

**APOYO TÉCNICO COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA EN EL ÁREA
TÉCNICA DE LA EMPRESA DESARROLLO VIAL DE NARIÑO - DEVINAR
S.A.**

GABRIEL MONTENEGRO LUNA

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
SAN JUAN DE PASTO
2014**

**APOYO TÉCNICO COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA EN EL ÁREA
TÉCNICA DE LA EMPRESA DESARROLLO VIAL DE NARIÑO -DEVINAR
S.A.**

GABRIEL MONTENEGRO LUNA

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero Civil**

**DIRECTOR:
I.C. ESP. GERARDO CRUZ**

**ASESOR:
I.C. ESP. LUIS ARMANDO MERINO CHAMORRO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
SAN JUAN DE PASTO
2014**

NOTA DE RESPONSABILIDAD

“Las ideas y conclusiones aportadas en el Trabajo de Grado, son responsabilidad exclusiva del autor”.

Artículo 1 del acuerdo N°. 324 de Octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Concejo de la Universidad de Nariño.

“La Universidad de Nariño no se hace responsable de las opiniones o resultados obtenidos en el presente trabajo y para su publicación priman las normas sobre el derecho de autor

Artículo 13° del acuerdo No. 005 de enero 26 de 2010, emanado por el Honorable Concejo Académico de la Universidad de Nariño”

Nota de aceptación:

Firma del asesor de tesis

Firma del jurado

Firma del jurado

San Juan de Pasto, Junio de 2014

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. CARACTERÍSTICAS GNERALES DEL PROYECTO	25
1.1 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	25
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	25
2. DISEÑOS GEOMÉTRICOS PARA LA REPOSICIÓN DE LOS ACCESOS AFECTADOS POR LA EXPLANACIÓN DE LOS TRAYECTOS 5 Y 6-1.....	29
2.1 ACCESO DÁVILA	30
2.1.1 Especificaciones preliminares de diseño.....	30
2.1.1.1 Definición del tipo de terreno.	30
2.1.2 Controles para el diseño geométrico:.....	30
2.1.2.1 Velocidad de diseño.	30
2.1.2.2 Distancias de visibilidad:	31
2.1.3 Diseño en planta del eje de la carretera:.....	32
2.1.3.1 Velocidades específicas y radio mínimo (RC_{mín}).....	32
2.1.3.3 Transición del peralte.	32
2.1.3.4 Entretangencias.	34
2.1.4 Diseño en perfil del eje de la carretera.....	34
2.1.4.1 Curvas Verticales:	38
2.1.5 Diseño de la sección transversal de la carretera:.....	42
2.1.5.1 Ancho de Calzada.....	42
2.1.5.2 Ancho de Berma.	42
2.1.5.3 Pendiente transversal en entretangencias horizontales.....	42
2.2 PRESUPUESTOS PARA LA REPOSICIÓN DE LOS ACCESOS AFECTADOS POR LA EXPLANACIÓN DE LOS TRAYECTOS 5 Y 6-1. ACCESO DÁVILA	43

3.	ESTRUCTURAS DE ESTABILIZACIÓN Y CONTENCIÓN DE LOS TRAMOS 5 Y 6-1	45
3.1	LOCALIZACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE ESTABILIZACIÓN Y CONTENCIÓN	45
3.2	REVISIÓN DE LOS DISEÑOS ESTRUCTURALES DE LOS MUROS DE CONTENCIÓN EN CONCRETO REFORZADO PARA EL TRAYECTO 6-1	46
3.2.1	Datos básicos para el diseño de muros de contención	46
3.2.2	Preliminar.....	47
3.2.3	Revisión de muro (h=2 metros).....	48
3.2.3.1	Estabilidad al deslizamiento, al volcamiento y presiones de contacto.....	48
3.2.3.2	Cargas y Momentos máximos en la base.	48
3.2.3.3	Chequeo a cortante en la base.	49
3.2.3.5	Solicitaciones máximas de corte y momento para la pantalla.	50
3.2.3.6	Solicitaciones máximas, corte resistente y acero de refuerzo en la pantalla.....	50
3.2.3.7	Comparación y chequeo de los muros tipo de la cartilla de DEVINAR con los muros calculados.	51
3.2.4	Revisión de muro (h=3 metros).....	51
3.2.4.1	Chequeo de la estabilidad al deslizamiento, al volcamiento y presiones de contacto.....	51
3.2.4.2	Cargas y momentos máximos en la base:	52
3.2.4.3	Chequeo a cortante en la base:	52
3.2.4.4	Diseño a Flexión de la base:	53
3.2.4.5	Solicitaciones máximas de corte y momento para la pantalla	53
3.2.4.6	Solicitaciones máximas, corte resistente y acero de refuerzo en la pantalla:.....	54
3.2.4.7	Comparación y chequeo de los muros tipo de la cartilla de DEVINAR con los muros calculados.	54
3.2.5	Revisión del muro (h=4 metros)	54

3.2.5.1	Chequeo de la estabilidad al deslizamiento	54
3.2.5.2	Cargas y momentos máximos en la base	55
3.2.5.3	Chequeo a cortante en la base. Muro $h=4m$	55
3.2.5.5	Solicitaciones máximas de corte y momento para la pantalla.	56
3.2.5.6	Solicitaciones máximas, corte resistente y acero de refuerzo en la pantalla:.....	57
3.2.5.7	Comparación y chequeo de los muros tipo de la cartilla de DEVINAR con los muros calculados.	57
3.2.6	Revisión del muro ($h=5$ metros).	57
3.2.6.1	Comparación y chequeo de los muros tipo de la cartilla de DEVINAR con los muros calculados.	58
3.2.7	Revisión del muro ($h=6$ metros):	58
3.2.7.1	Chequeo de la estabilidad al deslizamiento, al volcamiento y presiones de contacto.....	58
3.2.7.2	Cargas y momentos máximos en la base:	59
3.2.7.3	Chequeo a cortante en la base:	59
3.2.7.4	Diseño a Flexión de la base:	60
3.2.7.5	Solicitaciones máximas de corte y momento para la pantalla:	60
3.2.8	Revisión del muro ($h=7$ metros):	62
3.2.8.1	Chequeo de la estabilidad al deslizamiento y presiones de contacto	62
3.2.8.2	Cargas y momentos máximos en la base:	62
3.2.8.3	Chequeo a cortante en la base:	63
3.2.8.4	Diseño a Flexión de la base:	63
3.2.8.5	Solicitaciones máximas de corte y momento para la pantalla:	64
3.2.8.6	Solicitaciones máximas, corte resistente y acero de refuerzo en la pantalla:.....	64
3.2.8.7	Comparación y chequeo de los muros tipo de la cartilla de DEVINAR con los muros calculados..	65
4.	REVISIÓN Y COMPARACIÓN DEL PLAN DE INSPECCIÓN Y ENSAYOS DE DEVINAR, PARA EL MEJORAMIENTO DE	

	SUBRASANTE Y LOS MATERIALES GANULARES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL TRAYECTO 6-1 CON LAS ESPECIFICACIONES DEL INVIAS.....	67
4.1	SEGUIMIENTO: MES DE JUNIO.....	67
4.1.1	Terraplenes.	67
4.1.2	Material para mejoramiento.	68
4.1.3	Subbase granular.	68
4.1.4	Base granular.	68
5.	SEGUIMIENTO AL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL TRAMO 6-1	74
5.1	DESCRIPCIÓN Y EJECUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES.....	74
5.1.1	Corte.	74
5.1.2	Mejoramiento de subrasante.	74
5.1.3	Terraplén.	75
5.1.4	Subbase granular.	75
5.1.5	Base granular.....	75
5.2	SEGUIMIENTO AL PROCESO CONSTRUCTIVO: JUNIO.....	75
5.2.1	Corte:	75
5.2.2	Mejoramiento de subrasante.....	76
5.2.3	Terraplén.....	76
5.2.4	Subbase granular.....	77
5.2.5	Base granular.....	77
5.2.6	Observaciones en obra:	78
5.3	SEGUIMIENTO AL PROCESO CONSTRUCTIVO: JULIO	79
5.3.1	Corte	79
5.3.2	Mejoramiento de subrasante:.....	80
5.3.3	Subbase granular.....	80
5.3.4	Base granular.....	81
5.3.5	Observaciones en obra:	81
5.3.6	Cuantificación de cantidades de obra de explanación y material granular compactado en el Trayecto 6-1.	82

5.3.7	Corte	83
5.3.8	Mejoramiento de subrasante:.....	83
5.3.9	Subbase granular:.....	84
5.3.10	Base granular:.....	84
5.3.11	Observaciones en obra:	85
5.3.12	Cuantificación de cantidades de obra de explanación y material granular compactado en el Trayecto 6-1:.....	86
5.4	SEGUIMIENTO AL PROCESO CONSTRUCTIVO: SEPTIEMBRE.	87
5.4.1	Mejoramiento de subrasante:.....	87
5.4.2	Subbase granular:.....	87
5.4.3	Base granular:.....	88
5.4.4	Acceso vehicular:	88
5.4.5	Observaciones en obra:	88
5.4.6	Cuantificación de cantidades de obra de explanación y material granular compactado en el Trayecto 6-1.....	89
5.5	SEGUIMIENTO AL PROCESO CONSTRUCTIVO: NOVIEMBRE.....	90
5.5.1	Corte	90
5.5.2	Mejoramiento de subrasante:.....	90
5.5.3	Acceso vehicular.	90
5.5.4	Observaciones en obra	90
5.5.5	Cuantificación de cantidades de obra de explanación y material granular compactado en el Trayecto 6-1.....	91
5.6	SEGUIMIENTO AL PROCESO CONSTRUCTIVO: DICIEMBRE	91
5.6.1	Corte	91
5.6.2	Mejoramiento de subrasante:.....	92
5.6.3	Observaciones en Obra:	92
5.6.4	Cuantificación de cantidades de obra de explanación y material granular compactado en el Trayecto 6-1.....	93
6.	CONCLUSIONES.....	95
7.	RECOMENDACIONES	96

BIBLIOGRAFIA.....	99
ANEXOS	100

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización General del Proyecto.....	26
Figura 2. Esquema Rumichaca – Pasto – Chachagüí – Aeropuerto.....	28
Figura 3. Dimensiones generales y áreas de un muro de contención típico.	47
Figura 5. Conformación de calzada y perfilado de taludes. Cargue y transporte de material hacia el terraplén PR 0+690 a PR 0+790.	75
Figura 6. Explanaciones para mejoramiento.....	76
Figura 7. Extensión de geotextil, rajón y material de recebo.....	76
Figura 8. Conformación de Terraplén.	77
Figura 9. Extensión, nivelación, compactación y conformación de la Subbase Granular.	77
Figura 10. Extensión y compactación de la capa de Base Granular	78
Figura 11. Céreo y compactación de la capa de Base Granular.....	78
Figura 12. Corte, perfilado de taludes y trasporte de materiales hacia SDM.	80
Figura 13. Extensión de geotextil, rajón y material de recebo.....	80
Figura 14. Extensión, nivelación y compactación de la Subbase Granular.....	81
Figura 15. Extensión, nivelación y compactación de la Base Granular.....	81
Figura 16. Corte, perfilado de taludes y transporte de material.	83
Figura 17. Extensión y compactación de material de Mejoramiento con geotextil, rajón y material seleccionado.	84
Figura 19. Extensión, compactación de la Base Granular.	85
Figura 20. Adecuación de acceso. Extensión de material seleccionado.....	85
Figura 21. Conformación de capa Subrasante lista para extensión de Subbase. Extensión de material de recebo y rajón para mejoramiento de Subrasante.	87
Figura 22. Conformación de capa Subbase granular lista para extensión de Base.	87

Figura 23. Conformación de capa Base granular lista para extensión de carpeta asfáltica.....	88
Figura 24. Construcción de acceso Vehicular.....	88
Figura 25. Extensión de Geotextil, extensión de rajón y material de recebo (100% Cantera La Cruz) y compactación del material.....	90
Figura 26. Corte: Perfilado de taludes y desalojo de material. Explanación.	92
Figura 27. Mejoramiento: Extensión de material de rajón y material de recebo y compactación del material.	92

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Tipos de terreno de acuerdo a su pendiente	30
Tabla 2. Distancias de visibilidad. Acceso Dávila	31
Tabla 3. Asignación de la Velocidades Específicas. Acceso Dávila	32
Tabla 4. Valores de longitud de transición y aplanamiento. Acceso Dávila	33
Tabla 5. Valores de entretangencia, máxima, mínima, adoptada y su cumplimiento. Acceso Dávila.	34
Tabla 6. Verificación del cumplimiento de las pendientes. Acceso Dávila	35
Tabla 7. Elementos geométricos de las curvas circulares para el Acceso Dávila.....	36
Tabla 8. Longitudes de la Tangente Vertical. Acceso Dávila	37
Tabla 9. Longitudes de la Curvas Verticales. Acceso Dávila	39
Tabla 10. Cartera de localización para el Acceso Dávila	40
Tabla 11. Ancho para la Calzada de cada Acceso.	42
Tabla 12. Presupuesto estimado de obra para el Acceso Dávila.....	43
Tabla 13. Datos básicos del suelo de fundación.....	46
Tabla 14. Datos básicos del suelo de relleno.	46
Tabla 15. Datos básicos del muro de contención.	46
Tabla 16. Chequeo a deslizamiento. Muro $h=2m$	48
Tabla 17. Chequeo a Volcamiento. Muro $h=2m$	48
Tabla 18. Chequeo de las presiones de contacto. Muro $h=2m$	48
Tabla 19. Resumen de cargas y momentos máximos en la base. Muro $h=2m$..	49
Tabla 20. Diseño de la base por fuerza cortante. Muro $h=2m$	49
Tabla 21. Diseño a flexión de la punta. Muro $h=2m$	49
Tabla 22. Diseño a flexión en el Talón. Muro $h=2m$	50
Tabla 23. Solicitaciones últimas de corte y momento. Muro $h=2m$	50

Tabla 24.	Solicitaciones máximas, corte resistente y acero de refuerzo. Muro h=2m.....	51
Tabla 25.	Comparación del acero suministrado por la cartilla y el acero calculado para un muro de h=2m.....	51
Tabla 26.	Chequeo a deslizamiento. Muro h=3m.	52
Tabla 27.	Chequeo a Volcamiento. Muro h=3m.	52
Tabla 28.	Chequeo de las presiones de contacto. Muro h=3m.....	52
Tabla 29.	Resumen de cargas y momentos máximos en la base. Muro h=3m..	52
Tabla 30.	Diseño de la base por fuerza cortante. Muro h=3m.	52
Tabla 31.	Diseño a flexión de la punta. Muro h=3m.....	53
Tabla 32.	Diseño a flexión en el Talón. Muro h=3m.....	53
Tabla 33.	Solicitaciones últimas de corte y momento. Muro h=3m.....	53
Tabla 34.	Solicitaciones máximas, corte resistente y acero de refuerzo. Muro h=3m.....	54
Tabla 35.	Comparación del acero suministrado por la cartilla y el acero calculado para un muro de h=3m.....	54
Tabla 36.	Chequeo a deslizamiento. Muro h=4m.	54
Tabla 37.	Chequeo a Volcamiento. Muro h=4m.	55
Tabla 38.	Chequeo de las presiones de contacto. Muro h=4m.....	55
Tabla 39.	Resumen de cargas y momentos máximos en la base. Muro h=4m..	55
Tabla 40.	Diseño de la base por fuerza cortante. Muro h=4m.	55
Tabla 41.	Diseño a flexión de la punta. Muro h=4m.....	56
Tabla 42.	Diseño a flexión en el Talón. Muro h=4m.....	56
Tabla 43.	Solicitaciones últimas de corte y momento. Muro h=4m.....	56
Tabla 44.	Solicitaciones máximas, corte resistente y acero de refuerzo. Muro h=4m.	57
Tabla 45.	Comparación del acero suministrado por la cartilla y el acero calculado para un muro de h=4m.....	57
Tabla 46.	Comparación del acero suministrado por la cartilla y el acero calculado para un muro de h=5m.....	58

Tabla 47.	Chequeo a deslizamiento. Muro $h=6m$.	58
Tabla 48.	Chequeo a Volcamiento. Muro $h=6m$.	58
Tabla 49.	Chequeo de las presiones de contacto. Muro $h=6m$.	59
Tabla 50.	Resumen de cargas y momentos máximos en la base. Muro $h=6m$.	59
Tabla 51.	Diseño de la base por fuerza cortante. Muro $h=6m$.	59
Tabla 52.	Diseño a flexión de la punta. Muro $h=6m$.	60
Tabla 53.	Diseño a flexión en el Talón. Muro $h=6m$.	60
Tabla 54.	Solicitaciones últimas de corte y momento. Muro $h=6m$.	60
Tabla 55.	Solicitaciones máximas, corte resistente y acero de refuerzo. Muro $h=6m$.	61
Tabla 56.	Comparación del acero suministrado por la cartilla y el acero calculado para un muro de $h=6m$.	61
Tabla 57.	Chequeo a deslizamiento. Muro $h=7m$.	62
Tabla 58.	Chequeo a Volcamiento. Muro $h=7m$.	62
Tabla 59.	Chequeo de las presiones de contacto. Muro $h=7m$.	62
Tabla 60.	Resumen de cargas y momentos máximos en la base. Muro $h=7m$.	62
Tabla 61.	Diseño de la base por fuerza cortante. Muro $h=7m$.	63
Tabla 62.	Diseño a flexión de la punta. Muro $h=7m$.	63
Tabla 63.	Diseño a flexión en el Talón. Muro $h=7m$.	63
Tabla 64.	Solicitaciones últimas de corte y momento. Muro $h=7m$.	64
Tabla 65.	Solicitaciones máximas, corte resistente y acero de refuerzo. Muro $h=7m$.	64
Tabla 66.	Comparación del acero suministrado por la cartilla y el acero calculado para un muro de $h=7m$.	65
Tabla 67.	Seguimiento a los registros de ensayos de laboratorio entregados por el contratista: Terraplenes.	69
Tabla 68.	Seguimiento a los registros de ensayos de laboratorio entregados por el contratista: Terraplenes (Continuación).	70
Tabla 69.	Seguimiento a registros de ensayos de laboratorio entregados por el contratista: Material para mejoramiento.	71

Tabla 70.	Seguimiento a registros de ensayos de laboratorio entregados por el contratista: Subbase Granular.....	72
Tabla 71.	Seguimiento a registros de ensayos de laboratorio entregados por el contratista: Base Granular.....	73
Tabla 72.	Cantidades de material de explanación y material granular. Mes de Julio.....	83
Tabla 73.	Cantidades de material de explanación y material granular. Mes de Agosto.....	86
Tabla 74.	Cantidades de material de explanación y material granular. Mes de Septiembre.....	89
Tabla 75.	Cantidades de material de explanación y material granular. Mes de Noviembre.....	91
Tabla 76.	Cantidades de material de explanación y material granular. Mes de Noviembre.....	93

LISTA DE ANEXOS

Pág.

ANEXO 1.	ELEMENTOS Y ESPECIFICACIONES DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA CARRETERAS INVIAS 1998.....	101
ANEXO 2.	DISEÑOS GEOMÉTRICOS Y PRESUPUESTOS PARA LA REPOSICIÓN DE LOS ACCESOS AFECTADOS POR LA EXPLANACIÓN DE LOS TRAYECTOS 5 Y 6-1.....	114
ANEXO 3.	PLANOS PLANTA PERFIL Y SECCIONES TRANSVERSALES DE LOS ACCESOS AFECTADOS POR LA EXPLANACIÓN DEL TRAYECTO 6-1.	173
ANEXO 4.	REVISIÓN DETALLADA DE LOS DISEÑOS ESTRUCTURALES DE LOS MUROS DE CONTENCIÓN EN CONCRETO REFORZADO PARA EL TRAYECTO 6-1.....	174
ANEXO 5.	LOCALIZACIÓN DE LAS OBRAS DE ESTABILIZACIÓN Y CONTENCIÓN DE LOS TRAMOS 5 Y 6-1.....	214
ANEXO 6.	CARTILLA DE MUROS TIPO DESARROLADA POR DEVINAR ..	215
ANEXO 7.	ENSAYO DE CORTE DIRECTO	217
ANEXO 8.	REVISION Y COMPARACIÓN DEL PLAN DE INSPECCIÓN Y ENSAYOS DE DEVINAR, PARA EL MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE Y LOS MATERIALES GRANULARES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL TRAYECTO 6-1 CON LAS ESPECIFICACIONES DEL INVIAS.	219
ANEXO 9.	OBSERVACIONES POR PARTE DE LA INTERVENTORIA.....	239

RESUMEN

Es indispensable para el estudiante de Ingeniería Civil, que realice su transición hacia la vida profesional con una práctica profesional. Actualmente, el país está en el auge vial de las Concesiones Viales, auge que ha traído al departamento de Nariño vías ajustadas a las especificaciones actuales para mejorar tiempos de viaje y comodidad para cualquier tipo de automotor, traducéndose esto, en desarrollo. Es esta transición la que permite al estudiante, autoanalizarse para encontrar su perfil profesional, como diseñador, residente o administrador. Además se promueven las relaciones humanas en una empresa, las que hay que llevar con mucho tacto. El presente informe, consta de Diseños Geométricos que no son complejos y de corta longitud, localización de muros de contención en concreto, así como su revisión. También consta de una revisión al Plan de Inspección y Ensayos, y el seguimiento al proceso constructivo de uno de los trayectos de la Concesión.

ABSTRACT

It is indispensable for the student of Civil Engineering, you make the transition to professional life with professional practice. Currently, the country is on the road Road Concessions boom, boom that has brought the department of Nariño way tailored to the current specifications to improve travel times and comfort for any type of auto, resulting this in development. Is this even transition which allows the student self-analysis to find your professional profile as a designer, or resident manager. Besides human relationships are promoted in a company, you have to take tactfully. This report consists of Geometric Designs that are not complex and short length, location of concrete retaining walls, and review. It also consists of a revision to Inspection and Test Plan, and monitor the construction process of one of the paths of the Concession.

INTRODUCCIÓN

Las vías de comunicación, han sido parte del hombre desde el comienzo de la humanidad. Han evolucionado desde un simple sendero, hasta las Autobahn. Grandes civilizaciones articularon sus imperios gracias a la construcción y mantenimiento de centenares de kilómetros de caminos. Con la producción masiva del automóvil hacia finales del siglo XIX, el hombre se ve en la necesidad de crear el Diseño Geométrico de Carreteras y materias afines, para que circulen estos sin problema. Gran parte de la Concesión vial DEVINAR, trabaja sobre una vía construida hacia principios del siglo pasado, a la cual se le realizaron algunas modificaciones; así mismo, otra gran parte de la Concesión, tiene un trazado nuevo, apegándose el Diseño Geométrico, a las especificaciones del Manual de INVIAS de 1998.

En una obra vial difícilmente se ejecuta con exactitud los diseños desarrollados en un estudio técnico por diferentes eventualidades, DEVINAR S.A desde el Área Técnica da solución a estos usuales y cotidianos inconvenientes. Al ejecutar estos diseños ajustados es muy probable que se desarrollen imprevistos técnicos que también deben ser atendidos por esta Área.

DEVINAR S.A. cuenta con un área técnica para el desarrollo de sus actividades pendientes. Es aquí, dónde esta institución brinda la oportunidad a un pasante de la Universidad de Nariño, de la Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil, para desarrollar funciones como Auxiliar de Ingeniería.

En el ámbito vial, esta empresa no tiene precedentes en el Departamento de Nariño, ofreciendo la oportunidad para el futuro Ingeniero Civil de la región, realice su práctica encaminándose así, a una de las ramas de la Ingeniería Civil como son la Geotecnia, Diseño Geométrico de Vías y Pavimentos.

El presente trabajo, de Pasantía Institucional, es una oportunidad para que confluyan dichos actores en búsqueda de los intereses locales de la comunidad, como es el tener vías cómodas y rápidas.

Así mismo, la realización de este trabajo de grado modalidad Pasantía Institucional se justifica puesto que permitirá adquirir experiencia. Poniendo en práctica los conocimientos adquiridos durante la carrera en las áreas afines a las vías, como también participar en la solución de los múltiples problemas que se pueden presentar en una obra civil.

TITULO DEL PROYECTO

Apoyo Técnico como Auxiliar de Ingeniería en el Área Técnica de la Empresa Desarrollo Vial de Nariño –DEVINAR S.A.

MODALIDAD DE PASANTÍA

El Trabajo de Grado para aspirar al título profesional, se desarrolla en la modalidad de PASANTÍA INSTITUCIONAL, durante un período de 6 meses, como lo reglamenta la UNIVERSIDAD DE NARIÑO.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En una obra vial difícilmente se ejecuta con exactitud los diseños desarrollados en un estudio técnico por diferentes eventualidades, DEVINAR S.A desde el Área Técnica da solución a estos usuales y cotidianos inconvenientes. Al ejecutar estos diseños ajustados es muy probable que se desarrollen imprevistos técnicos que también deben ser atendidos por esta Área.

DESCRIPCION DEL PROBLEMA

DEVINAR S.A. cuenta con un área técnica para el desarrollo de sus actividades pendientes. Es aquí, dónde esta institución brinda la oportunidad a un pasante de la Universidad de Nariño, de la Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil, para desarrollar funciones como Auxiliar de Ingeniería.

En el ámbito vial, esta empresa no tiene precedentes en el Departamento de Nariño, ofreciendo la oportunidad para el futuro Ingeniero Civil de la región, realice su práctica encaminándose así, a una de las ramas de la Ingeniería Civil como son la Geotecnia, Diseño Geométrico de Vías y Pavimentos.

El Área Técnica, solicita un apoyo en actividades que un estudiante de Ingeniería Civil, que haya terminado materias, pueda desarrollar, como son: Diseños Geométricos de Accesos, Presupuestos de los mismos, Localización de obras de contención, Localización de obras de estabilización, Revisión de los diseños estructurales de los muros reforzados de contención, Cálculo de cantidades de Explanación, Elaboración de planos record, entre otros.

JUSTIFICACIÓN

El profesionalismo del Ingeniero Civil, debe dirigirse al mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad, para llegar a este resultado, se debe trabajar con entidades que buscan dicho resultado. El presente trabajo, de Pasantía Institucional, es una oportunidad para que confluyan dichos actores en búsqueda

de los intereses locales de la comunidad, como es el tener vías cómodas y rápidas.

Así mismo, la realización de este trabajo de grado modalidad Pasantía Institucional se justifica puesto que permitirá adquirir experiencia. Poniendo en práctica los conocimientos adquiridos durante la carrera en las áreas afines a las vías, como también participar en la solución de los múltiples problemas que se pueden presentar en una obra civil.

DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

Los Diseños Geométricos de los accesos, se realizarán con las especificaciones del Manual del INVIAS de 1998. Se ejecutarán planos de Planta-Perfil y Secciones Transversales. Como es usual trabajar con estación total, las carteras pertinentes, corresponden a coordenadas y elevaciones. Los presupuestos de dichos Diseños se realizarán con los precios unitarios preestablecidos por DEVINAR S.A. para el presente año.

DEVINAR S.A. cuenta con diseños de Muros de Contención Tipo, con una altura mínima de 2m hasta una altura máxima de 7m, con su refuerzo y geometría respectiva. Son estos muros, los que se localizarán, según los planos de diseño en el Trayecto 6-1.

Con los mismos muros tipo, se realizará la geometría respectiva para las estabilizaciones requeridas, para cualquier deslizamiento en cualquier Trayecto.

Se realizará los diseños de los muros tipos, con los datos del estudio de suelos del Trayecto 6-1, existentes en el Plan de Inspección y Ensayos. Los diseños a elaborar corresponden a muros tipo con alturas de 2, 3, 4, 5, 6 y 7 metros. Se tendrá en cuenta la Norma Colombia Sismo-Resistente 1998.

Para las actividades de seguimiento en el proceso constructivo se realizará mensualmente la cuantificación de cantidades de obra de explanación y material granular compactado de la estructura del pavimento en Trayecto 6-1, no se tendrá en cuenta la maquinaria, ni manejo de personal.

OBJETIVOS

Objetivo general

Apoyar al Área Técnica de DEVINAR S.A., actualmente dirigida por el Ingeniero Gerardo Cruz, con los conocimientos adquiridos durante la carrera de Ingeniería Civil.

Objetivos específicos:

- Elaborar los Diseños Geométricos y Presupuestos, para la reposición de los accesos afectados por la explanación de los Trayectos 5 y 6-1.
- Localizar estructuras de contención para el Trayecto 6-1.
- Localizar estructuras de estabilización para el Trayecto 5 y Trayecto 6-1.
- Revisar los diseños estructurales de los muros de contención en concreto reforzado tipo, para el Trayecto 6-1.
- Revisar y comparar el Plan de Inspección y Ensayos de DEVINAR, para el mejoramiento de subrasante y los materiales granulares utilizados en la construcción del Trayecto 6-1, con las especificaciones del INVIAS 2002.
- Realizar actividades de seguimiento en el proceso constructivo del Trayecto 6-1
- Laborar como Auxiliar de Ingeniería realizando: cantidades de obra, presupuestos, registro fotográfico, elaboración de planos record, para todos los trayectos que tiene a cargo DEVINAR.

METODOLOGIA

Para realizar los Diseños Geométricos, orientados a la reposición de accesos, se procederá de la siguiente manera: visitar el sector junto con la comisión de topografía, e indicarle el área en la que se tomarán los puntos topográficos. Con la nube de puntos entregada por la comisión de los sectores en cuestión, se realiza el diseño geométrico con ayuda de software especializado, ajustado al Manual de INVIAS de 1998. Una vez realizado el diseño preliminar, se entregará la cartera de localización del eje a la comisión para materializar el abscisado cada 10 metros. Una vez se tenga el eje localizado, se realiza una visita a campo, con el fin de solucionar cualquier contratiempo. Hecho esto, se regresa a oficina a realizar el diseño definitivo. Como datos de salida se entregarán, planos de Planta y Perfil, y Secciones Transversales, carteras para ejecución, en las que se encuentra solo coordenadas y elevaciones (cotas) y recomendaciones.

Con los diseños definitivos de los accesos, se procede a calcular cantidades de obra y su posterior presupuesto.

Para la localización y predimensionamiento de Obras de Contención, de acuerdo al Diseño Geométrico Definitivo y después de la explanación, la comisión de topografía levanta el sitio en cuestión. Con la nube de puntos, se procede en oficina al dimensionamiento de las estructuras de acuerdo a la cartilla desarrollada

por DEVINAR, en la que se entra con la altura del muro que se necesite, a continuación se incluye el refuerzo, en el caso de muros reforzados, y dimensiones de bloques de gavión, para este tipo de muros de gravedad. Se entrega planos de Planta y Perfil con la localización de muros y el tipo de refuerzo y la geometría para los gaviones.

Después de realizada la explanación de los trayectos 5 y 6-1, siguen ocurriendo deslizamientos en los taludes, que en su mayoría necesitan ser estabilizados con obras de contención. Una vez identificado el deslizamiento, se indica a la comisión topográfica el área para tomar la nube de puntos. En oficina se realiza el dimensionamiento de estos muros, con orientación del Ingeniero Gerardo Cruz. Se realizan planos de Planta y Perfil para su localización, y se indican la inclinación de los taludes proyectados y el acero de refuerzo para los muros.

DEVINAR posee diseños tipo, de muros de contención de 2m hasta 7m de altura, aumentado cada 0.50m, para Concreto Reforzado. Se propone revisar estos muros tipo, con las especificaciones del Trayecto 6-1. Para la revisión se utilizarán los mismos materiales de los muros tipo. Se evaluará la cantidad de acero y concreto por metro lineal.

Para el mejoramiento de Sub Rasante, se revisarán los ensayos de Granulometría, Contenido de materia orgánica, Límite Líquido, Índice de Plasticidad y Proctor Modificado. También se revisará las densidades y se realizará un cuadro comparativo con las especificaciones del INVIAS 2002.

Para la Sub Base Granular, se revisarán los ensayos de: Desgaste en la máquina de los Ángeles, C.B.R, Índice de Plasticidad, Equivalente de arena y Proctor modificado. También se revisará las densidades y se realizará un cuadro comparativo con las especificaciones del INVIAS 2002.

Para la Base Granular, se revisarán los ensayos de: Desgaste en la máquina de los Ángeles, C.B.R., Índice de Plasticidad, Equivalente de arena y Proctor Modificado. También se revisará las densidades y se realizará un cuadro comparativo con las especificaciones del INVIAS 2002.

Las actividades de seguimiento para el Trayecto 6-1, incluyen: llevar un registro diario de las actividades y sucesos relacionados con el desarrollo de la obra, así como las observaciones que realice la Interventoría. También se llevará un registro fotográfico de las actividades.

Como pasante y auxiliar de ingeniería, se estará presto a desarrollar cualquier actividad relacionada a este cargo, con la orientación del Equipo Técnico de DEVINAR S.A.

1. CARACTERÍSTICAS GNERALES DEL PROYECTO

1.1 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto Vial “Rumichaca – Pasto – Chachagüí – Aeropuerto” forma parte de la Red Troncal de Occidente pavimentada conectada con vías fronterizas, se localiza al sur oriente del departamento de Nariño, partiendo de la frontera con el Ecuador en el sitio conocido como Rumichaca, continuando por los municipios de Ipiales, Pasto, Chachagüí y culminando en el acceso al Aeropuerto “Antonio Nariño” de Pasto; la vía atraviesa los municipios de Ipiales, Iles, Imués, Yacuanquer, Tangua, Pasto y Chachagüí. (Figura 1).

El proyecto tiene una longitud de 115.5 Km, e inicia en Rumichaca en el PR0+015 de la vía Panamericana a lo largo de la ruta 2501 Rumichaca - Pasto y 2502 Pasto – Cano - Mojaras.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La vía actual objeto del proyecto de rehabilitación tiene una longitud de 115.5 kilómetros aproximadamente, y en un alto porcentaje discurre por terrenos montañosos y escarpados. La vía presenta dos tramos marcadamente definidos, los cuales se describen de manera general a continuación. (Figura 2).

- Tramo Rumichaca – Ipiales – Pasto: Comprende desde la frontera con Ecuador en el sitio conocido como Puente Rumichaca, (PR0+015) atraviesa el casco urbano de Ipiales (2.9 Km. Aproximados) y va hasta el sur de la Ciudad de Pasto; PR83+000 de la ruta 25.01, localizada en el sitio conocido como Chapal. Este tramo presenta una longitud total de 89.43 km, incluyendo la Variante Ipiales; de los cuales 88 km son de rehabilitación.
- Tramo Pasto – Chachagüí – Aeropuerto: Este tramo inicia en el PR5+000 de la ruta 25.02 en el puente de Chapultepec al norte de Pasto (No incluye el paso Nacional por Pasto 5 Km. aproximados) y continúa hasta conectar con el municipio de Chachagüí (incluye paso Nacional por Chachagüí 5Km. Aproximados) y el acceso al Aeropuerto (Antonio Nariño PR32+500) que sirve a la capital de Nariño. La longitud total de este tramo es de 27.5 km.
- Construcción de la variante Oriental de Pasto: Este tramo comprende una longitud 21.2 Km. (ver figura 1)

Figura 1. Localización General del Proyecto.

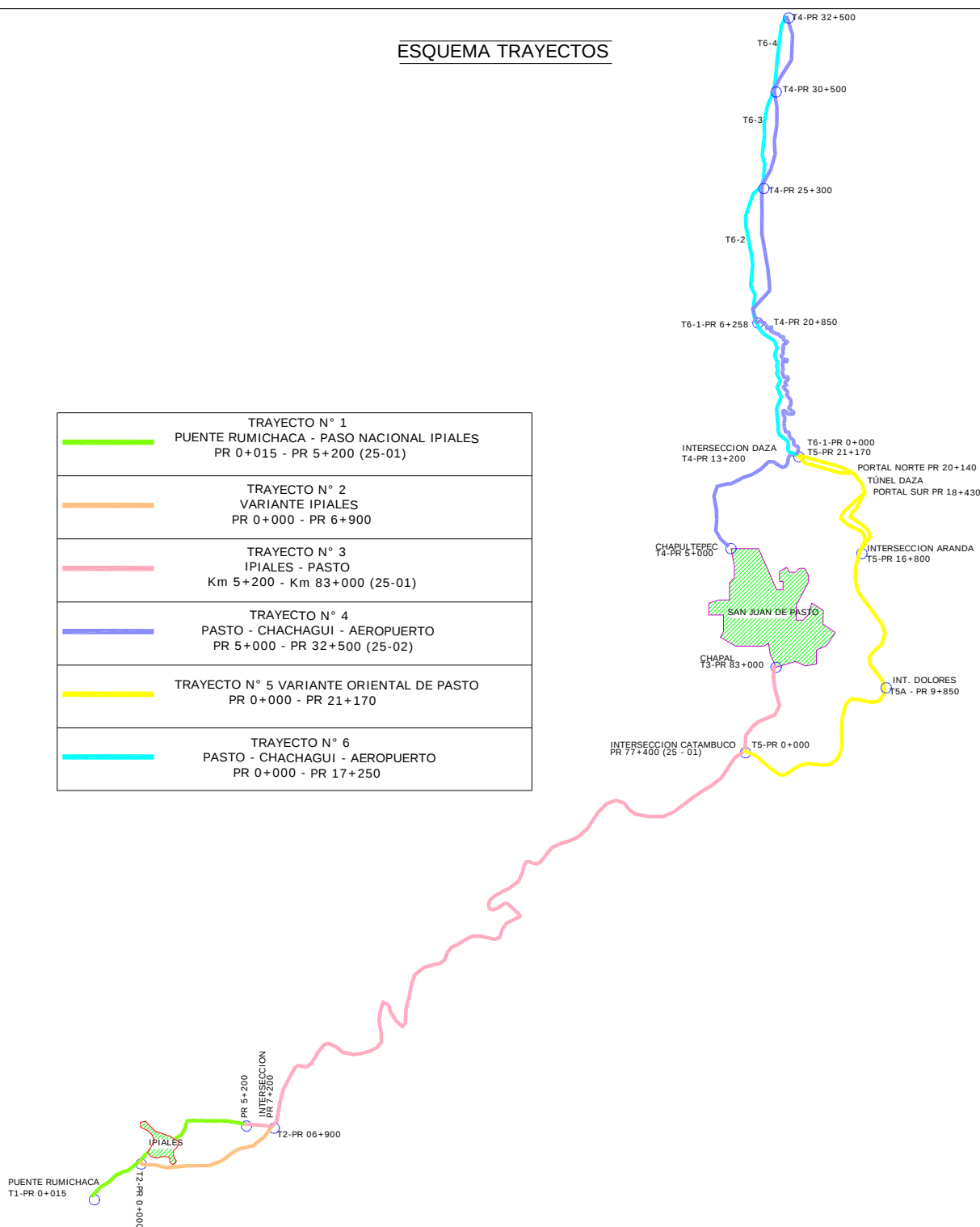


El Proyecto se encuentra dividido en seis trayectos a saber:

- a) **Trayecto 1:** Sector comprendido entre el puente internacional de Rumichaca donde se localiza el PR 0+015 de la vía Panamericana, hasta el PR 5+200 (Ruta 25.01) a la salida de Ipiales por el costado norte, incluyendo el paso Nacional por Ipiales.

- b) **Trayecto 2:** Variante de Ipiales. Sector comprendido por la Variante de Ipiales que parte del PR 0+560 de la vía Rumichaca– Ipiales– Pasto y termina a la altura del PR 7+000 de la misma vía. Esta vía perimetral tiene una longitud aproximada de 6.03 km.
- c) **Trayecto 3:** Sector comprendido entre Ipiales y Pasto, el cual se inicia en el PR 5+200 a la salida norte de la ciudad de Ipiales hasta el PR 83+000 en la entrada sur de Pasto, para un total de 77.8 Km. aproximados.
- d) **Trayecto 4:** Sector comprendido por la vía existente entre Pasto – Chachagüí – Aeropuerto, entre el PR5+000 (Ruta 25.02) en la salida actual de Pasto hacia Chachagüí, en el puente de Chapultepec, hasta el PR 32+500 (Ruta 25.02) a la entrada al Aeropuerto, con una longitud aproximada de 27.5 Km.
- e) **Trayecto 5:** Construcción de la variante Oriental de Pasto Este tramo comprende 21.2 Km de longitud Aproximadamente incluyendo el Túnel de Daza y sus accesos.
- f) **Trayecto 6:** Construcción de la segunda calzada entre el punto de intersección con la Variante oriental (Alto de Daza) y el acceso al Aeropuerto Antonio Nariño. (ver figura 2)

Figura 2. Esquema Rumichaca – Pasto – Chachagüí – Aeropuerto.



2. DISEÑOS GEOMÉTRICOS PARA LA REPOSICIÓN DE LOS ACCESOS AFECTADOS POR LA EXPLANACIÓN DE LOS TRAYECTOS 5 Y 6-1.

Dentro de la Gestión Ambiental de DEVINAR S.A., se realizó y se siguen realizando actividades encaminadas al mejoramiento paisajístico, con el objetivo de armonizar las obras de infraestructura con el medio a lo largo del corredor vial. Entre estas actividades están:

- Ornamentación de puentes peatonales.
- Protección de cauces en derecho de vía.
- Empradización de taludes.
- Sitios de depósitos de material.
- Conformaciones.
- Terraplenes.
- Adecuaciones de accesos a predios y sitios de depósito.
- Conformaciones de bordillo.
- Canalizaciones de cuerpos de agua y demás actividades en mejora del ambiente de nuestra ciudad.

Dentro de este capítulo se hace énfasis en la Adecuación de Accesos a Predios afectados por la explanación de este proyecto vial, puesto que son de vital importancia para la comunidad y para la región nariñense, ya que son puntos de producción agrícola y ganadera indispensables para el desarrollo socioeconómico de la región.

En este proyecto se buscó dar el máximo grado de satisfacción, dándole a esa comunidad, una vía de acceso a sus parcelas o sus fincas que cumpla todos o la mayoría de los aspectos geométricos y funcionales establecidos por el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del Instituto Nacional de Vías de 1998. Se toma este manual ya que el contrato fue suscrito en el año 2006.

Después de definir el trazado definitivo de una carretera, algunos accesos a predios se ven afectados. Es obligación de DEVINAR reponer dichos accesos con especificaciones mejores o iguales a las existentes. En lo posible se siguen las especificaciones del Manual de INVIAS 1998. Los Accesos de la Familia Luna, corresponden a una compensación, por facilitar un Sitio de Depósito de Material (SDM).

2.1 ACCESO DÁVILA

2.1.1 Especificaciones preliminares de diseño

2.1.1.1 Definición del tipo de terreno. El tipo de terreno para la construcción de los accesos, viene dado por las pendientes predominantes en el Tramo. Así de acuerdo a la Tabla 1, el tipo de terreno es escarpado.

Tabla 1. Tipos de terreno de acuerdo a su pendiente

Tipo de Terreno	Plano	Ondulado	Montañoso	Escarpado
Pendiente Transversal	Menores de 5°	6°-13°	13°-40°	Mayores a 40°
Pendiente Longitudinal	Menores de 3°	3%-6%	6%-8%	Mayores al 8%

Clasificación funcional de la vía a diseñar. Consiste en determinar la categoría de la carretera según su necesidad operacional o de los intereses de la nación en sus diferentes niveles.

Definiéndose esta carretera como **terciaria**, aunque no cumple la función de unir cabeceras municipales con sus veredas, ni unión de veredas entre sí.

2.1.2 Controles para el diseño geométrico:

2.1.2.1 Velocidad de diseño. La asignación de la Velocidad de diseño de Tramos homogéneos (V_d) se definió en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno. Para este proyecto se determinó anteriormente como *terciaria* y *escarpado* respectivamente.

A un tramo homogéneo se le puede asignar una velocidad de diseño (V_d) en el rango que se indica en la Tabla velocidades de diseño según tipo de carretera y terreno, del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras¹ (Ver Anexo 1).

Por lo tanto el V_d asignado corresponde al valor 30 Km/h.

¹ INVIAS, Manual de Diseño Geométrico para Carreteras 1998, página 35

2.1.2.2 Distancias de visibilidad:

Distancia de visibilidad de parada (D_p):

La distancia de visibilidad de parada se calculará mediante la siguiente expresión:

$$D_p = 0.556V_d + \frac{V_d^2}{254(f_l \pm p)}$$

Dónde:

- D_p : Distancia de visibilidad de parada, en metros.
- V_d : Velocidad de diseño, (Km/h).
- f_l : Coeficiente de fricción longitudinal llanta-pavimento.
- p : Pendiente de la rasante (tanto por uno), + ascenso, - descenso.

En la Tabla coeficientes de fricción longitudinal para pavimentos húmedos, del Manual de Diseño Geométrico para Carreteras² (Ver Anexo 1).

En la Tabla 2, se resumen los valores calculados de las distancias de visibilidad.

Tabla 2. Distancias de visibilidad. Acceso Dávila

ACCESO DÁVILA			
Velocidad de diseño (Km/h) =			30
Coeficiente de fricción longitudinal llanta-pavimento =			0,44
PIV	Pendiente [%]		Distancia de visibilidad de parada [m]
	Entrada	Salida	
1	9.32	1.64	26.90
2	1.64	-9.02	26.90

² Ibíd.

2.1.3 Diseño en planta del eje de la carretera:

2.1.3.1 Velocidades específicas y radio mínimo ($R_{C\min}$). De acuerdo a la Tabla radios mínimos absolutos, del Manual de INVIAS 1998, basado en la ecuación de equilibrio $R_{C\min}$, para cada curva del alineamiento, corresponde una Velocidad Específica. Para radios que no se encuentran en la tabla, estos son interpolados. Estos parámetros y la asignación de la velocidad se muestran en la Tabla 3.

$$R_{C\min} = \frac{(V_e)^2}{127*(e_{\max} + f_{T\max})} \quad (.1)$$

2.1.3.2 Peraltes máximos ($e_{\max}$). Para curvas con radio comprendido entre 30 metros y 170 metros, el peralte debe ser del 8% con variación de Velocidad Específica entre 30 y 70 km/h respectivamente.

Tabla 3. Asignación de la Velocidades Específicas. Acceso Dávila

Asignación de velocidades (Vd=30Km/h) – ACCESO DÁVILA		
PI	Radio de la Curva [m]	Velocidad Específica Ve [Km/h]
1	40	35
2	75	48.33
3	30	30

2.1.3.3 Transición del peralte. Para este proyecto se considera un 2% de bombeo que es adecuado para una superficie de tierra o grava.

Para realizar la transición del bombeo al peralte, se utiliza la rotación de la calzada alrededor de su eje central.

En términos generales, en las curvas circulares, con tramos sin espiral, la transición del peralte se desarrolla una parte en la tangente y la otra en la curva, exigiéndose en el PC y en el PT de la misma entre un 60% y un 80% del peralte total, adoptándose el valor promedio de este rango (70%). También cabe la posibilidad de tener la suficiente entretangencia, para la cual la transición se desarrolla en la tangente. En este proyecto se tiene la suficiente entretangencia para realizar la transición de peralte en la entretangencia

La longitud de transición L_t y la longitud de aplanamiento N se expresan por las siguientes expresiones:

$$L_t = \frac{\text{Carril}(e)}{m} \quad (3)$$

$$N = \frac{\text{carril}(\text{Bombeo})}{m} \quad (4)$$

$$L = L_t + N \quad (5)$$

Dónde:

- L : Longitud total de transición, en metros.
- L_t : Longitud del punto donde el peralte es cero al punto del peralte total en la curva circular, en metros.
- N : Aplanamiento, en metros.
- e : Peralte de la curva, en porcentaje
- m : Pendiente relativa de los bordes con respecto al eje de la vía, en porcentaje.³

Los cálculos de la longitud de transición y la longitud de aplanamiento se resumen en la siguiente Tabla.

Tabla 4. Valores de longitud de transición y aplanamiento. Acceso Dávila

ACCESO DÁVILA									
PI	Radio de la Curva [m]	Velocidad Específica Ve [Km/h]	Carril [m]	Peralte [%]	Bombeo [%]	m [%]	L_t [m]	N [m]	L [m]
1	40	35	3.00	8	2	1.12	21.43	5.36	26.79
2	75	48.33	3.00	8	2	0.80	30.00	7.50	37.50
3	30	30	3.00	8	2	1.28	18.75	4.69	23.44

³ Ibíd.

2.1.3.4 Entretangencias. Se presentan dos situaciones:

- Curvas de distinto sentido. Si el alineamiento se hace con curvas circulares, tal es el caso de este proyecto, al espacio recorrido a la velocidad de diseño en un tiempo no menor de 5 segundos.
- La entretangencia para el diseño en terreno ondulado, montañoso y escarpado con espirales, no puede ser menor a 5 segundos, tal es el caso de este proyecto. (ver tabla 5)

Tabla 5. Valores de entretangencia, máxima, mínima, adoptada y su cumplimiento. Acceso Dávila.

ACCESO DÁVILA			
Entretangencia	Entretangencia		Cumplimiento
	Mínima [m]	Adoptada [m]	
1	41.67	65.85	SI
2	41.67	77.05	SI
3	41.67	68.97	SI
4	41.67	2.70	NO

Se resalta que estos accesos no están clasificados como una vía terciaria, debido a que son caminos privados; se les trato de dar el tratamiento de una vía de este tipo y cumplir la mayoría de los parámetros establecidos por el Manual de Diseño Geométrico para Carreteras de INVIAS 1998.

La entretangencia número 4, no necesariamente debe cumplir con los límites de entretangencia, puesto que estas se empalman a la vía existente.

