

DIAGNOSTICO DEL ESTADO Y LA GEOMETRÍA PUENTE SALSIPUEDES EN LA VÍA GIRARDOT – MELGAR: PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE ACUERDO A LAS NORMAS NACIONALES VIGENTES



Trabajo de grado

Modalidad trabajo final para optar el título de:

Ingeniero Civil

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS

FACULTA DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

GIRARDOT

2018

**DIAGNOSTICO DEL ESTADO Y LA GEOMETRÍA PUENTE SALSIPUEDES EN LA
VÍA GIRARDOT – RICAURTE -MELGAR: PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO
DE ACUERDO A LAS NORMAS NACIONALES VIGENTES**

**JUAN CARLOS CORREA RINCÓN
LUISA MARÍA GORDILLO
PEDRO RUBÉN FARFÁN**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
FACULTA DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
GIRARDOT
2018**

**DIAGNOSTICO DEL ESTADO Y LA GEOMETRÍA PUENTE SALSIPUEDES EN LA
VÍA GIRARDOT – MELGAR: PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE
ACUERDO A LAS NORMAS NACIONALES VIGENTES**

**JUAN CARLOS CORREA RINCÓN
LUISA MARÍA GORDILLO
PEDRO RUBÉN FARFÁN
ESTUDIANTES**

**Trabajo de grado
Modalidad trabajo final para optar el título de:
Ingeniero Civil**

**Director:
Ing. LUISA FERNANDA MATEUS ORJUELA**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
FACULTA DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
GIRARDOT**

2018

Nota de aceptación:

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Girardot, 30 de mayo de 2018

DEDICATORIA

A nuestra Familia

“Por el apoyo incondicional desde el inicio de nuestras carreras, por ser el pilar de nuestros sueños, por motivarnos cada vez que pensábamos que no lo podíamos lograr, a Dios por darnos la oportunidad de alcanzar nuestros sueños”

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Minuto de Dios por darnos la oportunidad de alcanzar nuestros sueños acercando la Universidad a los más necesitados.

A nuestros profesores que con su paciencia y sabiduría nos fueron formando desde el primer día.

A nuestra Familia por estar siempre apoyándonos en este largo recorrido.

A nuestros compañeros de estudio, quienes nos enseñaron la importancia del trabajo en equipo.

CONTENIDO

DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	10
RESUMEN	12
ABSTRACT	14
INTRODUCCIÓN	16
1. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	17
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	19
1.2 ANTECEDENTES	20
1.2.1 Antecedentes Internacionales	21
1.2.2 Antecedentes Nacionales	22
1.2.3 Antecedentes Regionales	23
1.3 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	25
2. JUSTIFICACIÓN	26
3. OBJETIVOS	27
3.1 OBJETIVO GENERAL	27
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	27
4. MARCO DE REFERENCIA	28
4.1 MARCO INSTITUCIONAL	28
4.2 MARCO NORMATIVO /LEGAL	28
4.3 MARCO TEÓRICO	30
4.4 MARCO CONCEPTUAL	31
5. DISEÑO METODOLOGÍA	34
5.1 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	34
5.2 TIPO DE ESTUDIO	34
5.3 VARIABLE	35
5.4 UNIDAD DE ANÁLISIS	35
5.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	36
6. RESULTADOS	37
6.1 ACTIVIDADES REALIZADAS	37
6.2 VISITAS DE CAMPO	38
6.3 AUSCULTACIÓN DE LAS CONDICIONES ACTUALES DEL PUENTE	39
6.4 INVESTIGACIÓN ANTECEDENTES DEL PUENTE SALIPUEDES	51

6.4.1	Paralelo Criterios De Diseño Fecha De Construcción vs Actualidad	52
6.5	VISITAS DE OBRA A OTROS PUENTES EN CONSTRUCCIÓN.....	55
6.6	AFOROS VEHICULARES.....	58
6.7	ANÁLISIS DEL TRÁFICO CIRCULANTE.....	63
6.8	PROYECCIÓN DE TPDA PRÓXIMOS AÑOS	65
6.9	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	70
6.10	ENSAYO ESCLERÓMETRO	74
6.11	ANÁLISIS DE DEL SUELO DE LA ZONA.....	78
6.12	PRE DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA.....	80
6.12.1	Criterios Básicos de Diseño	80
6.12.2	Alternativa de diseño No 1	81
6.12.3	Alternativa de diseño No 2.....	84
6.13	MODELACIÓN EN ED.....	85
6.13.1	Puente Salsipuedes estado actual 3d	85
6.13.2	Modelación 3d Nuevo Puente Salsipuedes.....	87
6.14	DIBUJO GEOMETRÍA.	89
6.15	CALCULO CANTIDADES DE OBRA	91
6.16	PRESUPUESTO DE OBRA.....	91
6.17	CRONOGRAMA DE OBRA	92
6.18	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	92
6.18.1	Verificación Cumplimiento De Normas Vigentes Puente Salsipuedes.....	92
7.	ALTERNATIVAS DE DISEÑO.....	94
8.	CONCLUSIONES	96
9.	RECOMENDACIONES	98
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99
11.	ANEXOS	101

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1	Localización del proyecto de investigación	18
Ilustración 2	Perfil Localización del proyecto de investigación	18
Ilustración 3	Panorámica Localización del proyecto de investigación.....	18

Ilustración 4	Árbol de Problemas.....	20
Ilustración 5	Estado actual del puente mariano Ospina.....	24
Ilustración 6	Estado actual del puente Férreo sobre el Rio Magdalena.....	25
Ilustración 7	Esquema Perfil Puente Salsipuedes	40
Ilustración 8	Esquema en Planta Puente Salsipuedes	41
Ilustración 9	Esquema Sección Transversal Puente Salsipuedes	41
Ilustración 10	Represamiento vehicular embotellamiento del trafico.....	42
Ilustración 11	Infraestructura puente Salsipuedes.....	43
Ilustración 12	superestructura puente Salsipuedes.....	44
Ilustración 13	Fracturas vigas del puente, aceros expuestos.	44
Ilustración 14	Riostras afectación biológica.....	45
Ilustración 15	Socavación en el estribo de salida costado derecho.	46
Ilustración 16	Zona de espaldar, estructura antigua en ciclópeo.	46
Ilustración 17	Estructura sin topes sísmicos.....	47
Ilustración 18	Tablero concreto estructural, capa de rodadura.	47
Ilustración 19	Sendero peatonal costado derecho.	48
Ilustración 20	Fisuras transversales, segregación en el asfalto por desgaste.....	48
Ilustración 21	Juntas de dilatación tapadas por el pavimento.	49
Ilustración 22	Defensas metálicas, en lugar de barandas según CCP-2014	50
Ilustración 23	Visita de obra realizada Puente Flandes Rio Magdalena.....	56
Ilustración 24	Visita de obra realizada Puente Flandes Rio Magdalena.....	56
Ilustración 25	Visita de obra realizada Puente Flandes Rio Magdalena.....	56
Ilustración 26	Visita de obra realizada Puente intersección Flandes.	57
Ilustración 27	Visita de obra realizada Puente Flandes Rio Magdalena.....	57
Ilustración 28	Visita de obra realizada Puente Flandes K2+750.....	57
Ilustración 29	Visita de obra puentes vía Nariño.....	58
Ilustración 30	Movimientos aforados por estación de conteo	58
Ilustración 31	Levantamiento topográfico de la zona puente Salsipuedes.....	70
Ilustración 32	Perfil estado actual puente Salsipuedes.....	71
Ilustración 33	Estación Total empleada para el levantamiento topográfico.....	73
Ilustración 34	Trabajos de levantamiento topográfico.....	73
Ilustración 35	Ensayo de Esclerómetro Equipo.....	77
Ilustración 36	Ensayo de Esclerómetro Toma de muestras vigas, tablero	77
Ilustración 37	Ensayo de Esclerómetro toma de muestras estribo	77
Ilustración 38	Ensayo de Esclerómetro toma de muestras pila intermedia	77
Ilustración 39	Alternativa de nuevo diseño geométrico puente Salsipuedes.	84
Ilustración 40	Alternativa No 2 construcción puente Salsipuedes.....	84
Ilustración 41	Modelación Puente Salsipuedes en 3D Perfil	85
Ilustración 42	Modelación Puente Salsipuedes en 3D vista en planta	85
Ilustración 43	Modelación Puente Salsipuedes en 3D zona cicloruta	86
Ilustración 44	Modelación Puente Salsipuedes en 3D carriles	86

Ilustración 45 Modelación Puente Salsipuedes en 3D zona de arco.....	87
Ilustración 46 Modelación Nuevo Puente Salsipuedes diseño estructura.	88
Ilustración 47 Modelación Nuevo Puente Salsipuedes.	88
Ilustración 48 Modelación Nuevo Puente Salsipuedes.	88
Ilustración 49 Modelación Nuevo Puente Salsipuedes.	89
Ilustración 50 Modelación Nuevo Puente Salsipuedes.	89
Ilustración 51 Esquema perfil propuesta nuevo diseño puente	90
Ilustración 52 Esquema Planta propuesta nuevo diseño puente.....	90
Ilustración 53 Esquema sección propuesta nuevo diseño puente	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 6.1 Identificación Puente Salsipuedes.....	42
Tabla 6.2 Categorización de vehículos de acuerdo a sus ejes.	60
Tabla 6.3 Categorías utilizadas para los aforos vehiculares.....	61
Tabla 6.4 Aforo Vehicular 16 de diciembre de 2017	62
Tabla 6.5 Aforos Vehiculares 24 de febrero de 2018	63
Tabla 6.6 Estadística Vehículos circularon año 2015	64
Tabla 6.7 Proyección trafico Puente Salsipuedes TPDA.....	66
Tabla 6.8 Proyección trafico Anual Puente Salsipuedes	67
Tabla 6.9 % de crecimiento trafico proyectado	68
Tabla 6.10 % Composición Del Trafico Por Categorías Proyectado.	68
Tabla 6.11 Levantamiento Topográfico puente Salsipuedes	71
Tabla 6.12 Resultados Prueba Esclerómetro Puente Salsipuedes	76
Tabla 6.13 Estimación en terreno la resistencia en compresión uniaxial (Brown, 1981)	78
Tabla 6.14 Análisis del suelo Puente Salsipuedes	79
Tabla 6.15 Criterios Básicos De Diseño Geométrico	80
Tabla 6.16 Verificación Cumplimiento De Normas Vigentes Puente Salsipuedes.....	92

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Presupuesto Alternativa No 1 Puente Salsipuedes K2+040	101
Anexo 2 Presupuesto Alternativa No 2 Puente Salsipuedes K2+040	103
Anexo 3 Cronograma Construcción De Puente Salsipuedes K2+040	105
Anexo 4 Memoria de cálculo geometría puente Salsipuedes.....	107
Anexo 5 Formato de aforos Vehiculares	110
Anexo 6 Inspección Patologías Puente Salsipuedes.	111
Anexo 7 Planos 2D Diseño Geométrico Puente Salsipuedes.	114

DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

TPDA: Trafico promedio diario anual.

Estudios geotécnicos: Estudios del suelo para identificar las propiedades físicas, mecánicas, químicas del suelo.

LRFD-CCP-14: Norma Colombiana de Diseño de Puentes.

Ancho de calzada: Espacio libre entre barreras o bordillos.

Ancho del andén: Espacio despejado para uso exclusivo de peatones entre barreras o entre el bordillo y una barrera.

Anchura de la luz de la vía acuática: También denominada área de la luz del puente en un escenario específico y medida perpendicularmente a la dirección del flujo.

Apoyo: Son los elementos estructurales a través de los cuales el tablero transmite las cargas a las pilas y/o estribos.

Ciclo de vida de diseño: Periodo de tiempo en el cual se construye, desarrolla y finaliza la funcionalidad de un determinado elemento.

Cimentación profunda: Cimentación que deriva su capacidad de carga de la transferencia de cargas directamente al suelo o roca a cierta profundidad por debajo de la estructura mediante apoyo por punta o por contacto del fuste (adherencia o fricción), o ambas.

Concreto Reforzado: Concreto Estructural con no más de la cantidad mínima de acero de pre esforzado o refuerzo no pre esforzado.

Estribo: Estructura que soporta el extremo de una luz del puente y da soporte lateral al material de relleno sobre el cual descansa la carretera inmediatamente adyacente al puente.

Gálibo: Espacio libre horizontal o vertical limitado por las mínimas dimensiones necesarias para garantizar un flujo libre de obstáculos.

Hidráulica: La ciencia que se ocupa de la mecánica del comportamiento y el flujo de líquidos, especialmente en tuberías y canales.

Isostático: Se denomina “Puente Isostático” a aquel cuyos tableros son estáticamente independientes unos de otro y, a su vez independientes, desde el punto de vista de flexión, de los apoyos que los sostienen.

Luz: Cada uno de los espacios de un puente u otra estructura, comprendida entre dos apoyos.

Pilote: Unidad de cimentación profunda, total o parcialmente enterrada, instalada mediante procesos de hincado, perforación, taladrado, inyección u otra forma y que desarrolla su capacidad de carga a partir de las propiedades del suelo circundante o estratos de roca bajo su punta.

Concreto pos tensado: Aquel que se somete después de fraguado a esfuerzos de compresión permanentes por medio de cables de acero.

RESUMEN

Colombia es un país en desarrollo, con un gran atraso en la infraestructura, el Municipio de Girardot no es la excepción donde podemos ver vías en mal estado, estrechas, que carecen de mantenimiento, así mismo con los puentes vehiculares con más de medio siglo de construcción, como es el caso del Puente Salsipuedes ubicado en el K2+040 de la vía que conduce de Girardot a Melgar, puente que presenta grandes represamientos, bajas velocidades de operación, riesgo en la seguridad vial, construido hace más de 70 años cumpliendo ya su vida útil, quedando rezagado con las actuales especificaciones técnicas para la construcción de puentes en vías principales como es el caso de la vía Girardot – Ricaurte - Melgar.

Razón por la cual como estudiantes de ingeniería civil de la Universidad Minuto de Dios presentamos el siguiente proyecto que tiene como fin de realizar un diagnóstico del estado actual de la estructura y presentar alternativa de intervención con la elaboración de una o varias propuestas de diseño geométrico, con el fin de garantizar la seguridad vial especialmente para los peatones, ciclistas, y vehículos, adicionalmente permita generar desarrollo para la región.

El proyecto tiene como alcance realizar un diagnóstico de las condiciones actuales del puente, mediante investigación de primera y segunda mano revisión bibliográfica de la historia de los puentes, su evolución, antecedentes nacionales y regionales, de igual forma mediante técnicas ingenieriles y acuerdo a los manuales de inspección visual de puentes del INVIAS determinar el estado y cumplimiento de las

normas colombianas vigentes, de igual forma se determinó la resistencia actual del concreto a través de ensayos de campo, levantamiento topográfico, curvas de nivel, topografía de detalle, dibujo en software especializado de las condiciones actuales, simultáneamente se adelantó aforos vehiculares para realizar la clasificación de vehículos y así proyectar el TPDA para los próximos años, al final del proyecto se plantea realizar una propuesta de intervención en su parte geométrica, con la elaboración de planos, estimar un presupuesto de obra y su respectivo cronograma.

ABSTRACT

Colombia is a developing country, with a large backlog in infrastructure, the Municipality of Girardot is not the exception where we can see roads in poor condition, narrow, lacking maintenance, likewise with vehicular bridges with more than half a century of construction, as is the case of the Salsipuedes Bridge located at K2 + 040 of the road that leads from Girardot to Melgar, a bridge that has large dams, low operating speeds, road safety risk, built more than 70 years ago and now its useful life, lagging behind the current technical specifications for the construction of bridges on main roads such as the Girardot - Ricaurte - Melgar road.

Reason why as students of civil engineering of the University Minute of God we present the following project that has as purpose to realize a diagnosis of the current state of the structure and to present alternative of intervention with the elaboration of one or several proposals of geometric design, In order to guarantee road safety especially for pedestrians, cyclists, and vehicles, it also allows generating development for the region.

The project has as a scope to make a diagnosis of the current conditions of the bridge, through first and second hand research bibliographic review of the history of the bridges, their evolution, national and regional background, in the same way by engineering techniques and according to the manuals of visual inspection of bridges of INVIAS determine the status and compliance of current Colombian standards, in the same way the current resistance of the concrete was determined through field tests,

topographic survey, level curves, detail topography, drawing in specialized software of the current conditions, vehicle traffic was simultaneously advanced to carry out the classification of vehicles and thus project the TPDA for the coming years, at the end of the project it is proposed to carry out an intervention proposal in its geometric part, with the preparation of plans, estimate a budget of work and its respective chronog branch.

INTRODUCCIÓN

Como estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad Minuto de Dios en la sede Girardot, el requisito para optar al título de ingenieros civiles se debe presentar un proyecto de grado, por lo cual se permite en el siguiente documento presentar el proyecto de grado, que consiste adelantar una investigación de campo donde se ponga en práctica las asignaturas vistas a lo largo de la carrera de ingeniería civil, en este caso se decidió indagar sobre el estado actual del Puente Salsipuedes ubicado en las coordenadas Norte 967437, Este 920386 en la vía Girardot – Ricaurte. – Melgar a la altura del K2+040 tomando como K0+000 de referencia el puente Mariano Ospina ubicado en las coordenadas Norte 966029 Este 918895, proyecto que tiene dentro de su alcance realizar un diagnóstico de las condiciones actuales del puente, mediante técnicas ingenieriles de acuerdo a los manuales de inspección visual de puentes del INVIAS, de igual forma se pretende determinar la resistencia actual del concreto a través de ensayos de campo, levantamiento topográfico, curvas de nivel, topografía de detalle, dibujo en software especializado de las condiciones actuales, simultáneamente adelantar aforos vehiculares para realizar la clasificación de vehículos y así proyectar el TPDA para los próximos años, al final del proyecto se plantea realizar una propuesta de intervención en su parte geométrica, con la elaboración de planos, presupuesto de obra y su respectivo cronograma.

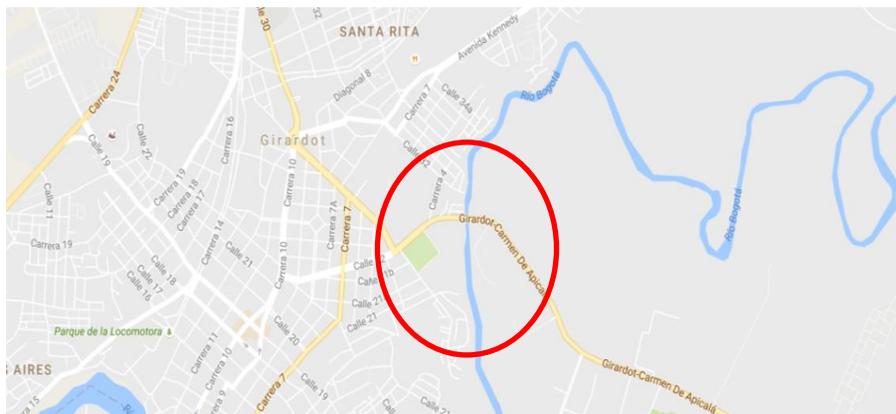
1. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

El puente Salsipuedes ubicado en el K2+040 de la vía que conduce de Girardot – Ricaurte- Melgar, que en las temporadas de lluvias presenta empozamientos, generando represamientos, dificultades para los peatones, ciclistas que se ven obligados a realizar diferentes maniobras peligrosas para poder pasar este puente, pavimentos deteriorados, defensas metálicas que en malas condiciones, sin barandas reglamentarias en los senderos peatonales y de más falencias que se van a ir describiendo en el siguiente documento

Así mismo, gracias al crecimiento que ha tenido la Región del Alto Magdalena, debido a los proyectos de infraestructura vial y de vivienda que está adelantando el gobierno nacional tanto Ricaurte, Flandes, Girardot y los demás municipios de la región, se hace necesario prepararse con una mejor infraestructura vial y de puentes, por tal motivo hemos decidido realizar un proyecto de investigación para determinar el estado actual del puente Salsipuedes y así evaluar la necesidad de elaborar un diseño geométrico de un nuevo puente, el cual está ubicado en el K2+040 de la vía que conduce de Girardot –Ricaurte - Melgar. Esto debido a la problemática que presenta este puente.

El proyecto está localizado en la ciudad de Girardot Cundinamarca, específicamente en la salida hacia Ricaurte - Melgar en el K2+040 en las coordenadas Norte 967437, Este 920386.

Ilustración 1 Localización del proyecto de investigación



Fuente: Google mapas

Ilustración 2 Perfil Localización del proyecto de investigación



Fuente: Autor (2017)

Ilustración 3 Panorámica Localización del proyecto de investigación



Fuente: Autor (2017)

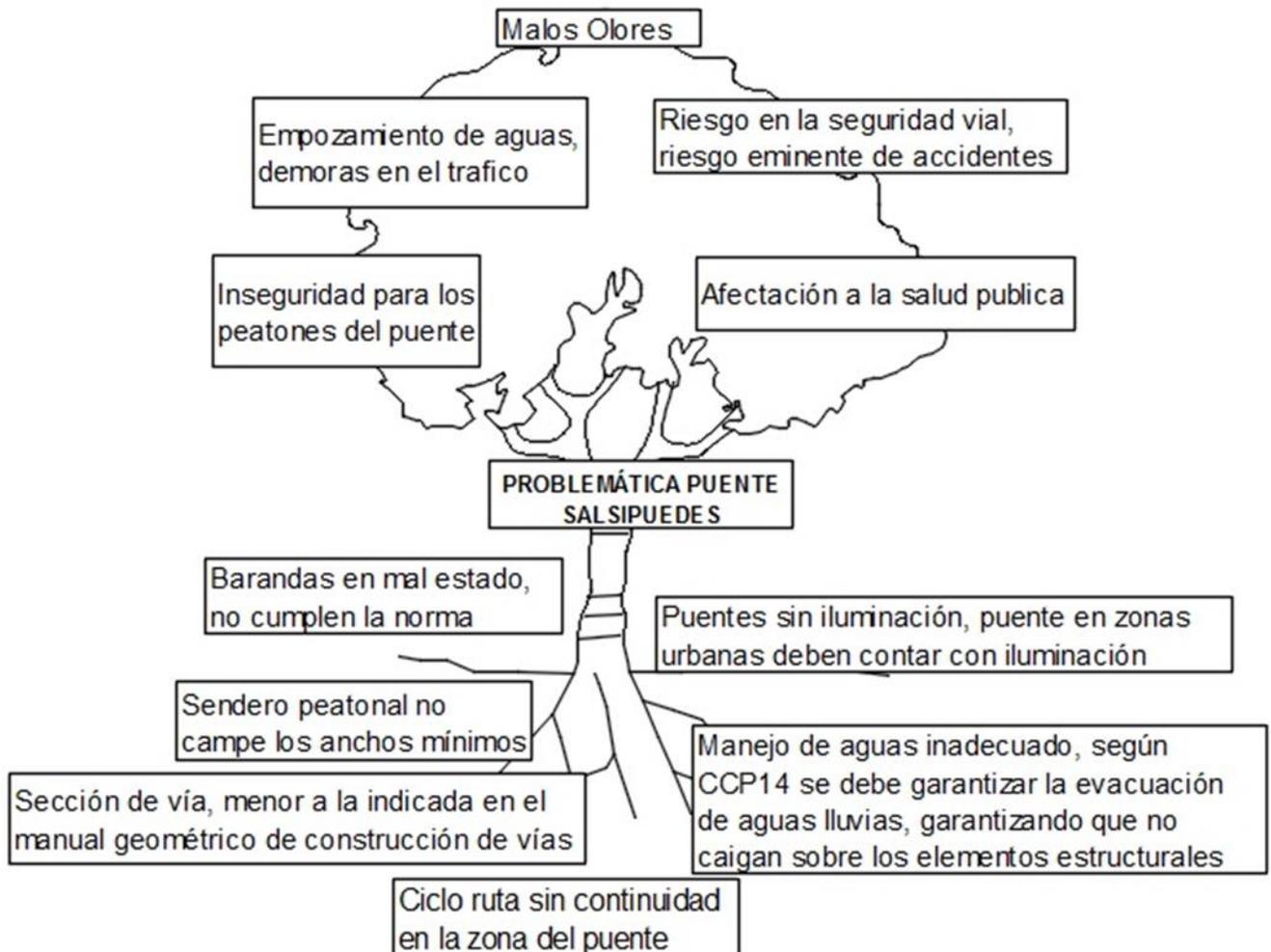
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente, el Gobierno Nacional avanza en la ejecución de múltiples proyectos viales estructurados por Ministerio de Transporte a través de la Agencia Nacional de Infraestructura ANI y el Instituto Nacional de Vías INVIAS desde hace varios años. Dentro de estos el tercer carril entre Girardot y Ricaurte, para así empalmarla con el proyecto de en Bogotá – Girardot, en este proyecto vial se espera que este inmerso la reconstrucción del puente Salsipuedes, de ahí la necesidad de realizar una propuesta técnica que garantice un adecuado manejo del creciente tráfico de la zona, de igual forma garantizar un diseño arquitectónico que valla de acuerdo al entorno de la ciudad y su crecimiento exponencial que ha tenido los últimos años.

