}$$

$$\text{TPDA}_{\text{de diseño Buses}} = 20 + 2 + 3 + 1 = 26\text{veh/día}$$

$$\text{TPDA}_{\text{de diseño Camiones}} = 8 + 1 = 9\text{veh/día}$$

EL TDPA general de diseño será el total de todas las categorías de tráfico vehicular:

$$\text{TPDA}_{\text{de diseño}} = 129\text{veh/día}$$

- **Clasificación Nacional de la infraestructura vial**

- ❖ Por su funcionalidad

Para normalizar la estructura vial del país, se ha clasificado a las carreteras de acuerdo al volumen del tráfico que procesa o se estima procesará en el año horizonte o de diseño.

La clasificación funcional propuesta de carreteras y caminos en función del TPDA, se publica en la tabla siguiente:

Tabla 84. Clasificación funcional de las vías en base al TPDA

Clasificación Funcional de las Vías en base al TPDA_d			
Descripción	Clasificación Funcional	Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA _d) al año de horizonte	
		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

Fuente: (NEVI-12-MTOP Vol.2A, 2013, pág. 64)

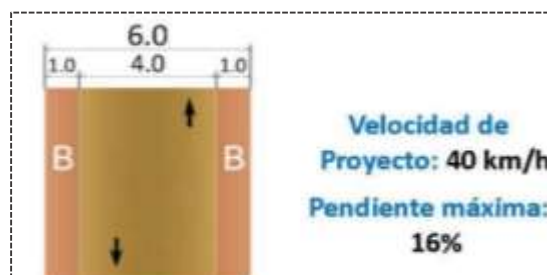
Correspondiente para el proyecto una clasificación funcional de categoría C3, por contar con un TPDA de diseño dentro del rango de 0 a 500 veh/día

La categoría C3 corresponde a un camino agrícola/forestal

- ❖ Según su desempeño

Camino Grícola/Forestal

Ilustración 123. Camino agrícola/forestal

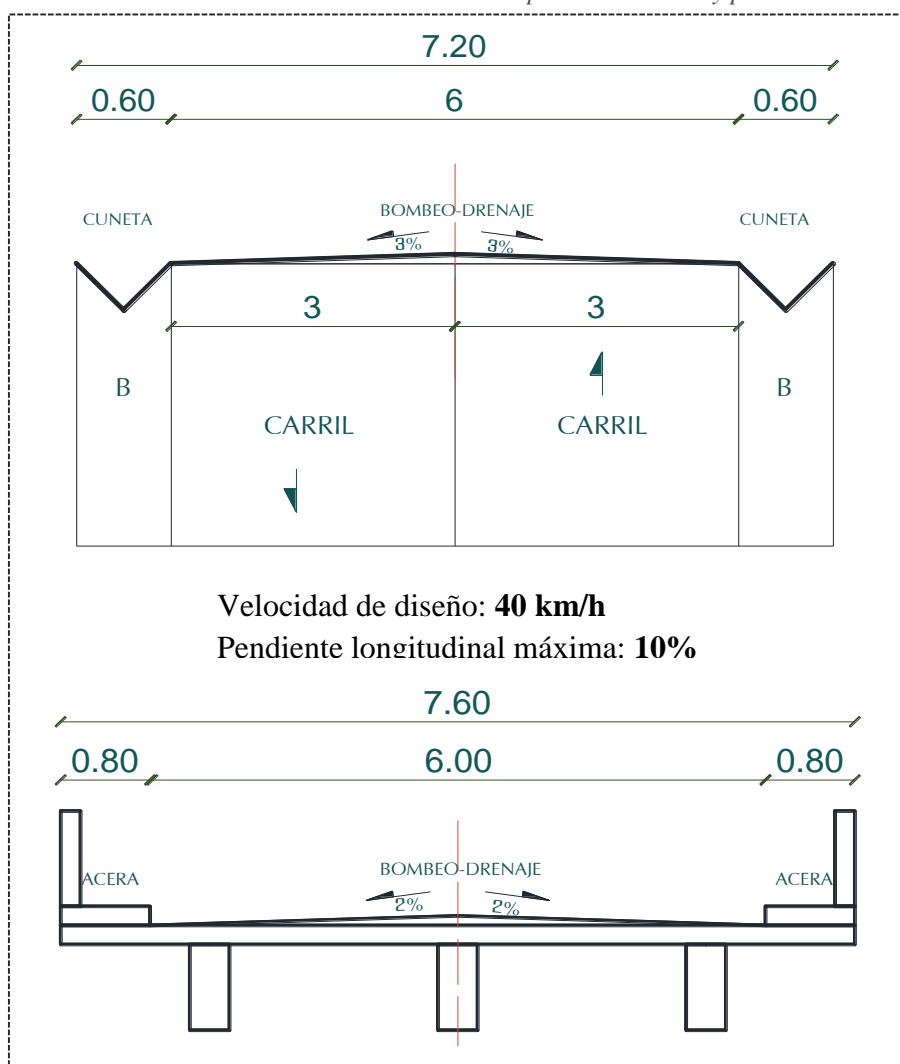


Fuente: (NEVI-12-MTOP Vol.2A, 2013, págs. 65-66)

- ❖ Por jerarquía de la red vial: camino vecinal
- ❖ Por sus condiciones orográficas: relieve accidentado
- ❖ De acuerdo a la superficie de rodamiento: superficie natural

Sin embargo, dada la importancia que tiene la estructura como solución al problema de movilidad, en particular, y evitando que el flujo vehicular presente puntos de conflicto por la pérdida de movilidad se han considerado las siguientes dimensiones y parámetros para la sección transversal, de los accesos y el puente.

Ilustración 124. Secciones transversales típicas de accesos y puente



Fuente: (Tesista, 2016)

e) **Diseño geométrico de accesos al puente**

El trazado geométrico de los accesos, es una parte muy importante dentro del proyecto de concepción de la infraestructura vial sobre el río Alao, pues se determina su configuración tridimensional, la ubicación y forma geométrica definida para los elementos de los caminos; de manera que estos accesos sean seguros, funcionales, cómodos, estéticos, económicos y compatibles con el medio ambiente.

De acuerdo a lo establecido dentro del estudio de tráfico, la vía corresponde al tipo de clase C3, camino agrícola/forestal. La propuesta del primer módulo técnico dentro de su desarrollo contempla el diseño de los accesos viales al puente sobre el río Alao, en base a las normas vigentes establecidas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

▪ **Criterios de Diseño**

❖ Factores que intervienen en el diseño horizontal

El diseño horizontal y vertical de los accesos deberá estar coordinado de forma tal que el usuario pueda circular por ellos de manera cómoda y segura. Las limitaciones de los vehículos y conductores, están relacionadas con el diseño horizontal, que debe ser eficiente en el día y en la noche, en épocas de invierno y verano, satisfacer además el tráfico anual y futuro proyectado. Los factores que intervienen en su diseño son:

- Factor Humano

Limitaciones físicas: eficiencia, visión, percepción, reacción y fatiga.

Características del conductor: después que los ojos de una persona registran un obstáculo, hay un tiempo hasta que se produce la reacción muscular adecuada, el mismo que se denomina tiempo de reacción, este valor varía según la persona y su estado físico. A este se suma el tiempo de percepción, el tiempo resultante oscila de 2 a 3 segundos.

La modalidad de los conductores: un conductor no ajusta la velocidad de su vehículo a la importancia que reviste un camino, sino más bien a las limitaciones que le imponen las características del lugar o del tránsito y a sus propias necesidades o urgencias.

- Factor vehicular

Limitaciones de diseño: los vehículos dependiendo del trabajo en el que se requiera, presentan sus propias características de diseño como largos y anchos.

Limitaciones de operación: las dimensiones propias de cada vehículo, influye en las dificultades de maniobra como visibilidad, velocidad, radio de giro y funcionamiento.

- Factor vial

- Velocidad de diseño
- Radio de curvatura
- Distancias de visibilidad de parada
- Gradientes
- Sobreanchos
- Espaldones o bermas
- Señalamientos

❖ Diseño en Planta

El diseño geométrico en planta está compuesto fundamentalmente de tangentes, curvas circulares y espirales; en las rectas es posible lograr un movimiento uniforme del vehículo, buena visibilidad para el conductor, seguridad y un menor consumo de combustible, sin embargo presentan problemas para la circulación vehicular cuando son excesivamente largas produciendo una monotonía en la conducción y pudiendo ocasionar cansancio e influir en los tiempos de reacción y percepción del conductor.

La imperiosa necesidad de salvar accidentes topográficos debido al relieve del terreno obliga a intercalar curvas entre alineaciones rectas.

Se definen a continuación alguna de la terminología utilizada.

Eje del camino: es la línea media contenida en la calzada.

Calzada: es el sector de la sección transversal del camino destinado a la circulación de los vehículos.

Espaldón: es el sector de la sección transversal que limita con la calzada y el inicio de cunetas.

Cuneta: sector de la sección transversal dispuesto para recoger y conducir el agua proveniente de las precipitaciones.

Obra Básica: se designa con este nombre al cuerpo del camino que incluye a más de la sección transversal, el ancho de los taludes.

❖ Velocidad de Diseño

Se deberá tomar en cuenta para escoger la velocidad de diseño el tipo de camino a proyectar:

Tabla 85. Velocidad de diseño de acuerdo a la topografía del terreno y tipo de vía

Velocidades de diseño. Adoptadas por el M.T.O.P en K.P.H			
Clasificación funcional.	TPDA (año final de diseño)	Recomendable	Absolutas
C3	0 - 500	40	25

Fuente: (NEVI-12-MTOP Vol.2A, 2013)

La velocidad de diseño es entonces: $Vd = 40 \text{ km/h}$

❖ Velocidad de Circulación

La velocidad de circulación o de operación es la velocidad real de un vehículo a lo largo de una sección específica de carretera.

La velocidad de circulación de los vehículos por los accesos, es una medida de la calidad del servicio que estos proporcionarán a los usuarios, por lo tanto para fines de diseño es necesario conocer las velocidad de los vehículos que se espera circulen para diferentes volúmenes de tránsito.

La AASHTO recomienda calcular como un porcentaje de la velocidad de diseño bajo el siguiente criterio:

Para volúmenes de tráfico bajos (TPDA<1000) se usará:

$$V_c = 0.80 * V_d + 6.5$$

Para volúmenes de tráfico intermedio ($1000 < TPDA < 3000$):

$$V_c = 1.32 * V_d^{0.89}$$

Debido a que el tráfico proyectado se encuentra dentro del rango de $TPDA < 1000$ la velocidad de circulación será:

$$V_c = 0.80 * V_d + 6.5, \quad V_d = 40 \text{ km/h}$$

$$V_c = 0.80 * 40 + 6.5$$

$$V_c = 38.50 \text{ km/h}$$

Tabla 86. Relación de velocidad de operación con la velocidad de diseño

VELOCIDAD DE DISEÑO KM/H	VELOCIDAD DE OPERACIÓN PROMEDIO - KM/H VOLUMEN DE TRANSITO		
	BAJO	MEDIO	ALTO
40	38	35	33
50	47	42	40
60	56	52	45
70	63	60	55
80	72	65	60
100	88	75	-

Fuente: (NEVI-12-MTOP Vol.2A, 2013)

❖ Alineamiento Horizontal de los accesos

Deberá permitir la circulación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad en la mayor longitud de carretera que sea posible.

En general, el relieve del terreno es el elemento de control del radio de curvas horizontales y de la velocidad; esta distancia a su vez controla la distancia de visibilidad.

La proyección del eje en un tramo recto, define la tangente y el enlace de dos tangentes consecutivas de rumbos diferentes se efectúa por medio de una curva. El establecimiento del alineamiento horizontal depende de:

- Topografía
- Características hidrológicas del terreno
- Potencial de los materiales locales, etc.

En el diseño de curvas horizontales se deben considerar dos casos:

- Tangente seguida por curva horizontal, en esta situación, las fuerzas centrífugas actúan en contra de la operación segura de los vehículos cuando entran y circulan por la curva.
- Alineamiento compuesto de tangente y curva horizontal y vertical, para dar seguridad y economía a la operación del tránsito, se han introducido factores limitantes en los métodos de diseño del alineamiento horizontal, como el radio mínimo de curva o grado máximo de curva, la tasa de sobreelevación máxima o

peralte máximo, los factores de fricción y las longitudes de transición mínima cuando se pase de una tangente a una curva.

La expresión matemática desarrollada para tomar en cuenta estos factores y la velocidad de diseño, es el siguiente:

$$e + f = \frac{Vd^2}{127R}$$

Donde,

e: tasa de sobreelevación en fracción decimal

f: factor de fricción lateral

Vd: velocidad de diseño (km/h)

R: radio de curvatura (m)

Factor máximo de fricción lateral y tasa de sobreelevación o peralte

El factor de fricción lateral depende principalmente de las condiciones de las llantas de los vehículos, el tipo y estado de la superficie de rodamiento y de la velocidad del vehículo, mientras que la sobreelevación o peralte de las condiciones climáticas, tipo de área, frecuencia de vehículos de baja velocidad y las condiciones del terreno. La AASHTO presenta factores de fricción lateral para tres tipos de carreteras, con variaciones entre 0.17 y 0.10 en función inversa de la

Tabla 87. Tasa de sobreelevación de acuerdo al tipo de

velocidad para todo tipo de carreteras rurales con velocidades comprendidas entre los 30 y 110 km/h. La sobreelevación o peralte, siempre se

Tasa de Sobreelevación, "e" en (%)	Tipo de Area
10	Rural montañosa
8	Rural plana
6	Suburbana
4	Urbana

Fuente: (NEVI-12-MTOP Vol.2A, 2013)

necesita cuando un vehículo viaja en una curva cerrada a una velocidad determinada, para

contrarrestar las fuerzas centrífugas y el efecto adverso de la fricción que se produce entre la llanta y la superficie de rodado.

Radio mínimos y sus correspondientes grados máximos de curvatura

Los radios mínimos son los valores límites de la curvatura para la velocidad de diseño dada, que se relacionan con la sobreelevación máxima y la máxima fricción lateral escogida para diseño. Un vehículo se sale de control en una curva, ya sea porque el peralte de la curva no es suficiente para contrarrestar la velocidad, o porque la fricción lateral entre las ruedas y la superficie de rodado es insuficiente y se produce el deslizamiento del vehículo.

$$R_{\min} = Vd^2/127(e + f); \quad f = 0.19 - 0.0000626 * Vd$$

$$R_{\min} = (40km/h)^2/127(10\% + 0.187)$$

$$R_{\min \text{ ambos accesos}} = 43.90 \text{ m} \approx 44.00 \text{ m}$$

El grado de curvatura (G_c) es el ángulo sustentado en el centro de un círculo de radio R por un arco de 20 m, se determina bajo la expresión:

$$G_{c\max} = \frac{1145.92}{R}$$

$$G_{c\max} = \frac{1145.92}{44}$$

$$G_{c\max \text{ ambos accesos}} = 26^\circ 2' 37.09''$$

Utilizando los valores recomendados para el factor de fricción (f) y la tasa de sobreelevación o peralte, se muestra la tabla siguiente donde se presentan los radios mínimos y grados máximos de curvatura para diferentes velocidades de diseño.

Tabla 88. Radios mínimos y grados máximos de curvas horizontales para distintas velocidades de diseño

Velocidad de Diseño (Km/h)	Factor de Fricción Máxima	Peralte máximo 10%		
		Radio (m)		Grado de Curva
		Calculado	Recomendado	
30	0.17	26.2	25	45° 50'
40	0.17	46.7	45	25° 28'
50	0.16	75.7	75	15° 17'
60	0.15	113.4	115	9° 58'
70	0.14	160.8	160	7° 10'
80	0.14	210.0	210	5° 27'
90	0.13	277.3	275	4° 10'
100	0.12	357.9	360	3° 11'
110	0.11	453.7	455	2° 31'
120	0.09	596.8	595	1° 56'

Fuente: (NEVI-12-MTOP Vol.2A, 2013)

Por normativa se trabajará con los valores recomendados,

$$R_{\text{mín ambos accesos}} = 45.00 \text{ m}$$

$$G_{\text{Cmáx ambos accesos}} = 25^{\circ}28'$$

Curvas horizontales de transición

Para dar seguridad al recorrido de los vehículos desde una sección en recta o tangente de una carretera a una determinada curva horizontal circular, los conductores desarrollan a su manera y en ocasiones invadiendo el carril vecino, una curva que se podría denominar de transición.

Dependiendo de los factores y fórmulas utilizados, la longitud de transición de una curva puede ser mayor o menor que longitud de transición dada en la tabla expuesta a continuación; aunque las diferencias no sean tan sustanciales, por recomendación de la normativa se utilizará una sola cifra, para el mejor control del diseño.

Tabla 90. Longitudes de desarrollo del peralte en carreteras de dos carriles, en metros

Peralte	Longitud de Transición y Velocidades de Diseño Km/h							
	40	50	60	70	80	90	100	110
Carriles de 3,65 Metros								
0.02	25	30	35	40	50	55	60	65
0.04	25	30	35	40	50	55	60	65
0.06	35	35	40	40	5	55	60	65
0.08	45	45	50	55	60	60	65	70
0.10	55	55	60	65	75	75	80	85
0.12	65	65	75	80	90	90	95	105

Fuente: (NEVI-12-MTOP Vol.2A, 2013)

Tabla 89. Elementos de diseño para curvas horizontales y velocidades de diseño, e.máx=10%

R (m)	V _d =30km/h			V _d =40km/h			V _d =50km/h			V _d =60km/h			V _d =70km/h			V _d =80km/h			V _d =90km/h			V _d =100km/h			V _d =110km/h		
	L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)		
	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs
7000	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0
5000	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0
3000	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	56	84	2.1	61	92
2500	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	50	75	2.2	56	84	2.5	61	92
2000	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	44	66	2.2	50	75	2.7	56	84	3.1	61	92
1500	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	39	59	2.4	44	66	2.9	50	75	3.5	56	84	4.1	61	92
1400	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	33	50	2.1	39	59	2.6	44	66	3.1	50	75	3.8	56	84	4.3	61	92
1300	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	33	50	2.3	39	59	2.8	44	66	3.3	50	75	4.0	56	84	4.6	61	92
1200	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	33	50	2.4	39	59	3.0	44	66	3.6	50	75	4.3	56	84	5.0	61	92
1000	SN	0	0	SN	0	0	SI	28	42	2.2	33	50	2.9	39	59	3.5	44	66	4.2	50	75	5.1	56	84	5.9	61	92
900	SN	0	0	SN	0	0	SI	28	42	2.5	33	50	3.2	39	59	3.9	44	66	4.6	50	75	5.6	56	84	6.4	61	92
800	SN	0	0	SN	0	0	SI	28	42	2.7	33	50	3.5	39	59	4.3	44	66	5.1	50	75	6.2	56	84	7.1	61	92
700	SN	0	0	SI	22	33	2.3	28	42	3.1	33	50	4.0	39	59	4.8	44	66	5.8	50	75	6.9	56	84	8.0	69	103
600	SN	0	0	SI	22	33	2.7	28	42	3.6	33	50	4.5	39	59	5.5	44	66	6.5	50	75	7.8	62	94	9.0	77	116
500	SN	0	0	2.3	22	33	3.1	28	42	4.2	33	50	5.3	39	59	6.4	46	69	7.6	57	86	8.9	71	107	9.9	85	127
400	SI	17	26	2.8	22	33	3.8	28	42	5.0	33	50	6.3	41	62	7.5	54	81	8.8	67	100	9.8	78	117	R _{min} = 455		
300	2.2	17	26	3.6	22	33	4.8	28	42	6.3	38	57	7.8	51	77	9.0	65	97	9.9	75	112	R _{min} = 360					
250	2.6	17	26	4.2	22	33	5.6	30	45	7.1	43	64	8.7	57	86	9.7	70	105	R _{min} = 275								
200	3.1	17	26	5.0	26	39	6.6	36	53	8.2	49	74	9.6	63	94	R _{min} = 210											
175	3.5	17	26	5.6	29	43	7.1	38	58	8.8	53	79	9.9	65	97.0	R _{min} = 160											
150	4.0	19	29	6.2	32	48	7.8	42	63	9.4	57	85	R _{min} = 115														
140	4.3	21	31	6.4	33	49	8.1	44	66	9.6	58	87	R _{min} = 75														
130	4.5	22	32	6.7	34	52	8.5	46	69	9.8	59	88	R _{min} = 45														
120	4.8	23	34	7.0	36	54	8.8	48	71	10.0	60	90	R _{min} = 25														
110	5.1	24	37	7.4	38	57	9.1	49	74	R _{min} = 115																	
100	5.5	26	40	7.7	40	59	9.5	51	77	R _{min} = 75																	
90	5.9	28	42	8.2	42	63	9.8	53	79	R _{min} = 45																	
80	6.4	31	46	8.6	44	66	10.0	54	81	R _{min} = 25																	
70	6.9	33	50	9.1	47	70	R _{min} = 45																				
60	7.5	36	54	9.6	49	74	R _{min} = 25																				
50	8.2	39	59	10.0	51	77	R _{min} = 25																				
40	9.1	44	65	R _{min} = 45																							
30	9.9	47	71	R _{min} = 25																							

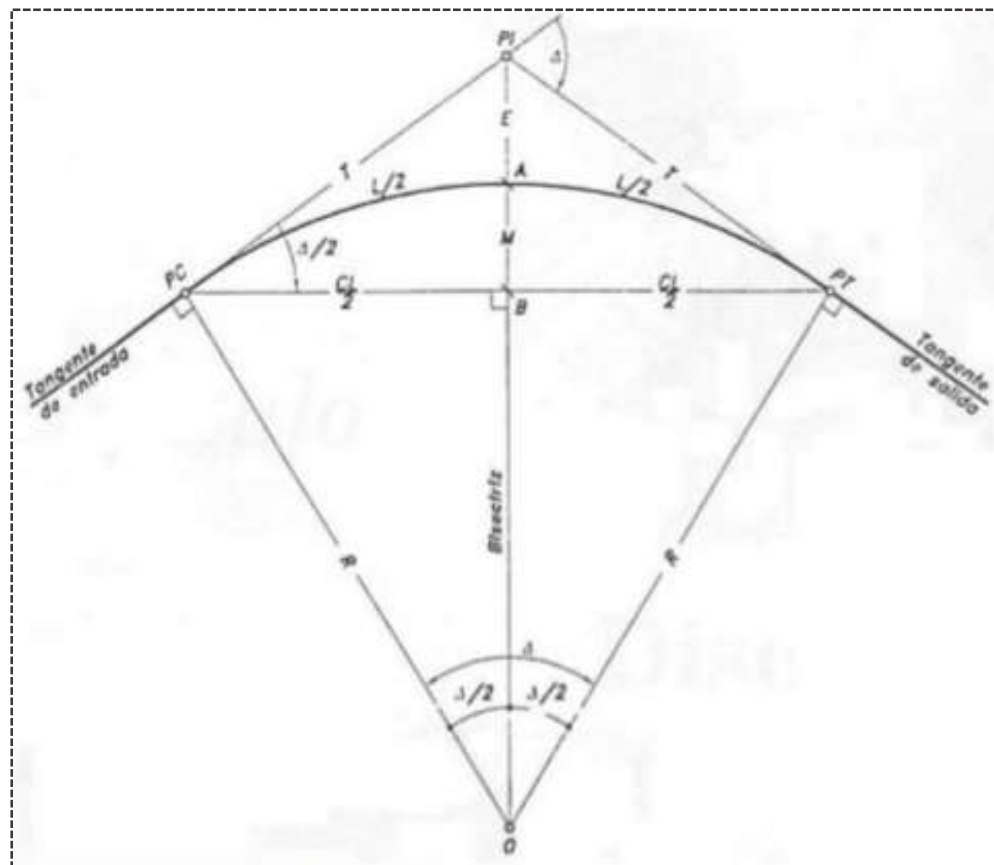
$e_{max} = 10.0\%$
R = Radio de curva
V = Velocidad de diseño
e = Tasa de superelevación
L = Longitud mínima de transición
SN = Sección Normal
SI = Sección Invertida, peralte similar a la pendiente normal
C: = Carriles
CIFRAS REDONDEADAS

Fuente: (NEVI-12-MTOP Vol.2A, 2013)

Curvas Circulares Simples

Las curvas circulares simples se definen como arcos de circunferencia de un solo radio que son utilizados para unir dos alineamientos rectos en la vía. Una curva circular simple (CCS) está compuesta de los siguientes elementos:

Ilustración 125. Curva circular simple, elementos



Fuente: (Tesista, 2016)

Ángulo de deflexión (Δ): el que se forma con la prolongación de uno de los alineamientos rectos y el siguiente. Puede ser a la izquierda o derecha según si está medido en sentido anti-horario o a favor de las manecillas del reloj, respectivamente. Es igual al ángulo central subtendido por el arco (Δ).

Tangente (T): distancia desde el punto de intersección de las tangentes (PI), hasta cualquiera de los puntos de tangencia de la curva (PC PT).

$$T = R * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

Radio (R): el de la circunferencia que describe el arco de la curva.

$$R = \frac{T}{\tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)}$$

Cuerda larga (CL): línea recta que une al punto de tangencia donde comienza la curva (PC) y al punto de tangencia donde termina (PT).

$$CL = 2 * R * \sen\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

Externa (E): distancia desde el PI al punto medio de la curva sobre el arco.

$$E = T * \tan\left(\frac{\Delta}{4}\right)$$

$$E = R \left(\frac{1}{\cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)} - 1 \right)$$

Ordenada media (M) o flecha (F): distancia desde el punto medio de la curva hasta el punto medio de la cuerda larga.

$$M = R \left(1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right) \right)$$

Grado de Curvatura (G): corresponde al ángulo central subtendido por un arco o una cuerda de determinada longitud.

$$G = \frac{C * \Delta}{L_c}$$

Longitud de la curva (Lc):

$$L_c = \frac{\pi * R * \Delta}{180}$$

Tangente máxima

Para evitar problemas relacionados con el cansancio, deslumbramiento, excesos de velocidad, etc. Es deseable limitar las longitudes máximas de las alineaciones rectas, siendo:

$$L_{m\acute{a}x} = 20 * Vd$$

$$L_{m\acute{a}x} = 20 * 40$$

$$L_{m\acute{a}x_{ambos\ accesos}} = 800\ m$$

Sobrecancho en curva

Los sobrecanchos se diseñan en las curvas horizontales de radios pequeños, combinados con carriles angostos, para facilitar las maniobras de los vehículos en forma eficiente, segura, cómoda y económica. Los sobrecanchos son necesarios para acomodar la mayor curva que describe el eje trasero de un vehículo pesado y para compensar la dificultad que enfrenta el conductor al tratar de ubicarse en el centro de su carril de circulación.

Para determinar el valor del sobreebanco, debe elegirse el vehículo representativo o promedio del tránsito de la vía. Cuando el valor del sobreebanco sea menor de 30 centímetros no es obligatoria su aplicación. Hay que tomar en cuenta que si la curva horizontal consta de una espiral de transición, el sobreebanco se reparte en ambos lados de la vía y que si la curva horizontal no consta de una espiral de transición, el sobreebanco se repartirá solo del lado interior de esta.

Se lo calculará en base a la fórmula:

$$Sa = 2 * (R - \sqrt{R^2 - E^2}) + (\sqrt{R^2 + (L_1 * (L_1 + 2 * E))} - R) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

Dónde:

R: radio de curvatura

E: distancia entre el eje delantero y el eje trasero del bus tipo

L1: distancia entre el eje delantero y el parachoques delantero

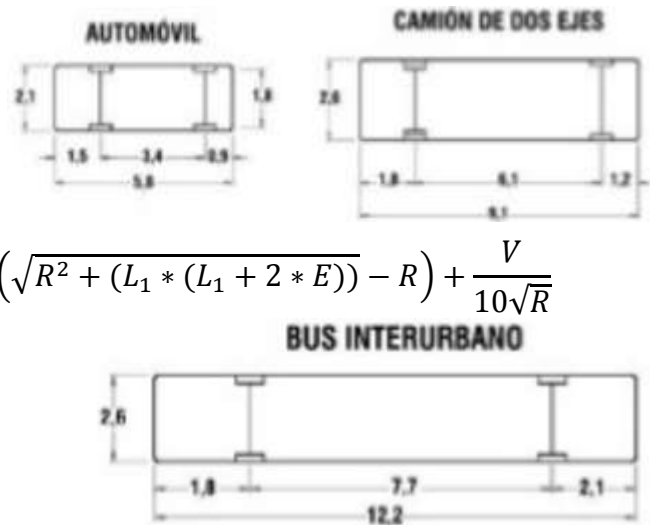
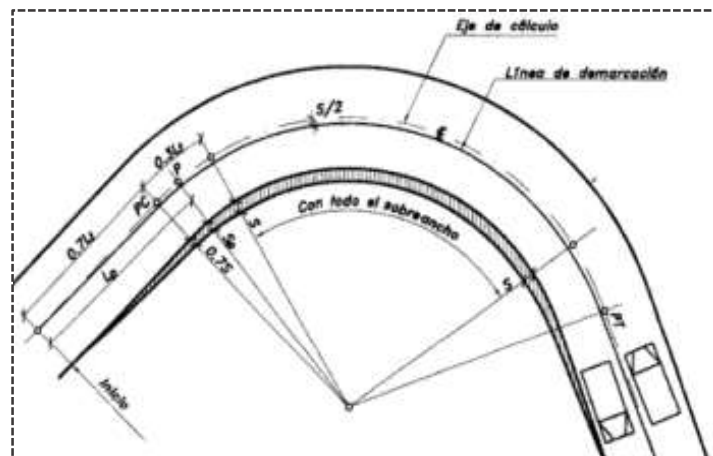


Ilustración 126. Sobreebanco curva circular



Fuente: (Tesista, 2016)

Peralte de curvas

La sobreelevación o peralte, es necesaria para contrarrestar las fuerzas centrífugas y el efecto adverso de fricción que se produce entre la llanta y la superficie de rodadura de un vehículo que viaja en una curva cerrada a determinada velocidad.

El uso del peralte provee comodidad y seguridad al vehículo que transita sobre el camino en curvas horizontales sin embargo el valor del peralte no debe sobrepasar el máximo del 10% y que un peralte exagerado puede provocar el deslizamiento del vehículo hacia el interior de la curva cuando el mismo circula a baja velocidad. Debido a estas limitaciones de orden práctico, no es posible compensar totalmente con el peralte la acción de la fuerza centrífuga en las curvas pronunciadas, siendo necesario recurrir a la fricción, para que sumado al efecto del peralte, impida el deslizamiento lateral del vehículo; aumentando el rozamiento lateral.

En base a una serie de investigaciones realizadas, se ha optado el criterio de contrarrestar con el peralte aproximadamente el 55% de la fuerza centrífuga; el restante 45% lo absorbe la fricción lateral.

Se lo calculará de acuerdo a:

$$h = e * a$$

Dónde:

h: altura peralte en curva

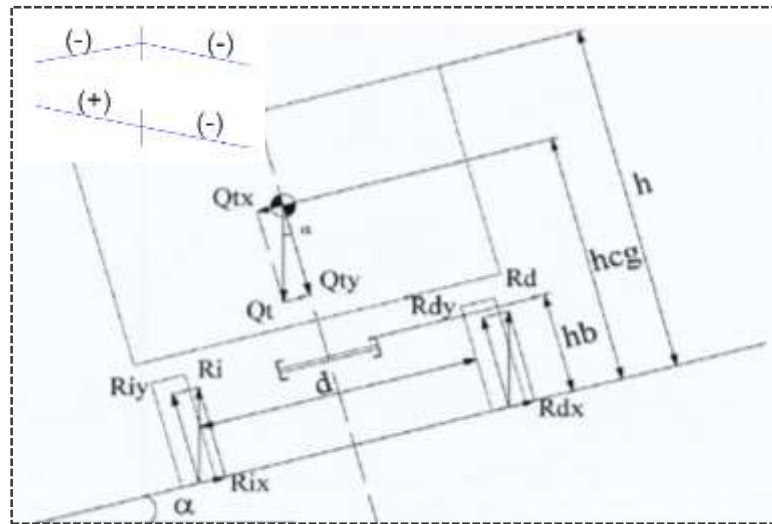
e: peralte %

a: ancho de la calzada en curva incluido el sobreelecho

Convención de peralte

El peralte positivo corresponde cuando se levanta el borde con respecto al eje y negativo cuando baja. Es importante tomar en cuenta que en una curva el peralte eleva el borde externo y descendiendo del eje interno.

Ilustración 127. Peralte, representación y convención.



Fuente: (Tesista, 2016)

Desarrollo del peralte

Cuando se presenta en el alineamiento horizontal una curva, es necesario modificar la inclinación transversal desde el bombeo hasta el peralte. Esta modificación en la inclinación transversal, que se debe realizar a lo largo de una longitud apropiada, se denomina transición del peralte y se puede desarrollar de tres maneras:

- Girando el pavimento de la calzada alrededor de su línea central o eje; que es el método más empleado ya que permite el desarrollo armónico, menor distorsión de los bordes de la corona y no altera el diseño de la rasante.

- Girando el pavimento alrededor de su borde interior; se emplea para mejorar la visibilidad de la curva o para evitar dificultades en el drenaje superficial de la carretera. Origina cambios en la rasante de la vía.
- Girando el pavimento alrededor de su borde exterior; se usa cuando se quiere destacar la apariencia del trazado. Es el menos utilizado y el que genera mayores cambios en la rasante.

La longitud de desarrollo del peralte no deberá ser menor a la establecida a continuación:

Tabla 91. *Longitudes de desarrollo de la sobreelevación en carreteras de dos carriles*

PERALTE	LONGITUD DE TRANSICIÓN Y VELOCIDADES DE DISEÑO km/h							
	40	50	60	70	80	90	100	110
Carriles hasta de 3.65 m								
0.02	25	30	35	40	50	55	60	65
0.04	25	30	35	40	50	55	60	65
0.06	35	35	40	40	55	55	60	65
0.08	45	45	50	55	60	60	65	70
0.10	55	55	60	65	75	75	80	85
0.12	65	65	75	80	90	90	95	105

Fuente: (NEVI-12-MTOP Vol.2A, 2013)

Longitudes de transición en función del peralte

Cada vez que se pasa de una alineación recta a una curva, se tiene que realizar una transición de una sección transversal, de un estado de sección normal al estado de sección completamente peraltada o viceversa, en una longitud necesaria para efectuar el desarrollo del peralte.

Se calcula la longitud L , de desarrollo del peralte en función de la i , cuyo valor se obtiene en función de la velocidad de diseño.

Tabla 92. *Gradiente longitudinal necesaria para el desarrollo del peralte*

Vd (km/h)	Valor de i (%)	Máxima pendiente equivalente
20	0.80	1:125
25	0.78	1:129
30	0.75	1:133
35	0.73	1:138
40	0.70	1:143
50	0.65	1:154
60	0.60	1:167
70	0.55	1:182
80	0.50	1:200
90	0.47	1:213
100	0.43	1:233
110	0.40	1:250
120	0.37	1:270

Fuente: (NEVI-12-MTOP Vol.2A, 2013)

$$L = \frac{e * a}{2 * i}$$

Dónde:

L: longitud de transición

e: peralte

a: ancho calzada incluido sobrecancho

i: gradiente longitudinal

Para encontrar la longitud de bombeo o tangencial:

$$x = \frac{p * a}{2 * i}$$

Dónde:

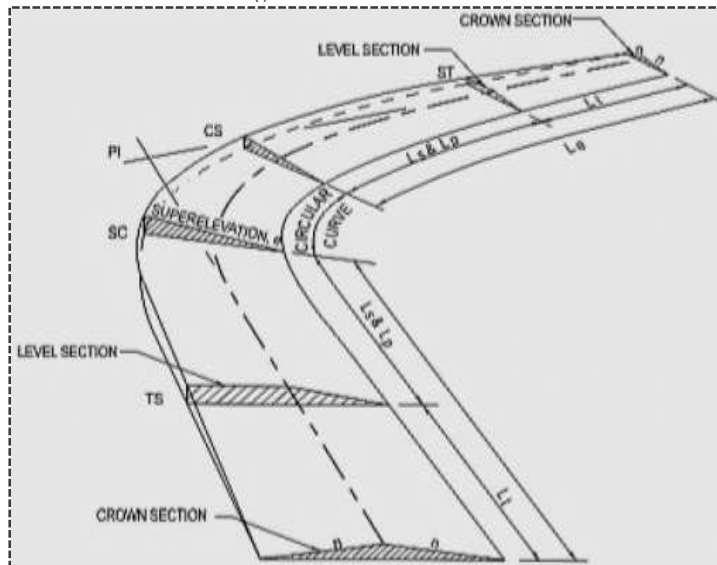
x: longitud de tangencial

p: pendiente transversal (2%)

Por último la longitud total de transición será:

$$L_{tT} = L + x \geq 55 \text{ m}$$

Ilustración 128. Diagrama de transición en curvas circulares

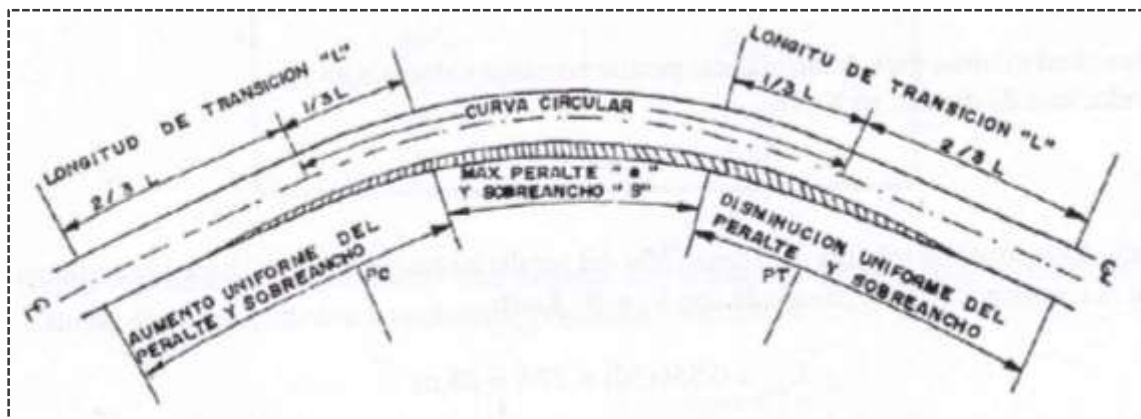


Fuente: (s.f)

Desarrollo de peralte en curvas simples

En las curvas circulares, a transición del peralte se desarrolla una parte en tangente y otra parte en la curva. Por lo general 2/3, dentro de la tangente y a 1/3 dentro de la curva, lo cual constituye un diseño más seguro.

Ilustración 129. Transición del peralte y sobreelevación de una curva circular



Fuente: (s.f)

Localización de una curva circular

Para calcular y localizar una curva circular a menudo se utilizan ángulos de deflexión.

Un ángulo de deflexión δ , es aquel que se forma entre cualquier línea tangente a la curva y la cuerda que va desde el punto de tangencia y cualquier otro punto sobre la curva.

Es decir se puede construir una curva con deflexiones sucesivas desde el PC, midiendo cuerdas desde allí. Sin embargo, rara vez las abscisas del PC o del PT son cerradas (múltiplos exactos de la cuerda unidad), por lo que resulta más sencillo calcular una subcuerda desde el PC hasta la siguiente abscisa cerrada y, de igual manera, desde la última abscisa cerrada ante del PT hasta él.

Para fines de trazo de las curvas circulares, se considera que la cuerda tiene la misma longitud que el arco. Por lo tanto, la cuerda variará con el grado de curvatura, según los intervalos siguientes:

$$0^{\circ}00' \leq G^{\circ}c < 06^{\circ}00' \quad c = 20 \text{ m}$$

$$6^{\circ}00' \leq G^{\circ}c < 15^{\circ}00' \quad c = 10 \text{ m}$$

$$G^{\circ}c \geq 15^{\circ}00' \quad c = 5 \text{ m}$$

El valor de \emptyset por metro y expresado en grados, se puede calcular a partir de:

$$\emptyset = \frac{1.5 * Gc * c}{60}$$

Cálculos para la curva circular simple N° 1, acceso Margen Izquierdo

Vd (km/h)	R (m)	R.mín (m)	Δ (°)	e (%)	a (m)	i (%)
40	95.00	45.00	33.34	10.00	6.00	0.70
Peralte (m)				Long. Transición peralte (m)		
0.44				62.00		

ELEMENTOS DE LA CURVA

CONDICIONES MÍNIMAS	CONDICIONES DE DISEÑO
T= 13.47 m	T= 28.44 m
CL= 25.81 m	CL= 54.50 m
M= 1.89 m	M= 3.99 m
E= 1.97 m	E= 4.17 m
Lc= 26.18 m	Lc= 55.27 m
C: 20.00	C: 20.00
Gc= 25.46 °	Gc= 12.06 °

	ESTACIÓN	COORDENADAS	
		x	y
PC	0+074.95	777899.72	9791904.01
PI	0+103.40	777924.31	9791918.32
PT	0+130.23	777936.98	9791943.78

PLANILLA DE DEFLEXIONES

PTO	ESTACIÓN	CUERDA	DEFLEXIÓN	DEFLEXIÓN ACUMULADA
PC	0 + 74.95	0.00	0.00	0.00
	0 + 80	5.05	1.52	1.52
	0 + 90	10.00	3.02	4.54
	0 + 100	10.00	3.02	7.55
	0 + 110	10.00	3.02	10.57
	0 + 120	10.00	3.02	13.59
	0 + 130	10.00	3.02	16.60
PT	0 + 130.22	0.22	0.07	16.67

Cálculos para la curva circular simple N° 2, acceso Margen Izquierdo

Vd (km/h)	R (m)	R.mín (m)	Δ (°)	e (%)	a (m)	i (%)
40	74.00	45.00	42.71	10.00	6.00	0.70
Peralte (m)				Long. Transición peralte (m)		
0.50				65.00		

ELEMENTOS DE LA CURVA

CONDICIONES MÍNIMAS	CONDICIONES DE DISEÑO
T= 17.59 m	T= 28.93 m
CL= 32.77 m	CL= 53.89 m
M= 3.09 m	M= 5.08 m
E= 3.32 m	E= 5.46 m
Lc= 33.54 m	Lc= 55.16 m
C: 20.00	C: 20.00
Gc= 25.46 °	Gc= 15.49 °

	ESTACIÓN	COORDENADAS	
		x	y
PC	0+187.07	777962.31	9791994.67
PI	0+216.00	777975.20	9792020.57
PT	0+242.23	777967.10	9792048.35

PLANILLA DE DEFLEXIONES

PTO	ESTACIÓN	CUERDA	DEFLEXIÓN	DEFLEXIÓN ACUMULADA
PC	0 + 187.07	0.00	0.00	0.00
	0 + 190	2.93	0.88	0.88
	0 + 195	5.00	1.51	2.39
	0 + 200	5.00	1.51	3.90
	0 + 205	5.00	1.51	5.41
	0 + 210	5.00	1.51	6.91
	0 + 215	5.00	1.51	8.42
	0 + 220	5.00	1.51	9.93
	0 + 225	5.00	1.51	11.44
	0 + 230	5.00	1.51	12.95
	0 + 235	5.00	1.51	14.45
	0 + 240	5.00	1.51	15.96
PT	0 + 242.2311	2.23	0.67	16.63

Cálculos para la curva circular simple N° 3, acceso Margen Derecho

Vd (km/h)	R (m)	R.mín (m)	Δ (°)	e (%)	a (m)	i (%)
40	68.00	45.00	17.26	10.00	6.00	0.70
Peralte (m)				Long. Transición peralte (m)		
0.26				65.00		

ELEMENTOS DE LA CURVA

CONDICIONES MÍNIMAS			CONDICIONES DE DISEÑO		
T=	6.83	m	T=	10.32	m
CL=	13.50	m	CL=	20.40	m
M=	0.51	m	M=	0.77	m
E=	0.52	m	E=	0.78	m
Lc=	13.55	m	Lc=	20.48	m
C:	20.00		C:	20.00	
Gc=	25.46	°	Gc=	16.85	°

	ESTACIÓN	COORDENADAS	
		x	y
PC	0+331.88	777942.02	9792134.42
PI	0+342.20	777939.13	9792144.32
PT	0+352.36	777933.43	9792152.93

PLANILLA DE DEFLEXIONES

PTO	ESTACIÓN	CUERDA	DEFLEXIÓN	DEFLEXIÓN ACUMULADA
PC	0 + 331.88	0.00	0.00	0.00
	0 + 335	3.12	0.94	0.94
	0 + 340	5.00	1.51	2.45
	0 + 345	5.00	1.51	3.96
	0 + 350	5.00	1.51	4.56
PT	0 + 352.36	2.36	0.71	6.18

Cálculos para la curva circular simple N° 4, acceso Margen Derecho

Vd (km/h)	R (m)	R.mín (m)	Δ (°)	e (%)	a (m)	i (%)
40	50.00	45.00	66.53	10.00	6.00	0.70
Peralte (m)				Long. Transición peralte (m)		
0.30				69.00		

ELEMENTOS DE LA CURVA

CONDICIONES MÍNIMAS	CONDICIONES DE DISEÑO
T= 29.52 m	T= 32.80 m
CL= 49.37 m	CL= 54.85 m
M= 7.37 m	M= 8.19 m
E= 8.82 m	E= 9.80 m
Lc= 52.25 m	Lc= 58.06 m
C: 20.00	C: 20.00
Gc= 25.46 °	Gc= 22.92 °

	ESTACIÓN	COORDENADAS	
		x	y
PC	0+363.45	777927.31	9792162.17
PI	0+396.25	777909.21	9792189.52
PT	0+421.51	777927.08	9792217.02

PLANILLA DE DEFLEXIONES

PTO	ESTACIÓN	CUERDA	DEFLEXIÓN	DEFLEXIÓN ACUMULADA
PC	0 + 363.45	0.00	0.00	0.00
	0 + 365	1.55	0.47	0.47
	0 + 370	5.00	1.51	1.98
	0 + 375	5.00	1.51	3.48
	0 + 380	5.00	1.51	4.99
	0 + 385	5.00	1.51	6.50
	0 + 390	5.00	1.51	8.01
	0 + 395	5.00	1.51	9.51
	0 + 400	5.00	1.51	11.02
	0 + 405	5.00	1.51	12.53
	0 + 410	5.00	1.51	14.04
	0 + 415	5.00	1.51	15.55
	0 + 420	5.00	1.51	17.05
PT	0 + 421.51	1.51	0.45	17.51

❖ Alineamiento vertical de accesos

El perfil longitudinal conforma a la rasante que está constituido por una serie de rectas enlazadas por arcos parabólicos a los cuales dichas rectas también son tangentes. De una carretera es tan importante como el alineamiento horizontal y debe estar en relación directa con la velocidad de diseño, con las curvas horizontales y con las distancias de visibilidad.

Un camino en el proyecto se define como un conjunto de líneas de gradientes enlazadas con curvas simples y cuando cumplan con las condiciones de tangencia.

Por lo tanto en este diseño se trata de las pendientes longitudinales y las curvas que las enlazan. Estas pendientes deben diseñarse dentro de valores mínimos que dependen de varios factores.

Para fines del proyecto el sentido de las pendientes se define según el avance del kilometraje, siendo positivas aquellas que implican un aumento de cota y negativas las que producen una pérdida de cota.

Las curvas verticales entre dos pendientes sucesivas permiten conformar una transición entre pendientes de distinta magnitud, eliminando el quiebre brusco de la rasante. El diseño de estas curvas asegurará distancias de visibilidad adecuadas.