2.1.3.5 Curvas circulares. Los elementos geométricos de cada una de las curvas, se resumen en la Tabla 2.6. Además en el Anexo 1, se detallan mejor estos elementos geométricos, para estos accesos y para otros accesos calculados de la misma forma. Así como también se presentan planos de los mismos, incluyendo planta, perfil y secciones de los accesos realizados, los cuales se incluyen en el Anexo 3.

2.1.4 Diseño en perfil del eje de la carretera. Es la proyección del eje real o espacial de la vía sobre una superficie vertical paralela al mismo. Debido a este paralelismo, dicha proyección mostrara la longitud real del eje de la vía.

Tangentes Verticales:

Pendiente Mínima: Esta no debe ser menor que el 0.5%, determinada por criterio de drenaje.

Pendiente Máxima: En la tabla Relación entre la Pendiente Máxima (%) y la Velocidad de Diseño, del INVIAS 1998⁴ (Ver Anexo 1), se presentan las pendientes máximas recomendadas a utilizar.

Como las velocidades de diseño de los accesos V_d , son iguales a 30 Km/h, la pendiente máxima para este tipo de carretera y tipo de terreno es del **16%**.

El cumplimiento de esta pendiente, dentro del proyecto de diseño geométrico del acceso, se resume en la Tabla 6 y 7.

Tabla 6. Verificación del cumplimiento de las pendientes. Acceso Dávila

ACCESO DÁVILA – ($V_d = 30$ Km/h)				
Pendiente Mínima (%) =			0.5	
Pendiente Máxima (%) =			16	
PIV	Pendiente		Cumplimiento	
	Entrada	Salida	Mínima	Máxima
1	9,32	1,64	SI	SI
2	1,64	-9,02	SI	SI

⁴ Ibíd.

Tabla 7. Elementos geométricos de las curvas circulares para el Acceso Dávila

CUADRO DE ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE CURVATURA – ACCESO DÁVILA													
PI	Cord. X PI	Cord. Y PI	R [m]	Δ [°]	Entretan. [m]	Gc [°]	T [m]	Lc [m]	CL [m]	E [m]	M [m]	Abscisas	
												PC (PR)	PT (PR)
					65.85								
1	977645.24	637858.71	40	52°05'I		44°02'55.1"	19.54	36.35	35.11	4.52	4.06	0+065.845	0+102.197
					77.05								
2	977673.95	637984.69	75	47°00'I		23°04'26.1"	32.62	61.53	59.82	6.79	6.22	0+179.249	0+240.783
					68.97								
3	977605.90	638084.92	30	66°15'D		60°00'00.0"	19.56	34.67	32.77	5.81	4.87	0+309.758	0+344.429
					2.70								

Longitud Mínima:

“No se deben proyectar longitudes de pendientes cuya distancia de recorrido a la velocidad de diseño sea inferior a la recorrida en 10 segundos; midiéndose dicha longitud entre vértices contiguos.”

Por lo tanto para una Velocidad de diseño de 30 Km/h, la longitud mínima debe ser igual a 83.33 m.

Longitud Crítica de una Pendiente:

Es la distancia horizontal medida desde el comienzo de una pendiente, necesaria para lograr una altura de 15 m respecto al mismo origen. La anterior afirmación se representa con la siguiente expresión:

$$L_{cr} = \frac{15}{p} * 100$$

(¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..2)

Dónde:

L_{cr} : Longitud crítica de una pendiente, en metros.

p : Pendiente de la rampa, en porcentaje.

El cálculo de la longitud crítica con la expresión 2.8, se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 8. Longitudes de la Tangente Vertical. Acceso Dávila

ACCESO DÁVILA – (Vd = 30 Km/h)								
Longitud Mínima (m) =						83.33		
PIV	Pendiente [%]		Longitud Crítica [m]		Longitud asignada [m]		Cumplimiento	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Mínima	Crítica
1	9,32	1,64	160.94	914.63	151.99	116.72	SI	SI
2	1,64	-9,02	914.63	166.30	116.72	78.71	SI	NO

La entretangencia de salida para el PIV 2, no necesariamente tiene que cumplir con los parámetros de longitud mínima y longitud crítica, puesto que esta no representa una distancia entre PIV.

2.1.4.1 Curvas Verticales:

Elementos de la curva vertical simétrica:

Para este proyecto, se decide diseñar las curvas verticales, de tipo simétricas, las cuales se conforman de dos parábolas de igual longitud, que se unen en la proyección vertical del PIV.

Los principales elementos y expresiones matemáticas se presentan en el Anexo 1.

Longitud de la curva vertical:

Los criterios para la selección de la longitud de la curva vertical que a continuación se indican, son aplicables para las curvas simétricas y asimétricas y son los siguientes:

- Criterio de seguridad:

Establece una longitud mínima que debe tener la curva vertical para que en toda su trayectoria la distancia de visibilidad sea mayor o igual a la de parada (D_p).

La longitud mínima de la curva vertical para este criterio de seguridad se calculó para el caso de que la distancia de visibilidad sea menor a esta longitud y en el caso de que sea mayor. Todos estos parámetros y ecuaciones tomados del Manual de Diseño Geométrico para carreteras de 1998, se presentan en el Anexo 1.

- Criterio de operación:

Establece una longitud mínima que debe tener la curva vertical para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.

$$L_{\min} = 0.6 * V_d$$

- Criterio de drenaje:

Establece una longitud máxima que puede tener la curva vertical para evitar que, por ser muy extensa, en su parte central resulte muy plana dificultándose el drenaje de la calzada.

$$L_{\max} = K * A$$

Dónde:

$L_{\text{máx}}$: Longitud máxima de la curva vertical cóncava según el criterio de drenaje.

K: Parámetro igual a 50 para este criterio.

A continuación se muestra los cálculos de todos los criterios necesarios para la asignación de la longitud de la curva vertical y la asignación de la misma: (ver tabla 9)

Tabla 9. Longitudes de la Curvas Verticales. Acceso Dávila

ACCESO DÁVILA – (Vd = 30 Km/h)							
PIV	Pendiente [%]		A [%]	Dp [m]	Seguridad [m]	Operación [m]	Drenaje [m]
	Entrada	Salida					
1	9.32	1.64	7.68	26.90	-1.54	18	384
2	1.64	-9.02	10.66	26.81	13.75		533

Para los demás criterios de asignación de la longitud de la curva vertical, se hizo especial cálculo y cumplimiento de cada uno de ellos, como se observa en la Tabla 10. Para el caso del criterio de seguridad en el PIV 1, se deduce que no necesita curva vertical por este criterio.

A continuación se presenta la cartera de localización para el Acceso Dávila:

Tabla 10. Cartera de localización para el Acceso Dávila

Abscisa	Coordenadas		Cota Negra	Cota	Cota	Cota	Peralto	
	Este	Norte		2.50	Eje	2.50	Izquierdo	Derecho
K0+000.00	977567.92	637822.50	21769.66	2176.92	2176.97	2176.92	-2.00%	-2.00%
K0+010.00	977576.98	637826.74	21789.23	2177.85	2177.90	2177.85	-2.00%	-2.00%
K0+020.00	977586.03	637830.98	21806.45	2178.78	2178.83	2178.78	-2.00%	-2.00%
K0+030.00	977595.09	637835.22	21837.42	2179.71	2179.76	2179.71	-2.00%	-2.00%
K0+040.00	977604.14	637839.46	21850.69	2180.65	2180.70	2180.65	-2.00%	-2.00%
K0+050.00	977613.20	637843.70	21837.67	2181.58	2181.63	2181.65	-2.00%	0.90%
K0+060.00	977622.26	637847.94	21831.45	2182.43	2182.56	2182.70	-5.40%	5.40%
K0+065.85	977627.55	637850.42	21845.30	2182.91	2183.11	2183.31	-8.00%	8.00%
K0+070.00	977631.21	637852.37	21862.38	2183.29	2183.49	2183.69	-8.00%	8.00%
K0+075.00	977635.33	637855.21	21878.37	2183.76	2183.96	2184.16	-8.00%	8.00%
K0+080.00	977639.05	637858.54	21886.92	2184.22	2184.42	2184.62	-8.00%	8.00%
K0+084.02	977641.73	637861.54	21892.94	2184.60	2184.80	2185.00	-8.00%	8.00%
K0+085.00	977642.33	637862.31	21894.30	2184.69	2184.89	2185.09	-8.00%	8.00%
K0+090.00	977645.12	637866.46	21900.32	2185.16	2185.36	2185.56	-8.00%	8.00%
K0+095.00	977647.37	637870.92	21904.69	2185.62	2185.82	2186.02	-8.00%	8.00%
K0+100.00	977649.04	637875.63	21905.84	2186.09	2186.29	2186.49	-8.00%	8.00%
K0+102.20	977649.59	637877.76	21904.79	2186.29	2186.49	2186.69	-8.00%	8.00%
K0+110.00	977651.32	637885.37	21898.70	2187.11	2187.22	2187.33	-4.50%	4.50%
K0+120.00	977653.54	637895.12	21895.80	2188.10	2188.15	2188.15	-2.00%	0.00%
K0+130.00	977655.76	637904.87	21911.98	2189.04	2189.09	2189.04	-2.00%	-2.00%
K0+140.00	977657.99	637914.62	21951.69	2189.91	2189.96	2189.91	-2.00%	-2.00%
K0+150.00	977660.21	637924.37	21950.80	2190.59	2190.64	2190.60	-2.00%	-1.40%
K0+160.00	977662.43	637934.12	21948.12	2191.08	2191.13	2191.17	-2.00%	1.80%
K0+170.00	977664.65	637943.87	21945.51	2191.30	2191.43	2191.55	-5.00%	5.00%
K0+179.25	977666.71	637952.88	21972.05	2191.38	2191.58	2191.78	-8.00%	8.00%
K0+180.00	977666.87	637953.62	21972.42	2191.40	2191.60	2191.80	-8.00%	8.00%
K0+185.00	977667.77	637958.54	21971.46	2191.48	2191.68	2191.88	-8.00%	8.00%
K0+190.00	977668.34	637963.50	21969.35	2191.56	2191.76	2191.96	-8.00%	8.00%
K0+195.00	977668.57	637968.50	21969.94	2191.64	2191.84	2192.04	-8.00%	8.00%
K0+200.00	977668.48	637973.49	21970.85	2191.72	2191.92	2192.12	-8.00%	8.00%

Continuación **Tabla 10.**

Abscisa	Coordenadas		Cota Negra	Cota	Cota	Cota	Peralzado	
	Este	Norte		2.50	Eje	2.50	Izquierdo	Derecho
K0+205.00	977668.05	637978.47	21970.96	2191.81	2192.01	2192.21	-8.00%	8.00%
K0+210.00	977667.29	637983.41	21969.26	2191.89	2192.09	2192.29	-8.00%	8.00%
K0+210.02	977667.28	637983.43	21969.25	2191.89	2192.09	2192.29	-8.00%	8.00%
K0+215.00	977666.20	637988.29	21967.52	2191.97	2192.17	2192.37	-8.00%	8.00%
K0+220.00	977664.79	637993.09	21965.75	2192.05	2192.25	2192.45	-8.00%	8.00%
K0+225.00	977663.06	637997.78	21963.95	2192.13	2192.33	2192.53	-8.00%	8.00%
K0+230.00	977661.03	638002.35	21960.85	2192.22	2192.42	2192.62	-8.00%	8.00%
K0+235.00	977658.69	638006.77	21954.76	2192.30	2192.50	2192.70	-8.00%	8.00%
K0+240.00	977656.07	638011.02	21953.90	2192.38	2192.58	2192.78	-8.00%	8.00%
K0+240.78	977655.63	638011.67	21953.75	2192.39	2192.59	2192.79	-8.00%	8.00%
K0+250.00	977650.45	638019.30	21950.54	2192.62	2192.74	2192.87	-5.00%	5.00%
K0+260.00	977644.84	638027.57	21936.11	2192.69	2192.74	2192.78	-2.00%	1.80%
K0+270.00	977639.22	638035.85	21936.69	2192.42	2192.47	2192.43	-2.00%	-1.40%
K0+280.00	977633.60	638044.12	21927.85	2191.88	2191.93	2191.88	-2.00%	-2.00%
K0+290.00	977627.99	638052.39	21921.27	2191.09	2191.13	2191.08	-1.70%	-2.00%
K0+300.00	977622.37	638060.67	21913.34	2190.32	2190.23	2190.15	3.40%	-3.40%
K0+309.00	977617.32	638068.11	21970.72	2189.62	2189.42	2189.22	8.00%	-8.00%
K0+310.00	977616.77	638068.95	21969.61	2189.53	2189.33	2189.13	8.00%	-8.00%
K0+315.00	977614.46	638073.38	21958.32	2189.08	2188.88	2188.68	8.00%	-8.00%
K0+320.00	977612.93	638078.13	21944.10	2188.63	2188.43	2188.23	8.00%	-8.00%
K0+325.00	977612.20	638083.07	21910.84	2188.18	2187.98	2187.78	8.00%	-8.00%
K0+326.86	977612.14	638084.93	21894.05	2188.01	2187.81	2187.61	8.00%	-8.00%
K0+330.00	977612.30	638088.07	21893.92	2187.73	2187.53	2187.33	8.00%	-8.00%
K0+335.00	977613.23	638092.97	21885.94	2187.28	2187.08	2186.88	8.00%	-8.00%
K0+340.00	977614.96	638097.66	21872.65	2186.83	2186.63	2186.43	8.00%	-8.00%
K0+344.72	977617.29	638101.76	21874.31	2186.40	2186.20	2186.00	8.00%	-8.00%
K0+346.67	977618.38	638103.38	21880.07	2185.97	2186.02	2185.97	-2.00%	-2.00%

2.1.5 Diseño de la sección transversal de la carretera:

2.1.5.1 Ancho de Calzada. En la Tabla 11, del Manual de Diseño Geométrico para carreteras se indica el ancho de la calzada en función de la categoría de la carretera (Ver Anexo 1), del tipo de terreno y de la velocidad de diseño. En carreteras de una calzada el ancho mínimo de esta debe ser de cinco metros (5m) con el propósito de permitir el cruce de dos vehículos de diseño que viajen en sentido contrario.

A continuación se indica el ancho asumido para cada uno de los accesos:

Tabla 11. Ancho para la Calzada de cada Acceso.

Acceso	Ancho de Calzada [m]
Dávila	5.00
Mocondino	6.00
Acceso Luna – Derecha	5.00
Acceso Luna - Izquierda	3.00 – 6.00

Se determinó un ancho de calzada de seis metros, para el acceso Mocondino puesto que las condiciones topográficas y socioeconómicas del acceso así lo permitieron. Así como también para el Acceso Luna –Izquierda, el ancho de calzada varía entre 3 y 6 metros, ya que estos accesos son particulares, y corresponden a una compensación por parte de DEVINAR.

2.1.5.2 Ancho de Berma. El ancho de las bermas depende de la categoría de la carretera, el tipo de terreno y la velocidad de diseño de diseño (Vd). En la Tabla 12, del Manual de Diseño Geométrico para Carreteras se presenta el ancho que debe tener (Ver Anexo 1).

Ancho del Berma: Las vías terciarias a menos que sean pavimentadas, no llevan Berma, llevan berma cuneta.

2.1.5.3 Pendiente transversal en entretangencias horizontales. Es la pendiente que se da a la corona y a la subrasante con el objeto de facilitar el escurrimiento superficial del agua. En la Tabla 12, del Manual de Diseño Geométrico para carreteras se presentan los valores correspondientes (Anexo 1)

Bombeo de la calzada: El bombeo determinado para todos los accesos es de 2%.

De la misma forma se analiza otros 3 accesos, debido a la extensión del presente trabajo estos se expresan en el Anexo 2, así como también los planos planta-perfil y las secciones transversales de cada uno de los accesos realizados se presentan en el Anexo 3.

2.2 PRESUPUESTOS PARA LA REPOSICIÓN DE LOS ACCESOS AFECTADOS POR LA EXPLANACIÓN DE LOS TRAYECTOS 5 Y 6-1. ACCESO DÁVILA

Una vez realizados todos los diseños, tanto en planta como en perfil se procede a realizar los respectivos presupuestos para cada uno de los accesos, teniendo en cuenta todos los ítems necesarios, basados principalmente en los volúmenes de tierra desalojados o alojados que se calcularon en las secciones transversales. Los presupuestos se realizan con precios INVIAS del 2013. A continuación se presenta el presupuesto final estimado.

Las cantidades de obra para la elaboración del presupuesto se presentan en el Anexo 2.

Tabla 12. Presupuesto estimado de obra para el Acceso Dávila.

ÍTEM DE PAGO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
EXPLANACIONES				
DESMONTE Y LIMPIEZA EN ZONAS NO BOSCOSAS	Ha	0.30	\$ 630,462.00	\$ 189,138.60
EXCAVACIÓN EN MATERIAL COMÚN DE LA EXPLANACIÓN 90%	m³	8,110.90	\$ 4,674.00	\$ 37,910,346.60
EXCAVACIÓN EN ROCA DE LA EXPLANACIÓN 10%	m³	901.20	\$ 77,890.00	\$ 70,194,468.00
REMOCIÓN DE DERRUMBES 3%	m³	243.30	\$ 5,971.00	\$ 1,452,744.30
AFIRMADO	m³	260.00	64,717.00	\$ 16,826,420.00
CONFORMACIÓN DE BOTADERO O ESCOMBRERA	m³	9,277.68	\$ 2,265.00	\$ 21,013,945.20
OBRAS, DRENAJES Y SUBDRENAJES				
EXCAVACIONES VARIAS SIN CLASIFICAR	m³	22.28	\$ 18,549.00	\$ 413,271.72
RELLENO PARA ESTRUCTURAS	m³	4.70	\$ 54,372.00	\$ 255,548.40
MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON MAT IMPORTADO	m³	5.70	\$ 64,717.00	\$ 368,886.90
GAVIONES	m³	41.00	\$ 132,976.00	\$ 5,452,016.00

OBRAS VARIAS				
EMPRADIZACIÓN DE TALUDES EN CORTE	m²	2,570.00	13,457.00	\$ 34,584,490.00
EMPRADIZACIÓN DE TALUDES EN TERRAPLÉN	m²	6.00	\$ 11,022.00	\$ 66,132.00
TRANSPORTES				
TRANSPORTE MATERIAL DE EXCAVACIÓN DISTANCIA > 1000M.	m³-Km	69,525.22	\$ 1,300.00	\$ 90,382,791.20
TRANSPORTE AGREGADOS PÉTREOS (Excepto agregados para concretos)	m³-Km	5,828.12	\$ 1,300.00	\$ 7,576,556.00
		TOTAL		\$ 286,475,317.72

3. ESTRUCTURAS DE ESTABILIZACIÓN Y CONTENCIÓN DE LOS TRAMOS 5 Y 6-1

Después de realizada la explanación de los trayectos 5 y 6-1, siguen ocurriendo deslizamientos en los taludes, que en su mayoría necesitan ser estabilizados con obras de contención. Una vez identificado el deslizamiento, se indica a la comisión topográfica el área para tomar la nube de puntos. En oficina se realiza el dimensionamiento de estos muros, con orientación del Ingeniero Gerardo Cruz. Se realizan planos de Planta y Perfil para su localización, y se indican la inclinación de los taludes proyectados y el acero de refuerzo para los muros.

Se presenta en el Anexo 5, planos Planta – Perfil, para la Estabilización del Talud K5+250 del Trayecto 5.

3.1 LOCALIZACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE ESTABILIZACIÓN Y CONTENCIÓN

Para la localización y pre-dimensionamiento de obras de estabilización y contención, de acuerdo al diseño geométrico definitivo y después de la explanación, la comisión de topografía levanta el sitio en cuestión. Con la nube de puntos, se procede en oficina al dimensionamiento de las estructuras de acuerdo a la cartilla desarrollada por DEVINAR (Anexo 6), en la que se entra con la altura del muro que se necesite, a continuación se incluye el refuerzo, en el caso de muros reforzados, y dimensiones de bloques de gavión, para este tipo de muros de gravedad. Se entrega planos de Planta y Perfil con la localización de muros y la geometría para los gaviones (Anexo 5).

La localización detallada de los muros en gaviones y de los muros en concreto reforzado a lo largo del proyecto se presenta mejor en el Anexo 5. Indicándose planos tanto en planta como en perfil, con información de la localización a lo largo del proyecto, además del tipo de muro utilizado, longitud y altura del mismo. Distinguiéndose estructuras de estabilización, las cuales se ubican en los chaflanes de corte y estructuras para el sostenimiento de la banca, las cuales se ubican en el chaflán de terraplén.

3.2 REVISIÓN DE LOS DISEÑOS ESTRUCTURALES DE LOS MUROS DE CONTENCIÓN EN CONCRETO REFORZADO PARA EL TRAYECTO 6-1

DEVINAR posee diseños tipo, de muros de contención de 2m hasta 7m de altura, aumentado cada 0.50m, para Concreto Reforzado. Se propone revisar estos muros tipo, con las especificaciones del Trayecto 6-1. Para la revisión se utilizarán los mismos materiales de los muros tipo. Se evaluará teniendo en cuenta las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-98), ya que los muros tipo fueron diseñados con esta norma que todavía tenía vigencia en el año 2009, fecha de la elaboración de las cartillas.

3.2.1 Datos básicos para el diseño de muros de contención. Como datos básicos para el Diseño de muros de contención en concreto reforzado se tienen en cuenta las especificaciones del suelo de fundación, del relleno. Las condiciones del sitio son las siguientes: (ver tabla 13)

Tabla 13. Datos básicos del suelo de fundación

SUELO DE FUNDACIÓN			
Peso unitario del Suelo γ_f [Kg/m ³]	Profundidad de fundación D_f [m]	Angulo de fricción interna ϕ_f [°]	Coefficiente de cohesión del suelo c [Kg/cm ²]
1800	0.3	37	0.5

Donde la cohesión (c), fue tomada de un ensayo de corte directo (Ver Anexo 7), para un suelo ubicado en el Talud PR 1+510, del Trayecto 6-1. (ver tabla 14-15)

Tabla 14. Datos básicos del suelo de relleno.

SUELO DE RELLENO	
Peso unitario del Suelo γ_r [Kg/m ³]	Angulo de fricción interna ϕ_r [°]
1800	34

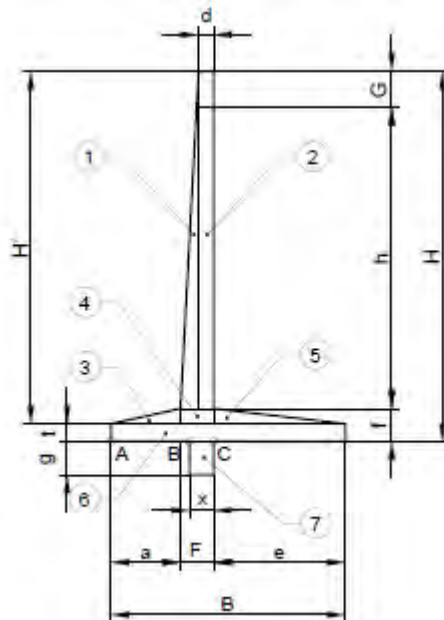
Tabla 15. Datos básicos del muro de contención.

MATERIALES DEL MURO		
Peso unitario del Concreto γ_c [Kg/m ³]	Resistencia del concreto a la compresión f_c [Kg/cm ²]	Resistencia nominal a la fluencia del acero f_y [Kg/cm ²]
2400	210	4200

Además se presentan condiciones particulares del sitio de la obra, tales como la sobrecarga vehicular de 60 centímetros ($H_s=0.6m$), que se tomó siguiendo las recomendaciones de Torres (S.F.) además se recomienda drenar la aguas de lluvia y no se presenta agua en el relleno. El suelo que se presenta para el relleno es de tipo cohesivo friccionante (Ver Anexo 7).

3.2.2 Preliminar. En la Figura 3, se indican las figuras de áreas y las dimensiones generales de un muro de la Cartilla DEVINAR 2009 (Anexo 6).

Figura 3. Dimensiones generales y áreas de un muro de contención típico.



Se verifica con estas dimensiones la estabilidad al volcamiento, al deslizamiento y se determinan las presiones de contacto suelo-muro, para los dos casos de carga siguientes:

- Empuje de tierra + Sobrecarga Vehicular.
- Empuje de tierra + Sismo.

En el Anexo 4, se presenta un cálculo detallado para un muro de contención de altura de 5 metros, donde se chequea la estabilidad paso a paso en los dos casos antes mencionados, se calculan los factores de seguridad, tanto al deslizamiento, volcamiento y presiones de contacto y se verifica su cumplimiento con los factores establecidos en la NSR-98, ya que la cartilla fue desarrollada en el año 2009, año en el cual tenía vigencia la mencionada norma.

3.2.3 Revisión de muro (h=2 metros)

3.2.3.1 Estabilidad al deslizamiento, al volcamiento y presiones de contacto.

Para el chequeo a deslizamiento se analizó la estabilidad de los muros de contención con dentellón, así estos cumplan con este factor de seguridad, puesto que en la Cartilla de Muros Tipo de DEVINAR (Ver Anexo 6), los muros ahí presentados vienen con este elemento. (ver tabla 16-18)

Tabla 16. Chequeo a deslizamiento. Muro h=2m.

Factor de Seguridad para Deslizamiento FS_d					
Caso	FS_d NSR-98	Sin dentellón	Cumple S/N	Con dentellón	Cumple S/N
Caso 1	2	3.31	SI	3.74	SI
Caso 2		2.92	SI	3.33	SI

Tabla 17. Chequeo a Volcamiento. Muro h=2m.

Factor de Seguridad para Volcamiento FS_v			
Caso	FS_v NSR-98	FS_v	Cumple S/N
Caso 1	2	3.33	SI
Caso 2		2.56	SI

Tabla 18. Chequeo de las presiones de contacto. Muro h=2m.

Factor de Seguridad para Volcamiento FS_v			
Caso	σ_{adm} [Kg/cm ²]	$\sigma_{m\acute{a}x}$ [Kg/cm ²]	Cumple S/N
Caso 1	10.04	0.69	SI
Caso 2	9.14	0.76	SI

3.2.3.2 Cargas y Momentos máximos en la base. Se calculó las cargas y momentos tanto en la punta, como en el talón de la base del muro, tanto para el Caso 1, como para el Caso 2 y se determinó entre estas la carga y momentos máximos.

Tabla 19. Resumen de cargas y momentos máximos en la base. Muro h=2m.

	CORTANTE [Kg]		MOMENTO [Kg]	
	Punta	Talón	Punta	Talón
Caso 1	2419.34	-1797.59	579.90	940.62
Caso 2	6090.74	-1875.92	1171.61	1063.63
Carga Máxima	6090.74	-1875.92	1171.61	1063.63

3.2.3.3 Chequeo a cortante en la base. Se debe cumplir la relación 3.1, o de lo contrario se requerirá acero de refuerzo por cortante. En la Tabla 3.8, se resumen todos estos cálculos, así como también se indica si el elemento requiere refuerzo por cortante. (ver tabla 20)

$$\phi v_c > v_u$$

Tabla 20. Diseño de la base por fuerza cortante. Muro h=2m.

CHEQUEO A CORTANTE		
Ítem	Valor	Unidad
Cortante Máximo V_{max}	6090.74	Kg
Fuerza cortante mayorada V_u	8374.77	Kg
Recubrimiento e'	7.00	cm
Altura efectiva d	33.00	cm
factor de reducción de resistencia por cortante	0.85	---
Esfuerzo mayorado v_u	2.54	Kg/cm ²
Resistencia proporcionada por el concreto ϕv_c	6.53	Kg/cm ²
Requerimiento de acero por cortante	NO	---

3.2.3.4 Diseño a Flexión de la base. Se realizó el diseño por separado a flexión tanto en la punta, como en el talón del muro, determinando la cuantía de refuerzo y el área de acero requerida. . (ver tabla 21-22)

Tabla 21. Diseño a flexión de la punta. Muro h=2m.

DISEÑO A FLEXIÓN		
Ítem	Valor	Unidad
Momento actuante M	1063.63	Kg-m
Coeficiente de reducción de resistencia ϕ	0.90	Kg
Momento de diseño ϕM_n	1462.48	Kg-m
$\phi \rho f_y \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c}\right) b d^2 - \phi M =$	0	---
Cuantía de refuerzo ρ	0.000357	---
Área de acero requerida $A_{s\text{ requerida}}$	1.18	cm ² /ml
Área de acero mínima $A_{s\text{ mín}}$	11.00	cm ² /ml

Tabla 22. Diseño a flexión en el Talón. Muro h=2m.

DISEÑO A FLEXIÓN		
Ítem	Valor	Unidad
Momento actuante M	1063.63	Kg-m
Coeficiente de reducción de resistencia ϕ	0.90	Kg
Momento de diseño ϕM_n	1462.48	Kg-m
$\phi \rho f_y \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c}\right) b d^2 - \phi M =$	0	---
Cuantía de refuerzo ρ	0.000357	---
Área de acero requerida $A_{s \text{ requerida}}$	1.18	cm ² /ml
Área de acero mínima $A_{s \text{ mín}}$	11.00	cm ² /ml

3.2.3.5 Solicitaciones máximas de corte y momento para la pantalla. Las solicitaciones de corte y flexión se determinan en diferentes secciones hechas en la altura del muro, normalmente se hacen secciones a cada metro, midiendo la altura y desde la corona del muro hasta la unión de la pantalla con la zapata.

Las solicitaciones de corte y momento determinadas en el Caso 1: Empuje de tierra + Sobrecarga Vehicular, se mayoran por un factor de 1.6.

Las solicitaciones de corte y momento determinadas en el Caso 2: Empuje de tierra + Sismo, se mayoran por el factor ponderado de 1.41. En el Anexo 4 se detalla el uso de estos factores. . (ver tabla 23)

Tabla 23. Solicitaciones últimas de corte y momento. Muro h=2m.

SOLICITACIONES ÚLTIMAS						
y [m]	CASO 1		CASO 2		Solicitaciones Máximas	
	V_u [Kg]	ϕM_n [Kg-m]	V_u [Kg]	ϕM_n [Kg-m]	V_u [Kg]	ϕM_n [Kg-m]
1	896.544	380.35	569.28	242.16	896.54	380.35
2	2608.13	2064.77	2029.64	1689.78	2608.13	2064.77

3.2.3.6 Solicitaciones máximas, corte resistente y acero de refuerzo en la pantalla. Las solicitaciones últimas de corte y momento para los dos casos de carga estudiados se determinan en la Tabla 24, para diferentes valores de (y), variando de 1m hasta 2 metros con secciones por cada metro. También se indican los valores máximos para cada sección. El espesor de la pantalla o fuste $F(y)$, varía a lo largo del muro de acuerdo a la geometría del mismo. Se determina una ecuación en función de (y) (Ver Anexo 4).

Se calcula el requerimiento de acero por cortante, así como también el área de acero requerida por flexión.

Tabla 24. Solicitaciones máximas, corte resistente y acero de refuerzo. Muro h=2m.

SOLICITACIONES MÁXIMAS - CORTE RESISTENTE - ACERO DE REFUERZO									
y [m]	V_u [Kg]	ϕM_n [Kg-m]	F(y) [cm]	d(y) [cm]	ϕV_c [Kg]	Requiere acero por cortante	ρ	$A_{s\min}$ [cm ² /ml]	$A_{srequerida}$ [cm ² /ml]
1	896.54	380.35	25.00	20.00	13056.73	No	0.000252	6.67	0.50
2	2608.13	2064.77	25.00	20.00	13056.73	No	0.001388	6.67	2.78

3.2.3.7 Comparación y chequeo de los muros tipo de la cartilla de DEVINAR con los muros calculados. Para cada muro se compara los valores interpretados para flexión de la cartilla con los datos calculados, tanto del acero requerido, como el acero mínimo. Aceptándose la cartilla DEVINAR, si cumple con ambos requerimientos de acero.

El refuerzo W, R, X, se puede observar de manera detallada en las cartillas de DEVINAR en el Anexo 6. (ver tabla 25-34)

Tabla 25. Comparación del acero suministrado por la cartilla y el acero calculado para un muro de h=2m.

h= 2									
Ref.	Datos de Cartilla		Datos Interpretados		Datos Calculados		Chequeo particular		Chequeo general
	ϕ [plg]	@ [m]	N° Barras	$A_{s\text{sum}}$ [cm ²]	$A_{s\min}$ [cm ²]	$A_{s\text{req}}$ [cm ²]	Por $A_{s\text{requerido}}$	Por $A_{s\min}$	
W	3/8	0,20	5	3.56	6.67	2.78	CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
R	3/8	0,20	5	3.56	11.00	1.30	CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
X	3/8	0,30	4	2.85	11.00	1.18	CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE

De igual forma se realiza el chequeo para muros de 3, 4, 5, 6 y 7 metros de altura.

3.2.4 Revisión de muro (h=3 metros)

3.2.4.1 Chequeo de la estabilidad al deslizamiento, al volcamiento y presiones de contacto

Tabla 26. Chequeo a deslizamiento. Muro h=3m.

Factor de Seguridad para Deslizamiento FS_d					
Caso	FS_d NSR-98	Sin dentellón	Cumple S/N	Con dentellón	Cumple S/N
Caso 1	2	3.08	SI	3.43	SI
Caso 2		2.60	SI	2.91	SI

Tabla 27. Chequeo a Volcamiento. Muro h=3m.

Factor de Seguridad para Volcamiento FS_v			
Caso	FS_v NSR-98	FS_v	Cumple S/N
Caso 1	2	3.91	SI
Caso 2		2.91	SI

Tabla 28. Chequeo de las presiones de contacto. Muro h=3m.

Factor de Seguridad para Volcamiento FS_v			
Caso	σ_{adm} [Kg/cm ²]	$\sigma_{m\acute{a}x}$ [Kg/cm ²]	Cumple S/N
Caso 1	10.30	0.70	SI
Caso 2	8.88	0.82	SI

3.2.4.2 Cargas y momentos máximos en la base:

Tabla 29. Resumen de cargas y momentos máximos en la base. Muro h=3m.

	CORTANTE [Kg]		MOMENTO [Kg]	
	Punta	Talón	Punta	Talón
Caso 1	3997.96	-3006.92	1411.93	2192.89
Caso 2	6681.49	-3389.46	1923.79	2720.84
Carga Máxima	6681.49	-3389.46	1923.79	2720.84

3.2.4.3 Chequeo a cortante en la base:

Tabla 30. Diseño de la base por fuerza cortante. Muro h=3m.

CHEQUEO A CORTANTE		
Ítem	Valor	Unidad
Cortante Máximo V_{max}	6681.49	Kg
Fuerza cortante mayorada V_u	9313.99	Kg
Recubrimiento e'	7.00	cm
Altura efectiva d	28.00	cm
factor de reducción de resistencia por cortante	0.85	---
Esfuerzo mayorado v_u	3.33	Kg/cm ²
Resistencia proporcionada por el concreto ϕv_c	6.53	Kg/cm ²
Requerimiento de acero por cortante	NO	---

3.2.4.4 Diseño a Flexión de la base:

Tabla 31. Diseño a flexión de la punta. Muro h=3m.

DISEÑO A FLEXIÓN		
Ítem	Valor	Unidad
Momento actuante M	1923.79	Kg-m
Coeficiente de reducción de resistencia ϕ	0.90	Kg
Momento de diseño ϕM_n	2681.77	Kg-m
$\phi \rho f_y \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c}\right) b d^2 - \phi M =$	0	---
Cuantía de refuerzo ρ	0.000915	---
Área de acero requerida $A_{s\text{ requerida}}$	2.56	cm ² /ml
Área de acero mínima $A_{s\text{ mín}}$	9.33	cm ² /ml

Tabla 32. Diseño a flexión en el Talón. Muro h=3m.

DISEÑO A FLEXIÓN		
Ítem	Valor	Unidad
Momento actuante M	2720.84	Kg-m
Coeficiente de reducción de resistencia ϕ	0.90	Kg
Momento de diseño ϕM_n	3792.86	Kg-m
$\phi \rho f_y \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c}\right) b d^2 - \phi M =$	0	---
Cuantía de refuerzo ρ	0.001300	---
Área de acero requerida $A_{s\text{ requerida}}$	3.64	cm ² /ml
Área de acero mínima $A_{s\text{ mín}}$	9.33	cm ² /ml

3.2.4.5 Solicitaciones máximas de corte y momento para la pantalla

Tabla 33. Solicitaciones últimas de corte y momento. Muro h=3m.

SOLICITACIONES ÚLTIMAS						
y [m]	CASO 1		CASO 2		Solicitaciones Máximas	
	V_u [Kg]	ϕM_n [Kg-m]	V_u [Kg]	ϕM_n [Kg-m]	V_u [Kg]	ϕM_n [Kg-m]
1	896.544	380.35	585.51	248.29	896.54	380.35
2	2608.13	2064.77	2091.14	1735.44	2608.13	2064.77
3	5134.75	5868.29	4516.87	5574.81	5134.75	5868.29

3.2.4.6 Solicitaciones máximas, corte resistente y acero de refuerzo en la pantalla:

Tabla 34. Solicitaciones máximas, corte resistente y acero de refuerzo. Muro h=3m.

SOLICITACIONES MÁXIMAS - CORTE RESISTENTE - ACERO DE REFUERZO									
y [m]	V_u [Kg]	ϕM_n [Kg-m]	F(y) [cm]	d(y) [cm]	ϕV_c [Kg]	Requiere acero por cortante	ρ	$A_{s\min}$ [cm ² /ml]	$A_{s\text{requerida}}$ [cm ² /ml]
1	896.54	380.35	29.44	24.44	15958.23	No	0.000169	8.15	0.41
2	2608.13	2064.77	32.22	27.22	17771.66	No	0.000744	9.07	2.02
3	5134.75	5868.29	35.00	30.00	19585.10	No	0.001762	10.00	5.28

3.2.4.7 Comparación y chequeo de los muros tipo de la cartilla de DEVINAR con los muros calculados. El refuerzo W, R, X, se puede observar de manera detallada en las cartillas de DEVINAR en el Anexo 6. (ver tabla 35-42)

Tabla 35. Comparación del acero suministrado por la cartilla y el acero calculado para un muro de h=3m.

h= 3									
Ref	Datos de Cartilla		Datos Interpretados		Datos Calculados		Chequeo particular		Chequeo general
	ϕ [plg]	@ [m]	Nº Barras	$A_{s\text{sum}}$ [cm ²]	$A_{s\min}$ [cm ²]	$A_{s\text{req}}$ [cm ²]	Por $A_{s\text{requerido}}$	Por $A_{s\min}$	
W	1/2	0.20	5	6.33	8.15	5.28	CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
R	3/8	0.20	5	3.56	9.33	2.56	CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
X	1/2	0.20	5	6.33	9.33	3.64	CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE

3.2.5 Revisión del muro (h=4 metros)

3.2.5.1 Chequeo de la estabilidad al deslizamiento, al volcamiento y presiones de contacto

Tabla 36. Chequeo a deslizamiento. Muro h=4m.

Factor de Seguridad para Deslizamiento FS_d					
Caso	FS_d NSR-98	Sin dentellón	Cumple S/N	Con dentellón	Cumple S/N
Caso 1	2	2.78	SI	3.02	SI
Caso 2		2.27	SI	2.48	SI

Tabla 37. Chequeo a Volcamiento. Muro h=4m.

Factor de Seguridad para Volcamiento FS_v			
Caso	FS_v NSR-98	FS_v	Cumple S/N
Caso 1	2	4.04	SI
Caso 2		2.92	SI

Tabla 38. Chequeo de las presiones de contacto. Muro h=4m.

Factor de Seguridad para Volcamiento FS_v			
Caso	σ_{adm} [Kg/cm ²]	$\sigma_{m\acute{a}x}$ [Kg/cm ²]	Cumple S/N
Caso 1	10.40	0.82	SI
Caso 2	8.57	1.00	SI

3.2.5.2 Cargas y momentos máximos en la base

Tabla 39. Resumen de cargas y momentos máximos en la base. Muro h=4m.

	CORTANTE [Kg]		MOMENTO [Kg]	
	Punta	Talón	Punta	Talón
Caso 1	6437.91	-4996.36	3045.92	4689.67
Caso 2	8142.17	-6000.56	3709.92	6251.67
Carga Máxima	8142.17	-6000.56	3709.92	6251.67

3.2.5.3 Chequeo a cortante en la base. Muro h=4m.

Tabla 40. Diseño de la base por fuerza cortante. Muro h=4m.

CHEQUEO A CORTANTE		
Ítem	Valor	Unidad
Cortante Máximo V_{max}	8142.17	Kg
Fuerza cortante mayorada V_u	11447.89	Kg
Recubrimiento e'	7.00	cm
Altura efectiva d	18.00	cm
factor de reducción de resistencia por cortante	0.85	---
Esfuerzo mayorado v_u	6.36	Kg/cm ²
Resistencia proporcionada por el concreto ϕv_c	6.53	Kg/cm ²
Requerimiento de acero por cortante	NO	---

3.2.5.4 Diseño a flexión de la base:

Tabla 41. Diseño a flexión de la punta. Muro h=4m.

DISEÑO A FLEXIÓN		
Ítem	Valor	Unidad
Momento actuante M	3709.92	Kg-m
Coefficiente de reducción de resistencia ϕ	0.90	Kg
Momento de diseño ϕM_n	5216.15	Kg-m
$\phi \rho f_y \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c}\right) b d^2 - \phi M =$	0	---
Cuantía de refuerzo ρ	0.004498	---
Área de acero requerida $A_{s \text{ requerida}}$	8.10	cm ² /ml
Área de acero mínima $A_{s \text{ mín}}$	6.00	cm ² /ml

Tabla 42. Diseño a flexión en el Talón. Muro h=4m.

DISEÑO A FLEXIÓN		
Ítem	Valor	Unidad
Momento actuante M	6251.67	Kg-m
Coefficiente de reducción de resistencia ϕ	0.90	Kg
Momento de diseño ϕM_n	8789.85	Kg-m
$\phi \rho f_y \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c}\right) b d^2 - \phi M =$	0	---
Cuantía de refuerzo ρ	0.007917	---
Área de acero requerida $A_{s \text{ requerida}}$	14.25	cm ² /ml
Área de acero mínima $A_{s \text{ mín}}$	6.00	cm ² /ml

3.2.5.5 Solicitaciones máximas de corte y momento para la pantalla. El refuerzo W, R, X, se puede observar de manera detallada en las cartillas de DEVINAR en el Anexo 6. (ver tabla 43-44)

Tabla 43. Solicitaciones últimas de corte y momento. Muro h=4m.

SOLICITACIONES ÚLTIMAS						
y [m]	CASO 1		CASO 2		Solicitaciones Máximas	
	V_u [Kg]	ϕM_n [Kg-m]	V_u [Kg]	ϕM_n [Kg-m]	V_u [Kg]	ϕM_n [Kg-m]
1	896.544	380.35	594.77	251.84	896.54	380.35
1.65	1916.36	1275.89	1483.56	1019.32	1916.36	1275.89
2	2608.13	2064.77	2126.01	1761.62	2608.13	2064.77
3	5134.75	5868.29	4593.72	5660.77	5134.75	5868.29
4	8476.42	12605.95	7997.89	13080.67	8476.42	13080.67

3.2.5.6 Solicitaciones máximas, corte resistente y acero de refuerzo en la pantalla:

Tabla 44. Solicitaciones máximas, corte resistente y acero de refuerzo. Muro h=4m.

SOLICITACIONES MÁXIMAS - CORTE RESISTENTE - ACERO DE REFUERZO									
y [m]	V_u [Kg]	ϕM_n [Kg-m]	F(y) [cm]	d(y) [cm]	ϕV_c [Kg]	Requiere acero por cortante	ρ	$A_{s\ min}$ [cm ² /ml]	$A_{s\ requerida}$ [cm ² /ml]
1	896.54	380.35	31.96	26.96	17598.20	No	0.000139	8.99	0.37
1.65	1916.36	1275.89	34.78	29.78	19443.17	No	0.000382	9.93	1.14
2	2608.13	2064.77	36.30	31.30	20436.62	No	0.000561	10.43	1.76
3	5134.75	5868.29	40.65	35.65	23275.04	No	0.001240	11.88	4.42
4	8476.42	13080.67	45.00	40.00	26113.46	No	0.002221	13.33	8.88

3.2.5.7 Comparación y chequeo de los muros tipo de la cartilla de DEVINAR con los muros calculados. El refuerzo W, V, R, X, se puede observar de manera detallada en las cartillas de DEVINAR en el Anexo 6.

Tabla 45. Comparación del acero suministrado por la cartilla y el acero calculado para un muro de h=4m.

h= 4										
y [m]	Ref	Datos de Cartilla		Datos Interpretados		Datos Calculados		Chequeo particular		Chequeo general
		ϕ [plg]	@ [m]	N° Barras	$A_{s\ sum}$ [cm ²]	$A_{s\ min}$ [cm ²]	$A_{s\ req}$ [cm ²]	Por $A_{s\ requerido}$	Por $A_{s\ minimo}$	
1.65	W	5/8	0.40	3	5.94	9.93	1.14	CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
4	W+V	5/8	0.40	5	9.90	13.33	8.88	CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
	R	3/8	0.20	5	3.56	6.00	8.10	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
	X	5/8	0.20	5	9.90	6.00	14.25	NO CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE

3.2.6 Revisión del muro (h=5 metros). Para este muro se realizó un cálculo de cada uno de los elementos anteriormente mencionados, explicando de donde y como se calculó cada uno de ellos, así como también se presentan las expresiones usadas para el mismo, esto se presenta en el Anexo 4.

Se presenta solo la comparación y chequeo de los aceros de refuerzo, entre la Cartilla de DEVINAR y los valores calculados.

3.2.6.1 Comparación y chequeo de los muros tipo de la cartilla de DEVINAR con los muros calculados. El refuerzo W, V, U, R, X, se puede observar de manera detallada en las cartillas de DEVINAR en el Anexo 6. (ver tabla 46-55)

Tabla 46. Comparación del acero suministrado por la cartilla y el acero calculado para un muro de h=5m.

h= 5										
y [m]	Ref.	Datos de Cartilla		Datos Interpretados		Datos Calculados		Chequeo particular		Chequeo general
		ϕ [plg]	@ [m]	N° Barras	AS_{sum} [cm ²]	AS_{min} [cm ²]	AS_{req} [cm ²]	Por $AS_{requerido}$	Por $AS_{mínimo}$	
2.08	W	3/4	0.45	3	8.55	11.45	1.77	CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
2.28	W+V	3/4	0.45	5	14.25	13.60	4.88	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
5	W+V+U	3/4	0.45	7	19.95	16.67	13.86	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
---	R	1/2	0.20	5	6.33	7.67	11.16	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
---	X	5/8	0.15	7	13.86	7.67	22.19	NO CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE

3.2.7 Revisión del muro (h=6 metros):

3.2.7.1 Chequeo de la estabilidad al deslizamiento, al volcamiento y presiones de contacto

Tabla 47. Chequeo a deslizamiento. Muro h=6m.

Factor de Seguridad para Deslizamiento FS_d					
Caso	FS_d NSR-98	Sin dentellón	Cumple S/N	Con dentellón	Cumple S/N
Caso 1	2	2.55	SI	2.84	SI
Caso 2		1.94	No	2.16	SI

Tabla 48. Chequeo a Volcamiento. Muro h=6m.

Factor de Seguridad para Volcamiento FS_v			
Caso	FS_v NSR-98	FS_v	Cumple S/N
Caso 1	2	4.38	SI
Caso 2		2.93	SI

Tabla 49. Chequeo de las presiones de contacto. Muro h=6m.

Factor de Seguridad para Volcamiento FS_v			
Caso	σ_{adm} [Kg/cm ²]	$\sigma_{m\acute{a}x}$ [Kg/cm ²]	Cumple S/N
Caso 1	12.47	1.23	SI
Caso 2	9.66	1.60	SI

3.2.7.2 Cargas y momentos máximos en la base:

Tabla 50. Resumen de cargas y momentos máximos en la base. Muro h=6m.

	CORTANTE [Kg]		MOMENTO [Kg]	
	Punta	Talón	Punta	Talón
Caso 1	13675.21	-9909.48	9129.77	14455.51
Caso 2	12584.86	-13560.06	10771.22	22313.94
Carga Máxima	13675.21	-13560.06	10771.22	22313.94

3.2.7.3 Chequeo a cortante en la base:

Tabla 51. Diseño de la base por fuerza cortante. Muro h=6m.

CHEQUEO A CORTANTE		
Ítem	Valor	Unidad
Cortante Máximo V_{max}	13675.21	Kg
Fuerza cortante mayorada V_u	19172.64	Kg
Recubrimiento e'	7.00	cm
Altura efectiva d	33.00	cm
factor de reducción de resistencia por cortante	0.85	---
Esfuerzo mayorado v_u	5.81	Kg/cm ²
Resistencia proporcionada por el concreto ϕv_c	6.53	Kg/cm ²
Requerimiento de acero por cortante	NO	---

3.2.7.4 Diseño a Flexión de la base:

Tabla 52. Diseño a flexión de la punta. Muro h=6m.

DISEÑO A FLEXIÓN		
Ítem	Valor	Unidad
Momento actuante M	10771.22	Kg-m
Coeficiente de reducción de resistencia ϕ	0.90	Kg
Momento de diseño ϕM_n	15101.25	Kg-m
$\phi \rho f_y \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c}\right) b d^2 - \phi M =$	0	---
Cuantía de refuerzo ρ	0.003843	---
Área de acero requerida $A_{s\text{ requerida}}$	12.68	cm ² /ml
Área de acero mínima $A_{s\text{ mín}}$	11.00	cm ² /ml

Tabla 53. Diseño a flexión en el Talón. Muro h=6m.