Los Puentes vehiculares tienen una gran importancia en el desarrollo del país, ya que nos permite ahorrar tiempos en los desplazamientos, unir pueblos, nos permite llevar los productos de región a región, es por eso que planteamos realizar un diagnóstico del diseño geométrico del puente Salsipuedes, ya que en la actualidad presenta congestión vehicular en las temporadas de vacaciones, de igual forma en las temporadas de lluvias.

A continuación presentamos el árbol de problemas según el análisis realizado a las diferentes afectaciones que se dan en la actualidad con las condiciones la estructura.

Ilustración 4 Árbol de Problemas



Fuente: Autor (2018)

1.2 ANTECEDENTES.

Los puentes vehiculares se han considerado estructuras muy importantes a través de la historia, ya que se permiten acercar los pueblos, mediante estructuras ya sean metálicas, madera o concreto, permitiendo superar accidentes topográficos como son ríos, depresiones, cárcavas y demás, Girardot Cundinamarca por su cercanía al río más grande de Colombia el Río Magdalena, genera una demanda en la construcción

de puentes, en la actualidad se tienen tres puentes sobre el Rio Magdalena dos metálicos y uno en concreto,

En Colombia, al presente se aplica la Norma Colombiana de Diseño de Puentes – LRFD-CCP-14, norma que nos permite realizar diseños de puentes de forma segura, en dicha norma se describe los materiales adecuados para cada uno de los elementos estructurales, así las secciones para garantizar la seguridad del sistema estructural y el cumplimiento de condiciones de esfuerzos y deformaciones máximos permitidos, que garanticen la seguridad, duración y funcionalidad del puente. (Moreno, 2018)

1.2.1 Antecedentes Internacionales.

Los puentes como la mayoría de obras de ingeniería civil han evolucionado a través del tiempo, debido al desarrollo tecnológico que han tenido los materiales como son el concreto y el acero, el inconveniente de pasar un vacío construyendo una estructura fija se ha repetido a lo largo de los tiempos con distintas soluciones. Según se fue evolucionando en el conocimiento de los materiales y su resistencia, permitió que se construyeran puentes de más altura y mayores luces, permitiendo disminuir sus secciones. La madera fue el primer material usado en la construcción de los primeros puentes, seguido de la piedra y el ladrillo, que dieron el camino al acero y al hormigón en el siglo XIX. Y que aun hoy en día se utiliza mucho, la evolución continúa en la actualidad se construyen nuevos puentes de fibra de carbono son diseñados con luces mayores reduciendo considerablemente sus espesores.

Según la bibliografía consultada los primeros puentes se ejecutaron con trozos de madera, dejando caer un árbol sobre el obstáculo a salvar o unas piedras

dispuestas. Se sabe que algunas tribus americanas usaron árboles y cañas para construir pasarelas que les permitían salvar agujeros en las cavernas. Con el tiempo supieron crear cuerdas que permitían unir los distintos elementos del puente. Estas cuerdas también sirvieron para crear puentes de cuerdas atados a los dos lados que se querían cruzar. En cierta manera así nacieron los puentes colgantes. (puentes, 2017)

1.2.2 Antecedentes Nacionales.

En Colombia el gobierno nacional avanza en la construcción de más de 1000 puentes a través de las concesiones viales de cuarta generación Vías 4G, programa de infraestructura vial que plantea la construcción y operación en concesiones de más de 8,000 km, con más de 1,370 km de doble calzadas, y 159 túneles, obras que permitirán el desarrollo del país haciéndolo más competitivo, disminuyendo costo de operación y reduciendo notablemente los tiempos de recorrido de un pueblo permitiendo el desplazamiento de las personas y mercancías desde los puntos de fabricación hasta los puertos de exportación.

Según cifras oficiales, se estiman inversiones mayores a los \$47 billones de pesos (cerca de \$18000 millones de dólares). Se espera que esta generación de proyectos se ejecute en los próximos 6 años.

Las vías de cuarta generación 4G tiene como fin sacar a Colombia del retraso en infraestructura vial que ha sufrido durante muchos años, y que ha impactado directamente la economía de la nación, el transporte de personas y bienes, e incluso, el acceso a regiones alejadas.

Según estudios de la ANI, las vías 4G pueden tener un efecto multiplicador de 1.5% sobre el producto interno bruto durante los años de la construcción, entre un 4.6% y 5.3% en el largo plazo, generando reducción en la tasa de desempleo. Se espera generar 180,000 empleos directos en la etapa de construcción. ((Colombia), 2017)

Ahora bien, es importante mencionar que durante la ejecución del proyecto de grado, ocurrió la peor catástrofe de la ingeniería Colombiana, que fue el colapso del puente Chirajara en la vía que conduce de Bogotá a Villavicencio, el pasado 15 de enero de 2018 sobre el medio día colapso el viaducto de Chirajara del tipo atirantado de 446 metros de longitud. Puente considerado como de los más importantes que se estaban construyendo en Colombia ya que era el puente más alto que se construía en la historia del país, inmerso en un proyecto que fue galardonado con el premio nacional de ingeniería, tragedia que dejó mal parada el gremio de la ingeniería Colombiana, dejando sin números de interrogantes que son causas de investigación.

1.2.3 Antecedentes Regionales.

Girardot por ser una ciudad donde cruza el Rio más importante de Colombia, el Rio Magdalena, el cual recibe varios ríos como es el Rio Bogotá, tiene una gran relevancia en la región siendo un centro turístico y comercial donde se comercializa todo tipo de productos, es por ello que se ve la necesidad de tener puentes vehiculares en buenas condiciones, en la actualidad existen varios puentes, como son el puente Ospina Pérez es un puente colgante que cruza el río Magdalena, conectando los departamentos de Tolima y Cundinamarca a la altura de las ciudades de Girardot y

Flandes El puente fue inaugurado por el presidente Mariano Ospina Pérez el 5 de enero de 1950. En la actualidad 68 años después de su construcción se puede decir que estructuralmente el puente es funcional, pero sin lugar a dudas requiere obras de mantenimiento como son reparación de los baches que presenta la carpeta asfáltica, mantenimiento a su estructura metálica con pintura.

Ilustración 5 Estado actual del puente mariano Ospina



Fuente: autor (2018)

Es un puente colgante con los cables anclados a tierra, con dos torres metálicas sustentadas en tierra y con un tablero en celosía metálica reforzada en concreto. Varias péndolas verticales transfieren las cargas del tablero hacia los cables que a su vez se sostienen de las dos torres. (Ospina, 2017)

Como se puede ver, el puente Mariano Ospina Pérez y el puente Salsipuedes son estructuras con casi setenta años de servicio, que revelan el atraso que se tiene en esta materia en Colombia.

Por esas mismas fechas, en la década de los 40 se construyó el puente férreo, estructura en arco metálico, construida por ingenieros alemanes, puente que su momento fue de gran relevancia ya que la mercancía y las personas se trasladaban a través del tren.

Ilustración 6 Estado actual del puente Férreo sobre el Rio Magdalena



Fuente: autor (2018)

Ahora bien, es importante mencionar que en la actualidad se está construyendo un nuevo puente sobre el Río Magdalena que conectara los municipios de Flandes con el de Girardot por la zona de la vereda San Lorenzo, este nuevo puente tiene un longitud de 450 m en doble calzada con un ancho hasta de 24m estructura que garantizara una operación eficaz de acuerdo a las necesidades del país, este permitirá el transporte de carga pesada, muy diferente a las condiciones actuales de los demás puentes que cuenta la ciudad de Girardot.

1.3 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál sería el diseño idóneo para la adecuación y/o ampliación del puente Salsipuedes ubicado en el K2+040 de la vía que conduce de Girardot - Ricaurte - Melgar?

2. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto es de gran importancia para la región del Magdalena Medio, ya que se proyecta un rediseño Geométrico del puente Salsipuedes mejorando su capacidad y confort, ya que se plantea de pasar de dos carriles bidireccionales a un puente en doble calzada, generando un atractivo más para Girardot, que es una ciudad turística por naturaleza, generando beneficios sociales ya que la comunidad del sector se verá beneficiada con este proyecto, aumentando la competitividad como región ya que una buena infraestructura genera desarrollo y crecimiento.

Debido a los megaproyectos que está impulsado la nación a través de sus entidades gubernamentales hace que este proyecto sea factible, y de gran importancia para la región.

A través de técnicas de ingeniería civil, se pretende realizar esta investigación que nos lleve al diseño de un nuevo puente que solucione la problemática presentada actualmente como es el colapso de la movilidad y el alto riesgo de accidentalidad en los días de lluvias, por las deficiencias que presenta la estructura actual.

Ahora bien, para este proyecto se plantea como línea de investigación la de Educación, transformación social e innovación ya que como estudiantes de ingeniería civil pretendemos poner un grano de arena a través de esta investigación para el desarrollo de nuestra región generando así una transformación social, con el diseño geométrico de un nuevo puente, innovador y de gran importancia para la comunidad Girardoteña.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Buscar alternativas de diseño en la parte geométrica para el Puente Salsipuedes, a través de una investigación de campo y la revisión de la normatividad colombiana vigente.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Documentar el estado actual del puente Salsipuedes en su parte geométrica y “patologías”
- Establecer propuestas de mejoramiento de las condiciones actuales del puente Salsipuedes.
- Realizar una comparación cualitativa del tráfico actual y el atraído.
- Determinar los criterios de diseño geométrico para los puentes vehiculares, y establecer si el puente Salsipuedes los cumple de acuerdo a la normatividad colombiana vigente.

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1 MARCO INSTITUCIONAL

La construcción de obras públicas está regida en Colombia por la ley 80 de 1993, Reglamentada por el Decreto Nacional 734 de 2012, Modificada por la Ley 1150 de 2007, Reglamentada parcialmente por los Decretos Nacionales 679 de 1994, 626 de 2001, 2170 de 2002, 3629 y 3740 de 2004, 959, 2434 y 4375 de 2006; 2474 de 2008 y 2473 de 2010

Por la cual se expide el Estatuto General de Contratación de la Administración Pública, tiene por objeto disponer las reglas y principios que rigen los contratos de las entidades estatales. (Colombia E. C., 1993)

4.2 MARCO NORMATIVO /LEGAL

En Colombia para el diseño de puentes vehiculares se utilizan las siguientes normas:

- Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes, 2014
- American Association of State Highway and Transportation Officials, Load and Resistance Factor Design, Bridge Design Specifications, 2010 Edition (AASHTO LFRD 2010 INTERIM)

- AASHTO LFRD Bridge Construction Specifications
- Bridge Design Practice Manual – State Of California – Department Of Transportation CALTRANS.
- ANSI American National Standards Institute
- ASCE American Society of Civil Engineers
- ASTM American Society of Testing Materials
- Manual de diseño geométrico de carreteras del INVIAS
- Articular 680- 07 Especificaciones INVIAS Tierra Armada
- Artículo 810- 07 Especificaciones INVIAS Control De Erosión
- Artículo 630- 07 Especificaciones INVIAS Concreto Estructural.
- Manual De Inspección De Puentes INVIAS
- Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles
- Manual de Señalización Vial.

Para el diseño de puentes se emplea como norma principal de diseño el CÓDIGO COLOMBIANO DE DISEÑO SÍSMICO DE PUENTES DE 2014, el cual basa su sustento en el uso de la metodología de diseño LRFD, en el cual los factores de carga y de resistencia fueron calibrados con la carga viva presentada en el código correspondiente al CCP-14. (INVIAS, 2015)

4.3 MARCO TEÓRICO

El diseño de puentes en Colombia se realiza siguiendo en su totalidad las recomendaciones de la norma AASHTO, la cual fue publicada por primera vez en el año 1931 y ha sufrido revisiones permanentes hasta su última versión que corresponde a la 16 de 2013.

Ahora bien, los puentes diseñados con esta norma han mostrado un comportamiento aceptable, sin embargo debido a las condiciones especiales de la topografía de Colombia y los eventos sísmicos propios de nuestra región y muy diferentes a los presentados en otros países se hizo necesario la creación de un código propio para el diseño de puentes que se fueran a construir en Colombia.

- a) La expedición de la NSR-10 de aplicación específica en edificios, planteaba la necesidad de una reglamentación para el diseño y la construcción de puentes.
- b) El desarrollo del país genero crecimiento en su parque automotor especialmente de los vehículos de carga, con cargas mayores que las consideradas en la norma AASHTO, lo cual hacía pensar, que los puentes que se habían comportado adecuadamente para tráficos livianos lograrían presentar daños para tráficos más pesados y de mayor densidad.

El "CÓDIGO COLOMBIANO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIONES DE PUENTES" representa un avance significativo en el proceso de desarrollo en que se encuentra el País. (LTDA., 2011)

4.4 MARCO CONCEPTUAL

Los diseños de los puentes se identifican por la complejidad y la información previa con la que debe contar el diseñador. Entonces, para diseños de puentes de gran envergadura y especiales, es necesario un equipo de profesionales multidisciplinario. El producto final en la construcción de un puente puede ser medido en función de su resultado funcional, estructural, económico y estético. Es por ello, que el diseñador o diseñadores requieren de conocimientos especializados de ingeniería en transporte, geotécnica, geología, estructuras, topografía, hidrología, hidráulica, arquitectura y demás disciplinas necesarias para el correcto diseño de un puente.

En el diseño estructural, es un pre-requisito para un correcto diseño, en comparación con otras características tales como funcionalidad, hidráulica, ingeniería geotécnica y estética.

La determinación de fuerzas internas en las estructuras de los puentes es una tarea más compleja, la cual requiere de gran experiencia y habilidad del ingeniero civil calculista. Con grandes conocimientos de la estática estructural, en conjunto con una serie de combinaciones permite determinar la distribución de carga y su traslado al terreno de fundación. Liebenberg (1993) también afirma que, *"incluso con procesadores de datos y actualizaciones computacionales, los procesos interactivos de análisis*

estructural, tales como el método de elementos finitos permiten a los diseñadores de puentes llegar a aproximaciones más realistas y a substituir cálculos numéricos complejos.”(...)

Una vez culminado la etapa de diseño, el siguiente paso es contar con un proceso constructivo adecuado y aterrizado al sector de construcción del puente.

La construcción de un puente requiere de estudios detallados, se debe considerar todos los pasos a llevar a cabo, con el fin de garantizar seguridad en la construcción, entre ellos se debe contar con estudio acucioso del suelo a cimentar el puente, determinar la capacidad portante del terreno, la presencia de aguas subterranas, el cálculo adecuado de los caudales (si se tienen), con el fin de garantizar un galibo adecuado, de igual forma es importante llevar un control sobre la calidad de los materiales a emplear. (construcción, 2010)

De igual forma, es importante indicar los conceptos geométricos que se hallan en los puentes, Jennifer Elrod refiere que: *“Pueden hallarse diferentes diseños de puentes en todo el mundo. Puedes hallar puentes de armadura, arco, cable, viga, suspensión y voladizo en diferentes áreas. El tipo de puente utilizado depende en gran medida de la distancia que debe cubrir y la cantidad de peso que debe soportar. El diseño geométrico es importante. Si son adecuadamente utilizadas, las figuras geométricas pueden crear puentes extremadamente fuertes. Aunque algunos puentes pueden utilizar más conceptos geométricos que otros, todos los diseños de puentes distribuyen de manera pareja el peso para un soporte adecuado.”(...)* (Elrod, Geniolandia, 2018)

- **Triángulos**

Los puentes de armazón obedecen en su mayoría a los triángulos. Utilizados adecuadamente, los triángulos distribuyen las cargas de manera uniforme a lo largo de la estructura. Los triángulos son empelados a los lados, a veces encima del puente. La parte superior del puente de armazón puede tener un diseño tipo “X”, dónde cuatro triángulos generan bastante soporte para sostener grandes cargas. Un puente bien diseñado tiene que ver más con el diseño que con sus materiales. (Elrod, Geniolandia, 2018)

- **Arcos**

En los puentes son muy comunes los arcos. De acuerdo a PBS.org *“los puentes de arco son uno de los tipos más viejos de puentes y tienen una gran fuerza natural. En lugar de presionar directamente hacia abajo, el peso de un puente de arco es llevado hacia fuera a lo largo de la curva del arco hacia los soportes en cada extremo”*. (...) La estructura en arco puede ser de un solo arco, o de varios arcos lado a lado para crear el soporte necesario para soportar las cargas. (Elrod, Geniolandia, 2018)

- **Simetría**

La simetría en los puentes es muy importante, concepto geométrico cuando una mitad de una figura es igual a la otra mitad. La simetría es importante en los diseños de puentes debido a que la total longitud del puente debe poder soportar las cargas de forma equilibrada, de no ser así se pone en riesgo de colapso. (Elrod, Geniolandia, 2018)

5. DISEÑO METODOLOGÍA

5.1 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo a las líneas de investigación establecidas por la Universidad Minuto de Dios se decidió como línea de investigación:

Competitividad y Desarrollo Económico: *“Esta interfaz apunta a fomentar la innovación tecnológica y el emprendimiento por parte de los profesores y los estudiantes de la sede, y a estimular las actividades de investigación y proyección social relacionadas con el incremento de la competitividad regional. El programa incluye actualmente las siguientes interfaces: Industria; Minería; Comercio exterior; Tecnología.”* (Uniminuto, 2014)

5.2 TIPO DE ESTUDIO

La investigación cualitativa se despliega esencialmente en un contexto de interacción personal. El rol que desempeña el investigador y los elementos de la unidad social objeto de estudio son resultado de una definición y pacto progresivo. Donde el investigador debe asumir varios roles (investigador, participante) según su porcentaje de participación en el mismo proyecto. De otro lado, los individuos que forman parte del escenario también van precisando su papel según el grado en que proporcionan información (porteros, informantes clave, informantes y ayudante, confidente o tratante de extraños)" (Ibáñez, 1992)

5.3 VARIABLE

Una vez culminado el primer paso que es identificar el problema de la investigación se debe aislar los elementos o características más relevantes del fenómeno, que hacen parte o pueden intervenir en él. Por lo cual se busca demarcar el problema a partir de la caracterización, dándole orden y relacionándolas de acuerdo a su propia entorno, por lo cual la problemática puede explorarse, describirse o explicarse. En síntesis se entiende cualquier característica o cualidad del fenómeno de estudio, susceptible de asumir diferentes valores. (Uniminuto, 2014)

Dentro las variables tenemos:

- El tipo de suelo de cimentación.
- La asignación de recursos.
- Trafico atraído.
- Tipología de puentes a diseñar.
- La seguridad Vial.
- La seguridad de los peatones.

5.4 UNIDAD DE ANÁLISIS

Para la unidad de análisis se debe definir los criterios de inclusión y exclusión de la población a trabajar, precisando su tamaño. Esta etapa se termina cuando se

determina a cuánto asciende el tamaño de la población a analizar, y qué criterios son necesarios para delimitarla.

- Para elegir la muestra se debe definir la unidad de análisis ("quiénes van a ser estudiados"). Lo anterior obedece al problema a investigar y de los objetivos planteados en la investigación.
- Paso seguido a la definición de la unidad de análisis se debe continuar con la delimitación de la población.
- La población debe disponer claramente del entorno a sus características de contenido, lugar y tiempo. (Silva., 2011)

5.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Con el fin de realizar el proyecto se tuvo en cuenta los parámetros establecidos como son las técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos Cualitativos y cuantitativos, se utilizó como técnica de recolección de datos la observación, dentro de ella tenemos:

- Reconociendo en campo (formatos de visita de obra).
- Aforos vehiculares (formato de conteos).
- Evaluación de las afectaciones del puente.
- Levantamiento topográfico.
- Hojas de Cálculo.
- Dibujo en software especializado.

6. RESULTADOS

6.1 ACTIVIDADES REALIZADAS

Durante la ejecución del proyecto se realizaron las siguientes actividades:

- Visitas de campo.
- Investigación Antecedentes del Puente SALSIPUEDES.
- Visitas de obra a otros puentes en construcción.
- Auscultación de las condiciones actuales del puente.
- Aforos vehiculares.
- Análisis del tráfico circulante.
- Proyección de TPDA próximos años
- Levantamiento Topográfico (curvas de nivel , topografía de detalle)
- Ensayo esclerómetro (determinar la resistencia del concreto)
- Análisis del suelo predominante en la zona.
- Predimensionamiento de estructura.
- Modelación en 3D
- Dibujo geometría del puente actual y de la propuesta de diseño geométrico.
- Calculo Cantidades de Obra
- Presupuesto de obra
- Cronograma de obra.
- Análisis de la información

6.2 VISITAS DE CAMPO.

Durante los meses de noviembre y diciembre de 2017, enero, febrero, marzo de 2018 se realizó visitas de campo con el fin de levantar información necesaria para la estructuración del proyecto.

De las visitas realizadas se puede decir que el puente tiene 2 sistemas constructivos el primero arco, se presume por las características y diferencia de materiales que el puente fue ampliado, donde se pasó de arco en piedra, a la ampliación de la luz central con la adición de 2 vigas y ampliación del acho del tablero, y la construcción de las luces externas con 6 vigas cada una en concreto reforzado, para un total de 14 vigas longitudinales, losa en concreto reforzado sin fracturas en condiciones aceptables, la sub-estructura consta de 2 estribos y 4 aletas construida en ciclópeo , presenta socavación en la aleta del estribo No 1 aguas arriba; no se observa las juntas de dilatación al parecer están cubierta por la carpeta asfáltica por lo que no se pudo evaluar las condiciones de las mismas, sin barandas en los senderos peatonales se observan defensas metálicas en regular estado, presenta empozamientos por falta de drenes verticales, carpeta asfáltica fisurada debido al uso, se evidencia la falta de mantenimiento, demarcación horizontal gastada.

6.3 AUSCULTACIÓN DE LAS CONDICIONES ACTUALES DEL PUENTE.

A continuación se presenta los resultados de las vistas adelantadas durante los meses antes mencionados:

✓ Descripción General

Para tal efecto se realizaron varias visitas de inspección, con el fin de establecer: el estado actual de los elementos estructurales, así como establecer las actividades de campo requeridas para caracterizar materiales y grado de afectaciones en general.

Por lo anterior dicho, se puede establecer que el puente Salsipuedes se trata de un puente recto con tres (3) luces con una longitud estimada de 43.80 m, la primera luz con una longitud de 11,83 m, luz central en forma de arco con una luz de 15,6 m, y una tercera luz en la salida del puente con 15,12 m, cada luz se presenta resuelta mediante 4 vigas en concreto reforzado, se estimó el galibo en 9.50 m.