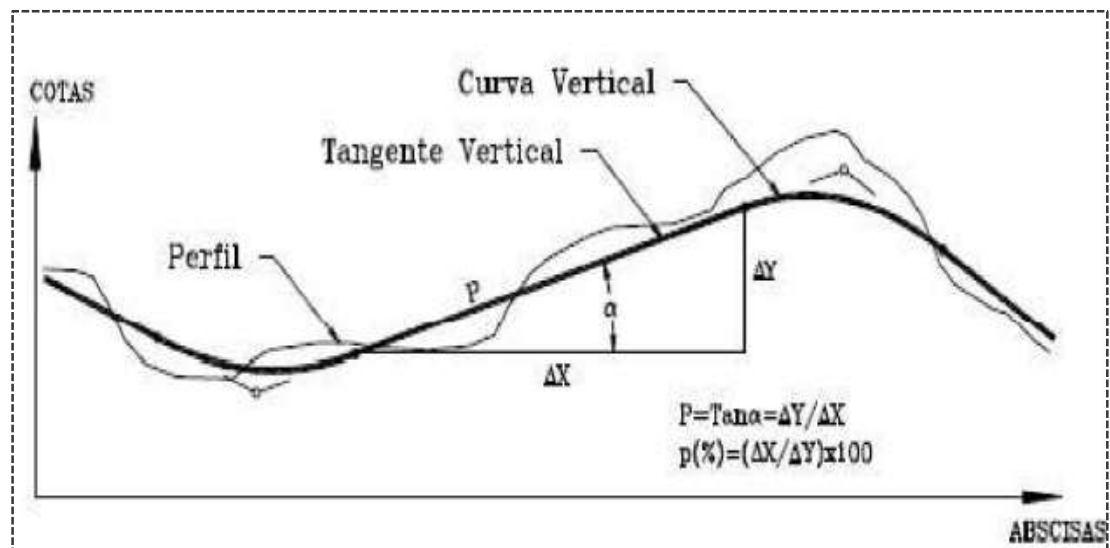
Perfil longitudinal

El eje que define el perfil, coincidirá con el eje central de la calzada. El diseño vertical o de rasante se realiza con base en el perfil del terreno a lo largo del eje de la vía. Dicho

perfil es un gráfico de las cotas negras, donde el eje horizontal corresponde a las abscisas y el eje vertical corresponde a las cotas, dibujadas de izquierda a derecha.

También es deseable lograr una rasante compuesta por pendientes moderadas que presente variaciones graduales entre los alineamientos, de modo compatible con la categoría de la carretera y la topografía del terreno.

Ilustración 130. Diagrama diseño vertical



Fuente: (Aguledo Ospina)

El perfil del alineamiento vertical de una vía corresponde generalmente al eje de esta y se puede determinar a partir de una topografía o por medio de una nivelación de precisión. Cuando el eje de un proyecto se localiza en el terreno este debe ser nivelado con el fin de obtener el perfil de dicho terreno y sobre este proyectar la rasante más adecuada.

Los valores especificados para pendiente máxima y longitud crítica, podrán emplearse en el trazado cuando resulte indispensable. El modo y oportunidad de la aplicación de las pendientes determinarán la calidad y apariencia de los accesos.

Pendientes máximas

En general, las gradientes a adoptarse dependen directamente de la topografía del terreno y deben tener valores bajos, en lo posible, a fin de permitir razonables velocidad de circulación y facilitar la operación de los vehículos.

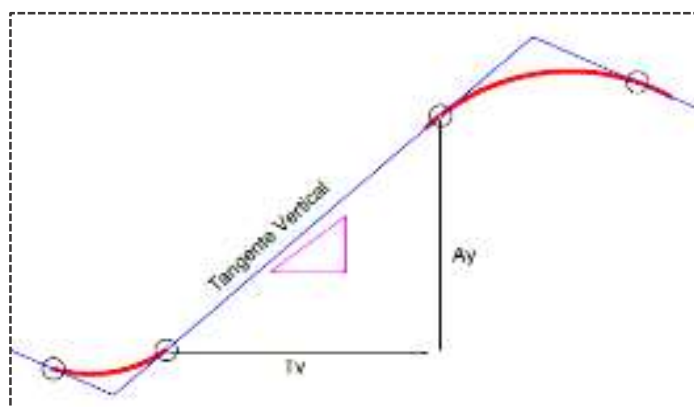
De acuerdo con las velocidades de diseño, en la tabla siguiente se indican de manera general las gradientes medias máximas que pueden adoptarse, la gradiente “m” de la tangente es la relación entre el desnivel y la distancia horizontal entre dos puntos.

Tabla 93. Valores de diseño de las gradientes longitudinales máximas

Orografía	Terreno Plano	Terreno Ondulado	Terreno Montañoso	Terreno Escarpado
velocidad (km/h)				
20	8	9	10	12
30	8	9	10	12
40	8	9	10	10
50	8	8	8	8
60	8	8	8	8
70	7	7	7	7
80	7	7	7	7
90	6	6	6	6
100	6	5	5	5
110	5	5	5	5

Fuente: (NEVI-12-MTOP Vol.2A, 2013)

Ilustración 131. Diseño vertical tipo



Fuente: (Aguledo Ospina)

Pendientes mínimas

La gradiente longitudinal mínima usual es de 0.5%, se puede adoptar una gradiente de 0.0% para el caso de rellenos de 1 m de altura o más y cuando la superficie de rodado tiene una gradiente transversal adecuada para drenar lateralmente las aguas lluvia.

Longitud crítica

El término *longitud crítica de gradiente* se usa para indicar la longitud máxima de pendiente cuesta arriba, sobre la cual puede operar un camión representativo cargado, sin mayor reducción de su velocidad y consecuentemente, sin producir interferencias mayores en el flujo de tráfico.

Para establecer los valores de diseño de las longitudes críticas de gradientes se asume lo siguiente:

- Un camión cargado, tal que la relación de su peso-potencia (lb/hp) sea aproximadamente igual a 400.
- La longitud crítica de gradiente es variable de acuerdo con la disminución de la velocidad del vehículo que circula cuesta arriba; esto es, a menor reducción de la velocidad se tiene una mayor longitud crítica de gradiente.
- Se establece una base común en la reducción de la velocidad, fijándola en 25 km/h para efectos de la determinación de la longitud de la gradiente crítica promedio.

Para calcular la longitud crítica de gradiente se tiene la siguiente fórmula:

$$L_c^{0.705} = \frac{240}{G}$$

Dónde:

L_c : longitud crítica de gradiente

G : gradiente cuesta arriba expresada en porcentaje

Según especificaciones la gradiente y longitud máxima varían de acuerdo a los valores:

Longitud de 1000 m para gradientes del 8-10%

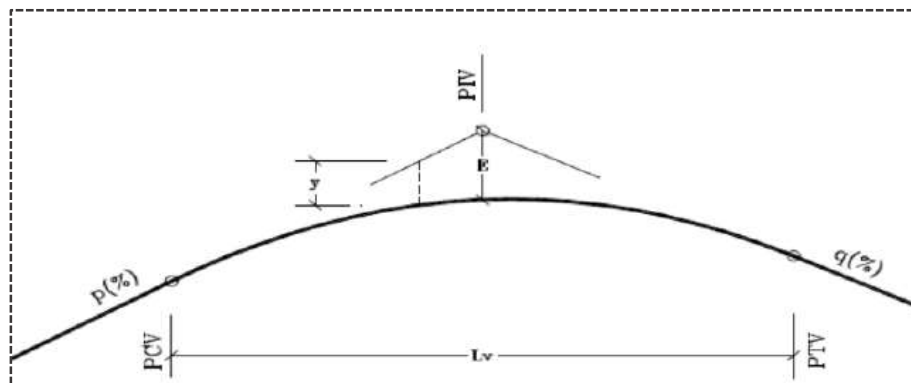
Longitud de 800 m para gradientes del 10-12%

Longitud de 500 m para gradientes del 12-14%

Curvas verticales

Los tramos consecutivos de rasante serán enlazados con curvas verticales parabólicas. Las curvas verticales serán proyectadas de modo que permitan, cuando menos, la visibilidad en una distancia igual a la de visibilidad mínima de parada, y cuando sea razonable una visibilidad mayor a la distancia de visibilidad de paso.

Ilustración 132. Representación de curva vertical



Fuente: (Normas de diseño geométrico de carreteras del MTOP)

Las curvas verticales se usan para dar transiciones suaves entre los cambios de pendiente o tangentes, los mismos que pueden ser circulares, parabólicas cuadráticas y parabólicas cúbicas.

Las curvas horizontales deben proporcionar distancias de visibilidad adecuadas sobre crestas y hondadas. La visibilidad es uno de los parámetros fundamentales en el diseño de las curvas verticales, porque permite al usuario detenerse, antes de llegar a un obstáculo ubicado en la vía, o cuando se encuentre con un vehículo que circula en sentido contrario.

Las curvas verticales se clasifican en cóncavas y convexas. En las curvas convexas gobierna la distancia de parada segura para el diseño, mientras que en las curvas cóncavas prima la distancia visual de luz delantera. En las rasantes que superan cierto valor, las curvas verticales deberán cumplir con las condiciones mínimas determinadas para el diseño.

La longitud mínima para curvas verticales será:

$$Lcv_{\min} = 0.60 * Vd$$

$$Lcv_{\min} = 0.60 * 40$$

$$\mathbf{Lcv_{\min} = 24 m}$$

Para la determinación de la longitud de las curvas verticales se seleccionará el Índice de Curvatura K. La longitud de la curva vertical será igual a K multiplicado por el valor absoluto de la diferencia algebraica de pendientes A.

$$L = K * A$$

Curvas verticales convexas

La longitud mínima de las curvas verticales se determinan en base a los requerimientos de la distancia de visibilidad para parada de un vehículo, considerando una altura del ojo del

conductor de 1.15 m y la altura del objeto que se divisa sobre la carretera igual a 0.15 m.

esta longitud se expresa:

Para $S < L$:

$$L_{cv} = \frac{A * S^2}{426.13}$$

Para $S > L$:

$$L_{cv} = 2 * S - \frac{426.13}{A}$$

Dónde:

L: longitud de curva vertical convexa en metros

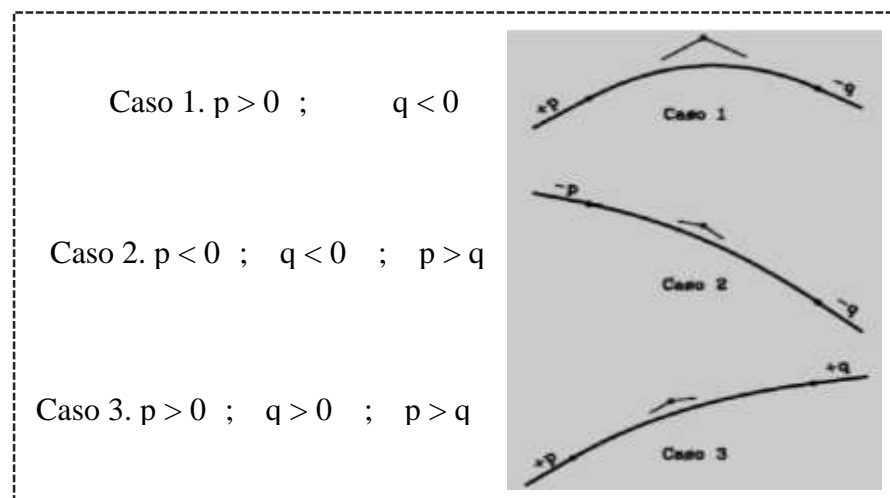
A: diferencia algebraica de gradientes

S: distancia de visibilidad para la parada de un vehículo en metros

K: factor para la determinación de la longitud

Presenta tres casos:

Ilustración 133. Tipos de curvas convexas



Fuente: (Normas de diseño geométrico de carreteras del MTOP)

La curva del Caso 1, cuando las pendientes tienen diferente signo, presenta a lo largo de su trayectoria un punto de cota máxima, mientras que para los otros dos casos, 2 y 3, el punto de cota máximo de la curva estaría ubicado al principio y al final de esta, respectivamente.

Tabla 94. Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa

Velocidad (km/h)	Longitud controlada por visibilidad de frenado		Longitud controlada por visibilidad de adelantamiento	
	distancia de visibilidad de frenado (m)	Índice de curvatura K	Distancia de visibilidad de adelantamiento (m)	índice de curvatura K
20	20	0.6	-	-
30	35	1.9	200	46
40	50	3.8	270	84
50	65	6.4	345	138
60	85	11	410	195
70	105	17	485	272
80	130	26	540	338
90	160	39	615	438

El índice de curvatura es la longitud (L) de la curva de las pendientes (A) $K = L/A$ por el porcentaje de la diferencia algebraica

Fuente: (NEVI-12-MTOP Vol.2A, 2013)

Curvas verticales cóncavas

Por motivos de seguridad, es necesario que las curvas verticales cóncavas sean lo suficientemente largas, de modo que la longitud de los rayos de luz de los faros de un vehículo sea aproximadamente igual a la distancia de visibilidad necesaria para la parada de un vehículo.

La siguiente fórmula indica la relación entre la longitud de la curva, la diferencia algebraica de gradientes y la distancia de visibilidad de parada.

Las expresiones para calcular las longitudes de las curvas verticales dadas por el MTOP son:

Para $S < L$:

$$Lcv = \frac{A * S^2}{122 + 35 * S}$$

Para $S > L$:

$$Lcv = 2 * S - \frac{122 + 35 * S}{A}$$

Dónde:

L: longitud de curva vertical cóncava en metros

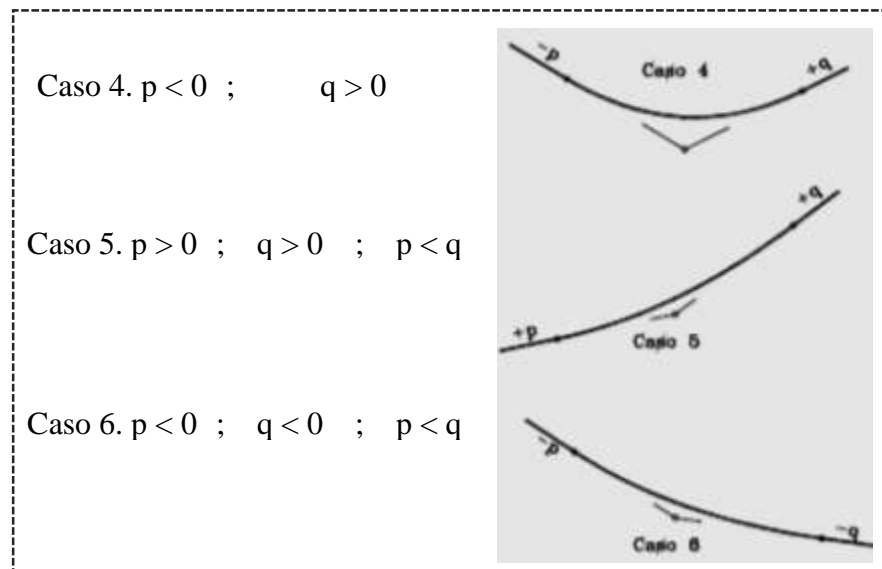
A: diferencia algebraica de gradientes en %

S: distancia de visibilidad para la parada de un vehículo en metros

K: factor para la determinación de la longitud

Presenta tres casos:

Ilustración 134. Tipos de curvas cóncavas



Fuente: (Normas de diseño geométrico de carreteras del MTOP)

Para este tipo de curva existe en el Caso 4, un punto en la curva donde se presenta la cota mínima. Los otros dos casos, 5 y 6, representan su cota mínima sobre la curva al principio y al final de esta, respectivamente.

Ilustración 135. Índice del cálculo de la longitud de curvatura vertical cóncava

Velocidad (km/h)	Longitud controlada por visibilidad de frenado	
	distancia de visibilidad de frenado (m)	Índice de curvatura K
20	20	3
30	35	6
40	50	9
50	65	13
60	85	18
70	105	23
80	130	30
90	160	38

El índice de curvatura es la longitud (L) de la curva de las pendientes (A) $K = L/A$ por el porcentaje de la diferencia algebraica.

Fuente: (NEVI-12-MTOP Vol.2A, 2013)

Tabla 95. Cálculo de curvas verticales

No.	TIPO	PIV	PIV ELEVACIÓN	S.inicio	S.fin	A	LONGITUD DE CURVA	K	Re
1		0+000.00	3,176.96		-3.25%				
2	CÓNCAVA	0+159.36	3,171.77	-3.25%	-1.76%	1.49%	50	33.55	3,355.21
3	CÓNCAVA	0+260.00	3,170.00	-1.76%	0.00%	1.76%	18	10.21	1,020.95
4	CÓNCAVA	0+290.00	3,170.00	0.00%	2.59%	2.59%	25	9.64	964.30

Fuente: (Tesista, 2016)

Sección transversal

La sección transversal que comprende los carriles de circulación cuyo número será determinado por el ancho de vía, sobrecanchos, espaldones y demás dispositivos de seguridad, se dispondrá según lo establecido en la normativa vigente determina en la clasificación funcional de las vías. El diseño de la sección transversal de una vía depende por lo general del volumen de tráfico y del terreno, por consiguiente de la velocidad de diseño más apropiada para el proyecto.

El ancho de la sección transversal típica está constituido por el ancho de: taludes, cunetas, calzada. El bombeo, de acuerdo al tipo de vía, adoptado para el drenaje de las aguas lluvia en la calzada es de 3%.

En la siguiente tabla se visualiza el ancho de vía para la velocidad de diseño y de acuerdo al TPDA proyectado.

Tabla 96. Ancho de calzada de acuerdo la clase de carretera y TPDA

Clasificación Según Desempeño De Las Carreteras.	Velocidad De Diseño Km/H	Ancho De Vía (M)	TPDA	Número De Carriles	Tipo
Camino Agrícola/ Forestal	40	6.00	0-500	2	C3
Camino Básico	60	9.00	500-1000	2	C2
Carretera Básica	80	12.00	1000-8000	2	C1
Carretera De Mediana Capacidad	100	14.30	8000-26000	2	AV1
		18.00	26000-50000	3	AV2
Vías De Ala Capacidad Interurbana	100	26.60 Normal	50000-80000	4	AP1
		34.60 Excepcional		4	
Vías De Alta Capacidad Urbana Y Periurbana	100	48.6	80000-120000	8	AP2

Fuente: (NEVI-12-MTOP Vol.2A, 2013)

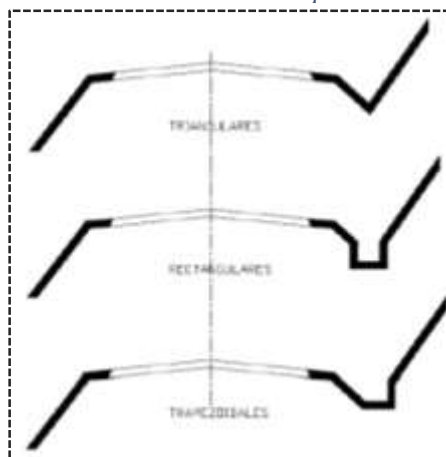
Taludes

Los taludes de corte y relleno son muy importantes en la seguridad y buena apariencia de una carretera, además de influir en su costo y mantenimiento. Aunque su diseño depende de las condiciones de los suelos y características geométricas de la vía, como regla general los taludes deben diseñarse con la menor pendiente económicamente permisible. Los taludes en arena limosa y grava resultan estables cuando el ángulo del talud con respecto a la horizontal es menor que el ángulo de fricción interna del material que es aproximadamente 32° (1.6:1). En el caso de taludes formados por arenas densas, el ángulo natural de reposo es de 40° , equivalente a un talud poco más pronunciado de (1.2:1).

Diseño de cunetas

Las cunetas son las depresiones en los extremos de las vías, calles o calzadas que recogen el escurrimiento pluvial que drena a éstas. Las cunetas según la forma de su sección transversal, pueden ser: triangulares, rectangulares y trapezoidales. El uso de cunetas

Ilustración 136. Secciones típicas de cunetas.



Fuente: (MTOPI)

triangulares es generalizado, posiblemente, por su facilidad de construcción y mantenimiento.

Talud interior

La inclinación del talud dependerá por condiciones de seguridad, de la velocidad y volumen de diseño que se esperan en los accesos.

Los valores recomendables se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 97. *Inclinaciones máximas del talud (V:H) interior de la cuneta*

Vd (km/h)	TPDA (veh/día)	
	<750	>750
≤70	1:2	1:3
	1:3	
>70	1:3	1:4

Fuente: (s.f)

Profundidad de cuneta

La profundidad será determinada, en conjunto con los demás elementos de su sección, por los volúmenes de las aguas superficiales a conducir, así como de los factores funcionales y geométricos correspondientes.

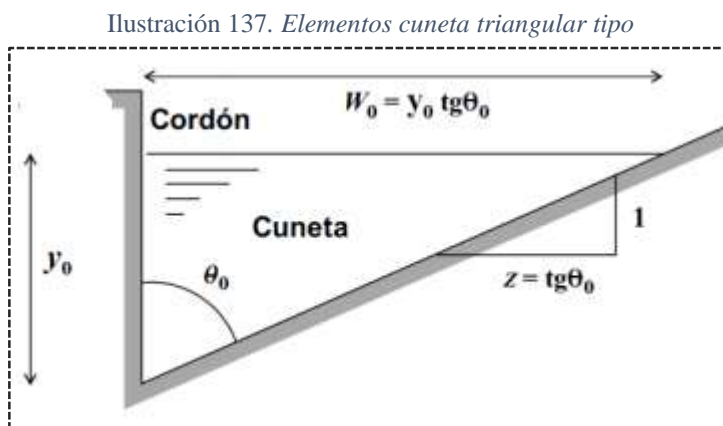
En caso de la sección triangular, las profundidades mínimas de estas cunetas será de 0.20m para regiones secas, 0.30 m para regiones lluviosas y de 0.50 m para regiones muy lluviosas. Se adoptará el valor de 0.30 m para el diseño.

Revestimiento

Si la cuneta es de material fácilmente erosionable y se proyecta con una pendiente tal que le infiere al flujo una velocidad mayor a la máxima permisible del material constituyente, se protegerá con un revestimiento resistente a la erosión.

Diseño cuneta triangular

Son canales de sección transversal triangular situados en los laterales de las vías, entre el lecho vial y los taludes naturales, destinados a recolectar las aguas del escurrimiento superficial y transportarlas hasta los sumideros colectores.



Fuente: (Tesista, 2016)

Si se conocen las pendientes transversales y longitudinales del camino, la cuneta puede representarse como un canal abierto de sección triangular y su capacidad hidráulica puede estimarse con la fórmula de Manning de flujo uniforme. Ésta ha sido usualmente representada mediante el nomograma de Izzard que resuelve la siguiente ecuación:

$$Q.adm = F * 0.375 * \sqrt{S} * \left(\frac{S_0}{n}\right) * y_0^{8/3}$$

Dónde:

F: factor de reducción

Q.adm: caudal máximo admisible de la cuneta

S: pendiente longitudinal

So: pendiente transversal

n: coeficiente de rugosidad de Manning

yo: profundidad de flujo en m

El caudal máximo teórico estará expresado por:

$$Q_o = C * i * A / 360$$

Dónde:

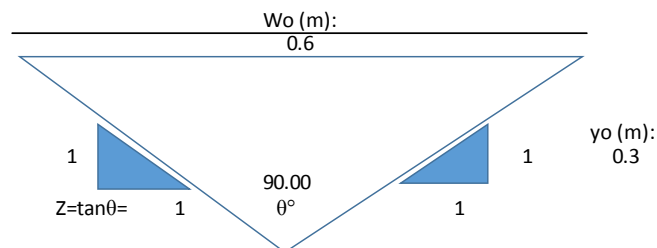
i: intensidad de lluvia en mm/h

A: área de aporte en Ha

$$Q_o = 0.49 * 10.70 * (260 * (3 + 3)) / 360$$

$$Q_o = 0.00227 \text{ m}^3 / \text{seg} = 2.27 \text{ lt} / \text{seg}$$

La sección adoptada de la cuneta para análisis de diseño presenta los siguientes valores:



Para el cálculo de las propiedades de la cuneta, se adoptan los valores de $y_o=0.30\text{m}$ y $W_o=0.60\text{m}$, con una relación de 1:1 para la inclinación a cada lado, simulando un área similar al dado por 1:2. La longitud del tramo será de 260m correspondiente al acceso izquierdo y pendiente de 1.76% por ser la más crítica y la pendiente transversal en la calzada del 3%. Se usará el mismo diseño tanto como para cunetas del acceso izquierdo como del derecho.

El área total de la sección será:

$$A = \frac{y_o * W_o * 2}{2} = \frac{0.3 * 0.3 * 2}{2} = 0.09 m^2$$

La lámina teórica de agua:

$$y_o = \left\{ \frac{Q_o}{\left[0.375 * \sqrt{S} * \left(\frac{S_o}{n} \right) \right]} \right\}^{3/8}$$

$$y_o = \left\{ \frac{0.00227}{\left[0.375 * \sqrt{1.76\%} * \left(\frac{3\%}{0.015} \right) \right]} \right\}^{3/8}$$

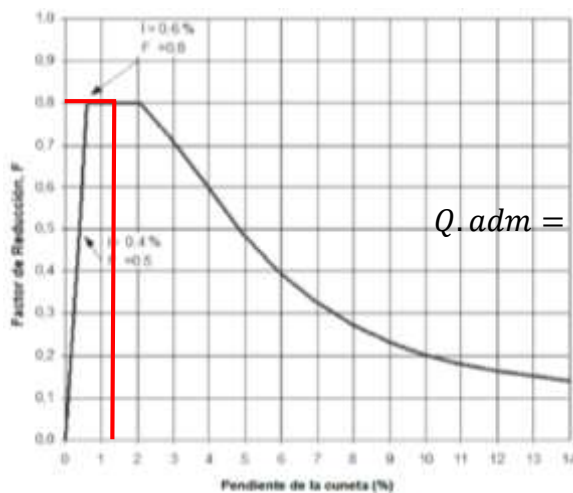
$$y_o = 0.24 m \leq y_o \text{ adpotado} = 0.30 m \quad \mathbf{OK}$$

Para determinar la velocidad de escurrimiento:

$$v_o = \frac{Q_o}{A_{\text{cuneta}}}$$

$$v_o = \frac{0.00227}{0.09} = 0.025 \text{ m/seg}$$

Entonces la capacidad máxima admisible de la cuneta será:



$$Q. adm = F * 0.375 * \sqrt{S} * \left(\frac{S_o}{n} \right) * y_o^{8/3}$$

$$Q. adm = 0.80 * 0.375 * \sqrt{1.76\%} * \left(\frac{3\%}{0.015} \right) * 0.30^{8/3}$$

$$Q. adm = 0.0032 m^3/seg = 3.21 \text{ lt/seg}$$

La capacidad hidráulica de la cuneta es la suficiente para evacuar el caudal máximo teórico

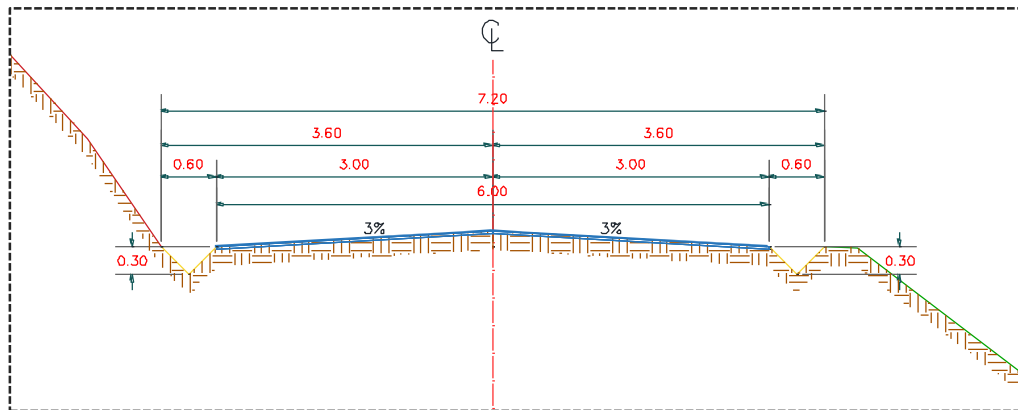
$$Q. adm > Q_o.$$

Secciones transversales básicas de construcción

De acuerdo a la topografía y al alineamiento vertical, se pueden tener diferentes tipos de secciones a lo largo de la vía de acceso.

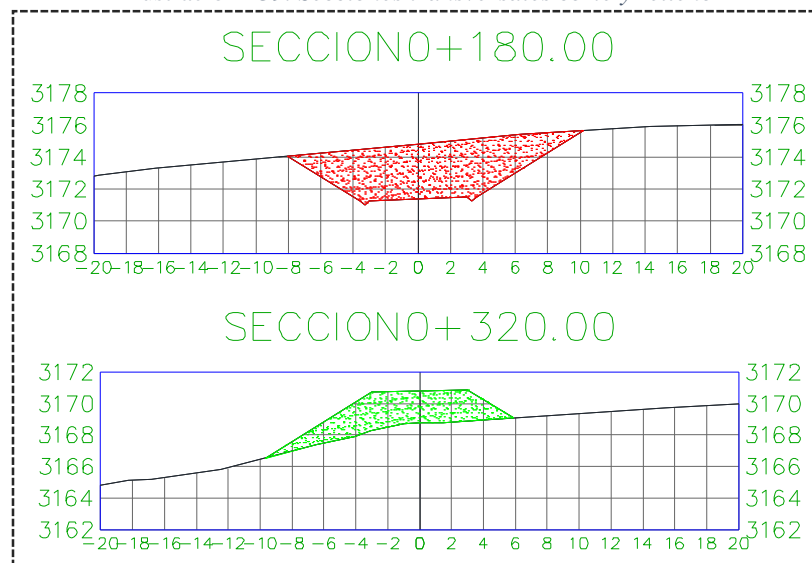
Cada uno de los tipos mencionados puede encontrarse en tramo recto, donde la inclinación de la banca corresponde al bombeo, o en tramo curvo con una inclinación de banca igual al peralte requerido.

Ilustración 138. *Sección mixta transversal*



Fuente: (Tesista, 2016)

Ilustración 139. *Secciones transversales corte y relleno*



Fuente: (Tesista, 2016)

Diagrama de Masa

La curva masa busca el equilibrio para la calidad y economía de los movimientos de tierras, además es un método que indica el sentido del movimiento de los volúmenes excavados, la cantidad y la localización de cada uno de ellos.

Las ordenadas de la curva resultan de sumar algebraicamente a una cota arbitraria inicial el valor del volumen de un corte con signo positivo y el valor del terraplén o relleno con signo negativo; como ábsidas se toma el mismo abscisado utilizado en el perfil.

El procedimiento para el proyecto de la curva de masa:

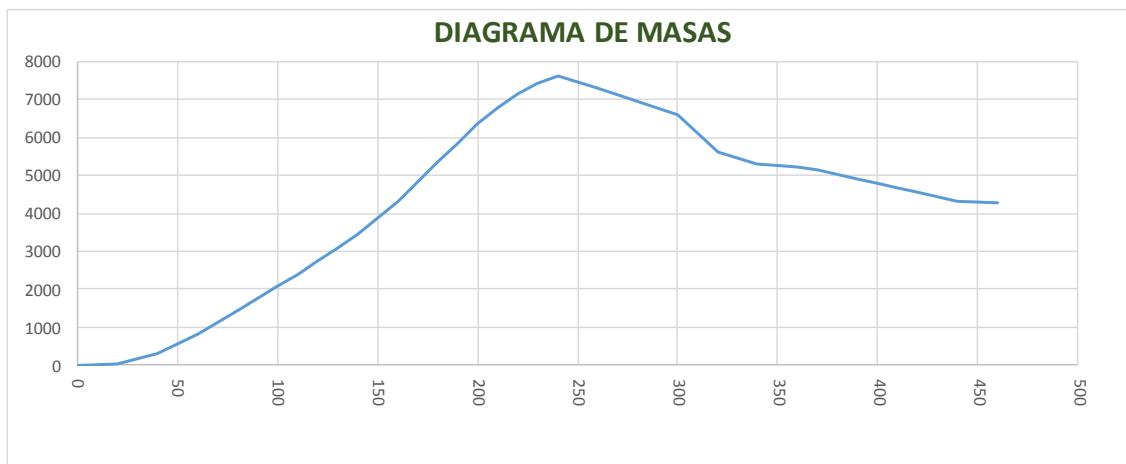
- Se proyecta la rasante sobre el dibujo del perfil del terreno
- Se determina en cada estación, o en los puntos que lo ameriten, los espesores de corte o terraplén.
- Se dibujan las secciones transversales topográficas (secciones de construcción).
- Se dibuja la plantilla del corte o del terraplén con los taludes escogidos según el tipo de material, sobre la sección topográfica correspondiente, quedando así dibujadas las secciones transversales del camino.
- Se calculan las áreas de las secciones transversales del camino por cualquiera de los métodos ya conocidos.
- Se calculan los volúmenes abundando los cortes o haciendo la reducción de los terraplenes, según el tipo de material y método escogido.
- Se dibuja la curva con los valores obtenidos anteriormente.

Utilización práctica del diagrama de masa

El diagrama de masas tiene las siguientes aplicaciones:

- El diagrama de masa está compuesto por una serie de ondas y estas por ramas, la rama es ascendente en tramos donde, en el perfil longitudinal predomina el cote y es descendente en tramos donde predomina el relleno.
- Representación gráfica de los volúmenes de tierra de un proyecto de carreteras, que nos permite determinar la mejor forma de distribuir los cortes y rellenos.
- Se suman algebraicamente los volúmenes entre dos secciones corte (+) y relleno (-).
- El primer resultado se lo suma al obtenido en el siguiente y así sucesivamente.
- Se procede luego a graficar ordenadas en un plano cartesiano.

Ilustración 140. *Diagrama de Masas*



Fuente: (Tesista, 2016)

f) Señalización

La señalización de tránsito permite mejorar el nivel de servicio de la vía facilitando al usuario su viaje y reducir o eliminar los riesgos de accidentes de tránsito.

Los dispositivos para el control de tránsito son elementos que, utilizando símbolos, colores, palabras, forma, contraste, composición y efecto reflejante, transmiten mensajes simples y claros tanto a conductores como a peatones para reglamentar, informar y alertar sobre las condiciones vigentes de circulación en la vía, de tal manera que la legibilidad y tamaño se combinen con la ubicación a fin de dar suficiente tiempo de reaccionar e impongan respeto.

La señalización que utilizará el proyecto se ha clasificado de la siguiente manera:

- **Señalización temporal.**

La señalización temporal se colocará durante la construcción del proyecto. La función de la señalización durante la etapa de construcción es la de guiar bajo condiciones seguras al tránsito a través de la red viaria donde se ha de interrumpir el flujo continuo. Debe ser orientado para la prevención de riesgos tanto del usuario como del personal técnico.

Estas señales son temporales y su instalación se realizará previamente al inicio de la construcción, permanecerán el tiempo que duren los trabajos y serán retiradas cuando la vía esté completamente habilitada al tránsito.

En relación con la comunidad involucrada, la señalización en la etapa de construcción se referirá a los siguientes temas:

❖ Prevención de riesgos

- Señalización a ubicarse de acuerdo a la ejecución de las obras y por lo tanto sujetas a ser removidas y reubicadas con frecuencia.
- Señalización de sitios de campamentos, bodegas, oficinas de obra, etc.
- Señalización sobre eventos, tales como interrupciones programadas para facilitar la construcción o evitar accidentes, restricciones de uso, con los correspondientes horarios o calendarios, según fuese necesario.

❖ Orientación general

- Letreros con datos del proyecto; programa, proyecto, contratista, longitud, etc.
- Normas de respeto al ambiente, higiene, recomendaciones de comportamiento, precaución general, entre otras.

La rotulación de carácter general se ubicará en los sitios de concentración de personal. Toda rotulación deberá ser clara, legible, concisa y se colocará en cada sitio donde sea útil, haciendo uso de los estándares nacionales, salvo que el contratista justifique la conveniencia de otros y la fiscalización lo apruebe.

▪ **Señalización permanente**

Durante la construcción de accesos y del puente, o luego de terminas sus actividades, de acuerdo corresponda el caso se colocará rotulación permanente con pintura reflectante y anticorrosiva, que cumpla con las normas de Tránsito, Turismo o Ambiente.

Durante la construcción y operación se deberá mantener las señales limpias y sin vegetación de tal manera que su visualización no sea obstruida.

Los temas a los que se referirá la señalización permanente para toda la infraestructura vial se han clasificado en los siguientes grupos:

- **General:** se refiere a la señalización sobre los poblados y sitios de referencia, escuelas, servicios públicos y turísticos, espacios reservados para equipamiento, etc.
- **Vial:** velocidad de circulación, curvas, altas pendientes, estrechamientos, cruces de vías; dependiendo del contenido será clasificada como reglamentaria o preventiva.
- **Seguridad:** identificará áreas de riesgo de derrumbes, aluviones, abismos, alta accidentalidad, entre las más comunes. Estas podrán ser del tipo reglamentario o preventivo según los estándares de señalización del MTOP siguiendo las especificaciones de la norma.
- **Protección ecológica:** identificará ríos, manantiales, sitios de valor ecológico y sitios ambientales frágiles, que requieran especial atención para la protección de cobertura vegetal y la fauna nativa, cruces de ganado, etc.

La ubicación longitudinal y transversal de los dispositivos para el control de tránsito ha sido diseñada de acuerdo a los Manuales de Procedimientos para Señalización y Seguridad Vial de CORPECUADOR, MTOP e INEN. Comprenden dos grupos:

- Señalización Horizontal
- Señalización Vertical

Dentro de la señalización vertical encontramos subgrupos de señales, siendo estas:

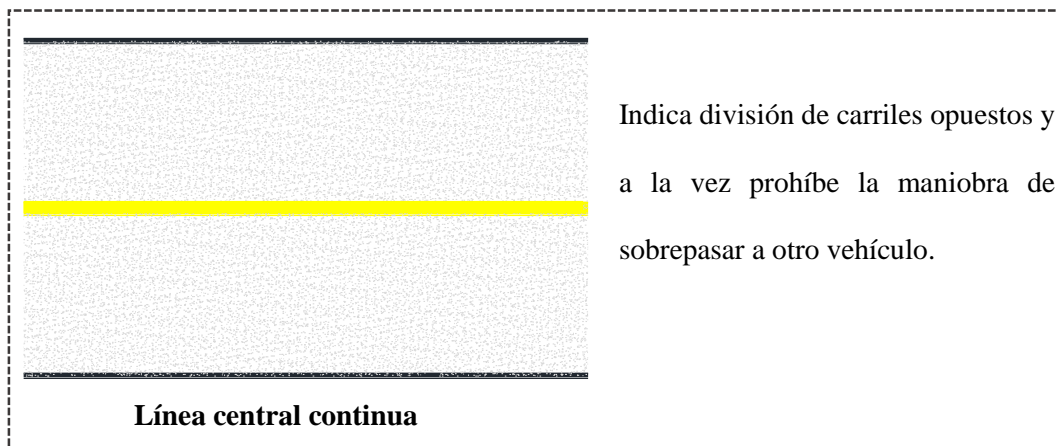
- Preventivas
- Reglamentarias o Restrictivas
- Informativas

Señalización Horizontal

La señalización horizontal corresponde a las rayas, símbolos y letras que se colocan o se pintan sobre la calzada, estructuras y objetos dentro o adyacentes a los accesos, con el fin de informar, prevenir riesgos, regularizar y canalizar el tránsito.

Dado que la calzada de los accesos quedará conformado en superficie natural, la señalización horizontal no podrá ser llevada a cabo, sin embargo, para la calzada del puente se utilizará la siguiente marca:

Ilustración 141. *Señalización Horizontal Puente*



Fuente: (Tesis, 2016)

Señalización Vertical

Las señales verticales son tableros fijados en postes o estructuras que contienen símbolos y leyendas cuyo objeto es prevenir a los conductores sobre la existencia de peligros, además de indicar determinadas restricciones o prohibiciones que limiten sus movimientos y finalmente proporcionar información necesaria para facilitar su circulación.

Para la señalización de dentro de la infraestructura vial, se utilizarán los siguientes formatos:

Ilustración 142. Señales Verticales Reglamentarias



Fuente: (MTOPI)

Han sido colocadas en el punto mismo donde existe la prohibición. Las señales de reglamentación tienen por objeto indicar a los usuarios de la vía las limitaciones, prohibiciones o restricciones sobre el uso.

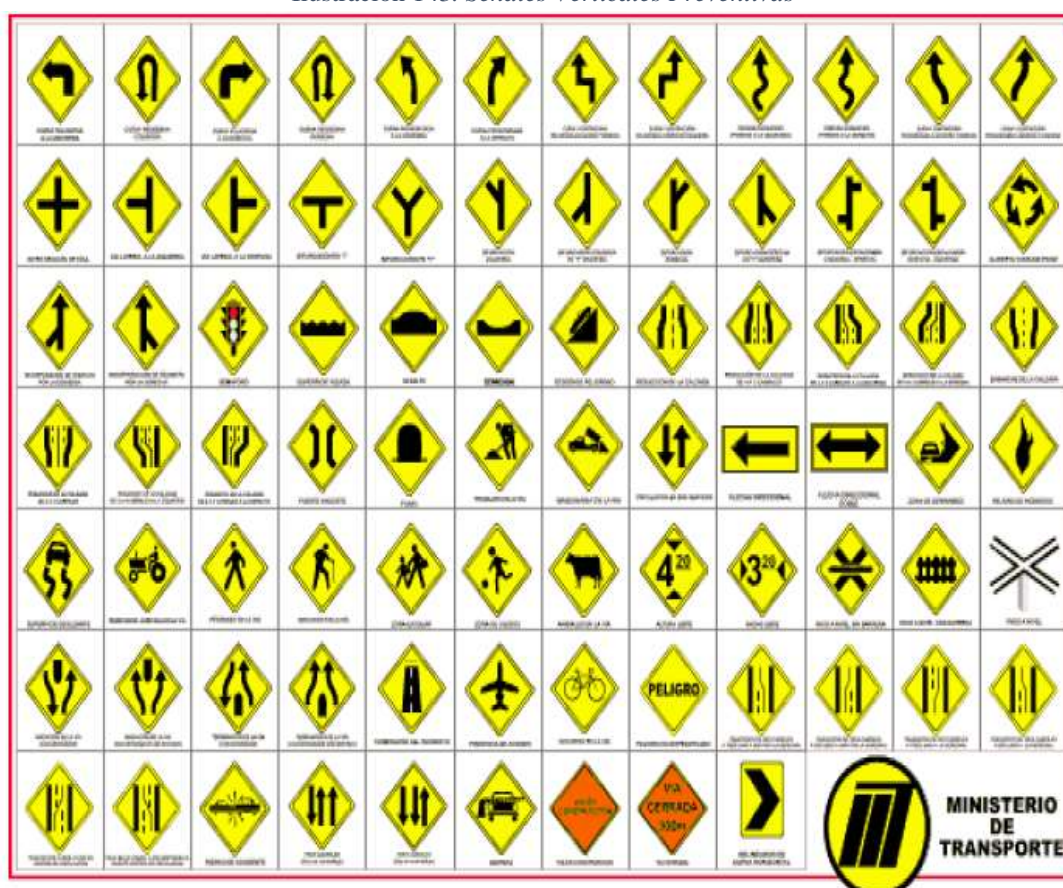
Las dimensiones de la señal reglamentaria PARE serán: 24.9 cm por cada lado y ancho de la orla de 7.5 cm.

Las dimensiones de la señal circular serán: diámetro de 0.75 m y ancho de la orla o borde de 7.5 cm.

Estas señales se colocarán a una distancia de 0.50 m desde el borde de la cuneta a la proyección de la señal.

La altura mínima de la señal será de 1.20 m.

Ilustración 143. Señales Verticales Preventivas

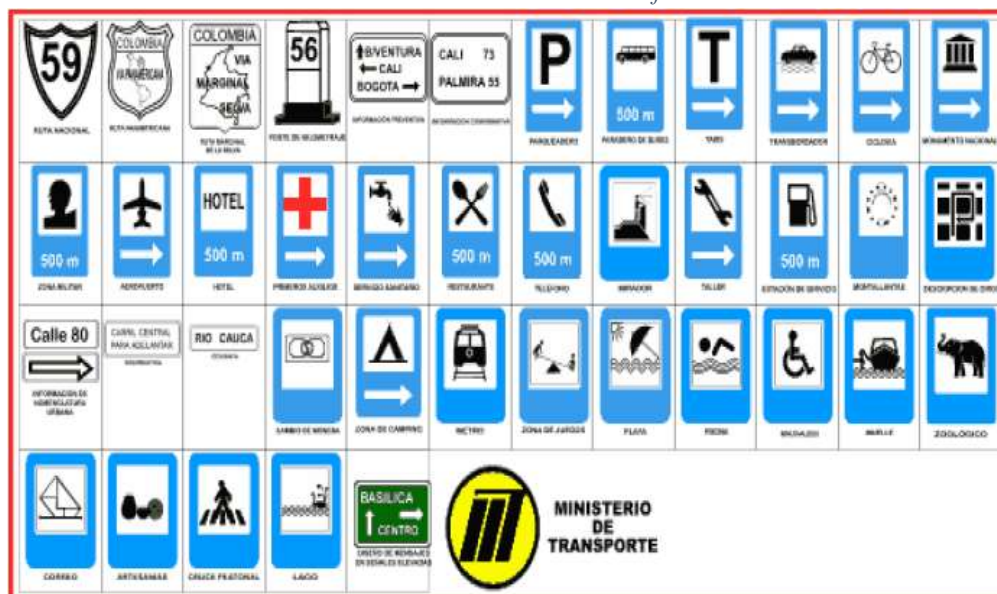


Fuente: (MOTOP)

Las señales preventivas se colocarán entre 50 y 70 m antes del obstáculo a señalar. Las señales de prevención tienen por objeto el advertir al usuario de la vía la existencia de una

condición peligrosa y la naturaleza de ésta. Su forma es cuadrada de 75 cm por lado y serán colocadas con la diagonal correspondiente en forma vertical.

Ilustración 144. Señales Verticales Informativas



Fuente: (MTOF)

Las señales de información o informativas tienen por objeto guiar al usuario de la vía, dándole la información necesaria en lo que se refiere a la identificación de localidades, destinos, direcciones, sitios de interés, distancias por recorrer, prestación de servicios, etc.

g) Estudio estructural

A continuación se presenta la elaboración del diseño de cada uno de los elementos estructurales que componen el puente. Este diseño está basado en las normas y especificaciones del código de diseño del *American Concrete Institute (ACI)*, y las especificaciones de diseño de la *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*.

Se presentan además detalles de dimensionamientos y armado de los diferentes elementos estructurales.

▪ Diseño de la Superestructura

❖ Datos y bases de diseño

Tomando en cuenta que el puente será diseñado para dos carriles, y que además debe ser económica y funcional, los datos y bases de diseño son los siguientes:

- Ancho útil: 6.00 m ; 3.00 m c/carril
- Ancho de aceras: 1.60 m ; 0.80 m c/acera
- Altura de acera: 0.20 m
- Balustres de hormigón armado: 0.20x0.20x1.20 m
- Barandal tubo estructural, $\phi: 3"$, $e: 3mm$, $L: 60m$, $Peso: 5.26 kg/m$
- Barandal tubo estructural, $\phi: 2\frac{1}{2}"$, $e: 2mm$, $L: 120m$, $Peso: 3.13 kg/m$
- Base viga: 0.40 m
- Luz del puente: 30 m
- Resistencia la compresión del hormigón: $f'c=240 kg/cm^2$

- Resistencia a la tracción del acero de refuerzo: $F_y=4200 \text{ kg/cm}^2$
- Peso específico del hormigón armado: $\gamma_{H.A} = 2.40 \text{ Ton/m}^3$
- Sobrecarga: HS 20-44

❖ Características del camión de diseño

El camión de diseño es el HS 20-44 especificado en la norma AASHTO STANDARD.