DISEÑO A FLEXIÓN		
Ítem	Valor	Unidad
Momento actuante M	22313.94	Kg-m
Coeficiente de reducción de resistencia ϕ	0.90	Kg
Momento de diseño ϕM_n	31284.14	Kg-m
$\phi \rho f_y \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c}\right) b d^2 - \phi M =$	0	---
Cuantía de refuerzo ρ	0.008440	---
Área de acero requerida $A_{s\text{ requerida}}$	27.85	cm ² /ml
Área de acero mínima $A_{s\text{ mín}}$	11.00	cm ² /ml

3.2.7.5 Solicitaciones máximas de corte y momento para la pantalla:

Tabla 54. Solicitaciones últimas de corte y momento. Muro h=6m.

SOLICITACIONES ÚLTIMAS						
y [m]	CASO 1		CASO 2		Solicitaciones Máximas	
	V_u [Kg]	ϕM_n [Kg-m]	V_u [Kg]	ϕM_n [Kg-m]	V_u [Kg]	ϕM_n [Kg-m]
1	896.544	380.35	715.05	312.81	896.54	380.35
2	2608.13	2064.77	2355.5	1997.76	2608.13	2064.77
2.45	3644.25	3465.36	3395.61	3501.99	3644.25	3501.99
3	5134.75	5868.29	4921.33	6174.62	5134.75	6174.62
3.85	7923.21	11376.21	7829.88	12520.62	7923.21	12520.62
4	8476.42	12605.95	8412.56	13963.17	8476.42	13963.17
5	12633.12	23092.80	12829.17	26483.19	12829.17	26483.19
6	17604.86	38143.87	18171.18	44854.45	18171.18	44854.45

Solicitaciones máximas, corte resistente y acero de refuerzo en la pantalla:

Tabla 55. Solicitaciones máximas, corte resistente y acero de refuerzo. Muro h=6m.

SOLICITACIONES MÁXIMAS - CORTE RESISTENTE - ACERO DE REFUERZO									
y [m]	V_u [Kg]	ϕM_n [Kg-m]	F(y) [cm]	d(y) [cm]	ϕV_c [Kg]	Requiere acero por cortante	ρ	$A_{s\ min}$ [cm ² /ml]	$A_{s\ requerida}$ [cm ² /ml]
1	896.54	380.35	54.85	49.85	32542.91	No	0.000041	16.62	0.20
2	2608.13	2064.77	57.88	52.88	34521.20	No	0.000196	17.63	1.04
2.45	3644.25	3501.99	59.24	54.24	35411.44	No	0.000316	18.08	1.71
3	5134.75	6174.62	60.91	55.91	36499.50	No	0.000526	18.64	2.94
3.85	7923.21	12520.62	63.48	58.48	38181.05	No	0.000980	19.49	5.73
4	8476.42	13963.17	63.94	58.94	38477.79	No	0.001077	19.65	6.35
5	12829.17	26483.19	66.97	61.97	40456.08	No	0.001865	20.66	11.56
6	18171.18	44854.45	70.00	65.00	42434.37	No	0.002908	21.67	18.90

Comparación y chequeo de los muros tipo de la cartilla de DEVINAR con los muros calculados. El refuerzo W, V, U, R, X, Y se puede observar de manera detallada en las cartillas de DEVINAR en el Anexo 6. (ver tabla 56)

Tabla 56. Comparación del acero suministrado por la cartilla y el acero calculado para un muro de h=6m.

h= 6										
y [m]	Ref.	Datos de Cartilla		Datos Interpretados		Datos Calculados		Chequeo particular		Chequeo general
		ϕ [plg]	@ [m]	N° Barras	$A_{s\ sum}$ [cm ²]	$A_{s\ mín}$ [cm ²]	$A_{s\ req}$ [cm ²]	Por $A_{s\ requerido}$	Por $A_{s\ mínimo}$	
2,45	W	3/4	0.375	3	8.55	18.08	1.71	CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
3,85	W+V	3/4	0.375	6	17.10	19.49	5.73	CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
6	W+V+U	3/4	0.375	8	22.80	21.67	18.90	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
---	R	1/2	0.20	5	6.33	11.00	12.68	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
---	X+Y	7/8	0.50	4	15.52	11.00	27.85	NO CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE

3.2.8 Revisión del muro (h=7 metros):

3.2.8.1 Chequeo de la estabilidad al deslizamiento y presiones de contacto

Tabla 57. Chequeo a deslizamiento. Muro h=7m.

Factor de Seguridad para Deslizamiento FS_d					
Caso	FS_d NSR-98	Sin dentellón	Cumple S/N	Con dentellón	Cumple S/N
Caso 1	2	2.37	SI	2.62	SI
Caso 2		1.81	No	2.01	SI

Tabla 58. Chequeo a Volcamiento. Muro h=7m.

Factor de Seguridad para Volcamiento FS_v			
Caso	FS_v NSR-98	FS_v	Cumple S/N
Caso 1	2	4.30	SI
Caso 2		2.91	SI

Tabla 59. Chequeo de las presiones de contacto. Muro h=7m.

Factor de Seguridad para Volcamiento FS_v			
Caso	σ_{adm} [Kg/cm ²]	$\sigma_{m\acute{a}x}$ [Kg/cm ²]	Cumple S/N
Caso 1	12.75	1.27	SI
Caso 2	9.70	1.67	SI

3.2.8.2 Cargas y momentos máximos en la base:

Tabla 60. Resumen de cargas y momentos máximos en la base. Muro h=7m.

	CORTANTE [Kg]		MOMENTO [Kg]	
	Punta	Talón	Punta	Talón
Caso 1	17364.90	-13720.98	14201.12	21862.76
Caso 2	12663.04	-18481.67	16396.47	33209.44
Carga Máxima	17364.90	-18481.67	16396.47	33209.44

3.2.8.3 Chequeo a cortante en la base:

Tabla 61. Diseño de la base por fuerza cortante. Muro h=7m.

CHEQUEO A CORTANTE		
Ítem	Valor	Unidad
Cortante Máximo V_{max}	17364.90	Kg
Fuerza cortante mayorada V_u	24501.87	Kg
Recubrimiento e'	7.00	cm
Altura efectiva d	38.00	cm
factor de reducción de resistencia por cortante	0.85	---
Esfuerzo mayorado v_u	6.45	Kg/cm ²
Resistencia proporcionada por el concreto ϕv_c	6.53	Kg/cm ²
Requerimiento de acero por cortante	NO	---

3.2.8.4 Diseño a Flexión de la base:

Tabla 62. Diseño a flexión de la punta. Muro h=7m.

DISEÑO A FLEXIÓN		
Ítem	Valor	Unidad
Momento actuante M	16396.47	Kg-m
Coeficiente de reducción de resistencia ϕ	0.90	Kg
Momento de diseño ϕM_n	23135.42	Kg-m
$\phi \rho f_y \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c}\right) b d^2 - \phi M =$	0	---
Cuantía de refuerzo ρ	0.004475	---
Área de acero requerida $A_{s\text{ requerida}}$	17.00	cm ² /ml
Área de acero mínima $A_{s\text{ mín}}$	12.67	cm ² /ml

Tabla 63. Diseño a flexión en el Talón. Muro h=7m.

DISEÑO A FLEXIÓN		
Ítem	Valor	Unidad
Momento actuante M	33209.44	Kg-m
Coeficiente de reducción de resistencia ϕ	0.90	Kg
Momento de diseño ϕM_n	46858.52	Kg-m
$\phi \rho f_y \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c}\right) b d^2 - \phi M =$	0	---
Cuantía de refuerzo ρ	0.009694	---
Área de acero requerida $A_{s\text{ requerida}}$	36.84	cm ² /ml
Área de acero mínima $A_{s\text{ mín}}$	12.67	cm ² /ml

3.2.8.5 Solicitaciones máximas de corte y momento para la pantalla:

Tabla 64. Solicitaciones últimas de corte y momento. Muro h=7m.

SOLICITACIONES ÚLTIMAS						
y [m]	CASO 1		CASO 2		Solicitaciones Máximas	
	V_u [Kg]	ϕM_n [Kg-m]	V_u [Kg]	ϕM_n [Kg-m]	V_u [Kg]	ϕM_n [Kg-m]
1	896.54	380.35	649.50	278.74	896.54	380.35
2	2608.13	2064.77	2242.42	1874.32	2608.13	2064.77
3	5134.75	5868.29	4778.77	5925.81	5134.75	5925.81
3.28	5988.26	7424.02	5658.01	7655.45	5988.26	7655.45
4	8476.42	12605.95	8258.54	13572.26	8476.42	13572.26
4.68	11214.30	19279.44	11163.67	21406.52	11214.30	21406.52
5	12633.12	23092.80	12681.74	25952.73	12681.74	25952.73
6	17604.86	38143.87	18048.36	44206.29	18048.36	44206.29
7	23391.65	58574.21	24358.41	69472.00	24358.41	69472.00

3.2.8.6 Solicitaciones máximas, corte resistente y acero de refuerzo en la pantalla:

Tabla 65. Solicitaciones máximas, corte resistente y acero de refuerzo. Muro h=7m.

SOLICITACIONES MÁXIMAS - CORTE RESISTENTE - ACERO DE REFUERZO									
y [m]	V_u [Kg]	ϕM_n [Kg-m]	F(y) [cm]	d(y) [cm]	ϕV_c [Kg]	Requiere acero por cortante	ρ	$A_{s\ min}$ [cm ² /ml]	$A_{s\ requerida}$ [cm ² /ml]
1	896.54	380.35	43.42	38.42	25082.67	No	0.000068	12.81	0.26
2	2608.13	2064.77	48.68	43.68	28518.65	No	0.000287	14.56	1.25
3	5134.75	5925.81	53.95	48.95	31954.63	No	0.000659	16.32	3.23
3.28	5988.26	7655.45	55.42	50.42	32916.70	No	0.000804	16.81	4.06
4	8476.42	13572.26	59.21	54.21	35390.61	No	0.001240	18.07	6.72
4.68	11214.30	21406.52	62.79	57.79	37727.08	No	0.001731	19.26	10.00
5	12681.74	25952.73	64.47	59.47	38826.59	No	0.001988	19.82	11.82
6	18048.36	44206.29	69.74	64.74	42262.57	No	0.002889	21.58	18.70
7	24358.41	69472.00	75.00	70.00	45698.56	No	0.003933	23.33	27.53

3.2.8.7 Comparación y chequeo de los muros tipo de la cartilla de DEVINAR con los muros calculados. El refuerzo W, V, U, R, X, Y se puede observar de manera detallada en las cartillas de DEVINAR en el Anexo 6. (ver tabla 66)

Tabla 66. Comparación del acero suministrado por la cartilla y el acero calculado para un muro de h=7m.

h= 7										
y [m]	Ref.	Datos de Cartilla		Datos Interpretados		Datos Calculados		Chequeo particular		Chequeo general
		ϕ [plg]	@ [m]	N° Barras	As_{sum} [cm ²]	As_{min} [cm ²]	As_{req} [cm ²]	Por $As_{requerido}$	Por $As_{mínimo}$	
3,28	W	7/8	0,375	3	11,64	16,81	4,06	CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
4,68	W+V	7/8	0,375	6	23,28	19,26	10,00	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
7	W+V+U	7/8	0,375	8	31,04	23,33	27,53	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	R	5/8	0,20	5	9,90	12,67	17,00	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
	X+Y	7/8	0,25	8	31,04	12,67	36,84	NO CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE

4. REVISIÓN Y COMPARACIÓN DEL PLAN DE INSPECCIÓN Y ENSAYOS DE DEVINAR, PARA EL MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE Y LOS MATERIALES GRANULARES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL TRAYECTO 6-1 CON LAS ESPECIFICACIONES DEL INVIAS

El laboratorio de DEVINAR está encargado del chequeo mediante pruebas aleatorias de la calidad de todas las obras, además del seguimiento estadístico a los resultados entregados periódicamente por parte de los contratistas.

El Departamento de Control Interno tiene entre sus funciones:

- Verificar el cumplimiento de las políticas, normas, procedimientos, planes, programas, proyectos y metas de la concesión, recomendar los ajustes pertinentes y efectuar el seguimiento a su implementación.
- Asesorar a las dependencias en la identificación y prevención de los riesgos que puedan afectar el logro de sus objetivos.
- Garantizar la calidad de las obras realizadas por la concesión y que estas se ciñan a la normatividad dispuesta por el INVIAS.
- Realizar un acompañamiento a los contratistas en la ejecución de sus obras, realizando las sugerencias pertinentes cuando sea el caso y buscando en conjunto las soluciones y correctivos a que haya lugar.
- Presentar informes de actividades a Gerencia Técnica y Administrativa.

Para este proyecto, el Plan de Control y Seguimiento de los Materiales granulares, se realizó para los meses de Junio a Noviembre del 2013. Se hace énfasis en los materiales utilizados para la elaboración de la Subbase, Base y el mejoramiento de la Subrasante, en la construcción del Trayecto 6-1.

4.1 SEGUIMIENTO: MES DE JUNIO

4.1.1 Terraplenes. Se realizó muestreo de material en sitio de obra; Ensayos de laboratorio: Análisis Granulométrico de suelos por tamizado, Determinación del contenido orgánico en suelos mediante pérdida por ignición, Peso Unitario del Suelo en el Terreno (Método del densímetro nuclear). Los resultados y su comparación con las Normas INVIAS 2002 se indica en la Tabla 4.1.

4.1.2 Material para mejoramiento. Se realizó muestreo de material de la Cantera la Cruz.

Ensayos de laboratorio: Análisis Granulométrico de suelos por tamizado, Determinación del Limite Liquido de los Suelos, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de suelos y Peso Unitario del Suelo en el Terreno (Método del densímetro nuclear). Los resultados y su comparación con las Normas INVIAS 2002, se indican en la Tabla 67.

4.1.3 Subbase granular. Se realizó muestreo de material de la Cantera la Vega y Material proveniente del Fresado del Pavimento de otros sectores del proyecto.

Ensayos de laboratorio: Análisis Granulométrico de suelos por tamizado, Determinación del Limite Liquido de los Suelos, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de suelos, Equivalente de Arena Y Ensayo Modificado de Compactación. Los resultados y su comparación con las Normas INVIAS 2002, se indican en la Tabla 68.

4.1.4 Base granular. Se realizó muestreo de material Granular de Base, consistente en una Mezcla del 50 % Triturado Pasa 1-1/2", proveniente del Corte PR 2+890, más el 30% de Recebo La Cruz, más el 20% Material de Reproceso piedra filtro.

Ensayos de laboratorio: Determinación de los Factores de Contracción de los Suelos, Peso Unitario del Suelo en el Terreno (Método del densímetro nuclear) y Resistencia al desgaste en la máquina de los ángeles. Los resultados y su comparación con las Normas INVIAS 2002, se indican en las Tablas 69-71.

En el Anexo 8, se presenta el seguimiento para los meses de Julio, Agosto, Septiembre y Noviembre.

Tabla 67. Seguimiento a los registros de ensayos de laboratorio entregados por el contratista: Terraplenes.

Fecha	Ensayo Muestra o Consecutivo	Localización	Norma Técnic a	Criterios de Aceptación	Resultados	Análisis de Resultados		
						Cumple		Observaciones
						SI	NO	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO								
21/06/2013	0023	PR 2+710 – PR 2+735 Capa No. 2. Banca Derecha Par Vial.	INV E- 123	LL <= 40% IP <= 15% Pasa T 200<=35%	LL = 41%, IP = 7%. Pasa T 200 = 13.30%		X	Clasificación = GP - GM
19/06/2013	0022	PR 2+710 – PR 2+735 Capa No. 1. Banca Derecha Par Vial.	INV E- 123	LL <= 40% IP <= 15% Pasa T 200<=35%	LL = 41% IP = 8%. Pasa T 200 = 10.80%		X	Clasificación = GM
18/06/2013	0020	PR 0+720 – PR 0+760 Capa No. 3. Banca Derecha Par Vial.	INV E- 123	LL <= 40% IP <= 15% Pasa T 200<=35%	LL = 41%, IP = 7%. Pasa T 200 = 15.00%		X	Clasificación = GM
19/06/2013	0021	PR 0+720 – PR 0+760 Capa No. 4. Banca Derecha Par Vial.	INV E- 123	LL <= 40% IP <= 15% Pasa T 200<=35%	LL = 40%. IP = 5%. Pasa T 200 = 15.20%	X		Clasificación = GM
CONTENIDO ORGÁNICO DE SUELOS MEDIANTE PERDIDA POR IGNICIÓN								
21/06/2013	0015	PR 2+710 – PR 2+735 Capa No. 2. Banca Derecha Par Vial.	INV E- 121	Entre 0 – 1 – 2 %	2.83 %		X	No por tratarse de cenizas
19/06/2013	0014	PR 2+710 – PR 2+735 Capa No. 1. Banca Derecha Par Vial.	INV E- 121	Entre 0 – 1 – 2 %	2.53 %		X	No por tratarse de cenizas
18/06/2013	0020	PR 0+720 – PR 0+760 Capa No. 3. Banca Derecha Par Vial.	INV E- 121	Entre 0 – 1 – 2 %	2.95		X	No por tratarse de cenizas

GM: Grava Limosa. Grava con más del 50% de la fracción gruesa retenida en el tamiz No. 4 (4.75mm); grava con más del 12% de finos pasantes del tamiz No. 200.

GP: Grava Pobremente Gradada. Grava con más del 50% de la fracción gruesa retenida en el tamiz No. 4 (4.75mm); grava limpia menos del 5% pasa el tamiz No. 200.

Tabla 68. Seguimiento a los registros de ensayos de laboratorio entregados por el contratista: Terraplenes (Continuación).

Fecha	Ensayo Muestra o Consecutivo	Localización	Norma Técnica	Criterios de Aceptación	Resultados	Análisis de Resultados		
						Cumple		Observaciones
						SI	NO	
PESO UNITARIO DEL SUELO EN EL TERRENO (MÉTODO DEL DENSÍMETRO NUCLEAR)								
18/06/2013	0027	PR 0+730 EJE Capa No.3	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 90% PM	94.50%	X		
18/06/2013	0027	PR 0+740 IZQ. Capa No.3	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 90% PM	93.40%	X		
18/06/2013	0027	PR 0+750 EJE Capa No.3	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 90% PM	94.30%	X		
18/06/2013	0027	PR 0+755 IZQ. Capa No.3	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 90% PM	93.50%	X		
18/06/2013	0027	PR 0+758 EJE Capa No.3	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 90% PM	95.10%	X		
19/06/2013	0028	PR 0+730 DER. Capa No.4	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 90% PM	93.20%	X		
19/06/2013	0028	PR 0+740 EJE Capa No.4	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 90% PM	92.70%	X		
19/06/2013	0028	PR 0+750 IZQ. Capa No.4	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 90% PM	93.40%	X		
19/06/2013	0028	PR 0+755 DER. Capa No.4	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 90% PM	92.10%	X		
19/06/2013	0028	PR 0+758 EJE Capa No.4	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 90% PM	93.70%	X		

Tabla 69. Seguimiento a registros de ensayos de laboratorio entregados por el contratista: Material para mejoramiento.

Fecha	Ensayo Muestra o Consecutivo	Localización	Norma Técnica	Criterios de Aceptación	Resultados	Análisis de Resultados		
						Cumple		Observaciones
						SI	NO	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO								
26/06/2013	0035	PR 2+690 – PR 2+850 Capa única de cereo Subrasante- Par vial	INV E-125 /E-126/ E-123	TM = 4” Pasa Tamiz No.10 <= 80% Pasa Tamiz No. 200 <= 25%	TM = 3” Pasa Tamiz No.10 = 45.9% Pasa Tamiz No. 200 = 14.3%	X		
CONTENIDO ORGÁNICO DE SUELOS MEDIANTE PERDIDA POR IGNICIÓN								
26/06/2013	0022	PR 2+690 – PR 2+850 Capa única de cereo Subrasante- Par vial	INV E-121	Entre 0 – 1 – 2 %	2.49%		X	No por tratarse de cenizas
PESO UNITARIO DEL SUELO EN EL TERRENO (MÉTODO DEL DENSÍMETRO NUCLEAR)								
27/06/2013	0047	PR 2+700 DER.-CEREO	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 95% PM	95.50%	X		
27/06/2013	0047	PR 2+730 IZQ.-CEREO	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 95% PM	98.20%	X		
27/06/2013	0047	PR 2+760 EJE-CEREO	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 95% PM	97.00%	X		
27/06/2013	0047	PR 2+790 DER.-CEREO	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 95% PM	97.30%	X		
27/06/2013	0047	PR 2+820 IZQ.-CEREO	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 95% PM	98.10%	X		
27/06/2013	0047	PR 2+840 EJE-CEREO	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 95% PM	97.60%	X		

Tabla 70. Seguimiento a registros de ensayos de laboratorio entregados por el contratista: Subbase Granular.

Fecha	Tipo de Material ó Producto	Ensayo Muestra o Consecutivo	Localización	Norma Técnica	Criterios de Aceptación	Resultados	Análisis de Resultados		
							Cumple		Observaciones
							SI	NO	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO									
27/06/2013	Subbase Granular (Mezcla 70% La Vega +30% Fresado)	0023	PR 0+920 – PR 1+050 Capa Única Par Vial	INV – E 125/ E- 126/ E- 123	Especificación SBG- 1 2"(100); 11/2"(70-100); 1"(60-100); 1/2"(50-90); 3/8"(40-80); No4"(30-70); No10(20-55); No40(10-40); No200(4-20)	Curva encaja dentro de franja Granulométrica	X		
EQUIVALENTE DE ARENA									
27/06/2013	Subbase Granular (Mezcla 70% La Vega + 30% Fresado)	0020	PR 0+920 – PR 1+050 Capa Única Par Vial	INV – E 133	25% MÍNIMO	26,00%	X		
COMPACTACIÓN EN LABORATORIO (PROCTOR MODIFICADO)									
16/06/2013	Subbase Granular (Mezcla 70% La Vega + 30% Fresado)	005	Trayecto 5A y Trayecto 6-1 Par vial	INV – E 142	Según resultado	D.S.M = 2.120% H.Op. = 7.9%	X		

Tabla 71. Seguimiento a registros de ensayos de laboratorio entregados por el contratista: Base Granular.

Fecha	Ensayo Muestra o Consecutivo	Localización	Norma Técnica	Criterios de Aceptación	Resultados	Análisis de Resultados		
						Cumple		Observaciones
						SI	NO	
ENSAYO DE SOLIDEZ – AGREGADO FINO Y GRUESO								
25/06/2013	007	PR 1+050 – PR 1+190 Capa Única (CEREO) Par Vial	INV E- 227	Sulfato de Magnesio < 18% Sulfato de Sodio < 12 %	Pérdida Total = 2.52%	X		Agregado Fino – Sulfato de Magnesio
25/06/2013	007	PR 1+050 – PR 1+190 Capa Única (CEREO) Par Vial	INV E- 227	Sulfato de Magnesio < 18% Sulfato de Sodio < 12 %	Pérdida Total = 2.93%	X		Agregado Grueso – Sulfato de Magnesio
PESO UNITARIO DEL SUELO EN EL TERRENO (MÉTODO DEL DENSÍMETRO NUCLEAR)								
24/06/2013	0026	PR 1+080 DER.-Capa Única	INV E- 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 100% PM	102.80%	X		
24/06/2013	0026	PR 1+110 IZQ.-Capa Única	INV E- 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 100% PM	102.70%	X		
24/06/2013	0026	PR 1+130 EJE.-Capa Única	INV E- 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 100% PM	102.70%	X		
24/06/2013	0026	PR 1+150 DER.-Capa Única	INV E- 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 100% PM	102.30%	X		
24/06/2013	0026	PR 1+180 IZQ.-Capa Única	INV E- 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 100% PM	102.60%	X		
RESISTENCIA AL DESGASTE EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES								
17/06/2013	005	PR 1+050 – PR 1+190 Capa Única (CEREO) Par Vial	INV E- 218	Desgaste < 40%	33.00 %	X		

5. SEGUIMIENTO AL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL TRAMO 6-1

Este trayecto inicia en el K 0+000 hasta K 6 + 286.23, donde inicia el Trayecto 6-2, según actualización de diseños Junio de 2014.

El residente y los ingenieros inspectores están encargados de la supervisión en obra, de las actividades en ejecución por parte de los contratistas, buscando alcanzar alta calidad y eficiencia en la construcción.

Las actividades de seguimiento para el Trayecto 6-1, incluyen: llevar un registro mensual de las actividades y sucesos relacionados con el desarrollo de la obra, así como las observaciones que realice la Interventoría (Anexo 9). También se lleva un registro fotográfico de las actividades.

A continuación se presenta el seguimiento de las actividades desarrolladas por el Contratista CONCAY S.A, subcontratista de DEVINAR, para los meses de Junio, Julio, Agosto, Septiembre, Noviembre y Diciembre; para los cuales se realiza la cuantificación de las capas granulares del mejoramiento de subrasante, conformación de terraplén, base y subbase; también se realiza su respectivo registro fotográfico y por último contiene un resumen de observaciones realizadas a los contratistas durante los meses que se realizó esta actividad.

5.1 DESCRIPCIÓN Y EJECUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

Estas actividades aplican para todos los meses, pero no necesariamente se realizan todas en ellos.

5.1.1 Corte. Incluye actividades como corte y perfilado de taludes, conformación de calzada, cargue y transporte de materiales hacia terraplén PR 0+690 A PR 0+790 y hacia SDM (Sitio de Deposito de Material). También incluye explanaciones para mejoramiento de subrasante.

5.1.2 Mejoramiento de subrasante. Los trabajos de mejoramiento se realizaron después de la supervisión por parte de la interventoría de los perfiles longitudinales y de las cotas de la excavación, verificando que sean correctos para continuar con la conformación de la Subrasante.

Se utilizó material proveniente de la cantera La Cruz, previamente aprobado por la interventoría. Incluye actividades de extensión, nivelación, compactación y conformación de Subrasante (100% Cantera La Cruz). Además de mejoramiento de calzada con extensión de geotextil, rajón y material de recebo (100% Cantera La Cruz).

5.1.3 Terraplén. Se realizó conformación de terraplén con material de corte procedente del PR 0+500 a PR 0+650 y del frente PR 3+220.

5.1.4 Subbase granular. Incluye actividades de localización y replanteo, escarificación, extensión y compactación de material de Subbase granular (100% Cantera La Vega), desde los bordes exteriores y avanzando hacia el centro de la calzada.

5.1.5 Base granular. Consiste en actividades de extensión, conformación, compactación y cereo de la capa de base granular (50% base T6.1 + 30% recebo La Cruz + 20% Trituración T6-1).

5.2 SEGUIMIENTO AL PROCESO CONSTRUCTIVO: JUNIO

A continuación se indican las actividades realizadas así como su ubicación: (ver figura 5-11)

5.2.1 Corte:

Figura 5. Conformación de calzada y perfilado de taludes. Cargue y transporte de material hacia el terraplén PR 0+690 a PR 0+790.



Figura 6. Explanaciones para mejoramiento.



5.2.2 Mejoramiento de subrasante.

- PR 0+450 A PR 0+670.
- PR 2+715 A PR 2+740.
- PR 2+990 A PR 3+030.

Figura 7. Extensión de geotextil, rajón y material de recebo.



5.2.3 Terraplén.

- PR 0+700 A PR 0+790.
- PR 2+715 A PR 2+740.

Figura 8. Conformación de Terraplén.



5.2.4 Subbase granular.

- PR 1+050 A PR 1+110.
- PR 1+160 A PR 1+170.

Figura 9. Extensión, nivelación, compactación y conformación de la Subbase Granular.



5.2.5 Base granular.

- PR 0+010 A PR 0+170.
- PR 1+070 A PR 1+200.

Figura 10. Extensión y compactación de la capa de Base Granular



Figura 11. Céreo y compactación de la capa de Base Granular.



5.2.6 Observaciones en obra:

- En el PR 0+880 M.I. existe una corriente superficial. Se debe realizar la canalización provisional, para evitar futuras erosiones del talud.
- PR 0+995 M.D. Se recomienda realizar limpieza descole de la alcantarilla y del canal abierto.
- En el PR 1+450 M.I., se debe realizar el análisis de estabilidad del talud. Se observa que en la terraza existe flujo de agua por escorrentía y en la cima del talud hay un canal en terreno natural, dichas aguas deben ser encauzada para evitar siga erosionando el talud.
- En el PR 1+780 M.D. se debe proyectar el descole de la alcantarilla hasta la entrega a la fuente natural para evitar el estancamiento de esta agua.

- PR 1+900 M.D. Se recomienda realizar la reparación del cabezal de la alcantarilla de descole.
- Durante la construcción de andenes se ha observado, que la terminación y acabado de estas estructuras no es la adecuada, por tal razón se recomienda realizar un buen acabado a la superficie de las cunetas.
- Se recomienda realizar una excelente compactación de la base para la construcción de andenes, para evitar futuras afectaciones a estas estructuras.
- En el PR 2+650 M.D. se presentó un deslizamiento en el talud del terraplén. Se hincó trinchos de madera para contención del terraplén. Los trinchos de madera deben ser una medida provisional y que debe ser remplazada por una estructura permanente. Se debe aumentar el área cubierta con plástico para evitar el arrastre de finos por la lluvia.
- Entre el PR 2+160 y el PR 2+200. M.I. se debe perfilar el talud y proceder a su empradización para disminuir la erosión y la infiltración de agua, para evitar una pérdida de estabilidad.
- Se debe realizar la construcción de zanja de coronación en la terraza ubicada desde el PR 2+710 A PR 2+840 margen izquierdo, porque está siendo afectada por corrientes de agua de escorrentía que resumen sobre el talud Se debe recolectar y evacuar estas aguas hacia una estructura de drenaje transversal.

5.3 SEGUIMIENTO AL PROCESO CONSTRUCTIVO: JULIO

A continuación se indican las actividades realizadas así como su ubicación: (ver tabla 12-15)

5.3.1 Corte:

- PR 3+400 A PR 3+600.
- PR 1+890 A PR 1+920. Zona Peaje.

Figura 12. Corte, perfilado de taludes y transporte de materiales hacia SDM.



5.3.2 Mejoramiento de subrasante:

- PR 3+360 A PR 3+470.
- PR 0+300 A PR 0+750.
- PR 1+780 A PR 1+850.

Figura 13. Extensión de geotextil, rajón y material de recebo.



5.3.3 Subbase granular.

- PR 0+820 A PR 0+920.
- PR 2+690 A PR 2+840.

Figura 14. Extensión, nivelación y compactación de la Subbase Granular



5.3.4 Base granular.

- PR 0+300 A PR 0+700.
- PR 0+890 A PR 1+070.
- PR 1+070 A PR 1+200.

Figura 15. Extensión, nivelación y compactación de la Base Granular.



5.3.5 Observaciones en obra:

- Durante la fundición de las diferentes estructuras en concreto, se debe realizar adecuado manejo y control de agua en la mezcla y disponer del equipo necesario para la correcta ejecución de las obras, evitando que se generen bajas resistencias.

- PR 0+710 M.D. Se recomienda realizar la prolongación del filtro lateral para evacuar las aguas de escorrentía hacia la fuente hídrica, evitando así la socavación del sitio.
- PR 0+740. M.I. Aleta derecha encole Box Culvert. Se presenta 2 fisuras transversales, se recomienda tomar acciones pertinentes.
- En el PR 0+880 M.I. existe una corriente superficial en el talud. Se recomienda la proyección de obras de drenaje como zanjas de coronación para su canalización; el volumen de agua de escorrentía que circula es considerable y puede ocasionar inestabilidad y deslizamiento del talud.
- En el PR 1+900 M.D. Se debe realizar la reparación del cabezal de la alcantarilla.
- En la construcción de cunetas se debe realizar una óptima compactación de la superficie antes del vaciado de concreto con el fin de evitar futuras afectaciones a estas estructuras.
- En el PR 1+770 A PR 1+780 M.D. Se recomienda la reparación de cunetas y bordillos. Debido a esta afectación se observa socavación en la alcantarilla ubicada en el PR 1+780.
- En el PR 1+780 M.D. Se recomienda realizar la prolongación del canal abierto.
- Entre el PR 2+710 y el PR 2+840 M.I., se observa afectación de la terraza por filtraciones de agua, se recomienda realizar la construcción de zanja de coronación y encauzar el agua de forma adecuada.
- En el PR 1+898 M.D. El cabezal de la alcantarilla se encuentra agrietado, se recomienda realizar la respectiva reposición o reparación.

En la alcantarilla ubicada en el PR 3+025 M.D se recomienda la construcción de canal abierto de descole, para evitar generación de inestabilidad de la banca por infiltración de agua en el área de influencia de la .

5.3.6 Cuantificación de cantidades de obra de explanación y material granular compactado en el Trayecto 6-1. Estos valores fueron calculados en el sitio de la obra, de acuerdo al área a intervenir o de acuerdo al volumen de material que se transporte. Se calculó su valor de acuerdo a los precios actualizados y autorizados por la Concesión. (ver tabla 72)

Tabla 72. Cantidades de material de explanación y material granular. Mes de Julio.

Nº ORDEN	ÍTEM DE PAGO	UNIDAD	PRECIOS UNITARIOS [\$]	CANTIDADES	VALOR PARCIAL [\$]
	EXPLANACIONES				
1	DESMONTE Y LIMPIEZA EN ZONAS BOSCOSAS	Ha	1.490.199,23	0,61	912.477,63
2	EXCAVACIÓN EN MAT COMÚN DE LA EXPLANACIÓN	m³	2.455,74	31.193,46	76.603.038,70
3	TERRAPLENES CON MATERIAL DE EXPLANACIÓN	m³	3.689,51	2.395,83	8.839.446,12
4	PEDRAPLÉN O LECHO FILTRANTE	m³	23.257,95	1.424,08	33.121.181,44
5	MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON MAT IMPORTADO	m³	18.350,90	448,46	8.229.681,32
	BASE Y SUBBASES				
6	SUBBASE GRANULAR CBR > 40%	m³	22.032,29	265,98	5.860.060,37
7	BASE GRANULAR CBR > 80%	m³	25.869,39	402,92	10.423.242,88

Seguimiento al proceso constructivo: Agosto

A continuación se indican las actividades realizadas así como su ubicación: (ver figura 16-20)

5.3.7 Corte:

- PR 3+670 A PR 3+850.

Figura 16. Corte, perfilado de taludes y transporte de material.



5.3.8 Mejoramiento de subrasante:

- PR 2+900 A PR 3+160.
- PR 3+620 A PR 3+710.

Figura 17. Extensión y compactación de material de Mejoramiento con geotextil, rajón y material seleccionado.



5.3.9 Subbase granular:

- PR 2+690 A PR 2+850.

Figura 18. Extensión, compactación de material para Subbase.



5.3.10 Base granular:

- PR 0+260 A PR 0+350.
- PR 2+670 A PR 2+840. Céreo de material de base (50% base T6-1, 30% recebo La Cruz, 20% Fresado).

Figura 19. Extensión, compactación de la Base Granular.



Acceso:

- PR 0+0980 M.D. Adecuación acceso.

Figura 20. Adecuación de acceso. Extensión de material seleccionado.



5.3.11 Observaciones en obra:

- En el PR 0+880 M.I. existe una corriente superficial. Se debe realizar la canalización provisional, para evitar futuras erosiones del talud.
- En el PR 1+450 M.I., se debe realizar el análisis de estabilidad del talud. Se observa que en la terraza existe flujo de agua por escorrentía y en la cima del talud hay un canal en terreno natural, dichas aguas deben ser encauzada para evitar siga erosionando el talud.
- En el PR 1+780 M.D. se debe proyectar el descole de la alcantarilla hasta la entrega a la fuente natural para evitar el estancamiento de esta agua.

- PR 1+900 M.D. Se recomienda realizar la reparación del cabezal de la alcantarilla de descole.
- Se recomienda realizar una excelente compactación de la base para la construcción de andenes, para evitar futuras afectaciones a estas estructuras.
- En el PR 2+650 M.D. se presentó un deslizamiento en el talud del terraplén. Se hincó trinchos de madera para contención del terraplén. Los trinchos de madera deben ser una medida provisional y que debe ser remplazada por una estructura permanente. Se debe aumentar el área cubierta con plástico para evitar el arrastre de finos por la lluvia.
- Entre el PR 2+160 y el PR 2+200. M.I. se debe perfilar el talud y proceder a su Empradización para disminuir la erosión y la infiltración de agua, para evitar una pérdida de estabilidad.
- Se debe realizar la construcción de zanja de coronación en la terraza ubicada desde el PR 2+710 A PR 2+840 margen izquierdo, porque está siendo afectada por corrientes de agua de escorrentía que resumen sobre el talud. Se debe recolectar y evacuar estas aguas hacia una estructura de drenaje transversal.

5.3.12 Cuantificación de cantidades de obra de explanación y material granular compactado en el Trayecto 6-1:

Tabla 73. Cantidades de material de explanación y material granular. Mes de Agosto.

Nº ORDEN	ÍTEM DE PAGO	UNIDAD	PRECIOS UNITARIOS [\$]	CANTIDADES	VALOR PARCIAL [\$]
	EXPLANACIONES				
1	EXCAVACIÓN EN MAT COMÚN DE LA EXPLANACIÓN	m³	2.455,74	18.089,72	44.423.629,26
2	TERRAPLENES CON MATERIAL DE EXPLANACIÓN	m³	3.689,51	2.159,43	7.967.236,43
3	PEDRAPLÉN Ó LECHO FILTRANTE	m³	23.257,95	1.801,96	41.909.939,20
4	MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON MAT IMPORTADO	m³	18.350,90	617,67	11.334.725,07

5.4 SEGUIMIENTO AL PROCESO CONSTRUCTIVO: SEPTIEMBRE.

A continuación se indican las actividades realizadas así como su ubicación: (ver figura 21-24)

5.4.1 Mejoramiento de subrasante:

- PR 2+850 A PR 3+040.
- PR 3+850 A PR 3+900.

Figura 21. Conformación de capa Subrasante lista para extensión de Subbase. Extensión de material de recebo y rajón para mejoramiento de Subrasante.



5.4.2 Subbase granular:

- PR 2+850 A PR 3+040.

Figura 22. Conformación de capa Subbase granular lista para extensión de Base.



5.4.3 Base granular:

- PR 2+650 A PR 2+850.

Figura 23. Conformación de capa Base granular lista para extensión de carpeta asfáltica.



5.4.4 Acceso vehicular:

- PR 3+660 M.I. Construcción de acceso vehicular.

Figura 24. Construcción de acceso Vehicular.



5.4.5 Observaciones en obra:

- En el PR 0+880 M.I. existe una corriente superficial. Se debe realizar la canalización provisional, para evitar futuras erosiones del talud.
- En el PR 1+450 M.I., se debe realizar el análisis de estabilidad del talud. Se observa que en la terraza existe flujo de agua por escorrentía y en la cima del talud hay un canal en terreno natural, dichas aguas deben ser encauzada para evitar siga erosionando el talud.

- En el PR 1+780 M.D. se debe proyectar el descole de la alcantarilla hasta la entrega a la fuente natural para evitar el estancamiento de esta agua.
- Se debe realizar la construcción de zanja de coronación en la terraza ubicada desde el PR 2+710 A PR 2+840 margen izquierdo, porque está siendo afectada por corrientes de agua de escorrentía que resumen sobre el talud Se debe recolectar y evacuar estas aguas hacia una estructura de drenaje transversal.
- En el PR 2+713 M.I. Se atendió la recomendación con la construcción de un Disipador, para canalizar las aguas de escorrentía.
- PR 3+360 A 3+390 M.I. Se debe iniciar la construcción de un muro de contención debido a la inestabilidad del talud.
- PR 3+445 M.I y PR 3+660 M.I. Se debe iniciar la construcción de una zanja de coronación sobre el talud, para drenar las aguas de escorrentía hacia la alcantarilla y evitar deslizamientos de taludes.

5.4.6 Cuantificación de cantidades de obra de explanación y material granular compactado en el Trayecto 6-1. Estos valores fueron calculados en el sitio de la obra, de acuerdo al área a intervenir o de acuerdo al volumen de material que se transporte. Se calculó su valor de acuerdo a los precios actualizados y autorizados por la Concesión.

Tabla 74. Cantidades de material de explanación y material granular. Mes de Septiembre.

Nº ORDEN	ÍTEM DE PAGO	UNIDAD	PRECIOS UNITARIOS [\$]	CANTIDADES	VALOR PARCIAL [\$]
	EXPLANACIONES				
1	DESMONTE Y LIMPIEZA EN ZONAS NO BOSCOSAS	Ha	869.477,88	0,43	376.655,64
2	EXCAVACIÓN EN MAT COMÚN DE LA EXPLANACIÓN	m³	2.455,74	2.503,84	6.148.773,79
3	REMOCIÓN DE DERRUMBES	m³	2.536,17	574,00	1.455.762,06
4	TERRAPLENES CON MATERIAL DE EXPLANACIÓN	m³	3.689,51	7.254,94	26.767.180,16
5	PEDRAPLÉN O LECHO FILTRANTE	m³	23.257,95	527,12	12.259.707,35
6	MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON MAT IMPORTADO	m³	18.350,90	212,80	3.905.071,52
7	MEJORAMIENTO DE PISO PARA ESTRUCTURAS CON RAJÓN	m³	37.937,04	338,94	12.858.532,93
	BASE Y SUBBASES				
8	SUBBASE GRANULAR CBR > 40%	m³	\$ 22.032,29	911,68	\$ 20.086.400,30

5.5 SEGUIMIENTO AL PROCESO CONSTRUCTIVO: NOVIEMBRE

A continuación se indican las actividades realizadas así como su ubicación: (ver figura 25)

5.5.1 Corte:

- PR 4+180 A PR 4+280.

5.5.2 Mejoramiento de subrasante:

- PR 3+900.
- PR 3+920 A PR 4+100.

Figura 25. Extensión de Geotextil, extensión de rajón y material de recebo (100% Cantera La Cruz) y compactación del material.



5.5.3 Acceso vehicular.

- PR 0+980 M.I. Construcción de filtros y zanja de coronación.

5.5.4 Observaciones en obra

- En el PR 0+880 M.D. Se observa incompleta la construcción de obras de canalización de aguas provenientes de la alcantarilla.
- En el PR 1+450 M.I., se realizó desalojo del material en la calzada producto de deslizamiento. Se observa que en la terraza existe flujo de agua por

escorrentía y en la cima del talud hay un canal en terreno natural, dichas aguas deben ser encauzadas para evitar que continúe la erosión del talud.

- Desde el PR 3+390 a PR 3+410 M.I. Se observa varios deslizamientos de talud, debido a la fuerte ola invernal.

5.5.5 Cuantificación de cantidades de obra de explanación y material granular compactado en el Trayecto 6-1. Estos valores fueron calculados en el sitio de la obra, de acuerdo al área a intervenir o de acuerdo al volumen de material que se transporte. Se calculó su valor de acuerdo a los precios actualizados y autorizados por la Concesión. (ver tabla 75)

Tabla 75. Cantidades de material de explanación y material granular. Mes de Noviembre

Nº ORDEN	ÍTEM DE PAGO	UNIDAD	PRECIOS UNITARIOS [\$]	CANTIDADES	VALOR PARCIAL [\$]
	EXPLANACIONES				
1	EXCAVACIÓN SIN CLASIFICAR DE LA EXPLANACIÓN Y CANALES	m³	\$ 7.478,00	11.911,30	\$89.072.686,44
2	REMOCIÓN DE DERRUMBES	m³	\$ 5.971,00	2.294,00	\$13.697.474,00
3	TERRAPLÉN	m³	\$ 7.609,00	172,33	\$ 1.311.243,75
4	PEDRAPLÉN COMPACTO CON ADICIÓN DE MATERIAL	m³	\$ 75.619,00	2.771,41	209.571.252,79
5	MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EMPLEANDO ÚNICAMENTE MATERIAL ADICIONAL, INCLUYE MATERIAL ADICIONADO (AFIRMADO)	m³	\$ 57.056,00	871,09	49.701.025,15

5.6 SEGUIMIENTO AL PROCESO CONSTRUCTIVO: DICIEMBRE

A continuación se indican las actividades realizadas así como su ubicación: (ver figura 26-27)

5.6.1 Corte:

- PR 4+260 A PR 4+390.
- PR 4+700 A PR 4+830.
- PR 4+420 M.I.

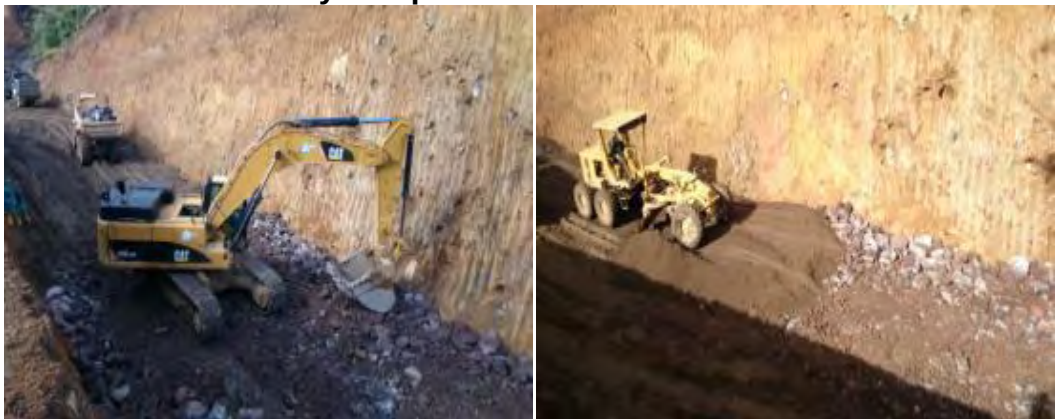
Figura 26. Corte: Perfilado de taludes y desalojo de material. Explanación.



5.6.2 Mejoramiento de subrasante:

- PR 4+210 A PR 4+390.

Figura 27. Mejoramiento: Extensión de material de rajón y material de recebo y compactación del material.



5.6.3 Observaciones en Obra:

- PR 0+080 M.D. Se observa incompleta la construcción del canal abierto.
- En el PR 0+880 M.D. Se observa incompleta la construcción de obras de canalización de aguas provenientes de la alcantarilla.
- En el PR 1+450 M.I., se realizó desalojo del material en la calzada producto de deslizamiento. Se observa que en la terraza existe flujo de agua por

escorrentía y en la cima del talud hay un canal en terreno natural, dichas aguas deben ser encauzadas para evitar que continúe la erosión del talud.

- Desde el PR 3+390. Se observa varios deslizamientos de talud, debido a la fuerte ola invernal.

5.6.4 Cuantificación de cantidades de obra de explanación y material granular compactado en el Trayecto 6-1. Estos valores fueron calculados en el sitio de la obra, de acuerdo al área a intervenir o de acuerdo al volumen de material que se transporte. Se calculó su valor de acuerdo a los precios actualizados y autorizados por la Concesión. (ver tabla 76)

Tabla 76. Cantidades de material de explanación y material granular. Mes de Noviembre

Nº ORDEN	ÍTEM DE PAGO	UNIDAD	PRECIOS UNITARIOS [\$]	CANTIDADES	VALOR PARCIAL [\$]
	EXPLANACIONES				
1	EXCAVACIÓN SIN CLASIFICAR DE LA EXPLANACIÓN Y CANALES	m³	7.478,00	12.169,65	91.004.627,74
2	REMOCIÓN DE DERRUMBES	m³	5.971,00	636,00	3.797.556,00
3	MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EMPLEANDO ÚNICAMENTE MATERIAL ADICIONAL, INCLUYE MATERIAL ADICIONADO (AFIRMADO)	m³	57.056,00	48,00	2.738.688,00

6. CONCLUSIONES

Las empresas de construcción tienen la responsabilidad civil de rehacer a terceros afectados por la obra ejecutada, tal fue en este proyecto, que a las personas afectadas por la explanación del Trayecto 6.1, se les volvió adecuar sus accesos, dejándolos con muy buenas condiciones técnicas, muy superiores a las que tenían. Dándoles tratamiento de vías terciarias a accesos particulares.

En los planos de Planta-Perfil, se debe incluir la guitarra de Cotas Negras y Cotas Rojas, así, no lo exija el Manual de Diseño Geométrico INVIAS 2008, para poder corroborar datos con las carteras entregadas para materializar.

Es completamente necesario ir a campo, antes de emprender un diseño, ya sea alguna rectificación de eje, muros, obras de drenajes etc., todo esto para tener una mejor perspectiva del sector.

Para cualquier proyecto, los Muros de Contención, deben ser diseñados, de acuerdo al estudio de Suelos para cada sector en particular. En el diseño debe incluirse el sismo, ya que esta región se encuentra en Nivel de Amenaza Sísmica Alto.

En los planos de Planta-Perfil, se debe incluir las líneas de talud de corte y terraplén, así, no lo exija el Manual de Diseño Geométrico INVIAS 2008. Esto ayuda a visualizar el diseño de obras de drenaje y contención.

Para el correcto funcionamiento de los Muros, se deben respetar las especificaciones del relleno, como el ángulo de fricción, el peso específico, y un suelo completamente granular, no sirve rellenar con material de excavación.

Se deben construir lagrimales según las especificaciones de diseño, y para su correcto funcionamiento, el filtro deben cumplir cierta granulometría que debe respetarse, así mismo, debe usarse el Geotextil.

Todos los muros chequean a fuerzas externas. Además los espesores de los tres voladizos, contrarrestan sin problema los esfuerzos cortantes.

Para el muro de altura $h=2m$, prácticamente el Acero suministrado, es superior al Acero requerido. En ningún caso, se cumple el requerimiento de acero mínimo.