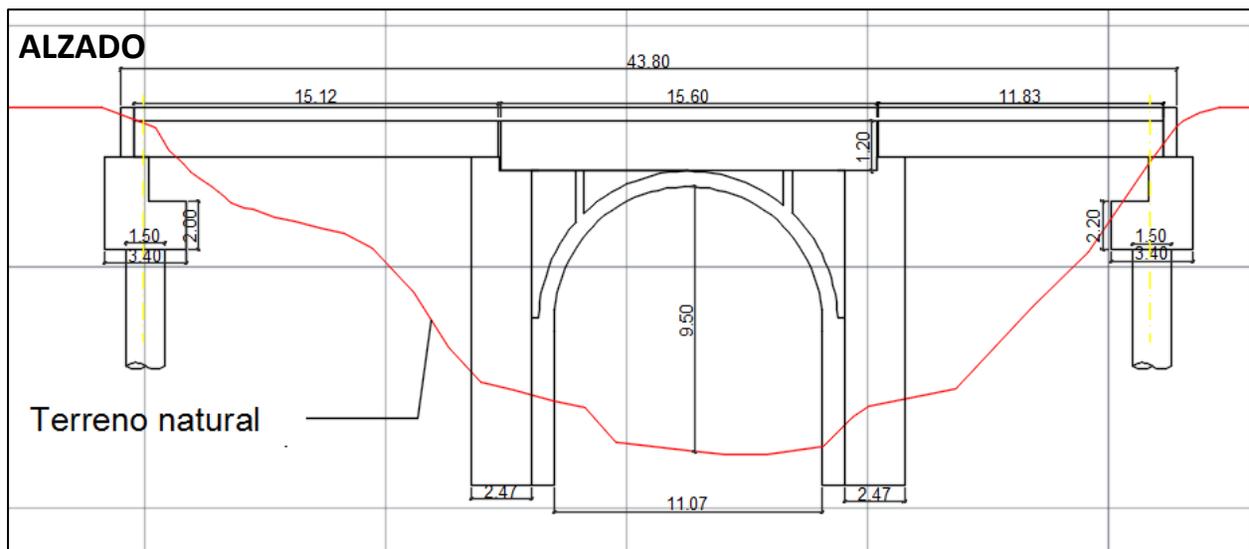
La superestructura actual consta de 10.05 m de ancho con diez (10) vigas longitudinales 4 para las luces exteriores y 2 vigas en la luz central, con elementos de arriostramiento. La superestructura esta soportada por dos pilas intermedia y estribos tipo silleta con aletas adosadas a estos en concreto ciclópeos lo cual demuestra la antigüedad de esta estructura.

Por otra parte, el puente Salsipuedes, sobre el río Bogotá, es considerado por los usuarios del mismo como un “cuello de botella”. Inmerso en la vía nacional, que viene de Melgar, tiene tres carriles y en el puente se estrecha.

Según información tomada del diario el tiempo para el mes de enero de 1996 un campero se volcó y fue a dar al cauce del río. Además, el puente Salsipuedes no tiene senderos peatonales adecuados y carece de iluminación, con un ancho de calzada de 10.9 no tiene bermas. (Tiempo, 1996)

Dentro los trabajos realizado se llevó a cabo el levantamiento detallado de la estructura en su estado actual, a continuación de se presenta esquema alzado del puente Salsipuedes.

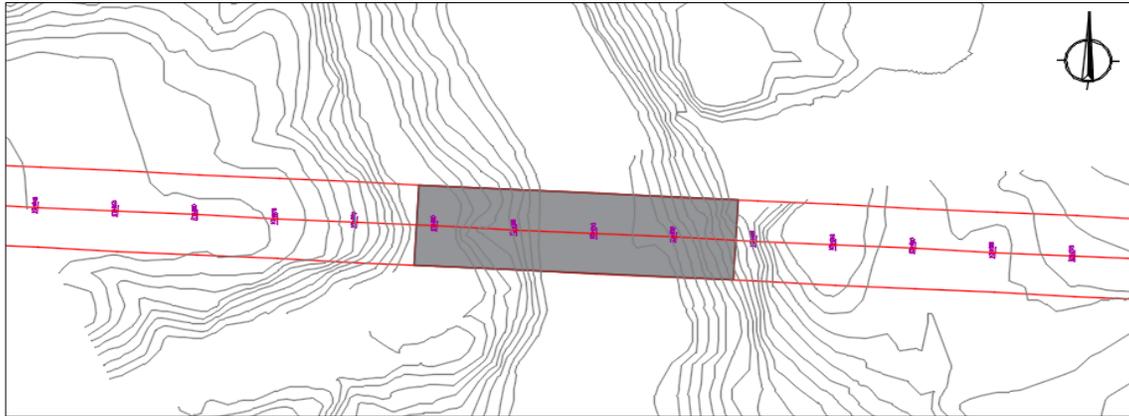
Ilustración 7 Esquema Perfil Puente Salsipuedes



Fuente (Autor 2018)

Así mismo se presenta esquema en planta del puente salpiques.

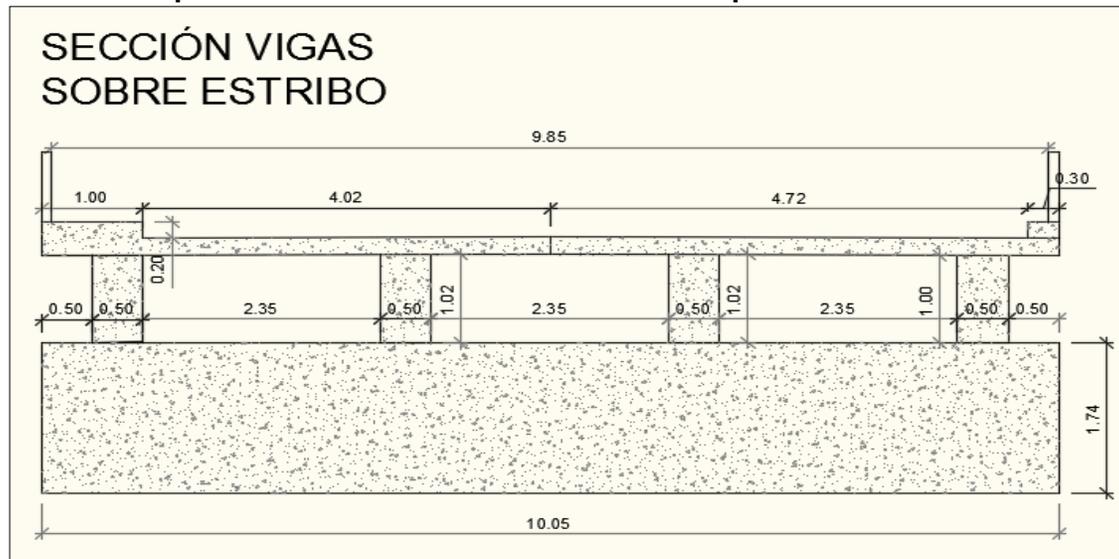
Ilustración 8 Esquema en Planta Puente Salsipuedes



Fuente (Autor 2018)

Por último se presenta sección transversal en la zona de estribo lado Bogotá.

Ilustración 9 Esquema Sección Transversal Puente Salsipuedes



Fuente (Autor 2018)

De igual forma dentro de las actividades adelantadas se contó con el seguimiento al comportamiento del tráfico durante varios días con la realización de aforos vehiculares con el fin de establecer el TPDA para este punto en específico, información que se presenta más adelante.

Ilustración 10 Represamiento vehicular embotellamiento del trafico



Fuente: Autor (2017)

✓ **Información del puente**

A continuación se presenta los datos que identifican al puente.

Tabla 6.1 Identificación Puente Salsipuedes

IDENTIFICACIÓN PUENTE SALSIPUEDES K2+040		
No	ÍTEM	DESCRIPCIÓN
1	PR del puente:	K2+040
2	Nombre del Puente	Puente Salsipuedes
3	Obstáculo que salva	Rio Bogotá
4	Tipo de Puente	Vigas simplemente apoyadas, arco en la luz central
		Losa sobre vigas
6	longitud total	43,8 m
7	Ancho	10, 05 m
8	Galibo	9,5 m en la luz central
9	No de luces	3

Fuente: (Autor 2018)

✓ **Cimentación**

De las verificaciones realizadas se puede establecer que las pilas intermedias no tienen cimentación profunda, estan soportadas sobre la roca que aflora en el sector, se

creo que la cimentación sobre los estribos es cimentación profunda, información que no se pudo corroborar debido a las condiciones del terreno.

✓ **Infraestructura**

La infraestructura del puente Salsipuedes está conformada por la cimentación al parecer caisson o pilotes que soportan los estribos y las pilas intermedias en concreto reforzado que presenta segregación y hormigonado, se observa aceros expuestos a la intemperie, de igual forma se ve el concreto afectado por las aguas contaminadas del Río Bogotá.

Ilustración 11 Infraestructura puente Salsipuedes.



Fuente: Autor (2017)

✓ **Superestructura**

La superestructura está conformada por 10 vigas simplemente apoyadas en tres luces, la luz central está conformada por un arco en concreto reforzado el cual presenta una grieta transversal que requiere reparación, se deduce que la construcción del arco fue realizada años después de la construcción del puente con el fin de reforzar la

estructura y proteger el tablero y las vigas de la gases que emanan el Rio Bogotá producto de su alta contaminación.

Ilustración 12 superestructura puente Salsipuedes.



Fuente: Autor (2017)

✓ Vigas

El puente cuenta con 4 vigas simplemente apoyadas, sistema isostático en concreto reforzado por cada luz, estas presentan aceros expuestos, segregación, hormigqueo, no se encuentran apoyadas sobre neoprenos, sino apoyadas directamente sobre los estribos y las pilas centrales, por lo que se puede establecer que este puente no cumple con el Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes, 2014.

Ilustración 13 Fracturas vigas del puente, aceros expuestos.



Fuente: Autor (2017)

✓ **Riostras**

Se registra afectación biológica en los apoyos y suciedad generalizada en las vigas principales y riostras, lo anterior por falta de mantenimiento.

Ilustración 14 Riostras afectación biológica.



Fuente: Autor (2017)

✓ **Estribos**

Los estribos de ambos costados presentan suciedad generalizada, se registró manchas de humedad debido a al manejo inadecuado de las aguas lluvias, sobre la corona del estribo y la falta de construcción de juntas de dilatación, en el estribo de entrada se observa socavación del terreno a causa de las aguas lluvias que discurren en este punto.

Ilustración 15 Socavación en el estribo de salida costado derecho.



Fuente: Autor (2017)

✓ **Espaldar**

Se pudo evidenciar espaldares en concreto ciclópeo en malas condiciones, en el costado izquierdo del estribo de salida se observó socavación por causa de la corriente de las aguas lluvias del sector, sin ningún tipo de protección.

Ilustración 16 Zona de espaldar, estructura antigua en ciclópeo.



Fuente: Autor (2017)

✓ **Topes sísmicos**

Este puente no cuenta con topes sísmicos.

Ilustración 17 Estructura sin topes sísmicos.



Fuente: Autor (2017)

✓ **Tablero**

Tablero en concreto reforzado apoyado sobre vigas simplemente apoyadas. Con un ancho de 10,05 m lo cual difiere que no cumple con el ancho mínimo para vías nacionales como lo es esta de acuerdo a lo establecido en la ley.

Ilustración 18 Tablero concreto estructural, capa de rodadura.



Fuente: Autor (2017)

✓ **Andenes**

La estructura cuenta con andén en el costado derecho en el sentido Girardot – Bogotá y bordillo en el costado izquierdo, se pudo evidenciar que el bordillo fue objeto

de demolición “orificios” con el fin de que el agua empozada durante las épocas de lluvias sea evacuada.

Ilustración 19 Sendero peatonal costado derecho.



Fuente: Autor (2017)

✓ **Pavimentó**

Se evidencia carpeta asfáltica tipo MDC2 con alta presencia de fisuras en la superficie de rodadura esto debido alto tráfico que circula por este sector.

Ilustración 20 Fisuras transversales, segregación en el asfalto por desgaste.



Fuente: Autor (2017)

✓ **Juntas de dilatación**

De la inspección realizada se pudo evidenciar que esta estructura no cuenta con juntas de dilatación ni topes sísmicos, lo que refleja que no cumple lo establecido en la NSR 10 como estructuras sismo resistente, de ahí la necesidad de ser remplazado por una estructura nueva que cumpla con las especificaciones de diseño contempladas en la normatividad colombiana.

Ilustración 21 Juntas de dilatación tapadas por el pavimento.



Fuente: Autor (2017)

✓ **Barandas**

El puente Salsipuedes cuenta con defensas metálicas en cada costado en malas condiciones que no cumplen con la reglamentación colombiana para las barandas de los puentes específicamente el código colombiano de diseño de puentes 2014.

Ilustración 22 Defensas metálicas, en lugar de barandas según CCP-2014



Fuente: Autor (2017)

✓ **Afectación Particulares**

Se presenta ausencia de topes sísmicos, no se evidencia las juntas externas, por lo que se hace necesario su instalación por unas de tipo elastomérico que impidan el paso del agua de escorrentía hacia los estribos, la longitud de apoyo de las vigas se aprecia insuficiente. Se deben tomar medidas que permitan aumentar dicha longitud para poder asumir en forma segura cualquier movimiento ante el sismo de diseño esperado para el puente, otra afectación de mucha importancia en el puente consiste en el posible déficit que presentan sus elementos. Esto se podrá corroborar en el análisis respectivo.

✓ **Afectaciones Funcionales**

El ancho del puente se considera escaso para el flujo vehicular de la vía, por lo que se plantea ampliarlo con una estructura nueva de acuerdo a la demanda presentada, con la construcción de un puente de doble calzada de amenos 21 metros de ancho.

En el anexo No 5 se presenta fichas de inspección de las patologías presentada por el puente Salsipuedes.

6.4 INVESTIGACIÓN ANTECEDENTES DEL PUENTE SALIPUEDES.

Se indago en la alcaldía municipal de Girardot en el banco de proyectos, para obtener información sobre este puente sin obtener respuesta alguna, dándonos traslado a la ANI, mediante el método de entrevista nos dimos a la tarea de investigar la fecha de construcción del puente Salsipuedes, bajo que norma se construyó, su vida útil y demás elementos que nos permitiera determinar si ya se cumplió la vida útil de este puente.

Entre las personas entrevistadas tenemos a Mario Sánchez de 80 años de edad vecino del sector puente Salsipuedes residente en la dirección Cll 22 1ª – 50, Jorge Sánchez Cruz de 72 años cll 22 1ª – 28, María Agudelo Cll 22 No 1ª – 30.

De lo investigado se pude comentar que a finales de los años 1930 se culminó el transporte fluvial sobre el rio Magdalena, dando cambio al transporte mediante trenes de carga, convirtiendo a la ciudad de Girardot en un centro económico de la región, donde llegaban las mercancías del norte del país para llevarla A la capital del País. (portafolio.co, 2006)

El puente Ferrero sobre el río Magdalena, diagonal al puente Mariano Ospina construido en 1950, fue inaugurado el 1 de enero de 1930, para estas mismas fechas se abrió la vía a Bogotá. (ROSSELLI, 2006)

Así las cosas, de acuerdo a las indagaciones realizadas el puente Salsipuedes data de la década de los 50 con alrededor de 70 años de construcción, por lo que se puede determinar que ya cumplió la vida útil de su construcción y se hace necesario la implementación de un nuevo puente.

Ahora bien, se pudo establecer que el puente fue construido siguiendo las recomendaciones de la norma AASHTO, la cual fue publicada por primera vez en el año 1931, fecha anterior a la construcción del puente Salsipuedes.

6.4.1 Paralelo Criterios De Diseño Fecha De Construcción vs Actualidad

La primera Especificación Estándar para el diseño y construcción de puentes fue publicada en 1931 por AASHO, la entidad predecesora del AASHTO. El sub-comité de Puentes y Estructuras del AASHTO está conformado por los Ingenieros Jefe de Puentes de cada Departamento de Caminos de EE.UU., entidades que han tenido a su cargo la responsabilidad del diseño, construcción y mantenimiento de la mayoría de puentes de EE.UU desde esa época. Se consideró natural por lo tanto que el AASHTO a través de este subcomité sea el responsable de publicar y actualizar permanentemente las Especificaciones de Puentes.

Desde un inicio, las Especificaciones de Puentes del AASHTO se convirtieron "de alguna forma" en una Norma Nacional adoptada no sólo por los Departamentos Estatales de Caminos sino también por toda autoridad propietaria de puentes tanto en EE.UU como en otros países. Se han publicado ediciones consecutivamente cada cuatro (4) años, aproximadamente, y la 7th Edition publicada en 2014.

El conocimiento relacionado al Diseño de Puentes ha crecido enormemente desde 1931, tanto en los aspectos teóricos como prácticos, gracias a trabajos de Investigación sobre las propiedades de los materiales, en el desarrollo de nuevos y mejores materiales, en métodos más racionales y precisos sobre el comportamiento estructural, en el uso de técnicas computacionales cada vez más avanzadas, en el estudio de eventos externos particularmente peligrosos para puentes tales como sismos y socavación, etc. A fin de mantener el paso con todos estos avances, el AASHTO autorizó al Sub-comité de Puentes y Estructuras, a publicar cada año Documentos Internos (Interims) sobre Puentes, no solamente sobre las Especificaciones Estándares existentes, sino también para modificar paulatinamente y aumentar la veintena de documentos sobre Puentes y Estructuras que están bajo su guía y auspicio. (Manual De Diseño de Puentes)

Para la fecha de construcción del puente Salsipuedes en la década de los 50 se tomó como referencia los criterios de diseño establecidos en la norma AASHTO de 1931, criterios que aún se utilizan en la actualidad, la gran diferencia está en la evolución de los materiales y las técnicas constructivas como es el concreto postensado que nos permite reducir notablemente la secciones de los elementos a

construir como es el caso de las vigas longitudinales, de igual forma la evolución de los concretos de mayor resistencia, tiempos de fraguado, así mismo, la tipología de los puentes como son los puentes colgantes, en arco, atirantados.

Si bien para la fecha de construcción del puente Salsipuedes los criterios geométricos son diferentes a la actualidad, para la vida útil con la que fue diseñado, el puente cumplió con estos estándares, pero debido al cambio que han tenido los vehículos de carga en sus dimensiones, fue necesario el cambio en las secciones geométricas de los puentes y las vías, razón por la cual se hace necesario la construcción de un nuevo puente que garantice las condiciones de seguridad y confort que se requieren en la actualidad.

Dentro los criterios básicos de diseño de acuerdo a la norma AASHTO LRFD que se tienen para la construcción de puentes se utilizaron en la antigüedad y aun hoy en día se utilizan tenemos:

- a) Localización, en ella se tiene en cuenta la ubicación en cuanto al sitio, alineamiento, pendientes, rasante.
- b) Tipo de puente, teniendo en cuenta su estética, economía, seguridad y funcionalidad.
- c) Su forma geométrica, dimensiones, análisis de sus accesos, superestructura, infraestructura, cause, cimentación etc.
- d) Sus obras complementarias como son: barandas, drenajes, muros de acompañamiento, corrección del cauce, iluminación entre otras.

- e) Ancho de vía (calzada), los puentes se debe construir de madera de poder acomodar el carril de diseño estándar y las bermas adecuadas, de acuerdo a la normatividad vigente para la época.
- f) Barreras de concreto tiene como fin contener y corregir la dirección de desplazamiento de los vehículos desviados que utilicen la estructura.
- g) Pavimento puede ser rígido o flexible, el espesor se define en función al tráfico esperado en la vía.
- h) Losas de aproximación, son de importancia para garantizar la transición del puente con las vía espesor mínimo de 0,2 m.
- i) Juntas de dilatación, permiten la expansión o contracción de la estructura por los efectos de cambio en la temperatura.

Normatividad

- AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., 2014 7th Edition
- Código Colombiano de Puentes CCP-14

6.5 VISITAS DE OBRA A OTROS PUENTES EN CONSTRUCCIÓN.

Con el fin de analizar los diferentes procesos constructivos adelantados para esta época se realizó diferentes visitas a los puentes que se están construyendo en la región, el día 11 de Noviembre de 2017. Se realizó visita al Proyecto Vial Concesionado Alto Magdalena en la vía que conduce de Girardot al municipio de Nariño.

Ilustración 23 Visita de obra realizada Puente Flandes Rio Magdalena



Fuente: Autor (2017)

Ilustración 24 Visita de obra realizada Puente Flandes Rio Magdalena



Fuente: Autor (2017)

Ilustración 25 Visita de obra realizada Puente Flandes Rio Magdalena



Fuente: Autor (2017)

Ilustración 26 Visita de obra realizada Puente intersección Flandes.



Fuente: Autor (2017)

Ilustración 27 Visita de obra realizada Puente Flandes Río Magdalena



Fuente: Autor (2017)

Ilustración 28 Visita de obra realizada Puente Flandes K2+750



Fuente: Autor (2017)

Ilustración 29 Visita de obra puentes vía Nariño



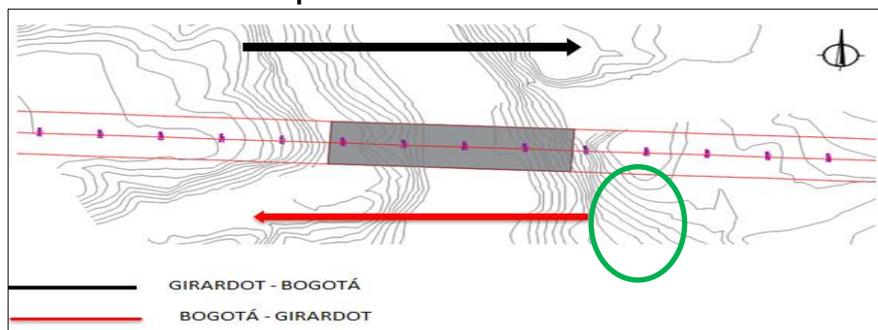
Fuente: Autor (2017)

6.6 AFOROS VEHICULARES.

Para estimar el tráfico circulante por el sector y poder así estimar el TPDA que circula por el puente Salsipuedes fue necesario realizar diferentes aforos vehiculares en diferentes horas y días de la semana, para ello se tomaron los siguientes sentidos Girardot – Bogotá y viceversa, es importante mencionar que los aforos se realizaron en el mismo sector del puente en mención.

A continuación se presenta esquema con los sentidos de aforo utilizados y la ubicación del sector donde se realizaron los aforos.

Ilustración 30 Movimientos aforados por estación de conteo



Fuente: Autor (2017)

— Localización del sector donde se realizaron los aforos.

Para la clasificación de los vehículos fue importante tener conceptos previos para conocer las diferentes categorías que existen de acuerdo al código nacional de tránsito de la siguiente manera:

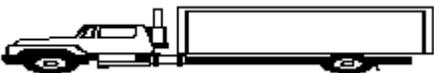
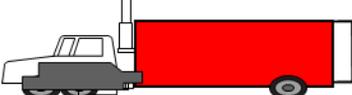
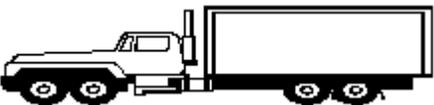
De la ley 769 de 2.002 (6 de agosto) por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre:

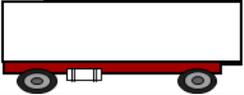
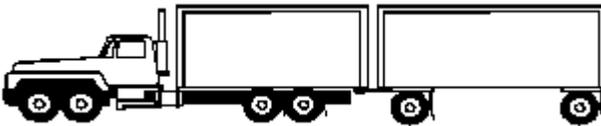
- Vehículo de servicio particular: Vehículo automotor destinado a satisfacer las necesidades privadas de movilización de personas, animales o cosas.
- Vehículo de servicio público: Vehículo automotor homologado, destinado al transporte de pasajeros, carga o ambos por las vías de uso público mediante el cobro de una tarifa, porte, flete o pasaje.
- Resolución del Ministerio de Transporte N. 13791 del 21 de diciembre del año 1.988:
- Tara de un vehículo: peso de un vehículo desprovisto de carga, con su equipo auxiliar habitual y dotación completa de agua, combustible y lubricantes.
- Norma técnica colombiana NTC 4788 del 30-08-2000:
- Camión: Vehículo automotor que por su tamaño y designación se usa para transportar carga. Tiene un peso bruto vehicular superior a cinco toneladas y puede hallar un remolque.
- Peso bruto vehicular (PBV): Peso de un vehículo en condiciones de marcha más el máximo de carga que puede transportar.
- Remolque: Vehículo no motorizado halado por una unidad tractora, la cual no le transmite peso verticalmente.

- Tracto-camión: Vehículo automotor destinado a jalar un semirremolque, equipado con acople adecuado para tal fin.
- Vehículo articulado: vehículo integrado por una unidad tractora y un semirremolque o uno o más remolques.

En la siguiente tabla se presenta los esquemas con la configuración de los vehículos de carga, basada en la disposición de los ejes, de acuerdo al Código Nacional de Tránsito Terrestre. (Colombia C. d., 2002)

Tabla 6.2 Categorización de vehículos de acuerdo a sus ejes.