En la longitud longitudinal se tiene una distancia de separación entre ejes de ruedas de 4.30m y otra que varía entre 4.30 m y 9.00 m, considerando la que provoque las máximas solicitaciones. Los dos últimos ejes reciben la mayor parte de la carga, 14.80 Ton en cada eje y 3.57 Ton en su eje delantero. Transversalmente, el ancho de vía de diseño es de 3.60 m, con una separación entre ejes de ruedas de 1.80 m, tal como se muestra en la siguiente figura:

Ilustración 145. Camión de diseño HS 20-44



Fuente: (MTOF)

PRE-DISEÑO

Número de vigas

$$\#_{vigas} = \frac{\text{ancho total puente}}{3.20} = \frac{7.60}{3.2} = 2.38$$

$$\#_{vigas} = 3$$

Separación entre vigas (S)

Tramos intermedios: $3.0 \text{ m} > S > 2.0 \text{ m}$

$$S_{tramo} = \frac{\text{ancho total calzada}}{\#_{vigas}} = \frac{7.60}{3} = 2.53$$

$$S_{tramo} = 2.60 \text{ m}$$

$$3.0 \text{ m} > 2.60 \text{ m} > 2.0 \text{ m OK}$$

$$S^*_{tramo} = S_{tramo} - b_{viga}$$

$$S^*_{tramo} = 2.60 - 0.40$$

$$S^*_{tramo} = 2.20$$

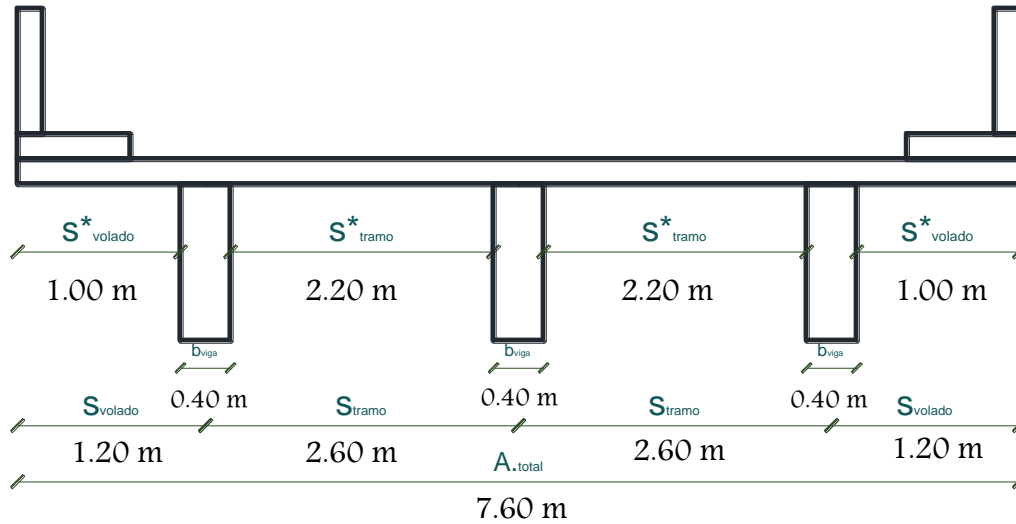
Volados:

$$S_{volado} = \frac{\text{ancho total calzada} - (S_{tramo} * (\#_{vigas} - 1))}{\#_{vigas}} = \frac{7.60 - (2.60 * (3 - 1))}{3}$$

$$S_{volado} = 1.20 \text{ m}$$

$$S^*_{volado} = S_{volado} - \frac{b_{viga}}{2} = 1.20 - \frac{0.40}{2}$$

$$S^*_{volado} = 1.00 \text{ m}$$



Pre-dimensionamiento de vigas

Para el ancho de la viga (b_{viga}), la relación que se recomienda utilizar es:

$$0.30m < b_{viga} < 0.50m$$

Asumido: $0.30m < 0.40m < 0.50m$ **OK**

Para el peralte mínimo (h) incluyendo el espesor de la losa se recomienda que:

$$h \geq \frac{L + 2.75}{18} = \frac{30 + 2.75}{18}$$

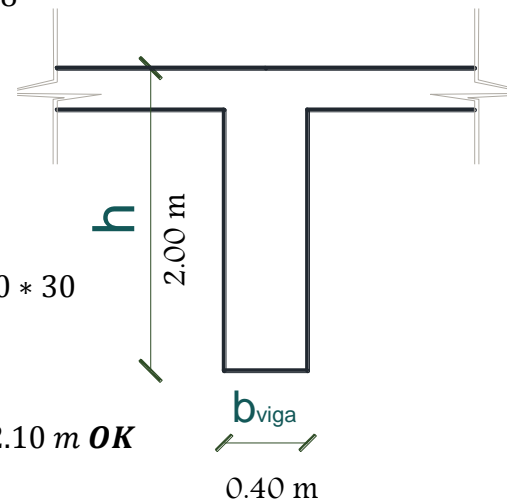
$$h = 1.82m$$

Y por recomendación:

$$h = 0.070 * L = 0.070 * 30$$

$$h = 2.10m$$

$$1.82m < h = 2.00m < 2.10m$$
 OK



Espesor de losa

El espesor mínimo de la losa está dado por:

$$t_{\min} = \frac{S^* + 3.05}{30} * 1.10 \geq 0.17m$$

$$t_{\min} = \frac{2.00 + 3.05}{30} * 1.10 = 0.19m \geq 0.17 \text{ OK}$$

Por facilidad al momento de construir la losa, se adopta un espesor de:

$$t = 0.20m$$

DISEÑO DE LOSA

El diseño de la losa se realizará con el esfuerzo principal perpendicular al tráfico

Análisis de cargas

Carga Muerta.-

$$cm_{losa} = A_{total} * Luz * t * \gamma_{H.A} = 7.60 * 30 * 0.20 * 2.40$$

$$cm_{losa} = 109.44 \text{ Ton}$$

$$cm_{aceras} = 2 * a_{acera} * Luz * espesor * \gamma_{H.A} = 2 * 0.80 * 30 * 0.20 * 2.40$$

$$cm_{aceras} = 23.04 \text{ Ton}$$

$$cm_{balustres} = \# * a * h * l * \gamma_{H.A} = 2 * 11 * 0.20 * 0.20 * 1.20 * 2.40$$

$$cm_{balustres} = 2.53 \text{ Ton}$$

$$cm_{barandales} = \# * L * \frac{Peso}{1000} = \frac{2 * 30 * 5.26}{1000} + \frac{4 * 30 * 3.13}{1000}$$

$$cm_{barandales} = 0.69 \text{ Ton}$$

$$Area_{losa} = A_{total} * Luz = 7.60 * 30$$

$$Area_{losa} = 228m^2$$

$$CM = \frac{cm_{losa} + cm_{aceras} + cm_{balustres} + cm_{barandales}}{Area_{losa}}$$

$$CM = \frac{109.44 + 23.04 + 2.53 + 0.69}{228}$$

$$CM = 0.60 \text{ Ton}/m^2$$

Carga viva.-

Camión de diseño HS 20-44

Cálculos de Momentos

Los momentos se deben calcular independientemente para los casos en los que la losa se encuentra entre vigas y para cuando la losa se encuentra en volado.

Momentos interiores en apoyos y entre apoyos. Estos momentos se calculan para el tramo de losa comprendido entre la cara lateral de una viga hasta la cara lateral siguiente de la otra viga, es decir para un tramos de espaciamiento S^* .

Momento de carga muerta.-

$$M_{CM} = \frac{CM * (S^*_{tramo})^2}{10} = \frac{0.60 * (2.20^2)}{10}$$

$$M_{CM} = 0.29 \text{ Ton} - m/m^2$$

Impacto.-

$$Imp = 1 + \frac{15.24}{38.18 + Luz} = 1 + \frac{15.24}{38.18 + 30}$$

$$Imp = 1.22 < 1.30 \text{ OK}$$

Por lo tanto la caga de rueda crítica se transforma en:

$$P = 7.27 \text{ Ton} * 1.22 = 8.87 \text{ Ton}$$

Y el momento por carga viva.-

$$M_{CV+imp} = \left(\frac{S^* + 0.61}{9.75} \right) * 0.80 * P = \left(\frac{2.20 + 0.61}{9.75} \right) * 0.80 * 8.87$$

$$M_{CV+imp} = 2.05 \text{ Ton} - m/m^2$$

Entonces el momento último.-

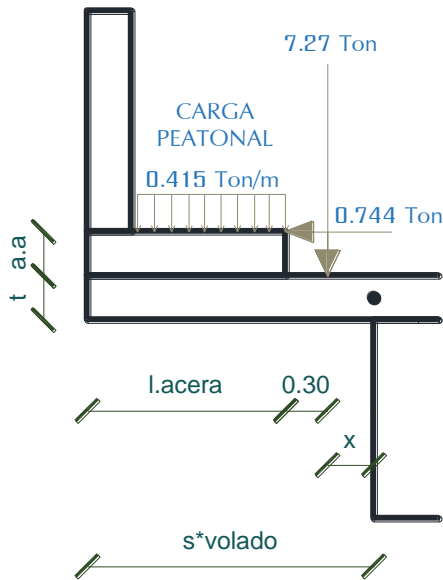
$$Mu = 1.30 \left(M_{CM} + \frac{5}{3} M_{CV+imp} \right) = 1.30 \left(0.29 + \frac{5}{3} * 2.05 \right)$$

$$Mu = 4.82 \text{ Ton} - m/m^2$$

Momentos del volado. En la parte superior de las losas en volado se deberá disponer de una armadura superior que garantice cumplir con los esfuerzos producidos. Los momentos producidos por carga muerta se deben calcular bajo dos consideraciones: en condiciones normales, y en condición accidental:

Condición Normal

Momento carga muerta.-

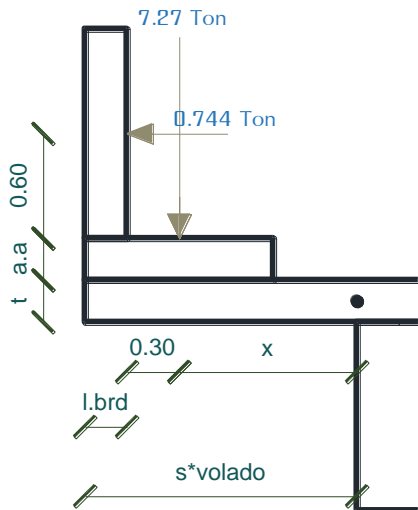


$$M_{CM} = \frac{CM * (S^*volado)^2}{2} = \frac{0.60 * (1.00^2)}{2}$$

$$M_{CM} = 0.30Ton - m/m^2$$

*La primera condición normal de diseño no aplica a ser motivo de análisis se la puede debido a que, la carga del camión se encuentra fuera del punto de análisis y no existe brazo de palanca (x).

Condición Accidental



Se realiza el análisis de una condición accidental, en la que la rueda del camión se encuentre sobre la acera con un brazo de palanca más largo y con un impacto de choque en las barandas, teniendo:

Momento de carga muerta.-

$$M_{CM} = 0.30Ton - m/m^2$$

Momento de carga viva del vehículo.-

$$M_{cv_{vehiculo}} = P * x * Imp = 7.27 * 0.50 * 1.22$$

$$M_{cv_{vehiculo}} = 4.45 Ton - m/m^2$$

Momento de carga viva de choque.-

$$Mcv_{choque} = 0.744 * \left(\frac{t}{2} + e_{acera} + 0.60 \right) * Imp = 0.744 * \left(\frac{0.20}{2} + 0.20 + 0.60 \right) * 1.22$$

$$Mcv_{choque} = 0.82 \text{ Ton} - m/m^2$$

Factor de distribución.-

$$E = 0.80 * x + 1.143 = 0.80 * 0.50 + 1.143$$

$$E = 1.54$$

Momento de carga viva distribuido.-

$$Mcv_{dist} = \frac{Mcv_{vehiculo} + Mcv_{choque}}{E} = \frac{4.45 + 0.82}{1.54}$$

$$Mcv_{dist} = 3.41 \text{ Ton} - m/m^2$$

Momento ultimo:

$$Mu = 1.30(M_{CM} + Mcv_{dist}) = 1.30(0.30 + 3.41)$$

$$Mu = 4.82 \text{ Ton} - m/m^2$$

Debido a que el Mu de tramo y el Mu de volado son iguales, el cálculo de acero de refuerzo será el mismo para ambos.

Acero de refuerzo principal

El recubrimiento de hormigón para el acero en la losa será de 3.00 cm.

$$k = \frac{Mu}{\phi * f'c * b * d^2} = \frac{4.82 \times 10^5}{0.90 * 240.00 * 100.00 * 17.00^2}$$

$$k = 0.0772$$

$$q = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 * k}}{1.18} = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 * 0.0772}}{1.18}$$

$$q = 0.0811$$

$$\rho = q * \frac{f'c}{Fy} = 0.0811 * \frac{240}{4200}$$

$$\rho = 0.004633$$

$$As_{(\pm)} = \rho * b * d = 0.004633 * 100.00 * 17.00$$

$$As_{(\pm)} = 7.88cm^2$$

Con varillas de $\emptyset 14mm$; $Av = 1.54cm^2$

$$\#_{varillas} = \frac{7.88}{1.54} = 5.12$$

$\#_{varillas} = 5\emptyset 14mm$ en un metro = $7.70cm^2$; cumple con el 97.8% del calculado **OK**

Por lo tanto,

$$As_{principal(\pm)} = 1\emptyset 14mm@26cm$$

Acero de repartición transversal

Porcentaje de la armadura principal para momento positivo dispuesta en dirección secundaria, cuando la armadura principal es perpendicular al tráfico:

$$f = \frac{121}{\sqrt{S^*}} \leq 67\%$$

$$f = \frac{121}{\sqrt{2.20}} = 84.58\% > 67\%, \text{NO CUMPLE}$$

Se adopta entonces 67%,

$$A_{S_{\text{repartición}}} = f * A_s = 67\% * 7.88$$

$$A_{S_{\text{repartición}}} = \mathbf{5.28cm^2}$$

Con varillas de $\emptyset 12mm$; $A_v = 1.13cm^2$

$$\#_{\text{varillas}} = \frac{5.28}{1.13} = 4.67$$

$\#_{\text{varillas}} = \mathbf{5\emptyset 12mm \text{ en un metro}} = 5.65cm^2$; cumple con el 107.1% del calculado **OK**

Por lo tanto,

$$A_{S_{\text{repartición}}(+)} = \mathbf{1\emptyset 12mm@26m}$$

Acero por temperatura

Como armadura en las dos direcciones de la parte superior de la losa, calculada como:

$$A_{S_{T^{\circ}}} = 0.0018 * b * t = 0.0018 * 100 * 20$$

$$A_{S_{T^{\circ}}} = \mathbf{3.60cm^2}$$

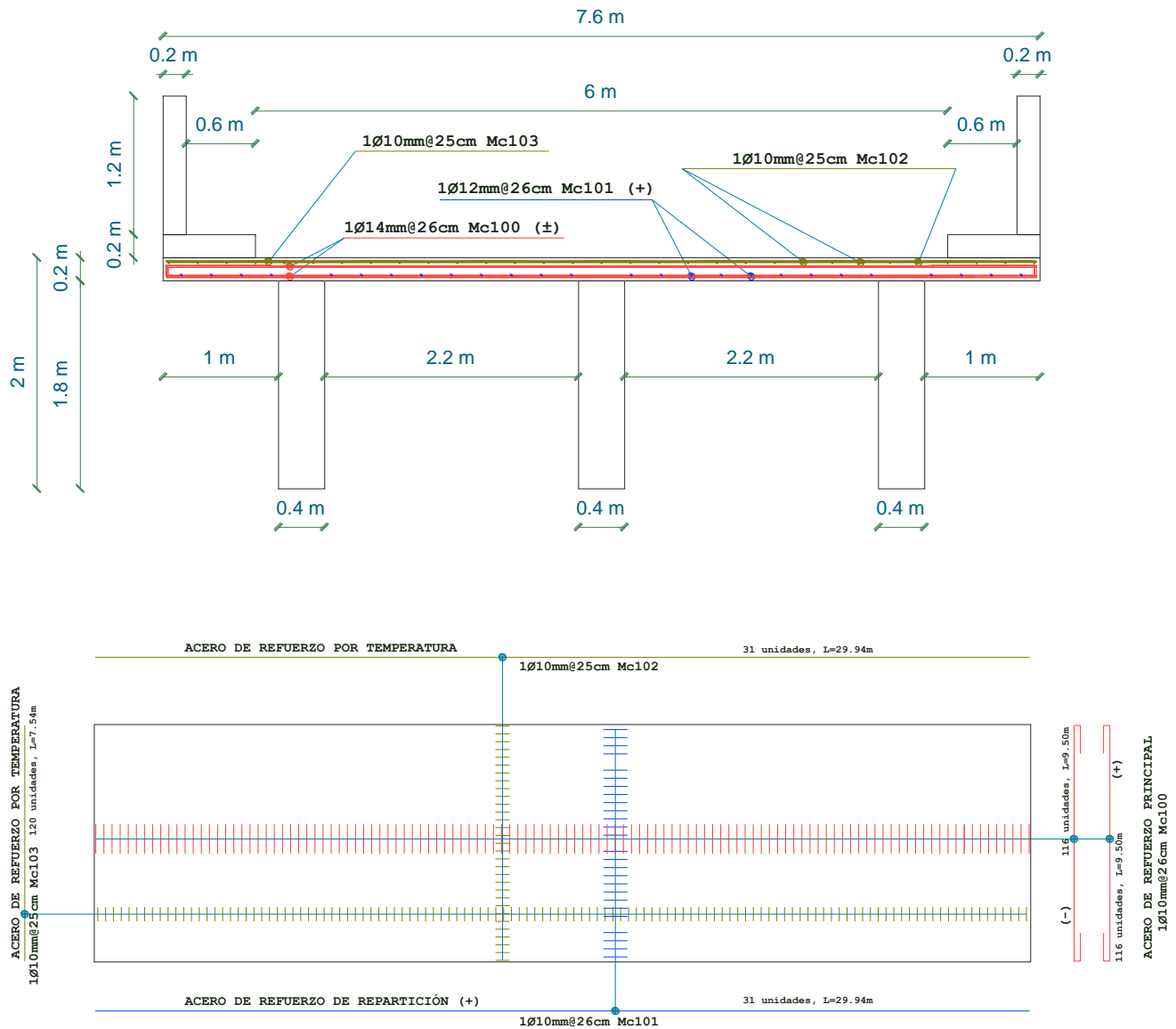
Con varillas de $\emptyset 10mm$; $A_v = 0.79cm^2$

$$\#_{\text{varillas}} = \frac{3.60}{0.79} = 4.56$$

#varillas = $5\phi 10\text{mm}$ en un metro = 3.95cm^2 ; cumple con el 109.7% del calculado **OK**

Por lo tanto,

$$A_{sT^o} = 1\phi 10\text{mm}@25\text{cm}$$



DISEÑO DE BARANDAS Y ACERAS

Criterios para seleccionar el nivel de ensayo

Se deberá especificar uno de los niveles de ensayo siguientes:

- TL-1: usado cuando las velocidades permitidas son bajas, calles de muy bajo volumen y baja velocidad.
- TL-2: paso de un menor número de vehículos pesados y velocidades reducidas.
- TL-3: carreteras principales de alta velocidad con presencia muy baja de vehículos pesados.
- TL-4: carreteras de alta velocidad, autovías, autopistas, en las cuales el tráfico incluye camiones y vehículos pesados.
- TL-5: iguales aplicaciones que el nivel 4. Además cuando el tráfico medio diario contiene una proporción significativa de grandes camiones o cuando las condiciones de emplazamiento justifican un mayor nivel de resistencia de las barandas. (Paso de vehículos de remolque).

Tabla 98. Niveles de ensayo para barandas de puentes

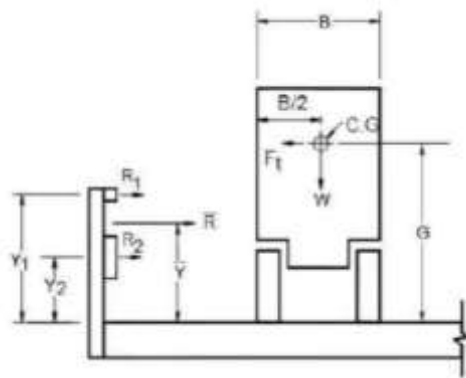
Fuerzas de diseño y simbología	Niveles de Ensayo para las Barandas					
	TL-1	TL-2	TL-3	TL-4	TL-5	TL-6
Transversal F_1 (N)	60 000	120 000	240 000	240 000	550 000	780 000
Longitudinal F_2 (N)	20 000	40 000	80 000	80 000	183 000	260 000
Vertical descendente F_3 (N)	20 000	20 000	20 000	80 000	355 000	355 000
L_1 y L_2 (mm)	1220	1220	1220	1070	2440	2440
L_3 (mm)	5500	5500	5500	5500	12 200	12 200
H_0 (mín.) (mm)	460	510	610	810	1070	1420
Mínima altura del riel H (mm)	685	685	685	810	1070	2290

Fuente: (AASHTO, 2016)

Fuerzas de diseño para protecciones vehiculares

Se aplican el estado límite correspondiente a evento extremo y las combinaciones de cargas de servicio y resistencia.

Las barandas se deben dimensionar de tal modo que:



$$R \geq F_t$$

La resistencia nominal del parapeto de hormigón armado frente a la carga transversal, R_w será igual a:

$$R_w = \left(\frac{2}{2L_c - L_t} \right) + (8Mb + \left(Mw + \frac{Mc * L_c^2}{H} \right))$$

La longitud crítica de muro en la cual se produce el mecanismo de la línea de influencia, L_c , se deberá tomar como:

$$L_c = \frac{L_t}{2} + \sqrt{\left(\frac{L_t}{2} \right)^2 + \frac{8 * H * (Mb + Mw)}{Mc}}$$

Donde:

F_t : fuerza trasversal que se supone está actuando en la parte superior de un muro de hormigón. (N)

H : altura del muro (mm)

L_c : longitud crítica del patrón de falla (mm)

L_t : longitud de distribución longitudinal de la fuerza de impacto F_t . (mm)

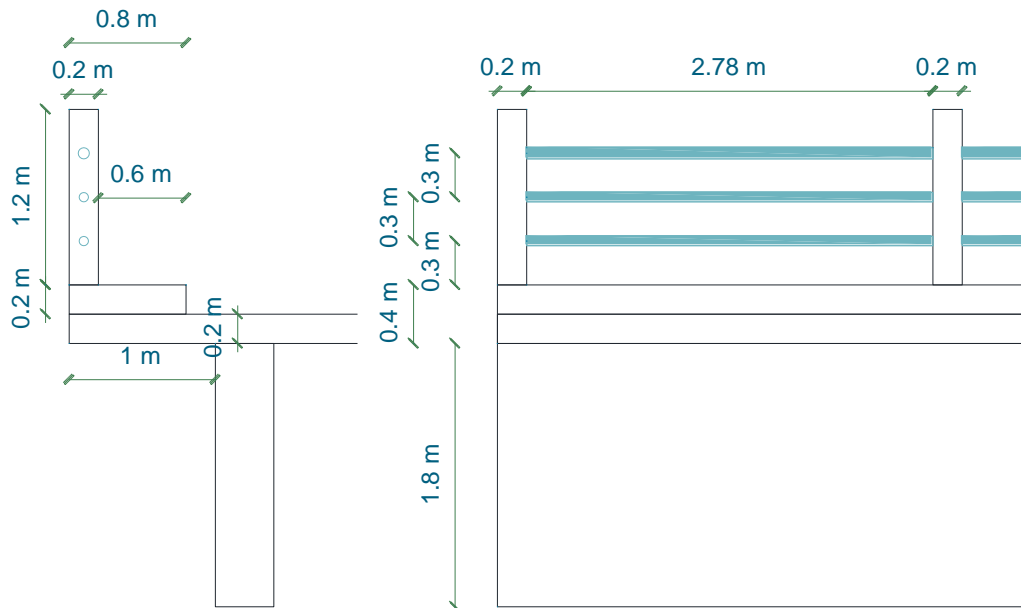
R_w : resistencia transversal total de la baranda. (N)

M_b : resistencia flexional adicional de la viga acumulativa con M_w , si corresponde en la parte superior del muro. (N-mm)

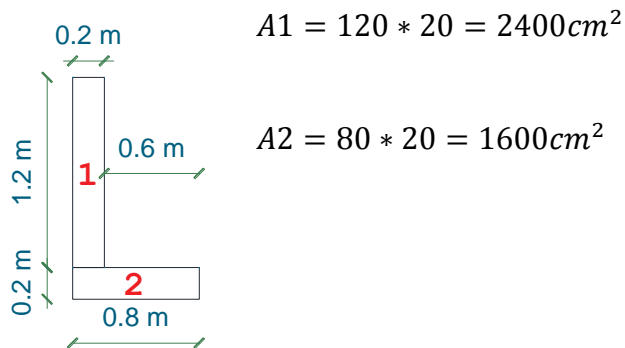
M_c : resistencia flexional de los muros en voladizo respecto de un eje paralelo al eje longitudinal del puente (N-mm/mm).

Para poder ser utilizados en las expresiones anteriores, M_c y M_w no deberían variar significativamente con la altura del muro. En otros casos se debería realizar un análisis riguroso mediante líneas de influencia.

La altura mínima de las protecciones laterales vehiculares macizas o alivianadas es $h_{\min} = 810\text{mm}$ y el espesor de la protección será: $t_{\min} = 200\text{mm}$. Se han adoptado para dimensiones del balustre de hormigón armado una $h = 1.20\text{m}$, con una sección de $20 \times 20\text{cm}$. Aceras con una distancia libre, fuera de los balustres, de 0.60m , y un ancho de acera de 0.20m .



Baranda tipo:



Momento resistente a la flexión alrededor del eje vertical (M_w).

La resistencia a los momentos positivo y negativo que actúan alrededor de un eje vertical se determina tomando como base el mecanismo de falla en este tipo de barreras; se determina así el esfuerzo horizontal en la cara vertical de la barrera.

Adoptamos un diámetro de varilla de $\varnothing 12 \text{ mm}$, $A_v = 1.13 \text{ cm}^2$

Valor de “d”, con recubrimiento de 5 cm

$$d1 = (100 - 5) = 95 \text{ cm}$$

$$a = \frac{A_s * F_y}{0.85 * f'c * h} = \frac{1.13 * 4200}{0.85 * 240 * 20}$$

$$a = 1.16 \text{ cm}$$

$$M_u = \phi * A_s * F_y * \left(d - \frac{a}{2} \right) = 1 * 1.13 * 4200 * \left(95 - \frac{1.16}{2} \right)$$

$$M_u = 448117.32 \text{ kg} - \text{cm} = 4.48 \text{ Ton} - \text{m}$$

Para este caso se tiene que, $M_w = M_u$

Resistencia a la flexión alrededor de un eje paralelo al eje longitudinal del puente (Mc)

Se calcula de acuerdo a las líneas de rotura con el momento negativo, este produce esfuerzos de tensión en la cara inclinada de la barrera.

Adoptamos una varilla corrugada en la acera de $\emptyset 12mm$, $A_v = 1.13cm^2$

Sección 1:

Valor de “d” con recubrimiento de 3.5 cm

$$d1 = (20 - 3.5) = 16.50cm$$

$$a = \frac{A_s * F_y}{0.85 * f'_c * h} = \frac{2 * 1.13 * 4200}{0.85 * 240 * 20}$$

$$a = 2.33$$

$$M_{u1} = \emptyset * A_s * F_y * \left(d - \frac{a}{2}\right) = 1 * 2 * 1.13 * 4200 * \left(16.50 - \frac{2.33}{2}\right)$$

$$M_{u1} = 145559.82Kg - cm = 1.46Ton - m$$

Sección 2:

$$d2 = (100 - 3.5) = 96.50cm$$

$$a = \frac{A_s * F_y}{0.85 * f'_c * h} = \frac{1.13 * 4200}{0.85 * 240 * 20}$$

$$a = 1.16$$

$$Mu2 = \phi * As * Fy * \left(d - \frac{a}{2}\right) = 1 * 1.13 * 4200 * \left(96.50 - \frac{1.16}{2}\right)$$

$$Mu2 = 455236.32Kg - cm = 4.55Ton - m$$

$$Mc = \frac{Mu1 + Mu2}{H} = \frac{1.46 + 4.55}{1.20 + 0.20}$$

$$Mc = 4.29Ton - m$$

Longitud crítica de la línea de rotura (Lc) según el patrón de falla expresado en la tabla, de acuerdo al nivel de ensayo (2 para este caso) se tiene un $Lt = 1.22m$

$$Lc = \frac{Lt}{2} + \sqrt{\left(\frac{Lt}{2}\right)^2 + \frac{8 * H * (Mb + Mw)}{Mc}} = \frac{1.22}{2} + \sqrt{\left(\frac{1.22}{2}\right)^2 + \frac{8 * 1.40 * (0 + 4.48)}{4.29}}$$

$$Lc = 4.08m$$

Resistencia nominal a la carga transversal Rw

$$Rw = \left(\frac{2}{2Lc - Lt}\right) + \left(8Mb + 8Mw + \frac{Mc * Lc^2}{H}\right)$$

$$Rw = \left(\frac{2}{2 * 4.08 - 1.22}\right) + \left(8 * 4.48 + \frac{4.29 * 4.08^2}{1.40}\right)$$

$$Rw = 87.14 Ton$$

Dónde,

Ft=120000 N=12.24 Ton para el nivel TL-2.

$$R_w > F_t$$

$$87.14 \text{Ton} > 12.24 \text{Ton} \quad \mathbf{OK}$$

Transferencia de cortante entre la barrera y la losa

Se debe considerar la transferencia de corte en la interface en un plano dado por: una fisura existente o potencia, una interface ente diferentes materiales, o una interface entre dos hormigones colados en diferentes momentos.

La resistencia nominal al core del plano de interface se debe tomar como:

$$V_{nc} = c * A_{cv} + \mu(A_{vf} * F_y + P_c)$$

La resistencia nominal al corte utilizada en el diseño no deberá ser mayor que:

$$V_n \leq 0.20 * f'c * A_{cv}$$

Dónde:

A_{cv} : área de corte en contacto

A_{vf} : armadura perpendicular al área de corte

c : factor de cohesión, 0.52 MPa=5.3 kg/cm²

μ : coeficiente de fricción, 0.60

P_c : fuerza de compresión permanente perpendicular al plano de corte, peso del parapeto.

Se adoptará para el diseño a cortante una varilla de $\emptyset 12 \text{mm} @ 20 \text{cm}$, $A_v = 1.13 \text{cm}^2$.

$$V_{ct} = \frac{R_w}{L_c + 2 * H} = \frac{87.14}{4.08 + 2 * 1.40}$$

$$\mathbf{V_{ct} = 12.67 \text{Ton}}$$

$$A_{cv} = 20 * 80 = 1600 \text{cm}^2$$

$$A_{vf} = 5 * 1.13 = 5.65 \text{cm}^2$$

$$P_c = ((0.2 * 0.2 * 1.2) + (0.20 * 0.80 * 1.00)) * 2.40 * 1000 = 499.20 \text{kg}$$

$$V_{nc} = c * A_{cv} + \mu(A_{vf} * F_y + P_c) = 5.3 * 1600 + 0.60(5.65 * 4200 + 499.20)$$

$$\mathbf{V_{nc} = 23497.52 \text{kg} = 23.50 \text{Ton}}$$

Se verifica que,

$$V_{ct} < V_{nc}$$

$$12.67 \text{Ton} < 23.50 \text{Ton} \mathbf{OK}$$

Además que $V_{nc} \leq V_c$,

$$V_c = 0.20 * f'_c * A_{cv} = 0.20 * 240 * 1600$$

$$V_c = 76800 \text{kg} = 76.80 \text{Ton}$$

$$23.50 \text{Ton} < 76.80 \text{Ton} \mathbf{OK}$$

Diseño a cortante del poste de hormigón de 20x20 cm

Para este análisis se consideró que el camión de diseño golpea al poste, teniendo:

$$V_{cb} = \frac{7.27 * 1000}{0.85 * 20 * 17}$$

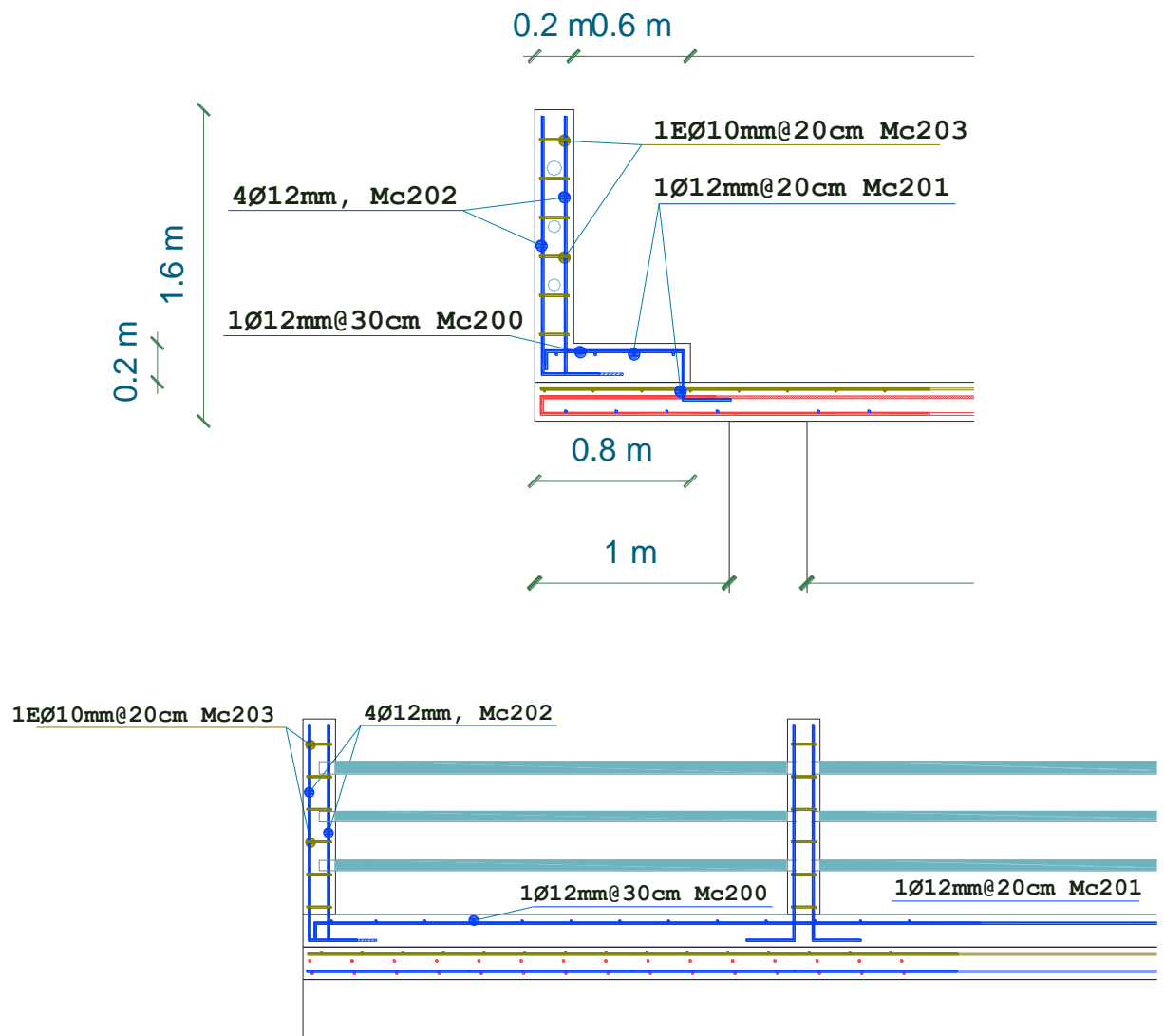
$$V_{cb} = 25.16 \text{kg/cm}^2$$

$$V_c = 0.53 \sqrt{f'_c} = 0.53 * \sqrt{240} = 8.21 \text{kg/cm}^2$$

Se adopta una varilla corrugada para estribos de $\emptyset 10 \text{mm}$, $A_v = 0.785 \text{cm}^2$

$$s = \frac{A_v * F_y}{(V_{cb} - V_c) * b} = \frac{2 * 0.785 * 4200}{(25.16 - 8.21) * 20}$$

$$s = 19.45 \text{ cm} \approx \mathbf{20.00 \text{ cm}}$$



DISEÑO DE DIAFRAGMAS

Pre-dimensionamiento

Adoptando:

$$b = 0.20m$$

$$h = 1.50m \approx 85\%h_{viga}$$

5 unidades, @7.45m

Momento y cortante debido a carga muerta

$$cm_{diafragma} = b * h * \gamma_{H.A} = 0.20 * 1.50 * 2.40$$

$$cm_{diafragma} = 0.72 \text{ Ton/m}$$

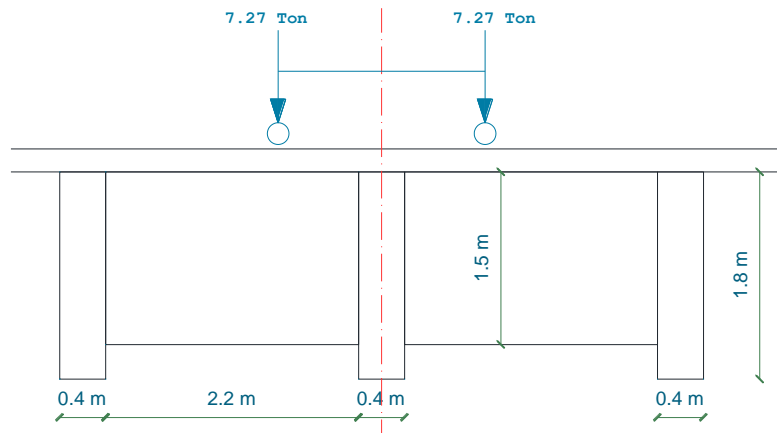
$$M_{cm} = \frac{cm_{diafragma} * S^{*2}}{10} = \frac{0.72 * 2.20^2}{10}$$

$$M_{cm} = 0.16 \text{ Ton} - m$$

$$V_{cm} = \frac{P_{cm} * S^*}{2} = \frac{0.72 * 2.20}{2}$$

$$V_{cm} = 0.79 \text{ Ton}$$

Momento y cortante debido a carga viva



$$P_{rueda+imp} = 7.27 * 1.22 = 8.87 \text{ Ton}$$

$$M_{cv} = \frac{P * S^*}{4} = \frac{8.87 * 2.20}{4} = 4.88 \text{ Ton} - m$$

$$V_{cv} = 8.87 \text{ Ton}$$

Momento ultimo

$$M_u = 1.30 \left(M_{cm} + \frac{5}{3} M_{cv} \right) = 1.3 \left(0.16 + \frac{5}{3} * 8.87 \right)$$

$$\mathbf{M_u = 19.43 \text{ Ton} - m}$$

Acero principal

$$d = 150 - 5 = 145 \text{ cm}$$

$$k = \frac{M_u}{\phi * f'_c * b * d^2} = \frac{19.43 \times 10^5}{0.90 * 240 * 20 * 145^2} = 0.0214$$

$$q = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36k}}{1.18} = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 * .0214}}{1.18} = 0.0217$$

$$\rho = q * \frac{f'_c}{F_y} = 0.0217 * \frac{240}{4200} = 0.0012$$

$$\rho_{\text{mín}} = \frac{14}{F_y} = 0.0033$$

$\rho_{\text{calculado}} < \rho_{\text{mín}}$, se asume $\rho_{\text{mín}}$ para efectos de cálculo

$$A_{s_{\pm}} = \frac{14 * b * d}{F_y} = \frac{14 * 20 * 145}{4200} = 9.67 \text{ cm}^2$$

Con varilla $\emptyset 25mm$, $A_v = 4.909cm^2$

$$\#_{varillas} = \frac{9.67}{4.909} = 1.97 \approx 2$$

$\#_{varillas} = 2\emptyset 25mm = 9.82cm^2$; cumple con el 101.5% del calculado **OK**

Por lo tanto,

$$A_{s_{\pm}} = 2\emptyset 25mm$$

Acero a cortante

$$V_u = 1.30 \left(V_{cm} + \frac{5}{3} V_{cv} \right) = 1.30 \left(0.79 + \frac{5}{3} * 8.87 \right)$$

$$V_u = 20.25 \text{ Ton}$$

$$v_u = \frac{V_u}{0.85 * b * d} = \frac{20.25 \times 10^3}{0.85 * 20 * 145} = 8.22 \frac{kg}{cm^2}$$

$$v_c = 0.55 \sqrt{f'c} = 0.55 \sqrt{240} = 8.52 \frac{kg}{cm^2}$$

$v_u < v_c$, **NO CUMPLE**, ya que:

$$\emptyset v_n > v_u$$

$$\emptyset v_c + \emptyset v_s > v_u$$

$$v_s > \frac{v_u}{\emptyset} - v_c$$

Por lo tanto,

$$v_s = \frac{8.22}{0.9} - 8.52 = 0.61 kg/cm^2$$

Y según ACI:

$$V_s = \frac{A_v * F_y * d}{S}$$

Por lo tanto es espaciamiento del esfuerzo, con $\emptyset 10mm$, a corte será el menor valor de:

$$S = \frac{2 * 0.79 * 4200 * 145}{0.61 * 20 * 145} = 544cm$$

$$S = 16\emptyset_{principal} = 16 * 2.5 = 40cm$$

$$S = 48\emptyset_{estribo} = 48 * 1.0 = 48cm$$

$$\mathbf{S = b = 20cm}$$

Por lo tanto el acero a cortante en los tercios externos estará conformado por:

$$\mathbf{1E\emptyset 10mm@20cm}$$

Y en el tercio medio de la longitud del diafragma:

$$\mathbf{1E\emptyset 10mm@40cm}$$

Se ha considerado además dentro del tercio medio en altura del diafragma un reforzamiento mínimo para evitar que el miembro se comporte como un elemento esbelto dada su relación de altura y sección transversal.

$$A_{s_{central}} = \frac{14}{F_y} * b * d = \frac{14}{4200} * 20 * 145 = 9.67cm^2$$

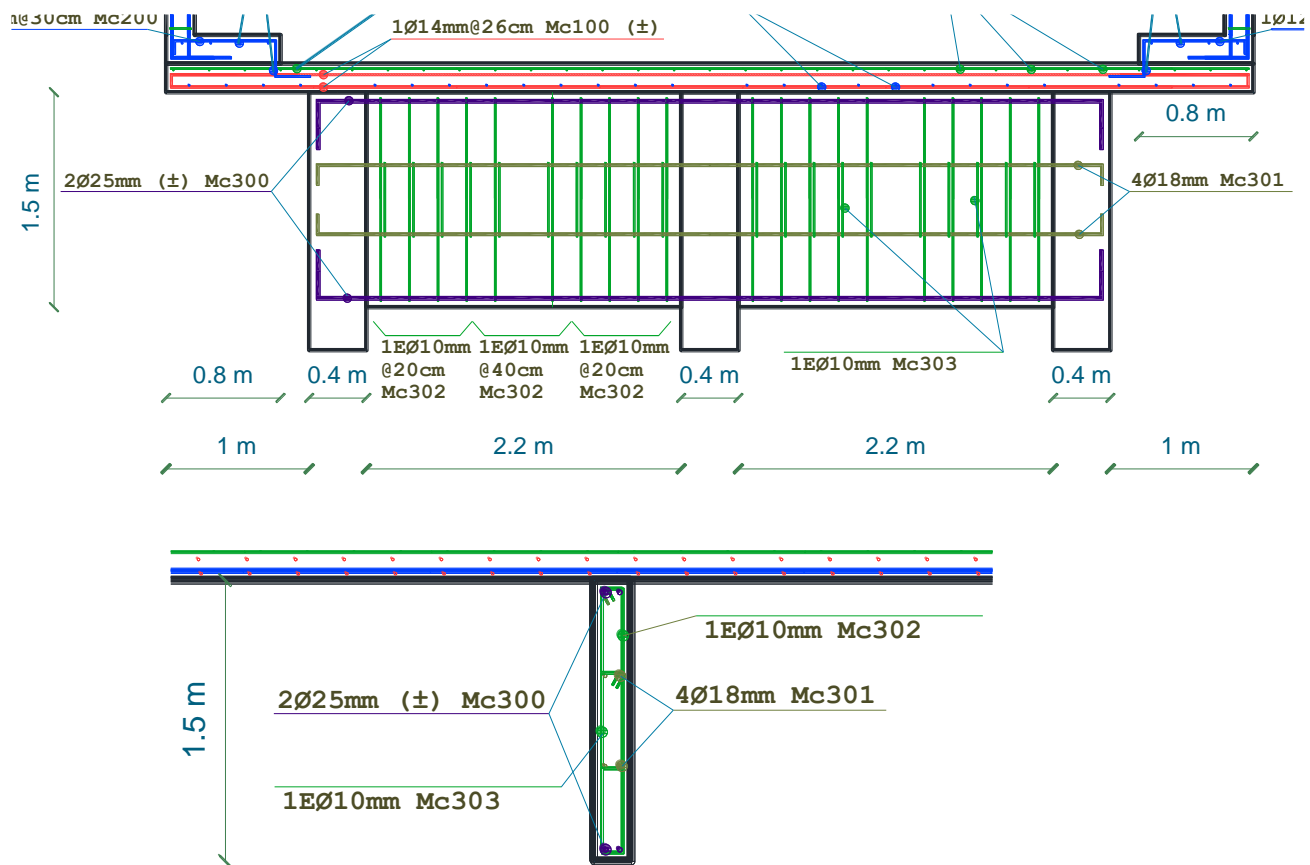
Con varilla $\emptyset 18mm$, $A_v = 2.545cm^2$

$$\#_{\text{varillas}} = \frac{9.67}{2.545} = 3.80 \approx 4$$

$\#_{\text{varillas}} = 4\phi 18\text{mm} = 10.18\text{cm}^2$; cumple con el 105.3% del calculado **OK**

Por lo tanto,

$$A_{s_{\text{central}}} = 4\phi 18\text{mm}$$



DISEÑO DE VIGA INTERIOR

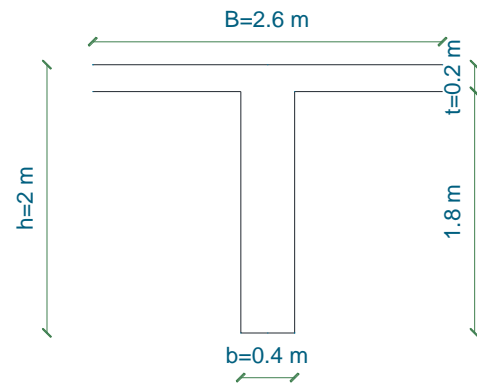
Ancho efectivo

El ancho de ala colaborante para vigas interiores deberá tomarse como el menor valor entre:

$$B \leq \left[\begin{array}{l} \frac{L}{4} = \frac{30}{4} = 7.50m \\ 12t + b = 2.80m \\ S = 2.60m \end{array} \right]; \text{ Se adopta entonces: } B = 2.60m$$

Peralte

$$h = 2.00m$$



Carga muerta

$$cm_{losa} = (t * B) * \gamma_{H.A} = 0.20 * 2.60 * 2.40 = 1.25 \text{ Ton/m}$$

$$cm_{aceras} = \frac{\#aceras * a * h}{\#vigas} * \gamma_{H.A} = \frac{2 * 0.80 * 0.20}{3} * 2.40 = 0.26 \text{ Ton/m}$$

$$cm_{barandas} = \frac{Peso * a}{\#vigas} * \gamma_{H.A} = \frac{3.23 * 0.20}{3} * 2.40 = 0.22 \text{ Ton/m}$$

$$cm_{viga} = [(h - t) * b] * \gamma_{H.A} = (2.00 - 0.20) * 0.40 * 2.40 = 1.73 \text{ Ton/m}$$

$$Pp_{diafragma} = h * b * B * \gamma_{H.A} = 1.50 * 0.20 * 2.60 * 2.40 = 1.87 \text{ Ton}$$

$$M_{diafragma} = \frac{Pp_{diafragma} * Luz}{\#vigas} = \frac{1.87 * 30}{3} = 18.72 \text{ Ton} - m$$

$$M_{diafragma} = \frac{q * Luz^2}{8}; q = \frac{M_{diafragma} * 8}{Luz^2} = \frac{18.72 * 8}{30^2}$$