Para el muro de altura $h=3m$, el Acero suministrado, es superior al Acero requerido. En ningún caso, se cumple el requerimiento de Acero mínimo.

Para el muro de altura $h=4\text{m}$, en la pantalla, el Acero suministrado es superior al acero requerido; obstante, no cumple con el acero mínimo; tanto en la punta como el talón, el Acero suministrado es inferior al Acero requerido, comprometiendo seriamente su uso.

Para el muro de altura $h=5\text{m}$, en la pantalla, el Acero suministrado es superior al acero requerido; obstante en la parte superior del muro, no se cumple con el acero mínimo; tanto en la punta como en el talón, el Acero suministrado es inferior al Acero requerido, comprometiendo seriamente su uso. También se observa, que la pantalla está sobre reforzada en su base; la punta como el talón, no cumplen con el acero requerido, comprometiendo su uso.

Para el muro de altura $h=6\text{m}$, el Acero suministrado en la pantalla, es superior al requerido, obstante, el acero mínimo no es adecuado salvo para la base; la cimentación, no cumple con el acero requerido, su uso es comprometido.

Para el muro de altura $h=7\text{m}$, el acero suministrado en la pantalla, es superior al acero requerido, obstante, el Acero mínimo no es adecuado en la región superior, donde solo se encuentran 3 barras; tanto la punta como el talón, se ven comprometidos, ya que no se cumple con el Acero requerido. Su uso es comprometido.

Al realizar en oficina todas estas observaciones, se atendió que para el Trayecto 6-1, los muros de esta cartilla no son adecuados y deben ser recalculados, muros con los que se debe sustentar la banca del Trayecto. Es muy probable que no se haya tenido en cuenta el Sismo; se encomendó esta tarea a un ingeniero especialista en estructuras, además se incluye un talud a sostener.

Realizar un seguimiento a las diferentes capas granulares de la estructura de pavimento, en lo correspondiente a densidad y niveles, así se realiza el control para poder brindar durabilidad al pavimento y la seguridad al usuario que transite por ella.

En la evaluación del soporte del suelo, son necesarios ensayos de laboratorio del material de la base, ensayos de granulometría, bajo las normas INVIAS 2002. Estos ensayos fueron responsabilidad de los Subcontratistas de la Concesión. Son ellos quienes presentaron estos análisis, pero es la Interventoría la que se encarga de hacerlos cumplir.

Con respecto a el material granular de bases, subbases y material para mejoramiento, se tuvo un control permanente, para lograr las compactaciones adecuadas según el estudio y análisis de cada material; cumpliendo en la mayoría de los resultados obtenidos en laboratorio, bajo las normas de INVIAS 2013.

La presencia de cenizas en el material natural de las excavaciones hizo que los resultados del ensayo de materia orgánica, presentaran altos niveles de la misma, pero sin embargo esta presencia no afecta el correcto funcionamiento de estos materiales como material de construcción.

El comportamiento y durabilidad de un Pavimento asfáltico, se inició desde la conformación de la subrasante, ya que esta capa conforma el cimiento de un Pavimento, de su capacidad de resistencia depende el espesor de la carpeta asfáltica, así como de las otras capas granulares que conforman esta estructura. Esta capa soportó los esfuerzos sin que el Pavimento se afecte por deformaciones.

La experiencia adquirida de la práctica, durante este periodo de pasantía, en el trabajo de campo, ha sido de gran utilidad para la formación integral como ingeniero civil, tanto en la parte académica, de responsabilidad civil y profesional, que logran complementar la formación académica adquirida.

En toda obra de Ingeniería no deben descuidarse factores tales como el humano, ambiental y organizacional, puesto que con una buena planeación, preparación, entrenamiento y puesta en marcha de plan que proteja e instruya sobre las técnicas de trabajo y su influencia en el medio ambiente.

El aprendizaje académico es el principal factor para alcanzar las metas propuestas y de esta manera, ser un eje participante de la problemática de desarrollo de nuestra región.

7. RECOMENDACIONES

Hacer el manejo correcto del tránsito vehicular y peatonal, con señalización y paleteros por los puntos donde se intervienen los accesos a fincas y viviendas aledañas al frente de obra, para así evitar accidentes con terceros.

Realizar un control de calidad más estricto y acciones preventivas y correctivas, para la conformación de las capas de Base y Subbase, en los tramos a intervenir.

Incluir en el Plan de Inspección de DEVINAR, un control más estricto con respecto a la frecuencia de los ensayos, puesto que esto no se especifica y es de vital importancia para un correcto control y seguimiento de los materiales de construcción.

Realizar escarificación de los tramos con fallos, remplazo con material adecuado, conformación y compactación final hasta alcanzar la densidad especificada.

Contar con una superficie limpia, libre de escombros, compactada adecuadamente; se recomienda contar con los equipos mínimos para la ejecución de las obras, como vibrador y compactador.

Iniciar la construcción de zanjas de coronación, para evitar futuros deslizamientos, y recolectar, evacuar estas aguas hacia una estructura de drenaje transversal.

Continuar con la limpieza de la calzada para evitar que en tiempo de lluvia se convierta en lodo y en tiempo seco se genere dispersión de partículas de polvo en el aire, además, para evitar la ocurrencia de posibles accidentes con la maquinaria que transita por la obra, asimismo, se debe evacuar el material depositado en las cunetas después de realizar la limpieza de la calzada.

BIBLIOGRAFIA

CÁRDENAS GRISALES, James. Diseño Geométrico de Carreteras. Bogotá: ECOE Ediciones. 2005.

Manual de Diseño Geométrico para Carreteras. INVIAS. Bogotá: La asociación. 1998.

Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente: NSR-98. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica: Santa Fe de Bogotá: La Asociación, 1998.

SEGURA FRANCO, Jorge. Estructuras de Concreto I. Bogotá: s.n. 1999.

TORRES BELANDRIA, R. Análisis y Diseño de Muros de Contención de Concreto Armado. Merida: s.n. 2008.

UGARTE CONTRERAS, Olger. Diseño Avanzado de Proyectos con AutoCAD Civil 3D. Lima: Macro, 2011.

ANEXOS

ANEXO 1. ELEMENTOS Y ESPECIFICACIONES DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA CARRETERAS INVIAS 1998.

CONTROLES PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO

Velocidad de diseño

Para este proyecto se determinó anteriormente como *terciaria y escarpado* respectivamente.

Velocidades de diseño según el tipo de carretera y terreno.

Tipo de carretera	Tipo de terreno	Velocidad de diseño V_d (km/h)									
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Carretera Principal de Dos calzadas	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Carretera Principal de Una calzada	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Carretera Secundaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Carretera Terciaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										

Distancia de visibilidad de parada (D_p)

Es la distancia necesaria para que el conductor de un vehículo que circula aproximadamente a la velocidad de diseño pueda detenerlo antes de llegar a un obstáculo fijo que aparezca en su trayectoria.

La distancia de visibilidad de parada se calculará mediante la siguiente expresión:

$$D_p = 0.556V_d + \frac{V_d^2}{254(f_l \pm p)} \quad (1.3)$$

Dónde:

- D_p : Distancia de visibilidad de parada, en metros.
- V_d : Velocidad de diseño, (Km/h).
- f_l : Coeficiente de fricción longitudinal llanta-pavimento.

P: Pendiente de la rasante (tanto por uno), + ascenso, - descenso.

El coeficiente de fricción longitudinal f_l en pavimentos húmedos para diferentes velocidades de diseño se obtendrá de la Tabla 3.2.1, como condición más desfavorable.

Coeficientes de fricción longitudinal para pavimentos húmedos.

Velocidad de diseño V_d [Km/h]	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Coeficiente de fricción longitudinal f_l	0.440	0.400	0.370	0.350	0.330	0.320	0.315	0.310	0.305	0.300

DISEÑO EN PLANTA DEL EJE DE LA CARRETERA

Velocidades específicas y radio de mínimo ($R_{Cmín}$)

Para cada velocidad de operación o específica V_e se adopta un coeficiente de fricción transversal movilizable que sea seguro en condiciones críticas $f_{Tmáx}$, como son pavimento mojado y estado desgastado de las llantas, y un peralte suficiente $e_{máx}$, obteniendo así el radio $R_{Cmín}$ de la curva que genera la fuerza centrífuga que se puede contrarrestar con estos valores seleccionados.

En otras palabras, el radio mínimo $R_{Cmín}$, es el límite para una velocidad específica V_e dada del vehículo, calculado a partir del peralte máximo $e_{máx}$ y del coeficiente de fricción transversal máximo $f_{Tmáx}$, según la ecuación (2.5), como:

$$R_{Cmín} = \frac{(V_e)^2}{127 * (e_{máx} + f_{Tmáx})} \quad (1.4)$$

Según el Manual de Diseño Geométrico para Carreteras del Instituto Nacional de Vías 1998, en la Tabla siguiente, se presentan los radios mínimos absolutos $R_{Cmín}$, calculados con la ecuación (1.2), para las velocidades específicas indicadas V_e , los peraltes máximos recomendados $e_{máx}$ y los coeficientes de fricción transversal máximos $f_{Tmáx}$.

Peraltes máximos ($e_{máx}$)

Según (Instituto Nacional de Vías, 1998), para curvas con radio comprendido entre 30 metros y 170 metros, el peralte deberá ser del 8% con variación de velocidad específica entre 30 y 70 km/h respectivamente. Para valores mayores del radio, el peralte se deduce de acuerdo con la ecuación de equilibrio que relaciona el radio, el peralte, la fricción transversal y la velocidad específica.

Radio s mínimos absolutos.

Velocidad específica V_e [Km/h]	Peralte recomendado $e_{máx}$ [%]	Fricción lateral $f_{Tmáx}$	Factor $e_{máx} + f_{Tmáx}$	Radio mínimo	
				Calculado [m]	Redondeado [m]
30	8.0	0.180	0.260	27.26	30.00
40	8.0	0.172	0.2522	49.95	50.00
50	8.0	0.164	0.244	80.68	80.00
60	8.0	0.157	0.237	119.61	120.00
70	8.0	0.149	0.229	168.48	170.00
80	7.5	0.141	0.216	233.30	235.00
90	7.0	0.133	0.203	314.18	315.00
100	6.5	0.126	0.191	413.25	415.00
110	6.0	0.118	0.178	535.26	535.00
120	5.5	0.110	0.170	687.19	690.00
130	5.0	0.100	0.150	887.14	890.00
140	4.5	0.094	0.139	1110.29	1100.00
150	4.0	0.087	0.127	1395.00	1400.00

INVIAS, Manual de Diseño Geométrico para Carreteras

Transición del peralte

En la siguiente tabla, presenta los valores máximos y mínimos de la pendiente longitudinal para la rampa de peraltes.

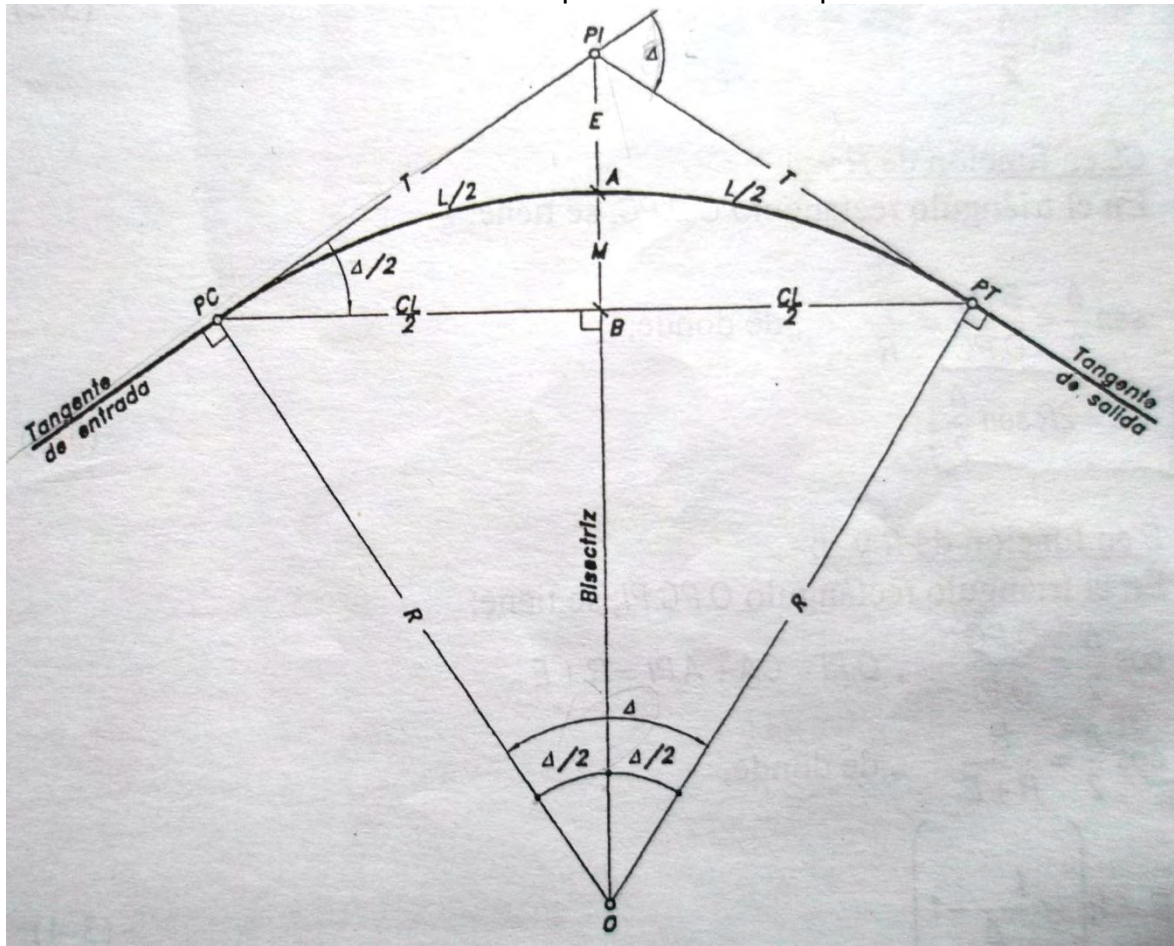
Valores máximos y mínimos de la pendiente longitudinal para rampas de peraltes.

Velocidad específica V_e [m]	Pendiente Relativa de la Rampa de Peraltes m	
	Máxima [m]	Mínima [m]
30	1.28	0.1(carri)
40	0.96	
50	0.77	
60	0.64	
70	0.55	
80	0.50	
90	0.48	
100	0.45	
110	0.42	
120	0.40	
130	0.40	
140	0.40	
150	0.40	

Curvas circulares

En la Figura siguiente aparecen los diferentes elementos geométricos de una curva circular simple. Tomando el sentido de avance de izquierda a derecha, dichos elementos son:

Elementos del empalme circular simple.



Fuente: James Cárdenas Grisales, Diseño Geométrico de Carreteras. Bogotá. 2004.

- PI: Punto de intersección de las tangentes o vértice de la curva.
- PC: Principio de curva: punto donde termina la tangente de entrada y empieza la curva.
- PT: Principio de tangente: punto donde termina la curva y empieza la tangente de salida.
- O: Centro de la curva circular.
- Δ : Ángulo de deflexión de las tangentes: ángulo de deflexión principal. Es igual al ángulo central subtendido por el arco PC.PT.
- R: Radio de la curva circular simple.
- T: Tangente o subtangente: distancia desde el PI al PC o desde el PI al PT.

- L: Longitud de curva circular: distancia desde el PC al PT a lo largo del arco circular, o de un polígono de cuerdas.
 CL: Cuerda larga: distancia en línea recta desde el PC al PT.
 E: Externa: distancia desde el PI al punto medio de la curva A.
 M: Ordenada media: distancia desde el punto medio de la curva A al punto medio de la cuerda larga B.

Los anteriores elementos geométricos se relacionan entre sí, dando origen a expresiones que permiten el cálculo de la curva.

T en función de R y Δ :

$$T = R \tan \frac{\Delta}{2} \quad (1.5)$$

R en función de T y Δ :

$$R = \frac{T}{\tan \frac{\Delta}{2}} \quad (1.6)$$

CL en función de R y Δ :

$$CL = 2R \sin \frac{\Delta}{2} \quad (1.7)$$

E en función de R y Δ :

$$E = R \left(\frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} - 1 \right) \quad (1.8)$$

E en función de T y Δ :

$$E = T \tan \frac{\Delta}{4} \quad (1.9)$$

M en función de R y Δ :

$$M = R \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right) \quad (1.10)$$

Se trabajó con el sistema Cuerda-Grado, donde:

El ángulo central G_c es subtendido por una cuerda unidad c:

$$G_c = 2 \arcsen \frac{c}{2R} \quad (1.11)$$

Para este sistema, la longitud de la curva L_c , es:

$$L_c = \frac{c\Delta}{G_c} \quad (1.12)$$

Deflexiones por metro, expresada en grados, minutos y segundo, por metro es:

$$d_{10}^{\circ} = \frac{G_c}{20} = ^{\circ}/m \quad (1.13)$$

La Deflexión por cuerda unidad:

$$\delta = \frac{G_c}{2} \quad (1.14)$$

DISEÑO EN PERFIL DEL EJE DE LA CARRETERA

Tangentes verticales:

Pendiente Mínima

Esta no debe ser menor que el 0.5%, determinada por criterios de drenaje.

Pendiente Máxima

En la siguiente tabla, se incluyen las pendientes máximas recomendadas a utilizar.

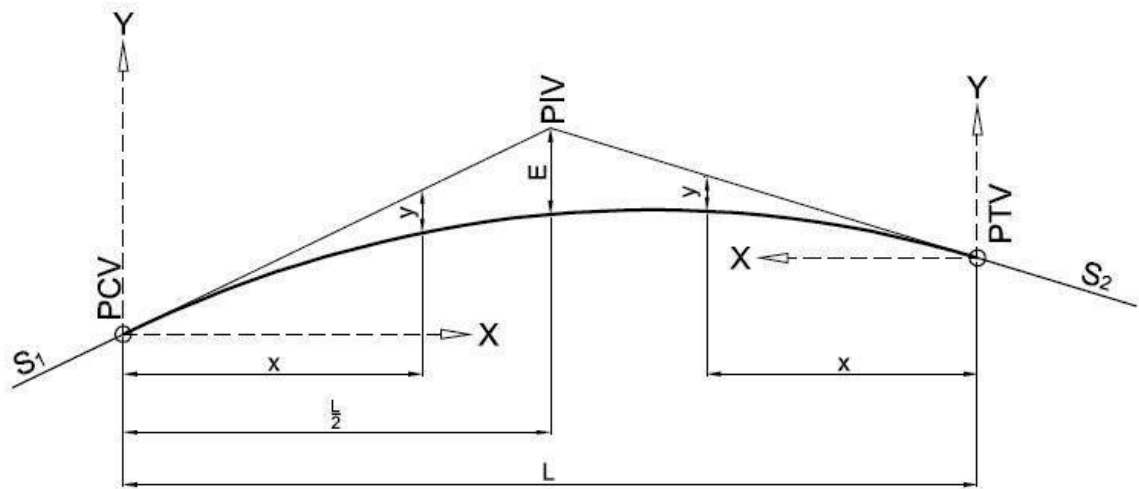
Relación entre la Pendiente Máxima (%) y la Velocidad de Diseño.

Tipo de carretera	Tipo de terreno	VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/h)									
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Carretera Principal de Dos calzadas	Plano	-	-	-	-	-	-	4	3	3	3
	Ondulado	-	-	-	-	-	5	5	4	4	4
	Montañoso	-	-	-	-	-	6	6	5	5	5
	Escarpado	-	-	-	-	-	7	6	6	6	-
Carretera Principal de Una calzada	Plano	-	-	-	-	5	4	4	3	-	-
	Ondulado	-	-	-	6	6	5	5	4	-	-
	Montañoso	-	-	-	8	7	7	6	-	-	-
	Escarpado	-	-	-	8	8	7	-	-	-	-
Carretera Secundaria	Plano	-	-	7	7	7	6	-	-	-	-
	Ondulado	-	11	10	10	9	8	-	-	-	-
	Montañoso	-	12	11	11	10	-	-	-	-	-
	Escarpado	15	14	13	12	-	-	-	-	-	-
Carretera Terciaria	Plano	-	7	7	7	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	11	11	10	10	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	14	13	13	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	16	15	14	-	-	-	-	-	-	-

Curvas Verticales

Los principales elementos y expresiones matemáticas se presentan a continuación:

Elementos de la curva vertical simétrica.



Dónde:

PCV: Principio de la curva vertical.

PIV: Punto de intersección de las tangentes verticales.

PTV: Terminación de la curva vertical.

L: Longitud de la curva vertical, medida por su proyección horizontal, en metros.

S1: Pendiente de la tangente de entrada, en porcentaje (%).

S2: Pendiente de la tangente de salida, en porcentaje (%).

A: Diferencia algebraica de pendientes, en porcentaje (%), o sea:

$$A = |S1 - S2| \quad (1.15)$$

E: Externa. Ordenada vertical desde el PIV a la curva, dada en metros, se determina así:

$$E = \frac{A * L}{800} \quad (1.16)$$

x: Distancia horizontal a cualquier punto de la curva desde el PCV o desde el PTV.

Y: Ordenada vertical en cualquier punto, también llamada corrección de la curva vertical, se calcula mediante la expresión:

$$y = x^2 * \left(\frac{A}{200 * L} \right) \quad (1.17)$$

Longitud de la curva vertical:

Los criterios para la selección de la longitud de la curva vertical que a continuación se indican son aplicables para las curvas simétricas y asimétricas y son los siguientes:

Criterio de seguridad:

Establece una longitud mínima que debe tener la curva vertical para que en toda su trayectoria la distancia de visibilidad sea mayor o igual a la de parada (D_p).

Curvas Verticales Convexas:

- Prime caso (Distancia de Visibilidad $< L$):

Para la distancia de visibilidad de parada:

$$L_{\min} = \frac{A(D_p)^2}{425} \quad (1.18)$$

Donde:

$L_{\min}$: Longitud mínima de la curva, en metros.

A : Diferencia algebraica de pendientes, es porcentaje (%).

D_p : Distancia de visibilidad de parada, en metros.

- Segundo caso (Distancia de Visibilidad $> L$):

Para la distancia de visibilidad de parada:

$$L_{\min} = 2D_p - \frac{425}{a} \quad (1.19)$$

De los dos casos anteriores se adopta la ecuación para $D_p < L$, debido a que genera valores mayores que cubren los valores asociados a $D_p > L$.

Curvas Verticales cóncavas:

- Prime caso (Distancia de Visibilidad $< L$):

Para la distancia de visibilidad de parada:

$$L_{\min} = \frac{A*(D_p)^2}{120+3.5*D_p} \quad (1.20)$$

- Segundo caso (Distancia de Visibilidad > L):

Para la distancia de visibilidad de parada:

$$L_{\min} = 2D_p - \frac{120 + 3.5 * D_p}{A} \quad (1.21)$$

Criterio de operación:

Establece una longitud mínima que debe tener la curva vertical para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.

$$L_{\min} = 0.6 * V_d \quad (1.22)$$

Criterio de drenaje:

Establece una longitud máxima que puede tener la curva vertical para evitar que, por ser muy extensa, en su parte central resulte muy plana dificultándose el drenaje de la calzada.

$$L_{\max} = K * A \quad (1.23)$$

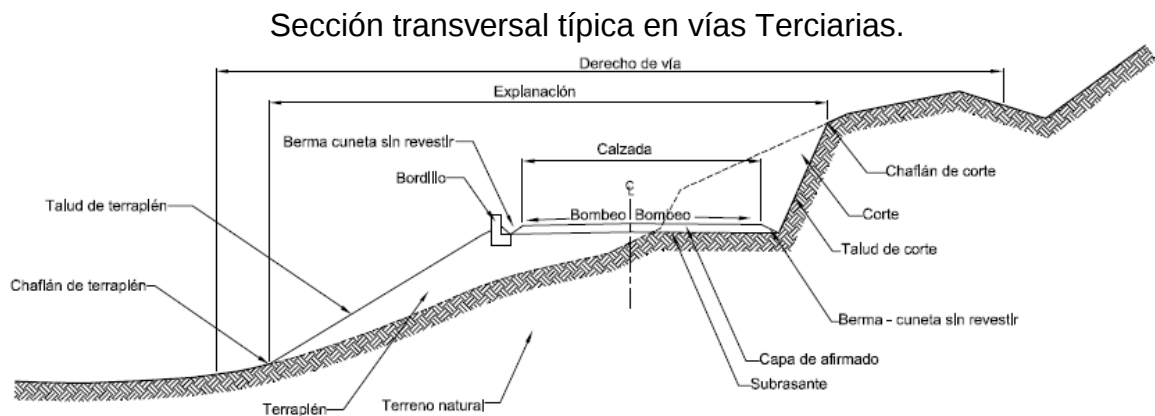
Donde:

$L_{\max}$: Longitud máxima de la curva vertical cóncava según el criterio de drenaje.

K: Parámetro igual a 50 para este criterio.

Diseño de la sección transversal de la carretera

A continuación se esquematiza la sección transversal para la vía a diseñar:



Ancho de Calzada

En la siguiente tabla, se indica el ancho de la calzada en función de la categoría de la carretera, del tipo de terreno y de la velocidad de diseño del tramo homogéneo (V_d). En carreteras de una calzada el ancho mínimo de esta debe ser de cinco metros (5m) con el propósito de permitir el cruce de dos vehículos de diseño que viajen en sentido contrario.

Ancho recomendado para la Calzada.

Tipo de carretera	Tipo de terreno	VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/h)									
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Carretera Principal de Dos calzadas	Plano	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30
	Ondulado	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	7.30
	Montañoso	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	7.30
	Escarpado	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-
Carretera Principal de Una calzada	Plano	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-	-
	Ondulado	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	7.30	-	-
	Montañoso	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-	-	-
	Escarpado	-	-	-	7.00	7.00	7.00	-	-	-	-
Carretera Secundaria	Plano	-	-	7.00	7.30	7.30	7.30	-	-	-	-
	Ondulado	-	7.00	7.00	7.30	7.30	7.30	-	-	-	-
	Montañoso	-	6.60	7.00	7.00	7.00	-	-	-	-	-
	Escarpado	6.00	6.00	6.60	7.00	-	-	-	-	-	-
Carretera Terciaria	Plano	-	5.00	6.00	6.60	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	5.00	5.00	6.00	6.60	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	5.00	5.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	5.00	5.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-

Ancho de Berma

El ancho de las bermas depende de la categoría de la carretera, el tipo de terreno y la velocidad de diseño de diseño (V_d). En la siguiente tabla, se presenta el ancho que debe tener.

Pendiente transversal en entretangencias horizontales

Es la pendiente que se da a la corona y a la subrasante con el objeto de facilitar el escurrimiento superficial del agua.

En entretangencias horizontales las calzadas deben tener, con el propósito de evacuar las aguas superficiales, una inclinación transversal denominada bombeo, que depende del tipo de superficie de rodadura. En la Tabla siguiente, se presentan los valores correspondientes.

Ancho recomendado para Bermas.

Tipo de carretera	Tipo de terreno	VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/h)									
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Carretera Principal de Dos calzadas ¹	Plano	-	-	-	-	-	-	2.5/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0
	Ondulado	-	-	-	-	-	2.0/1.0	2.0/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0
	Montañoso	-	-	-	-	-	1.8/0.5	1.8/0.5	2.0/1.0	2.0/1.0	2.5/1.0
	Escarpado	-	-	-	-	-	1.8/0.5	1.8/0.5	1.8/1.0	1.8/1.0	-
Carretera Principal de Una calzada	Plano	-	-	-	-	1.80	2.00	2.00	2.50	-	-
	Ondulado	-	-	-	1.80	1.80	2.00	2.00	2.50	-	-
	Montañoso	-	-	-	1.50	1.50	1.80	1.80	-	-	-
	Escarpado	-	-	-	1.50	1.50	1.80	1.80	-	-	-
Carretera Secundaria	Plano	-	-	1.00	1.50	1.50	1.80	-	-	-	-
	Ondulado	-	0.50	1.00	1.00	1.50	1.80	-	-	-	-
	Montañoso	-	0.50	0.50	1.00	7.00	-	-	-	-	-
	Escarpado	0.50	0.50	0.50	1.00	-	-	-	-	-	-
Carretera Terciaria ²	Plano	-	0.50	0.50	1.00	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	0.50	0.50	0.50	1.00	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	0.50	0.50	0.50	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	0.50	0.50	0.50	-	-	-	-	-	-	-

¹Berma derecha/Berma izquierda

²Indicativa calzadas pavimentadas

Bombeo de la Calzada.

Tipo de Superficie de Rodadura		Bombeo [%]
Muy buena	Superficie de concreto hidráulico o asfáltico, colocada con extendedoras mecánicas.	2
Buena	Superficie de mezcla asfáltica colocada con terminadora. Carpeta de riegos.	2 – 3
Regular a mala	Superficie de tierra o grava.	2 – 4

ANEXO 2. DISEÑOS GEOMÉTRICOS Y PRESUPUESTOS PARA LA REPOSICIÓN DE LOS ACCESOS AFECTADOS POR LA EXPLANACIÓN DE LOS TRAYECTOS 5 Y 6-1

ACCESO MOCONDINO

Especificaciones preliminares de diseño

Definiéndose esta carretera como **terciaria**, aunque no cumple la función de unir cabeceras municipales con sus veredas, ni unión de veredas entre sí.

Controles para el diseño geométrico

Velocidad de diseño:

El V_d asignado corresponde al valor 30km/h.

Distancia de visibilidad de parada (D_p)

En la siguiente tabla, se resumen los valores calculados de las distancias de visibilidad.

Distancias de visibilidad. Acceso Mocondino.

ACCESO MOCONDINO			
Velocidad de diseño (Km/h) =			30
Coeficiente de fricción longitudinal llanta-pavimento =			0,44
PIV	Pendiente [%]		Distancia de visibilidad de parada [m]
	Entrada	Salida	
1	-4.06	1.18	25.55

Diseño en planta del eje de la carretera

Velocidades específicas y radio mínimo ($R_{c\min}$):

Estos parámetros y la asignación de la velocidad se muestran en la siguiente tabla.

Peraltes máximos ($e_{\max}$):

Para curvas con radio comprendido entre 30 metros y 170 metros, el peralte deberá ser del 8% con variación de velocidad específica entre 30 y 70 km/h respectivamente.

Asignación de la Velocidades específicas. Acceso Mocondino.

Asignación de velocidades (Vd=30km/h) – ACCESO MOCONDINO		
PI	Radio de la Curva [m]	Velocidad Específica Ve [km/h]
1	30	30
2	40	35
3	30	30
4	30	30

Transición del peralte

Para este proyecto se considera un 2% de bombeo lo que es adecuado para una superficie de tierra o grava.

Los cálculos de la longitud de transición y la longitud de aplanamiento se resumen en la siguiente Tabla:

Valores de longitud de transición y aplanamiento. Acceso Mocondino.

ACCESO DÁVILA										
PI	Radio de la Curva [m]	Velocidad Específica Ve [km/h]	Carril [m]	Peralte [%]	Bombeo [%]	Sobreancho [m]	m [%]	L_t [m]	N [m]	L [m]
1	30	30	3.00	8	2	1.06	1.28	18.75	4.69	23.44
2	40	35	3.00	8	2	0.79	1.12	21.43	5.36	26.79
3	30	30	3.00	8	2	1.09	1.28	18.75	4.69	23.44
4	30	30	3.00	8	2	1.09	1.28	18.75	4.69	23.44

Entretangencias:

Valores de entretangencia, máxima, mínima, adoptada y su cumplimiento. Acceso Mocondino.

ACCESO MOCONDINO			
Entretangencia	Entretangencia		Cumplimiento
	Mínima [m]	Adoptada [m]	
1	41.67	18.17	NO
2	41.67	52.65	SI
3	41.67	59.24	SI
4	41.67	42.08	SI
5	41.67	20.06	NO

Las entretangencias número 4 y la última no necesariamente deben cumplir con los límites de entretangencia, puesto que estas se empalman a la vía existente.

Curvas circulares

Los elementos geométricos de cada una de las curvas, se resumen en la Tabla siguiente. Además en el Anexo 1, se detallan mejor estos elementos geométricos, para estos accesos y para otros accesos calculados de la misma forma. Así como también se realizó planos de los mismos, incluyendo planta, perfil y secciones de los accesos realizados, los cuales se incluyen en el Anexo 3.

Elementos geométricos de las curvas circulares para el Acceso Mocondino.

CUADRO DE ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE CURVATURA – ACCESO MOCONDINO													
PI	Cord. X PI	Cord. Y PI	R [m]	Δ [°]	Entretangencia [m]	Gc [°]	T [m]	Lc [m]	CL [m]	E [m]	M [m]	Abscisas	
												PC (PR)	PT (PR)
					18.17								
1	981015.54	622812.43	30	27°25' D		60°00' 00.0"	7.322	14.363	14.23	0.88	0.855	0+018.1 66	0+032.5 28
					52.65								
2	981061.37	622864.17	40	25°45' D		44°02' 55.1"	9.151	17.992	17.84	1.03	1.007	0+085.1 78	0+103.1 69
					59.24								
3	981135.75	622895.29	30	44°25' I		60°00' 00.0"	12.241	23.245	22.67	2.40	2.223	0+162.4 04	0+185.6 49
					42.08								
4	981159.64	622951.86	30	26°35' D		60°00' 00.0"	7.085	13.916	13.79	0.83	0.803	0+227.7 31	0+241.6 49
					20.06								

Diseño en perfil del eje de la carretera

Tangentes Verticales

Pendiente Mínima:

Esta no debe ser menor que el 0.5%, determinada por criterios de drenaje.

Pendiente Máxima:

Como las velocidades de diseño de los accesos V_d , son iguales a 30 Km/h, la pendiente máxima para este tipo de carretera y tipo de terreno es del **16%**.

El cumplimiento de esta pendiente, dentro del proyecto de diseño geométrico de los accesos, se resume en la siguiente tabla.

Verificación del cumplimiento de las pendientes. Acceso Dávila.

ACCESO MOCONDINO – ($V_d = 30$ Km/h)				
Pendiente Mínima (%) =			0.5	
Pendiente Máxima (%) =			16	
			Cumplimiento	
	Entrada	Salida	Mínima	Máxima
1	-4.06	1.18	SI	SI

Longitud Mínima:

“No se deben proyectar longitudes de pendientes cuya distancia de recorrido a la velocidad de diseño sea inferior a la recorrida en 10 segundos; midiéndose dicha longitud entre vértices contiguos.”

Por lo tanto para una Velocidad de diseño de 30 Km/h, la longitud mínima ser igual a 83.33 m.

Longitud Crítica de una Pendiente:

Esta es la distancia horizontal medida desde el comienzo de una pendiente, necesaria para lograr una altura de 15 m respecto al mismo origen.

Longitudes de la Tangente Vertical. Acceso Mocondino

ACCESO MOCONDINO – (Vd = 30 Km/h)								
Longitud Mínima (m) =						83.33		
PIV	Pendiente [%]		Longitud Crítica [m]		Longitud asignada [m]		Cumplimiento	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Mínima	Crítica
1	-4.06	1.18	369.46	1271.19	95.06	166.73	SI	SI

Curvas Verticales

Elementos de la curva vertical simétrica:

En la siguiente tabla, se presentan las longitudes de la curva verticales para todos los criterios, así como también se presenta el valor asignado para la misma.

Longitudes de la Curvas Verticales. Acceso Mocondino.

ACCESO MOCONDINO – (Vd = 30 Km/h)								
PIV	Pendiente [%]		A [%]	Dp [m]	Seguridad [m]	Operación [m]	Drenaje [m]	Lcv [m]
	Entrada	Salida						
1	-4.06	1.18	5.24	25.55	-30	18	262	40

Para el caso del criterio de seguridad en el PIV 1, se puede decir que esta no necesita curva vertical por este criterio.

Con el valor de la curva vertical se dispone a calcular las cotas de la subrasante, tanto del eje como de las medias bancas. Estos valores se expresan en la siguiente tabla.

Cartera de localización para el Acceso Mocondino.

Abscisa	Coordenadas		Cota Negra	Cota	Cota	Cota	Peralzado	
	Este	Norte		3.00	Eje	3.00	Izquierdo	Derecho
K0+000.00	981009.34	622787.71	2794.00	2787.47	2787.46	2787.40	0.20%	-2.00%
K0+010.00	981011.77	622797.41	2790.71	2787.19	2787.06	2786.92	4.50%	-4.50%
K0+018.17	981013.76	622805.33	2789.08	2786.96	2786.72	2786.48	8.00%	-8.00%
K0+020.00	981014.26	622807.09	2788.54	2786.89	2786.65	2786.41	8.00%	-8.00%
K0+025.00	981016.16	622811.71	2786.60	2786.69	2786.45	2786.21	8.00%	-8.00%
K0+025.35	981016.32	622812.02	2786.52	2786.67	2786.43	2786.19	8.00%	-8.00%
K0+030.00	981018.80	622815.95	2785.72	2786.48	2786.24	2786.00	8.00%	-8.00%
K0+032.53	981020.40	622817.91	2785.54	2786.38	2786.14	2785.90	8.00%	-8.00%
K0+040.00	981025.35	622823.50	2785.13	2785.98	2785.84	2785.69	4.80%	-4.80%
K0+050.00	981031.98	622830.99	2784.66	2785.45	2785.43	2785.37	0.50%	-2.00%
K0+060.00	981038.61	622838.48	2784.34	2784.98	2785.02	2784.96	-1.40%	-2.00%
K0+070.00	981045.24	622845.96	2784.02	2784.69	2784.62	2784.55	2.30%	-2.30%

Cartera de localización para el Acceso Mocondino. Continuación

Abscisa	Coordenadas		Cota Negra	Cota	Cota	Cota	Peralto	
	Este	Norte		3.00	Eje	3.00	Izquierdo	Derecho
K0+080.00	981051.87	622853.45	2783.66	2784.41	2784.23	2784.04	6.10%	-6.10%
K0+085.18	981055.30	622857.32	2783.56	2784.31	2784.07	2783.83	8.00%	-8.00%
K0+090.00	981058.71	622860.73	2783.59	2784.19	2783.95	2783.71	8.00%	-8.00%
K0+094.17	981061.97	622863.33	2783.56	2784.12	2783.88	2783.64	8.00%	-8.00%
K0+095.00	981062.65	622863.81	2783.52	2784.10	2783.86	2783.62	8.00%	-8.00%
K0+100.00	981066.94	622866.37	2783.33	2784.05	2783.81	2783.57	8.00%	-8.00%
K0+103.17	981069.81	622867.71	2783.30	2784.03	2783.79	2783.55	8.00%	-8.00%
K0+110.00	981076.11	622870.34	2783.16	2783.96	2783.79	2783.63	5.40%	-5.40%
K0+120.00	981085.34	622874.20	2783.24	2783.95	2783.89	2783.83	1.70%	-2.00%
K0+130.00	981094.56	622878.06	2783.78	2783.95	2784.01	2783.95	-2.00%	-2.00%
K0+140.00	981103.79	622881.92	2782.77	2784.07	2784.13	2784.08	-2.00%	-1.60%
K0+150.00	981113.01	622885.78	2783.43	2784.17	2784.25	2784.33	-2.70%	2.70%
K0+160.00	981122.24	622889.64	2785.02	2784.16	2784.37	2784.58	-7.00%	7.00%
K0+162.40	981124.45	622890.57	2785.35	2784.16	2784.40	2784.64	-8.00%	8.00%
K0+165.00	981126.80	622891.67	2786.02	2784.19	2784.43	2784.67	-8.00%	8.00%
K0+170.00	981131.02	622894.35	2786.74	2784.25	2784.49	2784.73	-8.00%	8.00%
K0+174.03	981134.05	622896.99	2786.37	2784.29	2784.53	2784.77	-8.00%	8.00%
K0+175.00	981134.73	622897.69	2786.32	2784.30	2784.54	2784.78	-8.00%	8.00%
K0+180.00	981137.84	622901.60	2785.95	2784.36	2784.60	2784.84	-8.00%	8.00%
K0+185.00	981140.25	622905.97	2785.19	2784.49	2784.66	2784.84	-5.90%	5.90%
K0+185.65	981140.51	622906.57	2785.08	2784.50	2784.67	2784.84	-5.60%	5.60%
K0+190.00	981142.20	622910.58	2784.92	2784.61	2784.72	2784.83	-3.70%	3.70%
K0+200.00	981146.10	622919.79	2784.79	2784.78	2784.84	2784.83	-2.00%	-0.50%
K0+210.00	981149.99	622929.00	2784.35	2784.97	2784.96	2784.90	0.40%	-2.00%
K0+220.00	981153.88	622938.21	2785.24	2785.22	2785.08	2784.94	4.70%	-4.70%
K0+227.73	981156.89	622945.33	2785.15	2785.41	2785.17	2784.93	8.00%	-8.00%
K0+230.00	981157.85	622947.39	2785.12	2785.43	2785.19	2784.95	8.00%	-8.00%
K0+234.69	981160.31	622951.37	2784.99	2785.49	2785.25	2785.01	8.00%	-8.00%
K0+235.00	981160.50	622951.62	2784.97	2785.49	2785.25	2785.01	8.00%	-8.00%
K0+240.00	981163.81	622955.36	2784.96	2785.55	2785.31	2785.07	8.00%	-8.00%
K0+241.65	981165.03	622956.46	2784.98	2785.57	2785.33	2785.09	8.00%	-8.00%
K0+250.00	981171.38	622961.89	2785.16	2785.56	2785.43	2785.30	4.40%	-4.40%
K0+260.00	981178.98	622968.39	2785.42	2785.56	2785.55	2785.49	0.20%	-2.00%
K0+261.71	981180.28	622969.50	2785.56	2785.51	2785.57	2785.51	-2.00%	-2.00%

Diseño de la Sección Transversal de la Carretera

Ancho de Calzada:

En la siguiente tabla, del Manual de Diseño Geométrico para carreteras se indica el ancho de la calzada en función de la categoría de la carretera (Ver Anexo 1), del tipo de terreno y de la velocidad de diseño. En carreteras de una calzada el ancho mínimo de esta debe ser de cinco metros (5m) con el propósito de permitir el cruce de dos vehículos de diseño que viajen en sentido contrario.

A continuación se indica el ancho asumido para cada uno de los accesos:

Ancho para la Calzada de cada Acceso.

Acceso	Ancho de Calzada [m]
Dávila	5.00
Mocondino	6.00
Acceso Luna – Derecha	5.00
Acceso Luna – Izquierda	3.00 – 6.00

Se determinó un ancho de calzada de seis metros, para el acceso Mocondino puesto que las condiciones topográficas y socioeconómicas del acceso así lo permitieron. Así como también para el Acceso Luna –Izquierda, el ancho de calzada varía entre 3 y 6 metros, puesto que las condiciones particulares del sitio así lo obligaron, tales como topografía y disponibilidad de terreno de la familia.

Ancho de Berma:

Las vías terciarias a menos que sean pavimentadas, no llevan Berma, llevan algo denominado berma cuneta, que lleva el valor del ancho de la berma.

Pendiente transversal en entretangencias horizontales:

El bombeo determinado para todos los accesos fue del 2%.

Presupuestos para la reposición de los accesos afectados por la explanación de los trayectos 5 y 6-1. Acceso Mocondino:

Una vez realizados todos los diseños, tanto en planta como en perfil se procede a realizar los respectivos presupuestos para cada uno de los accesos, teniendo en cuenta todos los ítems necesarios, basados principalmente en los volúmenes de tierra desalojados o alojados que se calcularon en las secciones transversales. Los presupuestos se realizaron con precios INVIAS del 2013, a continuación se presenta el presupuesto final estimado, teniendo en cuenta que se realizó un

detallado análisis de precios unitarios, contabilizando las cantidades de obra directamente de los planos.

Presupuesto estimado de obra para el Acceso Mocondino.

ÍTEM DE PAGO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
EXPLANACIONES				
DESMONTE Y LIMPIEZA EN ZONAS NO BOSCOSAS	Ha	0.27	\$ 630,462.00	\$ 170,224.74
EXCAVACIÓN EN MATERIAL COMÚN DE LA EXPLANACIÓN 90%	m³	1,357.00	\$ 4,674.00	\$ 6,342,618.00
EXCAVACIÓN EN ROCA DE LA EXPLANACIÓN 10%	m³	150.80	\$ 77,890.00	\$ 11,745,812.00
REMOCIÓN DE DERRUMBES 3%	m³	40.70	\$ 5,971.00	\$ 243,019.70
AFIRMADO	m³	1,196.00	\$ 7,609.00	\$ 9,100,364.00
CONFORMACIÓN DE BOTADERO O ESCOMBRERA	m³	1,449.25	\$ 64,717.00	\$ 93,791,112.25
OBRAS, DRENAJES Y SUBDRENAJES				
EXCAVACIONES VARIAS SIN CLASIFICAR	m³	68.51	15,670.00	\$ 1,073,551.70
RELLENO PARA ESTRUCTURAS	m³	20.10	\$ 54,372.00	\$ 1,092,877.20
CONCRETO CLASE E (2500 PSI)	m³	7.08	\$ 621,691.00	\$ 4,401,572.28
CONCRETO CLASE F (2000 PSI)	m³	5.60	\$ 466,760.00	\$ 2,613,856.00
TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO 900 MM	ml	10.00	\$ 507,340.00	\$ 5,073,400.00
ACERO DE REFUERZO PDR 60	Kg	62.92	\$ 4,200.00	\$ 264,264.00
GAVIONES	m³	57.50	\$ 132,976.00	\$ 7,646,120.00
OBRAS VARIAS				
EMPRADIZACIÓN DE TALUDES EN CORTE	m²	554.00	\$ 13,457.00	\$ 7,455,178.00
EMPRADIZACIÓN DE TALUDES EN TERRAPLÉN	m²	864.00	\$ 11,022.00	\$ 9,523,008.00
TRANSPORTES				
TRANSPORTE MATERIAL DE EXCAVACIÓN DISTANCIA > 1000M.	m³-Km	18,020.23	\$ 1,300.00	\$ 23,426,292.50
TRANSPORTE AGREGADOS PÉTREOS (Excepto agregados para concretos)	m³-Km	15,263.98	\$ 1,300.00	\$ 19,843,167.50
TOTAL				\$ 204,760,025.52

Cantidades de explanación para el Acceso Mocondino.

ABSCISA	LONGITUD	ÁREA CORTE	ÁREA TERRAPLÉN	VOLUMEN CORTE	VOLUMEN TERRAPLÉN	DESMONTE ZONA BOScosa	DESMONTE ZONA NO BOScosa	EXCAVACIÓN MATERIAL COMÚN 90%	EXCAVACIÓN MATERIAL ROCA 10%	REMOCIÓN DESLIZAMIENTOS	CONFORMACIÓN ZONA DEPOSITO	TRANSPORTE MATERIAL EXCAVACIÓN
						0,90%	0,10%	0,90	0,10	0,03		8,30 Km
								90%	10%	3%		Distancia
K0+185.65	0.65	3.98	1	2.78	0.53			2.50	0.28	0.07	2.57	32.16
K0+190.00	4.35	3.31	2	15.86	6.09			14.27	1.59	0.43	14.70	183.73
K0+200.00	10.00	1.83	4	25.70	27.05			23.13	2.57	0.69	23.82	297.80
K0+210.00	10.00	1.51	4	16.70	36.05			15.03	1.67	0.45	15.48	193.51
K0+220.00	10.00	4.17	3	28.40	31.15			25.56	2.84	0.77	26.33	329.09
K0+227.73	7.73	3.06	4	27.94	25.78			25.15	2.79	0.75	25.90	323.80
K0+230.00	2.27	2.32	4	6.11	9.40			5.50	0.61	0.16	5.66	70.76
K0+234.69	4.69	1.01	4	7.81	19.65			7.03	0.78	0.21	7.24	90.49
K0+235.00	0.31	0.97	4	0.31	1.28			0.28	0.03	0.01	0.28	3.56
K0+240.00	5.00	1.03	3	5.00	17.98			4.50	0.50	0.14	4.64	57.94
K0+241.65	1.65	1.21	3	1.85	5.02			1.66	0.18	0.05	1.71	21.41
K0+250.00	8.35	0.94	2	8.98	22.55			8.08	0.90	0.24	8.32	104.01
K0+260.00	10.00	1.14	2	10.40	21.05		2657.48	9.36	1.04	0.28	9.64	120.51
VALORES TOTALES						1196.00	0.00	0.27	1,357.00	150.80	40.70	1,397.70

Cantidades obra en la estructura de pavimento para el Acceso Mocondino.

ABSCISA	LONGITUD [m]	MEJORAMIENTO e = 0,50 / 0.50	TRANSPORTE MEJORAMIENTO
		DISTANCIA	20.50 Km
K0+000.00	10.00	0.000	0.000
K0+010.00	10.00	13.790	144.795
K0+018.17	8.17	16.520	173.460
K0+020.00	1.83	3.780	39.690
K0+025.00	5.00	10.330	108.465
K0+025.35	0.35	0.730	7.665
K0+030.00	4.65	961.000	10090.500
K0+032.53	2.53	5.220	54.810
K0+040.00	7.47	15.240	160.020
K0+050.00	10.00	19.000	199.500
K0+060.00	10.00	13.100	137.550
K0+070.00	10.00	13.350	140.175
K0+080.00	10.00	19.260	202.230

Cantidades obra en la estructura de pavimento para el Acceso Mocondino.
(Continuación).