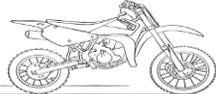
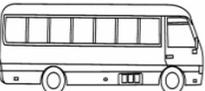
DENOMINACIÓN DE LOS VEHÍCULOS DE CARGA CON BASE EN LA DISPOSICIÓN DE LOS EJES		
CONFIGURACIÓN	ESQUEMA DEL VEHÍCULO	DESCRIPCIÓN
C2		Camión rígido de dos ejes. Camión sencillo.
C3		Camión rígido de tres ejes.
C3 Tándem trasero mixto		Camión rígido de tres ejes.
C3 Tándem direccional		Camión rígido de tres ejes.
C4		Camión rígido de cuatro ejes.
C2S1		Tracto camión de dos ejes con semirremolque de un eje.
C2S2		Tracto camión de dos ejes con semirremolque de dos ejes.
C3S1		Tracto camión de tres ejes, con semirremolque de un eje.

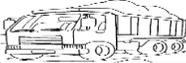
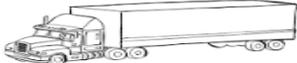
DENOMINACIÓN DE LOS VEHÍCULOS DE CARGA CON BASE EN LA DISPOSICIÓN DE LOS EJES		
CONFIGURACIÓN	ESQUEMA DEL VEHÍCULO	DESCRIPCIÓN
C3S2		Tracto camión de tres ejes, con semirremolque de dos ejes.
C3S3		Tracto camión de tres ejes, con semirremolque de tres ejes.
R2		Remolque.
C2 R2		Camión de dos ejes con remolque de dos ejes.
C3 R2		Camión de tres ejes, doble troque, con remolque de tres ejes.
C4 R2		Camión de cuatro ejes, con remolque de dos ejes.

Fuente: Código Nacional de Tránsito Terrestre.

De acuerdo a la anterior categorización se tomaron las siguientes categorías para realizar los aforos vehiculares de acuerdo a las categorías utilizadas en las estaciones de peaje del país.

Tabla 6.3 Categorías utilizadas para los aforos vehiculares.

CATEGORÍAS UTILIZADAS PARA LOS AFOROS VEHICULARES.		
CATEGORÍA	ESQUEMA DEL VEHÍCULO	DESCRIPCIÓN
MOTOS		Motos
I		Vehículos sencillos
II		Buses y busetas servicio publico

CATEGORÍAS UTILIZADAS PARA LOS AFOROS VEHICULARES.		
CATEGORÍA	ESQUEMA DEL VEHÍCULO	DESCRIPCIÓN
III		Camión Pequeño
IV		Camión Grande
V		Doble troques
VI		Tracto camión 5 ejes
VII		Tracto camión de 6 o más ejes

Fuente: Autor (2017)

Una vez determinada las categorías para los aforos vehiculares, se procedió a la elaboración de formato de campo (ver anexo No 3)

Tabla 6.4 Aforo Vehicular 16 de diciembre de 2017

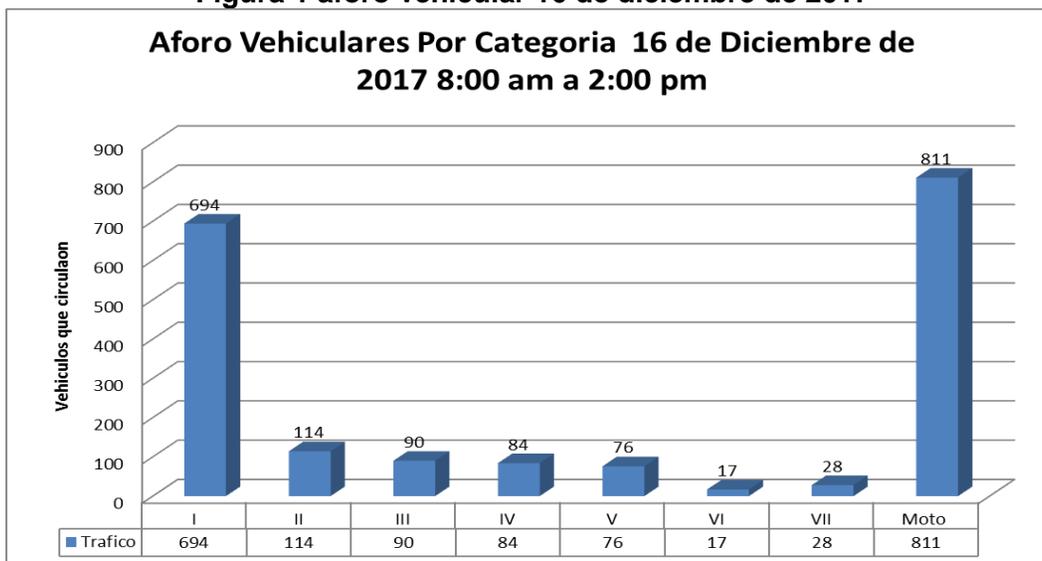
AFORO VEHICULAR SECTOR PUENTE SALSIPUEDES REALIZADO SÁBADO 16 DE DICIEMBRE DE 2017							
CATEGORÍA	8:00 AM	9:00 AM	10:00 AM	11:00 AM	12:00 PM	1:00 PM	TOTAL
	9:00 AM	10:00 AM	11:00 AM	12:00 PM	1:00 PM	2:00 PM	
I	135	98	98	123	70	170	694
II	10	18	30	22	18	16	114
III	14	14	16	14	16	16	90
IV	15	16	12	13	14	14	84
V	5	18	24	10	9	10	76
VI	2	0	2	3	4	6	17
VII	3	4	5	6	3	7	28
Moto	125	134	134	136	134	148	811
TOTAL	309	302	321	327	268	387	1914

Fuente: Autor (2017)

El día viernes 16 de diciembre de 2017 se realizó un aforo vehicular entre las 8:00 am y las 2:00 pm, donde se pueden analizar la clasificación de vehículos que

circulan en el sector, un estimado de los vehículos que circulan por hora, información importante para proyectar el tráfico en el tiempo.

Figura 1 aforo vehicular 16 de diciembre de 2017



Fuente: Autor (2017)

Tabla 6.5 Aforos Vehiculares 24 de febrero de 2018

AFORO VEHICULAR SECTOR PUENTE SALSIPUEDES REALIZADO SÁBADO 24 DE FEBRERO DE 2018							
CATEGORÍA	8:00 AM	9:00 AM	10:00 AM	11:00 AM	12:00 PM	1:00 PM	TOTAL
	9:00 AM	10:00 AM	11:00 AM	12:00 PM	1:00 PM	2:00 PM	
I	132	102	105	103	124	156	722
II	18	22	21	24	22	15	122
III	10	25	23	16	12	16	102
IV	10	23	22	12	25	24	116
V	5	3	2	2	1	4	17
VI	2	3	4	5	6	3	23
VII	4	5	10	12	13	23	67
Moto	130	105	118	124	145	165	787
TOTAL	311	288	305	298	348	406	1956

Fuente: Autor (2018)

6.7 ANÁLISIS DEL TRÁFICO CIRCULANTE.

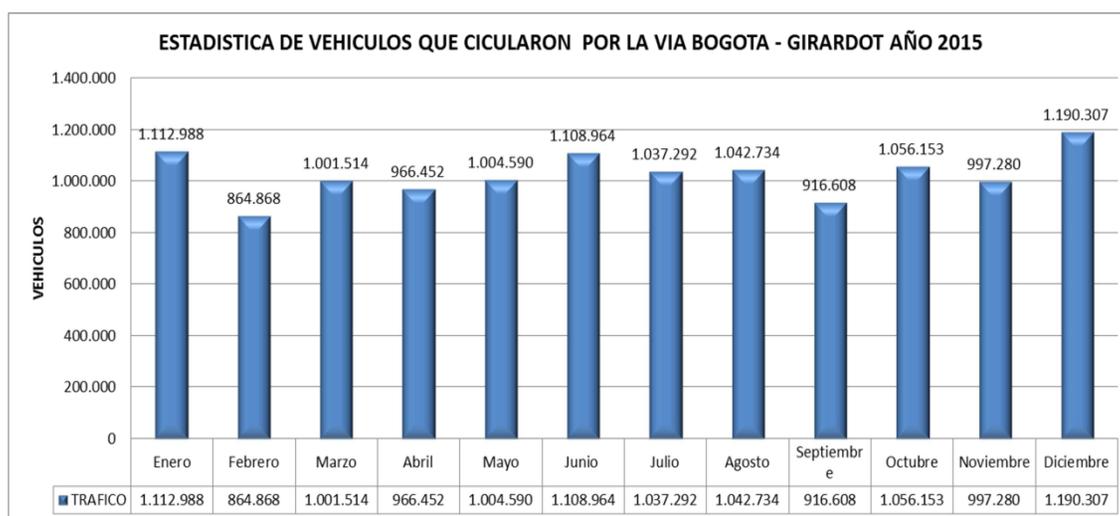
A continuación se presenta estadística de los vehículos que circularon por la vía Bogotá – Girardot para el año 2015.

Tabla 6.6 Estadística Vehículos circularon año 2015

ESTADÍSTICA DE VEHÍCULOS QUE CIRCULARON POR LA VÍA BOGOTÁ - GIRARDOT AÑO 2015								
MES	I	II	III	IV	V	VI	VII	Total
Enero	828.313	108.253	74.455	45.822	22.645	11.831	21.669	1.112.988
Febrero	580.314	100.202	75.971	45.724	25.305	13.790	23.562	864.868
Marzo	697.729	109.502	77.651	46.645	28.946	14.473	26.568	1.001.514
Abril	681.005	104.008	70.751	44.292	28.292	13.114	24.990	966.452
Mayo	706.250	110.296	73.509	47.009	27.928	13.929	25.669	1.004.590
Junio	826.108	108.184	70.838	44.346	24.918	12.032	22.538	1.108.964
Julio	735.385	110.164	77.072	49.422	28.498	13.075	23.676	1.037.292
Agosto	754.988	110.756	71.992	45.372	27.361	11.708	20.557	1.042.734
Septiembre	622.722	110.348	74.674	48.546	26.275	12.094	21.949	916.608
Octubre	758.534	112.778	75.620	48.122	26.941	11.456	22.702	1.056.153
Noviembre	713.344	105.760	74.002	45.349	25.714	10.548	22.563	997.280
Diciembre	901.316	110.759	76.937	45.329	23.661	10.142	22.163	1.190.307
TOTAL	8.806.00	1.301.01	893.47	555.97	316.48	148.19	278.60	12.299.750
%	71.60%	10.58%	7.26%	4.52%	2.57%	1.20%	2.27%	100.00%

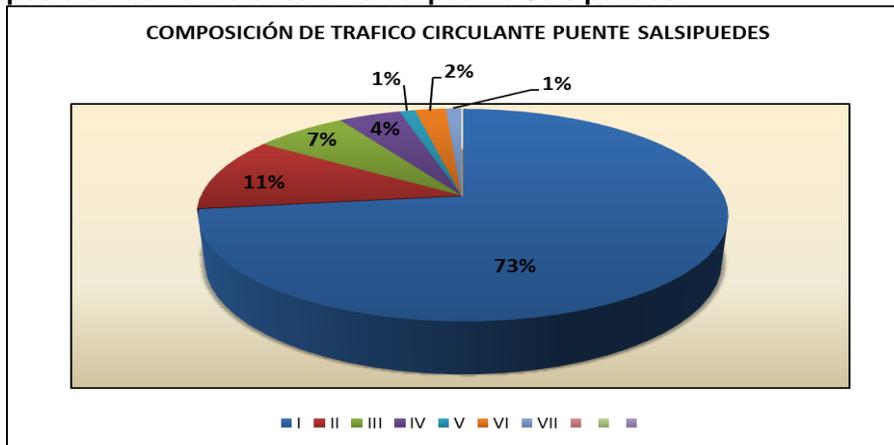
Fuente: Elaboración propia datos tomados estudio de trafico ANI

Figura 2 Estadística vehículos que circularon por la vía Bogotá Girardot 2015



Fuente: Autor (2018)

Figura 3 Composición de tráfico circulante del puente Salsipuedes.



Fuente: Autor (2018)

Como se puede observar en la figura 3 el porcentaje mayor del tráfico que circula por este puente son vehículos livianos con el 73%, de esto se puede confirmar que el mayor tráfico corresponde a usuarios de la vía turística en gran razón a que la ciudad de Girardot se caracterizó por ser turística sumado al crecimiento de viviendas que ha tenido el municipio de Ricaurte, también se concluye que el tráfico pesado que circula por este puente es mínimo comparado con las demás categorías, con un promedio de 40 vehículos de carga al día vs en promedio 6900 vehículos livianos.

6.8 PROYECCIÓN DE TPDA PRÓXIMOS AÑOS

A continuación se presenta proyección de tráfico TPDA de acuerdo al informe de tráfico y demanda realizado por la Agencia Nacional de Infraestructura de fecha 25 de marzo de 2015.

Tabla 6.7 Proyección tráfico Puente Salsipuedes TPDA

PROYECCIÓN DE TRAFICO GIRARDOT - EL PASO								
2015	I	II	III	IV	V	VI	VII	TOTAL
SUR - NORTE	2959	284	101	200	52	12	19	3627
NORTE - SUR	2858	296	117	289	56	16	26	3658
2016	I	II	III	IV	V	VI	VII	TOTAL
SUR - NORTE	3110	293	106	205	55	13	20	3802
NORTE - SUR	2997	305	122	295	60	17	27	3823
2017	I	II	III	IV	V	VI	VII	TOTAL
SUR - NORTE	3265	302	111	210	58	13	21	3980
NORTE - SUR	3136	314	127	302	63	18	29	3989
2018	I	II	III	IV	V	VI	VII	TOTAL
SUR - NORTE	3442	311	118	217	61	14	21	4184
NORTE - SUR	3279	323	134	311	67	19	30	4163
2019	I	II	III	IV	V	VI	VII	TOTAL
SUR - NORTE	3599	320	123	222	65	15	22	4366
NORTE - SUR	3422	332	139	318	71	20	31	4333
2020	I	II	III	IV	V	VI	VII	TOTAL
SUR - NORTE	3755	328	126	226	68	16	23	4542
NORTE - SUR	3560	341	145	325	75	21	32	4499
2021	I	II	III	IV	V	VI	VII	TOTAL
SUR - NORTE	3647	307	112	201	69	21	20	4377
NORTE - SUR	2953	319	144	208	83	22	31	3760
2025	I	II	III	IV	V	VI	VII	TOTAL
SUR - NORTE	4245	339	129	217	82	24	22	5058
NORTE - SUR	3415	353	164	224	99	26	35	4316
2030	I	II	III	IV	V	VI	VII	TOTAL
SUR - NORTE	4884	376	148	238	98	29	25	5798
NORTE - SUR	3928	391	189	246	118	31	40	4943
2035	I	II	III	IV	V	VI	VII	TOTAL
SUR - NORTE	5470	409	168	259	113	33	28	6480
NORTE - SUR	4398	426	213	268	137	35	45	5522
2040	I	II	III	IV	V	VI	VII	TOTAL
SUR - NORTE	6037	442	187	280	129	38	31	7144
NORTE - SUR	4855	460	237	289	156	40	50	6087
2045	I	II	III	IV	V	VI	VII	TOTAL
SUR - NORTE	6498	470	206	301	144	42	34	7695
NORTE - SUR	5226	489	262	311	175	45	55	6563

Fuente: Autor (2018)

Una vez determinado el TPDA se procede a calcular proyección del tráfico anual como se observa en la siguiente tabla.

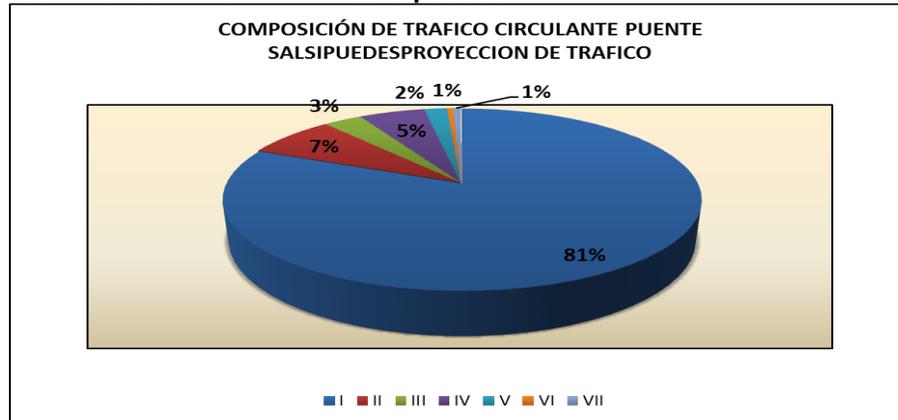
Tabla 6.8 Proyección tráfico Anual Puente Salsipuedes

PROYECCIÓN TRAFICO ANUAL PUENTE SALSIPUEDES								
AÑO/CAT	I	II	III	IV	V	VI	VII	TOTAL
2015	2.123.205	211.700	79.570	178.485	39.420	10.220	16.425	2.659.025
2016	2.229.055	218.270	83.220	182.500	41.975	10.950	17.155	2.785.141
2017	2.336.365	224.840	86.870	186.880	44.165	11.315	18.250	2.910.702
2018	2.453.165	231.410	91.980	192.720	46.720	12.045	18.615	3.048.673
2019	2.562.665	237.980	95.630	197.100	49.640	12.775	19.345	3.177.154
2020	2.669.975	244.185	98.915	201.115	52.195	13.505	20.075	3.301.985
2021	2.409.000	228.490	93.440	149.285	55.480	15.695	18.615	2.972.026
2025	2.795.900	252.580	106.945	160.965	66.065	18.250	20.805	3.423.535
2030	3.216.380	279.955	123.005	176.660	78.840	21.900	23.725	3.922.495
2035	3.601.820	304.775	139.065	192.355	91.250	24.820	26.645	4.382.765
2040	3.975.580	329.230	154.760	207.685	104.025	28.470	29.565	4.831.355
2045	4.279.260	350.035	170.820	223.380	116.435	31.755	32.485	5.206.215
TOTAL	34.652.370	3.113.450	1.324.220	2.249.130	786.210	211.700	261.705	42.623.086
%	81,30%	7,30%	3,11%	5,28%	1,84%	0,50%	0,61%	100,00%

Fuente: Elaboración propia datos tomados estudio de tráfico ANI

De acuerdo a los datos estimados se puede decir que el crecimiento anual será del 6% en promedio, de igual forma se estableció que el 81.30% del tráfico que circula por el puente corresponde a vehículos livianos, seguido del 7.30% de vehículos de servicio público, 3.11% camiones pequeños, y el 5.28%, 1.84%, 0.5%, 0.61% corresponden a volquetas, doble-troques y tracto-mulas respectivamente.

Figura 4 Proyección Trafico Anual Puente Salsipuedes



Fuente: Autor (2018)

Tabla 6.9 % de crecimiento trafico proyectado

% DE CRECIMIENTO TRAFICO PROYECTADO								
AÑO/CAT	I	II	III	IV	V	VI	VII	TOTAL
2015	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2016	5%	3%	5%	2%	6%	7%	4%	5%
2017	5%	3%	4%	2%	5%	3%	6%	5%
2018	5%	3%	6%	3%	6%	6%	2%	5%
2019	4%	3%	4%	2%	6%	6%	4%	4%
2020	4%	3%	3%	2%	5%	6%	4%	4%
2021	-10%	-6%	-6%	-26%	6%	16%	-7%	-10%
2025	16%	11%	14%	8%	19%	16%	12%	15%
2030	15%	11%	15%	10%	19%	20%	14%	15%
2035	12%	9%	13%	9%	16%	13%	12%	12%
2040	10%	8%	11%	8%	14%	15%	11%	10%
2045	8%	6%	10%	8%	12%	12%	10%	8%
TOTAL	75%	53%	81%	28%	115%	121%	72%	72%

Fuente: Autor (2018)

Tabla 6.10 % Composición Del Trafico Por Categorías Proyectado.

% COMPOSICIÓN DEL TRAFICO POR CATEGORÍAS PROYECTADO								
AÑO/CAT	I	II	III	IV	V	VI	VII	TOTAL
2015	80%	8%	3%	7%	1%	0%	1%	100%
2016	80%	8%	3%	7%	2%	0%	1%	100%
2017	80%	8%	3%	6%	2%	0%	1%	100%
2018	80%	8%	3%	6%	2%	0%	1%	100%
2019	81%	7%	3%	6%	2%	0%	1%	100%
2020	81%	7%	3%	6%	2%	0%	1%	100%

% COMPOSICIÓN DEL TRAFICO POR CATEGORÍAS PROYECTADO								
AÑO/CAT	I	II	III	IV	V	VI	VII	TOTAL
2021	81%	8%	3%	5%	2%	1%	1%	100%
2025	82%	7%	3%	5%	2%	1%	1%	100%
2030	82%	7%	3%	5%	2%	1%	1%	100%
2035	82%	7%	3%	4%	2%	1%	1%	100%
2040	82%	7%	3%	4%	2%	1%	1%	100%
2045	82%	7%	3%	4%	2%	1%	1%	100%
TOTAL	81%	7%	3%	5%	2%	0%	1%	100%

Fuente: Autor (2018)

Figura 5 Comportamiento Del Tráfico Según Proyecciones



Fuente: Autor (2018)

De la anterior información se puede establecer que el TPDA Para la zona del puente salsipuedes para el año 2017 fue 3980 en sentido sur – Norte, 3989 en el sentido norte – sur, se estima un crecimiento del tráfico hasta del 5% hasta el año 2021, fecha en la que se estima se culmine las obras que se adelantan en la vías que conducen al municipio de Girardot, una vez culminada las obras se esperan crecimientos hasta del 15% anual, aumentando significativamente el tráfico que circula por el puente salsipuedes, de ahí la necesidad de mejorar la estructura actualmente construida, de

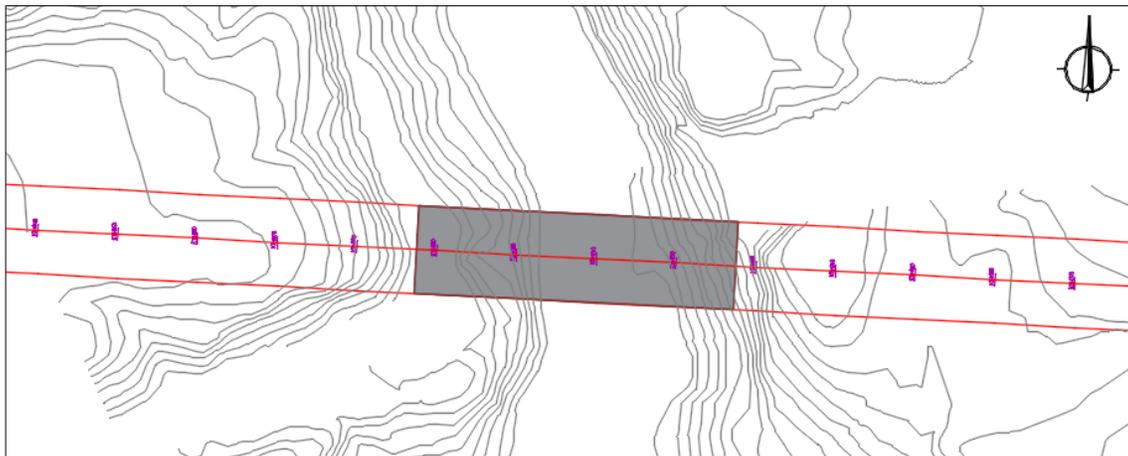
igual forma se concluye que el porcentaje de vehículos comerciales que circulan en la zona es del 19%

6.9 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.

Con el fin de determinar el perfil del terreno donde se encuentra el puente Salsipuedes, se procedió a realizar levantamiento topográfico de las dimensiones del puente Salsipuedes, cotas, curvas de nivel trabajos realizados con estación topográfica, GPS, cinta métrica.