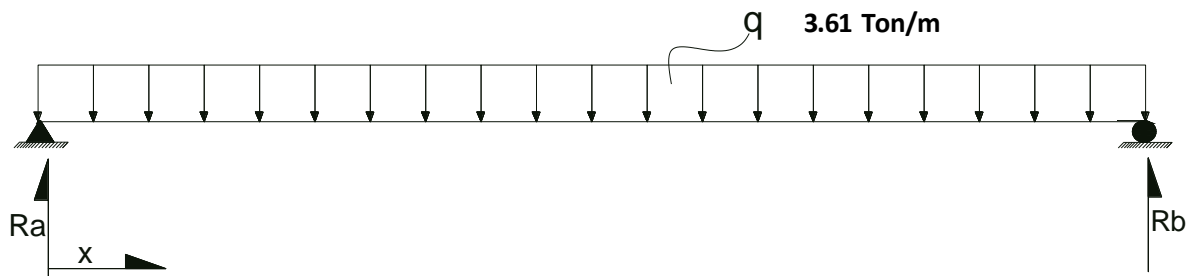
$$cm_{diafragma} = 0.17 \text{ Ton/m}$$

$$CM = cm_{losa} + cm_{aceras} + cm_{barandas} + cm_{viga} + cm_{diafragma}$$

$$CM = 1.25 + 0.26 + 0.22 + 1.73 + 0.17$$

$$CM = 3.61 \text{ Ton/m}$$

Análisis de carga muerta



$$R_A = R_B = \frac{CM * Luz}{2} = \frac{3.61 * 30}{2} = 54.20 \text{ Ton}$$

Ecuación general para cortantes a una distancia (x):

$$V_{CM} = \frac{CM * Luz}{2} - CM * x$$

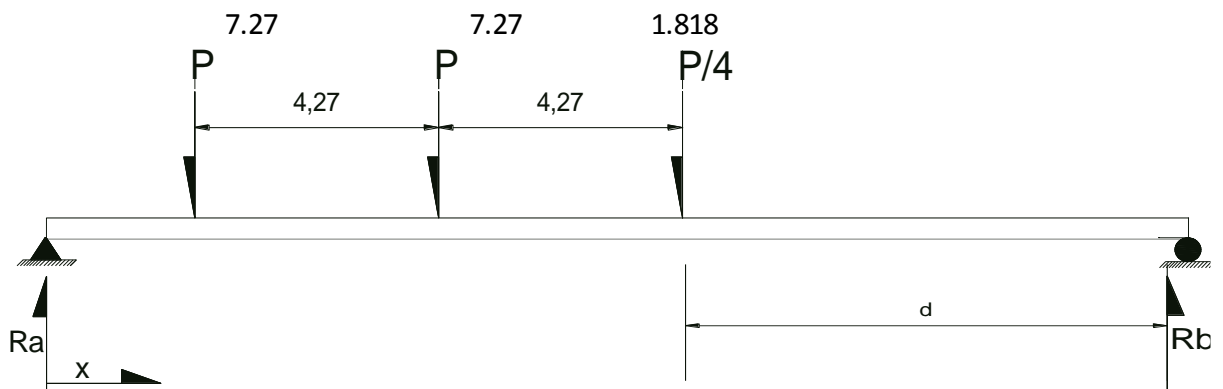
Ecuación general para momentos a una distancia (x):

$$M_{CM} = \frac{CM * Luz}{2} * x - CM * \frac{x^2}{2}$$

De esta forma se obtienen los valores expuestos en la siguiente tabla resumen:

x (m)	Vcm (Ton)	Mcm (Ton-m)
0	54.20	0.00
5	36.13	225.84
10	18.07	361.34
15	0.00	406.51

Análisis de carga viva



Las reacciones, para una distancia (x), del tren de carga estarán dadas por los valores obtenidos de:

$$R_A = \frac{[P(30 - x)] + P[30 - (x + 4.27)] + \frac{P}{4}\{30 - [x + (2 * 4.27)]\}}{Luz}$$

$$R_B = (P + P + \frac{P}{4}) - R_A$$

El factor de mayoración debido al impacto será,

$$Imp = 1 + \left(\frac{15.24}{38.10 + (30 - x)} \right) \leq 1.30; \text{ caso contrario se asume } 1.30$$

f , para todas las secciones:

$$f = \frac{B}{1.829} = \frac{2.60}{1.829} = 1.422$$

Cortantes carga viva

$$V_{CV+imp} = (R_A - P) * f * Imp; x = 0$$

$$V_{CV+imp} = R_A * f * Imp; x \neq 0$$

Cortante último

$$V_u = 1.30 \left(V_{CM} + \frac{5}{3} V_{CV+imp} \right)$$

Momento carga viva

$$M_{(x)} = R_A * x$$

$$M_{CV+imp} = M_{(x)} * f * Imp$$

Momento ultimo

$$M_u = 1.30 \left(M_{CM} + \frac{5}{3} M_{CV+imp} \right)$$

x	Imp	f	R _A (Ton)	R _{bB} (Ton)	V _{cv+imp} (Ton)	M(x) (Ton-m)	M _{cv+imp} (Ton-m)
0	1.224	1.422	14.81	1.55	13.11	0.000	0.000
5	1.242	1.422	12.08	4.28	21.32	60.396	106.591
10	1.262	1.422	9.35	7.00	16.78	93.529	167.830
15	1.287	1.422	6.63	9.73	12.12	99.399	181.854

Momentos y Cortantes últimos

SECCION	Mcm (Ton-m)	Mcv+imp (Ton-m)	Mu (Ton-m)	Vcm (Ton)	Vcv+imp (Ton)	Vu (Ton)
0	0	0	0.000	54.202	13.109	98.865
5	225.840	106.591	524.538	36.134	21.318	93.164
10	361.344	167.830	833.378	18.067	16.783	59.850
15	406.512	181.854	922.482	0.000	12.124	26.268

Acero principal de la viga por flexión

Se asume un recubrimiento de $d' = 10\text{cm}$, para determinar si el momento interno de la sección es suficiente para soportar el momento externo generado por las solicitaciones de carga, de esta manera se analizará el elemento como viga rectangular.

$$d = h - d' = 200 - 10$$

$$d = 190\text{cm}$$

$$Mu = 0.85 * f'c * B * t * \left(d - \frac{t}{2}\right) * \phi * 10^{-5}$$

$$Mu = 0.85 * 240 * 260 * 20 * \left(190 - \frac{20}{2}\right) * 0.9 * 10^{-5}$$

$$Mu = 1718.50 \text{ Ton} - m$$

$$Mu_{\text{sección}} > M_{\text{máx externo}}$$

$$1718.50 \text{ Ton} - m > 922.48 \text{ Ton} - m \text{ OK}$$

***se diseña como viga rectangular**

$$k = \frac{M_u \times 10^5}{\phi * f'_c * b * d^2} = \frac{922.48 \times 10^5}{0.90 * 240 * 260 * 190^2} = 0.046$$

$$q = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36k}}{1.18} = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 * 0.046}}{1.18} = 0.047$$

$$\rho = q \frac{f'_c}{F_y} = 0.047 * \frac{240}{4200} = 0.00267$$

$$A_s = \rho * b * d = 0.00267 * 260 * 190 = 132.08 \text{ cm}^2$$

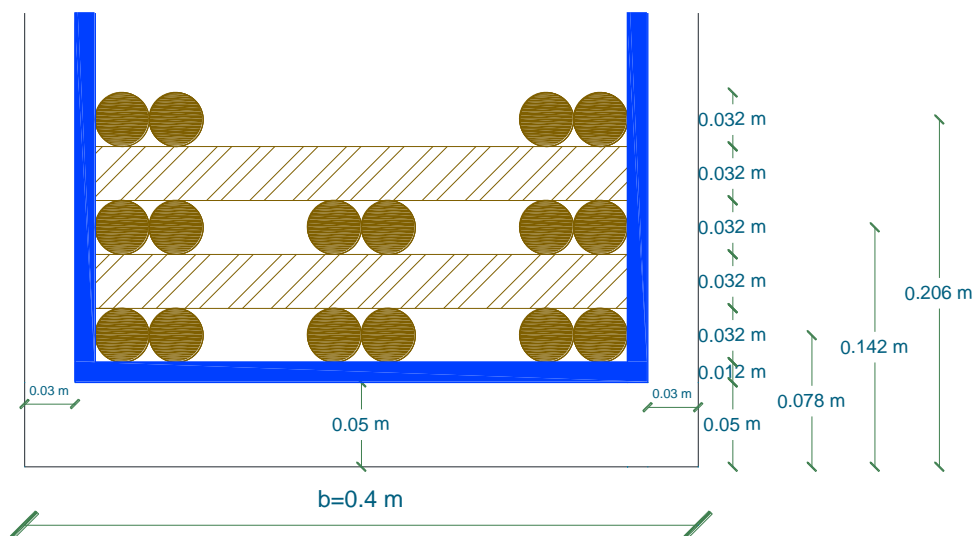
Con varilla $\phi 32 \text{ mm}$, $A_v = 8.042 \text{ cm}^2$

$$\#_{\text{varillas}} = \frac{132.08}{8.042} = 16.42 \approx \mathbf{16}$$

$\#_{\text{varillas}} = \mathbf{16\phi 32 \text{ mm}} = 128.67 \text{ cm}^2$; cumple con el 97.4% del calculado **OK**

Por lo tanto,

$$A_s = 16\phi 32 \text{ mm}$$



Hacemos una corrección de la altura efectiva “d”, tomando en consideración los espaciamientos que se generan por el uso de separadores (del diámetro similar al del acero principal) colocados transversalmente al refuerzo de momento (+).

$$d'c = \frac{7.8 * \#_{varillas} + 14.2 * \#_{varillas} + 20.6 * \#_{varillas}}{\#_{total_{varillas}}}$$

$$d'c = \frac{7.8 * 6 + 14.2 * 6 + 20.6 * 4}{16}$$

$$d'c = 13.40cm$$

$$dc = h - d'c = 200 - 13.40$$

$$d'c = 186.60cm$$

Determinamos la cuantía

$$k = \frac{Mux10^5}{\phi * f'c * b * d^2} = \frac{922.48x10^5}{0.90 * 240 * 40 * 186.60^2} = 0.307$$

$$q = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36k}}{1.18} = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 * 0.307}}{1.18} = 0.402$$

$$\rho = q \frac{f'c}{Fy} = 0.402 * \frac{240}{4200} = 0.02294$$

$$As = \rho * b * d = 0.02294 * 40 * 186.60 = 171.21cm^2$$

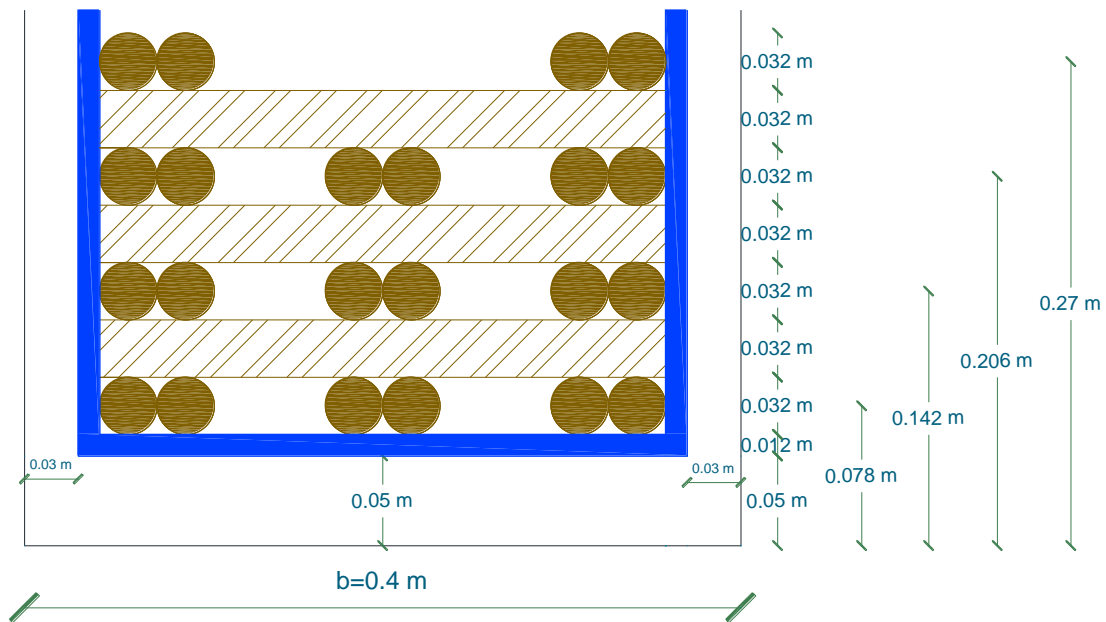
Con varilla $\phi 32mm$, $Av = 8.042cm^2$

$$\#_{varillas} = \frac{171.21}{8.042} = 21.29 \approx \mathbf{22}$$

$\#_{\text{varillas}} = 22\phi 32\text{mm} = 176.92\text{cm}^2$; cumple con el 103.3% del calculado **OK**

Por lo tanto,

$$A_s = 22\phi 32\text{mm}$$



Se realiza una iteración más para verificar la cuantía de acero para un “d”:

$$d'c = \frac{7.8 * 6 + 14.2 * 6 + 20.6 * 6 + 27 * 4}{22}$$

$$d'c = 16.53\text{cm}$$

$$dc = h - d'c = 200 - 16.53$$

$$d'c = 183.47\text{cm}$$

$$\rho = 0.02411$$

$$A_s = \rho * b * d = 0.022411 * 40 * 183.47 = 176.92\text{cm}^2$$

Con varilla $\emptyset 32mm$, $A_v = 8.042cm^2$

$$\#_{varillas} = \frac{176.92}{8.042} = 22$$

$\#_{varillas} = 22\emptyset 32mm = 176.92cm^2$; cumple con el 100% del calculado **OK**

Por lo tanto,

$$A_{s_{principal(+)}} = 22\emptyset 32mm$$

El proceso de iteración se realiza para las secciones a 5m y 10m, con el resumen de resultados mostrado para acero de refuerzo por momento (+):

SECCIÓN	d'c (cm)	dc (cm)	ρ	$A_s (cm^2)$	
0 - 5	10.36	189.64	0.010861	82.384	10 $\emptyset 32mm$
5 - 10	14.20	185.80	0.020143	149.701	18 $\emptyset 32mm$
10 - 15	16.53	183.47	0.024107	176.916	22 $\emptyset 32mm$

Acero de refuerzo superior

El refuerzo en la sección superior de la viga será

$$A_{s_{superior}} = \frac{14}{F_y} * b * d = \frac{14}{4200} * 40 * 183.47$$

$$A_{s_{superior}} = 24.46cm^2$$

Con varilla $\emptyset 28mm$, $A_v = 6.158cm^2$

$$\#_{varillas} = \frac{24.46}{6.158} = 3.97 \approx 4$$

$$\#_{\text{varillas}} = 4\phi 28\text{mm} = 24.63\text{cm}^2; \text{ cumple con el } 100.7\% \text{ del calculado } \mathbf{OK}$$

Por lo tanto,

$$A_{S_{\text{superior}(-)}} = 4\phi 28\text{mm}$$

Acero de refuerzo lateral

$$A_{S_{\text{lateral}}} = 10\%A_{S_{\text{principal}}} = 10\% * 176.916$$

$$A_{S_{\text{lateral}}} = 17.69\text{cm}^2$$

Con varilla $\phi 25\text{mm}$, $A_v = 4.909\text{cm}^2$

$$\#_{\text{varillas}} = \frac{17.69}{4.909} = 3.60 \approx 4$$

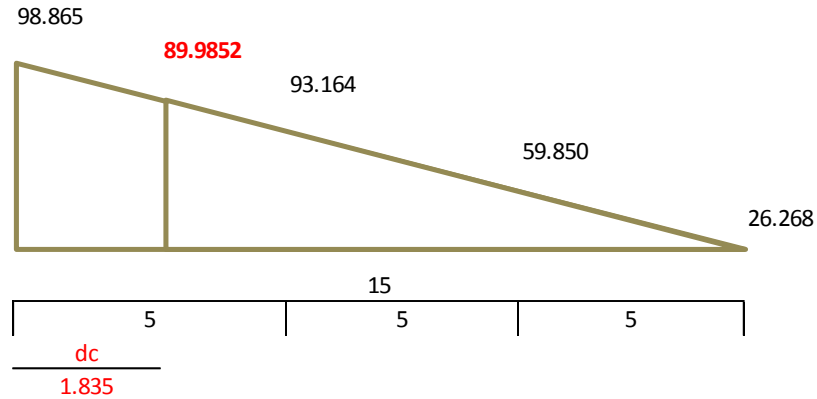
$$\#_{\text{varillas}} = 4\phi 25\text{mm} = 19.64\text{cm}^2; \text{ cumple con el } 110.9\% \text{ del calculado } \mathbf{OK}$$

Por lo tanto,

$$A_{S_{\text{lateral}}} = 4\phi 25\text{mm}$$

Acero transversal de la viga por contante

SECCION	Vu (Ton-m)
0	98.865
5	93.164
10	59.850
15	26.268



Por efecto de cálculo el cortante último se localizará a una distancia “dc”, siendo $V_u = 89.99$ Ton.

El esfuerzo de corte último,

$$v_u = \frac{V_u}{\phi * b_w * d} = \frac{89.99 * 1000}{0.85 * 40 * 183.47}$$

$$v_u = 14.43 \text{ kg/cm}^2$$

El esfuerzo mínimo de resistencia a corte del concreto es de:

$$v_c = 0.53\sqrt{f'_c} = 0.53\sqrt{240}$$

$$v_c = 8.21 \text{ kg/cm}^2$$

Es esfuerzo máximo admisible

$$v_{\text{máx}} = 1.50\sqrt{f'_c} = 1.50\sqrt{240}$$

$$v_{\text{máx}} = 23.24 \text{ kg/cm}^2$$

Debido a que,

$$v_c < v_u < v_{\text{máx}}$$

$$8.21 \text{ kg/cm}^2 < 14.43 \text{ kg/cm}^2 < 23.24 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK}$$

$$v_s > \frac{v_u}{\phi} - v_c = \frac{14.43}{0.85} - 8.21$$

$$v_s = 8.77 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_s = v_s * b * d = 8.77 * 40 * 183.47$$

$$V_s = 64335.57 \text{ kg}$$

La sección cumple a corte, sin embargo se usará varilla de $\phi 12 \text{ mm}$, $A_v = 1.13 \text{ cm}^2$ como acero transversal, con espaciamiento de acuerdo al menor valor de:

$$s = \frac{A_v * F_y * d}{V_s} = \frac{4 * 1.13 * 4200 * 183.47}{64335.57}$$

$$s = 54.14 \text{ cm}$$

$$s = 16\phi_{\text{principal}} = 16 * 3.2 = 51.20 \text{ cm}$$

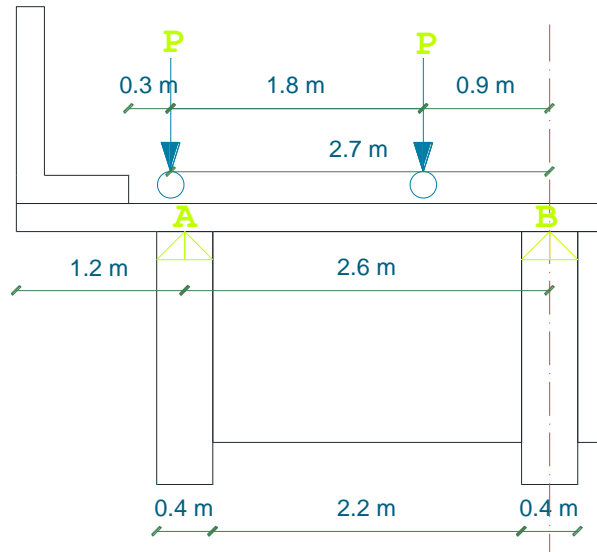
$$s = 48\phi_{\text{estribo}} = 48 * 1.2 = 57.60 \text{ cm}$$

$$s = b = \mathbf{40 \text{ cm}}$$

$2\phi 12 \text{ mm} @ 40 \text{ cm}$ a una distancia "4dc" desde apoyos

En la parte central se colocarán **$2E\phi 12 \text{ mm} @ dc/2$** , adoptándose un valor de **80cm**

DISEÑO DE VIGAS EXTERIORES



$$\sum_{\cup+} M_B = 0$$

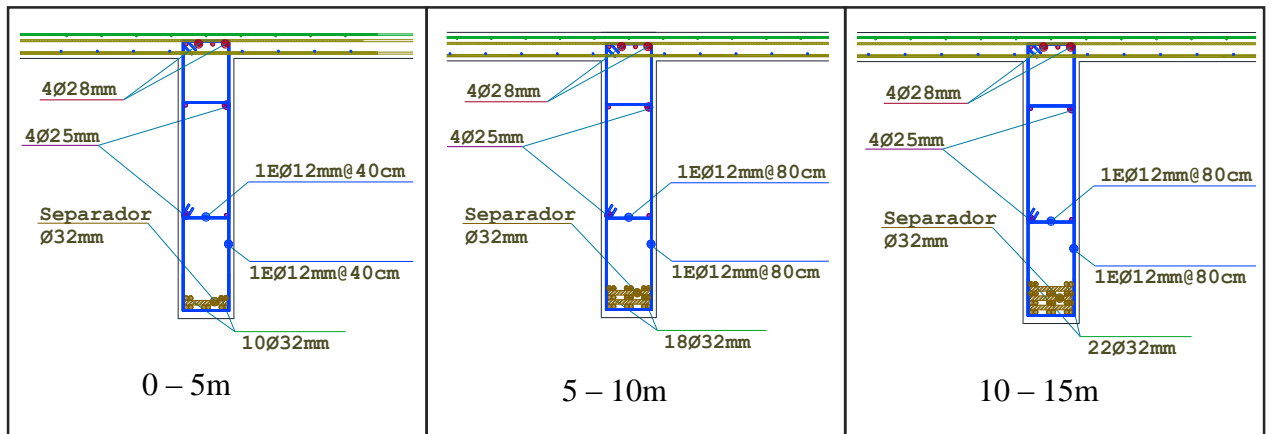
$$R_A = ((P * 2.70) + (P * 0.90))/2.60$$

$$R_A = 1.385P$$

si $f_{viga\ exterior} > 1.385$; se diseña igual que vigas interiores

$$\frac{S_{tramo}}{1.829} > 1.385$$

1.422 > 1.385 **OK, igual a viga interior**



LONGITUD DE DESARROLLO, LONGITUD DE GANCHOS Y LONGITUD DE TRASLAPES

Longitud de desarrollo

$$Ld = \frac{Fy * \alpha * \beta}{5.30 * \sqrt{f'c}} * \phi mm \geq 30cm; \text{ para este caso } \alpha = 1 \text{ y } \beta = 1$$

Longitud del gancho

$$lg = \frac{318 * \phi mm}{\sqrt{f'c}} \geq 15cm$$

Longitud de traslape

$$Lt = 1.30 * Ld$$

En siguiente cuadro se muestran las longitudes para los diferentes diámetros que se adoptarán en el proyecto.

Tabla 99. Longitudes de desarrollo, ganchos y traslapes

BARRA ϕ	Ld (m)	Lg (m)	Lt (m)	Lt paquetes (m)
10	0,41	0,21	0,53	0,71
12	0,49	0,25	0,64	0,85
14	0,58	0,29	0,75	0,99
16	0,66	0,33	0,85	1,14
18	0,74	0,37	0,96	1,28
25	1,28	0,51	1,66	2,21
32	1,64	0,66	2,13	2,83

Fuente: (ACI 318-95)

- **Diseño de la Subestructura**

DISEÑO DE APOYOS ELASTOMÉRICOS

Las placas de neopreno tienen ventajas importantes, entre las que se pueden mencionar su economía, son efectivos y no requieren de un mayor mantenimiento. Como alternativa para apoyos del puente, exprese dos de sus razones más importantes de uso:

Resistencia. La resistencia del neopreno a la compresión es más que suficiente para soportar y transmitir las cargas del puente. Soporta cargas de hasta 120 kg/cm^2 .

Durabilidad. La vida útil de un neopreno es de aproximadamente 40 años. Sin darle ningún tipo de mantenimiento hasta 35 años.

Pre-dimensionamiento



Las secciones adoptadas para el análisis deben cumplir con:

$$b_{\text{máx}} = \text{ancho}_{\text{viga}} - 2\text{cm} = 40 - 2 = 38\text{cm}$$

$$5 * t_t < w < b$$

$$5 * 4.8 < 30 < 35 \text{ OK}$$

$$1\text{cm} < t_t < w/5$$

$$1\text{cm} < 3.3 < 30/5$$

$$1\text{cm} < 3.3\text{cm} < 6\text{cm} \text{ OK}$$

Dimensiones:

$$b = 35cm$$

$$w = 30cm$$

$$t_t = 3.3cm$$

Determinación de cargas verticales actuantes

Las acciones verticales a considerar en el apoyo son las reacciones de las vigas (V) debido a las cargas gravitatorias del tablero (Q)

$$Q = Pg + Pq$$

$$V = \frac{Q}{\#vigas * 2}$$

Dónde:

Pg: peso propio

Pq: peso sobrecarga

Peso propio:

PESO PROPIO, Pg

LOSA	109.44 Ton
ACERAS	23.04 Ton
BARANDAS	3.2256 Ton
VIGAS	155.64 Ton
DIAFRAGMAS	18.72 Ton
TOTAL:	310.07 Ton

Sobrecarga

SOBRECARGA, Pq

CAMION DE DISEÑO	7.27 Ton
CARGA PEATONAL	0.249 Ton
TOTAL:	7.52 Ton

$$Q = 310.07 + 7.52 = 317.58 \text{ Ton}$$

$$V = \frac{317.58}{3 * 2} = 52.93 \text{ Ton}$$

La tensión admisible del neopreno es:

$$\Psi = \frac{V}{w * b}$$

Donde la tensión admisible del neopreno $\Psi = 70 \text{ kg/cm}^2$,

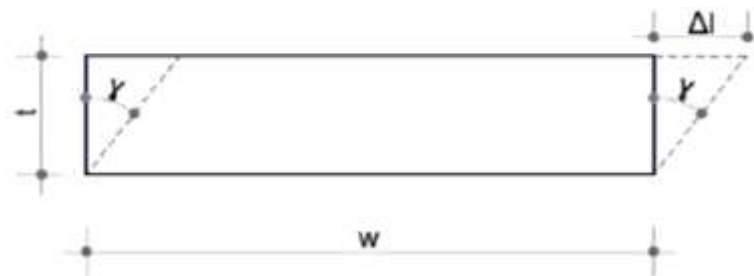
$$w = \frac{V}{\Psi * b} = \frac{52.93 * 1000}{70 * 35} = 21.60 \text{ cm}$$

Se adopta entonces, $w = 32 \text{ cm}$

A continuación se realizan las verificaciones para el dimensionamiento del neopreno.

Verificación por máximo corrimiento

El corrimiento Δl es producido por la variación de longitud de la viga debido a acciones térmicas, acciones estáticas (frenado) y/o geológicas.



$$\Delta l \leq 0.5 * t$$

$$tg_{m\acute{a}x}(\gamma) = \frac{\Delta l}{t} = 0.50$$

Δl , es producido por:

Variación de temperatura, $\Delta l = \frac{Luz}{2} * \alpha \left(\frac{1}{^{\circ}C}\right) * \Delta t(^{\circ}C)$, dónde:

α : coeficiente de dilatación del hormigón, $1 \times 10^{-5} 1/^{\circ}C$

Δt : variación de temperatura, en el sector de implantación de considera de $15^{\circ}C$

$$\Delta l = \frac{30}{2} * 0.00001 \left(\frac{1}{^{\circ}C}\right) * 15^{\circ}C = 0.00225m = 0.225cm$$

Fuerza de frenado.-

El frenado de vehículos se tomará en cuenta aplicando una fuerza horizontal en el plano del tablero de 1/25 de la sobrecarga equivalente a la multitud compacta, sin impacto, distribuida sobre todo el largo y ancho de la calzada, debiendo adoptarse como mínimo una fuerza de 0.15 veces el peso del camión tipo por cada carril de circulación.

La fuerza de frenado a considerar será el mayor valor entre:

$$F_{t1} = 0.15 * P * \#_{carriles} = 0.15 * 7.27 * 2 * 1000 = 2181 kg$$

$$F_{t2} = \frac{1}{25} * P_{peatonal} * Area_{calzada} = \frac{1}{25} * (0.415 * 0.80) * 1000 * 6 * 30 = 2390.40 kg$$

La reacción en el apoyo es:

$$F = \frac{F_{t_{m\acute{a}x}}}{\#_{vigas} * 2} = \frac{2390.40}{3 * 2} = 398.40 kg$$

Siendo G_o el módulo de deformación transversal del neopreno, el mismo dependo del material empleado, el valor del mismo es:

Tipo	G_o (kg/cm ²)
Shore 50	8
Shore 60	11
Shore 70	15

Por definición el módulo de deformación transversal es la relación entre la tensión y la distorsión. Es decir:

$$G_o = \frac{\text{Tensión}}{\text{Distorsión}} = \frac{F}{b * w} * \frac{t}{\Delta l_2}$$

Si despejamos, para un neopreno tipo Shore 60:

$$\Delta l_2 = \frac{F * t}{G_o * b * w} = \frac{398.40 * 3.3}{11 * 35 * 32} = 0.107 \text{ cm}$$

El corrimiento total es:

$$\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2 = 0.225 + 0.107 = 0.332 \text{ cm}$$

Se debe verificar que,

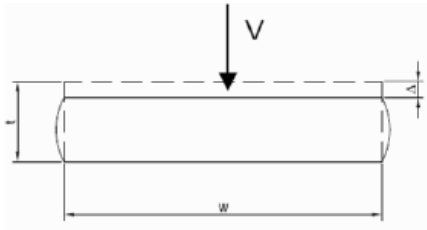
$$tg_{\text{máx}}(\gamma) = \frac{\Delta l}{t} \leq 0.50$$

$$\frac{\Delta l}{t} \leq 0.50$$

$$\frac{0.332}{3.3} \leq 0.50$$

$$0.101 < 0.50 \text{ OK}$$

Verificación por deformación del espesor



$$\Delta l \leq 15\%t$$

$$0.332\text{cm} < 0.15 * 3.3$$

$$0.332\text{cm} < 0.50\text{cm} \text{ OK}$$

La deformación del espesor del neopreno depende de la dureza del material, la carga unitaria y del factor de forma.

Factor de forma.-

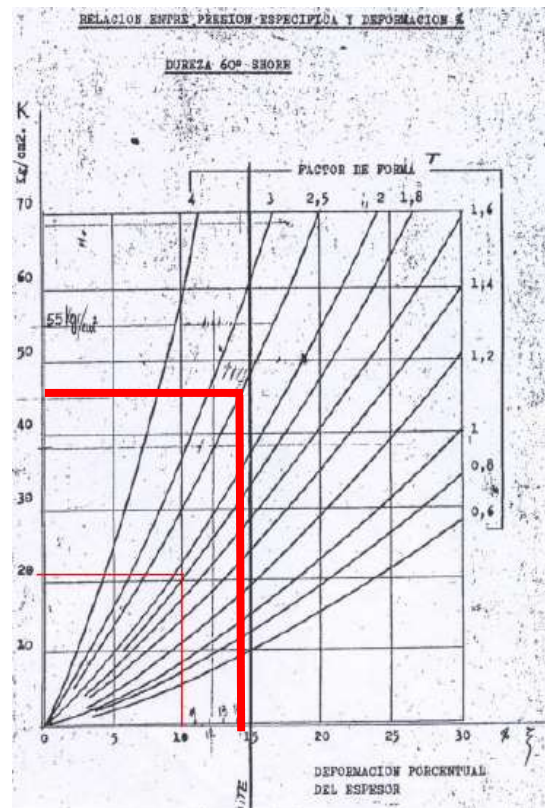
$$T = \frac{w * b}{2(w + b) * t} = \frac{32 * 35}{2 * (32 + 35) * 3.3} = 2.5$$

Carga unitaria.-

$$k = \frac{V}{w * b} = \frac{52.93}{32 * 35} = 47.26$$

Para verificar la deformación existen ábacos para cada dureza, a los cuales se encuentra con los valores de carga unitaria (k) y factor de forma (T) y se obtiene la deformación porcentual del espesor.

$$14\%t < 15\%t \text{ OK}$$



Verificación al deslizamiento

Debido a los esfuerzos horizontales, el apoyo de neopreno sufre una distorsión (γ) en su altura, la cual no debe superar el límite de corrimiento máximo.

Además de poder deformarse el neopreno debe ser capaz de transmitir este esfuerzo sin deslizarse. Para ello se realiza el cálculo del corrimiento admisible sin deslizamiento (δ) que soporta el apoyo:

$$\delta = 0.20 * \frac{Pg * t_t}{b * w} * \frac{x}{Go}$$

Donde x es un factor que depende de la temperatura mínima.

Temp. Minima (°C)	X
-7	1.90
-10	1.88
-15	1.85
-20	1.75
-25	1.67
-30	1.50

$$\delta = 0.20 * \frac{310.07 * 1000 * 3.3}{35 * 32} * \frac{1.90}{11}$$

$$\delta = 31.56cm$$

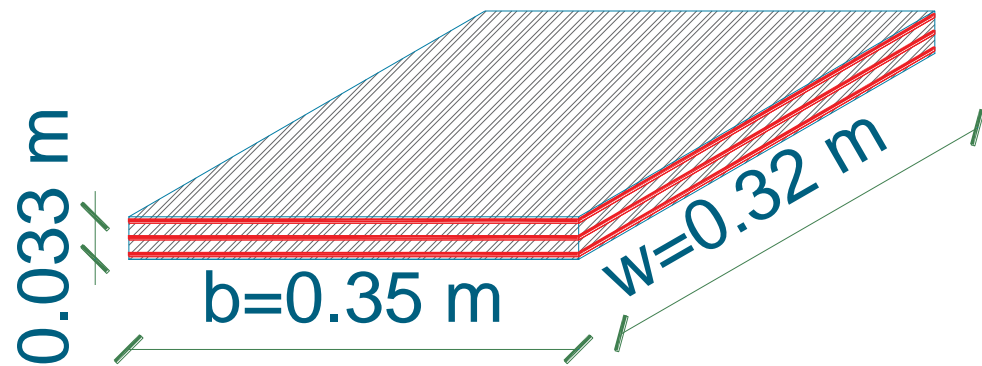
Debe verificarse que:


$$\delta > \Delta l$$

$$31.56cm > 0.332cm \text{ OK}$$

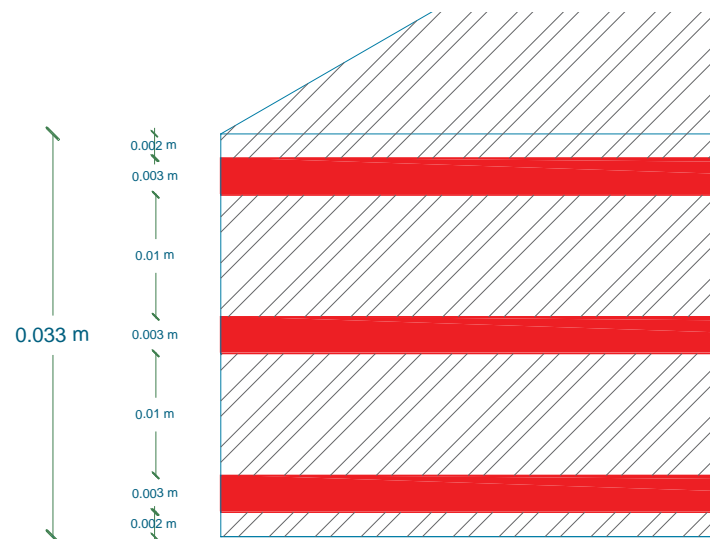
Caso contrario se producirá deslizamiento.

Las dimensiones analizadas son correctas para cumplir los diferentes estados de carga.



 Lámina de acero

 Neopreno



DISEÑO DE ESTRIBO MARGEN DERECHO

Datos y bases de diseño

Para el diseño de los estribos se cuentan con los siguientes datos, algunos obtenidos de estudios previos.

- Longitud del puente: 30 m
- Altura estribo: 10.50 m
- Altura de cimentación: 3.50 m
- Esfuerzo admisible del suelo: 26.03 Ton/m²
- Peso específico del suelo γ : 2.091 Ton/m³
- Ángulo de fricción del suelo ϕ : 35°
- Esfuerzo a compresión del hormigón $f'c$: 240kg/cm²
- Esfuerzo de fluencia del acero F_y : 4200 kg/cm²

Configuración geométrica de los estribos

La configuración geométrica del estribo se realiza mediante los criterios de pre-diseño que se muestran a continuación:

Altura del cabezal:

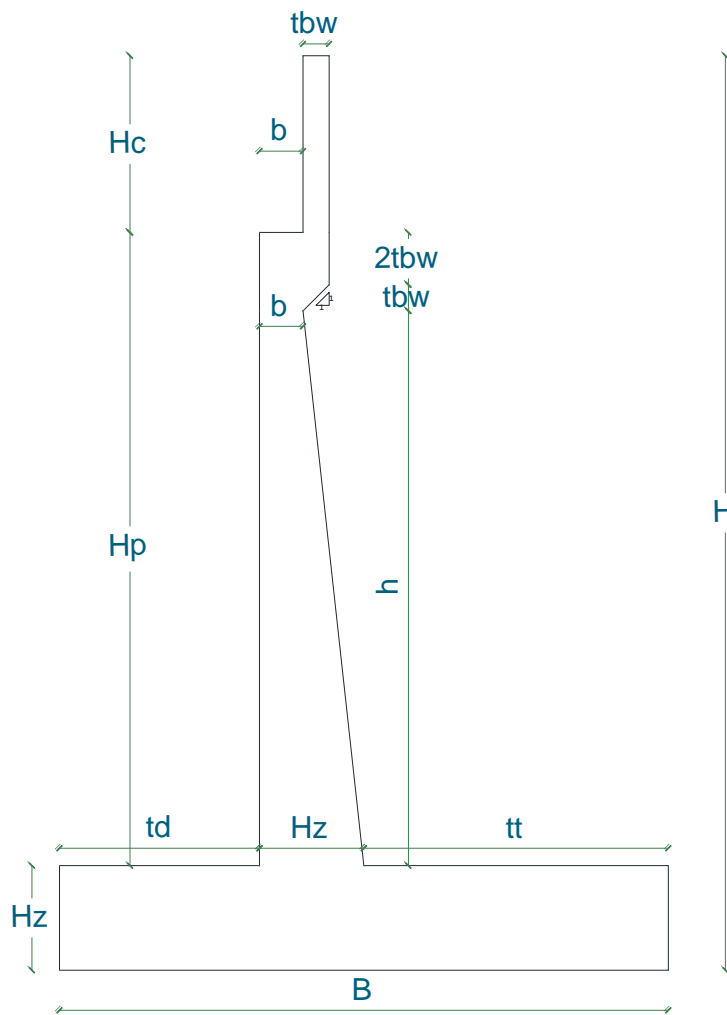
$$H_c = \text{altura losa} + \text{altura viga} + \text{altura apoyo}$$

$$H_c = 0.20 + (2.00 - 0.20) + 0.033$$

$$H_c = 2.03 \text{ m}$$

Ancho de zapata:

$$B = \frac{1}{2}H; \text{ o } \frac{2}{3}H$$



$$B = \frac{2}{3} * 10.50 = 7.0 \text{ m}$$

se adopta $B = 6.20\text{m}$

Altura de zapata:

$$H_z = \frac{H}{10}; \text{ o } \frac{H}{12}$$

$$H_z = \frac{10.50}{10} = 1.05 \text{ m}$$

Se adopta $H_z = 1.00\text{m}$

Ancho del dedo:

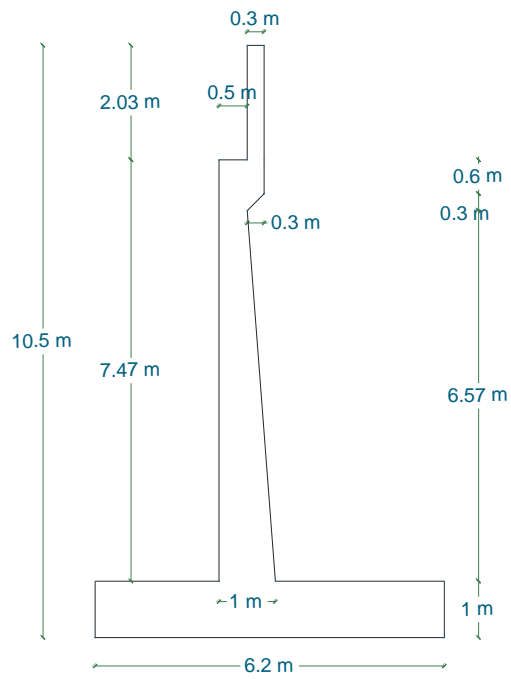
$$td = \frac{B}{3} = \frac{7.00}{3} = 2.33\text{m}$$

Se adopta $td = 2.20\text{m}$

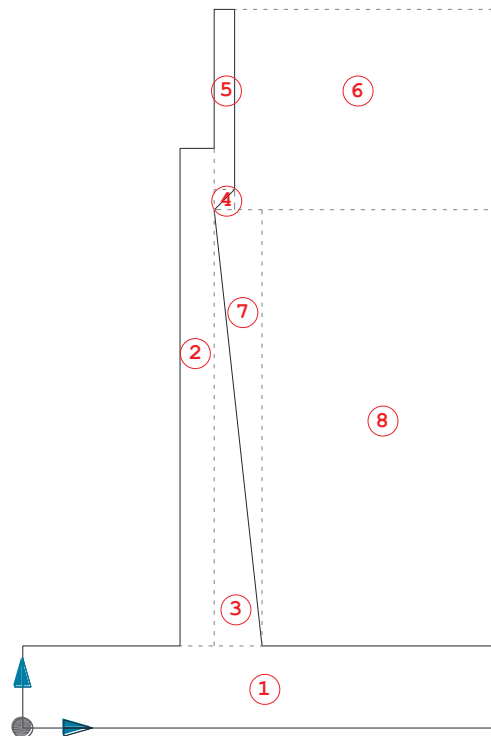
Ancho del cabezal comprendido entre:

$$20\text{cm} \leq tbw \leq 30\text{cm}, \text{ se adopta } tbw = 30\text{cm}$$

Los valores de las demás secciones se determinan por cálculo algebraico a partir de las secciones básicas determinadas anteriormente; obteniendo la siguiente configuración geométrica:



Para facilitar el cálculo de las propiedades geométricas se utiliza un gráfico como el siguiente:



Peso y centroide del estribo

FIG	A(m ²)	Wi (Ton/m)	xi(m)	yi(m)	Wixi	Wiyi
1	6.200	14.880	3.100	0.500	46.128	7.440
2	3.734	8.960	2.450	4.734	21.953	42.414
3	1.642	3.940	2.867	3.189	11.295	12.565
4	0.045	0.108	2.800	7.767	0.302	0.839
5	0.790	1.896	2.850	9.184	5.403	17.410
6	9.386	19.625	4.600	8.034	90.276	157.660
4	0.045	0.094	2.900	7.667	0.273	0.721
7	1.642	3.433	3.033	5.378	10.413	18.462
8	19.701	41.195	4.700	4.284	193.616	176.458
	W_T	94.13			379.66	433.97

CENTROIDE

X	4.03	m
Y	4.61	m

Análisis de estados de carga

Estados de carga

Los estribos se deben diseñar considerando los siguientes estados de carga:

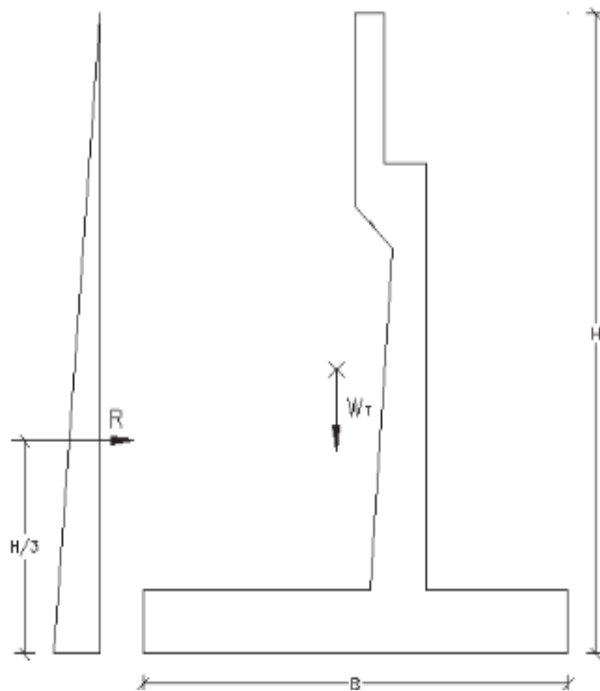
- Muro
 - I. Empuje del suelo (100% del q_{adm})
 - II. Empuje del suelo + Sismo (133% del q_{adm})
- Muro + Puente
 - III. Empuje del suelo + R. Carga muerta de la superestructura (100% del q_{adm})
 - IV. Empuje del suelo + R. Carga muerta de la superestructura + Sismo Muro + Sismo Puente (133% del q_{adm})
 - V. Empuje del suelo + R. Carga muerta de la superestructura + R. Carga viva en el terraplén (100% del q_{adm})

Verificación de estabilidad

Para asegurar la estabilidad de la estructura se deben chequear los siguientes parámetros:

- Seguridad al volcamiento. $F_{S_V} \geq 2.0$
- Seguridad al deslizamiento. $F_{S_d} \geq 1.5$
- Esfuerzo admisible del suelo $\sigma_{suelo} \leq q_{adm}$

I Estado de carga



En la representación: diagrama de presiones debido al empuje del suelo y la carga por el peso de la estructura.

$$ka = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) = \tan^2 \left(45 - \frac{35}{2} \right)$$

$$ka = 0.271$$

$$\sigma = \gamma_{suelo} * H * ka = 2.091 * 10.50 * 0.271$$

$$\sigma = 5.95 \text{ Ton/m}^2$$

$$R = \frac{\sigma * H}{2} = \frac{5.95 * 10.50}{2}$$

$$R = 31.24 \text{ Ton/m}$$

$$M_{VI} = R * \frac{H}{3} = 31.24 * \frac{10.50}{3} = 109.33 \text{ Ton} - \text{m/m}$$

$$M_{EI} = W_T * \bar{x} = 94.13 * 4.03 = 379.66 \text{ Ton} - \text{m/m}$$

$$F_{SV} = \frac{M_E}{M_V} = \frac{379.66}{109.33} = 3.47 > 2.00 \text{ OK}$$

$$F_{SD} = \frac{W_T * \tan\phi}{R} = \frac{94.13 * \tan 35^\circ}{31.24} = 2.11 > 1.50 \text{ OK}$$

$$x = \frac{M_E - M_V}{W_t} = \frac{379.66 - 109.33}{94.13} = 2.87 > 1.20 \text{ OK}$$

$$e = \frac{B}{2} - x = \frac{6.2}{2} - 2.87 = 0.23$$

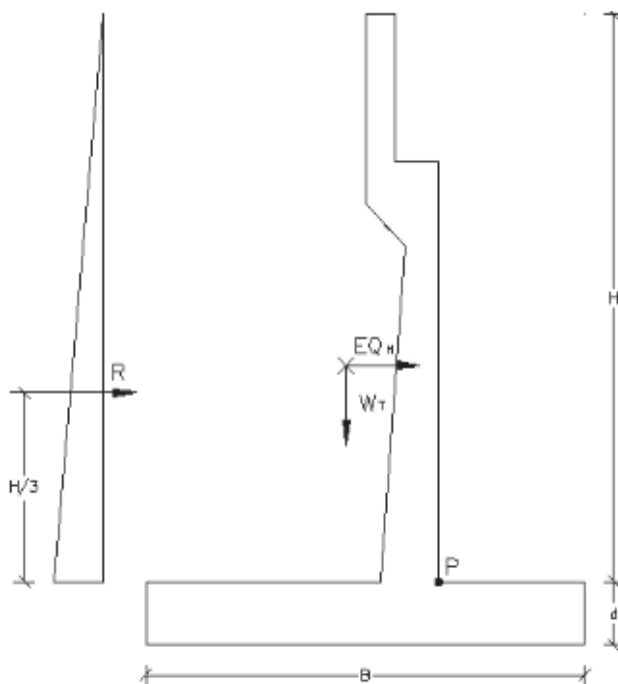
$$\sigma_s = \frac{W_T}{B} \pm \frac{6 * W_T * e}{B^2} = \frac{94.13}{6.20} \pm \frac{6 * 94.13 * 0.23}{B^2}$$

$$\sigma_{s1} = 18.53 \text{ Ton/m}^2$$

$$\sigma_{s2} = 11.83 \text{ Ton/m}^2$$

$$\sigma_{s1} \text{ y } \sigma_{s2} < q_{adm} (26.03 \text{ Ton/m}^2) \text{ OK}$$

II Estado de carga



Estribo con diagrama de presiones debido al empuje del suelo, la carga por peso de la estructura y la representación de la fuerza sísmica sobre la estructura.

$$EQ_H = C * W_T = 0.10 * 94.13$$

C=0.10, para una zona sísmica tipo III

$$EQ_H = 9.41 \text{ Ton/m}$$

$$M_{EQH} = EQ_H * \bar{y} = 9.41 * 4.61 = 43.40 \text{ Ton} - m/m$$

$$M_{VII} = R * \frac{H}{3} + M_{EQH} = 31.24 * \frac{10.50}{3} + 43.40 = 152.72 \text{ Ton} - m/m$$

$$M_{EI} = 379.66 \text{ Ton} - m/m$$

$$F_{SV} = \frac{M_{EI}}{M_{VII}} = \frac{379.66}{152.72} = 2.49 > 2.00 \text{ OK}$$

$$F_{SD} = \frac{W_T * \tan\phi}{R + EQ_H} = \frac{94.13 * \tan 35^\circ}{31.24 + 9.71} = 1.62 > 1.50 \text{ OK}$$

$$x = \frac{M_{EI} - M_{VII}}{W_t} = \frac{379.66 - 152.72}{94.13} = 2.41 > 1.20 \text{ OK}$$

$$e = \frac{B}{2} - x = \frac{6.2}{2} - 2.41 = 0.69$$

$$\sigma_s = \frac{2}{3} * \frac{W_T}{x} = \frac{2 * 94.13}{3 * 2.41} = 26.03 \text{ Ton}/m^2$$

$$\sigma_s < 1.33\%q_{adm} (34.62 \text{ Ton}/m^2) \text{ OK}$$

III Estado de carga

En este estado no es necesario verificar la seguridad al volcamiento y al deslizamiento, debido a que estos factores no son críticos.