ABSCISA	LONGITUD [m]	MEJORAMIENTO e = 0,50 / 0.50	TRANSPORTE MEJORAMIENTO
		DISTANCIA	21,55 Km
K0+085.18	5.18	10.410	109.305
K0+090.00	4.82	9.740	102.270
K0+094.17	4.17	8.430	88.515
K0+095.00	0.83	1.670	17.535
K0+100.00	5.00	10.100	106.050
K0+103.17	3.17	6.400	67.200
K0+110.00	6.83	13.670	143.535
K0+120.00	10.00	19.080	200.340
K0+130.00	10.00	18.260	191.730
K0+140.00	10.00	19.000	199.500
K0+150.00	10.00	18.560	194.880
K0+160.00	10.00	20.000	210.000
K0+162.40	2.40	5.070	53.235
K0+165.00	2.60	5.430	57.015
K0+170.00	5.00	10.450	109.725
K0+174.03	4.03	8.420	88.410
K0+175.00	0.97	2.040	21.420
K0+180.00	5.00	10.450	109.725
K0+185.00	5.00	10.450	109.725
K0+185.65	0.65	1.360	14.280
K0+190.00	4.35	9.100	95.550
K0+200.00	10.00	19.650	206.325
K0+210.00	10.00	13.430	141.015
K0+220.00	10.00	19.060	200.130
K0+227.73	7.73	15.940	167.370
K0+230.00	2.27	4.740	49.770
K0+234.69	4.69	9.800	102.900
K0+235.00	0.31	0.660	6.930
K0+240.00	5.00	10.450	109.725
K0+241.65	1.65	3.440	36.120
K0+250.00	8.35	17.180	180.390
K0+260.00	10.00	13.950	146.475
K0+261.71	1.71	3.080	32.340
TOTAL	271.71	1.441.00	15.128,00

Cantidades obra en la estructura de obras de contención para el Acceso Mocondino.

ABSCISAS		OBRA	ALTURA	LONGITUD	EXCAVACIONES VARIAS	ÁREA SECCIÓN	VOLUMEN GAVIÓN	MEJORAMIENTO	TRANSPORTE MATERIAL MEJORAMIENTO	RELLENO	TRANSPORTE MATERIAL RELLENO	TRANSPORTE EXCAVACIÓN
Inicial	Final							e=0.30 m	10.5 0 Km		10.50 Km	
K0+190.0 0	K0+195.0 0	GAVIONES	2.0 0	5.00	9.00	2.50	12.5 0	2.25	23.6 3			
K0+195.0 0	K0+205.0 0		3.0 0	10.0 0	17.7 0	4.50 0	45.0 0	6.000	63.0 0			
TOTAL					26.7 0		57.5 0	8.25	86.6 3	4. 7	49.3 5	280.3 5

Cantidades obra en la estructura de obras de drenaje para el Acceso Mocondino.

ABSCISAS	OBRA	DIMENSIONES	LONGITUD	EXCAVACIONES VARIAS	RELLENO ESTRUCTURAL	CONCRETO "D"	CONCRETO "E"	CONCRETO "F"(SOLADO Y ATRAQUE)	TUBERIA REF 900 mm	ACERO DE REFUERZO PDR 60	MEJORAMIENTO	TRANSPORTE DE MATERIAL	TRANSPORTE EXCAVACIONES
Inicial										10.50 Km			12.50 Km
K0+190.00	Alcantarilla	900mm	10.00	41.81	15.40		7.08	5.60	10.00	62.92		161.70	
TOTAL				41.81	15.40	0.00	7.08	5.60	10.00	62.92	0.00	161.70	522.63

Cantidades obra en la estructura de obras varias para el Acceso Mocondino.

ABSCISA	LONGITUD	EMPRADIZACIÓN			
		ALTURA TERRAPLÉN	ALTURA CORTE	TALUD TERRAPLÉN	TALUD CORTE
K0+000.00		0.000	15.250		
K0+010.00	10.00	0.000	8.570	0.000	119.100
K0+018.17	8.17	0.000	5.720	0.000	58.375
K0+020.00	1.83	0.000	4.750	0.000	9.580
K0+025.00	5.00	0.440	1.160	1.100	14.775
K0+025.35	0.35	0.560	1.090	0.175	0.394
K0+030.00	4.65	1.680	0.280	5.208	3.185
K0+032.53	2.53	2.140	0.260	4.832	0.683
K0+040.00	7.47	2.830	0.000	18.563	0.971
K0+050.00	10.00	2.960	0.000	28.950	0.000
K0+060.00	10.00	2.600	0.000	27.800	0.000
K0+070.00	10.00	2.700	0.000	26.500	0.000
K0+080.00	10.00	3.190	0.510	29.450	2.550
K0+085.18	5.18	3.480	1.080	17.275	4.118
K0+090.00	4.82	3.090	1.170	15.834	5.422
K0+094.17	4.17	3.540	1.310	13.824	5.171
K0+095.00	0.83	3.650	1.350	2.984	1.104
K0+100.00	5.00	4.090	1.320	19.350	6.675
K0+103.17	3.17	4.160	1.290	13.076	4.137
K0+110.00	6.83	5.050	1.280	31.452	8.777
K0+120.00	10.00	5.200	1.570	51.250	14.250
K0+130.00	10.00	4.910	2.660	50.550	21.150
K0+140.00	10.00	7.210	2.520	60.600	25.900
K0+150.00	10.00	7.250	3.090	72.300	28.050
K0+160.00	10.00	5.690	3.970	64.700	35.300
K0+162.40	2.40	4.880	3.830	12.684	9.360
K0+165.00	2.60	1.860	3.670	8.762	9.750
K0+170.00	5.00	0.000	4.170	4.650	19.600
K0+174.03	4.03	0.000	3.940	0.000	16.342
K0+175.00	0.97	0.000	3.830	0.000	3.768
K0+180.00	5.00	0.000	3.060	0.000	17.225
K0+185.00	5.00	1.340	1.940	3.350	12.500
K0+185.65	0.65	1.710	1.930	0.991	1.258

Cantidades obra en la estructura de obras varias para el Acceso Mocondino.
Continuación.

ABSCISA	LONGITUD	EMPRADIZACIÓN			
		ALTURA TERRAPLÉN	ALTURA CORTE	TALUD TERRAPLÉN	TALUD CORTE
K0+190.00	4.35	3.710	1.790	11.789	8.091
K0+200.00	10.00	8.100	1.280	59.050	15.350
K0+210.00	10.00	2.960	1.350	55.300	13.150
K0+220.00	10.00	3.590	1.800	32.750	15.750
K0+227.73	7.73	4.610	1.350	31.693	12.175
K0+230.00	2.27	4.550	1.110	10.397	2.792
K0+234.69	4.69	3.340	0.770	18.502	4.409
K0+235.00	0.31	3.250	0.760	1.021	0.237
K0+240.00	5.00	2.160	0.800	13.525	3.900
K0+241.65	1.65	2.770	0.880	4.067	1.386
K0+250.00	8.35	1.740	0.860	18.829	7.264
K0+260.00	10.00	1.940	0.890	18.400	8.750
K0+261.71	1.71	1.320	0.890	2.787	1.522
K0+190.00	4.35	3.710	1.790	11.789	8.091
K0+200.00	10.00	8.100	1.280	59.050	15.350
K0+210.00	10.00	2.960	1.350	55.300	13.150
K0+220.00	10.00	3.590	1.800	32.750	15.750
K0+227.73	7.73	4.610	1.350	31.693	12.175
K0+230.00	2.27	4.550	1.110	10.397	2.792
K0+234.69	4.69	3.340	0.770	18.502	4.409
K0+235.00	0.31	3.250	0.760	1.021	0.237
K0+240.00	5.00	2.160	0.800	13.525	3.900
K0+241.65	1.65	2.770	0.880	4.067	1.386
K0+250.00	8.35	1.740	0.860	18.829	7.264
K0+260.00	10.00	1.940	0.890	18.400	8.750
K0+261.71	1.71	1.320	0.890	2.787	1.522
TOTAL	261.71			864.00	554.00

ACCESO LUNA – DERECHA

Especificaciones preliminares de diseño

Definiéndose esta carretera como **terciaria**, aunque no cumple la función de unir cabeceras municipales con sus veredas, ni unión de veredas entre sí.

Controles para el diseño geométrico

Velocidad de diseño:

El V_d asignado corresponde al valor 30km/h.

Distancia de visibilidad de parada (D_p):

En la siguiente tabla, se resumen los valores calculados de las distancias de visibilidad.

Distancias de visibilidad. Acceso Luna-Derecha.

ACCESO LUNA – DERECHA			
Velocidad de diseño (Km/h) =			30
Coeficiente de fricción longitudinal llanta-pavimento =			0,44
PIV	Pendiente [%]		Distancia de visibilidad de parada [m]
	Entrada	Salida	
1	11.42	1.96	27.56
2	1.96	12.86	27.56
3	12.86	6.44	28.06
4	6.44	14.00	28.49
5	14.00	2.81	28.49
6	2.81	-1.17	25.28

Diseño en planta del eje de la carretera

Velocidades específicas y radio mínimo ($R_{c\min}$):

Estos parámetros y la asignación de la velocidad se muestran en la siguiente tabla.

Asignación de la Velocidades específicas. Acceso Luna-Derecha.

Asignación de velocidades ($V_d=30\text{km/h}$) – ACCESO LUNA – DERECHA		
PI	Radio de la Curva [m]	Velocidad Específica V_e [km/h]
1	15.65	30
2	15.05	30
3	15.32	30
4	20.00	30
5	15.00	30
6	25.00	30

Debido a las dificultades topográficas y la falta de terreno disponible para realizar este acceso, fue imposible cumplir con los radios mínimos.

Peraltes máximos ($e_{\text{máx}}$)

Para curvas con radio comprendido entre 30 metros y 170 metros, el peralte deberá ser del 8% con variación de velocidad específica entre 30 y 70 km/h respectivamente.

Transición del peralte

Para este proyecto se considera un 2% de bombeo lo que es adecuado para una superficie de tierra o grava.

Los cálculos de la longitud de transición y la longitud de aplanamiento se resumen en la siguiente Tabla:

Valores de longitud de transición y aplanamiento. Acceso Luna-Derecha.

ACCESO LUNA – DERECHA									
PI	Radio de la Curva [m]	Velocidad Específica V_e [km/h]	Carril [m]	Peralte [%]	Bombeo [%]	m [%]	L_t [m]	N [m]	L [m]
1	15.65	30	2.50	8	2	1.28	15.63	3.91	19.53
2	15.05	30	2.50	8	2	1.28	15.63	3.91	19.53
3	15.32	30	2.50	8	2	1.28	15.63	3.91	19.53
4	20.00	30	2.50	8	2	1.28	15.63	3.91	19.53
5	15.00	30	2.50	8	2	1.28	15.63	3.91	19.53
6	25.00	30	2.50	8	2	1.28	15.63	3.91	19.53

Entretangencias:

Valores de entretangencia, máxima, mínima, adoptada y su cumplimiento. Acceso Luna-Derecha.

ACCESO LUNA – DERECHA			
Entretangencia	Entretangencia		Cumplimiento
	Mínima [m]	Adoptada [m]	
1	41.67	58.31	SI
2	41.67	59.72	SI
3	41.67	52.74	SI
4	41.67	30.49	NO
5	41.67	25.22	NO
6	41.67	25.04	NO
7	41.67	42.88	SI
8	41.67	38.50	SI

Las entretangencias número 4, 5 y 6 no necesariamente deben cumplir con los límites de entretangencia, puesto que estas se deben ajustar al tipo de terreno y la disponibilidad del mismo. Que por ser una reposición de un acceso privado, no se disponía de predios para cumplir todos los parámetros.

Curvas circulares:

Los elementos geométricos de cada una de las curvas, se resumen en la Tabla siguiente. Además en el Anexo 1, se detallan mejor estos elementos geométricos, para estos accesos y para otros accesos calculados de la misma forma. Así como también se realizó planos de los mismos, incluyendo planta, perfil y secciones de los accesos realizados, los cuales se incluyen en el Anexo 3.

Elementos geométricos de las curvas circulares para el Acceso Luna-Derecha.

CUADRO DE ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE CURVATURA – ACCESO LUNA – DERECHA													
PI	Cord. X PI	Cord. Y PI	R [m]	Δ [°]	Entretangencia [m]	Gc [°]	T [m]	Lc [m]	CL [m]	E [m]	M [m]	Abscisas	
												PC (PR)	PT (PR)
					58.31								
1	980327.73	619990.37	15.65	168°25'		146°51'27.9"	153.928	45.995	31.14	139.07	14.067	K0+058 .313	K0+104 .307
					59.72								
2	980447.59	621480.95	15.05	178°40'		171°05'55.2"	1281.746	46.913	30.09	1266.7 9	14.869	K0+164 .024	K0+210 .938
					52.74								
3	980383.29	620349.51	15.32	188°40'		156°32'15.4"	201.224	50.457	30.55	217.13	16.483	K0+263 .678	K0+314 .135
					30.49								
4	980399.23	620182.67	20.00	17°50'		97°10'50.7"	3.132	6.213	6.19	0.24	0.241	K0+344 .625	K0+350 .838
					25.22								
5	980407.41	620220.05	15.00	66°55'		0°00'00.0"	9.912	17.518	16.54	2.98	2.485	K0+376 .062	K0+393 .580
					25.04								
6	980368.66	620247.62	15.00	80°05'		179°59'58.1"	12.609	20.970	19.30	4.60	3.518	K0+418 .617	K0+439 .587
					42.88								
7	980397.67	620308.36	25.00	50°35'		73°44'23.3"	11.819	22.080	21.37	2.65	2.398	K0+482 .466	K0+504 .547
					38.50								

Diseño en perfil del eje de la carretera

Tangentes Verticales:

Pendiente Mínima:

Esta no debe ser menor que el 0.5%, determinada por criterios de drenaje.

Pendiente Máxima:

Como las velocidades de diseño de los accesos V_d , son iguales a 30 Km/h, la pendiente máxima para este tipo de carretera y tipo de terreno es del **16%**.

El cumplimiento de esta pendiente, dentro del proyecto de diseño geométrico de los accesos, se resume en la siguiente tabla.

Verificación del cumplimiento de las pendientes. Acceso Luna-Derecha.

ACCESO LUNA – DERECHA – ($V_d = 30$ Km/h)				
Pendiente Mínima (%) =			0.5	
Pendiente Máxima (%) =			16	
			Cumplimiento	
	Entrada	Salida	Mínima	Máxima
1	11.42	1.96	SI	SI
2	1.96	12.86	SI	SI
3	12.86	6.44	SI	SI
4	6.44	14.00	SI	SI
5	14.00	2.81	SI	SI
6	2.81	-1.17	SI	SI

Longitud Mínima:

“No se deben proyectar longitudes de pendientes cuya distancia de recorrido a la velocidad de diseño sea inferior a la recorrida en 10 segundos; midiéndose dicha longitud entre vértices contiguos.”

Por lo tanto para una Velocidad de diseño de 30 Km/h, la longitud mínima ser igual a 83.33 m.

Longitud Crítica de una Pendiente:

Esta es la distancia horizontal medida desde el comienzo de una pendiente, necesaria para lograr una altura de 15 m respecto al mismo origen.

Longitudes de la Tangente Vertical. Acceso Luna-Derecha.

ACCESO LUNA – DERECHA – (Vd = 30 Km/h)								
Longitud Mínima (m) =						83.33		
PIV	Pendiente [%]		Longitud Crítica [m]		Longitud asignada [m]		Cumplimiento	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Mínima	Crítica
1	11.42	1.96	131.35	765.31	80.34	53.13	NO	SI
2	1.96	12.86	765.31	116.64	53.13	60.28	NO	SI
3	12.86	6.44	116.64	232.92	60.28	76..34	NO	SI
4	6.44	14.00	232.92	107.14	76..34	56.64	NO	SI
5	14.00	2.81	107.14	533.81	56.64	83.46	NO	SI
6	2.81	-1.17	533.81	1282.05	83.46	137.49	SI	SI

Las longitudes de las tangentes verticales no necesariamente deben cumplir con los límites de longitud mínima, puesto que estas se deben ajustar al tipo de terreno y la disponibilidad del mismo. Que por ser una reposición de un acceso privado, no se disponía de predios para cumplir todos los parámetros.

Curvas Verticales

Elementos de la curva vertical simétrica:

En la siguiente tabla, se presentan las longitudes de la curva verticales para todos los criterios, así como también se presenta el valor asignado para la misma.

Longitudes de la Curvas Verticales. Acceso Luna-Derecha.

ACCESO LUNA – DERECHA – (Vd = 30 Km/h)								
PIV	Pendiente [%]		A [%]	Dp [m]	Seguridad [m]	Operación [m]	Drenaje [m]	Lcv [m]
	Entrada	Salida						
1	11.42	1.96	9.46	27.56	10.19	18	473	20
2	1.96	12.86	10.90	27.56	39.33	18	545	40
3	12.86	6.44	6.42	28.06	-10.08	18	321	20
4	6.44	14.00	7.56	28.49	27.92	18	378	30
5	14.00	2.81	11.19	28.49	19.00	18	559.5	20
6	2.81	-1.17	3.98	25.28	-56.22	18	199	20

Para el caso del criterio de seguridad en el PIV 3 y PIV 6, se puede decir que estas no necesitan curva vertical por este criterio.

Con el valor de la curva vertical se dispone a calcular las cotas de la subrasante, tanto del eje como de las medias bancas. Estos valores se expresan en la siguiente tabla.

Cartera de localización para el Acceso Luna-Derecha.

Abscisa	Coordenadas		Cota Negra	Cota	Cota	Cota	Peralzado	
	Este	Norte		3.00	Eje	3.00	Izquierdo	Derecho
K0+000.00	980301.81	620201.02	2870.06	2869.12	2869.17	2869.12	-2.00%	-2.00%
K0+010.00	980303.03	620191.10	2870.09	2870.26	2870.31	2870.26	-2.00%	-2.00%
K0+020.00	980304.25	620181.17	2871.04	2871.41	2871.46	2871.41	-2.00%	-2.00%
K0+030.00	980305.48	620171.25	2871.78	2872.55	2872.60	2872.55	-2.00%	-2.00%
K0+040.00	980306.70	620161.32	2873.24	2873.69	2873.74	2873.70	-2.00%	-1.40%
K0+050.00	980307.92	620151.40	2874.45	2874.79	2874.88	2874.97	-3.70%	3.70%
K0+058.31	980308.93	620143.15	2875.77	2875.63	2875.83	2876.03	-8.00%	8.00%
K0+060.00	980309.23	620141.49	2876.03	2875.82	2876.02	2876.22	-8.00%	8.00%
K0+065.00	980311.12	620136.88	2876.44	2876.39	2876.59	2876.79	-8.00%	8.00%
K0+070.00	980314.36	620133.10	2877.46	2876.96	2877.16	2877.36	-8.00%	8.00%
K0+075.00	980318.63	620130.53	2878.13	2877.42	2877.62	2877.82	-8.00%	8.00%
K0+080.00	980323.49	620129.44	2879.42	2877.77	2877.97	2878.17	-8.00%	8.00%
K0+081.31	980324.79	620129.41	2879.78	2877.84	2878.04	2878.24	-8.00%	8.00%
K0+085.00	980328.44	620129.92	2880.65	2878.00	2878.20	2878.40	-8.00%	8.00%
K0+090.00	980332.99	620131.93	2881.39	2878.12	2878.32	2878.52	-8.00%	8.00%
K0+095.00	980336.68	620135.28	2882.16	2878.21	2878.41	2878.61	-8.00%	8.00%
K0+100.00	980339.14	620139.61	2882.62	2878.31	2878.51	2878.71	-8.00%	8.00%
K0+104.31	980340.06	620143.80	2882.17	2878.40	2878.60	2878.80	-8.00%	8.00%
K0+110.00	980340.52	620149.48	2881.32	2878.58	2878.71	2878.83	-5.10%	5.10%
K0+120.00	980341.32	620159.44	2880.68	2878.85	2878.90	2878.90	-2.00%	0.00%
K0+130.00	980342.12	620169.41	2880.22	2879.27	2879.32	2879.27	-2.00%	-2.00%
K0+140.00	980342.93	620179.38	2879.92	2880.22	2880.27	2880.22	-2.00%	-2.00%
K0+150.00	980343.73	620189.35	2880.97	2881.57	2881.55	2881.50	0.80%	-2.00%
K0+160.00	980344.53	620199.31	2881.72	2882.98	2882.84	2882.69	5.90%	-5.90%
K0+164.02	980344.85	620203.33	2882.38	2883.55	2883.35	2883.15	8.00%	-8.00%
K0+165.00	980344.96	620204.30	2882.56	2883.68	2883.48	2883.28	8.00%	-8.00%
K0+170.00	980346.49	620209.03	2883.71	2884.32	2884.12	2883.92	8.00%	-8.00%
K0+175.00	980349.47	620213.01	2885.13	2884.97	2884.77	2884.57	8.00%	-8.00%
K0+180.00	980353.59	620215.80	2886.39	2885.61	2885.41	2885.21	8.00%	-8.00%
K0+185.00	980358.40	620217.10	2888.46	2886.23	2886.03	2885.83	8.00%	-8.00%
K0+187.48	980360.88	620217.13	2889.35	2886.51	2886.31	2886.11	8.00%	-8.00%
K0+190.00	980363.37	620216.75	2890.03	2886.78	2886.58	2886.38	8.00%	-8.00%
K0+195.00	980367.95	620214.80	2891.00	2887.24	2887.04	2886.84	8.00%	-8.00%
K0+200.00	980371.64	620211.47	2891.73	2887.63	2887.43	2887.23	8.00%	-8.00%
K0+205.00	980374.04	620207.11	2891.13	2887.95	2887.75	2887.55	8.00%	-8.00%
K0+210.00	980374.89	620202.20	2890.95	2888.27	2888.07	2887.87	8.00%	-8.00%
K0+210.94	980374.87	620201.27	2890.90	2888.33	2888.13	2887.93	8.00%	-8.00%

Abscisa	Coordenadas		Cota Negra	Cota	Cota	Cota	Peralto	
	Este	Norte		3.00	Eje	3.00	Izquierdo	Derecho
K0+220.00	980374.36	620192.22	2889.80	2888.80	2888.72	2888.63	3.40%	-3.40%
K0+230.00	980373.79	620182.24	2890.07	2889.32	2889.36	2889.31	-1.80%	-2.00%
K0+240.00	980373.22	620172.25	2890.62	2889.95	2890.00	2889.95	-2.00%	-2.00%
K0+250.00	980372.65	620162.27	2890.49	2890.60	2890.65	2890.67	-2.00%	1.00%
K0+260.00	980372.09	620152.28	2891.24	2891.15	2891.30	2891.45	-6.10%	6.10%
K0+263.68	980371.88	620148.61	2890.87	2891.40	2891.60	2891.80	-8.00%	8.00%
K0+265.00	980371.86	620147.29	2890.81	2891.51	2891.71	2891.91	-8.00%	8.00%
K0+270.00	980372.81	620142.40	2890.95	2892.02	2892.22	2892.42	-8.00%	8.00%
K0+275.00	980375.28	620138.08	2891.81	2892.62	2892.82	2893.02	-8.00%	8.00%
K0+280.00	980379.01	620134.78	2893.05	2893.31	2893.51	2893.71	-8.00%	8.00%
K0+285.00	980383.59	620132.85	2894.29	2894.01	2894.21	2894.41	-8.00%	8.00%
K0+288.91	980387.47	620132.42	2895.26	2894.55	2894.75	2894.95	-8.00%	8.00%
K0+290.00	980388.56	620132.48	2895.60	2894.71	2894.91	2895.11	-8.00%	8.00%
K0+295.00	980393.38	620133.73	2897.32	2895.41	2895.61	2895.81	-8.00%	8.00%
K0+300.00	980397.54	620136.46	2898.81	2896.11	2896.31	2896.51	-8.00%	8.00%
K0+305.00	980400.61	620140.38	2899.93	2896.80	2897.00	2897.20	-8.00%	8.00%
K0+310.00	980402.26	620145.08	2900.93	2897.55	2897.70	2897.86	-6.20%	6.20%
K0+314.14	980402.42	620149.20	2901.65	2898.18	2898.28	2898.39	-4.10%	4.10%
K0+320.00	980401.87	620155.04	2902.36	2898.97	2899.02	2899.04	-2.00%	1.00%
K0+330.00	980400.91	620164.99	2902.45	2899.82	2899.82	2899.77	0.10%	-2.00%
K0+340.00	980399.96	620174.95	2902.15	2900.29	2900.16	2900.03	5.20%	-5.20%
K0+344.62	980399.52	620179.55	2901.78	2900.47	2900.29	2900.10	7.50%	-7.50%
K0+345.00	980399.49	620179.92	2901.74	2900.49	2900.30	2900.10	7.70%	-7.70%
K0+347.73	980399.47	620182.65	2901.16	2900.57	2900.37	2900.17	8.00%	-8.00%
K0+350.00	980399.73	620184.90	2900.74	2900.64	2900.44	2900.24	8.00%	-8.00%
K0+350.84	980399.90	620185.73	2900.65	2900.66	2900.46	2900.26	8.00%	-8.00%
K0+360.00	980401.86	620194.68	2900.61	2900.80	2900.72	2900.64	3.30%	-3.30%
K0+370.00	980403.99	620204.45	2902.32	2900.95	2901.00	2901.05	-1.90%	1.90%
K0+376.06	980405.29	620210.37	2903.91	2901.04	2901.17	2901.29	-5.00%	5.00%
K0+380.00	980405.62	620214.28	2904.92	2901.11	2901.28	2901.46	-7.00%	7.00%
K0+384.82	980404.63	620218.98	2904.52	2901.22	2901.42	2901.62	-8.00%	8.00%
K0+385.00	980404.56	620219.14	2904.54	2901.22	2901.42	2901.62	-8.00%	8.00%
K0+390.00	980401.97	620223.39	2905.14	2901.39	2901.56	2901.73	-6.80%	6.80%
K0+393.58	980399.33	620225.80	2904.96	2901.54	2901.66	2901.79	-5.00%	5.00%
K0+400.00	980394.10	620229.52	2903.79	2901.80	2901.84	2901.88	-1.60%	1.60%
K0+410.00	980385.95	620235.32	2903.42	2902.06	2901.98	2901.89	3.50%	-3.50%
K0+418.62	980378.93	620240.31	2904.61	2902.14	2901.94	2901.74	8.00%	-8.00%

Abscisa	Coordenadas		Cota Negra	Cota	Cota	Cota	Peralzado	
	Este	Norte		3.00	Eje	3.00	Izquierdo	Derecho
K0+420.00	980377.84	620241.16	2904.78	2902.12	2901.92	2901.72	8.00%	-8.00%
K0+425.00	980374.66	620244.99	2906.19	2902.06	2901.86	2901.66	8.00%	-8.00%
K0+429.10	980373.11	620248.77	2906.70	2902.01	2901.81	2901.61	8.00%	-8.00%
K0+430.00	980372.91	620249.65	2906.71	2902.00	2901.80	2901.60	8.00%	-8.00%
K0+435.00	980372.77	620254.62	2905.56	2901.94	2901.74	2901.54	8.00%	-8.00%
K0+439.59	980374.09	620259.00	2904.63	2901.89	2901.69	2901.49	8.00%	-8.00%
K0+440.00	980374.27	620259.37	2904.59	2901.88	2901.69	2901.49	7.80%	-7.80%
K0+450.00	980378.58	620268.39	2903.93	2901.64	2901.57	2901.50	2.70%	-2.70%
K0+460.00	980382.89	620277.42	2903.54	2901.40	2901.45	2901.40	-2.00%	-2.00%
K0+470.00	980387.20	620286.44	2902.65	2901.28	2901.33	2901.37	-2.00%	1.60%
K0+480.00	980391.51	620295.47	2902.45	2901.05	2901.22	2901.38	-6.70%	6.70%
K0+482.47	980392.57	620297.69	2902.80	2900.99	2901.19	2901.39	-8.00%	8.00%
K0+485.00	980393.55	620300.03	2903.32	2900.96	2901.16	2901.36	-8.00%	8.00%
K0+490.00	980394.75	620304.87	2903.97	2900.90	2901.10	2901.30	-8.00%	8.00%
K0+493.51	980395.01	620308.37	2904.12	2900.86	2901.06	2901.26	-8.00%	8.00%
K0+495.00	980394.97	620309.86	2904.15	2900.84	2901.04	2901.24	-8.00%	8.00%
K0+500.00	980394.20	620314.79	2904.00	2900.78	2900.98	2901.18	-8.00%	8.00%
K0+504.55	980392.66	620319.06	2903.68	2900.73	2900.93	2901.13	-8.00%	8.00%
K0+510.00	980390.35	620324.00	2903.54	2900.74	2900.87	2901.00	-5.20%	5.20%
K0+520.00	980386.11	620333.06	2903.73	2900.70	2900.75	2900.75	-2.00%	0.10%
K0+530.00	980381.87	620342.12	2903.76	2900.58	2900.63	2900.58	-2.00%	-2.00%
K0+540.00	980377.63	620351.17	2902.94	2900.47	2900.52	2900.47	-2.00%	-2.00%
K0+543.05	980376.34	620353.93	2902.44	2900.43	2900.48	2900.43	-2.00%	-2.00%

Diseño de la Sección Transversal de la Carretera

Ancho de Calzada:

En la siguiente tabla, del Manual de Diseño Geométrico para carreteras se indica el ancho de la calzada en función de la categoría de la carretera (Ver Anexo 1), del tipo de terreno y de la velocidad de diseño. En carreteras de una calzada el ancho mínimo de esta debe ser de cinco metros (5m) con el propósito de permitir el cruce de dos vehículos de diseño que viajen en sentido contrario.

A continuación se indica el ancho asumido para cada uno de los accesos:

Ancho para la Calzada de cada Acceso.	
Acceso	Ancho de Calzada [m]
Dávila	5.00
Mocondino	6.00
Acceso Luna – Derecha	5.00
Acceso Luna – Izquierda	3.00 – 6.00

Se determinó un ancho de calzada de seis metros, para el acceso Mocondino puesto que las condiciones topográficas y socioeconómicas del acceso así lo permitieron. Así como también para el Acceso Luna –Izquierda, el ancho de calzada varía entre 3 y 6 metros, puesto que las condiciones particulares del sitio así lo obligaron, tales como topografía y disponibilidad de terreno de la familia.

Ancho de Berma

Las vías terciarias a menos que sean pavimentadas, no llevan Berma, llevan algo denominado berma cuneta, que lleva el valor del ancho de la berma.

Pendiente transversal en entretangencias horizontales

El bombeo determinado para todos los accesos fue del 2%.

Presupuestos para la reposición de los accesos afectados por la explanación de los trayectos 5 y 6-1. Acceso Mocondino:

Una vez realizados todos los diseños, tanto en planta como en perfil se procede a realizar los respectivos presupuestos para cada uno de los accesos, teniendo en cuenta todos los ítems necesarios, basados principalmente en los volúmenes de tierra desalojados o alojados que se calcularon en las secciones transversales. Los presupuestos se realizaron con precios INVIAS del 2013, a continuación se presenta el presupuesto final estimado, teniendo en cuenta que se realizó un detallado análisis de precios unitarios, contabilizando las cantidades de obra directamente de los planos.

Presupuesto estimado de obra para el Acceso Luna-Derecha.

ÍTEM DE PAGO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
EXPLANACIONES				
DESMONTE Y LIMPIEZA EN ZONAS NO BOSCOSAS	Ha	0.51	\$ 630,462.00	\$ 321,535.62
EXCAVACIÓN EN MATERIAL COMÚN DE LA EXPLANACIÓN 90%	m³	6,943.50	\$ 4,674.00	\$ 32,453,919.00
EXCAVACIÓN EN ROCA DE LA EXPLANACIÓN 10%	m³	771.50	\$ 77,890.00	\$ 60,092,135.00
REMOCIÓN DE DERRUMBES 3%	m³	208.30	\$ 5,971.00	\$ 1,243,759.30
TERRAPLENES CON MATERIAL DE EXCAVACIÓN	m³	751.40	\$ 7,609.00	\$ 5,717,402.60
AFIRMADO	m³	430.00	64,717.00	\$ 27,828,310.00
CONFORMACIÓN DE BOTADERO O ESCOMBRERA	m³	7,270.14	\$ 2,265.00	\$ 16,466,867.10
OBRAS, DRENAJES Y SUBDRENAJES				
EXCAVACIONES VARIAS SIN CLASIFICAR	m³	98.24	15,670.00	\$ 1,539,420.80
RELLENO PARA ESTRUCTURAS	m³	32.34	\$ 54,372.00	\$ 1,758,390.48
CONCRETO CLASE E (2500 PSI)	m³	21.24	\$ 621,691.00	\$ 13,204,716.84
CONCRETO CLASE F (2000 PSI)	m³	14.81	\$ 466,760.00	\$ 6,912,715.60
TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO 900 MM	ml	21.00	\$ 507,340.00	\$ 10,654,140.00
ACERO DE REFUERZO PDR 60	Kg	191.81	\$ 4,200.00	\$ 805,602.00
CUNETAS CONCRETO CLASE F	m³	68.50	\$ 539,819.00	\$ 36,979,674.40
OBRAS VARIAS				
EMPRADIZACIÓN DE TALUDES EN CORTE	m²	883.00	13,457.00	\$ 11,882,531.00
EMPRADIZACIÓN DE TALUDES EN TERRAPLÉN	m²	542.00	\$ 11,022.00	\$ 5,973,924.00
TRANSPORTES				
TRANSPORTE MATERIAL DE EXCAVACIÓN DISTANCIA > 1000M.	m³-Km	129,190.55	\$ 1,300.00	\$ 167,947,717.08
TRANSPORTE AGREGADOS PÉTREOS (Excepto agregados para concretos)	m³-Km	3,397.00	\$ 1,300.00	\$ 4,416,094.80

TOTAL	\$ 406,198,855.62
--------------	--------------------------

Cantidades de explanación para el Acceso Luna-Derecha.

ABSCISA	LONGITUD	ÁREA CORTE	ÁREA TERRAPLÉN	VOLUMEN CORTE	VOLUMEN TERRAPLÉN	DESMONTE ZONA BOSCOSA	DESMONTE ZONA NO BOSCOSA	EXCAVACIÓN MATERIAL COMÚN 90%	EXCAVACIÓN MATERIAL ROCA 10%	REMOCIÓN DESLIZAMIENTOS	CONFORMACIÓN ZONA DEPOSITO	TRANSPORTE MATERIAL EXCAVACIÓN
						0,90%	0,10%	0,90	0,10	0,03		17.92 Km
								90%	10%	3%		Distancia
K0+000.00		6.05	0	0.00	0.00							
K0+010.00	10.00	0.01	1.15	30.30	5.75			27.27	3.03	0.82	28.09	503.34
K0+020.00	10.00	0.13	1.18	0.70	11.65			0.63	0.07	0.02	0.65	11.63
K0+030.00	10.00	0.02	4.43	0.75	28.05			0.68	0.08	0.02	0.70	12.46
K0+040.00	10.00	0	3.52	0.10	39.75			0.09	0.01	0.00	0.09	1.66
K0+050.00	10.00	0.52	2.7	2.60	31.10			2.34	0.26	0.07	2.41	43.19
K0+058.31	8.31	1.68	1.62	9.14	17.95			8.23	0.91	0.25	8.47	151.85
K0+060.00	1.69	1.67	1.92	2.83	2.99			2.55	0.28	0.08	2.62	47.02
K0+065.00	5.00	1.33	2.09	7.50	10.03			6.75	0.75	0.20	6.95	124.59
K0+070.00	5.00	2.32	0.75	9.13	7.10			8.21	0.91	0.25	8.46	151.58
K0+075.00	5.00	3.65	0	14.93	1.88			13.43	1.49	0.40	13.84	247.93
K0+080.00	5.00	9.4	0	32.63	0.00			29.36	3.26	0.88	30.24	541.96
K0+081.31	1.31	11.58	0	13.74	0.00			12.37	1.37	0.37	12.74	228.28
K0+085.00	3.69	18.33	0	55.18	0.00			49.67	5.52	1.49	51.16	916.71
K0+090.00	5.00	24.15	0	106.20	0.00			95.58	10.62	2.87	98.45	1764.18
K0+095.00	5.00	30.52	0	136.68	0.00			123.01	13.67	3.69	126.70	2270.42
K0+100.00	5.00	33.72	0	160.60	0.00			144.54	16.06	4.34	148.88	2667.86
K0+104.31	4.31	28.68	0	134.47	0.00			121.02	13.45	3.63	124.66	2233.83
K0+110.00	5.69	20.15	0	138.92	0.00			125.03	13.89	3.75	128.78	2307.74
K0+120.00	10.00	14.69	0	174.20	0.00			156.78	17.42	4.70	161.48	2893.78
K0+130.00	10.00	5	0.87	98.45	4.35			88.61	9.85	2.66	91.26	1635.44
K0+140.00	10.00	0.59	4.15	27.95	25.10			25.16	2.80	0.75	25.91	464.30
K0+150.00	10.00	0.3	7.73	4.45	59.40			4.01	0.45	0.12	4.13	73.92
K0+160.00	10.00	0.01	9.39	1.55	85.60			1.40	0.16	0.04	1.44	25.75
K0+164.02	4.02	0.03	8.7	0.08	36.36			0.07	0.01	0.00	0.07	1.34
K0+165.00	0.98	0.02	7.89	0.02	8.13			0.02	0.00	0.00	0.02	0.41
K0+170.00	5.00	0.32	2.54	0.85	26.08			0.77	0.09	0.02	0.79	14.12
K0+175.00	5.00	2.82	0	7.85	6.35			7.07	0.79	0.21	7.28	130.40
K0+180.00	5.00	8.25	0	27.68	0.00			24.91	2.77	0.75	25.65	459.73
K0+185.00	5.00	19.22	0	68.68	0.00			61.81	6.87	1.85	63.66	1140.82
K0+187.48	2.48	24.89	0	54.70	0.00			49.23	5.47	1.48	50.70	908.61
K0+190.00	2.52	28.81	0	67.66	0.00			60.90	6.77	1.83	62.72	1123.99
K0+195.00	5.00	33.64	0	156.13	0.00			140.51	15.61	4.22	144.73	2593.52
K0+200.00	5.00	35.02	0	171.65	0.00			154.49	17.17	4.63	159.12	2851.42
K0+205.00	5.00	28.01	0	157.58	0.00			141.82	15.76	4.25	146.07	2617.61
K0+210.00	5.00	23.12	0	127.83	0.00			115.04	12.78	3.45	118.49	2123.41
K0+210.94	0.94	22.17	0	21.29	0.00			19.16	2.13	0.57	19.73	353.60
K0+220.00	9.06	9.31	0	142.60	0.00			128.34	14.26	3.85	132.19	2368.92
K0+230.00	10.00	14.15	0	117.30	0.00			105.57	11.73	3.17	108.74	1948.57
K0+240.00	10.00	13.4	0.31	137.75	1.55			123.98	13.78	3.72	127.69	2288.28

ABSCISA	LONGITUD	ÁREA CORTE	ÁREA TERRAPLÉN	VOLUMEN CORTE	VOLUMEN TERRAPLÉN	DESMONTE ZONA BOSCOSA	DESMONTE ZONA NO BOSCOSA	EXCAVACIÓN MATERIAL COMÚN 90%	EXCAVACIÓN MATERIAL ROCA 10%	REMOCIÓN DESLIZAMIENTOS	CONFORMACIÓN ZONA DEPOSITO	TRANSPORTE MATERIAL EXCAVACIÓN
						0,90%	0,10%	0,90	0,10	0,03		17.92 Km
								90%	10%	3%		Distancia
K0+260.00	10.00	1.36	5.05	19.20	40.55			17.28	1.92	0.52	17.80	318.95
K0+263.68	3.68	0.26	7.5	2.98	23.09			2.68	0.30	0.08	2.76	49.52
K0+265.00	1.32	0.03	8.55	0.19	10.59			0.17	0.02	0.01	0.18	3.18
K0+270.00	5.00	0	12.23	0.08	51.95			0.07	0.01	0.00	0.07	1.25
K0+275.00	5.00	0	8.36	0.00	51.48			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K0+280.00	5.00	0.27	2.56	0.68	27.30			0.61	0.07	0.02	0.63	11.21
K0+285.00	5.00	1.32	0.27	3.98	7.08			3.58	0.40	0.11	3.68	66.03
K0+288.91	3.91	3.43	0	9.29	0.53			8.36	0.93	0.25	8.61	154.26
K0+290.00	1.09	4.58	0	4.37	0.00			3.93	0.44	0.12	4.05	72.52
K0+295.00	5.00	11.77	0	40.88	0.00			36.79	4.09	1.10	37.89	679.01
K0+300.00	5.00	18.02	0	74.48	0.00			67.03	7.45	2.01	69.04	1237.17
K0+305.00	5.00	22.21	0	100.58	0.00			90.52	10.06	2.72	93.23	1670.74
K0+310.00	5.00	24.35	0	116.40	0.00			104.76	11.64	3.14	107.90	1933.62
K0+314.14	4.14	26.17	0	104.58	0.00			94.12	10.46	2.82	96.94	1737.21
K0+320.00	5.86	26.17	0	153.36	0.00			138.02	15.34	4.14	142.16	2547.53
K0+330.00	10.00	20.97	0	235.70	0.00			212.13	23.57	6.36	218.49	3915.41
K0+340.00	10.00	15.05	0	180.10	0.00			162.09	18.01	4.86	166.95	2991.79
K0+344.62	4.62	11.44	0	61.19	0.00			55.07	6.12	1.65	56.72	1016.51
K0+345.00	0.38	11.11	0	4.28	0.00			3.86	0.43	0.12	3.97	71.17
K0+347.73	2.73	7.55	0.52	25.47	0.71			22.92	2.55	0.69	23.61	423.12
K0+350.00	2.27	5.51	3.66	14.82	4.74			13.34	1.48	0.40	13.74	246.24
K0+350.84	0.84	5.01	5.33	4.42	3.78			3.98	0.44	0.12	4.10	73.40
K0+360.00	9.16	3.27	5.05	37.92	47.54			34.13	3.79	1.02	35.15	629.96
K0+370.00	10.00	10.67	0	69.70	25.25			62.73	6.97	1.88	64.61	1157.85
K0+376.06	6.06	21.37	0	97.08	0.00			87.37	9.71	2.62	89.99	1612.70
K0+380.00	3.94	24.54	0	90.44	0.00			81.40	9.04	2.44	83.84	1502.42
K0+384.82	4.82	23.17	0	114.98	0.00			103.48	11.50	3.10	106.59	1910.05
K0+385.00	0.18	23.3	0	4.18	0.00			3.76	0.42	0.11	3.88	69.48
K0+390.00	5.00	25.52	0	122.05	0.00			109.85	12.21	3.30	113.14	2027.48
K0+393.58	3.58	25.35	0	91.06	0.00			81.95	9.11	2.46	84.41	1512.63
K0+400.00	6.42	16.08	0	132.99	0.00			119.69	13.30	3.59	123.28	2209.21
K0+410.00	10.00	12.73	3.28	144.05	16.40			129.65	14.41	3.89	133.53	2392.94
K0+418.62	8.62	26.25	0	168.00	14.14			151.20	16.80	4.54	155.74	2790.85
K0+420.00	1.38	28.47	0	37.76	0.00			33.98	3.78	1.02	35.00	627.21
K0+425.00	5.00	42.31	0	176.95	0.00			159.26	17.70	4.78	164.03	2939.47
K0+429.10	4.10	46.7	0	182.47	0.00			164.22	18.25	4.93	169.15	3031.17
K0+430.00	0.90	46.7	0	42.03	0.00			37.83	4.20	1.13	38.96	698.20
K0+435.00	5.00	37.89	0	211.48	0.00			190.33	21.15	5.71	196.04	3512.99
K0+439.59	4.59	29.74	0	155.21	0.00			139.69	15.52	4.19	143.88	2578.34

ABSCISA	LONGITUD	ÁREA CORTE	ÁREA TERRAPLÉN	VOLUMEN CORTE	VOLUMEN TERRAPLÉN	DESMONTE ZONA BOSCOSA	DESMONTE ZONA NO BOSCOSA	EXCAVACIÓN MATERIAL COMÚN 90%	EXCAVACIÓN MATERIAL ROCA 10%	REMOCIÓN DESLIZAMIENTOS	CONFORMACIÓN ZONA DEPOSITO	TRANSPORTE MATERIAL EXCAVACIÓN
						0,90 %	0,10 %	0,90	0,10	0,03		17.92 Km
								90%	10%	3%		Distancia
K0+440.0 0	0.41	29.2 7	0	12.10	0.00			10.89	1.21	0.33	11.21	200.95
K0+450.0 0	10.0 0	22.7 1	0	259.9 0	0.00			233.91	25.99	7.02	240.93	4317.42
K0+460.0 0	10.0 0	19.1 8	0	209.4 5	0.00			188.51	20.95	5.66	194.16	3479.35
K0+470.0 0	10.0 0	11.9 8	0.0 3	155.8 0	0.15			140.22	15.58	4.21	144.43	2588.12
K0+480.0 0	10.0 0	10.5 5	0	112.6 5	0.15			101.39	11.27	3.04	104.43	1871.32
K0+482.4 7	2.47	13.0 1	0	29.10	0.00			26.19	2.91	0.79	26.97	483.35
K0+485.0 0	2.53	17.8 3	0	39.01	0.00			35.11	3.90	1.05	36.16	648.07
K0+490.0 0	5.00	24.8 6	0	106.7 3	0.00			96.05	10.67	2.88	98.93	1772.90
K0+493.5 1	3.51	26.7 2	0	90.52	0.00			81.47	9.05	2.44	83.91	1503.75
K0+495.0 0	1.49	26.8 3	0	39.89	0.00			35.91	3.99	1.08	36.98	662.73
K0+500.0 0	5.00	24.7 2	0	128.8 8	0.00			115.99	12.89	3.48	119.47	2140.85
K0+504.5 5	4.55	22.9	0	108.3 4	0.00			97.50	10.83	2.93	100.43	1799.65
K0+510.0 0	5.45	22.1 4	0	122.7 3	0.00			110.46	12.27	3.31	113.77	2038.84
K0+520.0 0	10.0 0	24.7 9	0	234.6 5	0.00			211.19	23.47	6.34	217.52	3897.97
K0+530.0 0	10.0 0	25.8	0	252.9 5	0.00			227.66	25.30	6.83	234.48	4201.96
K0+540.0 0	10.0 0	18.8 8	0	223.4 0	0.00			201.06	22.34	6.03	207.09	3711.09
K0+543.0 5	3.05	14.9 2	0	51.54	0.00		5114. 7	46.39	5.15	1.39	47.78	856.26
K0+440.0 0	0.41	29.2 7	0	12.10	0.00			10.89	1.21	0.33	11.21	200.95
K0+450.0 0	10.0 0	22.7 1	0	259.9 0	0.00			233.91	25.99	7.02	240.93	4317.42
K0+460.0 0	10.0 0	19.1 8	0	209.4 5	0.00			188.51	20.95	5.66	194.16	3479.35
K0+470.0 0	10.0 0	11.9 8	0.0 3	155.8 0	0.15			140.22	15.58	4.21	144.43	2588.12
K0+480.0 0	10.0 0	10.5 5	0	112.6 5	0.15			101.39	11.27	3.04	104.43	1871.32
K0+482.4 7	2.47	13.0 1	0	29.10	0.00			26.19	2.91	0.79	26.97	483.35

K0+485.0 0	2.53	17.8 3	0	39.01	0.00			35.11	3.90	1.05	36.16	648.07
K0+490.0 0	5.00	24.8 6	0	106.7 3	0.00			96.05	10.67	2.88	98.93	1772.90
K0+493.5 1	3.51	26.7 2	0	90.52	0.00			81.47	9.05	2.44	83.91	1503.75
K0+495.0 0	1.49	26.8 3	0	39.89	0.00			35.91	3.99	1.08	36.98	662.73
K0+500.0 0	5.00	24.7 2	0	128.8 8	0.00			115.99	12.89	3.48	119.47	2140.85
								-			0,00	-
VALORES TOTALES					751.4 0	0.00	0.51	6,943.5 0	771.5 0	208.3 0	7,151.8 0	128,160.5 0

Cantidades obra en la estructura de pavimento para el Acceso Luna-Derecha.

ABSCISA	LONGITUD [m]	MEJORAMIENTO e = 0,50 / 0.50	TRANSPORTE MEJORAMIENTO
		DISTANCIA	7.20 Km
K0+000,00	10,00	0,000	0,000

Cantidades obra en la estructura de pavimento para el Acceso Luna-Derecha.
Continuación.