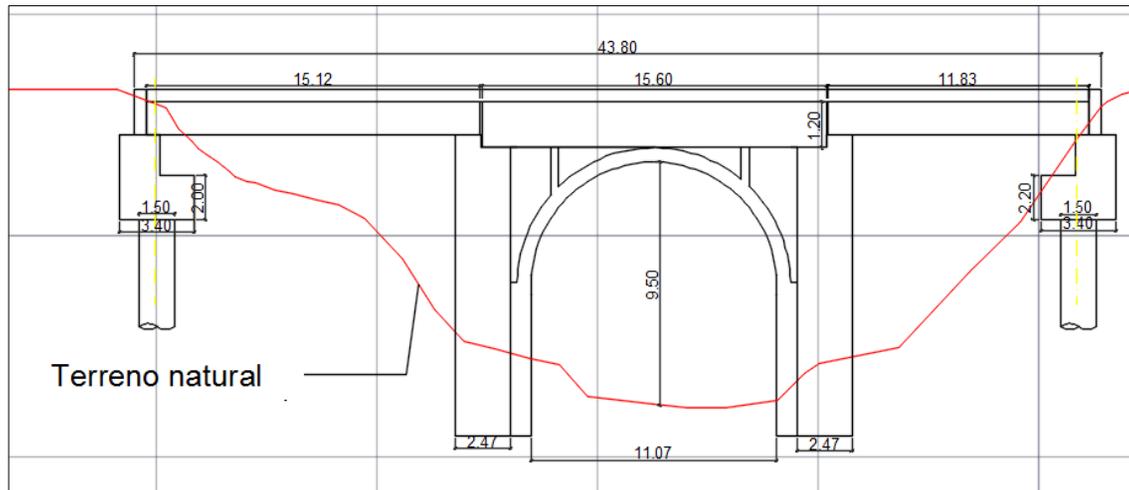
A continuación se presenta el levantamiento topográfico, curvas de nivel.

Ilustración 31 Levantamiento topográfico de la zona puente Salsipuedes



Fuente: Autor (2018)

Ilustración 32 Perfil estado actual puente Salsipuedes



Fuente: Autor (2018)

A continuación se presenta los resultados la cartera del levantamiento topográfico realizado.

Tabla 6.11 Levantamiento Topográfico puente Salsipuedes

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO PUENTE SALSIPUEDES					
No	ABSCISA	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCIÓN
1	K1+930	967441.7100	920302.6619	276,010	EJE VÍA
2	K1+940	967441.1970	920312.6487	275,885	EJE VÍA
3	K1+950	967440.6841	920322.6356	275,760	EJE VÍA
4	K1+960	967440.1712	920332.6224	275,635	EJE VÍA
5	K1+970	967439.6583	920342.6092	275,510	EJE VÍA
6	K1+980	967439.1453	920352.5961	275,385	EJE VÍA
7	K1+990	967438.6324	920362.5829	275,260	EJE VÍA
8	K2+000	967438.1183	920372.5697	275,135	EJE VÍA
9	K2+010	967437.6065	920382.5566	275,012	EJE VÍA
10	K2+020	967437.0936	920392.5434	275,137	EJE VÍA
11	K2+030	967436.5807	920402.5302	275,262	EJE VÍA
12	K2+040	967436.0678	920412.5171	275,387	EJE VÍA
13	K2+050	967435.5548	920422.5039	275,512	EJE VÍA
14	K2+060	967435.0419	920432.4908	275,637	EJE VÍA
15	K2+070	967434.5290	920442.4776	275,762	EJE VÍA
16	K2+080	967434.0160	920452.4644	275,887	EJE VÍA
17	K1+930	967447.2027	920302.9440	275,938	BORDE IZQ.

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO PUENTE SALSIPUEDES					
No	ABSCISA	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCIÓN
18	K1+940	967446.6898	920312.9308	275,813	BORDE IZQ.
19	K1+950	967446.1769	920322.9177	275,688	BORDE IZQ.
20	K1+960	967445.6640	920332.9045	275,563	BORDE IZQ.
21	K1+970	967445.1510	920342.8913	275,438	BORDE IZQ.
22	K1+980	967444.6381	920352.8782	275,313	BORDE IZQ.
23	K1+990	967444.1252	920362.8650	275,188	BORDE IZQ.
24	K2+000	967443.6111	920372.8518	275,063	BORDE IZQ.
25	K2+010	967443.0993	920382.8387	274,94	BORDE IZQ.
26	K2+020	967442.5864	920392.8255	275,065	BORDE IZQ.
27	K2+030	967442.0734	920402.8124	275,19	BORDE IZQ.
28	K2+040	967441.5605	920412.7992	275,315	BORDE IZQ.
29	K2+050	967441.0476	920422.7860	275,44	BORDE IZQ.
30	K2+060	967440.5347	920432.7729	275,565	BORDE IZQ.
31	K2+070	967440.0217	920442.7597	275,69	BORDE IZQ.
32	K2+080	967439.5088	920452.7465	275,815	BORDE IZQ.
33	K1+930	967436.2019	920302.6619	275,928	BORDE DER.
34	K1+940	967435.6890	920312.6487	275,803	BORDE DER.
35	K1+950	967435.1760	920322.6356	275,678	BORDE DER.
36	K1+960	967434.6631	920332.6224	275,553	BORDE DER.
37	K1+970	967434.1502	920342.6092	275,428	BORDE DER.
38	K1+980	967433.6373	920352.5961	275,303	BORDE DER.
39	K1+990	967433.1243	920362.5829	275,178	BORDE DER.
40	K2+000	967432.6102	920372.5697	275,053	BORDE DER.
41	K2+010	967432.0985	920382.5566	274,930	BORDE DER.
42	K2+020	967431.5855	920392.5434	275,055	BORDE DER.
43	K2+030	967431.0726	920402.5302	275,180	BORDE DER.
44	K2+040	967430.5597	920412.5171	275,305	BORDE DER.
45	K2+050	967430.0468	920422.5039	275,430	BORDE DER.
46	K2+060	967429.5338	920432.4908	275,555	BORDE DER.
47	K2+070	967429.0209	920442.4776	275,680	BORDE DER.
48	K2+080	967428.5080	920452.4644	275,805	BORDE DER.

Fuente: Autor (2018)

Ilustración 33 Estación Total empleada para el levantamiento topográfico



Fuente: autor (2018)

Ilustración 34 Trabajos de levantamiento topográfico.



Fuente: autor (2018)

6.10 ENSAYO ESCLERÓMETRO

Otra de las actividades realizadas fue la determinación de la resistencia a la compresión de los concretos en los diferentes elementos estructurales del puente Salsipuedes, para ello se empleó el esclerómetro, para el empleo del equipo fue necesario establecer unas características de la toma de valores de índice de rebote en número y forma. Fundados en la norma ASTM C805 (Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete) y la UNE-EN-12504-2 (Ensayos de hormigón en estructuras. Parte 2: Ensayos no destructivos. Determinación del índice de rebote). Normas que requieren de elementos de concreto con un espesor superior a los 100 mm, (10 cm), con una área para su aplicación lisa y seca, se debe ubicar el esclerómetro de forma perpendicular (90°) a la superficie de ensayo y distanciando los puntos de ensayo un mínimo de 25 mm (2.5 cm). Mientras que la ASTM C805 marca un número de lecturas de 10, la UNE señala un valor de 9 determinaciones.

Una vez se han determinado estos valores, se consideran validos en el caso que: ASTM C805: Se descartan todas las lecturas que difieran en más de 6 unidades de la media. Si existen más de dos lecturas que cumplan esta condición debe descartarse el conjunto.

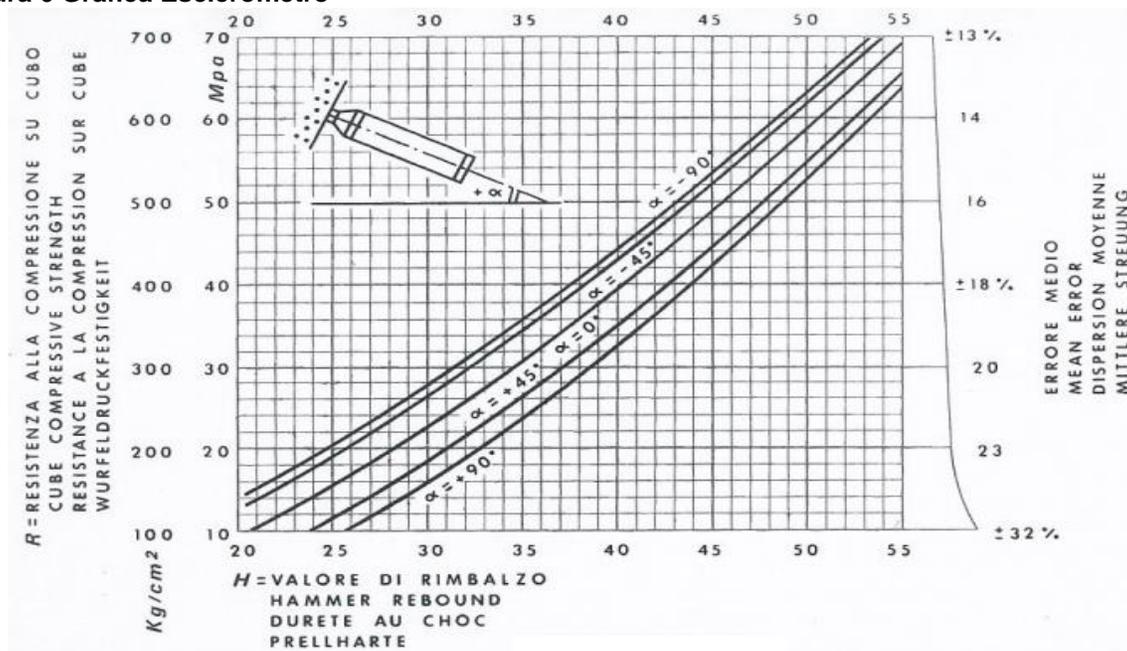
UNE-EN-12504-2: Si el número de lecturas que difieren de la mediana es igual o superior al 20% se descarta el conjunto.

Para elementos verticales como los pilares deben ensayarse en sus tres tercios de altura (inferior, medio y alto) incluso dividiendo en mayor número de sectores en el

caso de pilas o pilares de gran altura, elementos como vigas, quedan más limitados por sus caras encofradas (una o dos) y en el caso de las vigas de cuelgue deben tomarse las lecturas de forma vertical y horizontalmente. Esto en razón a que los cambios de las características finales del hormigón o concreto endurecido por causa de la disgregación, diferencias de vibrado, curado o entramado de armaduras. (Fernández, 2013)

Para el día 22 de marzo de 2018 se procedió a realizar el ensayo del esclerómetro, a los elementos estructurales del puente Salsipuedes como son: los estribos, pila intermedia, vigas, tablero, andenes.

Figura 6 Grafica Esclerómetro



Fuente: Norma ASTM C805

Tabla 6.12 Resultados Prueba Esclerómetro Puente Salsipuedes

RESULTADOS PRUEBA ESCLERÓMETRO PUENTE SALSIPUEDES								
ELEMENTO	POSICIÓN	ANGULO DE TOMA DE LECTURA °	LECTURA			RESULTADO		
			FILA No 1	FILA No 2	FILA No 3	PROMEDIO	VALOR EN MPa	VALOR EN PSI
ESTRIBO	PERPENDICULAR	90°	31	32	33	34	24,1	3500
		90°	34	35	36			
		90°	37	36	35			
PILA INTERMEDIA	PERPENDICULAR	90°	50	50	48	50	44,81	6500
		90°	46	53	56			
		90°	48	52	48			
VIGAS	VERTICAL	180°	50	51	52	50	44,81	6500
		180°	47	52	53			
		180°	48	52	49			
TABLERO	VERTICAL	180°	39	40	41	40	31,02	4500
		180°	42	40	39			
		180°	41	40	39			
ANDEN	VERTICAL	0°	30	32	31	31	24,1	3500
		0°	31	32	32			
		0°	31	32	31			

Fuente: Autor (2018)

En la anterior tabla se observa el resultado del ensayo para determinar el índice de rebote del concreto, mediante el uso de esclerómetro, donde se puede establecer que las vigas y las pilas intermedias presenta resistencia adecuada del concreto, contrario a lo evidenciado para los estribos que se obtuvo una resistencia de 3500 Psi, la cual es baja para este tipo de elemento.

A continuación se presenta registro fotográfico de la toma del esclerómetro el día 22 de marzo de 2018.

Ilustración 35 Ensayo de Esclerómetro Equipo



Fuente: Autor (2018)

Ilustración 36 Ensayo de Esclerómetro Toma de muestras vigas, tablero



Fuente: Autor (2018)

Ilustración 37 Ensayo de Esclerómetro toma de muestras estribo



Fuente: Autor (2018)

Ilustración 38 Ensayo de Esclerómetro toma de muestras pila intermedia



Fuente: Autor (2018)

6.11 ANÁLISIS DE DEL SUELO DE LA ZONA

Otra de las actividades realizadas fue la inspección visual del suelo predominante en la zona del puente Salsipuedes, en la tabla 6.14 se observa el resultado de la inspección realizada. Para llevar a cabo esta verificación en campo se utilizó la tabla de la resistencia de las rocas mediante un martillo de geólogo y una navaja (Brown, 1981)

Tabla 6.13 Estimación en terreno la resistencia en compresión uniaxial (Brown, 1981)

Clase (a)	Calificación de la roca según su resistencia	Resistencia uniaxial (MPa)	Índice de carga puntual (MPa)	Estimación en terreno de la resistencia	Ejemplos
R6	Extremadamente Resistente	> 250	> 10	Golpes de martillo geológico sólo causan descostramientos superficiales en la roca.	Basalto fresco, chert, diabasa, gneiss, granito, cuarcita.
R5	Muy Resistente	100 – 250	4 – 10	Un trozo de roca requiere varios golpes de martillo geológico para fracturarse.	Anfibolita, arenisca, basalto, gabro, gneiss, granodiorita, caliza, mármol, riolita, toba.
R4	Resistente	50 – 100	2 – 4	Un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse.	Caliza, mármol, filitas, arenisca, esquistos, pizarras.
R3	Moderadamente Resistente	25 – 50	1 – 2	Un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible descostrar la roca con un cortaplumas.	Arcillolita, carbón, concreto, esquistos, pizarras, limolitas.
R2	Débil	5 – 25	(b)	Un golpe con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial. La roca puede ser descostrada con una cortaplumas pero con dificultad.	Creta, sal mineral, potasio.
R1	Muy Débil	1 – 5		La roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico. La roca puede ser descostrada con un cortaplumas.	Roca muy alterada o muy meteorizada.
R0	Extremadamente Débil	0,25 – 1		La roca puede ser indentada con la uña del pulgar.	Salbanda arcillosa dura.

(a) Clases según Brown [2].

(b) Para rocas con una resistencia en compresión uniaxial menor que 25 MPa los resultados del ensayo de carga puntual son poco confiables.

Fuente: (Brown, 1981)

Es importante mencionar que estas estimaciones se usan para propósitos de un diseño preliminar, pero para diseños de detalle se deben desarrollar ensayos de laboratorio que permitan obtener valores más confiables.

Tabla 6.14 Análisis del suelo Puente Salsipuedes

TIPO DE SUELO DEL PUENTE SALSIPUEDES		
TIPO	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
ROCA Y SUELO RESIDUAL	Rocas presentes en la parte superior de este sitio presentan una resistencia media y baja, las rocas que tiene un color más claro son areniscas arcillosas la cual tienen una resistencia media, también se evidencia rocas grises el cual son lutitas arenosas que presentan una resistencia baja.	
	La roca de baja resistencia presenta una resistencia de 20 -25 Mega pascales y la roca de alta resistencia tiene una resistencia de 50 mega pascales	
	La estructuración de la roca de forma horizontal es favorable en la construcción del puente, también se evidencia una socavación de un aproximado de 60 cm el cual se debe hacer una protección para la socavación de aproximadamente 1 metro de profundidad.	
	Se evidencia que la construcción de esta estructura se llevó a cabo sobre la roca pero también sobre un suelo residual o transportado, el cual provoca la presencia de fracturas, hundimientos, grietas en los puentes.	

Fuente: Autor (2018)

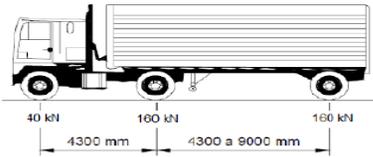
6.12 PRE DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA.

6.12.1 Criterios Básicos de Diseño

Para determinar la geometría de cada elemento del puente se tomó como referencias diseños de puentes ya construidos, y los parámetros establecidos del código colombiano de puentes y el manual de construcción geométrica del INVIAS, no se realiza análisis estructural del puente ya que no hace parte del alcance de este proyecto, razón por la cual hay medidas que se asumen, para la ejecución del proyecto se debe realizar un estudio detallado de todas las disciplinas de la ingeniería civil que intervienen en la construcción de un puente de este tipo.

Tabla 6.15 Criterios Básicos De Diseño Geométrico

CRITERIOS BÁSICOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO PUENTE SALSIPUEDES			
No	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	NORMA
1	LUZ	Se debe seleccionar de acuerdo a la topografía y los materiales a emplear.	CCP14
2	LOSA	Se debe determinar el material de acuerdo a la luz, para este caso concreto preseforzado para un rango de 10 a 40 m, profundidad de la losa $0,03 * L$ debe ser mayor a 165 mm	CCP14. Sección 2.5.2.6.3 Criterio relación de luz - profundidad
3	VIGAS TIPO I	Concreto preseforzado para luces de 25 a 40 m, su altura debe ser mínimo $0,045 * L$ para luces simplemente apoyadas	CCP14. Sección 2.5.2.6.3 Criterio relación de luz - profundidad
4	CARRILES	ancho de carriles 3,65 m	manual de diseño geométrico de INVIAS
5	BERMAS	Para vías de primer orden bermas de 1,8 m	manual de diseño geométrico de INVIAS

CRITERIOS BÁSICOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO PUENTE SALSIPUEDES			
No	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	NORMA
6	BARRERAS	Las barreras deben estar mínimo a 1 m del borde del carril	manual de diseño geométrico de INVIAS
7	CARGAS	Factores de Carga y Combinaciones	SECCIÓN 3 - CARGAS Y FACTORES DE CARGA CCP14.
8	CAMIÓN DE DISEÑO		SECCIÓN 3.6.1.2.2 - Camión de diseño CCP14.
9	CARGA DE CARRIL DE DISEÑO	Carga de carril de diseño 10,3kN/m	SECCIÓN 3.6.1.2.4 - Carga de carril de diseño CCP14.
10	CARGAS PEATONALES	Cargas Peatonales 3,6 kN/m	SECCIÓN 3.6.1.2.4 - Carga de carril de diseño CCP14.
11	PILOTES	Refuerzo de pilotes 0.8% del área del pilote Espasamiento de los pilotes 2.5 su diámetro	SECCIÓN 5.13.14.6 Pilotes vaciados in situ - Sección 5 ESTRUCTURAS DE CONCRETO CCP14.
17	BARANDAS	Se debe garantizar las barandas a lo largo de los bordes de las estructuras	CCP14. Sección 2.3.2.2.2 Protección de los usuarios
18	GEOMETRÍA	Se debe cumplir los requisitos del manual de diseño geométrico de INVIAS	CCP14. Sección 2.3.2.2.3 Normas Geométricas

Fuente: Autor (2018)

6.12.2 Alternativa de diseño No 1

Puente simplemente apoyado en doble calzada

Una de las propuestas es articular este puente al proyecto de doble calzada Bogotá – Girardot, donde se propone de pasar del puente de dos carriles bidireccional de 10,98 m de ancho y 43,8 m de longitud a un puente en doble calzada con 4 carriles,

mas ciclo ruta en el costado derecho y sendero peatonal en el costado izquierdo en el sentido Girardot – Melgar.

La propuesta geométrica es una estructura está conformada por un puente de doble calzada bidireccional, la cual podrá tener una de las configuraciones mostradas a continuación:

- Luz central de 40 m con 7 vigas en concreto postensadas.
- Tablero reforzado en concreto de 40 m de longitud por 25 m de ancho y un espesor entre 250 y 300 mm.
- Ciclo ruta de 2.2 m de sección transversal en el costado derecho sentido del abscisado.
- Sendero peatonal en el costado izquierdo con un ancho de 1.2 m
- Barandas metálicas en cada costado del puente con una altura de 1.1 m de acuerdo al código colombiano de puentes.
- New Jersey como barreras protectoras de la ciclo ruta y el sendero peatonal.
- New Jersey como separador central con el fin de dar manejo adecuado al tráfico circulante por la zona.
- Bermas en ambos costados de 1.8 m de ancho de acuerdo al manual de diseño geométrico del INVIAS.
- Zona de separación entre el carril y new jersey de 1,0 m de acuerdo al manual de diseño geométrico de vías.
- Pendiente de bombeo del 2,0%

- Pendiente Longitudinal menor del 2% en la zona del puente y del 7% máxima en la zona de accesos.

La estructura podrá proyectarse con fundaciones superficiales y/o profundas, de acuerdo a las condiciones geotécnicas propias del sitio del paso vehicular, por lo que se recomienda estudio detallado de suelos, sin embargo se propone la construcción de 7 pilotes, información que debe ser corroborada por medio de los estudios de geotecnia y geología.

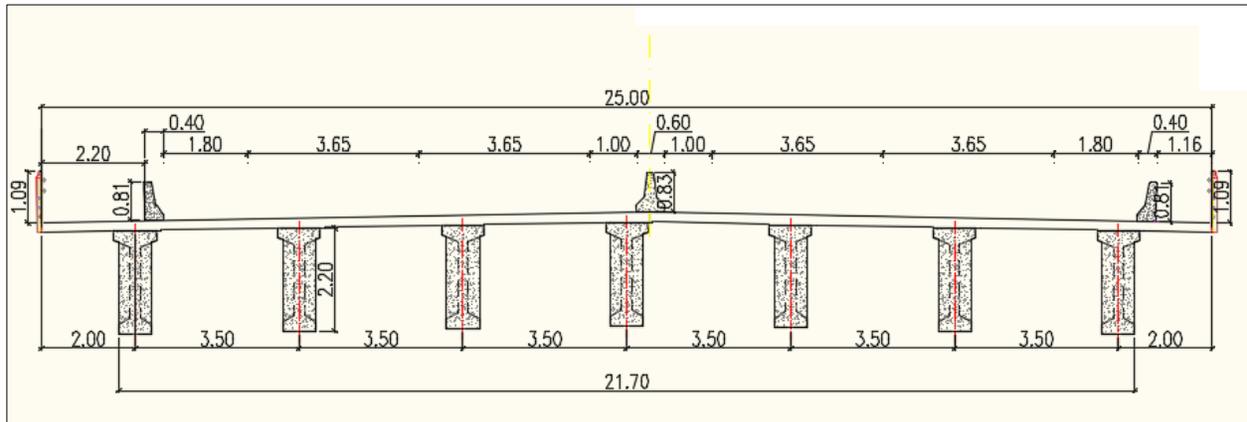
El puente será simplemente apoyado. El diseño contempla una estructura recta en planta y con pendiente longitudinal igual o inferior a 7%, de acuerdo a lo establecido en la norma.

La superestructura está conformada por un tablero en concreto reforzado sobre vigas postensadas, dependiendo de la longitud a implementar, máxima de 40m para este sistema constructivo. El ancho del tablero es de 25,0 m, conformado por 4 carriles de 3,65 m, bermas de 1,80 m, un andén a un costado para el paso peatonal y en el otro costado ciclo ruta con una barrera vehicular.

La subestructura está conformada por dos apoyos extremos. Los apoyos extremos corresponden a pilotes o caisson de acuerdo al estudio de suelos a realizar vinculados en el extremo superior por una viga cabezal que recibe las cargas de la superestructura, o a estribos superficiales.

Se recomienda cimentar sobre la roca predominante en la zona, buscando la cota de cimentación adecuada.

Ilustración 39 Alternativa de nuevo diseño geométrico puente Salsipuedes.