Se calcula la carga muerta de la superestructura:

$$cm_{losa} = 0.20 * 30 * 2.40 = 14.40 \text{ Ton}/m$$

$$cm_{aceras} = \frac{2 * 0.20 * 0.80 * 30 * 2.40}{7.60} = 3.03 \text{ Ton}/m$$

$$cm_{barandas} = \frac{3.23}{7.60} = 0.42 \text{ Ton/m}$$

$$cm_{vigas} = \frac{3 * 0.40 * 1.80 * 30 * 240}{7.60} = 20.46 \text{ Ton/m}$$

$$cm_{diafragmas} = \frac{10 * 0.20 * 1.50 * 2.2 * 2.40}{7.60} = 2.08 \text{ Ton/m}$$

$$CM = \sum cm = 40.40 \text{ Ton/m}$$

$$R_{CM} = \frac{40.40}{2} = 20.20 \text{ Ton/m}$$

$$M_{VIII} = M_{VI} = 109.33 \text{ Ton} - m/m$$

$$bdp = 2.43$$

$$M_{EIII} = M_{EI} + R * bdp = 379.66 + 20.20 * 2.43 = 428.65 \text{ Ton} - m/m$$

$$x = \frac{M_{EIII} - M_{VIII}}{W_T + R_{CM}} = \frac{428.65 - 109.33}{94.13 + 20.20} = 2.79 > 1.20 \text{ OK}$$

$$e = \frac{B}{2} - x = \frac{6.2}{2} - 2.79 = 0.31$$

$$\sigma_s = \frac{W_T + R_{CM}}{B} \pm \frac{6 * (W_T + R_{CM}) * e}{B^2} = \frac{94.13 + 20.20}{6.20} \pm \frac{6 * (94.13 + 20.20) * 0.31}{6.20^2}$$

$$\sigma_{s1} = 23.92 \text{ Ton/m}^2$$

$$\sigma_{s2} = 12.96 \text{ Ton/m}^2$$

$$\sigma_{s1} \text{ y } \sigma_{s2} < q_{adm} (26.03 \text{ Ton/m}^2) \text{ OK}$$

IV Estado de carga

En este estado no es necesario verificar la seguridad al volcamiento y al deslizamiento, debido a que estos factores no son críticos.

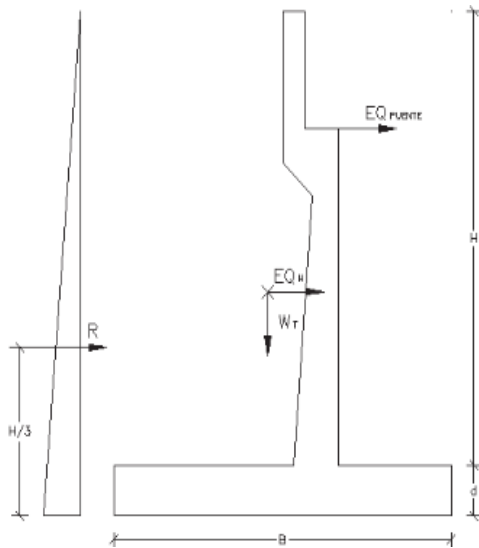


Diagrama de presiones debido al empuje del suelo, la carga por el peso de la estructura, la representación de la fuerza sísmica sobre el estribo y la ocasionada en la superestructura.

$$EQ_{puente} = 0.10 * R_{CM} = 0.10 * 20.20$$

$$EQ_{puente} = 2.02 \text{ Ton/m}$$

$$M_{EQ_{puente}} = EQ_{puente} * (H - H_c) = 2.02 * (10.50 - 2.03) = 17.10 \text{ Ton} - \text{m/m}$$

$$M_{V\ IV} = M_{V\ I} + M_{EQ_H} + M_{EQ_{puente}} = 109.33 + 43.40 + 17.10 = 169.83 \text{ Ton/m}$$

$$M_{E\ IV} = M_{E\ I} + R_{CM} * bdp = 379.66 + 20.20 * 2.43 = 428.65 \text{ Ton} - \text{m/m}$$

$$x = \frac{M_{E\ IV} - M_{V\ IV}}{W_T + R_{CM}} = \frac{428.65 - 169.83}{94.13 + 20.20} = 2.26 > 1.20 \text{ OK}$$

$$\sigma_s = \frac{2}{3} * \frac{W_T + R_{CM}}{x} = \frac{2 * 94.13 + 20.20}{3 * 2.26} = 33.67 \text{ Ton/m}^2$$

$$\sigma_s < 1.33\%q_{adm}(34.62 \text{ Ton/m}^2) \text{ OK}$$

V Estado de carga

En este estado no es necesario verificar la seguridad al volcamiento y al deslizamiento, debido a que estos factores no son críticos.

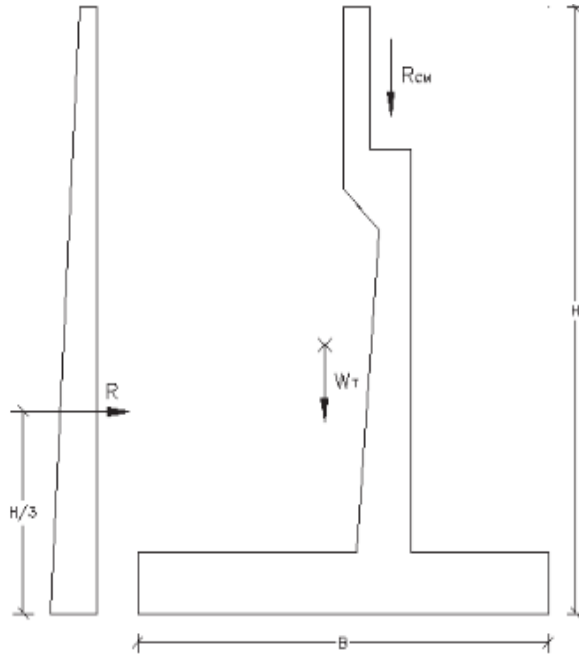


Diagrama de presiones debido al empuje del suelo más el efecto producido por la carga viva, la carga por peso propio de la estructura y la reacción por el peso del elemento.

$$R_A = 14.81 \text{ Ton}$$

$$R_{CV} = 4 * \frac{R_A}{\text{ancho puente}}$$

$$R_{CV} = 4 * \frac{14.81}{7.6} = 7.79 \text{ Ton/m}$$

$$M_{VV} = M_{VI} = 109.33 \text{ Ton} - \text{m/m}$$

$$M_{EV} = M_{EI} + (R_{CM} + R_{CV}) * bdp = 379.66 + (20.20 + 7.79) * 2.43 = 447.68 \text{ Ton} - \text{m/m}$$

$$x = \frac{M_{EV} - M_{VV}}{W_T + R_{CM} + R_{CV}} = \frac{447.68 - 109.33}{94.13 + 20.20 + 7.79} = 2.77 > 1.20 \text{ OK}$$

$$e = \frac{B}{2} - x = \frac{6.2}{2} - 2.77 = 0.33$$

$$\sigma_s = \frac{W_T + R_{CM} + R_{CV}}{B} \pm \frac{6 * (W_T + R_{CM} + R_{CV}) * e}{B^2}$$

$$\sigma_s = \frac{94.13 + 20.20 + 17.79}{6.20} \pm \frac{6 * (94.13 + 20.20 + 7.79) * 0.33}{6.20^2}$$

$$\sigma_{s1} = 26.00 \text{ Ton/m}^2$$

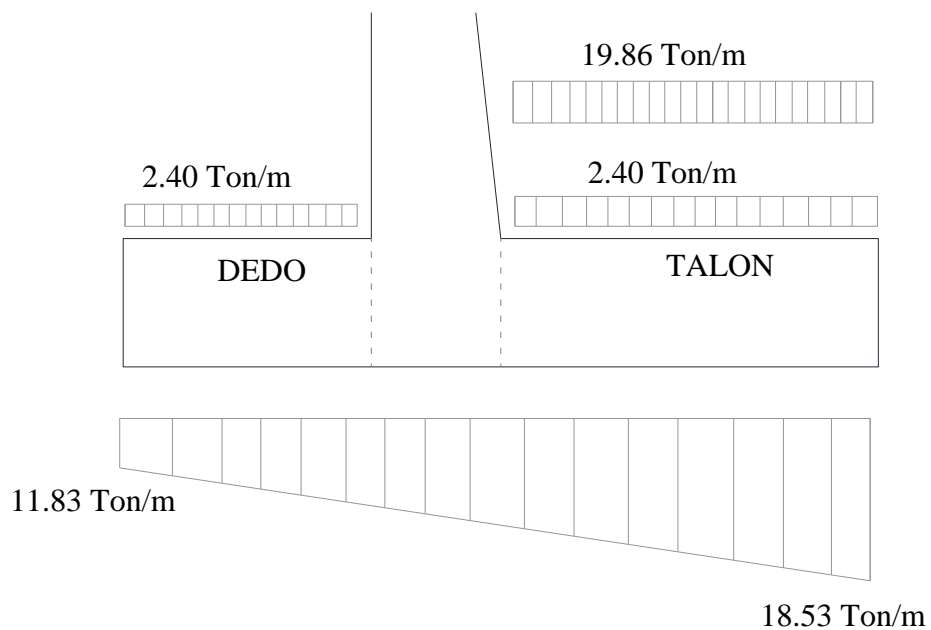
$$\sigma_{s2} = 13.40 \text{ Ton/m}^2$$

$$\sigma_{s1} \text{ y } \sigma_{s2} < q_{adm} (26.03 \text{ Ton/m}^2) \text{ OK}$$

Cálculo de momentos y cortantes en la zapata

Para el cálculo de los esfuerzos en la zapata se utilizarán los esfuerzos determinados en la etapa de verificación de los estados de carga y se aplicarán los factores de mayoración de 1.70 y 1.30 para los estados sin sismos (I, III y V) y con sismo (II y V) respectivamente.

Momento y cortante I Estado de carga



Dedo:

$$q = \frac{W}{A} * 1m = \frac{2.20 * 1.00 * 7.6 * 2.40}{7.60 * 2.20} * 1m = 2.40 \text{ Ton/m}$$

Talón:

$$q = \frac{W}{A} * 1m = \frac{3.00 * 1.00 * 7.6 * 2.40}{7.60 * 3.00} * 1m = 2.40 \text{ Ton/m}$$

$$q_s = \frac{W}{A} * 1m = \frac{3.00 * (10.50 - 1.00) * 7.6 * 2.091}{7.60 * 3.00} * 1m = 19.86 \text{ Ton/m}$$

$$d = Hz - 10cm = 90cm$$

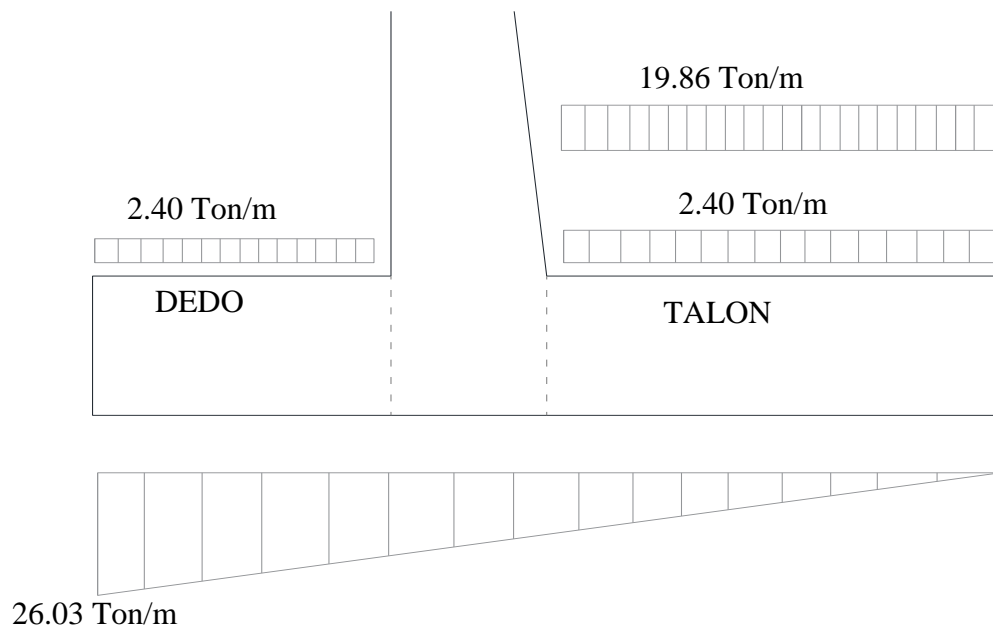
$$M_{TALON} = \frac{(3.0)^2}{6} * [2 * (18.53 - 22.26) + (15.29 - 22.26)] = -21.65 \text{ Ton - m}$$

$$M_{DEDO} = \frac{(2.20)^2}{6} * [2 * (11.83 - 2.40) + (14.21 - 2.40)] = 24.74 \text{ Ton - m}$$

$$V_{TALON} = \frac{2.10}{2} * [(18.53 - 22.26) + (16.26 - 22.26)] = -10.22 \text{ Ton}$$

$$V_{DEDO} = \frac{2.10}{2} * [(11.83 - 2.40) + (13.24 - 2.40)] = 13.17 \text{ Ton}$$

Momento y cortante II Estado de carga



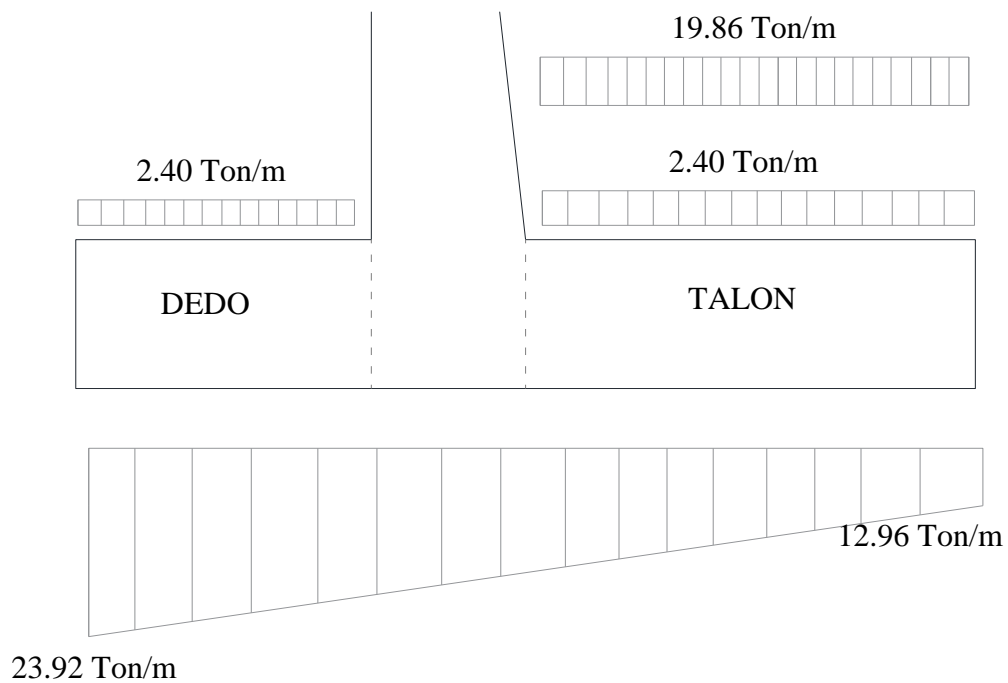
$$M_{TALON} = \frac{(3.0)^2}{6} * [2 * (0 - 22.26) + (12.60 - 22.26)] = -81.30 \text{ Ton} - m$$

$$M_{DEDO} = \frac{(2.20)^2}{6} * [2 * (26.03 - 2.40) + (16.79 - 2.40)] = 49.73 \text{ Ton} - m$$

$$V_{TALON} = \frac{2.10}{2} * [(0 - 22.26) + (8.82 - 22.26)] = -37.49 \text{ Ton}$$

$$V_{DEDO} = \frac{2.10}{2} * [(26.03 - 2.40) + (20.57 - 2.40)] = 27.17 \text{ Ton}$$

Momento y cortante III Estado de carga



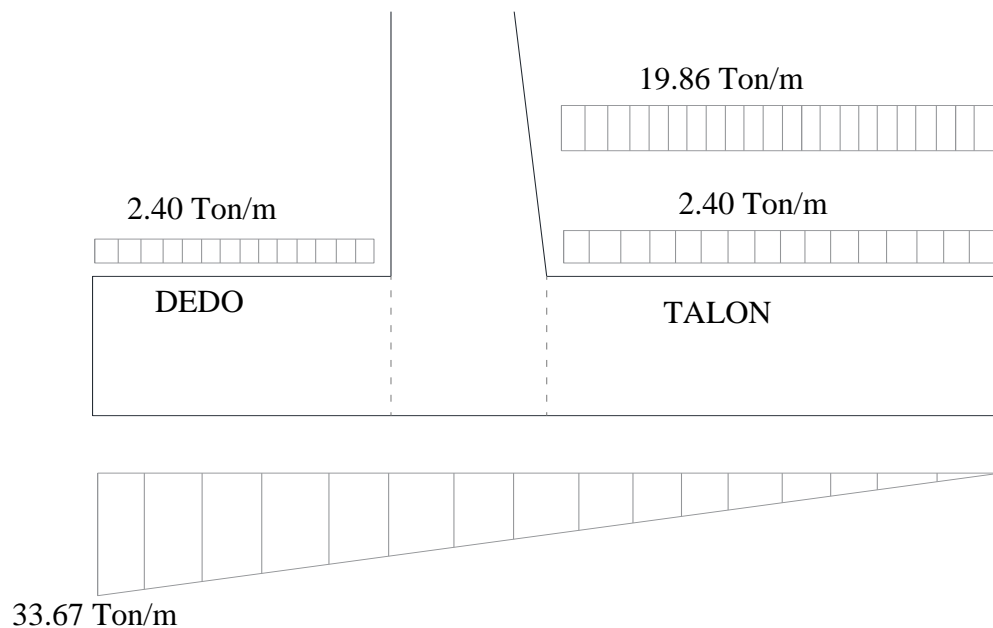
$$M_{TALON} = \frac{(3.0)^2}{6} * [2 * (12.96 - 22.26) + (18.26 - 22.26)] = -33.91 \text{ Ton} - m$$

$$M_{DEDO} = \frac{(2.20)^2}{6} * [2 * (23.92 - 2.40) + (20.03 - 2.40)] = 48.94 \text{ Ton} - m$$

$$V_{TALON} = \frac{2.10}{2} * [(12.96 - 22.26) + (16.67 - 22.26)] = -15.64 \text{ Ton}$$

$$V_{DEDO} = \frac{2.10}{2} * [(23.92 - 2.40) + (21.62 - 2.40)] = 26.48 \text{ Ton}$$

Momento y cortante IV Estado de carga



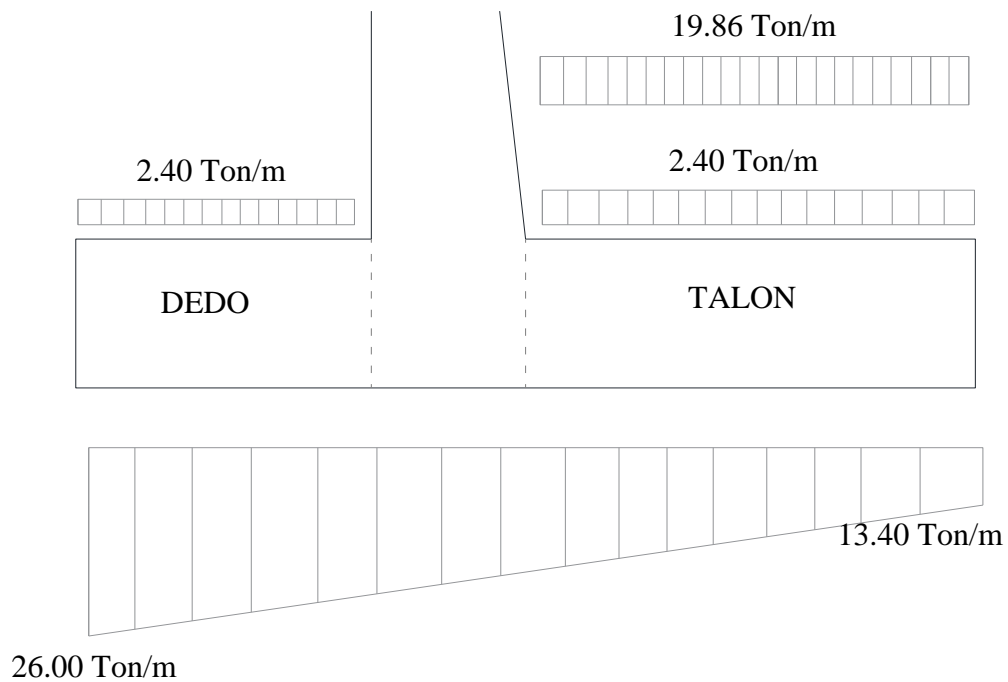
$$M_{TALON} = \frac{(3.0)^2}{6} * [2 * (0 - 22.26) + (16.29 - 22.26)] = -75.75 \text{ Ton} - m$$

$$M_{DEDO} = \frac{(2.20)^2}{6} * [2 * (33.67 - 2.40) + (21.72 - 2.40)] = 66.04 \text{ Ton} - m$$

$$V_{TALON} = \frac{2.10}{2} * [(0 - 22.26) + (11.40 - 22.26)] = -34.78 \text{ Ton}$$

$$V_{DEDO} = \frac{2.10}{2} * [(33.67 - 2.40) + (26.61 - 2.40)] = 36.06 \text{ Ton}$$

Momento y cortante V Estado de carga



$$M_{TALON} = \frac{(3.0)^2}{6} * [2 * (13.40 - 22.26) + (19.49 - 22.26)] = -30.76 \text{ Ton} - m$$

$$M_{DEDO} = \frac{(2.20)^2}{6} * [2 * (26.00 - 2.40) + (21.53 - 2.40)] = 53.50 \text{ Ton} - m$$

$$V_{TALON} = \frac{2.10}{2} * [(13.40 - 22.26) + (17.66 - 22.26)] = -14.14 \text{ Ton}$$

$$V_{DEDO} = \frac{2.10}{2} * [(26.00 - 2.40) + (23.36 - 2.40)] = 28.96 \text{ Ton}$$

Momento último y cortante último para zapata

Después de haber calculado los momentos y los cortantes para todos los estados de carga, se procede a tabularlos de manera que aplicando los factores de mayoración respectivos se pueden determinar los más críticos valores para la zapata y con el momento último y cortante definitivos proceder al diseño del elemento.

TALON	I ESTADO	II ESTADO	III ESTADO	IV ESTADO	V ESTADO	DE DISEÑO
V	-10.217	-37.498	-15.640	-34.781	-14.141	
Vu	-17.370	-48.747	-26.588	-45.215	-24.040	-48.747
M	-21.651	-81.298	-33.913	-75.752	-30.760	
Mu	-36.807	-105.687	-57.651	-98.477	-52.291	-105.687
DEDO	I ESTADO	II ESTADO	III ESTADO	IV ESTADO	V ESTADO	DE DISEÑO
V	13.173	27.171	26.484	36.063	28.961	
Vu	22.395	35.323	45.022	46.882	49.234	49.234
M	24.741	49.734	48.944	66.038	53.502	
Mu	42.060	64.654	83.204	85.849	90.954	90.954

Diseño a flexión de talón

El recubrimiento del hormigón para el acero en la zapata será de 10 cm debido al contacto con el suelo.

$$k = \frac{Mux10^5}{\phi * f'c * b * d^2} = \frac{105.687x10^5}{0.90 * 240 * 100 * 90^2} = 0.06040$$

$$q = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36k}}{1.18} = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 * 0.06040}}{1.18} = 0.06273$$

$$\rho = q \frac{f'c}{Fy} = 0.06273 * \frac{240}{4200} = 0.0035844$$

$$A_s = \rho * b * d = 0.0035844 * 100 * 90 = 32.26 \text{ cm}^2$$

Con varilla $\emptyset 25 \text{ mm}$, $A_v = 4.909 \text{ cm}^2$

$$\#_{\text{varillas}} = \frac{32.26}{4.909} = 6.57 \approx 7$$

$\#_{\text{varillas}} = 7\emptyset 25 \text{ mm} = 34.46 \text{ cm}^2$; cumple con el 106.5% del calculado **OK**

Por lo tanto,

$$A_{s(+|-)} = 7\emptyset 25 \text{ mm en } 100 \text{ cm}$$

Diseño a flexión dedo

El recubrimiento del hormigón para el acero en la zapata será de 10 cm debido al contacto con el suelo.

$$k = \frac{M_u \times 10^5}{\emptyset * f'_c * b * d^2} = \frac{90.954 \times 10^5}{0.90 * 240 * 100 * 90^2} = 0.051985$$

$$q = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36k}}{1.18} = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 * 0.05198}}{1.18} = 0.053685$$

$$\rho = q \frac{f'_c}{F_y} = 0.06273 * \frac{240}{4200} = 0.0030678 < \rho_{\text{min}}, \text{ se asume el mínimo}$$

$$A_s = \rho * b * d = 0.00333 * 100 * 90 = 30 \text{ cm}^2$$

Con varilla $\emptyset 25 \text{ mm}$, $A_v = 4.909 \text{ cm}^2$

$$\#_{varillas} = \frac{30.00}{4.909} = 6.11 \approx \mathbf{6}$$

$$\#_{varillas} = \mathbf{6\emptyset25mm} = 29.45cm^2; \text{ cumple con el } 98.2\% \text{ del calculado } \mathbf{OK}$$

Por lo tanto,

$$As_{(+|-)} = \mathbf{6\emptyset25mm \text{ en } 100cm}$$

Verificación a cortante

$$vu = \frac{Vu}{\emptyset * b * d} = \frac{46.234 * 1000}{0.85 * 100 * 90} = 6.44 \text{ kg/cm}^2$$

$$vc = 0.55\sqrt{f'c} = 0.55\sqrt{240} = 8.52 \text{ kg/cm}^2$$

$$vu < vc \mathbf{OK}$$

Acero de repartición

$$As = 0.0018 * b * d = 0.0018 * 100 * 95 = 17.10cm^2$$

Con varilla $\emptyset16mm$, $Av = 2.011cm^2$

$$\#_{varillas} = \frac{17.10}{2.011} = 8.50 \approx \mathbf{8}$$

$$\#_{varillas} = \mathbf{8\emptyset16mm} = 16.09cm^2; \text{ cumple con el } 95\% \text{ del calculado } \mathbf{OK}$$

Por lo tanto,

$$As_{repartición} = \mathbf{8\emptyset16mm \text{ en } 100cm}$$

Calculo de momentos y cortantes en pantalla

El diseño de la pantalla se lo realizará a diferentes alturas para determinar el acero de refuerzo. Determinando esfuerzos como la presión del suelo, efecto sísmico, peso propio del elemento, cargas muerta y viva de la superestructura.

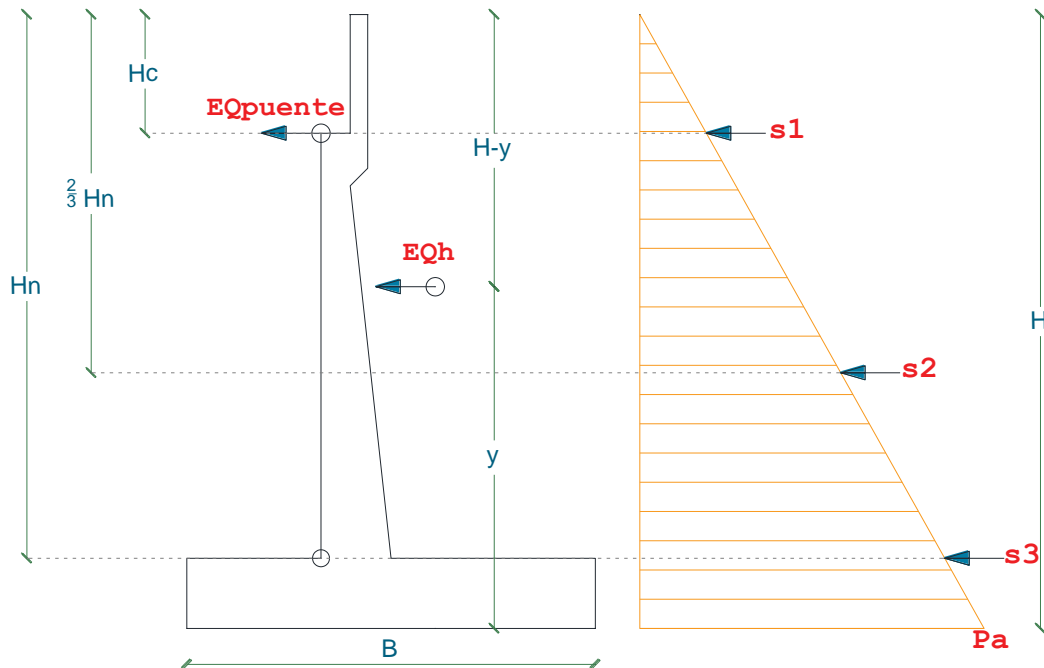
Las secciones de análisis serán:

Sección 1: hasta el asiento del cabezal

Sección 2: a una altura de $(2/3 * (H_{pantalla} - H_{zapata}))$

Sección 3: hasta el asiento de la pantalla en la unión con la zapata

De acuerdo con el siguiente gráfico se determinarán los diferentes parámetros de diseño.



Sección 1

$$Vu = 1.70 * \left(1.15 * \frac{2.03}{2}\right) + (1.30 * 2.02) = 4.62 \text{ Ton}$$

$$Muf = 1.30 * 2.03 * 2.02 = 5.339 \text{ Ton} - m$$

$$Mu1 = 1.70 * \left(1.15 * \frac{2.03}{2}\right) * \frac{2}{3} * 2.03 + (5.339) = 8.037 \text{ Ton} - m$$

Sección 2

$$Vu = 1.70 * \left(3.59 * \frac{6.33}{2}\right) + (1.30 * (2.02 + 9.41)) = 34.183 \text{ Ton}$$

$$Muf = 1.30 * 5.89 * 9.41 = 72.073 \text{ Ton} - m$$

$$Mu2 = 1.70 * \left(3.59 * \frac{6.33}{2}\right) * \frac{2}{3} * 6.33 + (5.339 + 72.073) = 158.983 \text{ Ton} - m$$

Sección 3

$$Vu = 1.70 * \left(5.38 * \frac{9.50}{2}\right) + (1.30 * (2.02 + 9.41)) = 34.183 \text{ Ton}$$

$$Mu3 = 1.70 * \left(5.38 * \frac{9.50}{2}\right) * \frac{2}{3} * 9.50 + (5.339 + 72.073) = 352.712 \text{ Ton} - m$$

Diseño a flexión pantalla**Acero principal**

Sección 1

$$k = \frac{Mux10^5}{\phi * f'c * b * d^2} = \frac{8.037x10^5}{0.90 * 240 * 100 * 25^2} = 0.05953$$

$$q = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36k}}{1.18} = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 * 0.05953}}{1.18} = 0.06178$$

$$\rho = q \frac{f'c}{Fy} = 0.06178 * \frac{240}{4200} = 0.003353$$

$$As = \rho * b * d = 0.003353 * 100 * 25 = 8.83cm^2$$

Con varilla $\emptyset 12mm$, $Av = 1.131cm^2$

$$\#_{varillas} = \frac{8.83}{1.131} = 7.81 \approx \mathbf{8}$$

$\#_{varillas} = \mathbf{8\emptyset 12mm} = 9.05cm^2$; cumple con el 102.4% del calculado **OK**

Por lo tanto,

$$As_{principal} = \mathbf{8\emptyset 12mm \text{ en } 100cm}$$

Sección 2

$$k = \frac{Mux10^5}{\emptyset * f'c * b * d^2} = \frac{158.98x10^5}{0.90 * 240 * 100 * 60^2} = 0.20445$$

$$q = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36k}}{1.18} = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 * 0.20445}}{1.18} = 0.23782$$

$$\rho = q \frac{f'c}{Fy} = 0.23782 * \frac{240}{4200} = 0.0135$$

$$As = \rho * b * d = 0.0135 * 100 * 60 = 81.54cm^2$$

Con varilla $\emptyset 30mm$, $Av = 7.069cm^2$

$$\#_{varillas} = \frac{81.54}{7.069} = 11.53 \approx \mathbf{12}$$

$\#_{varillas} = \mathbf{12\emptyset 30mm} = 84.83cm^2$; cumple con el 104.0% del calculado **OK**

Por lo tanto,

$$A_{s_{principal}} = 12\emptyset 30mm \text{ en } 100cm$$

Sección 3

$$k = \frac{Mux10^5}{\emptyset * f'c * b * d^2} = \frac{352.712x10^5}{0.90 * 240 * 100 * 85^2} = 0.22601$$

$$q = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36k}}{1.18} = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 * 0.22601}}{1.18} = 0.26857$$

$$\rho = q \frac{f'c}{Fy} = 0.26857 * \frac{240}{4200} = 0.01535$$

$$As = \rho * b * d = 0.01535 * 100 * 85 = 130.45cm^2$$

Con varilla $\emptyset 30mm$, $Av = 7.069cm^2$

$$\#_{varillas} = \frac{130.45}{7.069} = 18.45 \approx \mathbf{18}$$

$\#_{varillas} = 18\emptyset 30mm = 127.24cm^2$; cumple con el 97.6% del calculado **OK**

Por lo tanto,

$$A_{s_{principal}} = 18\emptyset 30mm \text{ en } 100cm$$

Acero secundario de repartición

Sección 1

$$As = \frac{2}{3} * \frac{14}{Fy} * b * d = \frac{2}{3} * 0.0033 * 100 * 25 = 5.56cm^2$$

Con varilla $\emptyset 12mm$, $Av = 1.131 cm^2$

$$\#_{varillas} = \frac{5.56}{1.131} = 4.92 \approx 6$$

$$\#_{varillas} = 6\emptyset 12mm = 6.79cm^2; \text{ cumple con el } 122\% \text{ del calculado } \mathbf{OK}$$

Por lo tanto,

$$\mathbf{As_{repartición} = 6\emptyset 12mm \text{ en } 100cm}$$

Sección 2

$$As = \frac{2}{3} * 0.0033 * 100 * 60 = 13.33cm^2$$

Con varilla $\emptyset 16mm$, $Av = 2.011 cm^2$

$$\#_{varillas} = \frac{13.33}{2.011} = 6.6 \approx 6$$

$$\#_{varillas} = 6\emptyset 16mm = 12.07cm^2; \text{ cumple con el } 90.4\% \text{ del calculado } \mathbf{OK}$$

Por lo tanto,

$$\mathbf{As_{repartición} = 6\emptyset 16mm \text{ en } 100cm}$$

Sección 3

$$As = \frac{2}{3} * 0.0033 * 100 * 85 = 18.89cm^2$$

Con varilla $\emptyset 16mm$, $Av = 2.011 cm^2$

$$\#_{varillas} = \frac{18.89}{2.011} = 9.4 \approx 9$$

$$\#_{varillas} = 9\emptyset 16mm = 18.10cm^2; \text{ cumple con el } 95.8\% \text{ del calculado } \mathbf{OK}$$

Por lo tanto,

$$A_{S_{\text{repartición}}} = 9\emptyset 16\text{mm en } 100\text{cm}$$

Acero de repartición horizontal

Sección 1

$$A_s = 0.0025 * 100 * 25 = 6.25\text{cm}^2$$

Con varilla $\emptyset 12\text{mm}$, $A_v = 1.13\text{ cm}^2$

$$\#_{\text{varillas}} = \frac{6.25}{1.13} = 5.53 \approx 6$$

$$\#_{\text{varillas}} = 6\emptyset 12\text{mm} = 6.78\text{cm}^2; \text{ cumple con el } 108.5\% \text{ del calculado } \mathbf{OK}$$

Por lo tanto,

$$A_{S_{\text{horizontal}}} = 6\emptyset 12\text{mm en } 100\text{cm}$$

Sección 2

$$A_s = 0.0025 * 100 * 60 = 15\text{cm}^2$$

Con varilla $\emptyset 18\text{mm}$, $A_v = 2.545\text{ cm}^2$

$$\#_{\text{varillas}} = \frac{15}{2.545} = 5.89 \approx 6$$

$$\#_{\text{varillas}} = 6\emptyset 18\text{mm} = 15.24\text{cm}^2; \text{ cumple con el } 101.6\% \text{ del calculado } \mathbf{OK}$$

Por lo tanto,

$$A_{S_{\text{horizontal}}} = 6\emptyset 18\text{mm en } 100\text{cm}$$

Sección 3

$$A_s = 0.0025 * 100 * 85 = 21.25 \text{ cm}^2$$

Con varilla $\emptyset 18 \text{ mm}$, $A_v = 2.545 \text{ cm}^2$

$$\#_{\text{varillas}} = \frac{21.25}{2.545} = 8.35 \approx \mathbf{8}$$

$\#_{\text{varillas}} = \mathbf{8\emptyset 18 \text{ mm}} = 20.32 \text{ cm}^2$; cumple con el 95.6% del calculado **OK**

Por lo tanto,

$$A_{s_{\text{horizontal}}} = \mathbf{8\emptyset 18 \text{ mm en } 100 \text{ cm}}$$

DISEÑO DE ESTRIBO MARGEN IZQUIERDO

Datos y bases de diseño

Para el diseño de los estribos se cuentan con los siguientes datos, algunos obtenidos de estudios previos.

- Longitud del puente: 30 m
- Altura estribo: 8.00 m
- Altura de cimentación: 3.00 m
- Esfuerzo admisible del suelo: 33.88 Ton/m²
- Peso específico del suelo γ : 2.462 Ton/m³
- Ángulo de fricción del suelo ϕ : 37°
- Esfuerzo a compresión del hormigón $f'c$: 240 kg/cm²
- Esfuerzo de fluencia del acero F_y : 4200 kg/cm²

Configuración geométrica de los estribos

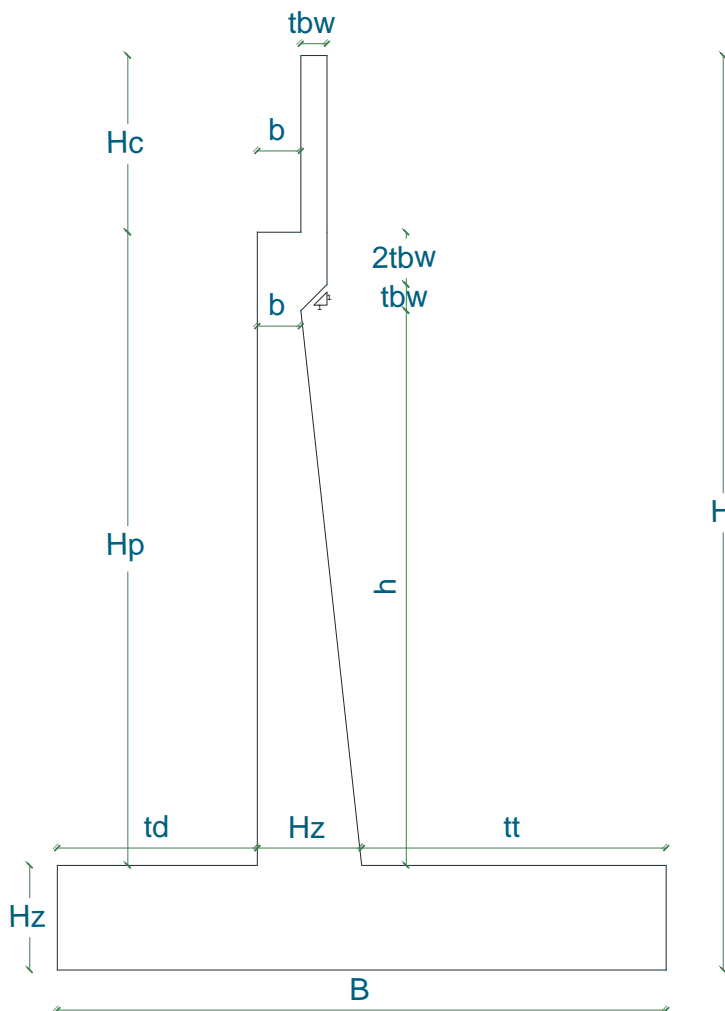
La configuración geométrica del estribo se realiza mediante los criterios de pre-diseño que se muestran a continuación:

Altura del cabezal:

$$H_c = \text{altura losa} + \text{altura viga} + \text{altura apoyo}$$

$$H_c = 0.20 + (2.00 - 0.20) + 0.033$$

$$H_c = 2.03 \text{ m}$$



Ancho de zapata:

$$B = \frac{1}{2}H; \text{ o } \frac{2}{3}H$$

$$B = \frac{2}{3} * 8.0 = 5.33 \text{ m}$$

se adopta $B = 4.20\text{m}$

Altura de zapata:

$$H_z = \frac{H}{10}; \text{ o } \frac{H}{12}$$

$$H_z = \frac{8.0}{10} = 0.80 \text{ m}$$

Se adopta $H_z = 0.90\text{m}$

Ancho del dedo:

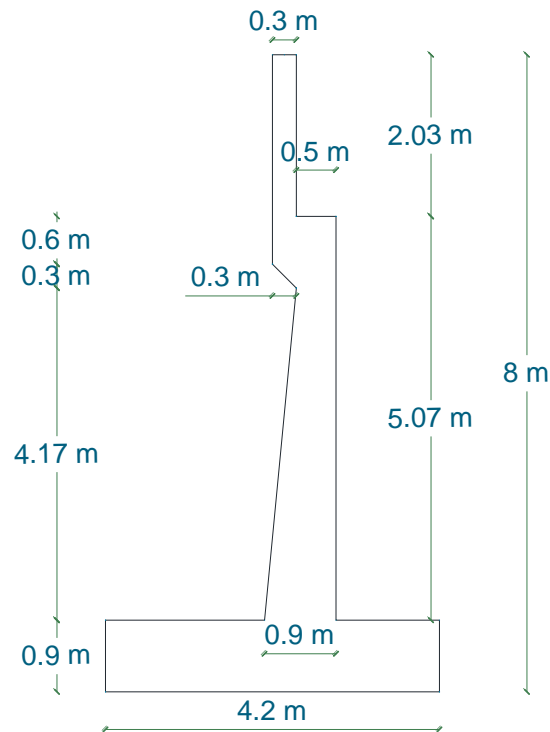
$$td = \frac{B}{3} = \frac{5.33}{3} = 1.78\text{m}$$

Se adopta $t_d = 1.30\text{m}$

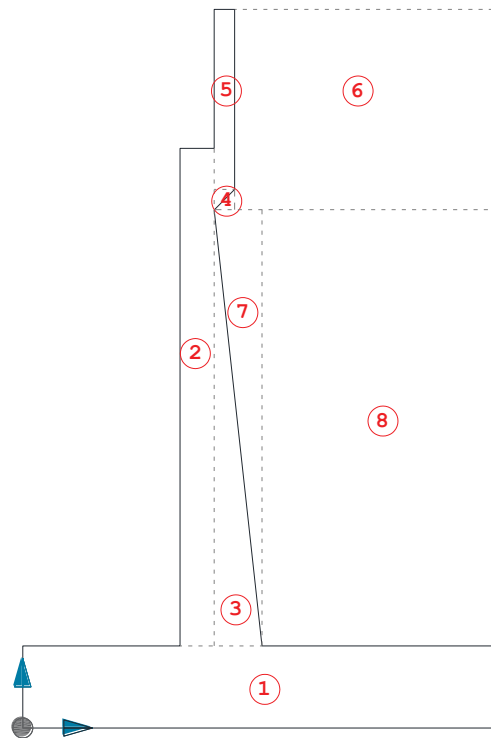
Ancho del cabezal comprendido entre:

$$20\text{cm} \leq t_{bw} \leq 30\text{cm}, \text{ se adopta } t_{bw} = 30\text{cm}$$

Los valores de las demás secciones se determinan por cálculo algebraico a partir de las secciones básicas determinadas anteriormente; obteniendo la siguiente configuración geométrica:



Para facilitar el cálculo de las propiedades geométricas se utiliza un gráfico como el siguiente:



Peso y centroide del estribo

FIG	A(m ²)	W _i (Ton/m)	x _i (m)	y _i (m)	W _i x _i	W _i y _i
1	3.780	9.072	2.100	0.450	19.051	4.082
2	2.534	6.080	1.550	3.434	9.425	20.877
3	0.833	2.000	1.933	2.289	3.867	4.578
4	0.045	0.108	1.900	5.267	0.205	0.569
5	0.790	1.896	1.950	6.684	3.697	12.670
6	6.159	15.164	3.150	5.634	47.767	85.428
4	0.045	0.111	2.000	5.167	0.222	0.572
7	0.833	2.052	2.067	3.678	4.240	7.547
8	8.334	20.518	3.200	2.984	65.659	61.216
W_r		57.00			154.13	197.54

CENTROIDE

X	2.70	m
Y	3.47	m

Análisis de estados de carga

Estados de carga

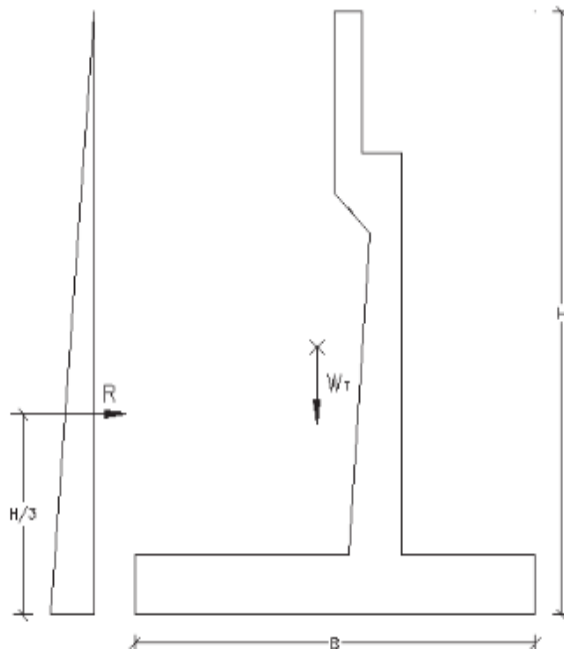
Los estribos se deben diseñar considerando los siguientes estados de carga:

- Muro
 - I. Empuje del suelo (100% del q_{adm})
 - II. Empuje del suelo + Sismo (133% del q_{adm})
- Muro + Puente
 - III. Empuje del suelo + R. Carga muerta de la superestructura (100% del q_{adm})
 - IV. Empuje del suelo + R. Carga muerta de la superestructura + Sismo Muro + Sismo Puente (133% del q_{adm})
 - V. Empuje del suelo + R. Carga muerta de la superestructura + R. Carga viva en el terraplén ((100% del q_{adm})

Verificación de estabilidad

Para asegurar la estabilidad de la estructura se deben chequear los siguientes parámetros:

- Seguridad al volcamiento. $F_{S_v} \geq 2.0$
- Seguridad al deslizamiento. $F_{S_d} \geq 1.5$
- Esfuerzo admisible del suelo $\sigma_{suelo} \leq q_{adm}$

I Estado de carga

En la representación: diagrama de presiones debido al empuje del suelo y la carga por el peso de la estructura.

$$ka = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) = \tan^2 \left(45 - \frac{37}{2} \right)$$

$$ka = 0.249$$

$$\sigma = \gamma_{\text{suelo}} * H * ka = 2.462 * 8 * 0.249$$

$$\sigma = 4.90 \text{ Ton/m}^2$$

$$R = \frac{\sigma * H}{2} = \frac{4.90 * 8}{2}$$

$$R = 19.58 \text{ Ton/m}$$

$$M_{VI} = 52.23 \text{ Ton} - \text{m/m}$$

$$M_{EI} = 154.13 \text{ Ton} - \text{m/m}$$

$$F_{S_V} = 2.95 > 2.00 \text{ OK}$$

$$F_{S_D} = 2.19 > 1.50 \text{ OK}$$

$$x = 1.79 > 1.20 \text{ OK}$$

$$e = \frac{B}{2} - x = 4.20 - 1.79 = 0.31$$

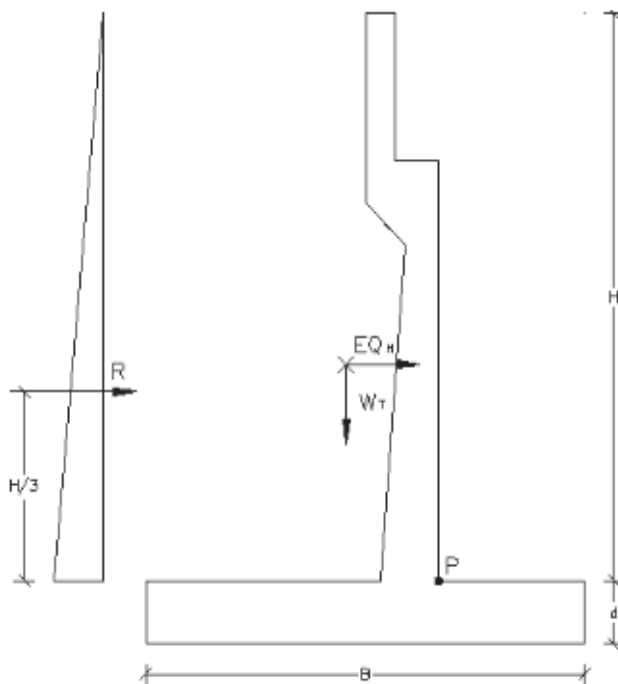
$$\sigma_s = \frac{W_T}{B} \pm \frac{6 * W_T * e}{B^2} = \frac{57}{4.20} \pm \frac{6 * 57 * 0.31}{4.20^2}$$

$$\sigma_{s1} = 19.62 \text{ Ton/m}^2$$

$$\sigma_{s2} = 7.52 \text{ Ton/m}^2$$

$$\sigma_{s1} \text{ y } \sigma_{s2} < q_{adm} (33.88 \text{ Ton/m}^2) \text{ OK}$$

II Estado de carga



Estribo con diagrama de presiones debido al empuje del suelo, la carga por peso de la estructura y la representación de la fuerza sísmica sobre la estructura.

$$EQ_H = C * W_T = 0.10 * 57.0$$

C=0.10, para una zona sísmica tipo III

$$EQ_H = 5.70 \text{ Ton/m}$$

$$M_{EQH} = 19.75 \text{ Ton} - \text{m/m}$$

$$M_{VII} = 71.98 \text{ Ton} - \text{m/m}$$

$$M_{EI} = 154.13 \text{ Ton} - \text{m/m}$$

$$F_{S_V} = 2.14 > 2.00 \text{ OK}$$

$$F_{S_D} = 1.70 > 1.50 \text{ OK}$$

$$x = 1.44 > 1.20 \text{ OK}$$

$$e = 0.66$$

$$\sigma_s = \frac{2}{3} * \frac{W_T}{x} = \frac{2 * 57}{3 * 1.44} = 26.37 \text{ Ton/m}^2$$

$$\sigma_s < 1.33\%q_{adm} (45.06 \text{ Ton/m}^2) \text{ OK}$$

III Estado de carga

En este estado no es necesario verificar la seguridad al volcamiento y al deslizamiento, debido a que estos factores no son críticos.