ABSCISA	LONGITUD [m]	MEJORAMIENTO e = 0,50 / 0.50	TRANSPORTE MEJORAMIENTO
		DISTANCIA	7.20 Km
K0+010.00	10.00	7.670	55.224
K0+020.00	10.00	7.750	55.800
K0+030.00	10.00	9.260	66.672
K0+040.00	10.00	9.340	67.248
K0+050.00	10.00	7.750	55.800
K0+058.31	8.31	6.370	45.864
K0+060.00	1.69	1.300	9.360
K0+065.00	5.00	3.850	27.720
K0+070.00	5.00	3.850	27.720
K0+075.00	5.00	3.850	27.720
K0+080.00	5.00	3.800	27.360
K0+081.31	1.31	0.980	7.056
K0+085.00	3.69	2.770	19.944
K0+090.00	5.00	3.750	27.000
K0+095.00	5.00	3.750	27.000
K0+100.00	5.00	3.750	27.000
K0+104.31	4.31	3.230	23.256
K0+110.00	5.69	4.270	30.744

K0+120.00	10.00	8.840	63.648
K0+130.00	10.00	10.430	75.096
K0+140.00	10.00	9.170	66.024
K0+150.00	10.00	7.670	55.224
K0+160.00	10.00	7.750	55.800
K0+164.02	4.02	3.150	22.680
K0+165.00	0.98	0.760	5.472
K0+170.00	5.00	3.880	27.936
K0+175.00	5.00	3.800	27.360
K0+180.00	5.00	3.750	27.000
K0+185.00	5.00	3.750	27.000
K0+187.48	2.48	1.860	13.392
K0+190.00	2.52	1.890	13.608
K0+195.00	5.00	3.750	27.000
K0+200.00	5.00	3.750	27.000
K0+205.00	5.00	3.750	27.000
K0+210.00	5.00	3.750	27.000

Cantidades obra en la estructura de pavimento para el Acceso Luna-Derecha.
(Continuación)

ABSCISA	LONGITUD [m]	MEJORAMIENTO e = 0,50 / 0.50	TRANSPORTE MEJORAMIENTO
		DISTANCIA	7.20 Km
K0+220.00	9.06	6.800	48.960
K0+230.00	10.00	9.090	65.448
K0+240.00	10.00	10.680	76.896
K0+250.00	10.00	9.170	66.024
K0+260.00	10.00	7.670	55.224
K0+263.68	3.68	2.820	20.304
K0+265.00	1.32	1.030	7.416
K0+270.00	5.00	3.920	28.224
K0+275.00	5.00	3.920	28.224
K0+280.00	5.00	3.880	27.936
K0+285.00	5.00	3.850	27.720
K0+288.91	3.91	2.970	21.384
K0+290.00	1.09	0.820	5.904
K0+295.00	5.00	3.750	27.000
K0+300.00	5.00	3.750	27.000
K0+305.00	5.00	3.750	27.000
K0+310.00	5.00	3.750	27.000

K0+314.14	4.14	3.100	22.320
K0+320.00	5.86	4.400	31.680
K0+330.00	10.00	7.500	54.000
K0+340.00	10.00	7.500	54.000
K0+344.62	4.62	3.470	24.984
K0+345.00	0.38	0.280	2.016
K0+347.73	2.73	2.070	14.904
K0+350.00	2.27	1.740	12.528
K0+350.84	0.84	0.640	4.608
K0+360.00	9.16	7.030	50.616
K0+370.00	10.00	7.580	54.576
K0+376.06	6.06	4.550	32.760
K0+380.00	3.94	2.950	21.240
K0+384.82	4.82	3.620	26.064
K0+385.00	0.18	0.130	0.936
K0+390.00	5.00	3.750	27.000
K0+393.58	3.58	2.680	19.296
K0+400.00	6.42	4.820	34.704
K0+410.00	10.00	9.090	65.448

Cantidades obra en la estructura de pavimento para el Acceso Luna-Derecha.
(Continuación)

ABSCISA	LONGITUD [m]	CORTE / TERRAPLÉN	MEJORAMIENTO e = 0,50 / 0.50	TRANSPORTE MEJORAMIENTO
			DISTANCIA	7.20 Km
K0+418.62	8.62	Corte	7.830	56.376
K0+420.00	1.38	Corte	1.040	7.488
K0+425.00	5.00	Corte	3.750	27.000
K0+429.10	4.10	Corte	3.080	22.176
K0+430.00	0.90	Corte	0.670	4.824
K0+435.00	5.00	Corte	3.750	27.000
K0+439.59	4.59	Corte	3.440	24.768
K0+440.00	0.41	Corte	0.310	2.232
K0+450.00	10.00	Corte	7.500	54.000
K0+460.00	10.00	Corte	7.500	54.000
K0+470.00	10.00	Corte	7.580	54.576
K0+480.00	10.00	Corte	7.580	54.576
K0+482.47	2.47	Corte	1.850	13.320
K0+485.00	2.53	Corte	1.900	13.680
K0+490.00	5.00	Corte	3.750	27.000

K0+493.51	3.51	Corte	2.630	18.936
K0+495.00	1.49	Corte	1.120	8.064
K0+500.00	5.00	Corte	3.750	27.000
K0+504.55	4.55	Corte	3.410	24.552
K0+510.00	5.45	Corte	4.090	29.448
K0+520.00	10.00	Corte	7.500	54.000
K0+530.00	10.00	Corte	7.500	54.000
K0+540.00	10.00	Corte	7.500	54.000
K0+543.05	3.05	Corte	2.290	16.488
TOTAL	553.05		430.00	3,093.00

Cantidades de obras de drenaje para el Acceso Luna-Derecha.

ABSCISAS	OBRA	DIMENSIONES	LONGITUD	CUNETAS CONCRETO CLASE F	EXCAVACIONES VARIAS	RELLENO ESTRUCTURAL	CONCRETO "D"	CONCRETO "E"	CONCRETO "F"(SOLADO Y ATRAQUE)	TUBERIA REF 900 mm	ACERO DE REFUERZO PDR 60	TRANSPORTE DE MATERIAL	TRANSPORTE EXCAVACIONES
Final												7.20 Km	17.92 Km
K0+000.00	CUNETA	0.08	125.57	10.05									
K0+000.00	CUNETA	0.08	3.05	0.24	3.050	0.000	3.05	0.000	3.05	0	3.05		
K0+005.00	ALCANTARILLA	900mm	7		31.73	10.78		7.080	3.92	7	62.92	77.62	568.60
K0+074.80	CUNETA	0.08	156.21	12.50									
K0+005.00	ALCANTARILLA	900mm	7		31.73	10.78		7.080	3.92	7	62.92	113.19	230.73
K0+173.58	CUNETA	0.08	93.82	7.51									
K0+005.00	ALCANTARILLA	900mm	7		31.73	10.78		7.080	3.92	7	62.92	113.19	230.73
K0+275.60	CUNETA	0.08	70.41	5.63									
K0+287.99	CUNETA	0.08	255.059	20.40									
K0+368.48	CUNETA	0.08	33.51	2.68									
K0+416.40	CUNETA	0.08	50.61	4.05									
K0+474.99	CUNETA	0.08	68.059	5.44									
TOTAL				68.50	98.24	32.34	3.05	21.24	14.81	21.00	191.81	304.00	1030.05

Cantidades obra en la estructura de obras varias para el Acceso Luna-Derecha.

ABSCISA	LONGITUD	EMPRADIZACIÓN			
		ALTURA TERRAPLÉN	ALTURA CORTE	TALUD TERRAPLÉN	TALUD CORTE
K0+000.00		0.000	2.140		
K0+010.00	10.00	1.280	0.200	6.400	11.700
K0+020.00	10.00	1.040	0.380	11.600	2.900
K0+030.00	10.00	2.430	0.160	17.350	2.700
K0+040.00	10.00	2.920	0.060	26.750	1.100
K0+050.00	10.00	2.690	0.690	28.050	3.750
K0+058.31	8.31	2.600	1.300	21.980	8.268
K0+060.00	1.69	2.950	1.220	4.690	2.129
K0+065.00	5.00	3.120	1.110	15.175	5.825
K0+070.00	5.00	1.940	1.170	12.650	5.700
K0+075.00	5.00	0.000	1.520	4.850	6.725
K0+080.00	5.00	0.000	3.130	0.000	11.625

Cantidades obra en la estructura de obras varias para el Acceso Luna-Derecha.
Continuación.

ABSCISA	LONGITUD	EMPRADIZACIÓN			
		ALTURA TERRAPLÉN	ALTURA CORTE	TALUD TERRAPLÉN	TALUD CORTE
K0+081.31	1.31	0.000	3.790	0.000	4.533
K0+085.00	3.69	0.000	5.860	0.000	17.804
K0+090.00	5.00	0.000	7.440	0.000	33.250
K0+095.00	5.00	0.000	8.840	0.000	40.700
K0+100.00	5.00	0.000	9.510	0.000	45.875
K0+104.31	4.31	0.000	8.490	0.000	38.790
K0+110.00	5.69	0.000	6.540	0.000	42.760
K0+120.00	10.00	0.000	4.640	0.000	55.900
K0+130.00	10.00	1.850	2.240	9.250	34.400
K0+140.00	10.00	4.410	0.900	31.300	15.700
K0+150.00	10.00	6.450	0.650	54.300	7.750
K0+160.00	10.00	6.450	0.160	64.500	4.050
K0+164.02	4.02	5.780	0.240	24.582	0.804
K0+165.00	0.98	5.300	0.230	5.429	0.230
K0+170.00	5.00	2.380	0.560	19.200	1.975

K0+175.00	5.00	0.000	1.590	5.950	5.375
K0+180.00	5.00	0.000	3.710	0.000	13.250
K0+185.00	5.00	0.000	6.750	0.000	26.150
K0+187.48	2.48	0.000	8.010	0.000	18.302
K0+190.00	2.52	0.000	8.910	0.000	21.319
K0+195.00	5.00	0.000	9.970	0.000	47.200
K0+200.00	5.00	0.000	9.920	0.000	49.725
K0+205.00	5.00	0.000	8.800	0.000	46.800
K0+210.00	5.00	0.000	7.410	0.000	40.525
K0+210.94	0.94	0.000	7.170	0.000	6.853
K0+220.00	9.06	0.000	4.040	0.000	50.781
K0+230.00	10.00	0.000	4.890	0.000	44.650
K0+240.00	10.00	1.750	4.810	8.750	48.500
K0+250.00	10.00	4.190	2.130	29.700	34.700
K0+260.00	10.00	5.380	1.310	47.850	17.200
K0+263.68	3.68	5.950	0.680	20.847	3.662
K0+265.00	1.32	5.930	0.290	7.841	0.640
K0+270.00	5.00	7.000	0.000	32.325	0.725

Cantidades obra en la estructura de obras varias para el Acceso Luna-Derecha.
Continuación.

ABSCISA	LONGITUD	EMPRADIZACIÓN			
		ALTURA TERRAPLÉN	ALTURA CORTE	TALUD TERRAPLÉN	TALUD CORTE
K0+275.00	5.00	5.370	0.000	30.925	0.000
K0+280.00	5.00	2.250	0.540	19.050	1.350
K0+285.00	5.00	0.830	0.950	7.700	3.725
K0+288.91	3.91	0.000	1.460	1.623	4.712
K0+290.00	1.09	0.000	1.830	0.000	1.793
K0+295.00	5.00	0.000	3.970	0.000	14.500
K0+300.00	5.00	0.000	5.660	0.000	24.075
K0+305.00	5.00	0.000	6.760	0.000	31.050
K0+310.00	5.00	0.000	6.690	0.000	33.625
K0+314.14	4.14	0.000	7.580	0.000	29.539
K0+320.00	5.86	0.000	7.640	0.000	44.595
K0+330.00	10.00	0.000	6.810	0.000	72.250
K0+340.00	10.00	0.000	5.320	0.000	60.650
K0+344.62	4.62	0.000	4.250	0.000	22.107
K0+345.00	0.38	0.000	4.160	0.000	1.598

K0+347.73	2.73	2.630	3.570	3.590	10.551
K0+350.00	2.27	6.160	3.370	9.977	7.877
K0+350.84	0.84	7.510	3.310	5.741	2.806
K0+360.00	9.16	5.620	2.640	60.135	27.251
K0+370.00	10.00	0.000	4.380	28.100	35.100
K0+376.06	6.06	0.000	7.030	0.000	34.572
K0+380.00	3.94	0.000	6.960	0.000	27.560
K0+384.82	4.82	0.000	6.360	0.000	32.101
K0+385.00	0.18	0.000	6.390	0.000	1.148
K0+390.00	5.00	0.000	6.650	0.000	32.600
K0+393.58	3.58	0.000	6.960	0.000	24.362
K0+400.00	6.42	0.000	5.990	0.000	41.570
K0+410.00	10.00	6.600	5.370	33.000	56.800
K0+418.62	8.62	0.000	9.120	28.446	62.452
K0+420.00	1.38	0.000	9.610	0.000	12.924
K0+425.00	5.00	0.000	12.420	0.000	55.075
K0+429.10	4.10	0.000	13.170	0.000	52.460
K0+430.00	0.90	0.000	12.860	0.000	11.713
K0+435.00	5.00	0.000	11.640	0.000	61.250

Cantidades obra en la estructura de obras varias para el Acceso Luna-Derecha.
Continuación.

ABSCISA	LONGITUD	EMPRADIZACIÓN			
		ALTURA TERRAPLÉN	ALTURA CORTE	TALUD TERRAPLÉN	TALUD CORTE
K0+439.59	4.59	0.000	10.020	0.000	49.710
K0+440.00	0.41	0.000	9.900	0.000	4.084
K0+450.00	10.00	0.000	8.320	0.000	91.100
K0+460.00	10.00	0.000	7.180	0.000	77.500
K0+470.00	10.00	1.180	5.220	5.900	62.000
K0+480.00	10.00	0.000	4.480	5.900	48.500
K0+482.47	2.47	0.000	5.060	0.000	11.782
K0+485.00	2.53	0.000	6.480	0.000	14.598
K0+490.00	5.00	0.000	8.380	0.000	37.150
K0+493.51	3.51	0.000	8.800	0.000	30.151
K0+495.00	1.49	0.000	8.810	0.000	13.119
K0+500.00	5.00	0.000	7.910	0.000	41.800
K0+504.55	4.55	0.000	7.710	0.000	35.536
K0+510.00	5.45	0.000	7.470	0.000	41.365
K0+520.00	10.00	0.000	7.910	0.000	76.900

K0+530.00	10.00	0.000	7.910	0.000	79.100
K0+540.00	10.00	0.000	6.210	0.000	70.600
K0+543.05	3.05	0.000	5.170	0.000	17.354
TOTAL	275.000			542.00	883.00

ACCESO LUNA - IZQUIERDA

Especificaciones preliminares de diseño

Definiéndose esta carretera como **terciaria**, aunque no cumple la función de unir cabeceras municipales con sus veredas, ni unión de veredas entre sí.

Controles para el diseño geométrico

Velocidad de diseño:

El V_d asignado corresponde al valor 30km/h.

Distancia de visibilidad de parada (D_p):

En la siguiente tabla, se resumen los valores calculados de las distancias de visibilidad.

Distancias de visibilidad. Acceso Luna-Izquierda.

ACCESO LUNA - IZQUIERDA			
Velocidad de diseño (Km/h) =			30
Coeficiente de fricción longitudinal llanta-pavimento =			0,44
PIV	Pendiente [%]		Distancia de visibilidad de parada [m]
	Entrada	Salida	
1	-10.73	-7.85	27.33
2	-7.85	-5.11	26.48
3	-5.11	5.98	26.00
4	5.98	12.56	27.95
5	12.56	8.20	27.95
6	8.20	-14.00	28.49
7	-14.00	-4.01	28.49

Diseño en planta del eje de la carretera

Velocidades específicas y radio mínimo (R_{cmin})

Estos parámetros y la asignación de la velocidad se muestran en la siguiente tabla.

Asignación de la Velocidades específicas. Acceso Luna-Izquierda

Asignación de velocidades ($V_d=30\text{km/h}$) – ACCESO LUNA - IZQUIERDA		
PI	Radio de la Curva [m]	Velocidad Específica V_e [km/h]
1	30	30
2	80	50
3	30	30

Peraltes máximos ($e_{\text{máx}}$)

Para curvas con radio comprendido entre 30 metros y 170 metros, el peralte deberá ser del 8% con variación de velocidad específica entre 30 y 70 km/h respectivamente.

Transición del peralte

Para este proyecto se considera un 2% de bombeo lo que es adecuado para una superficie de tierra o grava.

Los cálculos de la longitud de transición y la longitud de aplanamiento se resumen en la siguiente Tabla:

Valores de longitud de transición y aplanamiento. Acceso Luna-Izquierda.

ACCESO LUNA - IZQUIERDA									
PI	Radio de la Curva [m]	Velocidad Específica V_e [km/h]	Carril [m]	Peralte [%]	Bombeo [%]	m [%]	L_t [m]	N [m]	L [m]
1	30	30	1.50	8	2	1.28	9.38	2.34	11.72
2	80	50	1.50	8	2	0.77	15.63	3.90	19.48
3	30	30	1.50	8	2	1.28	9.38	2.34	11.72

Entretangencias:

Valores de entretangencia, máxima, mínima, adoptada y su cumplimiento. Acceso Luna-Izquierda.

ACCESO LUNA - IZQUIERDA			
Entretangencia	Entretangencia		Cumplimiento
	Mínima [m]	Adoptada [m]	
1	41.67	142.53	SI
2	41.67	93.40	SI
3	41.67	112.81	SI
4	41.67	22.04	NO

Las entretangencias número 4, no necesariamente debe cumplir con los límites de entretangencia, puesto que esta se empalma con la vía existente.

Curvas circulares

Los elementos geométricos de cada una de las curvas, se resumen en la Tabla siguiente. Además en el Anexo 1, se detallan mejor estos elementos geométricos, para estos accesos y para otros accesos calculados de la misma forma. Así como también se realizó planos de los mismos, incluyendo planta, perfil y secciones de los accesos realizados, los cuales se incluyen en el Anexo 3.

Elementos geométricos de las curvas circulares para el Acceso Luna-Izquierda.

CUADRO DE ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE CURVATURA – ACCESO LUNA - IZQUIERDA													
PI	Cord. X PI	Cord. Y PI	R [m]	Δ [°]	Entretangencia [m]	Gc [°]	T [m]	Lc [m]	CL [m]	E [m]	M [m]	Abscisas	
												PC (PR)	PT (PR)
					142.53								
1	980077.76	621399.52	30.00	68°35'		60°00'00.0"	20.470	35.926	33.82	6.32	5.129	K0+142 .532	K0+178 .458
					93.40								
2	980018.11	621297.62	80.00	6°00'		21°36'49.8"	4.212	8.415	8.41	0.11	0.111	K0+271 .858	K0+280 .274
					112.81								
3	979926.79	621173.62	30.00	101°55'		60°00'00.0"	36.973	53.349	46.59	17.61	11.098	K0+393 .082	K0+446 .431
					22.04								

Diseño en perfil del eje de la carretera

Tangentes Verticales:

Pendiente Mínima:

Esta no debe ser menor que el 0.5%, determinada por criterios de drenaje.

Pendiente Máxima:

Como las velocidades de diseño de los accesos V_d , son iguales a 30 Km/h, la pendiente máxima para este tipo de carretera y tipo de terreno es del **16%**.

El cumplimiento de esta pendiente, dentro del proyecto de diseño geométrico de los accesos, se resume en la siguiente tabla.

Verificación del cumplimiento de las pendientes. Acceso Luna-Izquierda.

ACCESO LUNA - IZQUIERDA – ($V_d = 30$ Km/h)				
Pendiente Mínima (%) =			0.5	
Pendiente Máxima (%) =			16	
			Cumplimiento	
	Entrada	Salida	Mínima	Máxima
1	-10.73	-7.85	SI	SI
2	-7.85	-5.11	SI	SI
3	-5.11	5.98	SI	SI
4	5.98	12.56	SI	SI
5	12.56	8.20	SI	SI
6	8.20	-14.00	SI	SI
7	-14.00	-4.01	SI	SI

Longitud Mínima:

“No se deben proyectar longitudes de pendientes cuya distancia de recorrido a la velocidad de diseño sea inferior a la recorrida en 10 segundos; midiéndose dicha longitud entre vértices contiguos.”

Por lo tanto para una Velocidad de diseño de 30 Km/h, la longitud mínima ser igual a 83.33 m.

Longitud Crítica de una Pendiente:

Esta es la distancia horizontal medida desde el comienzo de una pendiente, necesaria para lograr una altura de 15 m respecto al mismo origen.

Longitudes de la Tangente Vertical. Acceso Luna-Izquierda.

ACCESO LUNA - IZQUIERDA – (Vd = 30 Km/h)								
Longitud Mínima (m) =						83.33		
PIV	Pendiente [%]		Longitud Crítica [m]		Longitud asignada [m]		Cumplimiento	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Mínima	Crítica
1	-10.73	-7.85	139.79	191.08	60.49	87.78	SI	SI
2	-7.85	-5.11	191.08	293.54	87.78	48.33	NO	SI
3	-5.11	5.98	293.54	250.84	48.33	67.60	NO	SI
4	5.98	12.56	250.84	119.43	67.60	55.15	NO	SI
5	12.56	8.20	119.43	182.93	55.15	53.45	NO	SI
6	8.20	-14.00	182.93	107.14	53.45	62.07	NO	SI
7	-14.00	-4.01	107.14	374.06	62.07	36.69	NO	SI

Las longitudes de las tangentes verticales no necesariamente deben cumplir con los límites de longitud mínima, puesto que estas se deben ajustar al tipo de terreno y la disponibilidad del mismo. Que por ser una reposición de un acceso privado, no se disponía de predios para cumplir todos los parámetros.

Curvas Verticales

Elementos de la curva vertical simétrica:

En la siguiente tabla, se presentan las longitudes de la curva verticales para todos los criterios, así como también se presenta el valor asignado para la misma.

Longitudes de la Curvas Verticales. Acceso Luna-Izquierda.

ACCESO LUNA - IZQUIERDA – (Vd = 30 Km/h)								
PIV	Pendiente [%]		A [%]	Dp [m]	Seguridad [m]	Operación [m]	Drenaje [m]	Lcv [m]
	Entrada	Salida						
1	-10.73	-7.85	2.88	27.33	-20.22	18	144	30
2	-7.85	-5.11	2.74	26.48	-24.66	18	137	20
3	-5.11	5.98	11.09	26.00	13.68	18	554.5	20
4	5.98	12.56	6.58	27.95	22.80	18	329	30
5	12.56	8.20	4.36	27.95	-41.58	18	218	20
6	8.20	-14.00	22.20	28.49	42.40	18	1110	42
7	-14.00	-4.01	9.99	28.49	28.49	18	499.5	37

Para el caso del criterio de seguridad en el PIV 1, 2 y 5, se puede decir que estas no necesitan curva vertical por este criterio.

Con el valor de la curva vertical se dispone a calcular las cotas de la subrasante, tanto del eje como de las medias bancas.

Cartera de localización para el Acceso Luna-Izquierda.

Abscisa	Coordenadas		Cota Negra	Cota	Cota	Cota	Peralzado	
	Este	Norte		3.00	Eje	3.00	Izquierdo	Derecho
K0+000.00	980238.77	621374.15	2776.76	2776.73	2776.76	2776.73	-2.00%	-2.00%
K0+010.00	980228.90	621375.70	2775.46	2775.66	2775.69	2775.66	-2.00%	-2.00%
K0+020.00	980219.02	621377.26	2774.60	2774.58	2774.61	2774.58	-2.00%	-2.00%
K0+030.00	980209.14	621378.82	2773.60	2773.51	2773.54	2773.51	-2.00%	-2.00%
K0+040.00	980199.26	621380.38	2772.44	2772.44	2772.47	2772.44	-2.00%	-2.00%
K0+050.00	980189.38	621381.93	2771.55	2771.38	2771.41	2771.38	-2.00%	-2.00%
K0+060.00	980179.51	621383.49	2770.69	2770.39	2770.42	2770.39	-2.00%	-2.00%
K0+070.00	980169.63	621385.05	2769.81	2769.51	2769.54	2769.51	-2.00%	-2.00%
K0+080.00	980159.75	621386.60	2768.80	2768.71	2768.74	2768.71	-2.00%	-2.00%
K0+090.00	980149.87	621388.16	2768.18	2767.92	2767.95	2767.92	-2.00%	-2.00%
K0+100.00	980139.99	621389.72	2767.60	2767.14	2767.17	2767.14	-2.00%	-2.00%
K0+110.00	980130.12	621391.27	2766.62	2766.36	2766.39	2766.36	-2.00%	-2.00%
K0+120.00	980120.24	621392.83	2765.93	2765.57	2765.60	2765.57	-2.00%	-2.00%
K0+130.00	980110.36	621394.39	2765.14	2764.79	2764.82	2764.79	-2.00%	-2.00%
K0+140.00	980100.48	621395.94	2764.33	2763.97	2764.05	2764.14	-5.80%	5.80%
K0+142.53	980097.98	621396.34	2763.97	2763.75	2763.87	2763.99	-8.00%	8.00%
K0+145.00	980095.53	621396.62	2763.37	2763.58	2763.70	2763.82	-8.00%	8.00%
K0+150.00	980090.54	621396.58	2762.98	2763.25	2763.37	2763.49	-8.00%	8.00%
K0+155.00	980085.62	621395.70	2762.28	2762.95	2763.07	2763.19	-8.00%	8.00%
K0+160.00	980080.91	621394.02	2762.04	2762.67	2762.79	2762.91	-8.00%	8.00%
K0+160.50	980080.47	621393.81	2762.01	2762.64	2762.76	2762.88	-8.00%	8.00%
K0+165.00	980076.55	621391.59	2761.53	2762.41	2762.53	2762.65	-8.00%	8.00%
K0+170.00	980072.66	621388.46	2760.86	2762.15	2762.27	2762.39	-8.00%	8.00%
K0+175.00	980069.33	621384.74	2760.15	2761.90	2762.02	2762.14	-8.00%	8.00%
K0+178.46	980067.42	621381.86	2759.74	2761.72	2761.84	2761.96	-8.00%	8.00%
K0+178.58	980067.36	621381.75	2759.72	2761.71	2761.83	2761.95	-7.90%	7.90%
K0+180.00	980066.64	621380.53	2758.23	2761.64	2761.76	2761.88	-7.90%	7.90%
K0+182.58	980065.34	621378.30	2759.07	2761.51	2761.63	2761.75	-7.90%	7.90%
K0+190.00	980061.59	621371.90	2758.65	2761.25	2761.28	2761.25	-2.00%	-1.80%
K0+200.00	980056.54	621363.27	2759.55	2761.21	2761.24	2761.21	-2.00%	-2.00%
K0+210.00	980051.49	621354.64	2760.04	2761.68	2761.71	2761.68	-2.00%	-2.00%
K0+220.00	980046.43	621346.01	2761.15	2762.28	2762.31	2762.28	-2.00%	-2.00%
K0+230.00	980041.38	621337.38	2763.02	2762.88	2762.91	2762.88	-2.00%	-2.00%
K0+240.00	980036.33	621328.75	2764.02	2763.48	2763.51	2763.48	-2.00%	-2.00%

Cartera de localización para el Acceso Luna-Izquierda. Continuación

Abscisa	Coordenadas		Cota Negra	Cota	Cota	Cota	Peralzado	
	Este	Norte		3.00	Eje	3.00	Izquierdo	Derecho
K0+250.00	980031.28	621320.12	2764.59	2764.08	2764.11	2764.08	-2.00%	-2.00%
K0+260.00	980026.23	621311.49	2765.31	2764.85	2764.83	2764.80	1.40%	-2.00%
K0+270.00	980021.18	621302.86	2766.04	2765.87	2765.78	2765.68	6.50%	-6.50%
K0+271.86	980020.24	621301.25	2766.18	2766.09	2765.97	2765.86	7.50%	-7.50%
K0+275.00	980018.60	621298.57	2766.43	2766.44	2766.33	2766.22	7.50%	-7.50%
K0+276.07	980018.02	621297.68	2766.52	2766.57	2766.45	2766.34	7.50%	-7.50%
K0+280.00	980015.77	621294.45	2766.82	2767.05	2766.94	2766.83	7.50%	-7.50%
K0+280.27	980015.61	621294.23	2766.84	2767.08	2766.97	2766.86	7.50%	-7.50%
K0+290.00	980009.84	621286.39	2767.91	2768.23	2768.19	2768.16	2.50%	-2.50%
K0+300.00	980003.91	621278.34	2769.21	2769.42	2769.45	2769.42	-2.00%	-2.00%
K0+310.00	979997.98	621270.29	2770.80	2770.67	2770.70	2770.67	-2.00%	-2.00%
K0+320.00	979992.05	621262.24	2772.18	2771.81	2771.84	2771.81	-2.00%	-2.00%
K0+330.00	979986.12	621254.19	2773.63	2772.72	2772.75	2772.72	-2.00%	-2.00%
K0+340.00	979980.19	621246.13	2773.93	2773.54	2773.57	2773.54	-2.00%	-2.00%
K0+350.00	979974.27	621238.08	2775.42	2774.36	2774.39	2774.36	-2.00%	-2.00%
K0+360.00	979968.34	621230.03	2775.48	2775.01	2775.04	2775.01	-2.00%	-2.00%
K0+370.00	979962.41	621221.98	2775.96	2775.13	2775.16	2775.13	-2.00%	-2.00%
K0+380.00	979956.48	621213.93	2775.85	2774.72	2774.75	2774.72	-2.00%	-2.00%
K0+390.00	979950.55	621205.87	2775.01	2773.90	2773.82	2773.74	5.40%	-5.40%
K0+393.08	979948.72	621203.39	2774.73	2773.54	2773.42	2773.30	8.00%	-8.00%
K0+395.00	979947.53	621201.89	2774.54	2773.27	2773.15	2773.03	8.00%	-8.00%
K0+400.00	979944.01	621198.34	2773.97	2772.57	2772.45	2772.33	8.00%	-8.00%
K0+405.00	979939.95	621195.43	2773.00	2771.87	2771.75	2771.63	8.00%	-8.00%
K0+410.00	979935.47	621193.23	2771.87	2771.17	2771.05	2770.93	8.00%	-8.00%
K0+415.00	979930.68	621191.81	2770.69	2770.47	2770.35	2770.23	8.00%	-8.00%
K0+419.76	979925.97	621191.21	2769.71	2769.82	2769.70	2769.58	8.00%	-8.00%
K0+420.00	979925.72	621191.20	2769.66	2769.79	2769.67	2769.55	8.00%	-8.00%
K0+425.00	979920.74	621191.43	2768.79	2769.17	2769.05	2768.93	8.00%	-8.00%
K0+430.00	979915.85	621192.47	2768.12	2768.63	2768.51	2768.39	8.00%	-8.00%
K0+435.00	979911.21	621194.32	2767.73	2768.14	2768.02	2767.90	8.00%	-8.00%
K0+440.00	979906.94	621196.90	2767.40	2767.73	2767.61	2767.49	8.00%	-8.00%
K0+445.00	979903.15	621200.16	2767.35	2767.38	2767.26	2767.14	8.00%	-8.00%
K0+446.43	979902.18	621201.21	2767.39	2767.29	2767.17	2767.05	8.00%	-8.00%
K0+450.00	979899.80	621203.87	2767.07	2767.06	2766.98	2766.91	5.00%	-5.00%
K0+460.00	979893.14	621211.33	2766.92	2766.53	2766.56	2766.53	-2.00%	-2.00%
K0+468.47	979887.50	621217.65	2766.22	2766.19	2766.22	2766.19	-2.00%	-2.00%

Diseño de la Sección transversal de la carretera

Ancho de Calzada:

En la siguiente tabla, del Manual de Diseño Geométrico para carreteras se indica el ancho de la calzada en función de la categoría de la carretera (Ver Anexo 1), del tipo de terreno y de la velocidad de diseño. En carreteras de una calzada el ancho mínimo de esta debe ser de cinco metros (5m) con el propósito de permitir el cruce de dos vehículos de diseño que viajen en sentido contrario.

A continuación se indica el ancho asumido para cada uno de los accesos:

Ancho para la Calzada de cada Acceso.

Acceso	Ancho de Calzada [m]
Dávila	5.00
Mocondino	6.00
Acceso Luna – Derecha	5.00
Acceso Luna - Izquierda	3.00 – 6.00

Se determinó un ancho de calzada de seis metros, para el acceso Mocondino puesto que las condiciones topográficas y socioeconómicas del acceso así lo permitieron. Así como también para el Acceso Luna –Izquierda, el ancho de calzada varía entre 3 y 6 metros, puesto que las condiciones particulares del sitio así lo obligaron, tales como topografía y disponibilidad de terreno de la familia.

Ancho de Berma

Las vías terciarias a menos que sean pavimentadas, no llevan Berma, llevan algo denominado berma cuneta, que lleva el valor del ancho de la berma.

Pendiente transversal en entretangencias horizontales

El bombeo determinado para todos los accesos fue del 2%.

Presupuestos para la reposición de los accesos afectados por la explanación de los trayectos 5 y 6-1. Acceso Mocondino

Una vez realizados todos los diseños, tanto en planta como en perfil se procede a realizar los respectivos presupuestos para cada uno de los accesos, teniendo en cuenta todos los ítems necesarios, basados principalmente en los volúmenes de tierra desalojados o alojados que se calcularon en las secciones transversales. Los presupuestos se realizaron con precios INVIAS del 2013, a continuación se presenta el presupuesto final estimado, teniendo en cuenta que se realizó un detallado análisis de precios unitarios, contabilizando las cantidades de obra directamente de los planos.

Presupuesto estimado de obra para el Acceso Luna-Izquierda.

ÍTEM DE PAGO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
EXPLANACIONES				
DESMONTE Y LIMPIEZA EN ZONAS NO BOSCOSAS	Ha	0.26	\$ 630,462.00	\$ 163,920.12
EXCAVACIÓN EN MATERIAL COMÚN DE LA EXPLANACIÓN 90%	m³	780.50	\$ 4,674.00	\$ 3,648,057.00
EXCAVACIÓN EN ROCA DE LA EXPLANACIÓN 10%	m³	86.70	\$ 77,890.00	\$ 6,753,063.00
REMOCIÓN DE DERRUMBES 3%	m³	23.40	\$ 5,971.00	\$ 139,721.40
TERRAPLENES CON MATERIAL DE EXCAVACIÓN	m³	672.00	\$ 7,609.00	\$ 5,113,248.00
AFIRMADO	m³	251.00	64,717.00	\$ 16,243,967.00
CONFORMACIÓN DE BOTADERO O ESCOMBRERA	m³	222.80	\$ 2,265.00	\$ 504,642.00
OBRAS, DRENAJES Y SUBDRENAJES				
EXCAVACIONES VARIAS SIN CLASIFICAR	m³	4.20	15,670.00	\$ 65,814.00
RELLENO PARA ESTRUCTURAS	m³	5.20	\$ 54,372.00	\$ 282,734.40
CONCRETO CLASE D (3000 PSI)	m³	18.96	695,677.00	\$ 13,190,035.92
CONCRETO CLASE F (2000 PSI)	m³	1.64	\$ 466,760.00	\$ 765,486.40
TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO 900 MM	ml	1,509.20	\$ 4,200.00	\$ 6,338,640.00
ACERO DE REFUERZO PDR 60	Kg	52.53	\$ 539,819.00	\$ 28,358,635.42
CUNETAS CONCRETO CLASE F	m³	4.20	15,670.00	\$ 65,814.00
OBRAS VARIAS				
EMPRADIZACIÓN DE TALUDES EN CORTE	m²	182.00	13,457.00	\$ 2,449,174.00
EMPRADIZACIÓN DE TALUDES EN TERRAPLÉN	m²	476.00	\$ 11,022.00	\$ 5,246,472.00
TRANSPORTES				
TRANSPORTE MATERIAL DE EXCAVACIÓN DISTANCIA > 1000M.	m³-Km	14,061.28	\$ 1,300.00	\$ 18,279,664.00
TRANSPORTE AGREGADOS PÉTREOS (Excepto agregados para concretos)	m³-Km	1,977.23	\$ 1,300.00	\$ 2,570,392.50
TOTAL				\$ 110,113,667.16

Cantidades de explanación para el Acceso Luna-Izquierda.

ABSCISA	LONGITUD	ÁREA CORTE	ÁREA TERRAPLÉN	VOLUMEN CORTE	VOLUMEN TERRAPLÉN	DESMONTE ZONA BOSCOSA	DESMONTE ZONA NO BOSCOSA	EXCAVACION MATERIAL COMÚN 90%	EXCAVACION MATERIAL ROCA 10%	REMOCIÓN DESLIZAMIENTOS	CONFORMACIÓN ZONA DEPOSITO	TRANSPORTE MATERIAL EXCAVACIÓN
						0,90%	0,10%	0,90	0,10	0,03		17.40 Km
								90%	10%	3%		Distancia
K0+000.00		0.21	0	0.00	0.00							
K0+010.00	10.00	0	0.22	1.05	1.10			0.95	0.11	0.03	0.97	16.94
K0+020.00	10.00	0.11	0	0.55	1.10			0.50	0.06	0.01	0.51	8.87
K0+030.00	10.00	0.37	0	2.40	0.00			2.16	0.24	0.06	2.22	38.71
K0+040.00	10.00	0.11	0	2.40	0.00			2.16	0.24	0.06	2.22	38.71
K0+050.00	10.00	0.77	0	4.40	0.00			3.96	0.44	0.12	4.08	70.97
K0+060.00	10.00	1.3	0	10.35	0.00			9.32	1.04	0.28	9.59	166.94
K0+070.00	10.00	1.24	0	12.70	0.00			11.43	1.27	0.34	11.77	204.85
K0+080.00	10.00	0.26	0	7.50	0.00			6.75	0.75	0.20	6.95	120.97
K0+090.00	10.00	0.94	0	6.00	0.00			5.40	0.60	0.16	5.56	96.78
K0+100.00	10.00	1.65	0	12.95	0.00			11.66	1.30	0.35	12.00	208.88
K0+110.00	10.00	1.16	0	14.05	0.00			12.65	1.41	0.38	13.02	226.62
K0+120.00	10.00	3.1	0	21.30	0.00			19.17	2.13	0.58	19.75	343.56
K0+130.00	10.00	1.63	0	23.65	0.00			21.29	2.37	0.64	21.92	381.47
K0+140.00	10.00	1.04	0	13.35	0.00			12.02	1.34	0.36	12.38	215.33
K0+142.53	2.53	0.66	0	2.15	0.00			1.94	0.22	0.06	1.99	34.69
K0+145.00	2.47	0.32	0.03	1.21	0.04			1.09	0.12	0.03	1.12	19.52
K0+150.00	5.00	0	0.53	0.80	1.40			0.72	0.08	0.02	0.74	12.90
K0+155.00	5.00	0	2.68	0.00	8.03							
K0+160.00	5.00	0	2.51	0.00	12.98							
K0+160.50	0.50	0	2.54	0.00	1.26							
K0+165.00	4.50	0	3.82	0.00	14.31							
K0+170.00	5.00	0	6.48	0.00	25.75							
K0+175.00	5.00	0	9.71	0.00	40.48							
K0+178.46	3.46	0	12.93	0.00	39.17							
K0+178.58	0.12	0	13.47	0.00	1.58							
K0+180.00	1.42	0	0	0.00	9.56							
K0+182.58	2.58	0	19.75	0.00	25.48							
K0+190.00	7.42	0	16.85	0.00	135.79							
K0+200.00	10.00	0	9.01	0.00	129.30							
K0+210.00	10.00	0	9.04	0.00	90.25							
K0+220.00	10.00	0	5.5	0.00	72.70							
K0+230.00	10.00	0.45	0	2.25	27.50			2.03	0.23	0.06	2.09	36.29
K0+240.00	10.00	3.04	0	17.45	0.00			15.71	1.75	0.47	16.18	281.47
K0+250.00	10.00	2.26	0	26.50	0.00			23.85	2.65	0.72	24.57	427.44
K0+260.00	10.00	2.14	0	22.00	0.00			19.80	2.20	0.59	20.39	354.86
K0+270.00	10.00	1.2	0	16.70	0.00			15.03	1.67	0.45	15.48	269.37
K0+271.86	1.86	0.86	0	1.92	0.00			1.72	0.19	0.05	1.78	30.90
K0+275.00	3.14	0.41	0	1.99	0.00			1.79	0.20	0.05	1.85	32.16

Cantidades de explanación para el Acceso Luna-Izquierda. Continuación.

ABSCISA	LONGITUD	ÁREA CORTE	ÁREA TERRAPLÉN	VOLUMEN CORTE	VOLUMEN TERRAPLÉN	DESMONTE ZONA BOSCOSA	DESMONTE ZONA NO BOSCOSA	EXCAVACIÓN MATERIAL COMÚN 90%	EXCAVACIÓN MATERIAL ROCA 10%	REMOCIÓN DESLIZAMIENTOS	CONFORMACIÓN ZONA DEPOSITO	TRANSPORTE MATERIAL EXCAVACIÓN
						0,90%	0,10%	0,90	0,10	0,03		17.40 Km
								90%	10%	3%		Distancia
K0+276.07	1.07	0.23	0	0.34	0.00			0.31	0.03	0.01	0.32	5.52
K0+280.00	3.93	0	0	0.45	0.00			0.41	0.05	0.01	0.42	7.29
K0+280.27	0.27	0	0.04	0.00	0.01							
K0+290.00	9.73	0	0.66	0.00	3.41							
K0+300.00	10.00	0	0.42	0.00	5.40							
K0+310.00	10.00	0.48	0	2.40	2.10			2.16	0.24	0.06	2.22	38.71
K0+320.00	10.00	1.41	0	9.45	0.00			8.51	0.95	0.26	8.76	152.43
K0+330.00	10.00	3.11	0	22.60	0.00			20.34	2.26	0.61	20.95	364.53
K0+340.00	10.00	1.88	0	24.95	0.00			22.46	2.50	0.67	23.13	402.44
K0+350.00	10.00	5.24	0	35.60	0.00			32.04	3.56	0.96	33.00	574.22
K0+360.00	10.00	3.33	0	42.85	0.00			38.57	4.29	1.16	39.72	691.16
K0+370.00	10.00	5.31	0	43.20	0.00			38.88	4.32	1.17	40.05	696.81
K0+380.00	10.00	7.13	0	62.20	0.00			55.98	6.22	1.68	57.66	1003.27
K0+390.00	10.00	8.57	0	78.50	0.00			70.65	7.85	2.12	72.77	1266.19
K0+393.08	3.08	9.69	0	28.12	0.00			25.31	2.81	0.76	26.07	453.58
K0+395.00	1.92	10.54	0	19.42	0.00			17.48	1.94	0.52	18.00	313.25
K0+400.00	5.00	12.18	0	56.80	0.00			51.12	5.68	1.53	52.65	916.17
K0+405.00	5.00	10.01	0	55.48	0.00			49.93	5.55	1.50	51.43	894.80
K0+410.00	5.00	7.45	0	43.65	0.00			39.29	4.37	1.18	40.46	704.07
K0+415.00	5.00	4.53	0	29.95	0.00			26.96	3.00	0.81	27.76	483.09
K0+419.76	4.76	2.78	0.1	17.40	0.24			15.66	1.74	0.47	16.13	280.62
K0+420.00	0.24	2.7	0.11	0.66	0.03			0.59	0.07	0.02	0.61	10.61
K0+425.00	5.00	1.64	0.68	10.85	1.98			9.77	1.09	0.29	10.06	175.01
K0+430.00	5.00	1.17	1	7.03	4.20			6.32	0.70	0.19	6.51	113.31
K0+435.00	5.00	1.04	0.87	5.53	4.68			4.97	0.55	0.15	5.12	89.12
K0+440.00	5.00	0.97	0.63	5.03	3.75			4.52	0.50	0.14	4.66	81.05
K0+445.00	5.00	1.12	0.07	5.23	1.75			4.70	0.52	0.14	4.84	84.28
K0+446.43	1.43	1.51	0	1.88	0.05			1.69	0.19	0.05	1.74	30.33
K0+450.00	3.57	1.24	0.74	4.91	1.32			4.42	0.49	0.13	4.55	79.18
K0+460.00	10.00	2.14	0	16.90	3.70			15.21	1.69	0.46	15.67	272.59
K0+468.47	8.47	0.28	0.38	10.25	1.61			9.22	1.02	0.28	9.50	165.31
								-			0,00	-
VALORES TOTALES					672.00	0.00	0.26	780.50	86.70	23.40	803.90	13,988.20

Cantidades obra en la estructura de pavimento para el Acceso Luna-Izquierda.

ABSCISA	LONGITUD [m]	MEJORAMIENTO e = 0,50 / 0.50	TRANSPORTE MEJORAMIENTO
		DISTANCIA	7.75Km
K0+000.00	10.00	0.000	0.000
K0+010.00	10.00	4.750	36.813
K0+020.00	10.00	4.750	36.813
K0+030.00	10.00	4.600	35.650
K0+040.00	10.00	4.500	34.875
K0+050.00	10.00	4.500	34.875
K0+060.00	10.00	4.500	34.875
K0+070.00	10.00	4.500	34.875
K0+080.00	10.00	4.600	35.650
K0+090.00	10.00	4.600	35.650
K0+100.00	10.00	4.500	34.875
K0+110.00	10.00	4.500	34.875
K0+120.00	10.00	6.750	52.313
K0+130.00	10.00	6.750	52.313
K0+140.00	10.00	4.500	34.875
K0+142.53	2.53	1.139	8.823
K0+145.00	2.47	1.136	8.806
K0+150.00	5.00	2.375	18.406
K0+155.00	5.00	2.400	18.600
K0+160.00	5.00	2.400	18.600
K0+160.50	0.50	0.240	1.860
K0+165.00	4.50	2.160	16.740
K0+170.00	5.00	2.400	18.600
K0+175.00	5.00	2.400	18.600
K0+178.46	3.46	1.661	12.871
K0+178.58	0.12	0.058	0.446
K0+180.00	0.00	0.000	0.000
K0+182.58	2.58	0.000	0.000
K0+190.00	7.42	1.781	13.801
K0+200.00	10.00	4.800	37.200
K0+210.00	10.00	4.800	37.200
K0+220.00	10.00	4.800	37.200
K0+230.00	10.00	7.000	54.250
K0+240.00	10.00	7.650	59.288

Cantidades obra en la estructura de pavimento para el Acceso Luna-Izquierda.
(Continuación)

ABSCISA	LONGITUD [m]	MEJORAMIENTO e = 0,50 / 0.50	TRANSPORTE MEJORAMIENTO
		DISTANCIA	7.75 Km
K0+250.00	10.00	5.300	41.075
K0+260.00	10.00	4.500	34.875
K0+270.00	10.00	4.500	34.875
K0+271.86	1.86	0.837	6.487
K0+275.00	3.14	1.413	10.951
K0+276.07	1.07	0.481	3.732
K0+280.00	0.00	1.827	14.163
K0+280.27	0.27	0.130	1.004
K0+290.00	9.73	4.670	36.196
K0+300.00	10.00	4.800	37.200
K0+310.00	10.00	4.650	36.038
K0+320.00	10.00	4.500	34.875
K0+330.00	10.00	4.500	34.875
K0+340.00	10.00	4.850	37.588
K0+350.00	10.00	5.700	44.175
K0+360.00	10.00	6.700	51.925
K0+370.00	10.00	7.350	56.963
K0+380.00	10.00	7.500	58.125
K0+390.00	10.00	7.500	58.125
K0+393.08	3.08	2.310	17.902
K0+395.00	1.92	1.450	11.234
K0+400.00	5.00	3.775	29.256
K0+405.00	5.00	3.750	29.063
K0+410.00	5.00	3.750	29.063
K0+415.00	5.00	3.775	29.256
K0+419.76	4.76	3.689	28.590
K0+420.00	0.24	0.190	1.469
K0+425.00	5.00	3.925	30.419
K0+430.00	5.00	3.850	29.838
K0+435.00	5.00	3.675	28.481
K0+440.00	5.00	3.375	26.156
K0+445.00	5.00	3.000	23.250
K0+446.43	1.43	0.779	6.040
K0+450.00	3.57	1.839	14.249
K0+460.00	10.00	4.850	37.588

Cantidades obra en la estructura de pavimento para el Acceso Luna-Izquierda.
(Continuación)

ABSCISA	LONGITUD [m]	CORTE / TERRAPLÉN	MEJORAMIENTO e = 0,50 / 0.50	TRANSPORTE MEJORAMIENTO
			DISTANCIA	21,55 Km
K0+468.47	8.47	Corte	3.981	30.852
TOTAL	473.12		251.00	1,947.00

Cantidades obra en la estructura de obras de contención para el Acceso Luna-Izquierda.

ABSCISAS	OBRA	DIMENSIONES	LONGITUD	CUNETAS CONCRETO CLASE F	EXCAVACIONES VARIAS	RELLENO ESTRUCTURAL	CONCRETO "D"	CONCRETO "E"	CONCRETO "F"(SOLADO Y ATRAQUE)	TUBERIA REF 900 mm	ACERO DE REFUERZO PDR 60	TRANSPORTE DE MATERIAL	TRANSPORTE EXCAVACIONES
Final												7.75 Km	17.40 Km
K0+000.00	CUNETA	0.08	8.5	0.68									
K0+000.00	CUNETA	0.08	5	0.40									
K0+011.00	CUNETA	0.08	71	5.68									
K0+016.00	CUNETA	0.08	128.4	10.27									
K0+085.00	CUNETA	0.08	63.5	5.08									
K0+227.00	CUNETA	0.08	53	4.24									
K0+230.50	CUNETA	0.08	49.5	3.96									
K0+303.00	CUNETA	0.08	113.3	9.06									
K0+304.00	CUNETA	0.08	164.47	13.16									
K0+005.00	BOX	3.5x3.0	4		4.20	5.20	18.96	0.000	1.64	1509.20	3.900	30.23	73.08
TOTAL				52.53	4.20	5.20	18.96	0.00	1.64	1509.20	3.90	30.23	73.08

Cantidades obra en la estructura de obras varias para el Acceso Luna-Izquierda.

ABSCISA	LONGITUD	EMPRADIZACIÓN			
		ALTURA TERRAPLÉN	ALTURA CORTE	TALUD TERRAPLÉN	TALUD CORTE
K0+000.00		0.000	0.440		
K0+010.00	10.00	0.650	0.000	3.250	2.200
K0+020.00	10.00	0.000	0.400	3.250	2.000
K0+030.00	10.00	0.000	0.510	0.000	4.550
K0+040.00	10.00	0.000	0.400	0.000	4.550

Cantidades obra en la estructura de obras varias para el Acceso Luna-Izquierda.
Continuación.