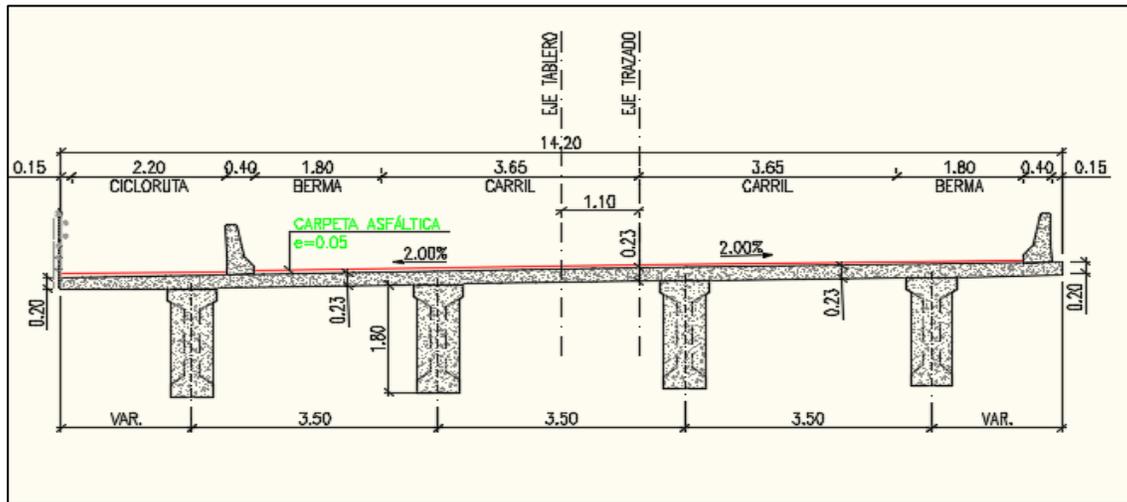
Fuente: Autor (2018)

6.12.3 Alternativa de diseño No 2

Como alternativa No 2 se tiene la de construir un puente a dos carriles, mejorando su capacidad y comodidad, dentro de las recomendaciones se tienen:

- Ampliar la sección transversal del puente a un ancho de 14.0 m.
- Construcción de ciclo ruta de 2.2 m
- 2 carriles de 3.65 m
- Barandas metálicas en el costado derecho.
- Construcción de topes sísmicos.
- Instalación de Apoyos elastomérico.
- Construcción de juntas de dilatación.
- Carpeta asfáltica.

Ilustración 40 Alternativa No 2 construcción puente Salsipuedes



Fuente: Autor (2018)

6.13 MODELACIÓN EN ED

6.13.1 Puente Salsipuedes estado actual 3d

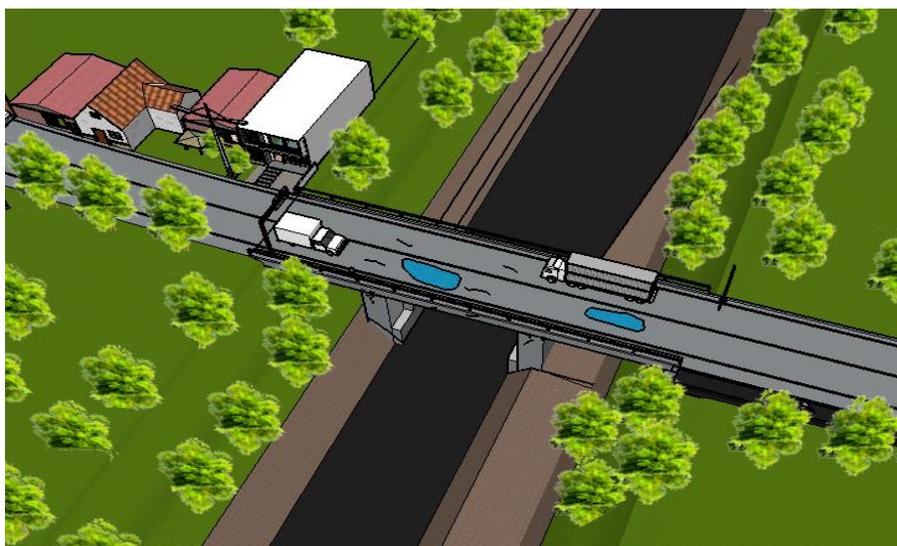
Como parte del diagnóstico realizado a la estructura actual se procedió a la modelación de ED del estado actual del puente Salsipuedes tal como se observa en las siguientes ilustraciones.

Ilustración 41 Modelación Puente Salsipuedes en 3D Perfil



Fuente: Autor (2018)

Ilustración 42 Modelación Puente Salsipuedes en 3D vista en planta



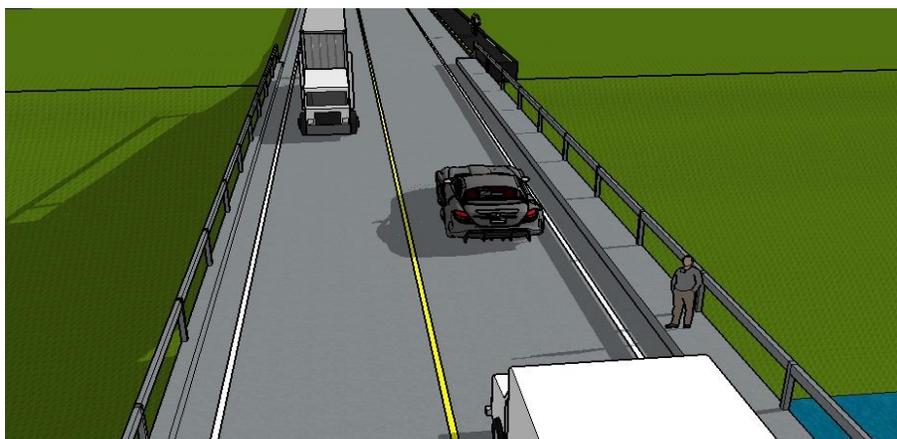
Fuente: Autor (2018)

Ilustración 43 Modelación Puente Salsipuedes en 3D zona cicloruta



Fuente: Autor (2018)

Ilustración 44 Modelación Puente Salsipuedes en 3D carriles



Fuente: Autor (2018)

Ilustración 45 Modelación Puente Salsipuedes en 3D zona de arco.



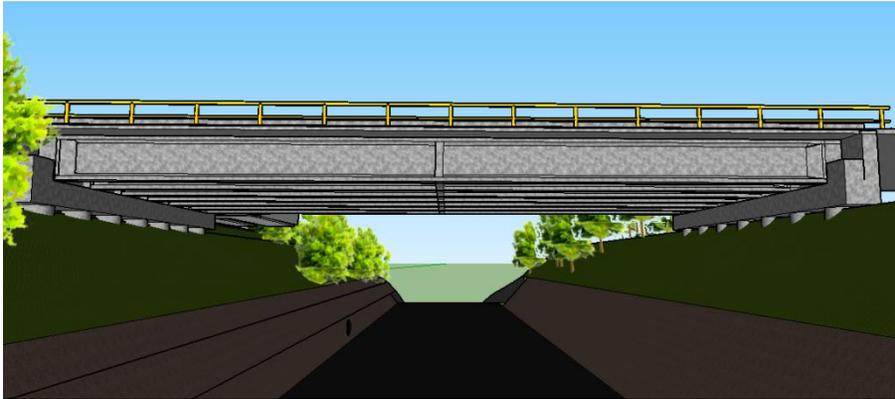
Fuente: Autor (2018)

Como se puede observar en la anterior modelación el puente Salsipuedes el puente tiene 2 tipos de proceso constructivo el primero como se observa en la modelación consiste en un arco en la luz central en la luces externas sistema de vigas simplemente apoyadas.

6.13.2 Modelación 3d Nuevo Puente Salsipuedes.

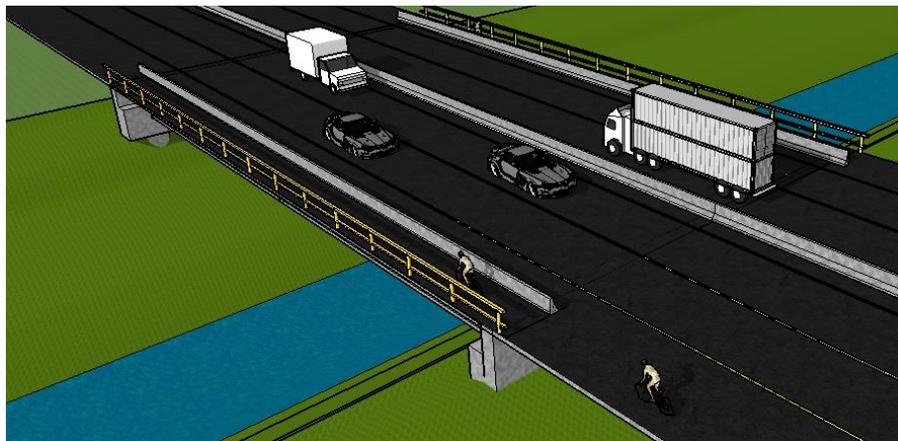
De igual forma se presenta modelo en tercera dimensión de la propuesta del nuevo puente Salsipuedes, el cual consiste en puente en vigas simplemente apoyado a doble calzada, en su costado derecho ciclo ruta, en el costado izquierdo sendero peatonal, dando cumplimiento al manual de diseño geométrico del INVIAS con carriles de 3,65 m de ancho, bermas de 1,8m barreras de seguridad a 1,0 m del borde de carril.

Ilustración 46 Modelación Nuevo Puente Salsipuedes diseño estructura.



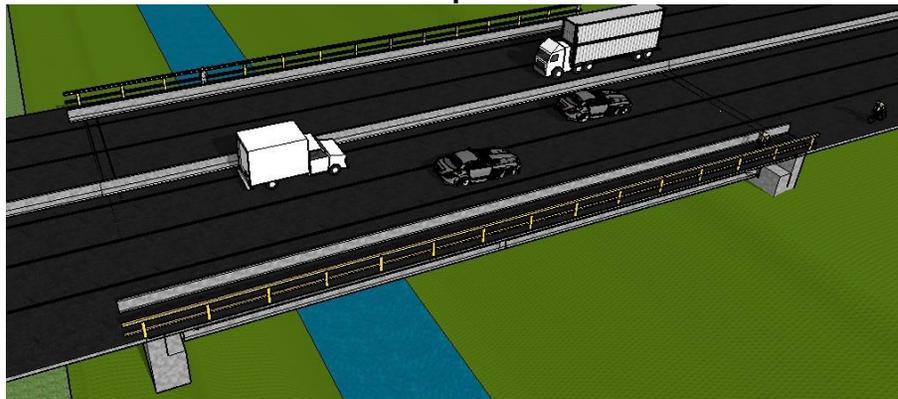
Fuente: Autor (2018)

Ilustración 47 Modelación Nuevo Puente Salsipuedes.



Fuente: Autor (2018)

Ilustración 48 Modelación Nuevo Puente Salsipuedes.



Fuente: Autor (2018)

Ilustración 49 Modelación Nuevo Puente Salsipuedes.



Fuente: Autor (2018)

Ilustración 50 Modelación Nuevo Puente Salsipuedes.



Fuente: Autor (2018)

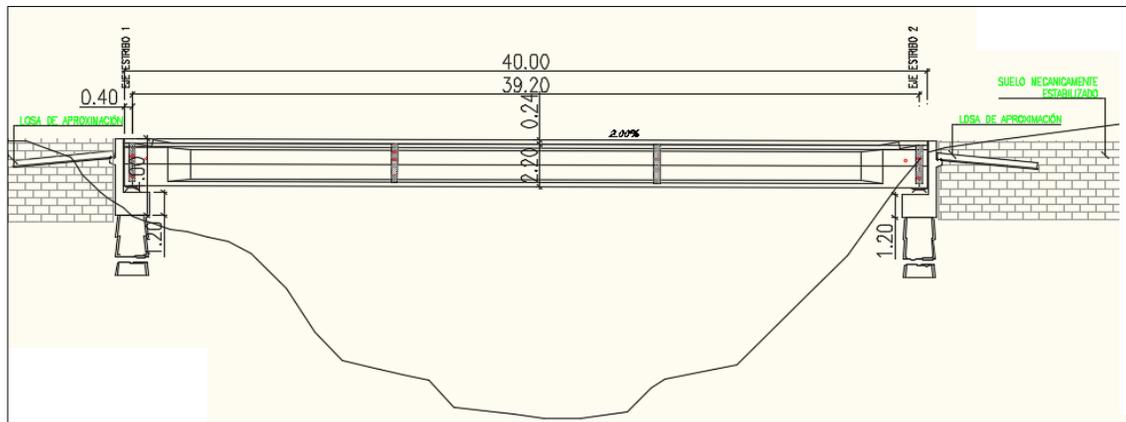
6.14 DIBUJO GEOMETRÍA.

Una vez analizadas las dos propuestas de diseño geométrico se decide por la alternativa No 1, ya que en la ciudad de Girardot se proyecta un crecimiento exponencial en los próximos años, razón por la cual se debe preparar con una infraestructura de acuerdo a ese crecimiento, una vez definiendo el nuevo diseño a

implementar se procedió al dibujo de la nueva geometría mediante la utilización de software de AutoCAD, tal como se presenta a continuación.

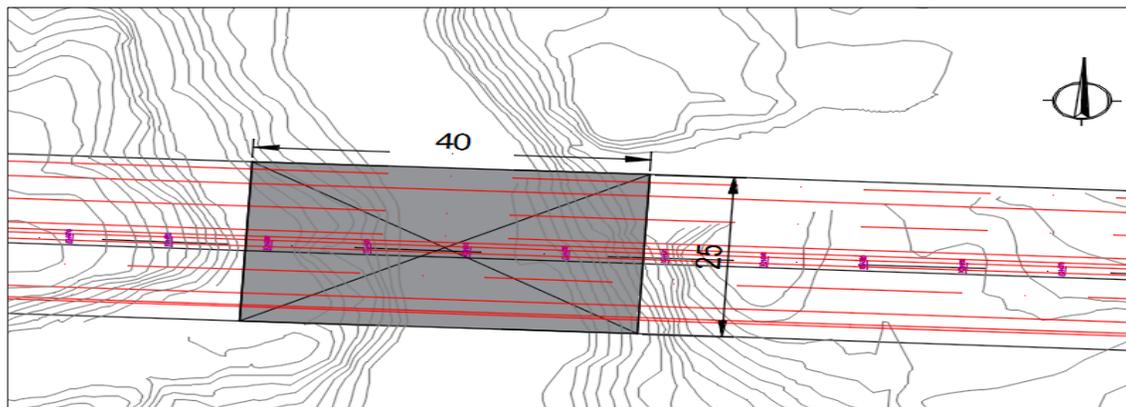
Con la topografía obtenida mediante levantamiento de campo se propone el siguiente puente:

Ilustración 51 Esquema perfil propuesta nuevo diseño puente



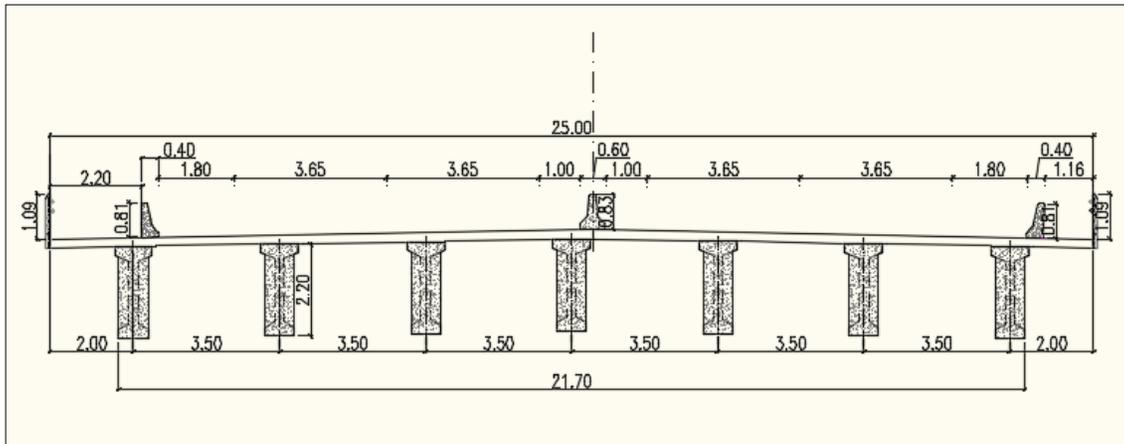
Fuente: Autor (2018)

Ilustración 52 Esquema Planta propuesta nuevo diseño puente



Fuente: Autor (2018)

Ilustración 53 Esquema sección propuesta nuevo diseño puente



Fuente: Autor (2018)

6.15 CALCULO CANTIDADES DE OBRA

Se realiza cálculos de cantidades obra como referencia para la estructuración del proyecto a ejecutar el cual debe contar con un diseño detallado, esto de acuerdo a los planos de diseño realizados ver el anexo No 2, donde se presentan las memorias de cálculo.

6.16 PRESUPUESTO DE OBRA

Otra de las actividades realizadas a lo largo del proyecto fue la realización de dos presupuestos, uno para cada alternativa de solución, para que a la hora de definir la alternativa final se tengan en cuenta las relaciones de costo y beneficio de acuerdo al impacto social que generara la construcción de ya sea una vía en doble calzada o sea mantener los dos carriles y darle continuidad a la ciclo ruta existente.

Para la alternativa se estima un valor de la obra de \$ 6.053.808.070 tal como se puede observar en el anexo No 1 de este trabajo escrito, para la alterativa No 2 se estima el valor de las obras en \$4.716.588.177 como se observa en el anexo No 2

6.17 CRONOGRAMA DE OBRA

En el anexo No 4 se presenta el cronograma de obra estimado para duración de la construcción del diseño propuesto de acuerdo a las alternativas de diseño, alternativa No1 15 meses, alternativa No2 13 meses, es importante indicar que para dar inicio de la obra se debe contar con los permisos requeridos para una construcción de este tipo (licencias, permisos, acta de inicio, permisos de intervención de cauce, cierre financiero, vinculación del personal) etc...

6.18 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Una vez se realizó las diferentes verificaciones del puente y análisis de la normatividad colombiana vigente, se puede concluir que el puente Salsipuedes no cumple con los estándares de calidad mínimos que debe tener una estructura como es esta, y más con los antecedentes de accidentes que se tienen, a continuación se presenta un análisis del estado actual del puente de acuerdo a las norma vigentes.

6.18.1 Verificación Cumplimiento De Normas Vigentes Puente Salsipuedes

Tabla 6.16 Verificación Cumplimiento De Normas Vigentes Puente Salsipuedes.

OBSERVACIONES AL ESTADO DE LA OBRA PUENTE SALSIPUEDES K2+040			
ABSCISA	OBSERVACIÓN	COSTADO	ESPECIFICACIÓN / NORMA
K2+040	No se observó juntas de dilatación, al parecer no tiene o están tapadas por el pavimento, se requiere la construcción de las mismas.	Izq. - Der	Norma Colombiana De Diseño De Puentes CCP14 – Sección 14.
K2+040	Se observa aceros expuestos sobre las vigas cabezales, espaldares del puente, se requiere reparación.	Izq. - Der	Manual De Inspección De Puentes INVIAS
K2+040	Se observa concretos hormigonados en la zona inferior, andenes, vigas.	Izq. - Der	Artículo 630- 07 Especificaciones INVIAS Concreto Estructural.

OBSERVACIONES AL ESTADO DE LA OBRA PUENTE SALSIPUEDES K2+040			
ABSCISA	OBSERVACIÓN	COSTADO	ESPECIFICACIÓN / NORMA
K2+040	Se observa segregación carpeta asfáltica, presenta fisuras en el tablero, requiere mantenimiento.	Eje	Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles
K2+040	Se requiere la canalización de las aguas en la zona de los taludes en los aproches, presenta socavación.	Izq.	Artículo 810- 07 Especificaciones INVIAS Control De Erosión
K2+040	Se observa deficiencia en la soldadura de las barandas del puente, se requiere corrección.	Der	Artículo 650- 07 Especificaciones INVIAS Estructuras Metálicas.
K2+040	Demarcación horizontal, en malas condiciones, requiere mantenimiento.	-	Manual de Señalización Vial.
K2+040	Bermas no cumple con el ancho mínimo, según el manual de diseño geométrico de carreteras del INVIAS, para el tipo de vía (mínimo 1.80 m).	Der	Manual de diseño geométrico de carreteras del INVIAS
K2+040	No se da cumplimiento a lo establecido en la sección 13 (barandas y andenes) del código colombiano de puentes, en especial en el punto 13.8 Barandas de Peatones, No se garantiza la seguridad vial de los usuarios de esta estructura	Izq. - Der	Código Colombiano de Puentes 2014, sección 13 (barandas)
K2+040	Protección de los Usuarios — Deben proveerse barandillas a lo largo de los bordes de las estructuras de acuerdo con los requisitos de la Sección 13. Todas las estructuras de protección deben tener superficies y transiciones adecuadas para redirigir el tráfico errante de manera segura. (no se cumple)	Izq. - Der	Código Colombiano de Puentes 2014, sección 2 (Características generales de diseño)
K2+040	No se da continuidad a la ciclo ruta existente, generando que los ciclistas ingresen al puente por los carriles de los vehículos, generando un alto riesgo de accidente, se requiere dar continuidad a la ciclo ruta.	Der	Manual de Diseño de Ciclo Rutas Instituto De Desarrollo Urbano Bogotá.

Fuente: Autor (2018) Tomado de normas citadas

7. ALTERNATIVAS DE DISEÑO

Las consideraciones mínimas para el planteamiento de las estructuras a emplear en el sitio de ponteadero se basan en estudios detallados de cada una de las disciplinas de la ingeniería como son lo establecido por el código colombiano de puentes 2014, manual de diseño geométrico de carreteras del INVIAS y demás, como luz mínima, nivel máximo de aguas, nivel de socavación capacidades para cimentación y estabilidad de los taludes de la zona de ponteadero, estudios que **NO** son del alcance de este proyecto, ya que lo planteado es proponer un diseño geométrico y arquitectónico de la estructura a implementar, los demás análisis deberán ser objeto de estudios más detallados.

Las secciones de los tableros se plantean de manera que se cumpla con los requisitos de seguridad vial exigidos por el MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS.

Para este nuevo diseño del Nuevo Puente de Salsipuedes, se requiere intervenir en el espacio para permitir que la vía y los equipamientos generados trabajen como un elemento continuo dentro del sistema, articulando la vía y generando unión en la misma.

Como alternativas de tratamiento, se integran pasos peatonales y ciclo ruta en la zona de puente, permitiendo el manejo del tránsito peatonal y vehicular no motorizado, paralelo a la vía, vinculándose a la vía y al paisaje, minimizando el impacto adverso de la estructura y la vía.

Los pasos peatonales y ciclo rutas, se diseñaran teniendo en cuenta el manual de diseño geométrico del INVIAS.

Los efectos de los equipamientos del puente son de magnitudes considerables, favoreciendo la conexión entre medio ambiente, población y vía constituyendo un factor de reordenamiento del territorio porque gracias a su disposición genera una conexión que permite una percepción ordenada del espacio.

De igual forma se plantea la modificación de la rasante actual, y la ampliación del puente a un puente a doble calzada, integrándolo dentro de un proyecto macro que sería la doble calzada Girardot – Melgar, esto con el fin de estar acorde con las obras que se están ejecutando a la fecha como es la doble calzada y un tercer carril entre Bogotá y Melgar, consolidando una de las vías más importantes para el país, la cual permitirá conectar el sur del país con la capital de la república.

8. CONCLUSIONES

- De acuerdo a la investigación realizada se pudo establecer las necesidades de mejoramiento de las condiciones actuales del puente Salsipuedes, estructura que quedó rezagada con el desarrollo de la región, convirtiéndose en un “cuello de botella” en una de las entradas más importantes del municipio de Girardot, generando riesgos en la seguridad vial, principalmente para los peatones como los ciclistas que circular por el sector.
- De acuerdo a los ensayos de campo realizados se puede establecer que la estructura como tal se encuentra en normales condiciones, esta afirmación basada en los resultados de las resistencias de los concretos que oscilan entre los 5000 y 6000 Psi.
- Se proponen 2 alternativas de diseño geométrico para dar solución a la problemática presentada, una de ellas es el es el diseño geométrico de una nueva estructura a doble calzada y la segunda alternativa es la construcción de un puente a 2 carriles dando continuidad a la ciclo ruta, con las consideraciones de diseño del código colombiano de puentes de 2014 y el manual de construcción geométrico de vías.
- De acuerdo a los análisis de tráfico realizados la mayoría de tráfico que circula por esta zona es tráfico liviano correspondiente al 73% del tráfico total que circula en este punto, seguido del 11% de vehículos de servicio público, y tan solos el 4% de carga pesada, de lo cual se puede establecer que la estructura

por ahora no corre riesgo de colapso, pero si se hace necesario trabajos de mantenimiento a las patologías presentadas, mientras se define la construcción del puente nuevo.