Se calcula la carga muerta de la superestructura:

$$cm_{losa} = 14.40 \text{ Ton/m}$$

$$cm_{aceras} = 3.03 \text{ Ton/m}$$

$$cm_{barandas} = 0.42 \text{ Ton/m}$$

$$cm_{vigas} = 20.46 \text{ Ton/m}$$

$$cm_{diafragmas} = 2.08 \text{ Ton/m}$$

$$CM = \sum cm = 40.40 \text{ Ton/m}$$

$$R_{CM} = \frac{40.40}{2} = 20.20 \text{ Ton/m}$$

$$M_{VIII} = M_{VI} = 52.23 \text{ Ton} - \text{m/m}$$

$$bdp = 1.53$$

$$M_{EIII} = 184.94 \text{ Ton} - \text{m/m}$$

$$x = 1.72 > 1.20 \text{ OK}$$

$$e = 0.38$$

$$\sigma_{s1} = 28.39 \text{ Ton/m}^2$$

$$\sigma_{s2} = 8.38 \text{ Ton/m}^2$$

$$\sigma_{s1} \text{ y } \sigma_{s2} < q_{adm} (33.88 \text{ Ton/m}^2) \text{ OK}$$

IV Estado de carga

En este estado no es necesario verificar la seguridad al volcamiento y al deslizamiento, debido a que estos factores no son críticos.

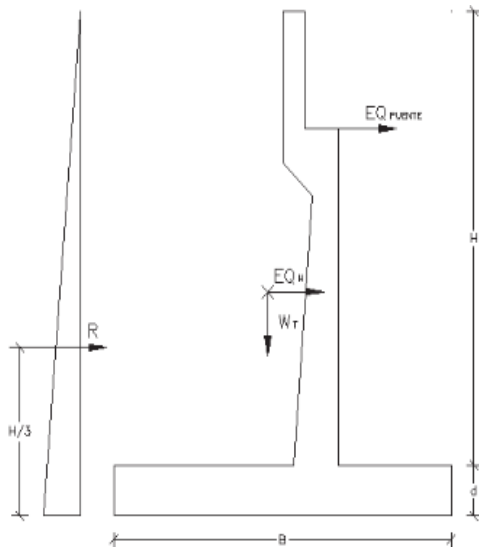


Diagrama de presiones debido al empuje del suelo, la carga por el peso de la estructura, la representación de la fuerza sísmica sobre el estribo y la ocasionada en la superestructura.

$$EQ_{puente} = 0.10 * R_{CM} = 0.10 * 20.20$$

$$EQ_{puente} = 2.02 \text{ Ton/m}$$

$$M_{EQ_{puente}} = 12.05 \text{ Ton} - \text{m/m}$$

$$M_{V IV} = 84.03 \text{ Ton/m}$$

$$M_{E IV} = 184.94 \text{ Ton} - \text{m/m}$$

$$x = 1.31 > 1.20 \text{ OK}$$

$$\sigma_s = 39.38 \text{ Ton/m}^2$$

$$\sigma_s < 1.33\%q_{adm}(45.06 \text{ Ton/m}^2) \text{ OK}$$

V Estado de carga

En este estado no es necesario verificar la seguridad al volcamiento y al deslizamiento, debido a que estos factores no son críticos.

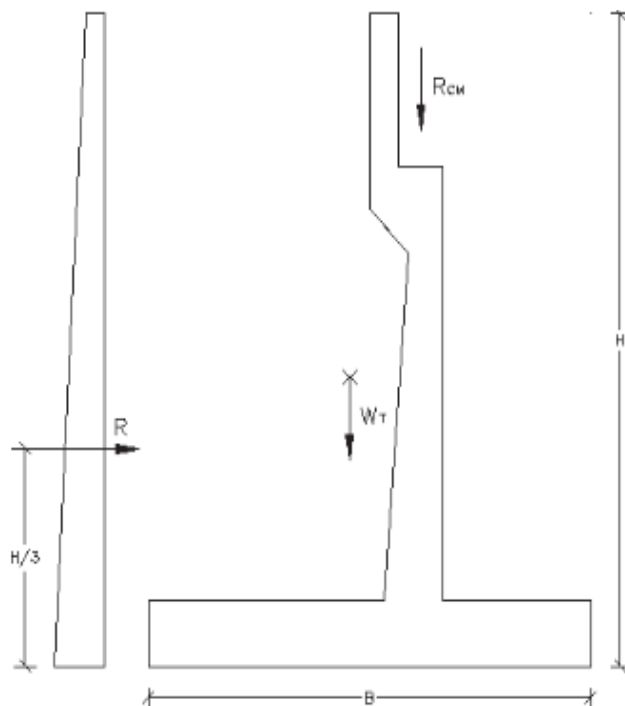


Diagrama de presiones debido al empuje del suelo más el efecto producido por la carga viva, la carga por peso propio de la estructura y la reacción por el peso del elemento.

$$R_A = 14.81 \text{ Ton}$$

$$R_{CV} = 4 * \frac{R_A}{\text{ancho puente}}$$

$$R_{CV} = 4 * \frac{14.81}{7.6} = 7.79 \text{ Ton/m}$$

$$M_{VV} = M_{VI} = 52.23 \text{ Ton} - \text{m/m}$$

$$M_{EV} = 196.82 \text{ Ton} - \text{m/m}$$

$$x = 1.70 > 1.20 \text{ OK}$$

$$e = 0.40$$

$$\sigma_{s1} = 31.76 \text{ Ton/m}^2$$

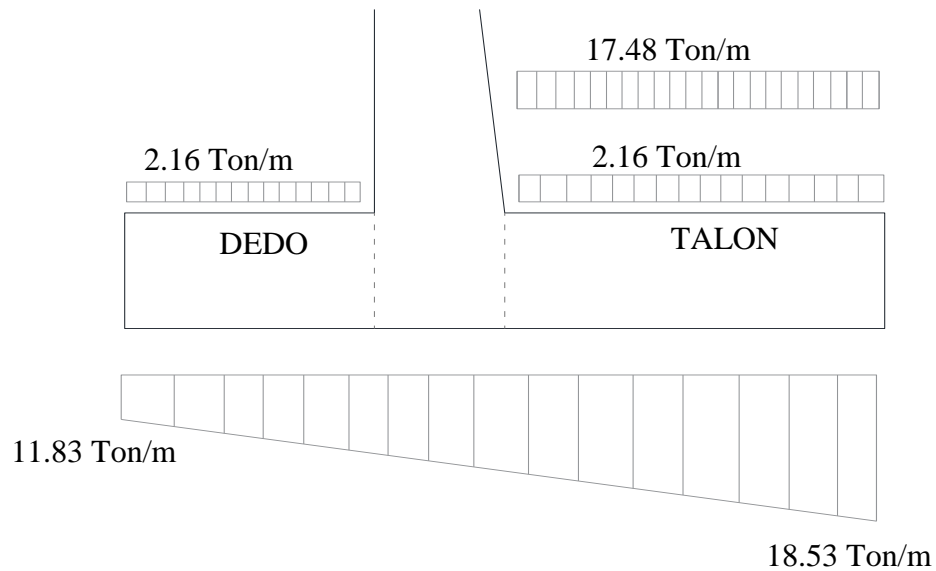
$$\sigma_{s2} = 8.71 \text{ Ton/m}^2$$

$$\sigma_{s1} \text{ y } \sigma_{s2} < q_{adm} (33.88 \text{ Ton/m}^2) \text{ OK}$$

Cálculo de momentos y cortantes en la zapata

Para el cálculo de los esfuerzos en la zapata se utilizarán los esfuerzos determinados en la etapa de verificación de los estados de carga y se aplicarán los factores de mayoración de 1.70 y 1.30 para los estados sin sismos (I, III y V) y con sismo (II y V) respectivamente.

Momento y cortante I Estado de carga



Dedo:

$$q = \frac{W}{A} * 1m = 2.16 \text{ Ton/m}$$

Talón:

$$q = 2.16 \text{ Ton/m}$$

$$qs = 17.48 \text{ Ton/m}$$

$$d = Hz - 10cm = 80cm$$

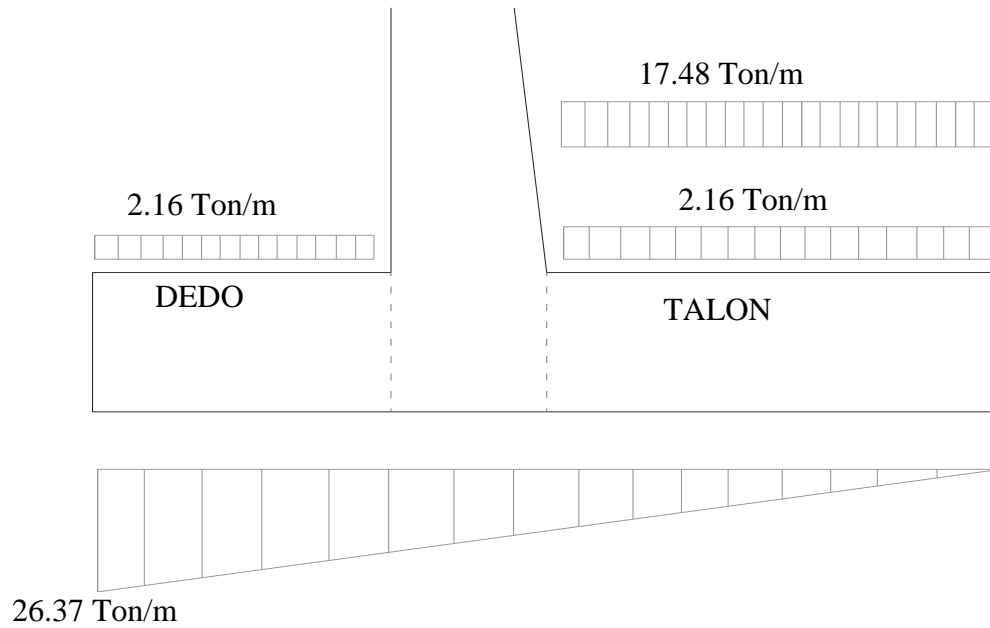
$$M_{TALON} = -3.87 \text{ Ton} - m$$

$$M_{DEDO} = 5.58 \text{ Ton} - m$$

$$V_{TALON} = -2.094 \text{ Ton}$$

$$V_{DEDO} = 3.04 \text{ Ton}$$

Momento y cortante II Estado de carga



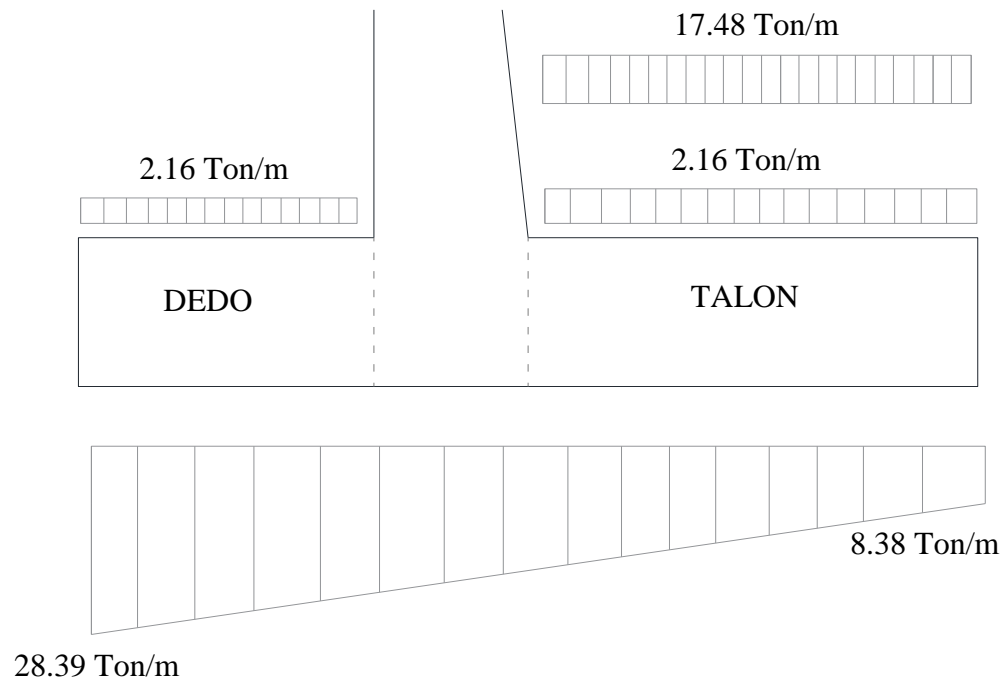
$$M_{TALON} = -30.91 \text{ Ton} - m$$

$$M_{DEDO} = 18.16 \text{ Ton} - m$$

$$V_{TALON} = -19.05 \text{ Ton}$$

$$V_{DEDO} = 11.32 \text{ Ton}$$

Momento y cortante III Estado de carga



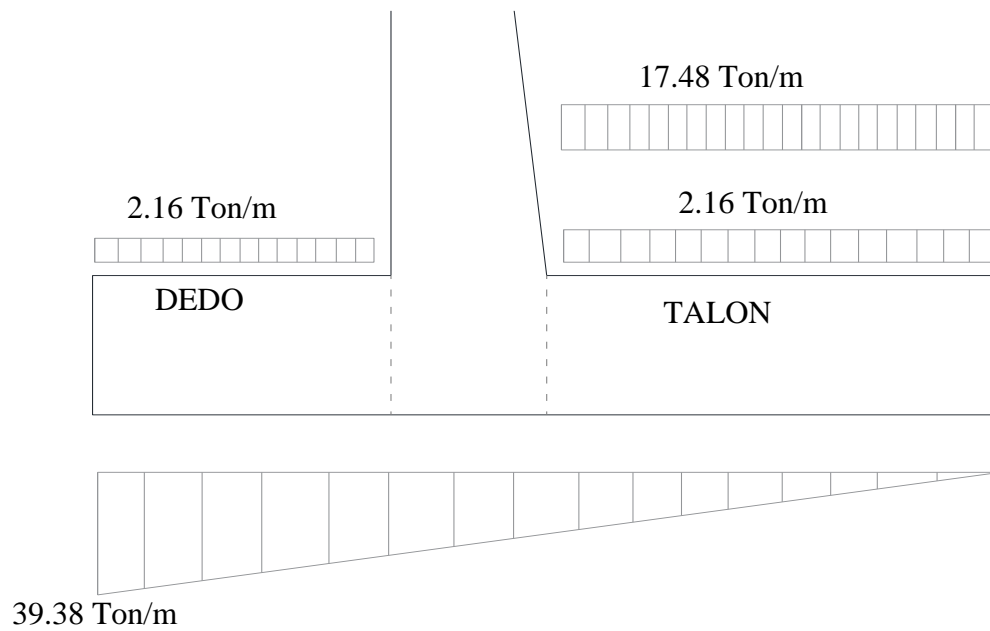
$$M_{TALON} = -16.17 \text{ Ton} - m$$

$$M_{DEDO} = 20.42 \text{ Ton} - m$$

$$V_{TALON} = -10.085 \text{ Ton}$$

$$V_{DEDO} = 12.52 \text{ Ton}$$

Momento y cortante IV Estado de carga



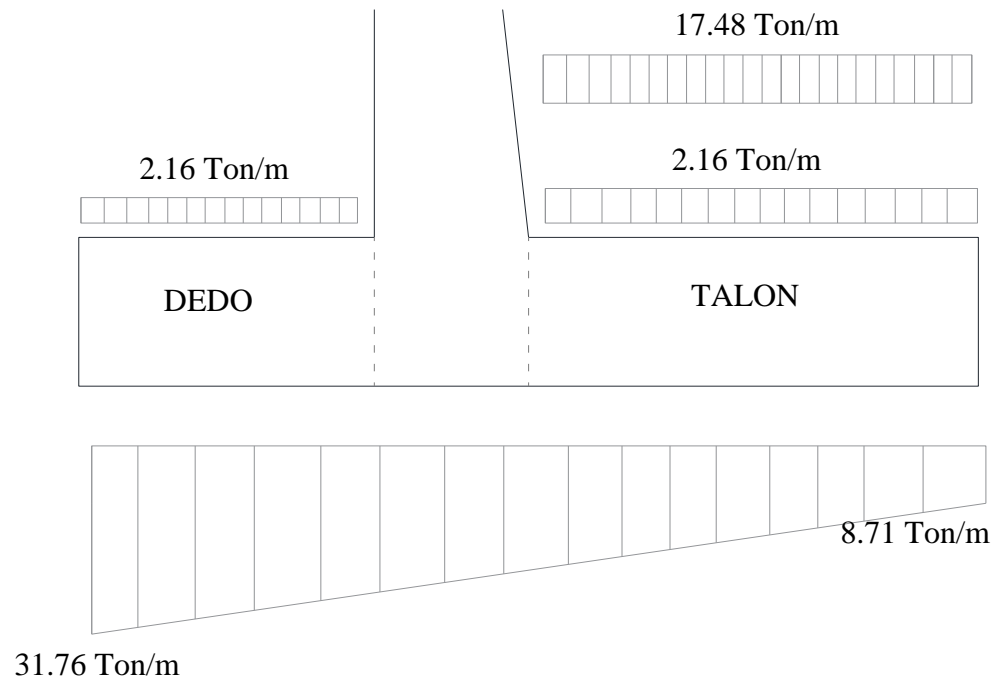
$$M_{TALON} = -26.78 \text{ Ton} - m$$

$$M_{DEDO} = 28.02 \text{ Ton} - m$$

$$V_{TALON} = -16.82 \text{ Ton}$$

$$V_{DEDO} = 17.44 \text{ Ton}$$

Momento y cortante V Estado de carga



$$M_{TALON} = -14.54Ton - m$$

$$M_{DEDO} = 23.01Ton - m$$

$$V_{TALON} = -9.16Ton$$

$$V_{DEDO} = 14.12Ton$$

Momento último y cortante último para zapata

Después de haber calculado los momentos y los cortantes para todos los estados de carga, se procede a tabularlos de manera que aplicando los factores de mayoración respectivos se pueden determinar los más críticos valores para la zapata y con el momento último y cortante definitivos proceder al diseño del elemento.

TALON	I ESTADO	II ESTADO	III ESTADO	IV ESTADO	V ESTADO	DE DISEÑO
V	-2.094	-19.048	-10.085	-16.818	-9.165	
Vu	-3.560	-24.763	-17.144	-21.863	-15.580	-24.763
M	-3.874	-30.910	-16.173	-26.779	-14.543	
Mu	-6.586	-40.183	-27.494	-34.813	-24.723	-40.183
DEDO	I ESTADO	II ESTADO	III ESTADO	IV ESTADO	V ESTADO	DE DISEÑO
V	3.040	11.319	12.517	17.437	14.116	
Vu	5.168	14.714	21.279	22.668	23.998	23.998
M	5.584	18.156	20.416	28.016	23.006	
Mu	9.492	23.603	34.708	36.421	39.110	39.110

Diseño a flexión de talón

El recubrimiento del hormigón para el acero en la zapata será de 10 cm debido al contacto con el suelo.

$$k = 0.02906$$

$$q = 0.02958$$

$$\rho = 0.00169, \text{ por ser } < 0.0033 \text{ se asume este último valor}$$

$$A_s = 26.67 \text{ cm}^2$$

Con varilla $\emptyset 20 \text{ mm}$, $A_v = 3.142 \text{ cm}^2$

$$\#_{varillas} = \frac{26.67}{3.142} = 8.48 \approx \mathbf{9}$$

$$\#_{varillas} = \mathbf{9\varnothing 20mm} = 28.28cm^2; \text{ cumple con el 106\% del calculado } \mathbf{OK}$$

Por lo tanto,

$$As_{(+|-)} = \mathbf{9\varnothing 20mm \text{ en } 100cm}$$

Diseño a flexión dedo

El recubrimiento del hormigón para el acero en la zapata será de 10 cm debido al contacto con el suelo.

$$k = 0.02829$$

$$q = 0.02878$$

$$\rho = 0.00164 < \rho_{\min}, \text{ se asume el mínimo}$$

$$As = 26.67cm^2$$

Con varilla $\varnothing 20mm$, $Av = 3.142$

$$\#_{varillas} = \frac{26.67}{3.142} = 8.49 \approx \mathbf{9}$$

$$\#_{varillas} = \mathbf{9\varnothing 20mm} = 28.28cm^2; \text{ cumple con el 106\% del calculado } \mathbf{OK}$$

Por lo tanto,

$$A_{s(+|-)} = 9\emptyset 20\text{mm en } 100\text{cm}$$

Verificación a cortante

$$v_u = \frac{V_u}{\emptyset * b * d} = \frac{46.234 * 1000}{0.85 * 100 * 90} = 6.44 \text{ kg/cm}^2$$

$$v_c = 0.55\sqrt{f'_c} = 0.55\sqrt{240} = 8.52 \text{ kg/cm}^2$$

$$v_u < v_c \text{ OK}$$

Acero de repartición

$$A_s = 0.0018 * b * d = 0.0018 * 100 * 85 = 15.30\text{cm}^2$$

Con varilla $\emptyset 16\text{mm}$, $A_v = 2.011\text{cm}^2$

$$\#_{\text{varillas}} = \frac{15.30}{2.011} = 7.61 \approx 8$$

$$\#_{\text{varillas}} = 8\emptyset 16\text{mm} = 16.09\text{cm}^2; \text{ cumple con el } 105.2\% \text{ del calculado OK}$$

Por lo tanto,

$$A_{s_{\text{repartición}}} = 8\emptyset 16\text{mm en } 100\text{cm}$$

Calculo de momentos y cortantes en pantalla

El diseño de la pantalla se lo realizará a diferentes alturas para determinar el acero de refuerzo. Determinando esfuerzos como la presión del suelo, efecto sísmico, peso propio del elemento, cargas muerta y viva de la superestructura.

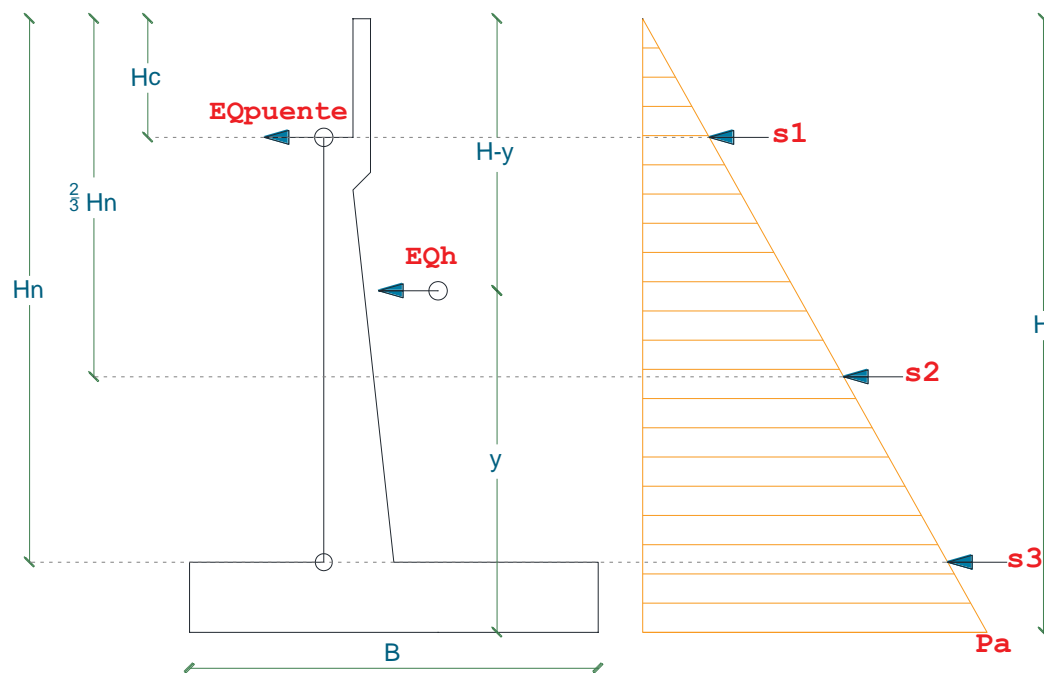
Las secciones de análisis serán:

Sección 1: hasta el asiento del cabezal

Sección 2: a una altura de $(2/3 * (H_{pantalla} - H_{zapata}))$

Sección 3: hasta el asiento de la pantalla en la unión con la zapata

De acuerdo con el siguiente gráfico se determinarán los diferentes parámetros de diseño.



Sección 1

$$Vu = 4.78 \text{ Ton}$$

$$Muf = 15.339 \text{ Ton} - m$$

$$Mu1 = 8.25 \text{ Ton} - m$$

Sección 2

$$Vu = 21.69 \text{ Ton}$$

$$M_{uf} = 33.60 \text{ Ton} - m$$

$$M_{u2} = 75.72 \text{ Ton} - m$$

Sección 3

$$V_u = 36.26 \text{ Ton}$$

$$M_{u3} = 163.07 \text{ Ton} - m$$

Diseño a flexión pantalla

Acero principal

Sección 1

$$k = 0.06113$$

$$q = 0.06351$$

$$\rho = 0.003629$$

$$A_s = \rho * b * 25 = 9.074 \text{ cm}^2$$

Con varilla $\emptyset 14 \text{ mm}$, $A_v = 1.539 \text{ cm}^2$

$$\#_{\text{varillas}} = \frac{9.074}{1.539} = 5.90 \approx 7$$

$\#_{\text{varillas}} = 7\emptyset 14 \text{ mm} = 10.78 \text{ cm}^2$; cumple con el 118.8% del calculado **OK**

Por lo tanto,

$$A_{s_{\text{principal}}} = 7\emptyset 14 \text{ mm en } 100 \text{ cm}$$

Sección 2

$$k = 0.14021$$

$$q = 0.15425$$

$$\rho = 0.008814$$

$$A_s = \rho * b * 50 = 44.07 \text{ cm}^2$$

Con varilla $\emptyset 28 \text{ mm}$, $A_v = 6.158 \text{ cm}^2$

$$\#_{\text{varillas}} = \frac{44.07}{6.158} = 7.16 \approx 7$$

$\#_{\text{varillas}} = 7\emptyset 28 \text{ mm} = 43.11 \text{ cm}^2$; cumple con el 97.8% del calculado **OK**

Por lo tanto,

$$A_{s_{\text{principal}}} = 7\emptyset 28 \text{ mm en } 100 \text{ cm}$$

Sección 3

$$k = 0.13421$$

$$q = 0.14695$$

$$\rho = 0.008397$$

$$A_s = 62.98 \text{ cm}^2$$

Con varilla $\emptyset 28 \text{ mm}$, $A_v = 6.158 \text{ cm}^2$

$$\#_{\text{varillas}} = \frac{62.98}{6.158} = 10.23 \approx 10$$

$\#_{\text{varillas}} = 10\emptyset 28 \text{ mm} = 61.58 \text{ cm}^2$; cumple con el 97.8% del calculado **OK**

Por lo tanto,

$$A_{s_{\text{principal}}} = 10\emptyset 28 \text{ mm en } 100 \text{ cm}$$

Acero secundario de repartición

Sección 1

$$A_s = 5.56 \text{ cm}^2$$

Con varilla $\emptyset 12 \text{ mm}$, $A_v = 1.131 \text{ cm}^2$

$$\#_{\text{varillas}} = \frac{5.56}{1.131} = 4.92 \approx 6$$

$\#_{\text{varillas}} = 6\emptyset 12 \text{ mm} = 6.79 \text{ cm}^2$; cumple con el 122% del calculado **OK**

Por lo tanto,

$$A_{s_{\text{repartición}}} = 6\emptyset 12 \text{ mm en } 100 \text{ cm}$$

Sección 2

$$A_s = 11.11 \text{ cm}^2$$

Con varilla $\emptyset 16 \text{ mm}$, $A_v = 2.011 \text{ cm}^2$

$$\#_{\text{varillas}} = \frac{11.11}{2.011} = 5.52 \approx 6$$

$\#_{\text{varillas}} = 6\emptyset 16 \text{ mm} = 12.07 \text{ cm}^2$; cumple con el 108.5% del calculado **OK**

Por lo tanto,

$$A_{s_{\text{repartición}}} = 6\emptyset 16 \text{ mm en } 100 \text{ cm}$$

Sección 3

$$A_s = 16.67 \text{ cm}^2$$

Con varilla $\emptyset 16\text{mm}$, $A_v = 2.011 \text{ cm}^2$

$$\#_{\text{varillas}} = \frac{16.67}{2.011} = 8.29 \approx \mathbf{9}$$

$\#_{\text{varillas}} = \mathbf{9\emptyset 16\text{mm}} = 18.10\text{cm}^2$; cumple con el 108.5% del calculado **OK**

Por lo tanto,

$$A_{S_{\text{repartición}}} = \mathbf{9\emptyset 16\text{mm en } 100\text{cm}}$$

Acero de repartición horizontal

Sección 1

$$A_s = 6.25\text{cm}^2$$

Con varilla $\emptyset 12\text{mm}$, $A_v = 1.13 \text{ cm}^2$

$$\#_{\text{varillas}} = \frac{6.25}{1.13} = 5.53 \approx \mathbf{6}$$

$\#_{\text{varillas}} = \mathbf{6\emptyset 12\text{mm}} = 6.78\text{cm}^2$; cumple con el 108.5% del calculado **OK**

Por lo tanto,

$$A_{S_{\text{horizontal}}} = \mathbf{6\emptyset 12\text{mm en } 100\text{cm}}$$

Sección 2

$$A_s = 12.50\text{cm}^2$$

Con varilla $\emptyset 14\text{mm}$, $A_v = 1.539 \text{ cm}^2$

$$\#_{\text{varillas}} = \frac{12.50}{1.539} = 8.12 \approx \mathbf{8}$$

$$\#_{varillas} = \mathbf{8\emptyset 14mm} = 12.31cm^2; \text{ cumple con el } 98.6\% \text{ del calculado } \mathbf{OK}$$

Por lo tanto,

$$\mathbf{AS_{horizontal} = 8\emptyset 14mm \text{ en } 100cm}$$

Sección 3

$$As = 18.75cm^2$$

Con varilla $\emptyset 16mm$, $Av = 2.011 cm^2$

$$\#_{varillas} = \frac{18.75}{2.011} = 9.32 \approx \mathbf{8}$$

$$\#_{varillas} = \mathbf{8\emptyset 16mm} = 16.09cm^2; \text{ cumple con el } 86\% \text{ del calculado, es aceptable}$$

Por lo tanto,

$$\mathbf{AS_{horizontal} = 8\emptyset 16mm \text{ en } 100cm}$$

6.4.3. Análisis económico de los modelos técnicos

ANÁLISIS ECONÓMICO					
PRESUPUESTO REFERENCIAL MODELOS TÉCNICOS					
COD.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	\$
INFRAESTRUCTURA VIAL SOBRE EL RÍO ALAO					
SUBESTRUCTURA					
PT-AL-001	REPLANTEO Y NIVELACION	M2	91.20	3.86	\$ 352.32
PT-AL-002	EXCAVACIÓN MECÁNICA	M3	363.05	4.93	\$ 1,789.77
PT-AL-003	RELLENO COMPACTADO (MAT. EXCAVACIÓN)	M3	201.17	4.97	\$ 1,000.34
PT-AL-004	DESALOJO DE MATERIAL CON VOLQUETA CARGADO MECÁNICO DISTANCIA=5KM	M3	161.88	2.43	\$ 394.01
PT-AL-005	REPLANTILLO	M3	3.74	124.48	\$ 466.04
PT-AL-006	ENCOFRADO/DESENCOFRADO	M2	261.88	30.30	\$ 7,934.96
PT-AL-007	HORMIGON SIMPLE F´C=240 KG/CM2	M3	146.84	166.57	\$ 24,458.67
PT-AL-008	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	18,326.19	2.17	\$ 39,779.29
PT-AL-009	PLACA DE NEOPRENO 0.35X0.32X0.033M (INCLUYE INSTALACIÓN)	U	3.00	342.29	\$ 1,026.86
					\$ 77,202.26
SUPERESTRUCTURA					
PT-AL-001	REPLANTEO Y NIVELACION	M2	228.00	3.86	\$ 880.81
PT-AL-010	JUNTA DE DILATACIÓN	M	14.40	348.03	\$ 5,011.69
PT-AL-006	ENCOFRADO/DESENCOFRADO	M2	598.80	30.30	\$ 18,143.62
PT-AL-007	HORMIGON SIMPLE F´C=240 KG/CM2	M3	128.91	166.57	\$ 21,472.13
PT-AL-008	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	22,753.46	2.17	\$ 49,389.23
PT-AL-011	Drenes con tubería PVC D=110mm, L=0.50m	M	5.00	6.10	\$ 30.52
					\$ 94,927.99
ACCESOS					
PT-AL-001	REPLANTEO Y NIVELACION	M2	6,046.39	3.86	\$ 23,358.38
PT-AL-012	DESBROCE, DESBOSQUE Y LIMPIEZA	HA	0.60	394.29	\$ 238.40
PT-AL-002	EXCAVACIÓN MECÁNICA	M3	7,680.66	4.93	\$ 37,864.27
PT-AL-003	RELLENO COMPACTADO (MAT. EXCAVACIÓN)	M3	3,382.05	4.97	\$ 16,817.58
PT-AL-004	DESALOJO DE MATERIAL CON VOLQUETA CARGADO MECÁNICO DISTANCIA=5KM	M3	4,298.61	2.43	\$ 10,462.71
PT-AL-013	ACABADO DE OBRA BÁSICA	M2	2,688.03	0.49	\$ 1,329.38
					\$ 90,070.73
SEÑALIZACIÓN					
PT-AL-014	SEÑALIZACIÓN PREVENTIVA, INCL. INSTALACION	U	12.00	126.50	\$ 1,518.00
PT-AL-015	SEÑALIZACIÓN REGULATIVA, INCL. INSTALACION	U	4.00	126.50	\$ 506.00
					\$ 2,024.00
DOSCIENTOS SESENTA Y CUATRO MIL DOSCIENTOS VEINTE Y CUATRO DOLARES CON 98 CTVS			\$ 264,224.98		
MANTENIMIENTO PUENTE EXISTENTE					
VARIOS					
PT-AL-001	REPLANTEO Y NIVELACION	M2	106.31	3.86	\$ 410.70
PT-AL-016	LIMPIEZA DE ELEMENTOS DEL PUENTE	M2	98.58	2.53	\$ 249.41
PT-AL-017	PROTECCIÓN CONTRA HUMEDAD EN BARANDAS	M2	17.28	20.61	\$ 356.21
PT-AL-018	PROTECCION CONTRA HUMEDAD EN ACERAS	M2	16.50	16.58	\$ 273.48
PT-AL-019	PROTECCION CONTRA DELAMINACIÓN EN ELEMENTOS DE HORMIGON	M2	12.20	8.37	\$ 102.14
PT-AL-020	PROTECCION CONTRE CORROSIÓN EN BARANDALES	M2	0.18	3.96	\$ 0.70
PT-AL-021	SELLADO DE FISURAS ESTRUCTURALES CON RESINA EPÓXICA	ML	18.25	103.50	\$ 1,888.88
					\$ 3,281.50
TRES MIL DOSCIENTOS OCHENTA Y UN DOLARES CON 50 CTVS			\$ 3,281.50		

6.5. Comprobación de hipótesis

Una vez realizados los análisis para cada modelo técnico, se prosigue a verificar si las acciones planteadas causan la influencia positiva que se espera, para de esta forma mitigar el riesgo al que están expuestas las comunidades de estudio reduciendo la vulnerabilidad de los elementos constitutivos en la infraestructura vial existente sobre el río Alao. Con la proyección de los modelos técnicos y bajo su influencia directa en el análisis de riesgo se re-elabora la matriz de riesgo para de esta manera verificar si la aplicación de la propuesta ha logrado mitigar el nivel de riesgo actuando ante la vulnerabilidad de los elementos del conjunto de estudio.

En el siguiente cuadro se mencionan los parámetros de calificación de vulnerabilidad para la infraestructura vial existente sobre el río Alao con su respectiva valoración y descripción, además de incorporar los nuevos parámetros de calificación para verificar la hipótesis de mitigación.

Tabla 100. Cuadro de comparación, condición actual y esperada. Niveles de vulnerabilidad

DESCRIPCIÓN	CALIFICACIÓN		NIVEL DE VULNERABILIDAD	
	ACTUAL	ESPERADA	ACTUAL	ESPERADO
Inventario e Inspección del Puente				
Daños en elementos de concreto y acero, debido a fatiga por repeticiones de carga, sobrecargas, impacto de vehículos, cambios de temperatura, tiempo de vida útil de la estructura, etc. Daños moderados	3		III	
Limpieza y mantenimiento de elementos constitutivos del puente para mejorar su nivel de servicio además de garantizar un mayor tiempo de vida útil bajo condiciones seguras		2		IV
Análisis hidrológico e hidráulico del río Alao				
Cauce inestable, sinuoso, con afectación en grandes áreas por desbordamiento y arrastre de palizadas	5		I	
Cauce estable con arrastre		2		IV
Tráfico y movilidad				
Flujo de vehículos interrumpido debido a la insuficiente condición geométrica de la red viaria, puntos de conflicto, inexistencia de vías alternas de comunicación	4		II	
Flujo libre de vehículos con un volumen de tráfico bajo		2		IV
Geología y geotécnica aplicados a deslizamientos de masas				
Talud natural susceptible a desprendimientos de masa debido a inestabilidad por saturación de agua por fenómenos meteorológicos eventuales de precipitaciones intensas, y/o presencia de nivel freático	3	3	III	III
Resultados promedio:				
	3.75	2.25	II	IV

Fuente: (Tesisista, 2016)

Para una probabilidad de ocurrencia “Posible (C)” la matriz de riesgo comparativa será:

Ilustración 146. Matriz de Riesgo

		VULNERABILIDAD						
		V	IV	III	II	I		
PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	A	M	A	A	E	E	A	
	B	B	M	A	A	E	B	
	C	B	M	M	A	A	C	
	D	B	B	M	M	A	D	
	E	B	B	B	B	M	E	
		V	IV	III	II	I		
		VULNERABILIDAD						

B: BAJO
 M: MODERADO
 A: ALTO
 E: EXTREMO

Fuente: (Tesista, 2016)

Se puede evidenciar que, con la aplicación de los modelos técnicos, la vulnerabilidad de la infraestructura vial existente sobre el río Alao, disminuyó su nivel en dos grados, y que de acuerdo a la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural (C) el riesgo ya se considera moderado, asegurando de esta manera a la infraestructura vial y por ende a sus poblados beneficiarios ante la acción de fenómenos eventuales. La hipótesis entonces es verdadera, la aplicación de los modelos técnicos garantizan la mitigación de vulnerabilidad y por consiguiente una reducción del riesgo a sufrir daños.

6.6.Descripción de la propuesta

La infraestructura vial, como cualquier otra obra de ingeniería, para su correcta funcionalidad y serviciabilidad debe presentar condiciones idóneas para su transitabilidad durante toda su ida útil. Para esto ha sido necesario realizar un estudio

preliminar, 4 meses aproximados, para determinar los parámetros y elementos de la infraestructura que pueden ser susceptibles a daño y bajo riesgo de peligro ante la presencia de fenómenos naturales; de esta manera plantear posibles soluciones, en este caso modelos técnicos, para conservar la integridad funcional y estructural del conjunto de estudio.

La concepción de una nueva infraestructura vial sobre el río Alao proporciona al sector una vía alterna para mejorar su flujo de tránsito de vehículos y la comunicación intercomunal, así también como un plan de acción ante presencia de fenómenos naturales eventuales que puedan ser catastróficos. Los modelos técnicos garantizan el buen vivir de los pobladores del sector de análisis, al implementar una nueva ruta de comunicación con libre flujo de vehículos para transporte de personas, animales y productos; la circulación segura y confortable dentro de la red viaria y sus alrededores.