ABSCISA	LONGITUD	EMPRADIZACIÓN			
		ALTURA TERRAPLÉN	ALTURA CORTE	TALUD TERRAPLÉN	TALUD CORTE
K0+050.00	10.00	0.000	0.760	0.000	5.800
K0+060.00	10.00	0.000	1.030	0.000	8.950
K0+070.00	10.00	0.000	0.970	0.000	10.000
K0+080.00	10.00	0.000	0.490	0.000	7.300
K0+090.00	10.00	0.000	0.790	0.000	6.400
K0+100.00	10.00	0.000	1.070	0.000	9.300
K0+110.00	10.00	0.000	0.970	0.000	10.200
K0+120.00	10.00	0.000	1.180	0.000	10.750
K0+130.00	10.00	0.000	1.300	0.000	12.400
K0+140.00	10.00	0.000	1.130	0.000	12.150
K0+142.53	2.53	0.000	0.910	0.000	2.581
K0+145.00	2.47	0.540	0.370	0.667	1.581
K0+150.00	5.00	0.960	0.000	3.750	0.925
K0+155.00	5.00	2.770	0.000	9.325	0.000
K0+160.00	5.00	2.910	0.000	14.200	0.000
K0+160.50	0.50	2.910	0.000	1.455	0.000
K0+165.00	4.50	3.650	0.000	14.760	0.000
K0+170.00	5.00	5.030	0.000	21.700	0.000
K0+175.00	5.00	6.410	0.000	28.600	0.000
K0+178.46	3.46	8.880	0.000	26.452	0.000
K0+178.58	0.12	9.070	0.000	1.077	0.000
K0+180.00	1.42	0.000	0.000	6.440	0.000
K0+182.58	2.58	11.020	0.000	14.216	0.000
K0+190.00	7.42	9.170	0.000	74.905	0.000
K0+200.00	10.00	6.490	0.000	78.300	0.000
K0+210.00	10.00	6.230	0.000	63.600	0.000
K0+220.00	10.00	4.610	0.000	54.200	0.000
K0+230.00	10.00	0.810	0.270	27.100	1.350
K0+240.00	10.00	0.000	1.700	4.050	9.850
K0+250.00	10.00	0.000	1.500	0.000	16.000
K0+260.00	10.00	0.000	1.420	0.000	14.600
K0+270.00	10.00	0.000	1.000	0.000	12.100
K0+271.86	1.86	0.000	0.830	0.000	1.702

Cantidades obra en la estructura de obras varias para el Acceso Luna-Izquierda.
Continuación.

ABSCISA	LONGITUD	EMPRADIZACIÓN			
		ALTURA TERRAPLÉN	ALTURA CORTE	TALUD TERRAPLÉN	TALUD CORTE
K0+275.00	3.14	0.000	0.540	0.000	2.151
K0+276.07	1.07	0.000	0.450	0.000	0.530
K0+280.00	3.93	0.540	0.000	1.061	0.884
K0+280.27	0.27	0.540	0.000	0.146	0.000
K0+290.00	9.73	1.170	0.000	8.319	0.000
K0+300.00	10.00	0.890	0.000	10.300	0.000
K0+310.00	10.00	0.000	0.660	4.450	3.300
K0+320.00	10.00	0.000	0.940	0.000	8.000
K0+330.00	10.00	0.000	1.140	0.000	10.400
K0+340.00	10.00	0.000	1.240	0.000	11.900
K0+350.00	10.00	0.000	1.800	0.000	15.200
K0+360.00	10.00	0.000	1.360	0.000	15.800
K0+370.00	10.00	0.000	2.050	0.000	17.050
K0+380.00	10.00	0.000	2.550	0.000	23.000
K0+390.00	10.00	0.000	3.050	0.000	28.000
K0+393.08	3.08	0.000	3.350	0.000	9.856
K0+395.00	1.92	0.000	3.560	0.000	6.634
K0+400.00	5.00	0.000	4.090	0.000	19.125
K0+405.00	5.00	0.000	3.440	0.000	18.825
K0+410.00	5.00	0.000	2.720	0.000	15.400
K0+415.00	5.00	0.000	2.250	0.000	12.425
K0+419.76	4.76	0.670	1.470	1.595	8.854
K0+420.00	0.24	0.690	1.450	0.163	0.350
K0+425.00	5.00	1.380	1.180	5.175	6.575
K0+430.00	5.00	1.420	1.060	7.000	5.600
K0+435.00	5.00	1.520	1.020	7.350	5.200
K0+440.00	5.00	1.170	0.960	6.725	4.950
K0+445.00	5.00	0.570	0.930	4.350	4.725
K0+446.43	1.43	0.540	1.010	0.794	1.387
K0+450.00	3.57	1.830	1.080	4.230	3.731
K0+460.00	10.00	0.830	1.350	13.300	12.150
K0+468.47	8.47	1.060	0.300	8.004	6.988
TOTAL	320.00			476.00	182.00

CANTIDADES DE OBRA PARA EL ACCESO DÁVILA

Cantidades de explanación para el Acceso Dávila.

ABSCISA	LONGITUD	ÁREA CORTE	ÁREA TERRAPLÉN	VOLUMEN CORTE	VOLUMEN TERRAPLÉN	DESMONTE ZONA BOSCOSA	DESMONTE ZONA NO BOSCOSA	EXCAVACIÓN MATERIAL COMÚN 90%	EXCAVACIÓN MATERIAL ROCA 10%	REMOCIÓN DESLIZAMIENTOS	CONFORMACIÓN ZONA DEPOSITO	TRANSPORTE MATERIAL EXCAVACIÓN
						0,90%	0,10%	0,90	0,10	0,03		8,30 Km
								90%	10%	3%		Distancia
K0+000,00		3,59	0	0,00	0,00							
K0+010,00	10,00	6,9	0	52,45	0,00			47,21	5,25	1,42	48,62	403,56
K0+020,00	10,00	13,9	0	104,00	0,00			93,60	10,40	2,81	96,41	800,19
K0+030,00	10,00	34,02	0	239,60	0,00			215,64	23,96	6,47	222,11	1843,51
K0+040,00	10,00	39,02	0	365,20	0,00			328,68	36,52	9,86	338,54	2809,89
K0+050,00	10,00	15,23	0	271,25	0,00			244,13	27,13	7,32	251,45	2087,02
K0+060,00	10,00	4,34	0	97,85	0,00			88,07	9,79	2,64	90,71	752,87
K0+065,85	5,85	12,92	0	50,44	0,00			45,40	5,04	1,36	46,76	388,11
K0+070,00	4,16	24,45	0	77,64	0,00			69,87	7,76	2,10	71,97	597,34
K0+075,00	5,00	36,82	0	153,18	0,00			137,86	15,32	4,14	141,99	1178,54
K0+080,00	5,00	40,52	0	193,35	0,00			174,02	19,34	5,22	179,24	1487,65
K0+084,02	4,02	42,11	0	166,13	0,00			149,51	16,61	4,49	154,00	1278,20
K0+085,00	0,98	42,28	0	41,31	0,00			37,18	4,13	1,12	38,29	317,83
K0+090,00	5,00	42,34	0	211,55	0,00			190,40	21,16	5,71	196,11	1627,69
K0+095,00	5,00	41,07	0	208,53	0,00			187,67	20,85	5,63	193,30	1604,41
K0+100,00	5,00	36,89	0	194,90	0,00			175,41	19,49	5,26	180,67	1499,58
K0+102,20	2,20	33,43	0	77,25	0,00			69,52	7,72	2,09	71,61	594,34
K0+110,00	7,80	21,17	0	213,02	0,00			191,72	21,30	5,75	197,47	1639,01
K0+120,00	10,00	12,27	0	167,20	0,00			150,48	16,72	4,51	154,99	1286,45
K0+130,00	10,00	18,81	0	155,40	0,00			139,86	15,54	4,20	144,06	1195,66
K0+140,00	10,00	49,96	0	343,85	0,00			309,47	34,39	9,28	318,75	2645,62
K0+150,00	10,00	40,96	0	454,60	0,00			409,14	45,46	12,27	421,41	3497,74
K0+160,00	10,00	33,17	0	370,65	0,00			333,59	37,07	10,01	343,59	2851,82
K0+170,00	10,00	33,26	0	332,15	0,00			298,94	33,22	8,97	307,90	2555,60
K0+179,25	9,25	36,93	0	324,59	0,00			292,13	32,46	8,76	300,90	2497,46
K0+180,00	0,75	37,56	0	27,97	0,00			25,17	2,80	0,76	25,93	215,21
K0+185,00	5,00	40,24	0	194,50	0,00			175,05	19,45	5,25	180,30	1496,50
K0+190,00	5,00	41,78	0	205,05	0,00			184,55	20,51	5,54	190,08	1577,68
K0+195,00	5,00	44,3	0	215,20	0,00			193,68	21,52	5,81	199,49	1655,77
K0+200,00	5,00	44,67	0	222,43	0,00			200,18	22,24	6,01	206,19	1711,36
K0+205,00	5,00	42,78	0	218,63	0,00			196,76	21,86	5,90	202,67	1682,12
K0+210,00	5,00	41,39	0	210,43	0,00			189,38	21,04	5,68	195,06	1619,03
K0+210,02	0,02	41,38	0	0,66	0,00			0,60	0,07	0,02	0,61	5,09
K0+215,00	4,98	39,15	0	200,68	0,00			180,61	20,07	5,42	186,03	1544,06
K0+220,00	5,00	35,59	0	186,85	0,00			168,17	18,69	5,04	173,21	1437,64
K0+225,00	5,00	32,15	0	169,35	0,00			152,42	16,94	4,57	156,99	1303,00
K0+230,00	5,00	28,7	0	152,13	0,00			136,91	15,21	4,11	141,02	1170,46
K0+235,00	5,00	24,08	0	131,95	0,00			118,76	13,20	3,56	122,32	1015,24
K0+240,00	5,00	21,36	0	113,60	0,00			102,24	11,36	3,07	105,31	874,05

Cantidades de explanación para el Acceso Dávila. (Continuación).

ABSCISA	LONGITUD	ÁREA CORTE	ÁREA TERRAPLÉN	VOLUMEN CORTE	VOLUMEN TERRAPLÉN	DESMONTE ZONA BOSCOSA	DESMONTE ZONA NO BOSCOSA	EXCAVACIÓN MATERIAL COMÚN 90%	EXCAVACIÓN MATERIAL ROCA 10%	REMOCIÓN DESPLAZAMIENTOS	CONFORMACIÓN ZONA DEPOSITO	TRANSPORTE MATERIAL EXCAVACIÓN
						0,90 %	0,10%	0,90	0,10	0,03		8,30 Km
								90%	10%	3%		Distancia
K0+240,7 8	0,78	21,1	0	16,62	0,0 0			14,96	1,66	0,45	15,41	127,90
K0+250,0 0	9,22	15,95	0	170,7 4	0,0 0			153,67	17,07	4,61	158,28	1313,73
K0+260,0 0	10,0 0	6,34	0	111,4 5	0,0 0			100,31	11,15	3,01	103,31	857,51
K0+270,0 0	10,0 0	7,17	0	67,55	0,0 0			60,80	6,76	1,82	62,62	519,74
K0+280,0 0	10,0 0	5,96	0	65,65	0,0 0			59,09	6,57	1,77	60,86	505,12
K0+290,0 0	10,0 0	7	0	64,80	0,0 0			58,32	6,48	1,75	60,07	498,58
K0+300,0 0	10,0 0	7,5	0	72,50	0,0 0			65,25	7,25	1,96	67,21	557,82
K0+309,0 0	9,00	53,48	0	274,2 9	0,0 0			246,86	27,43	7,41	254,27	2110,40
K0+310,0 0	1,00	53,81	0	53,86	0,0 0			48,47	5,39	1,45	49,93	414,40
K0+315,0 0	5,00	50,4	0	260,5 3	0,0 0			234,47	26,05	7,03	241,51	2004,51
K0+320,0 0	5,00	43,4	0	234,5 0	0,0 0			211,05	23,45	6,33	217,38	1804,27
K0+325,0 0	5,00	22,84	0	165,6 0	0,0 0			149,04	16,56	4,47	153,51	1274,14
K0+326,8 6	1,86	17,54	0	37,55	0,0 0			33,80	3,76	1,01	34,81	288,94
K0+330,0 0	3,14	16,86	0	54,01	0,0 0			48,61	5,40	1,46	50,07	415,54
K0+335,0 0	5,00	17,05	0	84,78	0,0 0			76,30	8,48	2,29	78,59	652,27
K0+340,0 0	5,00	9,37	0	66,05	0,0 0			59,45	6,61	1,78	61,23	508,20
K0+344,7 2	4,72	15,96	0	59,83	0,0 0			53,85	5,98	1,62	55,46	460,33
K0+346,6 7	1,95	21,33	0	36,34	0,0 0		3228,4 6	32,71	3,63	0,98	33,69	279,60
VALORES TOTALES					0,0 0	0,00	0,30	8.110,9 0	901,2 0	243,3 0	8.354,3 0	69.340,3 0

Cantidades obra en la estructura de pavimento para el Acceso Dávila.

ABSCISA	LONGITUD [m]	MEJORAMIENTO e = 0,50 / 0.50	TRANSPORTE MEJORAMIENTO
		DISTANCIA	21,55 Km
K0+000,00	10,00	0,000	0,000
K0+010,00	10,00	7,500	161,640
K0+020,00	10,00	7,500	161,640
K0+030,00	10,00	7,500	161,640
K0+040,00	10,00	7,500	161,640
K0+050,00	10,00	7,500	161,640
K0+060,00	10,00	7,500	161,640
K0+065,85	5,85	4,384	94,479
K0+070,00	4,16	3,116	67,161
K0+075,00	5,00	3,750	80,820

Cantidades obra en la estructura de pavimento para el Acceso Dávila. (Continuación).

ABSCISA	LONGITUD [m]	MEJORAMIENTO e = 0,50 / 0.50	TRANSPORTE MEJORAMIENTO
		DISTANCIA	21,55 Km
K0+080,00	5,00	3,750	80,820
K0+084,02	4,02	3,016	64,995
K0+085,00	0,98	0,734	15,825
K0+090,00	5,00	3,750	80,820
K0+095,00	5,00	3,750	80,820
K0+100,00	5,00	3,750	80,820
K0+102,20	2,20	1,648	35,512
K0+110,00	7,80	5,852	126,128
K0+120,00	10,00	7,500	161,640
K0+130,00	10,00	7,500	161,640
K0+140,00	10,00	7,500	161,640
K0+150,00	10,00	7,500	161,640
K0+160,00	10,00	7,500	161,640
K0+170,00	10,00	7,500	161,640
K0+179,25	9,25	6,937	149,501
K0+180,00	0,75	0,563	12,139
K0+185,00	5,00	3,750	80,820
K0+190,00	5,00	3,750	80,820
K0+195,00	5,00	3,750	80,820
K0+200,00	5,00	3,750	80,820

K0+205,00	5,00	3,750	80,820
K0+210,00	5,00	3,750	80,820
K0+210,02	0,02	0,012	0,259
K0+215,00	4,98	3,738	80,561
K0+220,00	5,00	3,750	80,820
K0+225,00	5,00	3,750	80,820
K0+230,00	5,00	3,750	80,820
K0+235,00	5,00	3,750	80,820
K0+240,00	5,00	3,750	80,820
K0+240,78	0,78	0,587	12,656
K0+250,00	9,22	6,913	148,984
K0+260,00	10,00	7,500	161,640
K0+270,00	10,00	7,500	161,640
K0+280,00	10,00	7,500	161,640
K0+290,00	10,00	7,500	161,640

Cantidades obra en la estructura de pavimento para el Acceso Dávila. (Continuación)

ABSCISA	LONGITUD [m]	MEJORAMIENTO e = 0,50 / 0.50	TRANSPORTE MEJORAMIENTO
		DISTANCIA	21,55 Km
K0+300,00	10,00	7,500	161,640
K0+309,00	9,00	6,747	145,411
K0+310,00	1,00	0,753	16,229
K0+315,00	5,00	3,750	80,820
K0+320,00	5,00	3,750	80,820
K0+325,00	5,00	3,750	80,820
K0+326,86	1,86	1,395	30,065
K0+330,00	3,14	2,355	50,755
K0+335,00	5,00	3,750	80,820
K0+340,00	5,00	3,750	80,820
K0+344,72	4,72	3,543	76,359
K0+346,67	1,95	1,462	31,504
TOTAL	356,67	260,00	5.604,00

Cantidades obra en la estructura de obras de contención para el Acceso Dávila.

ABSCISAS		OBRA	ALTURA	LONGITUD	EXCAVACIONES VARIAS	ÁREA SECCIÓN	VOLUMEN GAVIÓN	MEJORAMIENTO	TRANSPORTE MATERIAL MEJORAMIENTO	RELLENO	TRANSPORTE MATERIAL RELLENO	TRANSPORTE MATERIAL EXCAVACIÓN
Inicial	Final							e=0.30	21.55 Km		21.55 Km	8.30 Km
K0+337.50	K0+345.50	GAVIONES	3.00	8.00	19.80	4.50	36.00	4.80	103.44			
K0+345.50	K0+347.50		2.00	2.00	2.48	2.50	5.00	0.90	19.40			
TOTAL					22.28		41.00	5.70	122.84	4.7	101.285	184.924

Cantidades obra en la estructura de obras varias para el Acceso Dávila.

ABSCISA	LONGITUD	EMPRADIZACIÓN			
		ALTURA TERRAPLÉN	ALTURA CORTE	TALUD TERRAPLÉN	TALUD CORTE
K0+000,00	10,00	0,00	1,95	0,00	9,75
K0+010,00	10,00	0,00	2,48	0,00	22,15
K0+020,00	10,00	0,00	5,00	0,00	37,40
K0+030,00	10,00	0,00	9,27	0,00	71,35
K0+040,00	10,00	0,00	10,48	0,00	98,75
K0+050,00	10,00	0,00	4,84	0,00	76,60
K0+060,00	10,00	0,00	2,01	0,00	34,25
K0+065,85	5,85	0,00	5,74	0,00	22,65
K0+070,00	4,16	0,00	8,32	0,00	29,21
K0+075,00	5,00	0,00	11,08	0,00	48,50
K0+080,00	5,00	0,00	11,60	0,00	56,70
K0+084,02	4,02	0,00	12,04	0,00	47,53
K0+085,00	0,98	0,00	12,09	0,00	11,81
K0+090,00	5,00	0,00	12,13	0,00	60,55
K0+095,00	5,00	0,00	11,69	0,00	59,55
K0+100,00	5,00	0,00	10,60	0,00	55,76
K0+102,20	2,20	0,00	9,73	0,00	22,33
K0+110,00	7,80	0,00	6,91	0,00	64,92
K0+120,00	10,00	0,53	4,78	2,65	58,45

K0+130,00	10,00	0,00	6,58	2,65	56,80
K0+140,00	10,00	0,00	11,65	0,00	91,15
K0+150,00	10,00	0,00	10,29	0,00	109,70
K0+160,00	10,00	0,00	8,62	0,00	94,55
K0+170,00	10,00	0,00	10,19	0,00	94,05
K0+179,25	9,25	0,00	9,42	0,00	90,67
K0+180,00	0,75	0,00	9,42	0,00	7,07
K0+185,00	5,00	0,00	9,11	0,00	46,33
K0+190,00	5,00	0,00	9,49	0,00	46,50
K0+195,00	5,00	0,00	10,75	0,00	50,60
K0+200,00	5,00	0,00	11,35	0,00	55,25
K0+205,00	5,00	0,00	11,02	0,00	55,93
K0+210,00	5,00	0,00	11,28	0,00	55,75
K0+210,02	0,02	0,00	11,28	0,00	0,18
K0+215,00	4,98	0,00	11,43	0,00	56,59

Cantidades obra en la estructura de obras varias para el Acceso Dávila.

ABSCISA	LONGITUD	EMPRADIZACIÓN			
		ALTURA TERRAPLÉN	ALTURA CORTE	TALUD TERRAPLÉN	TALUD CORTE
K0+220,00	5,00	0,00	11,05	0,00	56,20
K0+225,00	5,00	0,00	8,93	0,00	49,95
K0+230,00	5,00	0,00	8,20	0,00	42,83
K0+235,00	5,00	0,00	7,49	0,00	39,23
K0+240,00	5,00	0,00	6,73	0,00	35,55
K0+240,78	0,78	0,00	6,56	0,00	5,20
K0+250,00	9,22	0,00	4,85	0,00	52,58
K0+260,00	10,00	0,02	2,26	0,10	35,55
K0+270,00	10,00	0,00	2,43	0,10	23,45
K0+280,00	10,00	0,00	2,43	0,00	24,30
K0+290,00	10,00	0,00	2,82	0,00	26,25
K0+300,00	10,00	0,00	2,84	0,00	28,30
K0+309,00	9,00	0,00	9,69	0,00	56,36
K0+310,00	1,00	0,00	9,84	0,00	9,80
K0+315,00	5,00	0,00	8,15	0,00	44,98
K0+320,00	5,00	0,00	8,15	0,00	40,75
K0+325,00	5,00	0,00	5,77	0,00	34,80
K0+326,86	1,86	0,00	5,22	0,00	10,22
K0+330,00	3,14	0,00	10,04	0,00	23,96
K0+335,00	5,00	0,00	8,72	0,00	46,90
K0+340,00	5,00	0,04	5,63	0,10	35,88

K0+344,72	4,72	0,06	7,83	0,24	31,79
K0+346,67	1,95	0,03	8,83	0,09	16,24
TOTAL	356,673			6,00	2.570,00

**ANEXO 3. PLANOS PLANTA PERFIL Y SECCIONES TRANSVERSALES DE
LOS ACCESOS AFECTADOS POR LA EXPLANACIÓN DEL TRAYECTO 6-1.**

(Archivo adjunto)

ANEXO 4. REVISIÓN DETALLADA DE LOS DISEÑOS ESTRUCTURALES DE LOS MUROS DE CONTENCIÓN EN CONCRETO REFORZADO PARA EL TRAYECTO 6-1

DEVINAR posee diseños tipo, de muros de contención de 2m hasta 7m de altura, aumentado cada 0.50m, para Concreto Reforzado. Se propone revisar estos muros tipo, con las especificaciones del Trayecto 6-1. Para la revisión se utilizarán los mismos materiales de los muros tipo. Se evaluará teniendo en cuenta las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-98), ya que los muros tipo fueron diseñados con esta norma que todavía tenía vigencia en el año 2009, fecha de la elaboración de las cartillas.

DATOS BÁSICOS PARA EL DISEÑO DE MUROS DE CONTENCIÓN

Cómo datos básicos para el Diseño de muros de contención en concreto reforzado se tienen en cuenta las especificaciones del suelo de fundación, del relleno. Las condiciones del sitio son las siguientes:

Datos básicos del suelo de fundación.

SUELO DE FUNDACIÓN			
Peso unitario del Suelo γ_f [Kg/m ³]	Profundidad de fundación D_f [m]	Angulo de fricción interna ϕ_f [°]	Coefficiente de cohesión del suelo c [Kg/cm ²]
1800	0.3	37	0.5

Donde la cohesión (c), fue tomada de un ensayo de corte directo (Ver Anexo 7), para un suelo ubicado en el Talud PR 1+510, del Trayecto 6-1.

Datos básicos del suelo de relleno.

SUELO DE RELLENO	
Peso unitario del Suelo γ_r [Kg/m ³]	Angulo de fricción interna ϕ_r [°]
1800	34

Datos básicos del muro de contención.

MATERIALES DEL MURO		
Peso unitario del Concreto γ_c [Kg/m ³]	Resistencia del concreto a la compresión f_c [Kg/cm ²]	Resistencia nominal a la fluencia del acero f_y [Kg/cm ²]
2400	210	4200

Además se presentan condiciones particulares del sitio de la obra, tales como la sobrecarga vehicular de 60 centímetros ($H_s=0.6\text{m}$), que se tomó siguiendo las recomendaciones de Torres Belandria, además se recomienda drenar la aguas de lluvia y no se presenta agua en el relleno. El suelo que se presenta para el relleno es de tipo cohesivo friccionante (Ver Anexo 7).

PREDIMENSIONAMIENTO

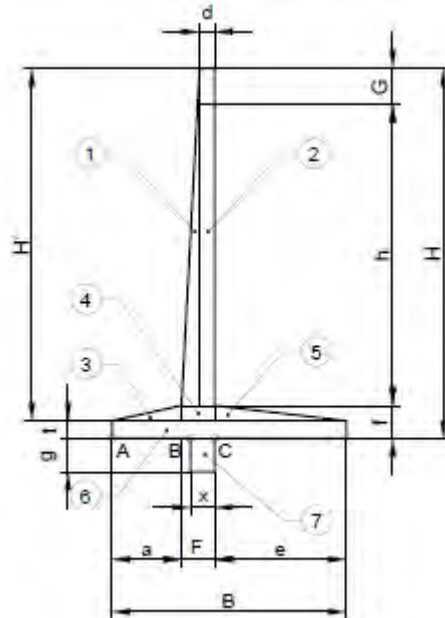
El predimensionado de los muros de contención en voladizo se hace en función de la altura H del muro, pueden ser necesarias varias iteraciones si se pretende lograr la estabilidad y la optimización de la estructura. En la figura 4.1 se indican las recomendaciones para el predimensionado de muros en voladizo en general. En este caso se va a partir de las dimensiones preestablecidas en un Muro tipo de 5 metros de altura de pantalla, tomado de la Cartilla DEVINAR (Anexo 6).

A continuación se presenta la geometría del muro, el área de la sección transversal del mismo. Como se va a ver más adelante se hace uso de la ecuación de Rankine para la determinación del empuje de tierra, por lo tanto se propuso la cara interna del muro vertical ($\psi = 90^\circ$). El área de muro fue determinada con ayuda del programa Autocad.

Se verifica con estas dimensiones la estabilidad al volcamiento, al deslizamiento y se determinan las presiones de contacto suelo-muro, para los dos casos de carga siguientes:

1. Empuje de tierra + Sobrecarga Vehicular.
2. Empuje de tierra + Sismo.

Dimensiones generales y áreas de un muro de contención típico.



Geometría del Muro.

GEOMETRÍA MURO		
Ítem	Valor	Unidad de medida
a	1,15	m
d	0,25	m
e	2,19	m
f	0,55	m
t	0,3	m
h	5	m
g	0,55	m
x	0,4	m
F	0,55	m
G	0,6	m
B	3,89	m
H'	5,6	m
H	5,9	m
Área Muro	4,18	m ²
X _{cg}	1,65	m
Y _{cg}	1,69	m
ψ	90,00	Grados
ψ	1.571	Radianes

CASO 1: EMPUJE DE TIERRA + SOBRECARGA VEHICULAR

La estabilidad se estudia respecto a la arista inferior de la base. Para determinar el peso del muro y su centro de gravedad se dividió la sección transversal en siete figuras con propiedades geométricas conocidas, tal como se indica en la Figura siguiente, los valores y las ecuaciones de cálculo correspondientes a cada figura se indican en la siguiente tabla.

Los empujes laterales están referidos al movimiento en esta dirección que permite el muro, si éste se mueve alejándose de la masa de suelo origina condiciones de empuje activo, si permanece sin movimiento origina condiciones de empuje de reposo, estos dos casos representan el estado de presión estática, y si se mueve hacia adentro de la masa de suelo origina una condición de empuje pasivo, que representa un estado de presión forzada. Para ello se calculó el empuje de tierra y se le agrego el de la sobrecarga vehicular. Todo este cálculo puede resumirse en la siguiente tabla.

Geometría del Muro.

FIGURA	BRAZO X		BRAZO Y		ÁREA		ÁREA * BRAZO X [m ³]	ÁREA * BRAZO Y [m ³]
	Ecuación	Valor [m]	Ecuación	Valor [m]	Ecuación	Valor [m ²]		
1	$a + \frac{2}{3}(F - d)$	1,35	$f + \frac{1}{3}H'$	2,42	$\frac{1}{2}H'(F - d)$	0,84	1,13	2,03
2	$a + F - \frac{1}{2}d$	1,58	$f + \frac{1}{2}H'$	3,35	$H'd$	1,40	2,21	4,69
3	$\frac{2}{3}a$	0,77	$t + \frac{1}{3}(f - t)$	0,38	$\frac{1}{2}a(f - t)$	0,14	0,11	0,06
4	$a + \frac{1}{2}F$	1,43	$t + \frac{1}{2}(f - t)$	0,43	$F(f - t)$	0,14	0,20	0,06
5	$a + F + \frac{1}{3}e$	2,43	$t + \frac{1}{3}(f - t)$	0,38	$\frac{1}{2}e(f - t)$	0,27	0,67	0,10
6	$\frac{1}{2}B$	1,95	$\frac{1}{2}t$	0,15	Bt	1,17	2,27	0,18
7	$B - e - \frac{1}{2}x$	1,50	$-\frac{1}{2}g$	-0,28	gx	0,22	0,33	-0,06
Sumatoria Σ						4,18	6,91	7,05

Caso1: Empuje de Tierra + Sobrecarga Vehicular.

CASO 1: EMPUJE DE TIERRA + SOBRECARGA VEHICULAR		
Ítem	Valor	Unidad
Peso Propio W_{pp}	10036.80	Kg/m
Sobrecarga q	1080	Kg/m ²
Peso Total Sobrecarga W_s	2365.20	Kg/m
Peso del Relleno $W_{r\Box}$	19710	Kg/m
Peso del Relleno $W_{r\Delta}$	492.75	Kg/m
Coeficiente Empuje Activo K_a	0.283	---
Empuje Activo del Relleno E_a	7845	Kg/m
Empuje de la Sobrecarga E_s	1696	Kg/m
Empuje Total E_a+E_s	9541	Kg/m
Resultante de las fuerzas verticales R_v	32604.75	Kg/m

Peso propio W_{pp} : el peso propio por metro de longitud de muro, determinado en la Tabla 4.6 para un peso específico del concreto de 2.400 Kg/m³.

Centro de gravedad: Se obtiene dividiendo la sumatoria del área por el brazo en X, entre la sumatoria del área, esto para el centro de gravedad en el eje Y. Para el eje Y, se obtiene dividiendo la sumatoria del área por el brazo en Y, entre la sumatoria del área. Sus valores se presentan en la siguiente tabla.

Sobrecarga q : la altura de relleno equivalente a sobrecarga vehicular de 60 cm (0.6 m), se tomó siguiendo las recomendaciones de la norma AASHTO 2002. Se expresa de acuerdo a la Ecuación 4.1.

$$q = \gamma_r * H_s \quad (4.24)$$

Peso total de la sobrecarga W_s : correspondiente a la sobrecarga aplicada sobre el relleno, limitada por el talón y la corona del muro incluyendo esta última:

$$W_s = q * e \quad (4.25)$$

Peso del relleno $W_{r\Box}$: el relleno colocado sobre el talón de la base tiene un volumen por metro de longitud, este corresponde a la sección rectangular de la Figura 4.2. El cálculo corresponde en determinar el volumen por metro de longitud del muro y multiplicarlo por el peso unitario del suelo de relleno. Aplicado a una distancia igual a: $a+F+e/2$.

Peso del relleno $W_{r\Delta}$: el relleno colocado sobre el talón de la base tiene un volumen por metro de longitud, este corresponde a la sección triangular de la Figura siguiente. El cálculo corresponde en determinar el volumen por metro de

longitud del muro y multiplicarlo por el peso unitario del suelo de relleno. Aplicado a una distancia igual a: $a+F+2e/3$.

Coefficiente de empuje activo K_a : la pantalla del muro en voladizo de concreto armado tiene posibilidad de desplazarse sin impedimento alguno, pudiendo desarrollarse un estado de empuje activo, empleando la ecuación de Rankine se determinó el coeficiente de empuje activo:

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi_r}{1 + \sin \phi_r} \quad (4.26)$$

Dónde:

ϕ_r : Angulo de fricción interna del suelo de relleno.

En la teoría de Rankine, se supone que la cara interna del muro es vertical ($\psi = 90^\circ$), y que el empuje de tierras es paralelo a la inclinación de la superficie del terreno, es decir, forma un ángulo β con la horizontal, en este sentido, esta fuerza no es siempre horizontal. Las componentes horizontal y vertical del E_a se obtienen adecuando la Ecuación 4.4, según Rankine de la siguiente manera:

$$E_a = \left(\frac{1}{2} \gamma_r * (h + f)^2 \right) * K_a \quad (4.27)$$

$$E_a = \left(\frac{1}{2} \gamma_r * (h + f)^2 \right) * K_a * \cos \beta \quad (4.28)$$

$$E_a = \left(\frac{1}{2} \gamma_r * (h + f)^2 \right) * K_a * \sin \beta \quad (4.29)$$

Dónde:

Aplicado a: $(h+f)/3$

Empuje activo de la tierra E_a : Cuando la parte superior de un muro o estribo se mueve suficientemente como para que se pueda desarrollar un estado de equilibrio plástico, la presión estática es activa y genera un empuje total E_a , aplicado en el tercio inferior de la altura. En la Figura 4.1 se muestra un muro de contención con diagrama de presión activa.

Empuje de la sobrecarga E_s : Es el empuje activo o de reposo del suelo con sobrecarga E_s . Este empuje estará aplicado en el centroide del área del trapecio

de presiones o en su defecto en cada uno de los centroides particulares de cada figura que conforma el prisma de presiones indicado en la Figura siguiente.

$$E_s = (\gamma_r * H_s) * (h + f) * K_a \quad (4.30)$$

Dónde:

H_s : sobrecarga vehicular de 60 centímetros ($H_s=0.6\text{m}$).

Aplicado a: $(h+f)/2$

Empuje total E_{a+s} : conformado por el empuje de tierra más el empuje de la sobrecarga:

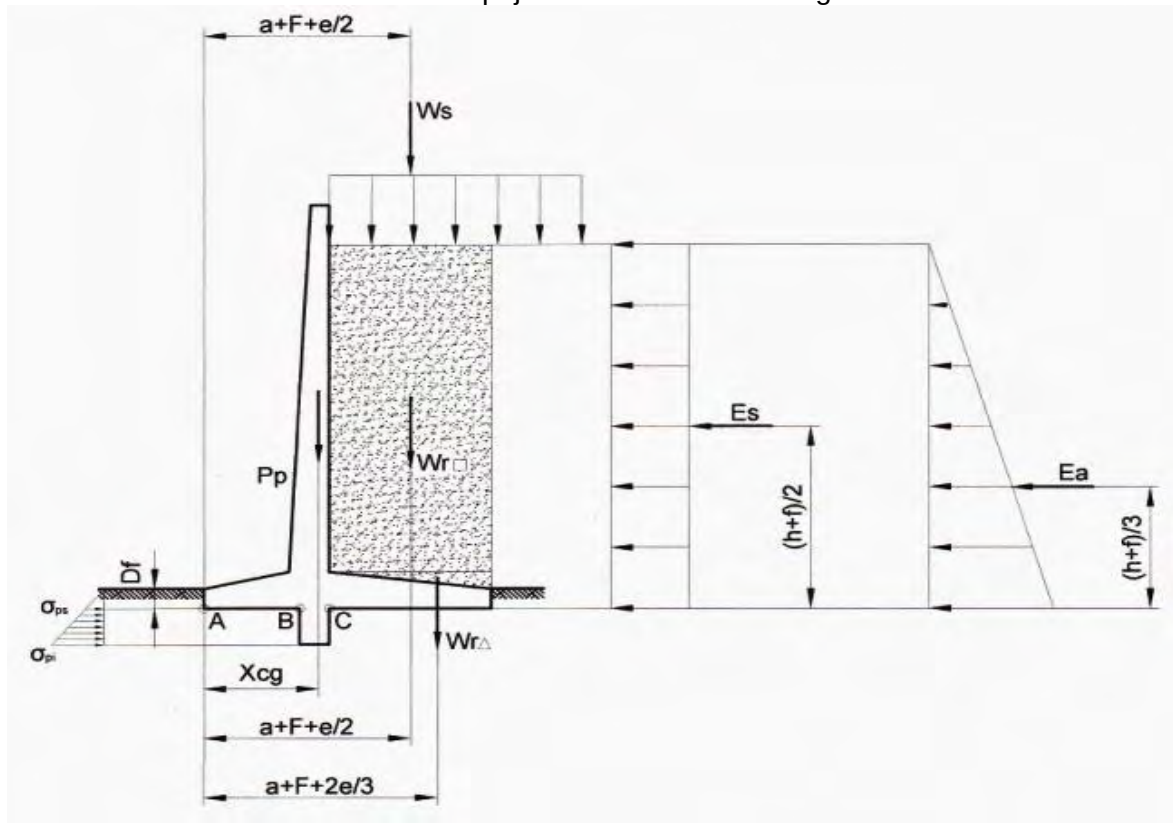
$$E_{a+s} = E_a + E_s \quad (4.31)$$

Resultante de las fuerzas verticales R_v : las fuerzas que la componen son el peso propio, el peso del relleno y el peso total de la sobrecarga:

$$R_v = W_{pp} + W_r + W_s \quad (4.32)$$

En la figura siguiente, se muestra un muro de contención tipo, en el cual se indican las fuerzas actuantes para el Caso 1 de carga y las correspondientes distancias medidas desde el punto a hasta la línea de acción de cada fuerza.

Caso 1: Empuje de Tierra + Sobrecarga.



Estabilidad al deslizamiento

Según (Torres Belandria, 2008) la presión que la tierra ejerce sobre el muro que la contiene mantiene una relación directa con el desplazamiento del conjunto, en el estado natural si el muro no se mueve se dice que existe presión de reposo; si el muro se mueve alejándose de la tierra o cede, la presión disminuye hasta una condición mínima denominada presión activa. Si el muro se desplaza contra la tierra, la presión sube hasta un máximo denominado presión pasiva.

La componente horizontal del empuje de tierra debe ser resistida por las fuerzas de roce entre el suelo y la base del muro. La relación entre las fuerzas resistentes y las actuantes o deslizantes (empuje), se conoce como factor de seguridad al deslizamiento FS_d , de acuerdo a la NSR-98 (Tabla 4.7), esta relación debe ser mayor de 2.0, para suelos cohesivos tal es el caso del tipo de suelo utilizado. (Ver Anexo 7).

Valores del factor de seguridad para las diversas verificaciones de comportamiento establecidas.

Comportamiento	Tipo de suelo	Factor de seguridad
Deslizamiento	Suelos granulares	1.5
	Suelos cohesivos	2.0
Volcamiento	Suelos granular	3.0
	Suelos cohesivos	2.0
Capacidad Portante	---	2.5
Estabilidad intrínseca	---	1.6
Estabilidad General del Sistema	---	1.5

Es común determinar esta relación sin considerar el empuje pasivo que pudiera presentarse en la parte delantera del muro, a menos que se garantice éste durante toda la vida de la estructura. Para evitar el deslizamiento se debe cumplir:

$$FS_d = \frac{F_r}{E_h} \geq FS_{d-NSR-98} \quad (4.33)$$

$$F_r = \mu R_v + c' * B \quad (4.34)$$

$$\mu = \tan \delta \quad (4.35)$$

$$c' = (0.5 \text{ a } 0.7) * c \quad (4.36)$$

Dónde:

F_r : Fuerza de rozamiento.

E_h : Es el componente horizontal del empuje.

R_v : Es la resultante de las fuerzas verticales.

B : Es el ancho de la base del muro.

c' : Coeficiente de cohesión corregido o modificado.

c : Coeficiente de cohesión del suelo de fundación.

E_p : Es el empuje pasivo (Este no se toma en cuenta porque no hay garantía de permanencia del relleno sobre la puntera).

μ : Coeficiente de fricción suelo-muro.

ϕ_f : Es el ángulo de fricción interna del suelo de fundación.

δ : Es el ángulo de fricción suelo-muro, este puede tomarse como:

$$\delta = \frac{2}{3} \phi_r \quad (4.37)$$

El cálculo del factor de seguridad al desplazamiento, como su cumplimiento se presentan en la siguiente tabla.

Chequeo del factor de seguridad al desplazamiento para muros sin Dentellón.

1. CHEQUEO A DESLIZAMIENTO		
Ítem	Valor	Unidad
Ángulo de Fricción Suelo-Muro δ	24.67	Grados
Coeficiente de Fricción Suelo-Muro μ	0.46	---
Coeficiente de cohesión modificado c'	2500	Kg/m ²
Fuerza de Rozamiento F_r	24698.53	Kg/m
Factor de Seguridad para Deslizamiento FS_d	2.59	---
Factor de Seguridad para Deslizamiento FS_d NSR-98	2	---
Cumplimiento	Si	---

En el caso de no cumplir con la estabilidad al volcamiento y/o con las presiones de contacto, se debe redimensionar el muro, aumentando el tamaño de la base. Si no se cumple con la estabilidad al deslizamiento, debe modificarse el proyecto del muro, para ello hay varias alternativas:

- Colocar dentellón o diente que se incruste en el suelo, de tal manera que la fricción suelo–muro cambie en parte por fricción suelo-suelo, generando empuje pasivo frente al dentellón. En la Figura 3.2, se muestra un muro de contención con dentellón en la base. Se recomienda colocar el dentellón a una distancia $2g$ medida desde el extremo de la puntera, g es la altura del dentellón y suele escogerse en la mayoría de los casos mayor o igual que el espesor de la base.
- Aumentar el tamaño de la base, para de esta manera incrementar el peso del muro y la fricción suelo de fundación–muro.
- Hacer uso del empuje pasivo E_p , su utilización debe ser objeto de consideración, puesto que para que éste aparezca deben ocurrir desplazamientos importantes del muro que pueden ser incompatibles con las condiciones de servicio, además se debe garantizar la permanencia del relleno colocado sobre la puntera del muro, de no poderse garantizar durante toda la vida útil del muro, solo se podrá considerar el empuje pasivo correspondiente a la altura del dentellón.

Generalmente se considera más efectivo el uso del dentellón que el aumento del tamaño de la base. Para el mismo volumen de concreto, resulta la segunda alternativa más económica. La excavación para el dentellón, es posible que se altere el subsuelo, originando en algunos casos más daño que provecho.

Por lo tanto para efectos prácticos de cálculo se incluyó dentellón en los muros, así estos cumplan el criterio de desplazamiento, solo considerando el empuje pasivo en la altura del dentellón, ya que en la cartilla DEVINAR para muros tipo se incluye dentellón. En la Tabla 4.9 se muestra el cálculo del factor de seguridad al

desplazamiento y se incluye su chequeo, para muros de concreto armado con dentellón.

Chequeo del factor de seguridad al desplazamiento para muros con Dentellón.

1. CHEQUEO A DESLIZAMIENTO		
Ítem	Valor	Unidad
Coeficiente de empuje pasivo K_p	4.02	---
Presión pasiva superior en dentellón σ_{ps}	2172	Kg/m ²
Presión pasiva inferior en dentellón σ_{pi}	6155	Kg/m ²
Empuje pasivo actuando sobre el dentellón E_p	2289.97	Kg/m
Fuerza de Rozamiento F_r	26988.51	Kg/m
Factor de Seguridad para Deslizamiento FS_d	2.83	---
Factor de Seguridad para Deslizamiento FS_d NSR-98	2	---
Cumplimiento	Si	---

Empuje Pasivo E_p : Cuando un muro o estribo empuja contra el terreno se genera una reacción que se le da el nombre de empuje pasivo de la tierra E_p , la tierra así comprimida en la dirección horizontal origina un aumento de su resistencia hasta alcanzar su valor límite superior E_p , la resultante de esta reacción del suelo se aplica en el extremo del tercio inferior de la altura del elemento, en este caso el dentellón.

$$E_p = \left(\frac{1}{2} \gamma * (h + f)^2 \right) * K_p \quad (4.38)$$

Para este caso, donde el empuje pasivo solo se tomara en cuenta en el dentellón o espolón, obedece al área de la fuerza de empuje aplicada sobre el dentellón, así:

$$E_p = \left(\frac{\sigma_{ps} + \sigma_{pi}}{2} \right) * g \quad (4.39)$$

Donde:

σ_{ps} : Presión pasiva superior en dentellón.

σ_{pi} : Presión pasiva inferior en dentellón.

g : Altura del dentellón.

Coeficiente de empuje pasivo K_p : Cuando se ignoran los ángulos (δ, β, ψ) , se obtiene el coeficiente K_p según Rankine:

$$E_p = \frac{1 + \sin \phi_f}{1 - \sin \phi_f} \quad (4.40)$$

Presión pasiva superior en dentellón σ_{ps} : calculada en la cota de fundación de la base D_f :

$$\sigma_{ps} = \gamma_f * D_f * K_p \quad (4.41)$$

Presión pasiva inferior en dentellón σ_{pi} : calculada en la cota de fondo del dentellón.

$$\sigma_{pi} = \gamma_f * (D_f + g) * K_p \quad (4.42)$$

Donde:

γ_f : Peso unitario del suelo de fundación.

D_f : Profundidad de fundación.

Fuerza de Rozamiento F_r : se determinó considerando la colaboración del empuje pasivo actuando sobre el dentellón solamente, fricción suelo-muro y cohesión.

$$F_r = \mu * R_v + c' * B + E_p \quad (4.43)$$

Donde:

μ : Coeficiente de fricción suelo-muro.

R_v : Resultante de las fuerzas verticales.

c' : Coeficiente de cohesión corregido o modificado.

B : Es el ancho de la base del muro.

Factor de Seguridad para Deslizamiento F_{sd} : Este se encontró de forma similar y con la misma ecuación para un muro sin dentellón. Este factor de seguridad resulta relativamente mayor si se considera que parte de la fricción que se genera delante del dentellón es suelo-suelo y no suelo-muro. En la figura 4.2 se muestra el muro con el diagrama de presión pasiva actuando sobre el dentellón en la base.

Estabilidad al volcamiento

La relación entre los momentos estabilizantes M_e , producidos por el peso propio del muro y de la masa de relleno situada sobre el talón del mismo y los momentos de volcamiento M_v , producidos por los empujes del terreno, se conoce como factor de seguridad al volcamiento FS_v , esta relación debe ser mayor de 2, en el caso de suelos cohesivos, de acuerdo a los valores tomados de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-98), y que se indican en la Tabla siguiente, ahí se muestra el cálculo del factor de seguridad al volcamiento y se incluye su chequeo, para muros de concreto armado.

$$FS_v = \frac{M_e}{M_v} \geq FS_{v-NSR-98} \quad (4.44)$$

Chequeo del factor de seguridad para volcamiento.

2. CHEQUEO A VOLCAMIENTO		
Ítem	Valor	Unidad
Momento de Volcamiento M_v	19219.65	Kg-m/m
Momento Estabilizante M_e	79841.69	Kg-m/m
Factor de Seguridad para Volcamiento FS_v	4.15	---
Factor de Seguridad para Volcamiento FS_v NSR-98	2	---
Cumplimiento	Si	---

Momento de Volcamiento M_v : Las fuerzas que intentan volcar el muro son el empuje activo y el empuje de la sobrecarga.

$$M_v = E_a * \left(\frac{h+f}{3}\right) + E_s * \left(\frac{h+f}{2}\right) \quad (4.45)$$

Momento Estabilizante M_e : Las fuerzas que dan estabilidad al muro son el peso propio del muro (W_{pp}), el peso del relleno ($W_{r\blacksquare}$, $W_{r\Delta}$) y el peso total de la sobrecarga (W_s).

$$M_e = W_{pp} * X_{cg} + W_s * \left(a + F + \frac{e}{2}\right) + W_{r\blacksquare} * \left(a + F + \frac{e}{2}\right) + W_{r\Delta} * \left(a + F + \frac{2e}{3}\right)$$

(¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..46)

Donde:

a, e, f, F, h: Son dimensiones del muro (Ver Figuras 4.1 y 4.2).

Presiones de Contacto

La capacidad admisible del suelo de fundación σ_{adm} debe ser mayor que el esfuerzo de compresión máximo o presión de contacto σ_{max} transferido al terreno por el muro, para todas las combinaciones de carga:

$$\sigma_{adm} \geq \sigma_{max} \quad (4.47)$$

$$\sigma_{adm} \geq \frac{q_{ult}}{FS_{cap.portante}} \quad (4.48)$$

$FS_{cap.portante}$, es el factor de seguridad a la falla por capacidad del suelo, este valor debe ser mayor de 2.5, de acuerdo a los valores tomados de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-98), y que se indican en la siguiente tabla.

En los muros corrientes, para que toda el área de la base quede teóricamente sujeta a compresión, la fuerza resultante de la presión del suelo originada por sistema de cargas debe quedar en el tercio medio.

Es buena práctica lograr que la resultante se localice dentro del tercio medio, ya que las presiones de contacto son más uniformes, disminuyendo el efecto de asentamientos diferenciales entre la puntera y el talón.

En la Tabla siguiente, se muestra el cálculo del factor de seguridad para capacidad portante y se incluye su chequeo, para muros de concreto armado.

Chequeo del factor de seguridad para capacidad portante.

2. CHEQUEO DE LAS PRESIONES DE CONTACTO		
Ítem	Valor	Unidad
Sobrecarga equivalente efectiva q	0.05	Kg/cm ²
Capacidad de carga última q_{ult}	27.75	Kg/cm ²
Factor de seguridad para capacidad portante $FS_{cap.portante}$	2.5	---
Esfuerzo admisible del suelo de fundación σ_{adm}	11.10	Kg/cm ²
Punto de aplicación de la fuerza resultante X_r	1.86	m
Excentricidad de la fuerza resultante e_x	0.09	m
Cumplimiento	Si	---
Presión de contacto muro-suelo de fundación σ_{max}	0.95	Kg/cm ²
Cumplimiento	Si	---
Presión de contacto muro-suelo de fundación σ_{min}	0.73	Kg/cm ²

Sobrecarga equivalente efectiva q : Es igual al producto del peso específico- del suelo de fundación por la profundidad de fundación.

$$q = \gamma_f * D_f \quad (4.49)$$

Capacidad de carga última q_{ult} : Se utiliza la ecuación según Braja:

$$q_{ult} = cN_cF_{cs}F_{cd}F_{ci} + qN_qF_{qs}F_{qd}F_{qi} + \frac{1}{2}\gamma_f B' N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i} \quad (4.50)$$

Donde:

c : Coeficiente de cohesión del suelo de fundación.

q : Sobrecarga equivalente efectiva.