- Una vez realizado el diagnóstico del puente Salsipuedes se concluye que el puente actual no cumple con las normas vigentes de sismo resistencia, al no contar con aisladores sísmicos, topes sísmicos, apoyos en neopreno, juntas de dilatación y demás elementos que garanticen la seguridad de la estructura ante un eventual movimiento sísmico.
- Se determina que el puente Salsipuedes no cumple con los anchos mínimos establecidos en el manual de construcción geométrica de vías del INVIAS, razón por la cual hay un alto riesgo en la seguridad vial, especialmente para los ciclistas y los peatones, los cuales no cuentan con la seguridad y confort necesario a la hora de cruzar este puente, más aun teniendo en cuenta el crecimiento habitacional que ha tenido el sector.

9. RECOMENDACIONES

Una vez terminado el proyecto de investigación como estudiantes de ingeniería civil de la Universidad Minuto de Dios hacemos las siguientes recomendaciones:

- Para la puesta en marcha de este proyecto se hace necesario contratar los estudios y diseños definitivos, ya que para un puente de esta magnitud se requiere la intervención de varias disciplinas de la ingeniería civil y sus afines.
- De acuerdo a lo evidenciado en campo es de importancia para la región la ampliación de este puente, con la construcción de senderos peatonales que se articulen con la ciclo ruta existente con el fin de garantizar la seguridad de los usuarios.
- Se recomienda subir la rasante en este punto para suavizar la curva vertical que se presenta en el sector, así darle manejo a las aguas de escorrentía, y cumplir con las pendientes mínimas establecidas en la manual de diseño geométrico del INVIAS.
- Se recomienda realizar un análisis del impacto del Rio Bogotá sobre la construcción del puente, esto debido su alto grado de contaminación.
- Para la ejecución de este proyecto es necesario la adquisición de predios en la zonas aledañas, para ello se requiere un estudio de impacto ambiental y social.
- Se debe analizar el manejo de tráfico en el momento de la construcción de este puente, ya que el tráfico promedio diario está en el orden de 4000 vehículos, con la implementación del PMT respectivo.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (Colombia), V. 4. (29 de Septiembre de 2017). Recuperado el 16 de Diciembre de 2017, de [https://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%ADas_4G_\(Colombia\)](https://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%ADas_4G_(Colombia))
- Colombia, C. d. (06 de Agosto de 2002). *Ley 769 del 6 de agosto de 2002*. Recuperado el 14 de Marzo de 2018, de <http://www.conducircolombia.com/codigo.html>
- Colombia, E. C. (28 de Octubre de 1993). Recuperado el 16 de Diciembre de 2017, de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=304>
- construcción, R. i. (04 de Diciembre de 2010). Recuperado el 16 de Diciembre de 2017, de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732011000100001
- Elrod, J. (01 de Febrero de 2018). Recuperado el 12 de Marzo de 2018, de Conceptos geométricos que se hallan en los puentes: <https://www.geniolandia.com/13083367/conceptos-geometricos-que-se-hallan-en-los-puentes>
- Elrod, J. (01 de Febrero de 2018). *Geniolandia*. Recuperado el 04 de Marzo de 2018, de <https://www.geniolandia.com/13083367/conceptos-geometricos-que-se-hallan-en-los-puentes>
- Fernández, C. S. (11 de Noviembre de 2013). *Construccion*. Recuperado el 22 de Marzo de 2018, de <https://www.patologiasconstruccion.net/2013/11/resistencia-del-hormigon-mediante-esclerometro-2-ensayo-y-valor-fc/>
- Ganadero, C. (27 de Enero de 2014). Recuperado el 15 de Diciembre de 2018, de <http://www.contextoganadero.com/agricultura/los-puentes-y-su-importancia-para-la-economia-agropecuaria-del-pais>
- Ibáñez, J. (1992). Recuperado el 16 de Diciembre de 2017, de https://es.wikipedia.org/wiki/Investigaci%C3%B3n_cualitativa
- INVIAS. (26 de Junio de 2015). Recuperado el 16 de Diciembre de 2017, de <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/3709-norma-colombiana-de-diseno-de-puentes-ccp14>
- LTDA., L. G. (2011). Reflexion sobre nuestros Puentes. Medellin: Escuela Colombiana de Ingeiería.
- (s.f.). *Manual De Diseño de Puentes* .

Moreno, J. E. (19 de Enero de 2018). *Pasos seguros para construir un puente*. Recuperado el 25 de Enero de 2018, de <https://www.larepublica.co/infraestructura/pasos-seguros-para-construir-un- puente-2590058>

Ospina, P. M. (11 de Enero de 2017). Recuperado el 16 de Diciembre de 2017, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Puente_Mariano_Ospina_P%C3%A9rez_\(Girardot\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Puente_Mariano_Ospina_P%C3%A9rez_(Girardot))

portafolio.co. (02 de Agosto de 2006). *Los caminos de Girardot*. Recuperado el 15 de Febrero de 2018, de <http://www.portafolio.co/economia/finanzas/caminos-girardot-201352>

puentes, H. d. (21 de Octubre de 2017). Recuperado el 16 de Diciembre de 2017, de https://es.wikipedia.org/wiki/Historia_de_los_puentes

ROSSELLI, D. A. (02 de Agosto de 2006). *El Tiempo*. Recuperado el 22 de Marzo de 2018, de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-2124046>

Silva., I. A. (05 de Mayo de 2011). *Determinando la población y la muestra*. Obtenido de <http://tesisdeinvestig.blogspot.com.co/2011/05/definir-la-unidad-de-analisis-y-la.html>

Tiempo, R. e. (03 de Febrero de 1996). *El Tiempo*. *PUENTES EN VÍA DE EXTINCIÓN*, págs. Version Digital <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-365777>.

Uniminuto. (2014). Recuperado el 16 de Diciembre de 2017, de <http://studylib.es/doc/650709/uniminuto-cundinamarca-vice-rector%C3%ADa-acad%C3%A9mica>

11. ANEXOS

Anexo 1 Presupuesto Alternativa No 1 Puente Salsipuedes K2+040

PRESUPUESTO CONSTRUCCIÓN PUENTE ALTERNATIVA No 1 SALSIPUEDES K2+040					
Ítem	Descripción	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	Valor Total
	PRELIMINARES				
	REPLANTEO Y SEÑALIZACIÓN DE OBRA				
1	Localización y Replanteo	Km	\$12.493.612	0,50	\$ 6.246.806
2	Señales Y Protecciones Etapa De Obra	Gl	\$80.000.000	1,00	\$ 80.000.000
	EXCAVACIONES Y RELLENO				
3	Excavaciones	m3	\$39.759	600,00	\$ 23.855.400
4	Relleno en Material Seleccionado (No incluye Transporte al sitio de Obra)	m3	\$71.197	180,00	\$ 12.815.460
5	Relleno en Tierra Armada Encapsulada (No Incluye Transporte)	m3	\$120.508	3.400,00	\$ 409.727.200
	CIMENTACIÓN PILOTES ESTRIBOS				
6	Perforación Y Excavación De Pilotes Diámetros Promedio 2M	m3	\$1.526.680	193,96	\$ 296.118.492
7	Concreto Clase D Bombeado (fc=21 Mpa=3000psi), Para Cimentaciones Profundas (Pilotes, dados, e.t.c.)	m3	\$787.287	193,96	\$ 152.704.063
8	Acero de Refuerzo fy=420 Mpa, Para cimentaciones profundas(Pilotes, dados, etc)	kg	\$5.023	15.516,99	\$ 77.941.844
	ESTRIBOS				
9	Concreto Clase D Bombeado (fc=21 Mpa=3500psi), Para Superestructuras Elevadas	m3	\$982.402	178,50	\$ 175.358.757
10	Acero De Refuerzo fy=420Mpa, Para Superestructuras Elevadas	kg	\$5.301	14.280,00	\$ 75.698.280
11	Concreto Clase F Bombeado (fc=14,5 Mpa=2000psi) (Limpieza)	m3	\$387.887	5,40	\$ 2.094.590
	LOSA DE APROXIMACIÓN				
12	Concreto Clase D Bombeado (fc=25 Mpa=3500 psi) Para Superestructuras Elevadas	m3	\$962.402	45,00	\$ 43.308.090
13	Acero De Refuerzo fy=420Mpa, Para Superestructuras Elevadas	kg	\$5.301	3.600,00	\$ 19.083.600
14	Concreto Clase F Bombeado (fc=14,5 Mpa=2000psi) (Limpieza)	m3	\$387.887	7,50	\$ 2.909.153
	SUPERESTRUCTURA VIGAS POSTENSADAS				

PRESUPUESTO CONSTRUCCIÓN PUENTE ALTERNATIVA No 1 SALSIPUEDES K2+040					
Ítem	Descripción	Unida	Valor	Cantidad	Valor Total
15	Concreto Clase C bombeado (fc=28 Mpa=4000psi) Para Superestructuras Elevadas	m3	\$1.023.313	476,00	\$ 487.096.988
16	Acero De Refuerzo fy=420Mpa, Para Superestructuras Elevadas	kg	\$5.301	38.080,00	\$ 201.862.080
17	Acero Pre esfuerzo Tirantes Fpu=1860 Mpa (Sin Anclajes)	kg	\$47.500	21.168,00	\$ 1.005.480.000
18	Anclajes Para Tirantes	und	\$985.000	56,00	\$ 55.160.000
	TABLERO				
19	Concreto	m3	\$1.312.536	250,00	\$ 328.134.000
20	Acero De Refuerzo fy=420Mpa, Para Superestructuras Elevadas	kg	\$5.301	20.000,00	\$ 106.020.000
21	Acero Preesfuerzo Fpu=1850 Mpa	kg	\$13.760	10,00	\$ 137.600
22	Concreto Ciclópeo Clase G de FC=2000Psi(Incluye los costos de Transporte)	m3	\$259.625	36,48	\$ 9.471.120
	ANDEN Y NEW JERSEY				
23	Concreto Clase D Bombeado (fc=25 Mpa=3500 psi) Para Superestructuras Elevadas	m3	\$962.402	34,27	\$ 32.983.441
24	Acero de Refuerzo Fy=420 Mpa , Para Superestructuras Elevadas	kg	\$7.301	2.741,76	\$ 20.017.590
	ACCESORIOS TABLERO				
25	Junta T-250	ml	\$8.950.000	50,00	\$ 447.500.000
26	Apoyo Elastomérico Tipo Agom	und	\$15.800.000	14,00	\$ 221.200.000
27	Baranda Y Pasamanos Metálico	kg	\$28.850	640,00	\$ 18.464.000
	PAVIMENTO				
28	Mezcla asfáltica tipo MDC2	m3	\$950.000	250,00	\$ 237.500.000
	TRANSPORTE				
29	Transporte Agregados Pétreos Y Escombros	m3/Km	\$1.310	18.000,00	\$ 23.580.000
30	Transporte Agregados Pétreos Y Escombros	m3/Km	\$1.310	107.400,00	\$ 140.694.000
31	Transporte Mezclas Asfálticas	m3/Km	\$1.310	12.500,00	\$ 16.375.000
A. Total Costos Directos					\$ 4.729.537.555
B. AIU					\$ 1.324.270.515
TOTAL (A+B+C)					\$ 6.053.808.070

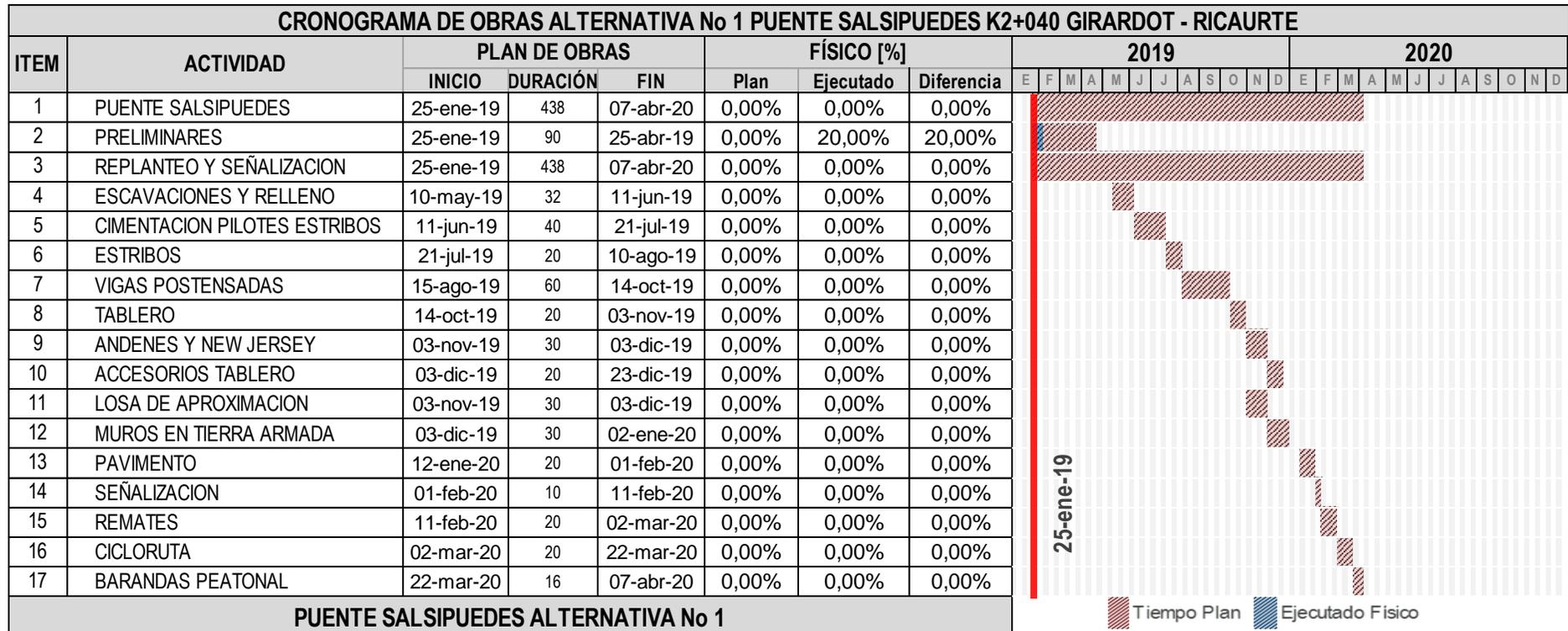
Fuente: Autor (2018)

Anexo 2 Presupuesto Alternativa No 2 Puente Salsipuedes K2+040

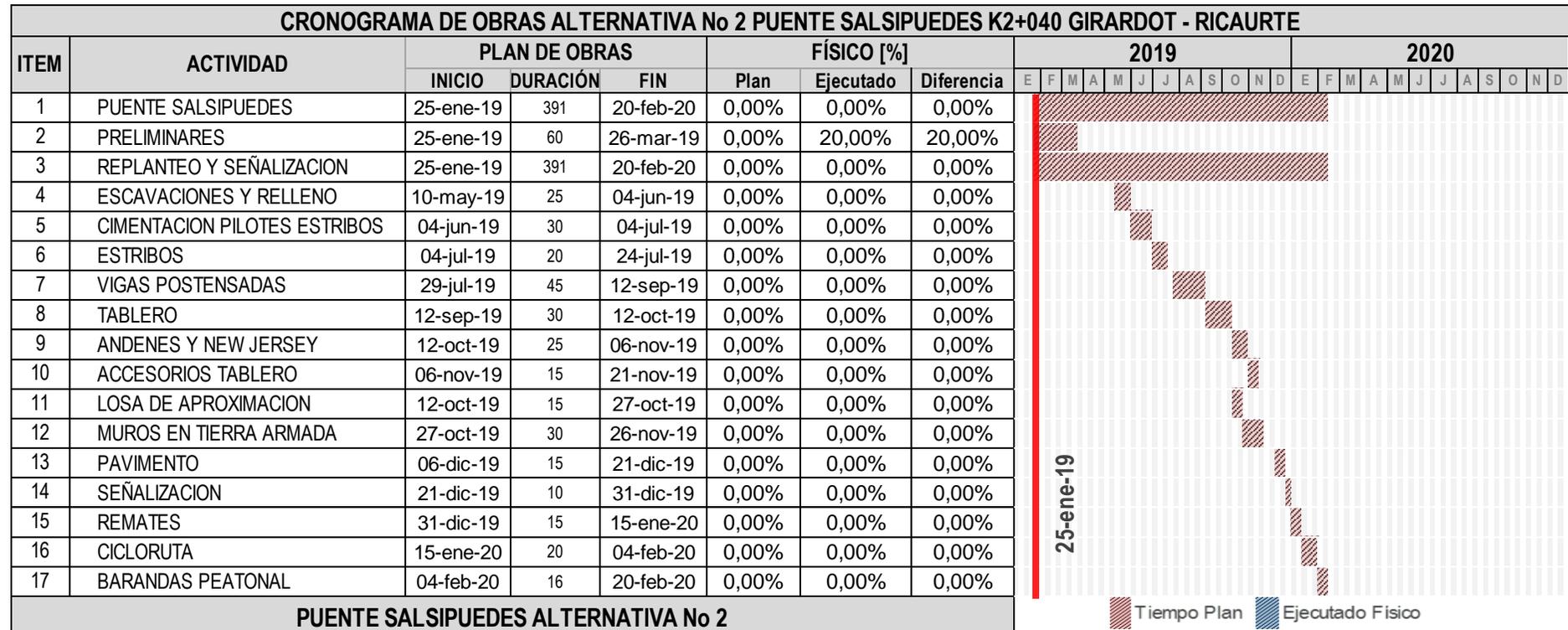
PRESUPUESTO CONSTRUCCIÓN ALTERNATIVA No 2 PUENTE SALSIPUEDES K2+040.					
Item	Descripcion	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	Valor Total
	PRELIMINARES				
	REPLANTEO Y SEÑALIZACIÓN DE OBRA				
1	Localización y Replanteo	Km	\$21.334.611	0,50	\$ 10.667.305
2	Señales Y Protecciones Etapa De Obra	Gl	\$80.000.000	1,00	\$ 80.000.000
	EXCAVACIONES Y RELLENO			0,00	
3	Excavaciones	m3	\$39.759	360,00	\$ 14.313.240
4	Relleno en Material Seleccionado (No incluye Transporte al sitio de Obra)	m3	\$71.197	108,00	\$ 7.689.276
5	Relleno en Tierra Armada Encapsulada (No Incluye Transporte)	m3	\$120.508	2.040,00	\$ 245.836.320
	CIMENTACION PILOTES ESTRIBOS				
6	Perforacion Y Excavacion De Pilotes Diametros Promedio 2M	m3	\$1.526.680	110,84	\$ 169.210.567
7	Concreto Clase D Bombeado (fc=21 Mpa=3000psi), Para Cimentaciones Profundas (Pilotes, dados, e.t.c.)	m3	\$787.287	110,84	\$ 87.259.465
8	Acero de Refuerzo fy=420 Mpa, Para cimentaciones profundas(Pilotes, dados, etc)	kg	\$5.023	14.408,63	\$ 72.374.570
	ESTRIBOS				
9	Concreto Clase D Bombeado (fc=21 Mpa=3500psi), Para Superestructuras Elevadas	m3	\$982.402	101,39	\$ 99.603.774
10	Acero De Refuerzo fy=420Mpa, Para Superestructuras Elevadas	kg	\$5.301	13.180,44	\$ 69.869.512
11	Concreto Clase F Bombeado (fc=14,5 Mpa=2000psi) (Limpieza)	m3	\$387.887	3,07	\$ 1.189.727
	LOSA DE APROXIMACION				
12	Concreto Clase D Bombeado (fc=25 Mpa=3500 psi) Para Superestructuras Elevadas	m3	\$962.402	25,56	\$ 24.598.995
13	Acero De Refuerzo fy=420Mpa, Para Superestructuras Elevadas	kg	\$5.301	3.322,80	\$ 17.614.163
14	Concreto Clase F Bombeado (fc=14,5 Mpa=2000psi) (Limpieza)	m3	\$387.887	4,26	\$ 1.652.399
	SUPERESTRUCTURA VIGAS POSTENSADAS				

PRESUPUESTO CONSTRUCCIÓN ALTERNATIVA No 2 PUENTE SALSIPUEDES K2+040.					
Item	Descripcion	Unidad	Valor	Cantidad	Valor Total
15	Concreto Clase C bombeado (fc=28 Mpa=4000psi) Para Superestructuras Elevadas	m3	\$1.023.313	272,00	\$ 278.341.136
16	Acero De Refuerzo fy=420Mpa, Para Superestructuras Elevadas	kg	\$5.301	35.360,00	\$ 187.443.360
17	Acero Preesfuerzo Tirantes Fpu=1860 Mpa (Sin Anclajes)	kg	\$47.500	21.168,00	\$ 1.005.480.000
18	Anclajes Para Tirantes	und	\$985.000	56,00	\$ 55.160.000
	TABLERO				
19	Concreto	m3	\$1.312.536	142,00	\$ 186.380.112
20	Acero De Refuerzo fy=420Mpa, Para Superestructuras Elevadas	kg	\$5.301	18.460,00	\$ 97.856.460
21	Acero Preesfuerzo Fpu=1850 Mpa	kg	\$13.760	10,00	\$ 137.600
22	Concreto Ciclopeo Clase G de FC=2000Psi(Incluye los costos de Transporte)	m3	\$259.625	36,48	\$ 9.471.120
	ANDEN Y NEW JERSEY				
23	Concreto Clase D Bombeado (fc=25 Mpa=3500 psi) Para Superestructuras Elevadas	m3	\$962.402	17,14	\$ 16.491.721
24	Acero de Refuerzo Fy=420 Mpa , Para Superestructuras Elevadas	kg	\$7.301	2.227,68	\$ 16.264.292
	ACCESORIOS TABLERO				
25	Junta T-250	ml	\$8.950.000	50,00	\$ 447.500.000
26	Apoyo Elastomerico Tipo Agom	und	\$15.800.000	14,00	\$ 221.200.000
27	Baranda Y Pasamanos Metalico	kg	\$28.850	640,00	\$ 18.464.000
	PAVIMENTO				
28	Mezcla asfaltica tipo MDC2	m3	\$950.000	142,00	\$ 134.900.000
	TRANSPORTE				
29	Transporte AgregadosPetroes Y Escombros	m3/Km	\$1.310	10.800,00	\$ 14.148.000
30	Transporte AgregadosPetroes Y Escombros	m3/Km	\$1.310	64.440,00	\$ 84.416.400
31	Transporte Mezclas Asfalticas	m3/Km	\$1.310	7.100,00	\$ 9.301.000
A. Total Costos Directos					\$ 3.684.834.513
B. AIU					\$ 1.031.753.664
TOTAL (A+B+C)					\$ 4.716.588.177

Anexo 3 Cronograma Construcción De Puente Salsipuedes K2+040



CRONOGRAMA DE OBRAS ALTERNATIVA No 2 PUENTE SALSIPUEDES K2+040 GIRARDOT - RICAURTE



Fuente: Autor (2018)

Anexo 4 Memoria de cálculo geometría puente Salsipuedes

CALCULO CANTIDADES PUENTE SALSIPUEDES								
No	ELEMENTO	CANTIDAD	DIÁMETRO	LONGITUD	ANCHO	ALTURA	ÁREA	VOLUMEN
1	CAISSON	6	1,5 m	6,0 m			1,8 m ²	63,6 m ³
2	APOYOS INTERMEDIOS	2		10,1 m	2,5 m	12,0 m	24,9 m ²	298,8 m ³
3	ESTRIBOS	2		10,1 m	3,4 m	2,0 m	34,3 m ²	137,1 m ³
4	VIGAS	18		13,4 m	0,6 m	1,2 m	8,1 m ²	174,1 m ³
5	LOSA	1		40,3 m	10,1 m	0,2 m	406,2 m ²	81,2 m ³
6	ASFALTO	1		40,3 m	10,1 m	0,1 m	406,2 m ²	28,4 m ³
7	ANDEN	1		40,3 m	1,0 m	0,3 m	40,3 m ²	12,1 m ³
8	BARANDAS	2		40,3 m				
9	RIOSTRAS	12		8,4 m	0,3 m	1,2 m	2,5 m ²	36,3 m ³
10	BORDILLO	1		40,3 m	0,2 m	0,3 m	8,1 m ²	2,4 m ³
11	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	1		120,9 m	0,1 m		14,5 m ²	
TOTAL VOLUMEN CONCRETO								834,0 m³