6.7. Diseño organizacional



BIBLIOGRAFÍA

- A., D. F. (1978).
- ACOSTA, A. (2009). *Filosofía del BUEN VIVIR*. Obtenido de <http://filosofiadeldbuenvivir.com/definiciones/>
- AGUDELO O, J. (2002). *DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS*. Medellín-Colombia.
- ALCANTARA, H. (29 de julio de 2012). *INFORMACIÓN DE INGENIERÍA*. Obtenido de <https://huberthalcantara.wordpress.com/2012/07/29/escalas-de-magnitud-para-sismos/>
- ALVAREZ CAUSIL, R. (2015). *ACADEMIA*. Obtenido de https://www.academia.edu/4582818/3_GENESIS_DE_SUELOS
- Anónimo. (s.f.). *Biblioteca digital*. Obtenido de Estructura de la Tierra, Tectónica de placas y sismicidad: http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/34/html/sec_9.html
- BELLIDO DE LUNA, J. (2002). *MANUAL DE DISEÑO DE PUENTES*. Santiago de Chile, Chile.
- BERMEO, A. (2005). *Desarrollo Sustentable en la República del Ecuador*. Obtenido de UNEP: <http://www.unep.org/gc/gc23/documents/ecuador-desarrollo.pdf>
- CASTELÁN, E. (s.f.). *MANUAL DE CARRETERAS*. México.
- CHEN W-F, D. (2000). *Bridge Engineering HandBook*. Florida-EEUU: Boca Ratón.
- CHUJI, M. (2010). *Filosofía del BUEN VIVIR*. Obtenido de <http://filosofiadeldbuenvivir.com/definiciones/>
- CHUNGA, K. (2013). Riesgos Geológicos. *Planificación y Geología IPGH*, (pág. 17). Riobamba.
- DON, J. (1999). Landslide. En *Surface Processes and Landforms*. Easterbrook.
- El Libertario. (22 de Septiembre de 2008). Emergencia para la zona de Volcán. *El Libertario*.
- GADM Cuenca. (2015). *PMEP-Cuenca*. Cuenca.
- GAD-P-Pungalá. (2011). *PDOT*. Riobamba.
- GARCÍA, T. (2007). *MI PEQUEÑO LAROUSSE ILUSTRADO*.
- GeoEnciclopedia. (s.f.). *GeoEnciclopedia*. Obtenido de <http://www.geoenciclopedia.com/deslave/>
- GEOFÍSICA UNAM. (s.f.). *Servicio Sismológico Nacional*. Obtenido de <http://www.ssn.unam.mx/jsp/reportesEspeciales/Magnitud-de-un-sismo.pdf>

- JUÁREZ BADILLO, E. (2005). En E. Juárez Badillo, *FUNDAMENTOS DE LA MECÁNICA DE SUELOS* (págs. 34-35). México: Limusa S.A.
- MARTÍNEZ, C. (s.f.). *Platea*. Obtenido de <http://platea.pntic.mec.es/~cmarti3/GEO/tect/fallas/index.htm>
- Ministerio de Educación. (10 de 04 de 2016). *Ministerio de Educación*. Obtenido de <http://educacion.gob.ec/que-es-el-buen-vivir/>
- MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS DEL ECUADOR. (2013). NEVI-12-MTOP Vol.1. En *PROCEDIMIENTOS PARA PROYECTOS VIALES* (Vol. 1, págs. 20-21-22). Quito, Pichincha, Ecuador.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS DEL ECUADOR. (2013). NEVI-12-MTOP Vol.2A. En *Normas para Estudios Viales* (Vol. 2A, pág. 63 a 70). Quito, Pichincha, Ecuador.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS DEL ECUADOR. (2013). NEVI-12-MTOP Vol.2A. En *Normas para Estudios Viales* (Vol. 2A). Quito, Pichincha, Ecuador.
- NATGEO. (2015). *NATGEO*. Obtenido de <http://www.nationalgeographic.es/ciencia/la-tierra/placas-tectonicas-articulo>
- PIDWIRNY, M. (2013). *Eoearth*. Obtenido de <http://www.eoearth.org/view/article/155264>
- PODT Pungalá. (2011). *Características Generales del Territorio*.
- RODRIGUEZ, A. (2012). Consideraciones generales. En M. I. Serquén, *PUNTES Y ARTES MENORES*. Lima: s/n.
- Sánchez, J. (s.f.). *Hidrología.usal*. Obtenido de http://hidrologia.usal.es/Complementos/Calculo_altura_agua.pdf
- SANCHEZ, K. (15 de junio de 2014). *FÍSICA COLEGIO ALBERTO PÉREZ*. Obtenido de <http://fisica-alperit.blogspot.com/2014/06/sismos-escalas-de-medicion-y-medidas-de.html>
- SANTILLÁN, M. (20 de Mayo de 2013). *ABCpedia*. Obtenido de <http://www.abcpedia.com/ciencia-tecnologia/los-fenomenos-naturales>
- Secretaria de Movilidad. (s.f.). *Alcaldía de Barranquilla*. Obtenido de Gestión de Infraestructura Vial y Cierre de Vías: http://www.barranquilla.gov.co/movilidad/index.php?option=com_content&view=article&id=5507
- SILVA, B. (2011). *Gisweb*. Obtenido de ftp://gisweb.ciat.cgiar.org/DAPA/users/apantoja/london/Colombia/Suelos/00_shape_suelos/DEPARTAMENTALES_2011_Brayan_Silvia/RISARALDA/MEMORIA%20TECNICA/Capitulo%205.pdf

- SPRINGER. (2007). Submarine mass movements and their consequences: 3rd international symposium. *Slope Failures on the Flanks of Southern Cape Verde Islands*.
- UNESCO. (s.f.). *Amenaza por deslizamientos*. Obtenido de Cidbimena: <http://cidbimena.desastres.hn/docum/unesco/Amenazas/Presentaciones%20Powerpoint/04%20Amenaza%20por%20Deslizamientos/Amenaza%20por%20Deslizamientos.PDF>
- Universidad Autónoma de Madrid. (2014). *GEOLOGÍA*. Madrid-España: Ediciones Paraninfo.
- Wikipedia. (13 de septiembre de 2015). *Enciclopedia Libre*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_clasificaci%C3%B3n_de_zonas_de_vida_de_Holdridge
- Wikipedia. (17 de octubre de 2015). *Enciclopedia Libre*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Corrimiento_de_tierra
- PONCE Freddy. (1988). Diseño de puentes de hormigón armado. Quito-Ecuador. EPN. Facultad de Ingeniería Civil.
- American Association of State Highway and Transportation Officials AASHTO. Especificaciones AASHTO para el diseño de puentes por el método LRFD
- Cámara de la construcción de Quito. Manual de costos en la construcción. Quito-Ecuador.
- ACI 318-95. Reglamento para las construcciones de concreto estructural

ANEXOS

<i>Anexo 1</i>	Puntos de control, levantamiento topográfico
<i>Anexo 2</i>	Aforo vehicular
<i>Anexo 3</i>	Análisis de precios unitarios
<i>Anexo 4</i>	Catálogo fotográfico
<i>Anexo 5</i>	Planos

Anexo 1

P	N	E	Z	D
1	9792051.2	777979.07	3171.153	TOP
2	9792055	777992.21	3171.138	TOP
3	9792059.8	778006.71	3170.678	TOP
4	9792063.1	778021.65	3170.873	TOP
5	9792064	778033.33	3170.306	TOP
6	9792049.2	778018.89	3172.032	TOP
7	9792045.7	778008.1	3172.008	TOP
8	9792043.2	777997.53	3171.877	TOP
9	9792040.4	777986.12	3171.869	TOP
10	9792048.7	777966.48	3171.619	TOP
11	9792046	777958.15	3171.743	TOP
12	9792046.1	777951.41	3171.005	TOP
13	9792046.3	777949.07	3171.052	TOP
14	9792046.8	777946.53	3170.687	TOP
15	9792047.2	777943.71	3170.574	TOP
16	9792045.1	777947.32	3171.545	TOP
17	9792047.2	777944.01	3170.495	TOP
18	9792045.1	777943.93	3171.555	TOP
19	9792047.3	777938.23	3170.055	TOP
20	9792044.8	777938.84	3171.378	TOP
21	9792046.7	777935.42	3170.002	TOP
22	9792044.6	777935.2	3171.324	TOP
23	9792046.8	777929.89	3170.071	TOP
24	9792044.4	777929.53	3171.131	TOP
25	9792046.8	777922.86	3170.276	TOP
26	9792043.8	777922.97	3170.869	TOP
27	9792046.2	777914.04	3169.789	TOP
28	9792045.3	777913.22	3169.819	TOP
29	9792042.7	777916.49	3170.723	TOP
30	9792042.9	777912.82	3170.058	TOP
31	9792040.3	777910.42	3170.113	TOP
32	9792038.3	777906.75	3170.052	TOP
33	9792031.8	777905.15	3170.217	TOP
34	9792032.1	777914.98	3170.81	TOP
35	9792030.7	777929.71	3171.397	TOP
36	9792030	777941.72	3171.868	TOP
37	9792025.1	777958.03	3172.524	TOP
38	9792023.1	777957.38	3172.767	TOP
39	9792022.5	777959.24	3173.075	TOP
40	9792020.5	777987.61	3173.874	TOP
41	9792016.3	778014.45	3174.459	TOP
42	9791998.5	778008.75	3175.488	TOP
43	9792000.8	778001.86	3175.209	TOP
44	9792003.9	777984.08	3175.107	TOP
45	9792003	777964.19	3174.33	TOP
46	9792003.7	777941.62	3172.575	TOP
47	9792004.5	777910.06	3171.79	TOP
48	9791983.1	777908.21	3172.431	TOP
49	9791981	777928.44	3172.676	TOP
50	9791977.4	777941.41	3173.733	TOP

P	N	E	Z	D
51	9791974.3	777952.7	3175.154	TOP
52	9791969.8	777965.27	3176.396	TOP
53	9791951.2	777956.15	3176.449	TOP
54	9791956.7	777938.14	3174.559	TOP
55	9791964.8	777904.37	3172.706	TOP
56	9791940.1	777891.18	3174.347	TOP
57	9791937.2	777900.81	3174.877	TOP
58	9791928.9	777922.28	3175.494	TOP
59	9791922.1	777938.49	3176.566	TOP
60	9791918	777949.53	3177.786	TOP
61	9791896.7	777937.61	3178.275	TOP
62	9791900.9	777913.23	3177.341	TOP
63	9791902.7	777888.61	3177.041	TOP
64	9791919.8	777866.93	3175.017	TOP
65	9791909.8	777838.64	3173.835	TOP
66	9791896.9	777861.9	3176.068	TOP
67	9791885.7	777883.85	3177.88	TOP
68	9791875.1	777904.32	3179.428	TOP
69	9791845.7	777889.77	3181.537	TOP
70	9791845.6	777889.85	3181.553	TOP
71	9791839.5	777893.72	3181.907	TOP
72	9791840.1	777910.21	3183.115	VIA
73	9791835.7	777909.53	3183.302	VIA
74	9791849.1	777876.04	3180.089	VIA
75	9791845.1	777874.48	3180.055	VIA
76	9791856	777852.88	3178.368	VIA
77	9791852	777851.28	3178.397	VIA
78	9791864.5	777823.75	3176.711	VIA
79	9791860.9	777821.5	3176.486	VIA
80	9791866.3	777814.38	3176.577	VIA
81	9791862.7	777811.36	3176.582	VIA
82	9791869.7	777817.25	3175.882	TOP
83	9791882.6	777829.75	3175.522	TOP
84	9791897.4	777847.8	3175.252	TOP
85	9791922.2	777871.26	3175.207	TOP
86	9791937.8	777889.62	3174.48	TOP
87	9791954.6	777899.68	3174.029	TOP
88	9791961.7	777903.18	3173.48	TOP
89	9791968.7	777904.82	3172.987	TOP
90	9791978.1	777906.43	3172.599	TOP
91	9791987.9	777908.34	3171.96	TOP
92	9791997.7	777908.8	3171.378	TOP
93	9792007	777909.03	3171.409	TOP
94	9792019.6	777908.78	3171.202	TOP
95	9792030.5	777905.63	3170.249	TOP
96	9792052.8	777982.43	3170.799	TOP
97	9792048.2	777949.84	3169.261	BM2
98	9792029	777972	3173	BM1
99	9792052.9	777982.38	3170.817	TOP
100	9792056.1	777995.18	3171.189	TOP

P	N	E	Z	D
101	9792058.2	777993.78	3169.842	TOP
102	9792058.4	778003.22	3170.961	TOP
103	9792060.9	778002.64	3169.944	TOP
104	9792062.5	778020	3170.919	TOP
105	9792075.5	778022.69	3167.509	TOP
106	9792083.1	778019.63	3165.964	TOP
107	9792092.7	778017.11	3165.131	TOP
108	9792100	778016.4	3163.932	TOP
109	9792101.4	778015.96	3163.464	TOP
110	9792097.8	778011.67	3163.936	TOP
111	9792091.6	778004.14	3163.916	TOP
112	9792085.6	777996.82	3163.868	TOP
113	9792082.3	777991.63	3163.242	TOP
114	9792078.7	777985.07	3163.853	TOP
115	9792076.3	777980.17	3163.764	TOP
116	9792073.8	777974.6	3164.54	TOP
117	9792068.8	777974.78	3165.783	TOP
118	9792063	777975.92	3166.725	TOP
119	9792064.4	777983.68	3166.54	TOP
120	9792068	777994	3166.396	TOP
121	9792071.5	777991.93	3166.052	TOP
122	9792070.5	777967.85	3164.833	TOP
123	9792068.5	777962.94	3164.606	TOP
124	9792065.6	777959.16	3164.437	TOP
125	9792059.4	777963.12	3166.425	TOP
126	9792056.2	777964.37	3167.099	TOP
127	9792054.1	777964.11	3168.126	TOP
128	9792050.7	777962.24	3169.861	TOP
129	9792048.3	777961.5	3170.277	TOP
130	9792047.2	777954.34	3169.687	TOP
131	9792049.7	777953.62	3169.288	TOP
132	9792055.2	777951.69	3166.577	TOP
133	9792059.3	777955.38	3164.909	TOP
134	9792062.6	777951.02	3163.976	TOP
135	9792063.7	777946.57	3163.743	TOP
136	9792066.6	777951.1	3164.019	TOP
137	9792065.2	777948.35	3163.211	TOP
138	9792064.6	777949.1	3163.427	TOP
139	9792063.6	777948.26	3163.88	TOP
140	9792059.5	777947.64	3164.442	TOP
141	9792055.8	777949.63	3165.984	TOP
142	9792052.2	777950.06	3167.388	TOP
143	9792049.6	777949.99	3168.85	TOP
144	9792047.6	777946.3	3168.824	TOP
145	9792048	777942.59	3168.605	TOP
146	9792051.4	777941.23	3167.917	TOP
147	9792053.6	777941.31	3166.832	TOP
148	9792056.2	777940.78	3165.367	TOP
149	9792058.3	777939.5	3164.747	TOP
150	9792058.3	777935.06	3164.135	TOP

P	N	E	Z	D
151	9792057.3	777932.88	3164.017	TOP
152	9792055.1	777936.44	3165.467	TOP
153	9792052	777936.22	3167.313	TOP
154	9792050.4	777935.99	3167.682	TOP
155	9792047.8	777935.68	3167.958	TOP
156	9792051.2	777931.91	3167.031	TOP
157	9792050.1	777926.86	3166.894	TOP
158	9792048.6	777883.4	3159.758	BM3
159	9792050.1	777926.76	3165.918	TOP
160	9792047.7	777925.85	3165.947	TOP
161	9792050.1	777922.34	3165.127	TOP
162	9792047.8	777917.99	3164.814	TOP
163	9792051.4	777916.77	3164.433	TOP
164	9792047.1	777912.21	3163.515	TOP
165	9792048.7	777906.78	3162.136	TOP
166	9792042.9	777903.05	3162.703	TOP
167	9792040.2	777903.35	3163.804	TOP
168	9792036.5	777899.89	3162.495	TOP
169	9792033.2	777901.8	3163.812	TOP
170	9792025.6	777899.84	3162.484	TOP
171	9792030.7	777895.57	3161.73	TOP
172	9792020.1	777901.71	3162.654	TOP
173	9792012.9	777898.28	3162.302	TOP
174	9792003.4	777896.15	3162.427	TOP
175	9791997.9	777897.32	3163.176	TOP
176	9791990.9	777899	3164.771	TOP
177	9791981.7	777896.45	3165.486	TOP
178	9791984.1	777892.37	3162.807	TOP
179	9791978.6	777891.8	3162.2	TOP
180	9791970.2	777889.17	3164.598	TOP
181	9791958.4	777886.93	3167.307	TOP
182	9791960.9	777892.95	3170.309	TOP
183	9791951.7	777893.92	3170.771	TOP
184	9791952.1	777889.64	3170.632	TOP
185	9791942.7	777887.31	3170.707	TOP
186	9791933.5	777884.95	3171.622	TOP
187	9791936.3	777880.96	3171.078	TOP
188	9791926.8	777875	3172.273	TOP
189	9791929.7	777871.19	3171.817	TOP
190	9791922.3	777867.15	3172.795	TOP
191	9791925.5	777862.81	3172.191	TOP
192	9791918.5	777848.91	3172.69	TOP
193	9791923.7	777847.17	3171.432	TOP
194	9791911.4	777835.76	3172.528	TOP
195	9791907.1	777822.43	3172.087	TOP
196	9791912.5	777827.52	3170.15	TOP
197	9791918.9	777828.61	3167.258	TOP
198	9791925.1	777827.06	3163.869	TOP
199	9791930.5	777827.79	3162.376	TOP
200	9791935.8	777839.68	3161.838	TOP

P	N	E	Z	D
201	9791944.1	777842.34	3159.989	TOP
202	9791941.3	777849.98	3162.813	TOP
203	9791939.9	777856.87	3164.105	TOP
204	9791940.3	777864.17	3164.557	TOP
205	9791958.8	777858.06	3160.651	TOP
206	9791949.5	777875.75	3163.755	TOP
207	9791961.6	777873.78	3162.008	TOP
208	9791964.8	777881.55	3162.842	TOP
209	9791973.5	777876.85	3159.753	TOP
210	9791983.8	777886.98	3160.447	TOP
211	9791994.3	777870.37	3158.149	TOP
212	9792000.5	777867.02	3158.011	TOP
213	9792005.4	777883.95	3159.409	TOP
214	9792017.5	777884.54	3158.666	TOP
215	9792022.4	777863.39	3158.232	TOP
216	9792026	777880.43	3158.774	TOP
217	9792035.9	777864.1	3158.461	TOP
218	9791970.6	777823.92	3157.019	TOP
219	9791992.4	777822.95	3156.759	TOP
220	9791987.4	777839.01	3157.873	TOP
221	9791983.7	777858.02	3157.723	TOP
222	9792018.5	777836.49	3157.036	TOP
223	9792038	777850.85	3157.163	TOP
224	9792035.7	777859.3	3157.868	TOP
225	9792046.4	777865.3	3157.435	TOP
226	9792050	777872.26	3158.117	TOP
227	9792052.1	777879.62	3158.101	TOP
228	9792053	777884.03	3158.475	TOP
229	9792051.3	777887.33	3158.792	TOP
230	9792052.5	777904.39	3159.457	TOP
231	9792049.8	777902.46	3159.995	TOP
232	9792053.5	777899.38	3159.215	TOP
233	9792047.3	777895.63	3159.416	TOP
234	9792051.2	777891.86	3159.085	TOP
235	9792033.4	777890.39	3158.847	TOP
236	9792030.8	777893.48	3160.456	TOP
237	9792030.6	777884.36	3158.763	TOP
238	9792032.1	777875.36	3158.597	TOP
239	9792040.7	777881.74	3158.696	TOP
240	9792062.9	778022.23	3170.883	TOP
241	9792085.6	778043.7	3166.262	TOP
242	9792066.5	778022.75	3169.786	TOP
243	9792088.7	778037.85	3166.497	TOP
244	9792073.9	778021.87	3167.84	TOP
245	9792088.6	778037.73	3166.491	TOP
246	9792080.7	778019.74	3166.901	TOP
247	9792099.1	778040.72	3164.412	TOP
248	9792079.5	778019.79	3166.981	TOP
249	9792106.7	778032.01	3163.01	TOP
250	9792071.8	778019.77	3168.119	TOP

P	N	E	Z	D
251	9792102.2	778018.82	3163.638	TOP
252	9792066.1	778019.81	3170.093	TOP
253	9792097	778011.29	3164.069	TOP
254	9792062.2	778019.94	3171.002	TOP
255	9792088.9	778001.7	3164.207	TOP
256	9792058.7	778005.57	3170.972	TOP
257	9792084.4	777994.42	3163.434	TOP
258	9792068.5	778001.93	3167.13	TOP
259	9792078	777986.63	3164.364	TOP
260	9792075.9	777998.01	3165.659	TOP
261	9792074.9	777987.09	3165.247	TOP
262	9792069.4	777988.81	3166.36	TOP
263	9792074	777977.73	3164.717	TOP
264	9792063.8	777988.64	3167.172	TOP
265	9792070.6	777970.83	3165.128	TOP
266	9792054	777990.37	3171.23	TOP
267	9792063.1	777972.92	3166.884	TOP
268	9792051.4	777979.11	3171.175	TOP
269	9792067.4	777963.06	3164.716	TOP
270	9792059	777976.9	3167.944	TOP
271	9792058.9	777964.33	3166.711	TOP
272	9792050.8	777971.61	3170.806	TOP
273	9792056.6	777954.79	3166.243	TOP
274	9792050	777964.72	3170.466	TOP
275	9792051.8	777962.37	3169.585	TOP
276	9792051.4	777958.81	3168.872	TOP
277	9792051.2	777955.75	3168.451	TOP
278	9792053.2	777954.41	3167.271	TOP
279	9792062.4	777950.81	3164.008	TOP
280	9792054	777952.84	3167.099	TOP
281	9792056.7	777951.03	3165.551	TOP
282	9792061.5	777943.39	3164.018	TOP
283	9792054.1	777948.85	3166.744	TOP
284	9792058.1	777939.95	3164.795	TOP
285	9792051.3	777948.44	3167.991	TOP
286	9792057.2	777934.05	3164.526	TOP
287	9792047.6	777947.56	3169.194	TOP
288	9792054	777937.43	3166.04	TOP
289	9792046.8	777953.33	3169.983	TOP
290	9792051.5	777936.02	3167.456	TOP
291	9792066.2	777950.59	3164.119	BM4
292	9792201.5	778023.43	3174.151	TOP
293	9792201.4	778014.84	3174.171	TOP
294	9792199.8	778004	3174.262	TOP
295	9792197.5	777991.82	3173.924	TOP
296	9792252.4	777932.7	3174.337	TOP
297	9792197.8	777977.86	3173.099	TOP
298	9792190.4	777961.29	3172.451	TOP
299	9792248.6	777945.85	3174.638	TOP
300	9792176.6	777973.5	3172.567	TOP

P	N	E	Z	D
301	9792229.8	777934.06	3172.597	TOP
302	9792165.9	777980.19	3172.644	TOP
303	9792158.1	777988.75	3172.007	TOP
304	9792220.5	777931.18	3172.055	TOP
305	9792149.4	778003.79	3171.194	TOP
306	9792139.4	777994.82	3170.797	TOP
307	9792194.3	777923.71	3171.48	TOP
308	9792139.4	777994.8	3170.788	TOP
309	9792135.5	777986.72	3170.72	TOP
310	9792133.3	777969.72	3170.755	TOP
311	9792174.5	777917.54	3170.945	TOP
312	9792132.8	777956.31	3170.46	TOP
313	9792132.3	777942.85	3170.17	TOP
314	9792120.4	777943.7	3168.279	TOP
315	9792159.8	777925.7	3171.166	BM5
316	9792110.3	777967.34	3167.713	TOP
317	9792153.4	777917.55	3169.131	TOP
318	9792102.4	777964.39	3165.507	TOP
319	9792147.5	777914.91	3165.997	TOP
320	9792105.9	777957.17	3165.737	TOP
321	9792139.7	777925.58	3167.992	TOP
322	9792113.7	777951.4	3166.933	TOP
323	9792140.7	777914.52	3164.248	TOP
324	9792106.3	777948.54	3165.045	TOP
325	9792118.4	777920.17	3163.902	TOP
326	9792097.4	777950.51	3164.404	TOP
327	9792106	777913.87	3163.731	TOP
328	9792092.5	777958.25	3161.291	TOP
329	9792092.2	777912.1	3163.533	TOP
330	9792096.7	777961.41	3162.923	TOP
331	9792086.1	777914.55	3163.194	TOP
332	9792097.5	777957.74	3164.384	TOP
333	9792097.6	777957.73	3164.395	TOP
334	9792084.2	777925.97	3161.528	TOP
335	9792095.7	777950.83	3164.313	TOP
336	9792082.3	777912.99	3160.987	TOP
337	9792082.8	777914.9	3161.049	TOP
338	9792094.2	777944.5	3164.089	TOP
339	9792091.6	777945.09	3163.969	TOP
340	9792084.1	777925.85	3161.494	TOP
341	9792105.6	777943.44	3164.583	TOP
342	9792087.9	777925.37	3163.994	TOP
343	9792115.6	777941.74	3166.309	TOP
344	9792085.7	777930.31	3162.166	TOP
345	9792123.4	777941.37	3168.326	TOP
346	9792084	777932.85	3160.259	TOP
347	9792082.9	777934.77	3158.959	TOP
348	9792135.8	777939	3170.233	TOP
349	9792085.9	777932.68	3162.096	TOP
350	9792126	777932.79	3166.804	TOP

P	N	E	Z	D
351	9792088.9	777931.84	3163.771	TOP
352	9792115.9	777933.73	3165.216	TOP
353	9792089.1	777935.62	3163.346	TOP
354	9792108.2	777937.03	3164.342	TOP
355	9792086.3	777936.98	3161.682	TOP
356	9792099.2	777937.28	3164.055	TOP
357	9792082.7	777939.2	3159.159	TOP
358	9792094.1	777934.7	3164.125	TOP
359	9792083.2	777942.73	3159.107	TOP
360	9792090.8	777941.04	3164.066	TOP
361	9792084.1	777945.25	3158.711	TOP
362	9792088.4	777942.29	3163.159	TOP
363	9792086.1	777943.11	3161.784	TOP
364	9792085.5	777951.06	3159.167	TOP
365	9792092	777946.15	3164.134	TOP
366	9792087	777954.73	3159.283	TOP
367	9792090.3	777948.78	3162.323	TOP
368	9792088.5	777959.29	3159.416	TOP
369	9792088.3	777949.19	3161.511	TOP
370	9792089.6	777956.61	3160.031	TOP
371	9792092.3	777951.22	3162.947	TOP
372	9792091	777960.57	3159.59	TOP
373	9792091	777952.42	3161.952	TOP
374	9792094.3	777961.85	3159.705	TOP
375	9792095.1	777963.08	3159.782	TOP
376	9792132.9	777947.39	3170.706	BM6
377	9792083.6	777902.37	3160.306	TOP
378	9792082.1	777892.76	3160.128	TOP
379	9792091.8	777887.68	3161.722	TOP
380	9792249.9	777941.9	3174.414	TOP
381	9792248.4	777948.16	3174.27	TOP
382	9792255	777951.11	3174.847	TOP
383	9792100.1	777878.83	3161.97	TOP
384	9792255.3	777943.49	3174.57	TOP
385	9792111.6	777875.65	3161.83	TOP
386	9792125.3	777875.69	3161.85	TOP
387	9792237.6	777944.65	3173.259	TOP
388	9792234.7	777937.43	3172.984	TOP
389	9792140	777875.68	3161.78	TOP
390	9792226.1	777940.79	3172.63	TOP
391	9792153.4	777876.8	3160.72	TOP
392	9792222.9	777934.19	3172.145	TOP
393	9792207.8	777929.39	3171.699	TOP
394	9792161	777882.99	3162.477	TOP
395	9792210.1	777924.2	3171.753	TOP
396	9792158.7	777890.78	3163.19	TOP
397	9792157	777904.66	3165.32	TOP
398	9792210.9	777922.12	3171.69	TOP
399	9792157.6	777913.51	3168.749	TOP
400	9792146.5	777910.13	3164.459	TOP

P	N	E	Z	D
401	9792211.5	777919.43	3171.727	TOP
402	9792128.4	777905.31	3160.961	TOP
403	9792117.6	777911.87	3161.757	TOP
404	9792098.3	777908.43	3161.07	TOP
405	9792098.2	777901.25	3160.459	TOP
406	9792197.7	777910.18	3171.093	TOP
407	9792110.2	777901.78	3160.552	TOP
408	9792182.6	777912.35	3170.923	TOP
409	9792176.2	777909.47	3170.835	TOP
410	9792172.4	777901.96	3170.554	TOP
411	9792166	777915.6	3170.253	TOP
412	9792176.8	777942.02	3171.394	TOP
413	9792166.1	777907.92	3169.179	TOP
414	9792180.9	777945.48	3171.8	TOP
415	9792168.3	777944.63	3171.363	TOP
416	9792169.7	777942.19	3170.919	TOP
417	9792168.7	777934.63	3171.059	TOP
418	9792164.5	777901.36	3167.559	TOP
419	9792202.8	777935.45	3172.099	TOP
420	9792192.5	777928.18	3171.414	TOP
421	9792162	777916.64	3170.178	TOP
422	9792184.6	777924.68	3171.149	TOP
423	9792156.4	777920.03	3170.515	TOP
424	9792175.7	777921.62	3170.876	TOP
425	9792151.5	777928.86	3170.906	TOP
426	9792170.1	777923.13	3171.173	TOP
427	9792155.2	777931.42	3171.087	TOP
428	9792168.6	777918.99	3170.649	TOP
429	9792166.4	777923.35	3171.071	TOP
430	9792154.7	777918.36	3168.496	TOP
431	9792139	777895.63	3160.98	TOP
432	9792161.8	777925.29	3170.839	TOP
433	9792145.3	777903.42	3162.55	TOP
434	9792169.1	777935.95	3170.96	TOP
435	9792151.3	777916.58	3169.152	TOP
436	9792105.7	778074.54	3160.2	MRI
437	9792106.4	778066.47	3160.104	MRI
438	9792107.5	778056.3	3159.983	MRI
439	9792108.5	778044.72	3159.845	MRI
440	9792109.2	778033.21	3159.709	MRI
441	9792106.6	778023.23	3159.587	MRI
442	9792103.5	778015.51	3159.488	MRI
443	9792095.7	778003.44	3159.318	MRI
444	9792088.6	777995.98	3159.197	MRI
445	9792083.5	777989.39	3159.098	MRI
446	9792079.8	777981.45	3158.994	MRI
447	9792075.8	777972.96	3158.883	MRI
448	9792072.4	777966.14	3158.793	MRI
449	9792068.8	777959.05	3158.699	MRI
450	9792067.6	777954.77	3158.646	MRI

P	N	E	Z	D
451	9792069.3	777952.31	3158.62	MRI
452	9792070.9	777949.72	3158.595	MRI
453	9792069.4	777947.12	3158.569	MRI
454	9792067.6	777945.51	3158.544	MRI
455	9792065.3	777945.86	3158.526	MRI
456	9792063.2	777944.88	3158.518	MRI
457	9792061.1	777939.18	3158.447	MRI
458	9792059	777933.22	3158.372	MRI
459	9792056.9	777927.74	3158.303	MRI
460	9792055.1	777922.68	3158.239	MRI
461	9792053.6	777916.43	3158.163	MRI
462	9792053.8	777911.87	3158.109	MRI
463	9792054.5	777904.86	3158.025	MRI
464	9792054.8	777898.32	3157.948	MRI
465	9792052.6	777892.59	3157.875	MRI
466	9792053.6	777887.3	3157.811	MRI
467	9792054.6	777883.3	3157.762	MRI
468	9792053.3	777876.69	3157.681	MRI
469	9792050.6	777869.32	3157.59	MRI
470	9792047.4	777862.93	3157.507	MRI
471	9792043.6	777857.67	3157.427	MRI
472	9792041	777854.49	3157.328	MRI
473	9792033.9	777848.07	3157.12	MRI
474	9792027.8	777841.93	3157.08	MRI
475	9792012.1	777832.57	3156.967	MRI
476	9792005	777828.66	3156.89	MRI
477	9791997.9	777825.02	3156.815	MRI
478	9791988	777822.29	3156.706	MRI
479	9791982.7	777822.56	3156.638	MRI
480	9791976.7	777822.12	3156.567	MRI
481	9791970	777822.25	3156.487	MRI
482	9791964	777821.74	3156.415	MRI
483	9791957.9	777820.4	3156.338	MRI
484	9791953.2	777819.32	3156.28	MRI
485	9791949.7	777817.53	3156.233	MRI
486	9791946.4	777814.09	3156.176	MRI
487	9791944	777808.93	3156.104	MRI
488	9791944.2	777804.6	3156.05	MRI
489	9791945.8	777795.55	3155.94	MRI
490	9791947.2	777787.27	3155.839	MRI
491	9791952.2	777778.72	3155.719	MRI
492	9791957	777771.33	3155.612	MRI
493	9791962.1	777763.88	3155.502	MRI
494	9791965.9	777756.42	3155.4	MRI
495	9792120.7	778075.88	3160.2	MRD
496	9792120.7	778066.25	3160.099	MRD
497	9792125.7	778054.33	3159.96	MRD
498	9792127.5	778047.67	3159.887	MRD
499	9792130.2	778039.85	3159.799	MRD
500	9792129.8	778027.98	3159.675	MRD

P	N	E	Z	D
501	9792125.7	778019.26	3159.568	MRD
502	9792120	778014.99	3159.496	MRD
503	9792117.9	778011.76	3159.454	MRD
504	9792117.2	778005.31	3159.387	MRD
505	9792114.4	777996.3	3159.285	MRD
506	9792112.1	777991.46	3159.23	MRD
507	9792108.7	777986.48	3159.166	MRD
508	9792101.9	777981.47	3159.075	MRD
509	9792098.2	777975.75	3159.003	MRD
510	9792095.2	777969.89	3158.933	MRD
511	9792091.3	777964.31	3158.862	MRD
512	9792088.1	777959.8	3158.802	MRD
513	9792086.2	777956	3158.758	MRD
514	9792084.7	777951.81	3158.712	MRD
515	9792084	777947	3158.66	MRD
516	9792082.2	777944.03	3158.618	MRD
517	9792081.7	777940.52	3158.571	MRD
518	9792081.5	777935.58	3158.51	MRD
519	9792081.4	777930.07	3158.442	MRD
520	9792080.4	777926.04	3158.39	MRD
521	9792080.2	777918.64	3158.296	MRD
522	9792081.8	777911.68	3158.208	MRD
523	9792080.5	777905.18	3158.124	MRD
524	9792078.5	777903.13	3158.091	MRD
525	9792079.4	777898.67	3158.032	MRD
526	9792079.3	777893.24	3157.963	MRD
527	9792080	777885.97	3157.873	MRD
528	9792081	777878.46	3157.779	MRD
529	9792081.8	777870.52	3157.677	MRD
530	9792081.7	777865.36	3157.616	MRD
531	9792079.6	777861.11	3157.557	MRD
532	9792075.4	777858.14	3157.492	MRD
533	9792070.3	777857.31	3157.425	MRD
534	9792064.3	777852.05	3157.322	MRD
535	9792058.9	777846.33	3157.229	MRD
536	9792053.5	777842.01	3157.141	MRD
537	9792047.9	777837.35	3157.047	MRD
538	9792042.3	777832.94	3156.96	MRD
539	9792037.6	777829.76	3156.89	MRD
540	9792032.6	777825.35	3156.81	MRD
541	9792024	777821.58	3156.692	MRD
542	9792018.9	777816.6	3156.602	MRD
543	9792010.9	777812.52	3156.487	MRD
544	9792001.6	777809.74	3156.369	MRD
545	9791990.7	777806.15	3156.224	MRD
546	9791984.4	777804.35	3156.144	MRD
547	9791977.4	777805.17	3156.057	MRD
548	9791972.6	777805.97	3155.994	MRD
549	9791969.2	777805.71	3155.952	MRD
550	9791965	777805.07	3155.905	MRD

P	N	E	Z	D
551	9791964.1	777803.48	3155.88	MRD
552	9791964.1	777801.48	3155.853	MRD
553	9791968	777795.61	3155.767	MRD
554	9791974.2	777791.48	3155.676	MRD
555	9791978.5	777783.88	3155.567	MRD
556	9791981.7	777777.9	3155.48	MRD
557	9791984.2	777774.62	3155.427	MRD
558	9791985.2	777771.94	3155.4	MRD
559	9792118.2	778076.77	3159.725	RIOD
560	9792118.4	778074.27	3159.696	RIOD
561	9792118.6	778071.19	3159.659	RIOD
562	9792118.8	778067.04	3159.609	RIOD
563	9792120	778062.86	3159.559	RIOD
564	9792121.2	778058.99	3159.511	RIOD
565	9792122.5	778054.12	3159.45	RIOD
566	9792124.3	778047.85	3159.375	RIOD
567	9792126.5	778040.68	3159.287	RIOD
568	9792126.7	778035.12	3159.221	RIOD
569	9792126.8	778029.77	3159.157	RIOD
570	9792125.2	778024.62	3159.095	RIOD
571	9792123.8	778021.58	3159.056	RIOD
572	9792120.2	778018.38	3158.997	RIOD
573	9792116.6	778014.61	3158.935	RIOD
574	9792114.9	778007.78	3158.851	RIOD
575	9792113.5	778001.69	3158.779	RIOD
576	9792111.3	777995.12	3158.696	RIOD
577	9792108.7	777991.24	3158.643	RIOD
578	9792106.3	777987.31	3158.588	RIOD
579	9792103.3	777985.11	3158.547	RIOD
580	9792100.9	777982.41	3158.502	RIOD
581	9792098.6	777979.52	3158.456	RIOD
582	9792096.8	777976.12	3158.412	RIOD
583	9792093.4	777969.84	3158.329	RIOD
584	9792089.2	777964.3	3158.247	RIOD
585	9792086.3	777958.7	3158.171	RIOD
586	9792084.3	777954.29	3158.114	RIOD
587	9792083	777950.66	3158.069	RIOD
588	9792081.3	777945.8	3158.009	RIOD
589	9792080.3	777940.98	3157.95	RIOD
590	9792080.1	777936.03	3157.892	RIOD
591	9792079	777928.22	3157.8	RIOD
592	9792078.1	777921.74	3157.722	RIOD
593	9792078.5	777914.14	3157.633	RIOD
594	9792078.3	777907.85	3157.559	RIOD
595	9792077.2	777899.95	3157.464	RIOD
596	9792077.3	777888.58	3157.33	RIOD
597	9792077.7	777881.67	3157.249	RIOD
598	9792078.7	777874.84	3157.167	RIOD
599	9792079.3	777868.33	3157.091	RIOD
600	9792078.8	777865.72	3157.059	RIOD

P	N	E	Z	D
601	9792078	777862.92	3157.025	RIOD
602	9792073.2	777861.72	3156.966	RIOD
603	9792066.9	777859.84	3156.887	RIOD
604	9792062.9	777855.04	3156.812	RIOD
605	9792060.2	777851.35	3156.759	RIOD
606	9792054.7	777846.41	3156.673	RIOD
607	9792051.5	777843.35	3156.609	RIOD
608	9792046.3	777839.49	3156.533	RIOD
609	9792041.9	777836.2	3156.468	RIOD
610	9792036.4	777833.06	3156.394	RIOD
611	9792032.1	777829.21	3156.324	RIOD
612	9792028.6	777826.07	3156.27	RIOD
613	9792025.4	777824.11	3156.226	RIOD
614	9792021.4	777822.38	3156.176	RIOD
615	9792016.5	777818.06	3156.097	RIOD
616	9792012.7	777815.63	3156.046	RIOD
617	9792008.3	777814.37	3155.99	RIOD
618	9792004.6	777813.74	3155.946	RIOD
619	9791998.4	777811.46	3155.869	RIOD
620	9791993.1	777809.03	3155.8	RIOD
621	9791986.6	777807.54	3155.721	RIOD
622	9791979	777806.52	3155.631	RIOD
623	9791972.6	777807.69	3155.554	RIOD
624	9791969	777807.3	3155.511	RIOD
625	9791965.9	777806.67	3155.476	RIOD
626	9791963.3	777805.91	3155.444	RIOD
627	9791962.4	777804.09	3155.421	RIOD
628	9791962.9	777801.63	3155.39	RIOD
629	9791964	777798.39	3155.348	RIOD
630	9791965.5	777795.83	3155.313	RIOD
631	9791968.1	777793.34	3155.27	RIOD
632	9791973.4	777790.23	3155.197	RIOD
633	9791976	777786.51	3155.142	RIOD
634	9791977.8	777781.85	3155.085	RIOD
635	9791980.5	777776.79	3155.017	RIOD
636	9791984.4	777770.16	3154.925	RIOD
637	9792107	778074.76	3159.725	RIOI
638	9792107.8	778068.56	3159.653	RIOI
639	9792108.9	778059.53	3159.545	RIOI
640	9792109.8	778051.01	3159.444	RIOI
641	9792110.7	778042.57	3159.345	RIOI
642	9792110.6	778034.02	3159.245	RIOI
643	9792109.1	778026.39	3159.154	RIOI
644	9792107.9	778021.81	3159.1	RIOI
645	9792105.1	778014.49	3159.008	RIOI
646	9792100.9	778007.65	3158.915	RIOI
647	9792097.1	778001.97	3158.835	RIOI
648	9792093.2	777997.69	3158.769	RIOI
649	9792089.3	777995.04	3158.712	RIOI
650	9792086.4	777990.57	3158.651	RIOI

P	N	E	Z	D
651	9792083.1	777985.97	3158.585	RIOI
652	9792079.2	777976.39	3158.465	RIOI
653	9792076.1	777971.01	3158.392	RIOI
654	9792073.3	777964.36	3158.307	RIOI
655	9792069.3	777955.48	3158.194	RIOI
656	9792070.9	777953.36	3158.163	RIOI
657	9792071.9	777950.01	3158.123	RIOI
658	9792070.4	777946.33	3158.073	RIOI
659	9792068.2	777944.32	3158.039	RIOI
660	9792065.3	777943.84	3158.006	RIOI
661	9792063.7	777942.32	3157.979	RIOI
662	9792062.5	777937.04	3157.916	RIOI
663	9792059.8	777930.49	3157.833	RIOI
664	9792056.6	777920.53	3157.711	RIOI
665	9792055.9	777912.55	3157.618	RIOI
666	9792056.3	777906.53	3157.547	RIOI
667	9792056.6	777900.53	3157.477	RIOI
668	9792055.8	777894.4	3157.404	RIOI
669	9792055.6	777889.2	3157.344	RIOI
670	9792056.2	777884.06	3157.284	RIOI
671	9792055.8	777877.62	3157.209	RIOI
672	9792053.4	777869.88	3157.115	RIOI
673	9792049.6	777862.82	3157.021	RIOI
674	9792043.3	777853.03	3156.885	RIOI
675	9792037.7	777847.53	3156.791	RIOI
676	9792029.9	777841.3	3156.677	RIOI
677	9792019.4	777834.96	3156.535	RIOI
678	9792011.1	777829.82	3156.419	RIOI
679	9792001.7	777824.63	3156.295	RIOI
680	9791995.4	777821.95	3156.213	RIOI
681	9791982.5	777820.31	3156.065	RIOI
682	9791976.2	777820.85	3155.991	RIOI
683	9791969	777820.29	3155.907	RIOI
684	9791960.6	777819.16	3155.808	RIOI
685	9791953.5	777816.89	3155.719	RIOI
686	9791948.5	777813.74	3155.651	RIOI
687	9791947.3	777808.58	3155.593	RIOI
688	9791947.5	777801.07	3155.502	RIOI
689	9791948.6	777794.34	3155.423	RIOI
690	9791951.4	777787.41	3155.336	RIOI
691	9791954.8	777782.17	3155.263	RIOI
692	9791959.1	777775.7	3155.171	RIOI
693	9791962.7	777769.41	3155.089	RIOI
694	9791965.3	777764.34	3155.023	RIOI
695	9791968.4	777758.57	3154.923	RIOI
696	9792113.1	778075.89	3159.257	RIO
697	9792116.1	778058.16	3159.043	RIO
698	9792118	778046.51	3158.898	RIO
699	9792118.4	778037.07	3158.786	RIO
700	9792116.9	778028.45	3158.68	RIO

P	N	E	Z	D
701	9792112.5	778017.53	3158.539	RIO
702	9792109.1	778009.74	3158.436	RIO
703	9792099	777992.56	3158.199	RIO
704	9792086.8	777974.2	3157.932	RIO
705	9792078.7	777956.2	3157.695	RIO
706	9792073.7	777938.4	3157.471	RIO
707	9792070.7	777923.36	3157.285	RIO
708	9792068.6	777901.87	3157.029	RIO
709	9792067.3	777884.44	3156.818	RIO
710	9792063.7	777868.92	3156.626	RIO
711	9792055.4	777857.44	3156.456	RIO
712	9792049.1	777849.64	3156.33	RIO
713	9792039.2	777842.29	3156.183	RIO
714	9792025.3	777832.94	3155.985	RIO
715	9792013.8	777822.93	3155.801	RIO
716	9792002.8	777818.71	3155.661	RIO
717	9791991.3	777815.59	3155.515	RIO
718	9791980.4	777813.02	3155.384	RIO
719	9791961	777812.3	3155.15	RIO
720	9791957.2	777808.98	3155.09	RIO
721	9791956.8	777802.06	3155.008	RIO
722	9791957.6	777792.27	3154.887	RIO
723	9791966.1	777778.24	3154.691	RIO
724	9791975.8	777764.01	3154.457	RIO
725	9792182.3	777845.13	3164.98	TOP
726	9792174.5	777853.83	3165.03	TOP
727	9792169.7	777860.39	3164.86	TOP
728	9792163.9	777864.86	3165.16	TOP
729	9792163.4	777871.36	3165.065	TOP
730	9792164.8	777876.17	3164.88	TOP
731	9792174.3	777873.7	3165.54	TOP
732	9792182.6	777865.07	3166.34	TOP
733	9792183.4	777881.64	3167.13	TOP
734	9792184.6	777896.14	3169.056	TOP
735	9792198.7	777895.1	3170.42	TOP
736	9792205.6	777883.71	3170.76	TOP
737	9792199.6	777916.33	3171.26	TOP
738	9792165.9	777853.26	3162.37	TOP
739	9792159.7	777870.71	3161.54	TOP
740	9792160.6	777860.79	3161.12	TOP
741	9792161.6	777843.22	3161.089	TOP
742	9792157.3	777852.12	3160.98	TOP
743	9792155.9	777861.56	3161.14	TOP
744	9792153.3	777867.05	3160.87	TOP
745	9792144.6	777868.51	3161.35	TOP
746	9792134.7	777842.63	3160.83	TOP
747	9792110	777825.87	3160.28	TOP
748	9792109.2	777855.98	3160.76	TOP
749	9792076.8	777818.76	3159.81	TOP
750	9792093.3	777836.38	3160.32	TOP

P	N	E	Z	D
751	9792039.2	777804.05	3159.26	TOP
752	9792017.8	777790.87	3158.76	TOP
753	9791994.7	777789.96	3158.01	TOP
754	9791987.3	777774.96	3157.39	TOP
755	9791984.7	777776.72	3157.43	TOP
756	9791983.5	777779.86	3157.41	TOP
757	9791980.7	777784.25	3157.48	TOP
758	9791979.3	777789.14	3157.52	TOP
759	9791975.9	777793.84	3157.58	TOP
760	9791970.9	777795.97	3157.65	TOP
761	9791969	777798.99	3157.68	TOP
762	9791967	777801.07	3157.72	TOP
763	9791965.8	777802.8	3157.78	TOP
764	9791968.1	777803.55	3157.83	TOP
765	9791970.9	777803.43	3157.86	TOP
766	9791973.8	777803.12	3157.875	TOP
767	9791978.1	777802.88	3157.94	TOP
768	9791982.1	777802.33	3157.98	TOP
769	9791987	777802.69	3158.104	TOP
770	9791990.8	777803.38	3158.108	TOP
771	9791994.8	777804.29	3158.114	TOP
772	9792000.1	777805.99	3158.124	TOP
773	9792007.3	777808.51	3158.28	TOP
774	9792013.4	777810.13	3158.37	TOP
775	9792019.7	777813.14	3158.492	TOP
776	9792025.7	777818.37	3158.592	TOP
777	9792032.4	777821.19	3158.67	TOP
778	9792039.1	777826.22	3158.75	TOP
779	9792046.4	777831.55	3158.88	TOP
780	9792051.9	777835.58	3158.94	TOP
781	9792057.7	777840.71	3158.97	TOP
782	9792068.2	777830.42	3159.32	TOP
783	9792062.8	777845.74	3159.189	TOP
784	9792067.7	777850.97	3159.124	TOP
785	9792072.1	777854.2	3159.21	TOP
786	9792078.7	777855.2	3159.315	TOP
787	9792082.5	777859.63	3159.371	TOP
788	9792085.2	777863.95	3159.402	TOP
789	9792085.2	777868.88	3159.452	TOP
790	9792084.7	777875.11	3159.517	TOP
791	9792084.1	777883.66	3159.576	TOP
792	9792083	777888.89	3159.815	TOP
793	9792081.8	777898.75	3160.01	TOP
794	9792097.2	777866.78	3160.34	TOP
795	9792091.2	777879.64	3160.85	TOP
796	9792088.3	777896.34	3160.45	TOP
797	9792099.1	777886.03	3161.95	TOP
798	9792100.9	777891.79	3160.64	TOP
799	9792105.5	777872.47	3161.54	TOP
800	9792110.9	777881.65	3161.74	TOP

P	N	E	Z	D
801	9792113.7	777889.8	3160.91	TOP
802	9792117	777869.47	3161.24	TOP
803	9792121.1	777875.59	3161.83	TOP
804	9792126.9	777880.32	3161.78	TOP
805	9792130.7	777892.35	3161.45	TOP
806	9792132	777871.77	3161.62	TOP
807	9792134.8	777879.19	3161.472	TOP
808	9792151.3	777873.52	3160.45	TOP
809	9792157.4	777879.98	3161.58	TOP
810	9792165.3	777882.12	3163.84	TOP
811	9792164.9	777887.95	3164.51	TOP
812	9792164.3	777892.23	3164.62	TOP
813	9792153.3	777886.35	3161.64	TOP
814	9792148.9	777880	3160.37	TOP
815	9792154.5	777893.33	3162.612	TOP
816	9792145.3	777887.25	3160.78	TOP
817	9792147.3	777895.73	3161.498	TOP
818	9792142.2	777894.6	3160.82	TOP
819	9792162	777895.37	3164.96	TOP
820	9792160.4	777899.52	3165.03	TOP
821	9792156.8	777902.46	3165.15	TOP
822	9792139	777899.95	3160.85	TOP
823	9792153.4	777906.56	3165.12	TOP
824	9792149.4	777909.5	3165.56	TOP
825	9792137.9	777902.63	3161.01	TOP
826	9792140.8	777907.4	3162.86	TOP
827	9792144.9	777913.6	3165.23	TOP
828	9792134.5	777904.7	3161.13	TOP
829	9792135.2	777912.64	3163.056	TOP
830	9792139.9	777916.93	3165.12	TOP
831	9792134.5	777918.28	3165.21	TOP
832	9792127.5	777912.74	3163.33	TOP
833	9792125.7	777904.85	3161.098	TOP
834	9792114.3	777905.97	3161.35	TOP
835	9792124.7	777921.15	3165.16	TOP
836	9792111.8	777917.74	3162.55	TOP
837	9792119.1	777927.81	3165.18	TOP
838	9792108.6	777905.64	3160.86	TOP
839	9792101.3	777905.3	3161.03	TOP
840	9792092.9	777904.05	3160.98	TOP
841	9792088.2	777903.98	3160.86	TOP
842	9792086.4	777905.64	3160.732	TOP
843	9792082.8	777906.81	3160.55	TOP
844	9792114.4	777933.95	3165.21	TOP
845	9792111	777927.69	3164.64	TOP
846	9792103.3	777921.46	3164.02	TOP
847	9792093.8	777919.16	3163.4	TOP
848	9792082.3	777919.94	3161.12	TOP
849	9792082.3	777926.7	3161.38	TOP
850	9792085.9	777948.99	3158.86	TOP