Fuente: Autor (2018)

MEMORIA DE CALCULO CONSTRUCCIÓN DE NUEVO PUENTE SALSIPUEDES K2+040										
Ítem	Descripción	Cantidad	Uni	CANTI		ÁREAS		VOLUMEN		
				Und	m	ÁREA	L	A	H	M3
	CIMENTACIÓN PILOTES ESTRIBOS									
7	Concreto Clase D Bombeado (fc=21 Mpa=3000psi), Para Cimentaciones Profundas (Pilotes, dados, e.t.c.)	240,00	m3	14	1				9	194,0
	ESTRIBOS									
9	Concreto Clase D Bombeado (fc=21 Mpa=3500psi), Para Superestructuras Elevadas	150,00	m3	2			1,7	25	2,1	178,5
11	Concreto Clase F Bombeado (fc=14,5 Mpa=2000psi) (Limpieza)	5,00	m3	2			1,8	25	0,06	5,4
	LOSA DE APROXIMACIÓN									
12	Concreto Clase D Bombeado (fc=25 Mpa=3500 psi) Para	45,00	m3	2			3	25	0,3	45

MEMORIA DE CALCULO CONSTRUCCIÓN DE NUEVO PUENTE SALSIPUEDES K2+040										
Ítem	Descripción	Cantidad	Uni	CANTI φ ÁREAS			VOLUMEN			
				Und	m	ÁREA	L	A	H	M3
	Superestructuras Elevadas									
14	Concreto Clase F Bombeado (fc=14,5 Mpa=2000psi) (Limpieza)	4,50	m3	2			3	25	0,05	7,5
	SUPERESTRUCTURA VIGAS POSTENSADAS									
15	Concreto Clase C bombeado (fc=28 Mpa=4000psi) Para Superestructuras Elevadas	442,40	m3	14		0,85	40			476
	TABLERO									
19	Concreto	230,00	m3	1			40	25	0,25	250
22	Concreto Ciclópeo Clase G de FC=2000Psi(Incluye los costos de Transporte)	3,00	m3	4			3	1,6	1,9	36,48
	ANDEN Y NEW JERSEY									
23	Concreto Clase D Bombeado (fc=25 Mpa=3500 psi) Para Superestructuras Elevadas	47,25	m3	4		0,2142	40			34,272

Fuente: Autor (2018)

MEMORIA DE CALCULO CONSTRUCCIÓN DE NUEVO PUENTE SALSIPUEDES K2+040								
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	CANTIDAD φ VOLUMEN			ACERO	
				Und	m	VOLUMEN	CUANTÍA Kg/m3	Kg
	CIMENTACIÓN PILOTES ESTRIBOS							
8	Acero de Refuerzo fy=420 Mpa, Para cimentaciones profundas(Pilotes, dados, etc)	19.200,00	kg	14	1	194,0	80	15517
	ESTRIBOS							
10	Acero De Refuerzo fy=420Mpa, Para Superestructuras Elevadas	12.000,00	kg	2		178,5	80	14280

MEMORIA DE CALCULO CONSTRUCCIÓN DE NUEVO PUENTE SALSIPUEDES K2+040									
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	CANTIDAD		VOLUMEN		ACERO	
				Und	m	VOLUMEN	CUANTÍA Kg/m3	Kg	
	LOSA DE APROXIMACIÓN								
13	Acero De Refuerzo fy=420Mpa, Para Superestructuras Elevadas	3.600,00	kg	2		45	80	3600	
	SUPERESTRUCTURA VIGAS POSTENSADAS								
16	Acero De Refuerzo fy=420Mpa, Para Superestructuras Elevadas	39.816,00	kg	14		476	80	38080	
17	Acero Pre esfuerzo Tirantes Fpu=1860 Mpa (Sin Anclajes)	7.560,00	kg	336			1,5	21168	
	TABLERO								
20	Acero De Refuerzo fy=420Mpa, Para Superestructuras Elevadas	23.000,00	kg	1		250	80	20000	
21	Acero Preesfuerzo Fpu=1850 Mpa	10,00	kg	1				10	
	ANDEN Y NEW JERSEY								
24	Acero de Refuerzo Fy=420 Mpa , Para Superestructuras Elevadas	3.779,84	kg			34,272	80	2742	

Fuente: Autor (2018)

Anexo 5 Formato de aforos Vehiculares



FACULTA DE INGENIERIA CIVIL
 APOYO VEHICULAR

VERSIÓN 01
 FEBRERO 2007-07

FECHA _____ INTERSECCION _____ CALLE/CARRERA _____

MOTOD. HORAS																								
 MOTOR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
 CATEGORIA I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
 CATEGORIA II	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
 CATEGORIA III	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
 CATEGORIA IV	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
 CATEGORIA V	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
 CATEGORIA VI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
 CATEGORIA VII	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
OBSERVACIONES																								

Alcalde: _____ Ingeniero: _____

Anexo 6 Inspección Patologías Puente Salsipuedes.

INSPECCION Y PATOLOGIA DE LA ESTRUCTURA											
DATOS GENERALES DE LA ESTRUCTURA											
LOCALIZACION: Puente vehicular SALSIPUEDES											
Estructura:				Ficha N°							
CONCRETO REFORZADO, CARPETA ASFALTICA EN ZONA VEHICULAR				1							
Año construido	uso:	Historia clinica	Elaboro:	Fecha	Diá	Mes	Año				
	Vehicular	1	Luisa Gordillo, Juan Correa, Pedro Farfan		17	2	2018				
CARACTERISTICAS ESTRUCTURALES											
Sistema estructural en cada sentido y material del cual esta constituido											
Calidad	1-3 Malo	4-6 medio	7-8 bueno								
Vigas			6								
Pilas			7								
Carpeta asfaltica			5								
Barandas			3								
Bordillos			3								
Aceros			5								
Estribos			4								
DESCRIPCION											
Carriles			2								
Ancho			3,65 mts								
Altura			7,65								
Longitud			40,08								
Observaciones: Seccion transversal del puente - Losa sobre vigas											
SUPERESTRUCTURA											
Estados		Se evidencia en buen estado, pero presenta algunas patologías físicas.									
Desagues		Insuficientes, en la epoca de invierno presenta inundaciones									
DESCRIPCION DE LA CALIDAD Y EL ESTADO											
ESTADO DE LA ESTRUCTURA				(1-3 bajo 4-6 medio 7-9 alto)							
ESTADO	Bajo	Medio	Alto	ESTADO	Bajo	Medio	Alto				
Humedad en estribos	x			Erosion		x					
Humedad en barandas		x		Goteras	x						
Humedad en vigas		x		Hormigueo		x					
Humedad en pilas		x									
CALIDAD DE LOS MATERIALES											
Concreto				Buen estado							
Aceros				No a la vista							
Union de elementos		Bueno	Mantenimiento				Regular				
Calificacion preliminar calidad estructura		Bueno	x	Regular	x	Mal					
Calificacion preliminar estado estructura		Bueno	x	Regular	x	Mal					

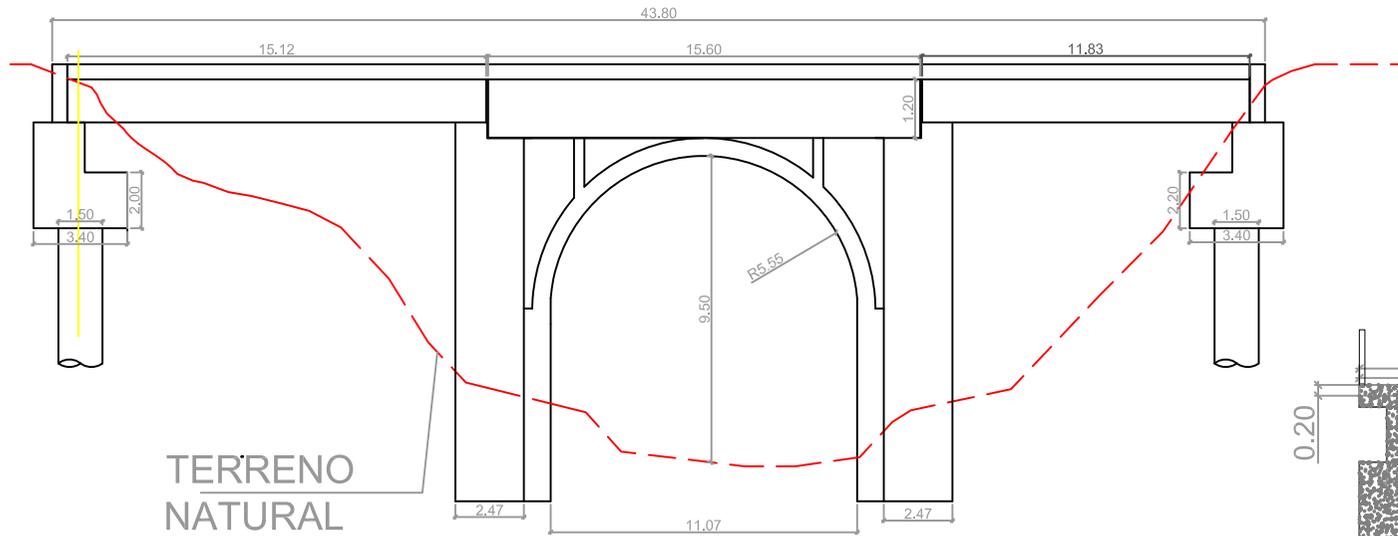
PATOLOGIAS						
Fotografía	Ficha N°	1	Fecha	Día	Mes	Año
Descripción Lesion	Elaboro:		Luisa Gordillo, Juan Correa, Pedro Farfan			
	Tipo	Física				
	Lesion	Aceros de vigas a la vista, suciedad, humedad				
	Material	Concretos y aceros				
	Lugar	Vigas				
	Características y síntomas de la lesión					
<p>Se evidencia aceros descubiertos, el cual están en contacto con la intemperie, esto provocando un alto grado de corrosión, además de esto este lugar presenta gran humedad por el río que allí cruza, también se evidencia gran suciedad en las vigas lo que se observa es que el mantenimiento de este es muy deficiente.</p>						
Investigación y/o ensayo						
Inspección visual: Patologías físicas de la estructura (Puente Salsipuedes)						
<p>Observación: Es necesario aplicar un tipo de recubrimiento a la estructura con el fin de que los aceros que se encuentran a la vista sean recubiertos, también es necesario realizar una limpieza general de todas las vigas.</p>						
Fotografía N° 1 Viga longitudinal puente Salsipuedes	Análisis de la causa					
	<p>Del efecto: Debido a que el puente está sobre un río altamente contaminado y genera humedad al puente este presenta una reacción en los aceros descubiertos y al concreto, el cual han hecho que el acero pierda sus propiedades.</p>					
	<p>De la causa: Humedad y suciedad presente en estas zonas, se evidencian alto grado de humedad, contaminación del río, y basuras el cual han afectado en algunas partes puntuales del puente.</p>					
Fotografía N° 2 Vigas longitudinales puente Salsipuedes	Tratamiento o reparación					
Realizar recubrimiento a las vigas afectadas para proteger a los aceros.						
Preservación						
Se debe realizar mantenimiento preventivo mediante la limpieza de cada una de las estructuras del puente.						
Fuente: Autor						

PATOLOGIAS						
Fotografía	Ficha N°	1	Fecha	Día	Mes	Año
Descripción Lesión	Elaboro:		Luisa Gordillo, Juan Correa, Pedro Farfán			
	Tipo	Física				
	Lesión	ahuellamiento, fisuras de la carpeta asfáltica				
	Material	asfalto				
	Lugar	carpeta asfáltica				
	Características y síntomas de la lesión					
Se evidencia ahuellamiento carril derecho y carril izquierdo, también fisuras de tamaño notable, el cual se observa la falta de mantenimiento reparaciones en la carpeta asfáltica (parqueo, sello de fisuras)						
Investigación y/o ensayo						
Inspección visual: Patologías física de la estructura (Puente Salsipuedes)						
Observación: Es necesario aplicar un sellante en las fisuras para evitar filtración del agua sobre la estructura del puente, y también en las zonas que hay ahuellamiento realizar un parqueo.						
Fotografía N° 3 Carpeta asfáltica puente Salsipuedes	Análisis de la causa					
	Del efecto: La falta de realizar un mantenimiento periódico, esto con el fin de recuperación de las zonas afectadas.					
	De la causa: Transito de vehículos pesados, estructura no proyectada para el alto flujo vehicular que transita hoy en día por este puente.					
Fotografía N° 4 Carpeta asfáltica puente Salsipuedes	Tratamiento o reparación					
Realizar el sello de fisuras y parcheos en la carpeta asfáltica.						
Preservación						
Se debe realizar mantenimiento periódico con respecto a la carpeta asfáltica						
Fuente: Autor						

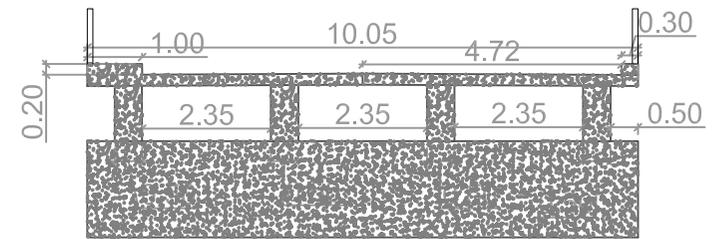
PATOLOGIAS						
Fotografía	Ficha N°	1	Fecha	Día	Mes	Año
Descripción Lesion	Elaboro:		Luisa Gordillo, Juan Correa, Pedro Farfan			
	Tipo	Física				
	Lesion	suciedad y corrosion en barandas				
	Material	aluminio				
	Lugar	barandas del puente				
	Características y síntomas de la lesion					
se evidencia barandas en regular estado, el cual presenta corrosion y suciedad por la falta de mantenimiento y pintura.						
Investigación y/o ensayo						
Inspección visual: Patologías físicas de la estructura (Puente Salsipuedes)						
Observación: Es necesario realizar una limpieza en las barandas, también puntarlas e instalar captafaros.						
Fotografía N° 3 Barandas puente Salsipuedes						
	Análisis de la causa					
	Del efecto: La falta de realizar un mantenimiento rutinario, como la limpieza y pintura de estas.					
	De la causa: la falta de limpieza y de proteccion de la estructura por medio de un anticorrosivo.					
Fotografía N° 4 Barandas puente Salsipuedes						
Tratamiento o reprecion						
Limpieza y pintura						
Preservacion						
Se debe realizar mantenimiento rutinario de limpieza						
Fuente: Autor						

Anexo 7 Planos 2D Diseño Geométrico Puente Salsipuedes.

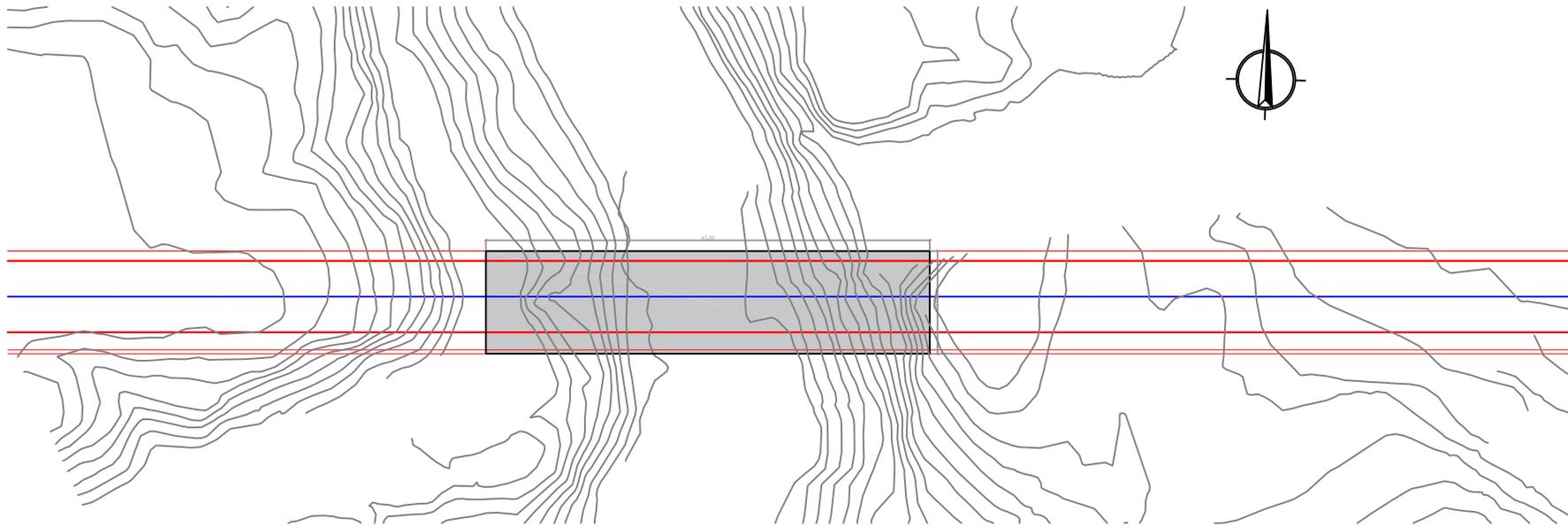
ALZADO



SECCIÓN



PLANTA



UNIVERSIDAD MINUTO DE DIOS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROYECTO DE GRADO



DISEÑO:
JUAN CARLOS CORREA
LUISA MARIPÁ SORDELLO
PEDRO RUBÉN FARRÁN

DEBIDO:
JUAN CARLOS CORREA
2018

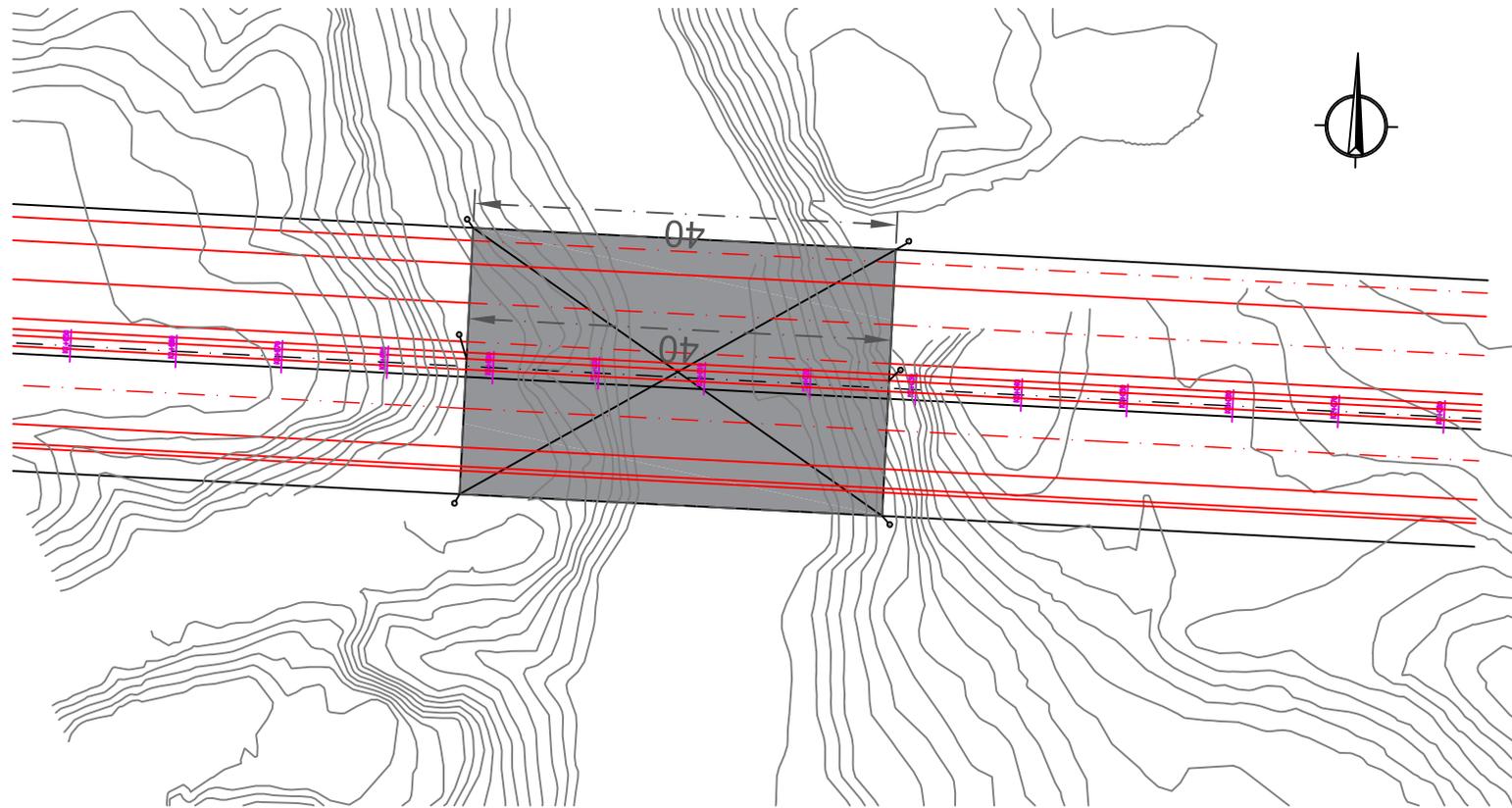
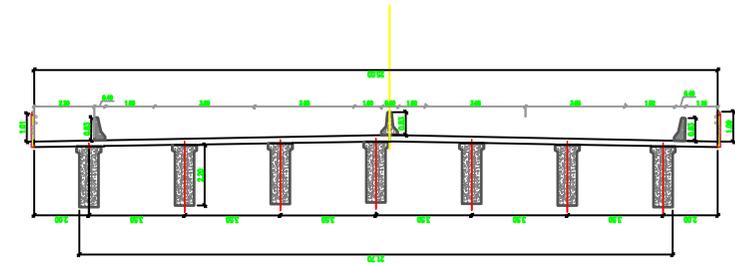
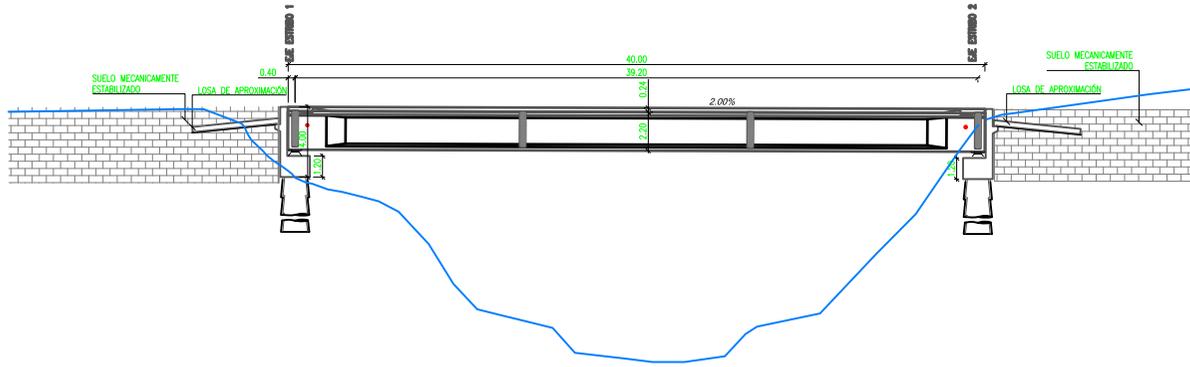
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	DEBIDO	APROBACIÓN	REFERENCIA
001	2018	ESTUDIO PARA REVISIÓN			

PROYECTO:
PUENTE SALSIPUEDES

TÍTULO:
PUENTE SALSIPUEDES
ESTADO ACTUAL

ESCALA:
INDICADA

CODIGO:
PLANOS PUENTE SALSIPUEDES
FECHA:
PLANO 1 DE 1



CUADRO DE COORDENADAS DEL TABLERO		
PUNTO	NORTE	ESTE
1	967426.7796	920359.4093
2	967451.7467	920360.6916
3	967449.6950	920400.6390
4	967424.7279	920399.3566

CUADRO DE COORDENADAS DE EJES		
PUNTO	NORTE	ESTE
A	967439.4629	920360.0607
B	967437.4111	920400.0081