P	N	E	Z	D
851	9792103.6	777931.4	3164.22	TOP
852	9792096.2	777930.42	3164.15	TOP
853	9792110	777941.69	3165.08	TOP
854	9792107.1	777946.43	3164.98	TOP
855	9792104	777949.68	3164.96	TOP
856	9792101	777953.53	3165.098	TOP
857	9792101.5	777957.69	3165.18	TOP
858	9792100.4	777961.3	3165.26	TOP
859	9792101.6	777964.32	3165.33	TOP
860	9792100.3	777967.04	3165.43	TOP
861	9792097.8	777969.59	3165.36	TOP
862	9792099.6	777971.85	3165.55	TOP
863	9792102.4	777972.25	3165.78	TOP
864	9792095	777966.03	3160.12	TOP
865	9792106.6	777979.45	3166.23	TOP
866	9792112.2	777983.92	3167.96	TOP
867	9792114.9	777988.86	3168.13	TOP
868	9792123.8	777962.69	3169.21	TOP
869	9792123.8	777985.29	3169.48	TOP
870	9792118.8	777995.7	3168.59	TOP
871	9792120.9	778004.41	3168.94	TOP
872	9792125.3	778011.98	3169.076	TOP
873	9792130.1	778018.2	3169.15	TOP
874	9792133.3	778024.53	3169.23	TOP
875	9792141.2	778022.91	3169.89	TOP
876	9792134.3	778033.27	3169.43	TOP
877	9792133.4	778040.63	3169.48	TOP
878	9792131.8	778047.58	3169.59	TOP
879	9792129.6	778054.73	3169.64	TOP
880	9792127.7	778062.51	3169.84	TOP
881	9792138.2	778057.07	3170.15	TOP
882	9792126.2	778070.7	3170.03	TOP
883	9792126.8	778078.27	3170.12	TOP
884	9792134.2	778077.4	3170.19	TOP
885	9792149.1	778067.4	3171.26	TOP
886	9792148.7	778037.74	3171.18	TOP
887	9792153.7	777950.33	3171.24	TOP
888	9792148.4	777978.06	3171.36	TOP
889	9792159.2	778012.58	3171.79	TOP
890	9792159.4	778029.41	3171.86	TOP
891	9792159	778047.41	3171.987	TOP
892	9792166.5	777960.46	3171.5	TOP
893	9792213.2	777905.63	3171.68	TOP
894	9792227.1	777892.51	3171.84	TOP
895	9792224.2	777903.9	3171.86	TOP
896	9792224	777918.92	3171.94	TOP
897	9792209.3	777950.33	3172.15	TOP
898	9792203.8	777967.39	3172.21	TOP
899	9792186.4	777992.99	3172.65	TOP
900	9792166.5	778063.64	3172.35	TOP

P	N	E	Z	D
901	9792175	778042.04	3172.85	TOP
902	9792184.3	778054.31	3173.136	TOP
903	9792194.7	778038.85	3174.29	TOP
904	9792197.5	778064.97	3174.46	TOP
905	9792213.1	778069.03	3174.68	TOP
906	9792220.2	778054.74	3174.73	TOP
907	9792212.9	777993.25	3174.24	TOP
908	9792219.3	777970.85	3173.86	TOP
909	9792231.3	778023	3174.5	TOP
910	9792233.4	777961.52	3173.66	TOP
911	9792241.6	777912.19	3172.86	TOP
912	9792250.7	777902.52	3173.42	TOP
913	9792243	777931.69	3173.58	TOP
914	9792269.4	777918.25	3174.2	TOP
915	9792263.5	777913.27	3174.14	TOP
916	9792259.5	777940.72	3174.6	TOP
917	9792243.9	777986.33	3174.78	TOP
918	9792245	777959.23	3174.39	TOP
919	9792256.4	777925.1	3174.26	TOP
920	9792260.3	777933.69	3174.46	TOP
921	9791914	777847.9	3174.13	TOP
922	9791922.8	777888.06	3175.015	TOP
923	9791960.5	777752.1	3158.56	TOP
924	9791956.8	777758.41	3158.63	TOP
925	9791955	777764.54	3158.66	TOP
926	9791952.4	777768.87	3158.772	TOP
927	9791951	777773.56	3158.832	TOP
928	9791947.9	777777.7	3158.88	TOP
929	9791944.9	777783.29	3158.94	TOP
930	9791942.7	777789.79	3158.99	TOP
931	9791942.3	777797.72	3159.15	TOP
932	9791940.4	777804.21	3159.21	TOP
933	9791942.4	777814.03	3159.264	TOP
934	9791943.4	777819.7	3159.336	TOP
935	9791937	777809.54	3160.18	TOP
936	9791936.2	777818.86	3160.76	TOP
937	9791933.3	777826.62	3161.64	TOP
938	9791906.4	777828.08	3173.14	TOP
939	9791903.9	777819.27	3172.67	TOP
940	9791905.7	777809.87	3171.54	TOP
941	9791908.3	777793.2	3170.55	TOP
942	9791914.6	777781.61	3168.42	TOP
943	9791921.1	777776.36	3167.29	TOP
944	9791926.5	777770.02	3165.75	TOP
945	9791936.3	777768.75	3163.431	TOP
946	9791941.9	777767.48	3162.54	TOP
947	9791945.7	777753.69	3162.84	TOP
948	9791930.2	777789.92	3163.84	TOP
949	9791925.9	777815.6	3164.27	TOP
950	9791923.3	777805.22	3166.014	TOP

P	N	E	Z	D
951	9791920.6	777820.92	3166.678	TOP
952	9791942.8	777741.55	3163.723	TOP
953	9791930.7	777748.25	3165.12	TOP
954	9791925.3	777735.57	3166.25	TOP
955	9791914.2	777759.12	3167.03	TOP
956	9791912.6	777737.75	3166.89	TOP
957	9791885.8	777808.93	3175.12	TOP
958	9791894.1	777796.93	3175.01	TOP
959	9791896	777780.73	3174.86	TOP
960	9791901	777767.09	3174.71	TOP
961	9791867.8	777808.32	3176.43	TOP
962	9791864.7	777800.23	3176.12	TOP
963	9791873.1	777794.76	3176.03	TOP
964	9791871.9	777784.5	3175.77	TOP
965	9791868.2	777779.26	3175.32	TOP
966	9791883.9	777777.86	3175.13	TOP
967	9791883.5	777768.55	3174.83	TOP
968	9791889.8	777768.77	3174.76	TOP
969	9791955.2	777866.07	3161.465	TOP
970	9791945.5	777851.39	3162.015	TOP
971	9791938.7	777837.25	3160.8	TOP
972	9791945.8	777830.67	3159.35	TOP
973	9791956.8	777840.65	3160.21	TOP
974	9791961	777827.95	3159.54	TOP
975	9791972.8	777842.65	3158.62	TOP
976	9791995.1	777833.5	3157.36	TOP
977	9791993.7	777847.8	3157.76	TOP
978	9792008.5	777845.22	3157.59	TOP
979	9792019.7	777852.95	3157.83	TOP
980	9792013.4	777871.82	3158.45	TOP
981	9792039.9	777895.34	3160.23	TOP
982	9792043.9	777875.1	3158.65	TOP
983	9792062.4	777946.82	3163.84	TOP
984	9792065.2	777947.14	3163.66	TOP
985	9792067.8	777947.71	3163.12	TOP
986	9792069.1	777949.54	3163.01	TOP
987	9792067.9	777951.85	3163.45	TOP
988	9792066.1	777953.62	3163.86	TOP
989	9792066.3	777957.16	3164.32	TOP
990	9792056	777930.5	3164.33	TOP
991	9792054.2	777926.36	3164.24	TOP
992	9792052.4	777921.21	3164.38	TOP
993	9792051	777912.05	3162.67	TOP
994	9792104.9	778025.18	3163.35	TOP
995	9792106.2	778039	3162.86	TOP
996	9792105	778046.65	3162.93	TOP
997	9792104.6	778054.3	3162.86	TOP
998	9792103.7	778061.61	3163.016	TOP
999	9792103.7	778066.95	3162.84	TOP
1000	9792103.7	778072.63	3162.66	TOP

Anexo 2

AFORO VEHICULAR					INGRESO
FECHA:	LUNES 09/MAYO/2016		REGISTRÓ:	JUAN ANDRÉS SEGOVIA B.	
HORARIO:	DE 06H00 A 18H00		LOCALIZACIÓN:	9,792,659.29	m
			WGS 84 - 17M	776,728.37	m
HORA	MOTOS	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES (2 EJES)	TOTAL
06H00 - 07H00					0
07H00 - 08H00		1			4
08H00 - 09H00	1				4
09H00 - 10H00	1				3
10H00 - 11H00		1			2
11H00 - 12H00		1			4
12H00 - 13H00		1			3
13H00 - 14H00	1				4
14H00 - 15H00					0
15H00 - 16H00					0
16H00 - 17H00		1			3
17H00 - 18H00			1		1
TOTAL	4	14	7	3	28

AFORO VEHICULAR					SALIDA
FECHA:	LUNES 09/MAYO/2016		REGISTRÓ:	JUAN ANDRÉS SEGOVIA B.	
HORARIO:	DE 06H00 A 18H00		LOCALIZACIÓN:	9,792,659.29	m
			WGS 84 - 17M	776,728.37	m
HORA	MOTOS	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES (2 EJES)	TOTAL
06H00 - 07H00	1	1			14
07H00 - 08H00	1	1			6
08H00 - 09H00	1	1			4
09H00 - 10H00	1				4
10H00 - 11H00		1			2
11H00 - 12H00					0
12H00 - 13H00					1
13H00 - 14H00		1			2
14H00 - 15H00					1
15H00 - 16H00					0
16H00 - 17H00			1		1
17H00 - 18H00					0
TOTAL	4	19	9	3	35

AFORO VEHICULAR					TOTAL
FECHA:		LUNES 09/MAYO/2016		REGISTRÓ: JUAN ANDRÉS SEGOVIA B.	
HORARIO:		DE 06H00 A 18H00		LOCALIZACIÓN: 9792659.29 m WGS 84 - 17M 776728.37 m	
HORA	MOTOS	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES (2 EJES)	TOTAL
06H00 - 07H00		<input checked="" type="checkbox"/>			14
07H00 - 08H00		<input checked="" type="checkbox"/>			10
08H00 - 09H00		<input checked="" type="checkbox"/>			8
09H00 - 10H00	<input type="checkbox"/>				7
10H00 - 11H00		<input type="checkbox"/>			4
11H00 - 12H00		<input type="checkbox"/>			4
12H00 - 13H00		<input type="checkbox"/>			4
13H00 - 14H00				<input type="checkbox"/>	6
14H00 - 15H00					1
15H00 - 16H00					0
16H00 - 17H00					4
17H00 - 18H00					1
TOTAL	8	33	16	6	63

AFORO VEHICULAR					INGRESO
FECHA:		MARTES 10/MAYO/2016		REGISTRÓ: JUAN ANDRÉS SEGOVIA B.	
HORARIO:		DE 06H00 A 18H00		LOCALIZACIÓN: 9,792,659.29 m WGS 84 - 17M 776,728.37 m	
HORA	MOTOS	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES (2 EJES)	TOTAL
06H00 - 07H00					0
07H00 - 08H00		<input type="checkbox"/>			5
08H00 - 09H00	<input type="checkbox"/>				4
09H00 - 10H00					2
10H00 - 11H00					2
11H00 - 12H00					0
12H00 - 13H00		<input checked="" type="checkbox"/>			5
13H00 - 14H00				<input type="checkbox"/>	3
14H00 - 15H00					0
15H00 - 16H00					0
16H00 - 17H00					3
17H00 - 18H00					1
TOTAL	3	13	7	2	25

AFORO VEHICULAR					SALIDA
FECHA:		MARTES 10/MAYO/2016		REGISTRÓ: JUAN ANDRÉS SEGOVIA B.	
HORARIO:		DE 06H00 A 18H00		LOCALIZACIÓN: 9,792,659.29 m WGS 84 - 17M 776,728.37 m	
HORA	MOTOS	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES (2 EJES)	TOTAL
06H00 - 07H00	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	12
07H00 - 08H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4
08H00 - 09H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4
09H00 - 10H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3
10H00 - 11H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2
11H00 - 12H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
12H00 - 13H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
13H00 - 14H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2
14H00 - 15H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
15H00 - 16H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
16H00 - 17H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
17H00 - 18H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
TOTAL	3	17	9	2	31

AFORO VEHICULAR					TOTAL
FECHA:		MARTES 10/MAYO/2016		REGISTRÓ: JUAN ANDRÉS SEGOVIA B.	
HORARIO:		DE 06H00 A 18H00		LOCALIZACIÓN: 9,792,659.29 m WGS 84 - 17M 776,728.37 m	
HORA	MOTOS	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES (2 EJES)	TOTAL
06H00 - 07H00	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	12
07H00 - 08H00	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	9
08H00 - 09H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8
09H00 - 10H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5
10H00 - 11H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4
11H00 - 12H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
12H00 - 13H00	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6
13H00 - 14H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5
14H00 - 15H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
15H00 - 16H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
16H00 - 17H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4
17H00 - 18H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
TOTAL	6	30	16	4	56

AFORO VEHICULAR					INGRESO
FECHA:	MIERCOLES 11/MAYO/2016		REGISTRÓ:	JUAN ANDRÉS SEGOVIA B.	
HORARIO:	DE 06H00 A 18H00		LOCALIZACIÓN:	9,792,659.29	m
			WGS 84 - 17M	776,728.37	m
HORA	MOTOS	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES (2 EJES)	TOTAL
06H00 - 07H00					0
07H00 - 08H00					1
08H00 - 09H00	1				6
09H00 - 10H00					2
10H00 - 11H00		1			4
11H00 - 12H00					0
12H00 - 13H00					0
13H00 - 14H00		1			5
14H00 - 15H00		1		1	8
15H00 - 16H00					0
16H00 - 17H00					2
17H00 - 18H00					1
TOTAL	3	17	7	2	29

AFORO VEHICULAR					SALIDA
FECHA:	MIERCOLES 11/MAYO/2016		REGISTRÓ:	JUAN ANDRÉS SEGOVIA B.	
HORARIO:	DE 06H00 A 18H00		LOCALIZACIÓN:	9,792,659.29	m
			WGS 84 - 17M	776,728.37	m
HORA	MOTOS	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES (2 EJES)	TOTAL
06H00 - 07H00	1	1		1	16
07H00 - 08H00		1			7
08H00 - 09H00		1			4
09H00 - 10H00		1			4
10H00 - 11H00		1			2
11H00 - 12H00					0
12H00 - 13H00					1
13H00 - 14H00		1			1
14H00 - 15H00					1
15H00 - 16H00					0
16H00 - 17H00					1
17H00 - 18H00					0
TOTAL	3	21	9	4	37

AFORO VEHICULAR					TOTAL
FECHA:		MIERCOLES 11/MAYO/2016		REGISTRÓ: JUAN ANDRÉS SEGOVIA B.	
HORARIO:		DE 06H00 A 18H00		LOCALIZACIÓN: 9,792,659.29 m WGS 84 - 17M 776,728.37 m	
HORA	MOTOS	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES (2 EJES)	TOTAL
06H00 - 07H00	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	16
07H00 - 08H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8
08H00 - 09H00	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10
09H00 - 10H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6
10H00 - 11H00	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6
11H00 - 12H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
12H00 - 13H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
13H00 - 14H00	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6
14H00 - 15H00	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	9
15H00 - 16H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
16H00 - 17H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3
17H00 - 18H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
TOTAL	6	38	16	6	66

AFORO VEHICULAR					INGRESO
FECHA:		JUEVES 12/MAYO/2016		REGISTRÓ: JUAN ANDRÉS SEGOVIA B.	
HORARIO:		DE 06H00 A 18H00		LOCALIZACIÓN: 9,792,659.29 m WGS 84 - 17M 776,728.37 m	
HORA	MOTOS	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES (2 EJES)	TOTAL
06H00 - 07H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
07H00 - 08H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2
08H00 - 09H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6
09H00 - 10H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2
10H00 - 11H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3
11H00 - 12H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
12H00 - 13H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5
13H00 - 14H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2
14H00 - 15H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
15H00 - 16H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
16H00 - 17H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
17H00 - 18H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
TOTAL	3	12	7	1	23

AFORO VEHICULAR					SALIDA
FECHA:		JUEVES 12/MAYO/2016		REGISTRÓ: JUAN ANDRÉS SEGOVIA B.	
HORARIO:		DE 06H00 A 18H00		LOCALIZACIÓN: 9,792,659.29 m WGS 84 - 17M 776,728.37 m	
HORA	MOTOS	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES (2 EJES)	TOTAL
06H00 - 07H00		1			12
07H00 - 08H00		1			4
08H00 - 09H00	1				2
09H00 - 10H00		1			4
10H00 - 11H00		1			2
11H00 - 12H00					0
12H00 - 13H00		1			2
13H00 - 14H00					0
14H00 - 15H00					1
15H00 - 16H00					0
16H00 - 17H00					1
17H00 - 18H00					0
TOTAL	3	15	9	1	28

AFORO VEHICULAR					TOTAL
FECHA:		JUEVES 12/MAYO/2016		REGISTRÓ: JUAN ANDRÉS SEGOVIA B.	
HORARIO:		DE 06H00 A 18H00		LOCALIZACIÓN: 9,792,659.29 m WGS 84 - 17M 776,728.37 m	
HORA	MOTOS	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES (2 EJES)	TOTAL
06H00 - 07H00		1			12
07H00 - 08H00		1			6
08H00 - 09H00	1	1			8
09H00 - 10H00		1	1		6
10H00 - 11H00		1			5
11H00 - 12H00				1	1
12H00 - 13H00		1			7
13H00 - 14H00		1			2
14H00 - 15H00					1
15H00 - 16H00					0
16H00 - 17H00			1		2
17H00 - 18H00					1
TOTAL	6	27	16	2	51

AFORO VEHICULAR					INGRESO
FECHA:	VIERNES 13/MAYO/2016		REGISTRÓ:	JUAN ANDRÉS SEGOVIA B.	
HORARIO:	DE 06H00 A 18H00		LOCALIZACIÓN:	9,792,659.29	m
			WGS 84 - 17M	776,728.37	m
HORA	MOTOS	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES (2 EJES)	TOTAL
06H00 - 07H00					0
07H00 - 08H00					2
08H00 - 09H00	1	1			6
09H00 - 10H00					2
10H00 - 11H00					3
11H00 - 12H00					0
12H00 - 13H00	1	1			5
13H00 - 14H00					2
14H00 - 15H00					0
15H00 - 16H00					0
16H00 - 17H00					1
17H00 - 18H00					1
TOTAL	3	12	7	0	22

AFORO VEHICULAR					SALIDA
FECHA:	VIERNES 13/MAYO/2016		REGISTRÓ:	JUAN ANDRÉS SEGOVIA B.	
HORARIO:	DE 06H00 A 18H00		LOCALIZACIÓN:	9,792,659.29	m
			WGS 84 - 17M	776,728.37	m
HORA	MOTOS	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES (2 EJES)	TOTAL
06H00 - 07H00	1	1			13
07H00 - 08H00					2
08H00 - 09H00					1
09H00 - 10H00					3
10H00 - 11H00					0
11H00 - 12H00					0
12H00 - 13H00					1
13H00 - 14H00					2
14H00 - 15H00					1
15H00 - 16H00					0
16H00 - 17H00					1
17H00 - 18H00					0
TOTAL	2	13	9	0	24

AFORO VEHICULAR					TOTAL
FECHA:	VIERNES 13/MAYO/2016		REGISTRÓ:	JUAN ANDRÉS SEGOVIA B.	
HORARIO:	DE 06H00 A 18H00		LOCALIZACIÓN:	9,792,659.29	m
			WGS 84 - 17M	776,728.37	m
HORA	MOTOS	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES (2 EJES)	TOTAL
06H00 - 07H00	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		13
07H00 - 08H00					4
08H00 - 09H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		7
09H00 - 10H00			<input type="checkbox"/>		5
10H00 - 11H00					3
11H00 - 12H00					0
12H00 - 13H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			6
13H00 - 14H00		<input type="checkbox"/>			4
14H00 - 15H00					1
15H00 - 16H00					0
16H00 - 17H00			<input type="checkbox"/>		2
17H00 - 18H00					1
TOTAL	5	25	16	0	46

AFORO VEHICULAR					INGRESO
FECHA:	SABADO 14/MAYO/2016		REGISTRÓ:	JUAN ANDRÉS SEGOVIA B.	
HORARIO:	DE 06H00 A 18H00		LOCALIZACIÓN:	9,792,659.29	m
			WGS 84 - 17M	776,728.37	m
HORA	MOTOS	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES (2 EJES)	TOTAL
06H00 - 07H00					0
07H00 - 08H00					1
08H00 - 09H00					1
09H00 - 10H00					1
10H00 - 11H00					0
11H00 - 12H00		<input checked="" type="checkbox"/>			6
12H00 - 13H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			7
13H00 - 14H00				<input type="checkbox"/>	4
14H00 - 15H00		<input type="checkbox"/>			4
15H00 - 16H00					0
16H00 - 17H00					1
17H00 - 18H00					1
TOTAL	3	13	6	4	26

AFORO VEHICULAR					SALIDA
FECHA:		SABADO 14/MAYO/2016		REGISTRÓ: JUAN ANDRÉS SEGOVIA B.	
HORARIO:		DE 06H00 A 18H00		LOCALIZACIÓN: 9,792,659.29 m WGS 84 - 17M 776,728.37 m	
HORA	MOTOS	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES (2 EJES)	TOTAL
06H00 - 07H00		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	13
07H00 - 08H00		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6
08H00 - 09H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6
09H00 - 10H00			<input type="checkbox"/>		2
10H00 - 11H00	<input type="checkbox"/>				2
11H00 - 12H00					1
12H00 - 13H00					0
13H00 - 14H00					0
14H00 - 15H00			<input type="checkbox"/>		1
15H00 - 16H00					0
16H00 - 17H00			<input type="checkbox"/>		1
17H00 - 18H00					0
TOTAL	3	17	8	4	32

AFORO VEHICULAR					TOTAL
FECHA:		SABADO 14/MAYO/2016		REGISTRÓ: JUAN ANDRÉS SEGOVIA B.	
HORARIO:		DE 06H00 A 18H00		LOCALIZACIÓN: 9,792,659.29 m WGS 84 - 17M 776,728.37 m	
HORA	MOTOS	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES (2 EJES)	TOTAL
06H00 - 07H00		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	13
07H00 - 08H00		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7
08H00 - 09H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7
09H00 - 10H00			<input type="checkbox"/>		3
10H00 - 11H00	<input type="checkbox"/>				2
11H00 - 12H00		<input checked="" type="checkbox"/>			7
12H00 - 13H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			7
13H00 - 14H00			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4
14H00 - 15H00		<input type="checkbox"/>			5
15H00 - 16H00					0
16H00 - 17H00			<input type="checkbox"/>		2
17H00 - 18H00					1
TOTAL	6	30	14	8	58

AFORO VEHICULAR					INGRESO
FECHA:	DOMINGO 15/MAYO/2016		REGISTRÓ:	JUAN ANDRÉS SEGOVIA B.	
HORARIO:	DE 06H00 A 18H00		LOCALIZACIÓN:	9,792,659.29	m
			WGS 84 - 17M	776,728.37	m
HORA	MOTOS	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES (2 EJES)	TOTAL
06H00 - 07H00					0
07H00 - 08H00					0
08H00 - 09H00					2
09H00 - 10H00					2
10H00 - 11H00					2
11H00 - 12H00					0
12H00 - 13H00					2
13H00 - 14H00					1
14H00 - 15H00					3
15H00 - 16H00					3
16H00 - 17H00					1
17H00 - 18H00					2
TOTAL	2	10	5	1	18

AFORO VEHICULAR					SALIDA
FECHA:	DOMINGO 15/MAYO/2016		REGISTRÓ:	JUAN ANDRÉS SEGOVIA B.	
HORARIO:	DE 06H00 A 18H00		LOCALIZACIÓN:	9,792,659.29	m
			WGS 84 - 17M	776,728.37	m
HORA	MOTOS	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES (2 EJES)	TOTAL
06H00 - 07H00					5
07H00 - 08H00					5
08H00 - 09H00					5
09H00 - 10H00					3
10H00 - 11H00					1
11H00 - 12H00					0
12H00 - 13H00					1
13H00 - 14H00					0
14H00 - 15H00					0
15H00 - 16H00					0
16H00 - 17H00					0
17H00 - 18H00					0
TOTAL	2	11	6	1	20

AFORO VEHICULAR					TOTAL
FECHA:		DOMINGO 15/MAYO/2016		REGISTRÓ: JUAN ANDRÉS SEGOVIA B.	
HORARIO:		DE 06H00 A 18H00		LOCALIZACIÓN: 9,792,659.29 m WGS 84 - 17M 776,728.37 m	
HORA	MOTOS	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES (2 EJES)	TOTAL
06H00 - 07H00		<input checked="" type="checkbox"/>			5
07H00 - 08H00		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		5
08H00 - 09H00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7
09H00 - 10H00		<input type="checkbox"/>			5
10H00 - 11H00		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		3
11H00 - 12H00					0
12H00 - 13H00		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		3
13H00 - 14H00			<input type="checkbox"/>		1
14H00 - 15H00		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	3
15H00 - 16H00	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		3
16H00 - 17H00			<input type="checkbox"/>		1
17H00 - 18H00		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		2
TOTAL	4	21	11	2	38

Anexo 3

RUBRO: REPLANTEO Y NIVELACION				COD.	PT-AL-001
UNIDAD: M2					
Equipo					
Descripción	Horas-Equipo	Costo/Hora	Subtotal		
ESTACION TOTAL	0.14	4.88	0.68		
HERRAMIENTA MENOR	0.14	1.20	0.17		
SUBTOTAL A			0.85		
Mano de Obra					
Descripción	Categoría	Horas-Hombre	Sal. Real/Hora	Subtotal	
CADENERO	EOD2	0.14	3.30	0.46	
TOPOGRAFO 1	EOD2	0.28	3.66	1.02	
PEÓN	I	0.14	3.26	0.46	
ALBAÑIL	EOD2	0.14	3.30	0.46	
SUBTOTAL B			2.41		
Material					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal	
TIRA DE EUCALIPTO 2.5X2 CM	M	0.08	0.13	0.01	
ESTACAS, PIOLAS	GBL	0.05	0.33	0.02	
TIRAS 2.5 X 2.5 X 250	U	0.20	0.38	0.08	
SUBTOTAL C			0.10		
COSTO DIRECTO (E) = A + B + C + D = E				3.36	
COSTO INDIRECTO (F) = 15.00 %				0.50	
PRECIO UNITARIO (G) = E+ F = G				3.86	

RUBRO: EXCAVACIÓN MECÁNICA				COD.	PT-AL-002
UNIDAD: M3					
Equipo					
Descripción	Horas-Equipo	Costo/Hora	Subtotal		
EXCAVADORA	0.07	36.70	2.57		
HERRAMIENTA MENOR	0.07	1.20	0.08		
SUBTOTAL A			2.65		
Mano de Obra					
Descripción	Categoría	Horas-Hombre	Sal. Real/Hora	Subtotal	
AYUDANTE DE MAQUINARIA	ST C3	0.21	3.30	0.69	
O.E.P.	G-1	0.07	3.66	0.26	
PEÓN	I	0.21	3.26	0.68	
SUBTOTAL B			1.63		
COSTO DIRECTO (E) = A + B + C + D = E				4.29	
COSTO INDIRECTO (F) = 15.00 %				0.64	
PRECIO UNITARIO (G) = E+ F = G				4.93	

RUBRO: RELLENO COMPACTADO (MAT. EXCAVACIÓN)				COD.	PT-AL-003
UNIDAD: M3					
Equipo					
Descripción		Horas-Equipo	Costo/Hora	Subtotal	
PLANCHA VIBROAPISONADORA		0.40	3.05	1.22	
HERRAMIENTA MENOR		0.40	1.20	0.48	
				SUBTOTAL A	
				1.70	
Mano de Obra					
Descripción		Categoría	Horas-Hombre	Sal. Real/Hora	Subtotal
PEÓN		I	0.40	3.26	1.30
ALBAÑIL		EO D2	0.40	3.30	1.32
				SUBTOTAL B	
				2.62	
COSTO DIRECTO (E) = A + B + C + D = E					4.32
COSTO INDIRECTO (F) = 15.00 %					0.65
PRECIO UNITARIO (G) = E + F = G					4.97

RUBRO: DESALOJO DE MATERIAL CON VOLQUETA CARGADO MECÁNICO DISTANCIA=5KM				COD.	PT-AL-004
UNIDAD: M3					
Equipo					
Descripción		Horas-Equipo	Costo/Hora	Subtotal	
RETROEXCAVADORA		0.03	36.70	1.10	
VOLQUETA 8 M3		0.03	22.10	0.66	
				SUBTOTAL A	
				1.76	
Mano de Obra					
Descripción		Categoría	Horas-Hombre	Sal. Real/Hora	Subtotal
AYUDANTE DE MAQUINARIA		ST C3	0.03	3.30	0.10
O.E.P.		G-1	0.03	3.66	0.11
CHOFER LICENCIA "E"		TE C3	0.03	4.79	0.14
				SUBTOTAL B	
				0.35	
COSTO DIRECTO (E) = A + B + C + D = E					2.12
COSTO INDIRECTO (F) = 15.00 %					0.32
PRECIO UNITARIO (G) = E + F = G					2.43

RUBRO: REPLANTILLO		COD.		PT-AL-005
UNIDAD: M3				
Equipo				
Descripción	Horas-Equipo	Costo/Hora	Subtotal	
CONCRETERA	1.00	3.97	3.97	
HERRAMIENTA MENOR	1.00	1.20	1.20	
SUBTOTAL A			5.17	
Mano de Obra				
Descripción	Categoría	Horas-Hombre	Sal. Real/Hora	Subtotal
ALBAÑIL	EO D2	3.00	3.30	9.90
MAESTRO DE OBRA	EO C2	0.13	3.66	0.48
PEÓN	I	9.75	3.26	31.79
SUBTOTAL B			42.16	
Material				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
AGUA	M3	0.19	0.66	0.13
ARENA	M3	0.44	8.00	3.52
CEMENTO	KG	267.00	0.13	34.71
RIPIO	M3	0.71	18.00	12.78
SUBTOTAL C			51.14	
Transporte				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Trasp.	Subtotal
ARENA	M3	0.44	8.50	3.74
RIPIO	M3	0.71	8.50	6.04
SUBTOTAL D			9.78	
COSTO DIRECTO (E) = A + B + C + D = E				108.24
COSTO INDIRECTO (F) = 15.00 %				16.24
PRECIO UNITARIO (G) = E + F = G				124.48

RUBRO: ENCOFRADO/DEENCOFRADO		COD.		PT-AL-006
UNIDAD: M2				
Equipo				
Descripción	Horas-Equipo	Costo/Hora	Subtotal	
HERRAMIENTA MENOR	1.00	1.20	1.20	
SUBTOTAL A			1.20	
Mano de Obra				
Descripción	Categoría	Horas-Hombre	Sal. Real/Hora	Subtotal
ALBAÑIL	EO D2	1.00	3.30	3.3
PEÓN	I	1.00	3.26	3.26
MAESTRO DE OBRA	EO C2	1.00	3.66	3.66
SUBTOTAL B			10.22	
Material				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
ALAMBRE DE AMARRE # 18	KG	0.38	0.80	0.30
PINGOS	M	1.65	0.72	1.19
CLAVOS	KG	0.06	0.67	0.04
TABLERO CONTRACHAPADO "B" 15MM	U	0.50	24.00	12.00
RIELES PARA ENCOFRADO	U	0.96	1.00	0.96
ACEITE QUEMADO	GALÓN	0.24	0.44	0.11
ESTACAS, PIOLAS	GBL	1.00	0.33	0.33
SUBTOTAL C			14.93	
COSTO DIRECTO (E) = A + B + C + D = E				26.35
COSTO INDIRECTO (F) = 15.00 %				3.95
PRECIO UNITARIO (G) = E+ F = G				30.30

RUBRO: HORMIGON SIMPLE F'c=240 KG/CM2				COD.	PT-AL-007
UNIDAD: M3					
Equipo					
Descripción		Horas-Equipo	Costo/Hora	Subtotal	
VIBRADOR		1.07	2.50	2.68	
HERRAMIENTA MENOR		1.07	1.20	1.28	
CONCRETERA		1.07	3.97	4.25	
				SUBTOTAL A	8.21
Mano de Obra					
Descripción	Categoría	Horas-Hombre	Sal. Real/Hora	Subtotal	
PEÓN	I	11.77	3.26	38.37	
ALBAÑIL	EO D2	5.35	3.30	17.66	
				SUBTOTAL B	56.03
Material					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal	
AGUA	M3	0.21	0.66	0.14	
RIPIO	M3	0.70	18.00	12.60	
CEMENTO	KG	423.00	0.13	54.99	
ARENA	M3	0.42	8.00	3.36	
				SUBTOTAL C	71.09
Transporte					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Trasp.	Subtotal	
ARENA	M3	0.42	8.50	3.57	
RIPIO	M3	0.70	8.50	5.95	
				SUBTOTAL D	9.52
COSTO DIRECTO (E) = A + B + C + D = E				144.84	
COSTO INDIRECTO (F) = 15.00 %				21.73	
PRECIO UNITARIO (G) = E+ F = G				166.57	

RUBRO: ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2				COD.	PT-AL-008
UNIDAD: KG					
Equipo					
Descripción		Horas-Equipo	Costo/Hora	Subtotal	
HERRAMIENTA MENOR		0.05	1.20	0.06	
				SUBTOTAL A	
				0.06	
Mano de Obra					
Descripción		Categoría	Horas-Hombre	Sal. Real/Hora	Subtotal
ALBAÑIL		EO D2	0.05	3.30	0.17
AYUDANTE		EO E2	0.05	3.26	0.16
				SUBTOTAL B	
				0.33	
Material					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
ALAMBRE DE AMARRE #18		KG	0.05	0.80	0.04
ACERO DE REFUERZO FY=4200KG/CM2		KG	1.05	1.39	1.46
				SUBTOTAL C	
				1.50	
COSTO DIRECTO (E) = A + B + C + D = E					1.89
COSTO INDIRECTO (F) = 15.00 %					0.28
PRECIO UNITARIO (G) = E+ F = G					2.17

RUBRO: PLACA DE NEOPRENO 0.35X0.32X0.033M (INCLUYE INSTALACIÓN)				COD.	PT-AL-009
UNIDAD:U					
Equipo					
Descripción		Horas-Equipo	Costo/Hora	Subtotal	
HERRAMIENTA MENOR		6.00	1.20	7.20	
				SUBTOTAL A	
				7.20	
Mano de Obra					
Descripción		Categoría	Horas-Hombre	Sal. Real/Hora	Subtotal
PEÓN		I	4.00	3.26	13.04
MAESTRO DE OBRA		EO C2	2.00	3.66	7.32
				SUBTOTAL B	
				20.36	
Material					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
VARIOS		GBL	8.00	1.00	8.00
PLACA DE NEOPRENO 35X32X3.3cm		U	1.00	262.08	262.08
				SUBTOTAL C	
				270.08	
COSTO DIRECTO (E) = A + B + C + D = E					297.64
COSTO INDIRECTO (F) = 15.00 %					44.65
PRECIO UNITARIO (G) = E+ F = G					342.29

RUBRO: JUNTA DE DILATACIÓN		COD.		PT-AL-010
UNIDAD: M				
Equipo				
Descripción	Horas-Equipo	Costo/Hora	Subtotal	
HERRAMIENTA MENOR	1.00	1.20	1.20	
SOLDADORA ELECTRICA	0.50	3.00	1.50	
SUBTOTAL A			2.70	
Mano de Obra				
Descripción	Categoría	Horas-Hombre	Sal. Real/Hora	Subtotal
ALBAÑIL	EO D2	1.00	3.30	3.30
SOLDADOR	EO D2	1.00	3.30	3.30
PEÓN	I	1.00	3.26	3.26
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	EO D2	0.44	3.30	1.45
MAESTRO DE OBRA	EO C2	0.10	3.66	0.37
AYUDANTE	EO E2	1.00	3.26	3.26
SUBTOTAL B			14.94	
Material				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
JUNTA DE NEOFLEX N60	M	1.00	285.00	285.00
SUBTOTAL C			285.00	
COSTO DIRECTO (E) = A + B + C + D = E				302.64
COSTO INDIRECTO (F) = 15.00 %				45.40
PRECIO UNITARIO (G) = E+ F = G				348.03

RUBRO: DRENES CON TUBERIA PVC 110MM				COD.	PT-AL-011
UNIDAD: M					
Equipo					
Descripción		Horas-Equipo	Costo/Hora	Subtotal	
HERRAMIENTA MENOR		0.05	1.20	0.06	
SUBTOTAL A				0.06	
Mano de Obra					
Descripción		Categoría	Horas-Hombre	Sal. Real/Hora	Subtotal
ALBAÑIL		EO D2	0.05	3.30	0.165
AYUDANTE		EO E2	0.05	3.26	0.163
SUBTOTAL B				0.328	
Material					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
TUBO PVC 110MM		M	1.00	4.92	4.92
SUBTOTAL C				4.92	
COSTO DIRECTO (E) = A + B + C + D = E					5.31
COSTO INDIRECTO (F) = 15.00 %					0.80
PRECIO UNITARIO (G) = E+ F = G					6.10

RUBRO: DESBROCE, DESBOSQUE Y LIMPIEZA				COD.	PT-AL-012
UNIDAD: HA					
Equipo					
Descripción		Horas-Equipo	Costo/Hora	Subtotal	
HERRAMIENTA MENOR		0.20	1.20	0.24	
TRACTOR DE ORUGAS CON RIPPER		5.00	60.00	300.00	
MOTOSIERRA		10	2	20.00	
SUBTOTAL A				320.24	
Mano de Obra					
Descripción		Categoría	Horas-Hombre	Sal. Real/Hora	Subtotal
OPERADOR GRUPO I		OP1	1.70	3.66	6.22
AYUDANTE MAQUINARIA		D2	2.50	3.30	8.25
PEON		E2	2.50	3.26	8.15
SUBTOTAL B				22.62	
COSTO DIRECTO (E) = A + B + C + D = E					342.86
COSTO INDIRECTO (F) = 15.00 %					51.43
PRECIO UNITARIO (G) = E+ F = G					394.29

RUBRO: ACABADO DE OBRA BÁSICA		COD.		PT-AL-013
UNIDAD: M2				
Equipo				
Descripción	Horas-Equipo	Costo/Hora	Subtotal	
HERRAMIENTA MENOR	0.05	1.20	0.06	
MOTONIVELADORA	0.003	50.00	0.15	
RODILLO LISO VIBRATORIO	0.003	35	0.11	
CAMION CISTERNA	0.003	20	0.06	
SUBTOTAL A			0.38	
Mano de Obra				
Descripción	Categoría	Horas-Hombre	Sal. Real/Hora	Subtotal
OPERADOR GRUPO I	OP1	0.00	3.66	0.01
OPERADOR GRUPO II	OP2	0.00	3.30	0.01
CHOFER TIPO D	D1	0.00	4.79	0.01
AYUDANTE DE MAQUINARIA	D2	0.01	3.30	0.02
SUBTOTAL B			0.06	
COSTO DIRECTO (E) = A + B + C + D = E				0.43
COSTO INDIRECTO (F) = 15.00 %				0.06
PRECIO UNITARIO (G) = E + F = G				0.49

RUBRO: SEÑALIZACION PREVENTIVA INCL. INSTALACION		COD.		PT-AL-014
UNIDAD: U				
Material				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
ROTULO D=0.75m INCL. PORTE E INSTALACION	U	1.00	110.00	110.00
SUBTOTAL C			110.00	
COSTO DIRECTO (E) = A + B + C + D = E				110.00
COSTO INDIRECTO (F) = 15.00 %				16.50
PRECIO UNITARIO (G) = E + F = G				126.50

RUBRO: SEÑALIZACION REGULATORIA INCL. INSTALACION		COD.		PT-AL-015
UNIDAD: U				
Material				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
ROTULO D=0.75m INCL. PORTE E INSTALACION	U	1.00	110.00	110.00
SUBTOTAL C			110.00	
COSTO DIRECTO (E) = A + B + C + D = E				110.00
COSTO INDIRECTO (F) = 15.00 %				16.50
PRECIO UNITARIO (G) = E + F = G				126.50

RUBRO: LIMPIEZA DE ELEMENTOS DEL PUENTE				COD.	PT-AL-016
UNIDAD: M2					
Equipo					
Descripción		Horas-Equipo	Costo/Hora	Subtotal	
HERRAMIENTA MENOR		0.20	1.20	0.24	
				SUBTOTAL A	
				0.24	
Mano de Obra					
Descripción		Categoría	Horas-Hombre	Sal. Real/Hora	Subtotal
ALBAÑIL		EO D2	0.10	3.30	0.33
AYUDANTE		EO E2	0.50	3.26	1.63
MAESTRO DE OBRA		EO C2	0.00	3.66	0.00
				SUBTOTAL B	
				1.96	
COSTO DIRECTO (E) = A + B + C + D = E					2.20
COSTO INDIRECTO (F) = 15.00 %					0.33
PRECIO UNITARIO (G) = E+ F = G					2.53

RUBRO: PROTECCION CONTRA HUMEDAD EN BARANDAS				COD.	PT-AL-017
UNIDAD: M2					
Equipo					
Descripción		Horas-Equipo	Costo/Hora	Subtotal	
HERRAMIENTA MENOR		0.20	1.20	0.24	
				SUBTOTAL A	
				0.24	
Mano de Obra					
Descripción		Categoría	Horas-Hombre	Sal. Real/Hora	Subtotal
ALBAÑIL		EO D2	0.25	3.30	0.83
AYUDANTE		EO E2	1.60	3.26	5.22
MAESTRO DE OBRA		EO C2	0.15	3.66	0.55
				SUBTOTAL B	
				6.59	
Material					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
ADITIVO SIKA IMPER MUR		KG	0.60	15.00	9.00
AGUA		M3	0.10	1.10	0.11
BROCHA 4"		U	0.25	6.50	1.63
CEPILLO DE ALAMBRE		U	0.3	1.20	0.36
				SUBTOTAL C	
				11.10	
COSTO DIRECTO (E) = A + B + C + D = E					17.93
COSTO INDIRECTO (F) = 15.00 %					2.69
PRECIO UNITARIO (G) = E+ F = G					20.61

RUBRO: PROTECCION CONTRA HUMEDAD EN ACERAS		COD.		PT-AL-018
UNIDAD: M2				
Equipo				
Descripción	Horas-Equipo	Costo/Hora	Subtotal	
HERRAMIENTA MENOR	0.20	1.20	0.24	
			SUBTOTAL A	
			0.24	
Mano de Obra				
Descripción	Categoría	Horas-Hombre	Sal. Real/Hora	Subtotal
ALBAÑIL	EO D2	0.10	3.30	0.33
AYUDANTE	EO E2	0.75	3.26	2.45
MAESTRO DE OBRA	EO C2	0.10	3.66	0.37
			SUBTOTAL B	
			3.14	
Material				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
ADITIVO SIKA IMPER MUR	KG	0.60	15.00	9.00
AGUA	M3	0.10	1.10	0.11
BROCHA 4"	U	0.25	6.50	1.63
CEPILLO DE ALAMBRE	U	0.25	1.20	0.30
			SUBTOTAL C	
			11.04	
COSTO DIRECTO (E) = A + B + C + D = E				14.42
COSTO INDIRECTO (F) = 15.00 %				2.16
PRECIO UNITARIO (G) = E+ F = G				16.58

RUBRO: PROTECCION CONTRA DELAMINACIÓN EN ELEMENTOS DE HORMIGON				COD.	PT-AL-019
UNIDAD: M2					
Equipo					
Descripción		Horas-Equipo	Costo/Hora	Subtotal	
HERRAMIENTA MENOR		0.20	1.20	0.24	
				SUBTOTAL A	
				0.24	
Mano de Obra					
Descripción		Categoría	Horas-Hombre	Sal. Real/Hora	Subtotal
ALBAÑIL		EO D2	0.33	3.30	1.09
AYUDANTE		EO E2	0.50	3.26	1.63
MAESTRO DE OBRA		EO C2	0.10	3.66	0.37
				SUBTOTAL B	
				3.09	
Material					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
ADITIVO SIKA FERRO GARD 901		KG	0.30	2.50	0.75
BROCHA 4"		U	0.25	6.50	1.63
CEPILLO DE ALAMBRE		U	0.25	1.20	0.30
HORMIGÓN SIMPLE f'c=240kg/cm2		M3	0.01	128.00	1.28
				SUBTOTAL C	
				3.96	
COSTO DIRECTO (E) = A + B + C + D = E					7.28
COSTO INDIRECTO (F) = 15.00 %					1.09
PRECIO UNITARIO (G) = E+ F = G					8.37

RUBRO: PROTECCION CONTRA CORROSION EN BARANDALES				COD.	PT-AL-020
UNIDAD: M2					
Equipo					
Descripción		Horas-Equipo	Costo/Hora	Subtotal	
HERRAMIENTA MENOR		0.05	1.20	0.06	
				SUBTOTAL A	
				0.06	
Mano de Obra					
Descripción		Categoría	Horas-Hombre	Sal. Real/Hora	Subtotal
ALBAÑIL		EO D2	0.15	3.30	0.50
AYUDANTE		EO E2	0.25	3.26	0.82
MAESTRO DE OBRA		EO C2	0.10	3.66	0.37
				SUBTOTAL B	
				1.68	
Material					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
CEPILLO DE ALAMBRE		U	0.25	1.20	0.30
PINTURA ANTICORROSIVA		LT	0.25	5.62	1.41
				SUBTOTAL C	
				1.71	
COSTO DIRECTO (E) = A + B + C + D = E					3.44
COSTO INDIRECTO (F) = 15.00 %					0.52
PRECIO UNITARIO (G) = E+ F = G					3.96

RUBRO: SELLADO DE FISURAS ESTRUCTURALES CON RESINA EPÓXICA				COD.	PT-AL-021
UNIDAD: M2					
Equipo					
Descripción		Horas-Equipo	Costo/Hora	Subtotal	
HERRAMIENTA MENOR		0.00	1.20	0.00	
SUBTOTAL A				0.00	
Mano de Obra					
Descripción		Categoría	Horas-Hombre	Sal. Real/Hora	Subtotal
ALBAÑIL		EO D2	0.00	3.30	0.00
AYUDANTE		EO E2	0.00	3.26	0.00
MAESTRO DE OBRA		EO C2	0.00	3.66	0.00
SUBTOTAL B				0.00	
Material					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
INYECCION RESINA EPÓXICA (INL INSTALACION Y MANO DE OBRA)		ML	1.00	90.00	90.00
SUBTOTAL C				90.00	
COSTO DIRECTO (E) = A + B + C + D = E					90.00
COSTO INDIRECTO (F) = 15.00 %					13.50
PRECIO UNITARIO (G) = E+ F = G					103.50

Anexo 4

		
<p>Vista Aguas Arriba</p>	<p>Vista lateral Puente existente</p>	<p>Vista Aguas Abajo</p>
		
<p>Levantamiento topográfico estación total Sokkia set 50Rx</p>		
		
<p>Extracción de muestras inalteradas para ensayo triaxial</p>		
		
<p>Toma datos azimut y buzamiento en ladera susceptible a deslizamientos</p>		

--	--	--

		
Preparación de especímenes para ensayo triaxial		
		
Ensayo de penetración estándar SPT		
		
Procedimiento para determinar granulometría y límites de Atterberg		
		
Medición sección transversal cauce bajo el puente	Colaboradores comunidad San Antonio de Alao	

Anexo 5