γ_f : Peso unitario del suelo de fundación.

$F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$: Factores de forma.

$F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$: Factores de profundidad.

$F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$: Factores por inclinación de la carga.

N_c, N_q, N_γ : Factores de capacidad de carga.

B' : Ancho efectivo de la base.

Factores de capacidad de carga: Las relaciones N_c, N_q, N_γ , se obtuvieron así:

$$N_q = \tan^2(45 + \frac{\phi_f}{2}) e^{\pi \tan \phi_f} \quad (4.51)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi_f \quad (4.52)$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi_f \quad (4.53)$$

Donde:

ϕ_f : Es el ángulo de fricción interna del suelo de fundación.

Factores de forma: Los factores de forma $F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$, son todos iguales a 1 porque se tratan como los de una cimentación continua.

Factores de profundidad: Las relaciones $F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$, cumplen la condición $D_f/B \leq 1$, se obtuvieron así:

$$F_{cd} = 1 + 0.4 \frac{D_f}{B'} \quad (4.54)$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan(\phi_f (1 - \sin \phi_f)^2) \frac{D_f}{B'} \quad (4.55)$$

$$F_{\gamma d} = 1 \quad (4.56)$$

Factores de inclinación: Estos se obtuvieron así:

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{2\lambda}{\pi}\right)^2 \quad (4.57)$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\lambda}{\phi_f}\right)^2 \quad (4.58)$$

Donde:

$$\lambda^\circ = \tan^{-1}\left(\frac{E_{a+s}}{R_v}\right) \quad (4.59)$$

E_{a+s} : Empuje total, conformado por el empuje de tierra más el empuje de la sobrecarga.

R_v : Es la resultante de las fuerzas verticales.

Ancho efectivo de la base B' : Este es igual a la diferencia entre el ancho del muro y dos veces la excentricidad de la fuerza resultante, así:

$$B' = B - 2e_x \quad (4.60)$$

Los valores de los diferentes factores, el ancho efectivo de la base y de λ , se presentan en la siguiente tabla.

Punto de aplicación de la fuerza resultante X_r : Medido desde el punto A. La relación entre la diferencia de los momentos estabilizantes M_e y los momentos de volcamiento M_v , entre la resultante de las fuerzas verticales R_v .

$$X_r = \frac{M_e - M_v}{R_v} \quad (4.61)$$

Factores de capacidad de carga, de profundidad e inclinación.

Ítem	Valor	Unidad
Ancho de la Base B	3.89	m
Ancho efectivo B'	3.72	m
λ	16.31	Grados
λ	0.28	Radianes
Factores de capacidad de carga		
N_q	42.92	---
N_c	55.63	---
N_γ	66.19	---
Factores de profundidad		
F_{cd}	1.03	---
F_{qd}	1.02	---
$F_{\gamma d}$	1.00	---
Factores por inclinación de la carga		
F_{ci}	0.67	---
F_{qi}	0.67	---
$F_{\gamma i}$	0.31	---

Excentricidad de la fuerza resultante e_x : medida desde el centro de la base. Para que exista compresión en toda la base con diagrama de presión trapezoidal la excentricidad debe ser menor que el sexto de la base.

$$e_x = \frac{B}{2} - X_r \quad (4.62)$$

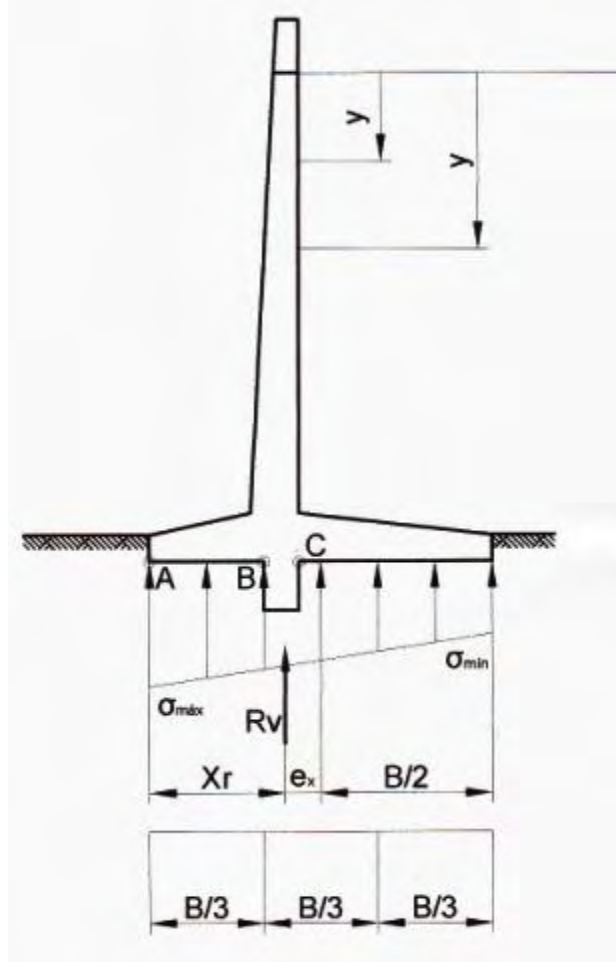
$$e_x \leq \frac{B}{6} \quad (4.63)$$

Presión de contacto muro-suelo de fundación σ_{max} , σ_{min} : Para $e_x \leq \frac{B}{6}$. Además se chequeo el esfuerzo máximo con ayuda de la Ecuación 3.24.

$$\sigma_{max} = \frac{R_v}{B} \left(1 + \frac{6 \cdot e_x}{B} \right) \quad (4.64)$$

$$\sigma_{min} = \frac{R_v}{B} \left(1 - \frac{6 \cdot e_x}{B} \right) \quad (4.65)$$

Caso 1: Presión de contacto Muro-Suelo de fundación.



El predimensionamiento propuesto cumple con todos los requerimientos de seguridad contra volcamiento, contra el deslizamiento y con las presiones de contacto en el caso de carga 1: Empuje de tierra + sobrecarga vehicular, quedando teóricamente toda la base del muro en compresión, de tal manera que la distribución de presiones son bastante regulares disminuyendo el efecto de asentamientos diferenciales entre la puntera y el talón del muro.

A continuación se procede a verificar la estabilidad para el caso de carga 2, donde se incluye el efecto del sismo en el muro de contención.

CASO 2: EMPUJE DE TIERRA + SISMO

El muro se construirá en zona de peligro sísmico alto, la aceleración del suelo A_a es la correspondiente a la zonificación sísmica del país, los valores de A_a los podemos obtener en el Apéndice A-3 (Valores de A_a y A_d y definición de la zona de amenaza sísmica de los municipios colombianos), de la NSR-98.

De acuerdo a Torres, Los efectos dinámicos producidos por los sismos se simularán mediante empujes de tierra debidos a las fuerzas de inercia de las masas del muro y del relleno. Las fuerzas de inercia se determinarán teniendo en cuenta la masa de tierra apoyada directamente sobre la cara interior y zapata del muro con adición de las masas propias de la estructura de retención.

El empuje sísmico generado por el relleno depende del nivel de desplazamiento que experimente el muro. Se considerará un estado activo de presión de tierras cuando el desplazamiento resultante permita el desarrollo de la resistencia al corte del relleno. Si el desplazamiento de la corona del muro está restringido, el empuje sísmico se calculará con la condición de tierras en reposo. El estado pasivo de presión de tierras solo puede generarse cuando el muro tenga tendencia a moverse hacia el relleno y el desplazamiento sea importante.

Para ello se calculó el empuje total $E_{a+\Delta}$, el cual está conformado por el empuje de tierra, el incremento dinámico del empuje activo y la fuerza sísmica inercial del peso propio. Todo este cálculo puede resumirse en la siguiente tabla.

Caso2: Empuje de Tierra + Sismo.

CASO 2: EMPUJE DE TIERRA + SISMO.		
Ítem	Valor	Unidad
Aceleración pico efectiva del suelo A_a	0.30	Kg/m
Coeficiente sísmico horizontal C_{sh}	0.15	Kg/m ²
Coeficiente sísmico vertical C_{sv}	0.11	Kg/m
θ	9.51	Grados
θ	0.17	Radianes
Fuerza sísmica del peso propio F_{spp}	1505.52	Kg/m
Ángulo de fricción suelo-muro δ	22.67	Grados
Ángulo de fricción suelo-muro δ	0.40	Radianes
Coeficiente de presión dinámica activa K_{as}	0.37	---
Incremento dinámico del empuje activo de la tierra ΔDE_a	2135.38	Kg/m
Empuje Total $E_{a+\Delta}$	11485.90	Kg/m
Resultante de las fuerzas verticales R_v	30239.55	Kg/m

Coeficiente sísmico horizontal C_{sh} :

$$C_{sh} = 0.50 * A_a \quad (4.66)$$

Coeficiente sísmico vertical C_{sv} :

$$C_{sv} = 0.70 * C_{sh} \quad (4.67)$$

θ :

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{C_{sh}}{1 - C_{sv}} \right) \quad (4.68)$$

Fuerza sísmica del peso propio F_{spp} : Ubicada en el centro de gravedad del muro. Calculado como el producto del coeficiente sísmico horizontal y el peso propio del muro.

$$F_{spp} = C_{sh} * W_{pp} \quad (4.69)$$

Coeficiente de presión dinámica activa K_{as} : Este se calculó a partir de la fórmula de Mononobe-Okabe, este coeficiente incluye el efecto estático más el dinámico.

$$K_{as} = \frac{\sin^2(\psi + \phi_r - \theta)}{\cos \theta * \sin^2 \psi * \sin(\psi - \delta - \theta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi_r + \delta) * \sin(\phi_r - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \delta - \theta) * \sin(\psi + \beta)}} \right]} \quad (4.70)$$

Donde:

- ϕ_r : Es el ángulo de fricción interna del suelo de relleno.
- δ : Es el ángulo de fricción suelo-muro (Ver Ecuación 4.14).
- ψ : Es el ángulo de la cara interna del muro con la horizontal, igual a 90°.
- β : Ángulo del relleno con la horizontal, igual a 0°.

Incremento dinámico del empuje activo de la tierra ΔDE_a : Cuando el muro de contención es suficientemente flexible como para desarrollar desplazamientos en su parte superior, la presión activa se incrementa bajo la acción de un sismo. Este aumento de presión se denomina incremento dinámico del empuje activo ΔDE_a , este se puede determinar mediante la siguiente expresión:

$$\Delta DE_a = \left[\frac{1}{2} \gamma_r (h + f)^2 \right] * (K_{as} - K_a) * (1 - C_{sv}) \quad (4.71)$$

Donde:

- h, t : Son dimensiones del muro.
- K_a : Coeficiente de empuje activo.
- Aplicado a: $\frac{2}{3} (h + f)$ medidos desde la base del muro.

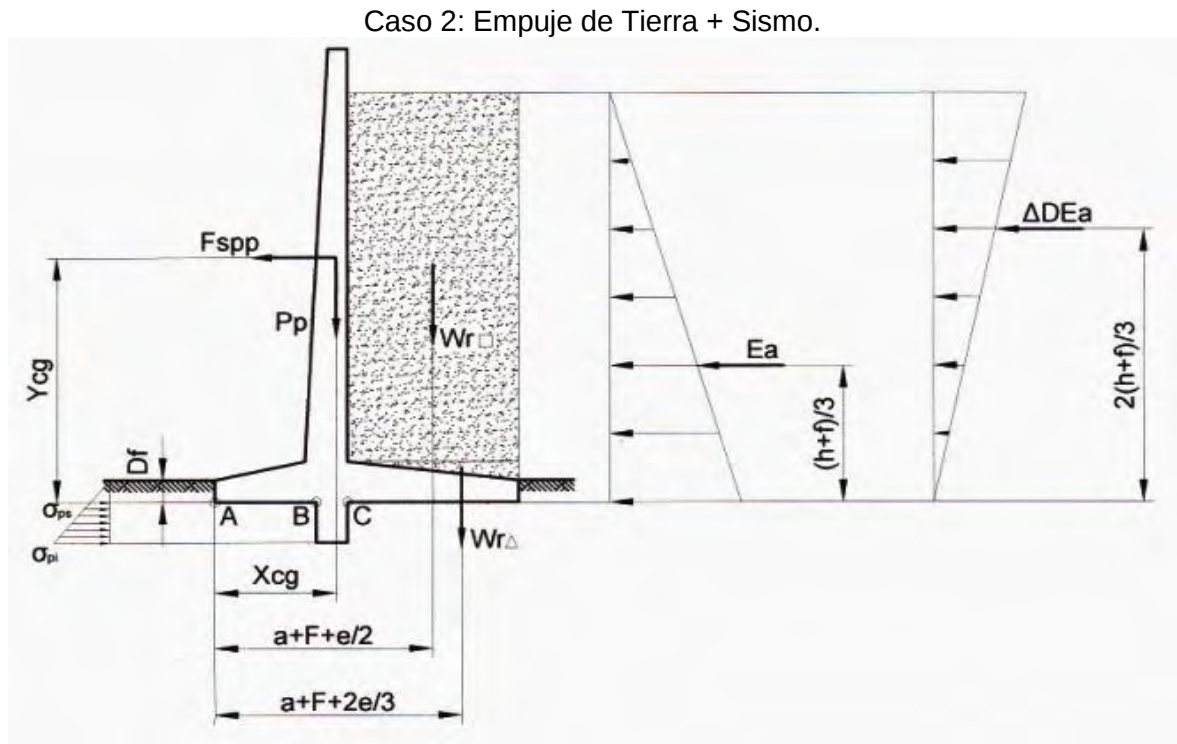
Empuje Total $E_{a+\Delta}$: Conformado por el empuje activo de tierra, el incremento dinámico del empuje activo y la fuerza sísmica inercial del peso propio.

$$E_{a+\Delta} = E_a + \Delta DE_a + F_{spp} \quad (4.72)$$

Resultante de las fuerzas verticales R_v : Las fuerzas que la componen son el peso propio y peso del relleno.

$$R_v = W_{pp} + W_r \quad (4.73)$$

En la Figura 4.4 se muestra un muro de contención tipo, en el cual se indican las fuerzas actuantes para el Caso 2 de carga y las correspondientes distancias medidas desde el punto a hasta la línea de acción de cada fuerza.



Estabilidad al deslizamiento

Este chequeo de la estabilidad al deslizamiento se realizó de forma análoga que para el Caso 1: Empuje de Tierra + Sobrecarga Vehicular. Sus valores se expresan en la Tabla 4.14 para muros sin dentellón y con dentellón Tabla 4.15.

Chequeo del factor de seguridad al desplazamiento para muros sin Dentellón.

1. CHEQUEO A DESLIZAMIENTO		
Ítem	Valor	Unidad
Ángulo de Fricción Suelo-Muro δ	24.67	Grados
Coeficiente de Fricción Suelo-Muro μ	0.43	---
Coeficiente de cohesión modificado c'	2500	Kg/m ²
Fuerza de Rozamiento F_r	23612	Kg/m
Factor de Seguridad para Deslizamiento FS_d	2.06	---
Factor de Seguridad para Deslizamiento FS_d NSR-98	2	---
Cumplimiento	Si	---

Chequeo del factor de seguridad al desplazamiento para muros con Dentellón.

1. CHEQUEO A DESLIZAMIENTO		
Ítem	Valor	Unidad
Coeficiente de empuje pasivo K_p	4.02	---
Presión pasiva superior en dentellón σ_{ps}	2172.31	Kg/m ²
Presión pasiva inferior en dentellón σ_{pi}	6154.87	Kg/m ²
Empuje pasivo actuando sobre el dentellón E_p	2289.97	Kg/m
Fuerza de Rozamiento F_r	25902.30	Kg/m
Factor de Seguridad para Deslizamiento FS_d	2.26	---
Factor de Seguridad para Deslizamiento FS_d NSR-98	2	---
Cumplimiento	Si	---

Estabilidad al volcamiento

En la Tabla 4.16 se muestra el cálculo del factor de seguridad al volcamiento (Ecuación 4.21) y se incluye su chequeo, para muros de concreto armado.

Chequeo del factor de seguridad para volcamiento.

2. CHEQUEO A VOLCAMIENTO		
Ítem	Valor	Unidad
Momento de Volcamiento M_v	24953.25	Kg-m/m
Momento Estabilizante M_e	73230.96	Kg-m/m
Factor de Seguridad para Volcamiento FS_v	2.93	---
Factor de Seguridad para Volcamiento FS_v NSR-98	2	---
Cumplimiento	Si	---

Momento de Volcamiento M_v : Las fuerzas que intentan volcar el muro son el empuje activo, incremento dinámico del empuje activo y la fuerza sísmica inercial del peso propio.

$$M_v = E_a * \left(\frac{h+f}{3}\right) + \Delta D E_a * \left[\frac{2(h+f)}{3}\right] + F_{ssp} * Y_{cg} \quad (4.74)$$

Momento Estabilizante M_e : Las fuerzas que dan estabilidad al muro son el peso propio del muro (W_{pp}), y el peso del relleno ($W_{r\blacksquare}$, $W_{r\Delta}$).

$$M_e = W_{pp} * X_{cg} + W_{r\blacksquare} * \left(a + F + \frac{e}{2}\right) + W_{r\Delta} * \left(a + F + \frac{2e}{3}\right) \quad (4.75)$$

Donde:

a, e, f, F, h: Son dimensiones del muro (Ver Figuras 4.1 y 4.2).

Presiones de contacto

Este chequeo de la presiones de contacto se realizó de forma análoga que para el Caso 1: Empuje de Tierra + Sobrecarga Vehicular. Sus valores se expresan en la siguiente tabla.

Chequeo del factor de seguridad para capacidad portante.

2. CHEQUEO DE LAS PRESIONES DE CONTACTO		
Ítem	Valor	Unidad
Sobrecarga equivalente efectiva q	0.05	Kg/cm ²
Capacidad de carga última q_{ult}	22.19	Kg/cm ²
Factor de seguridad para capacidad portante $FS_{cap.portante}$	2.5	---
Esfuerzo admisible del suelo de fundación σ_{adm}	8.88	Kg/cm ²
Punto de aplicación de la fuerza resultante X_r	1.60	m
Excentricidad de la fuerza resultante e_x	0.35	m
Cumplimiento	Si	---
Presión de contacto muro-suelo de fundación σ_{max}	1.20	Kg/cm ²
Cumplimiento	Si	---
Presión de contacto muro-suelo de fundación σ_{min}	0.36	Kg/cm ²

Factores de capacidad de carga, de profundidad e inclinación.

Ítem	Valor	Unidad
Ancho de la Base B	3.89	m
Ancho efectivo B'	3.19	m
λ	20.80	Grados
λ	0.36	Radianes
Factores de capacidad de carga		
N_q	42.92	---
N_c	55.63	---
N_γ	66.19	---
Factores de profundidad		

F_{cd}	1.04	---
F_{qd}	1.08	---
$F_{\gamma d}$	1.00	
Factores por inclinación de la carga		
F_{ci}	0.59	---
F_{qi}	0.59	---
$F_{\gamma i}$	0.19	---

El predimensionamiento propuesto cumple con todos los requerimientos de seguridad contra volcamiento, contra el deslizamiento y con las presiones de contacto en el caso de carga 2: Empuje de tierra + sismo.

Las dimensiones propuestas son definitivas y con ellas se realiza el diseño de los elementos estructurales que conforman el muro.

DISEÑO DE LA BASE

La puntera de la base del muro se comporta como un volado sometido a una presión o carga vertical hacia arriba correspondiente a la reacción del suelo y al peso propio que actúa hacia abajo, predominando en este caso la reacción del suelo, los momentos flectores resultantes originan tracción en la fibra inferior.

Sobre el talón de la base del muro predomina la carga vertical hacia abajo correspondiente a la suma del peso del relleno y del peso propio del muro, actuando hacia arriba la reacción del suelo, los momentos flectores resultantes originan tracción en la fibra superior.

Para el diseño de las armaduras de refuerzo se tienen en cuenta el Caso 1: Empuje de Tierra + Sobrecarga Vehicular y el Caso 2: Empuje de Tierra + Sismo. La fuerza cortante en la punta se determinó despreciando el peso del relleno, debido a que no se puede garantizar la permanencia del mismo.

Caso 1: Cargas en la punta

La fuerza y los brazos respectivos, fueron calculados respecto a la sección crítica B-B (Ver Figura 4.1), todos los cálculos de la fuerza cortante y el momento en esta sección se resumen en la siguiente tabla.

Cargas y Momentos en la Punta. Caso 1: Empuje de Tierra + Sobrecarga Vehicular.

CASO 1: EMPUJE DE TIERRA + SOBRECARGA VEHICULAR		
Ítem	Valor	Unidad
Peso Propio de la punta $W_{ppp\blacksquare}$	828	Kg
Peso Propio de la punta $W_{ppp\Delta}$	345	Kg
Brazo del peso propio $b_{ppp\blacksquare}$	0.58	m
Brazo del peso propio $b_{ppp\Delta}$	0.38	m
Esfuerzo intermedio σ_D	0.88	Kg/cm ²
Reacción del suelo R_{SB}	10536.38	Kg
Fuerza cortante resultante V_{B-B}	9363.38	Kg
$R_{triángulo}$	457	Kg
$b_{triángulo}$	0.77	m
$R_{rectángulo}$	10160	Kg
$b_{rectángulo}$	0.58	m
Momento en la sección B-B M_{B-B}	5522.26	Kg-m

Peso Propio de la punta $W_{ppp\blacksquare}$: Se dividió a la punta en dos secciones, una sección rectangular y una sección triangular correspondiente a la sección 3 de la Figura siguiente. El peso propio se determinó por metro lineal del muro así:

$$W_{ppp\blacksquare} = a * t * 1m * \gamma_c \quad (4.76)$$

Peso Propio de la punta $W_{ppp\Delta}$:

$$W_{ppp\Delta} = 0.5 * a * (f - t) * 1m * \gamma_c \quad (4.77)$$

Donde:

a, t, f : Son dimensiones del muro (Ver Figura 3.1).

γ_c : Peso específico del concreto.

Brazo del peso propio $b_{ppp\blacksquare}$:

$$b_{ppp\blacksquare} = 0.5 * a \quad (4.78)$$

Brazo del peso propio $b_{ppp\Delta}$:

$$b_{ppp\Delta} = \frac{a}{3} \quad (4.79)$$

Esfuerzo intermedio σ_D : Este se calculó con los esfuerzos producidos en la base del muro, para el Caso 1: Empuje de Tierra + Sobrecarga Vehicular y corresponde al esfuerzo medido en el punto de corte B-B.

$$\sigma_D = \sigma_{min} + \frac{(\sigma_{max} - \sigma_{min})}{B} * (B - a) \quad (4.80)$$

Reacción del suelo R_{sB} : Por metro lineal del muro, donde a se expresa en centímetros.

$$R_{sB} = \frac{\sigma_{max} + \sigma_D}{2} * a * 100 \quad (4.81)$$

Fuerza cortante resultante V_{B-B} : Actúa hacia arriba y es igual a:

$$V_{B-B} = R_{sB} - W_{ppp\blacksquare} - W_{ppp\Delta} \quad (4.82)$$

El diagrama de presión trapezoidal de la punta se puede dividir en un triángulo de altura $(\sigma_{max} - \sigma_D)$ y un rectángulo de altura σ_D .

$$R_{triángulo} = \frac{1}{2}(\sigma_{max} - \sigma_D) * a(cm) * 100 \quad (4.83)$$

$$b_{triángulo} = \frac{2}{3}a \quad (4.84)$$

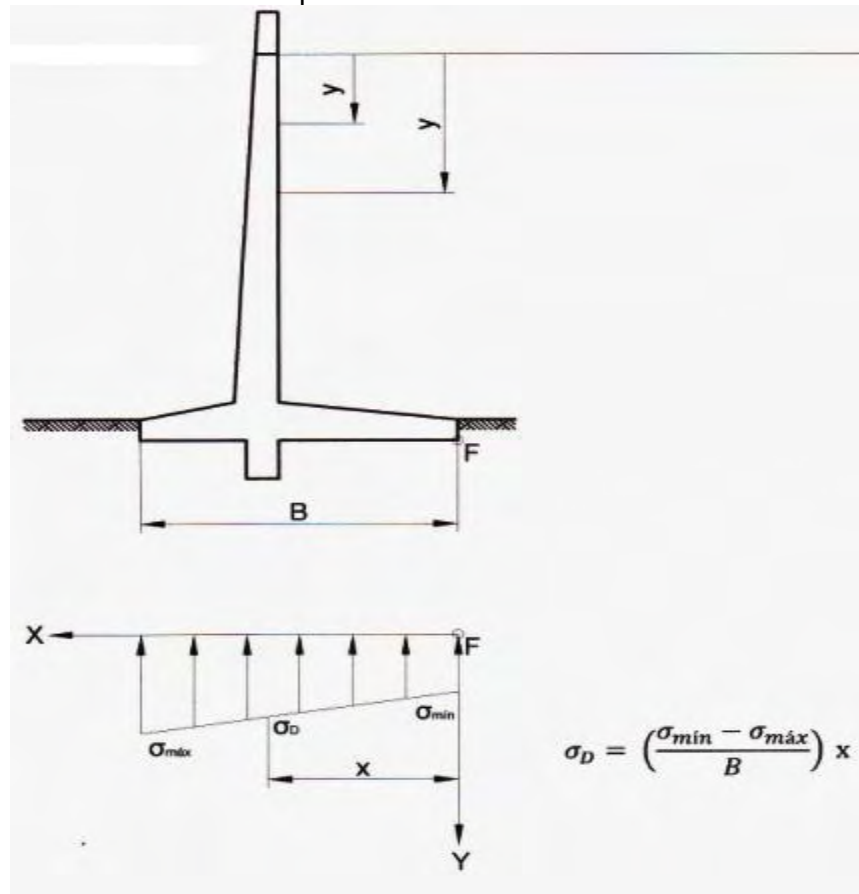
$$R_{rectángulo} = \sigma_D * a(cm) * 100 \quad (4.85)$$

$$b_{rectángulo} = \frac{1}{2} * a \quad (4.86)$$

Momento en la sección B-B M_{B-B} : Por metro lineal de muro, horario positivo:

$$M_{B-B} = R_{triángulo} * b_{triángulo} + R_{rectángulo} * b_{rectángulo} + W_{ppp\blacksquare} * b_{ppp\blacksquare} + W_{ppp\Delta} * b_{ppp\Delta} \quad (4.87)$$

Esfuerzos producidos en la base del muro.



Caso 2: Cargas en la punta

La fuerza y los brazos respectivos, fueron calculados respecto a la sección crítica C-C (Ver Figura 3.1), todos los cálculos de la fuerza cortante y el momento en esta sección se resumen en la siguiente tabla.

El peso propio, así como los brazos de los mismos no cambian con respecto al Caso 1. Para los demás valores se utilizan las mismas ecuaciones que para el Caso 1, solo que se deben tomar los esfuerzos máximos y mínimos encontrados en el Caso 2 (Empuje de Tierra + Sismo), en la sección del chequeo de las presiones de contacto.

Cargas y Momentos en la Punta. Caso 2: Empuje de Tierra + Sismo.

CASO 1: EMPUJE DE TIERRA + SOBRECARGA VEHICULAR		
Ítem	Valor	Unidad
Peso Propio de la punta $W_{ppp\blacksquare}$	828	Kg
Peso Propio de la punta $W_{ppp\Delta}$	345	Kg
Brazo del peso propio $b_{ppp\blacksquare}$	0.58	m
Brazo del peso propio $b_{ppp\Delta}$	0.38	m
Esfuerzo intermedio σ_D	0.95	Kg/cm ²
Reacción del suelo R_{SB}	10716.87	Kg
Fuerza cortante resultante V_{B-B}	9543.87	Kg
$R_{triángulo}$	1074.16	Kg
$b_{triángulo}$	0.77	m
$R_{rectángulo}$	10903.82	Kg
$b_{rectángulo}$	0.58	m
Momento en la sección B-B M_{B-B}	6484.87	Kg-m

Caso 1: Cargas en el talón

La fuerza y los brazos respectivos, fueron calculados respecto a la sección crítica C-C (Ver Figura 4.1), todos los cálculos de la fuerza cortante y el momento en esta sección se resumen en la siguiente tabla.

Peso Propio del talón $W_{ppp\blacksquare}$: Se dividió a la punta en dos secciones, una sección rectangular y una sección triangular correspondiente a la sección 5 de la Figura siguiente. El peso propio se determinó por metro lineal del muro así:

$$W_{ppp\blacksquare} = e * t * 1m * \gamma_c \quad (4.88)$$

Peso Propio del talón $W_{ppp\Delta}$:

$$W_{ppp\Delta} = 0.5 * e * (f - t) * 1m * \gamma_c \quad (4.89)$$

Donde:

e, t, f : Son dimensiones del muro

γ_c : Peso específico del concreto.

Brazo del peso propio $b_{ppp\blacksquare}$:

$$b_{ppp\blacksquare} = 0.5 * e \quad (4.90)$$

Cargas y Momentos en el Talón. Caso 1: Empuje de Tierra + Sobrecarga Vehicular.

CASO 1: EMPUJE DE TIERRA + SOBRECARGA VEHICULAR		
Ítem	Valor	Unidad
Peso Propio de la punta $W_{ppp\blacksquare}$	1576.80	Kg
Peso Propio de la punta $W_{ppp\Delta}$	657	Kg
Brazo del peso propio $b_{ppp\blacksquare}$	1.10	m
Brazo del peso propio $b_{ppp\Delta}$	0.73	m
Esfuerzo intermedio σ_E	0.85	Kg/cm ²
Reacción del suelo R_{sC}	17295.53	Kg
Peso del relleno $W_{r\blacksquare}$	19710	Kg/m
Peso del relleno $W_{r\Delta}$	492.75	Kg/m
Brazo del relleno $b_{r\blacksquare}$	1.10	m
Brazo del relleno $b_{r\Delta}$	1.46	m
Peso Total Sobrecarga W_s	2365.20	Kg
Brazo de la sobrecarga b_s	1.10	M
Fuerza cortante resultante V_{C-C}	-7506.22	Kg
$R_{triángulo}$	1365.99	Kg
$b_{triángulo}$	0.73	m
$R_{rectángulo}$	15929.54	Kg
$b_{rectángulo}$	1.10	m
Momento en la sección C-C M_{C-C}	8658.95	Kg-m

Brazo del peso propio $b_{ppp\Delta}$:

$$b_{ppp\Delta} = \frac{e}{3} \quad (4.91)$$

Esfuerzo intermedio σ_{DE} : Este se calculó con los esfuerzos producidos en la base del muro, para el Caso 1: Empuje de Tierra + Sobrecarga Vehicular y corresponde al esfuerzo medido en el punto de corte C-C.

$$\sigma_D = \sigma_{min} + \frac{(\sigma_{max} - \sigma_{min})}{B} * e \quad (4.92)$$

Reacción del suelo R_{sC} : Por metro lineal del muro, donde e se expresa en centímetros.

$$R_{sB} = \frac{\sigma_{min} + \sigma_E}{2} * e * 100 \quad (4.93)$$

Peso del relleno $W_{r\blacksquare}$: Este ya se calculó en la Sección 4.2.3 en el Caso 1: Empuje de Tierra + Sobrecarga Vehicular.

Peso del relleno $W_{r\Delta}$: Este ya se calculó en la Sección 4.2.3 en el Caso 1: Empuje de Tierra + Sobrecarga Vehicular.

Brazo del relleno $b_{r\blacksquare}$:

$$b_{r\blacksquare} = 0.5 * e \quad (4.94)$$

Brazo del relleno $b_{r\Delta}$:

$$b_{r\Delta} = \frac{2}{3} * e \quad (4.95)$$

Peso Total Sobrecarga W_s : Este ya se calculó en la Sección 3.2.3 en el Caso 1: Empuje de Tierra + Sobrecarga Vehicular.

Brazo de la sobrecarga b_s :

$$b_s = 0.5 * e \quad (4.96)$$

Fuerza cortante resultante V_{C-C} : Actúa hacia abajo y es igual a:

$$V_{B-B} = R_{SC} - W_{ppp\blacksquare} - W_{ppp\Delta} - W_{r\blacksquare} - W_{r\Delta} - W_s \quad (4.97)$$

El diagrama de presión trapezoidal de la punta se puede dividir en un triángulo de altura $(\sigma_E - \sigma_{min})$ y un rectángulo de altura σ_{min} .

$$R_{triángulo} = \frac{1}{2} (\sigma_E - \sigma_{min}) * e(cm) * 100 \quad (4.98)$$

$$b_{triángulo} = \frac{1}{3} a \quad (4.99)$$

$$R_{rectángulo} = \sigma_{min} * e(cm) * 100 \quad (4.100)$$

$$b_{rectángulo} = \frac{1}{2} * e \quad (4.101)$$

Momento en la sección C-C M_{C-C} : Por metro lineal de muro, horario positivo:

$$M_{C-C} = R_{triángulo} * b_{triángulo} + R_{rectángulo} * b_{rectángulo} + W_{ppp\blacksquare} * b_{ppp\blacksquare} + W_{ppp\Delta} * b_{ppp\Delta} + W_{r\blacksquare} * b_{r\blacksquare} + W_{r\Delta} * b_{r\Delta} + W_s * b_s \quad (4.102)$$

Caso 2: Cargas en el talón

La fuerza y los brazos respectivos, fueron calculados respecto a la sección crítica C-C (Ver Figura 4.1), todos los cálculos de la fuerza cortante y el momento en esta sección se resumen en la siguiente tabla.

El peso propio, así como los brazos de los mismos no cambian con respecto al Caso 1. Para los demás valores se utilizan las mismas ecuaciones que para el Caso 1, solo que se deben tomar los esfuerzos máximos y mínimos encontrados en el Caso 2 (Empuje de Tierra + Sismo), en la sección del chequeo de las presiones de contacto.

Las fuerzas cortantes y momento flectores en las secciones críticas B-B y C-C resultaron ser más grandes para el caso de Carga 2 (Empuje de tierra + Sismo).

Cargas y Momentos en el Talón. Caso 2: Empuje de Tierra + Sismo.

CASO 2: EMPUJE DE TIERRA + SISMO		
Ítem	Valor	Unidad
Peso Propio de la punta $W_{pp\blacksquare}$	1576.80	Kg
Peso Propio de la punta $W_{pp\Delta}$	657	Kg
Brazo del peso propio $b_{pp\blacksquare}$	1.10	m
Brazo del peso propio $b_{pp\Delta}$	0.73	m
Esfuerzo intermedio σ_E	0.83	Kg/cm ²
Reacción del suelo R_{SC}	13025.22	Kg
Peso del relleno $W_{r\blacksquare}$	19710	Kg/m
Peso del relleno $W_{r\Delta}$	492.75	Kg/m
Brazo del relleno $b_{r\blacksquare}$	1.10	m
Brazo del relleno $b_{r\Delta}$	1.46	m
Fuerza cortante resultante V_{C-C}	-9411.33	Kg
$R_{triángulo}$	5151.79	Kg
$b_{triángulo}$	0.73	m
$R_{rectángulo}$	7873.46	Kg
$b_{rectángulo}$	1.10	m
Momento en la sección C-C M_{C-C}	12125.86	Kg-m

Resumen de cargas y cargas máximas.

RESUMEN DE CARGAS				
	CORTANTE [Kg]		MOMENTO [Kg]	
	Punta	Talón	Punta	Talón
Caso 1	9363.38	-7506.22	5522.26	8657.95
Caso 2	9543.87	-9411.33	6484.87	12125.86
Carga Máxima	9543.87	-9411.33	6484.87	12125.86

Factores de mayoración de cargas

El factor de mayoración para empujes de tierra estáticos y sobrecargas vivas indicado por el código ACI es de 1,6. Para los empujes dinámicos sísmicos el factor de mayoración indicado es de 1,0. En el caso de Carga 2 (empuje tierra + sismo) se propone utilizar un factor de mayoración ponderado por tratarse de una combinación de cargas estáticas y dinámicas, determinado de la siguiente manera:

$$U = \frac{1.6E_a + 1.0\Delta DE_a + 1.0F_{spp}}{E_{a+\Delta}} \quad (4.103)$$

De acuerdo a Torres (página 52), es conveniente determinar este factor de mayoración de carga ponderado para casos donde se incluya el sismo, ya que mayorar directamente por 1.6 sobre estima las solicitaciones últimas, resultando mayor acero de refuerzo y una estructura más costosa.

Valores utilizados para encontrar el factor de mayoración de carga ponderado para el caso sísmico.

FACTORES DE MAYORACIÓN DE CARGAS		
Ítem	Valor	Unidad
Factor de mayoración para empujes de tierra estáticos y sobrecargas vivas	1.6	---
Factor de mayoración para los empujes dinámicos sísmicos	1.0	---
Empuje estático activo E_a	7845	Kg/m
Incremento dinámico del empuje activo ΔDE_a	2135.38	Kg/m
Fuerza sísmica del peso propio F_{spp}	1505.52	Kg/m
Empuje total $E_{a+\Delta}$	11485.90	Kg/m
Factor de mayoración de carga ponderado para el caso sísmico U	1.41	---

Diseño de la base por fuerza cortante

El máximo corte que actúa en la base ocurre en la punta (sección A-A) y resultó del caso de Carga 2 (empuje de tierra + sismo), en este caso usaremos el factor

de mayoración de carga ponderado de 1,42 y el factor de reducción de resistencia por cortante, de acuerdo a la NSR-98 es de: $\phi = 0.85$

Cortante Máximo V_{max} :

$$V_{max} = 9543.87 \text{ Kg}$$

Fuerza cortante mayorada V_u :

$$V_u = U * V_{max}$$

(4.104)

El recubrimiento mínimo inferior de la zapata del muro debe ser de 7.0 cm, según la Sección C7.7.1 de la NSR-98, concreto colocado directamente sobre el suelo.

$$d = t - e'$$

(4.105)

Donde:

t : Es el espesor de la base.

e' : Es el recubrimiento mínimo inferior.

Esfuerzo mayorado v_u :

$$v_u = \frac{V_u}{b_w * d}$$

(4.106)

Resistencia proporcionada por el concreto ϕv_c :

$$\phi v_c = 0.53 \phi \sqrt{f'_c}$$

(4.107)

Esfuerzos en Kgf/cm^2

Por lo tanto se debe cumplir la relación 4.85, o de lo contrario se requerirá acero de refuerzo por cortante. En la Tabla 4.25, se resumen todos estos cálculos, así como también se indica si el elemento requiere refuerzo por cortante.

$$\phi v_c > v_u \quad (4.108)$$

Diseño de la base por fuerza cortante.

CHEQUEO A CORTANTE		
Ítem	Valor	Unidad
Cortante Máximo V_{max}	9543.87	Kg
Fuerza cortante mayorada V_u	13456.85	Kg
Recubrimiento e'	7.0	cm
Altura efectiva d	23.0	cm
factor de reducción de resistencia por cortante	0.85	---
Esfuerzo mayorado v_u	5.85	Kg/cm ²
Resistencia proporcionada por el concreto ϕv_c	6.53	Kg/cm ²
Requerimiento de acero por cortante	NO	---

Diseño por flexión de la base

En las losas estructurales de espesor uniforme, el área mínima y el espaciamiento máximo del refuerzo en la dirección de la luz deben ser los que se requieren para retracción y variación de temperatura de acuerdo con C.7.12 de la NSR-98. El espaciamiento máximo del refuerzo no debe exceder del mínimo de tres veces el espesor de la losa o zapata, ni 500 mm.

Se calculó tanto la flexión en la Punta, como en el talón, sus valores se resumen en la siguiente tabla.

Diseño a flexión de la punta.

DISEÑO A FLEXIÓN		
Ítem	Valor	Unidad
Momento actuante M	6484.87	Kg-m
Coeficiente de reducción de resistencia ϕ	0.90	Kg
Momento de diseño ϕM_n	9143.67	Kg-m
$\phi \rho f_y \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c}\right) b d^2 - \phi M =$	0	---
Cuantía de refuerzo ρ	0.004850	---
Área de acero requerida $A_{s\text{ requerida}}$	11.16	cm ² /ml
Área de acero mínima $A_{s\text{ mín}}$	7.67	cm ² /ml

Momento actuante M : Corresponde al momento máximo dado en el Caso 1: Empuje de tierra + Sismo, que se expresa en la siguiente tabla.

Coeficiente de reducción de resistencia ϕ : Que para flexión, sin carga axial, $\phi = 0.90$

Momento de diseño ϕM_n : Corresponde al producto del coeficiente de carga ponderado por el momento actuante.

$$\phi M_n = U * M \quad (4.109)$$

Cuantía de refuerzo ρ : Esta se calculó igualando a cero la Ecuación 4.87, que se expresa en función del momento de diseño, de los materiales f_y y f'_c y de la sección bd , por lo cual se constituye en un sencillo programa de diseño de Excel.

$$\phi M_n = \phi \rho f_y \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c} \right) b d^2 \quad (4.110)$$

$$\phi \rho f_y \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c} \right) b d^2 - \phi M_n = 0 \quad (4.111)$$

Área de acero requerida $A_{s\text{ requerida}}$: Para un ancho b de 100 centímetros.

$$A_{s\text{ requerida}} = \rho b d \quad (4.112)$$

Área de acero mínima $A_{s\text{ mín}}$: En el sistema mks este no debe ser menor que el obtenido por medio de:

$$A_{s\text{ mín}} = \rho_{\text{mín}} d b_w = \frac{0.8 \sqrt{f'_c}}{f_y} d b_w \geq \frac{14}{f_y} d b_w \quad (4.113)$$

Diseño a flexión en el Talón.

DISEÑO A FLEXIÓN		
Ítem	Valor	Unidad
Momento actuante M	12125.86	Kg-m
Coeficiente de reducción de resistencia ϕ	0.90	Kg
Momento de diseño ϕM_n	17097.46	Kg-m
$\phi \rho f_y \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c} \right) b d^2 - \phi M_n =$	0	---
Cuantía de refuerzo ρ	0.009649	---
Área de acero requerida $A_{s\text{ requerida}}$	22.19	cm ² /ml
Área de acero mínima $A_{s\text{ mín}}$	7.67	cm ² /ml

Diseño de la pantalla

La pantalla del muro se comporta como un volado sometido a la presión horizontal que ejerce la tierra y la sobrecarga, los momentos flectores resultantes originan tracción en la cara interna en contacto con la tierra, la cual deberá ser reforzada con acero.

Las solicitaciones de corte y flexión se determinan en diferentes secciones hechas en la altura del muro, normalmente se hacen secciones a cada metro, midiendo la altura y desde la corona del muro hasta la unión de la pantalla con la zapata.

Caso 1: Empuje de tierra + sobrecarga vehicular

En la Figura 4.2 se muestran los empujes de tierra activo y de sobrecarga que actúan sobre la pantalla, también en la Figura 4.5 se muestra la sección y donde se calculan las solicitaciones de corte y flexión.

A continuación se resume el cálculo del empuje total y momento total para el Caso1, calculado para una sección (y) de 1 metro de altura.

Diseño de la pantalla. Caso 1: Empuje de tierra + Sobrecarga Vehicular.

CHEQUEO A CORTANTE		
Ítem	Valor	Unidad
Sección Y	1.00	m
Empuje activo de la tierra E_a	254.70	Kg/m
Empuje de la Sobrecarga E_s	305.64	Kg/m
Empuje total E_{a+s}	560.34	Kg/m
Momento total M_{a+s}	237.72	Kg/m

Empuje activo de la tierra E_a : Se utiliza el mismo coeficiente de empuje activo.

$$E_a = \left(\frac{1}{2}\gamma_r * y^2\right) * K_a \quad (4.114)$$

Aplicado a: $\frac{y}{3}$ medido de la sección (y) hacia arriba.

Empuje de la Sobrecarga E_s :

$$E_s = (\gamma_r * H_s) * y * K_a \quad (4.115)$$

Aplicado a: $\frac{y}{2}$ medido de la sección (y) hacia arriba.

Empuje total E_{a+s} :

$$E_{a+s} = E_a + E_s \quad (4.116)$$

Momento total M_{a+s} :

$$M_{a+s} = E_a * \frac{y}{3} + E_s * \frac{y}{2} \quad (4.117)$$

Caso 2: Empuje de tierra + sismo

En la Figura 4.4 se muestran los empujes de tierra activo y de sobrecarga que actúan sobre la pantalla, también en la Figura siguiente, se muestra la sección y donde se calculan las solicitaciones de corte y flexión.

A continuación se resume el cálculo del empuje total y momento total para el Caso 2, calculado para una sección (y) de 1 metro de altura.

Diseño de la pantalla. Caso 2: Empuje de tierra + Sismo.

CHEQUEO A CORTANTE		
Ítem	Valor	Unidad
Sección Y	1.00	m
Empuje activo de la tierra E_a	254.70	Kg/m
Incremento dinámico del empuje activo ΔDE_a	69.32	Kg/m
Fuerza sísmica del peso propio para el triángulo $F_{spp\Delta}$	10.80	Kg/m
Fuerza sísmica del peso propio para el triángulo $F_{spp\blacksquare}$	90.00	Kg/m
Empuje total $E_{a+\Delta}$:	424.82	Kg/m
Momento total $M_{a+\Delta}$	179.72	Kg/m

Empuje activo de la tierra E_a : Igual que para el Caso 1.

Incremento dinámico del empuje activo ΔDE_a : El coeficiente de presión dinámica activa K_{as} , el coeficiente de empuje activo K_a y el coeficiente sísmico horizontal C_{sv} , no varían a los encontrados en la Sección 4.2.4.

$$\Delta DE_a = \left(\frac{1}{2} \gamma_r * y^2 \right) * (K_{as} - K_a) * (1 - C_{sv})$$

(4.118)

Aplicado a: $\frac{2y}{3}$ medido de la sección (y) hacia arriba.

Para determinar la fuerza sísmica del peso propio se dividió la pantalla en dos figuras geométricas, una triangular y la otra rectangular, a las cuales se les determino el área en función de la sección (y).

Fuerza sísmica del peso propio para el triángulo $F_{spp\Delta}$:

$$F_{spp\Delta} = C_{sh} * \left(\frac{1}{2} * \frac{(F-d)}{h} * y^2 \right) * \gamma_{cr}$$

(4.119)

Aplicado a: $\frac{y}{3}$

Donde F, d, h , son dimensiones del muro.

Fuerza sísmica del peso propio para el triángulo $F_{spp\blacksquare}$:

$$F_{spp\blacksquare} = C_{sh} * (d * y) * \gamma_{cr}$$

(4.120)

Aplicado a: $\frac{y}{2}$

Empuje total $E_{a+\Delta}$:

$$E_{a+\Delta} = E_a + \Delta DE_a + F_{spp\Delta} + F_{spp\blacksquare}$$

(4.121)

Momento total $M_{a+\Delta}$:

$$M_{a+\Delta} = E_a * \frac{y}{3} + \Delta DE_a * \frac{2y}{3} + F_{spp\Delta} * \frac{y}{3} + F_{spp\blacksquare} * \frac{y}{2}$$

(4.122)

Solicitaciones máximas, corte resistente y acero de refuerzo

Las solicitaciones de corte y momento determinadas en el Caso 1: Empuje de tierra + Sobrecarga Vehicular, se mayoran por un factor de 1.6.

Las solicitaciones de corte y momento determinadas en el Caso 2: Empuje de tierra + Sismo, se mayoran por el factor ponderado determinado anteriormente de 1.41.

Solicitaciones últimas de corte y momento. Caso 1: Empuje de tierra + Sobrecarga Vehicular.

DISEÑO DE LA PANTALLA		
Ítem	Valor	Unidad
Cortante mayorado V_u	896.54	Kg
Momento de diseño ϕM_n	380.35	Kg-m

Solicitaciones últimas de corte y momento. Caso 2: Empuje de tierra + Sismo.

DISEÑO DE LA PANTALLA		
Ítem	Valor	Unidad
Cortante mayorado V_u	599.00	Kg
Momento de diseño ϕM_n	253.40	Kg-m

Las solicitaciones últimas de corte y momento para los dos casos de carga estudiados se determinaron en la Tabla 4.32, para diferentes valores de (y), que varían de 1m hasta 5 metros con secciones a cada metro. También se indican los valores máximos para cada sección.

Solicitaciones últimas de corte y momento.

SOLICITACIONES ÚLTIMAS						
y [m]	CASO 1		CASO 2		Solicitaciones Máximas	
	V_u [Kg]	ϕM_n [Kg-m]	V_u [Kg]	ϕM_n [Kg-m]	V_u [Kg]	ϕM_n [Kg-m]
1	896.54	380.35	599.00	253.40	896.54	380.35
2	2608.13	2064.77	2142.21	1773.40	2608.13	2064.77
3	5134.75	5868.29	4629.63	5699.71	5134.75	5868.29
4	8476.42	12605.95	8061.25	13172.03	8476.42	13172.03
5	12633.12	23092.80	12437.08	25330.05	12633.12	25330.05

El espesor de la pantalla o fuste $F(y)$ varía a lo largo del muro, pero de acuerdo a la geometría del mismo se determinó una ecuación en función de (y) y de las dimensiones del muro, de la siguiente manera:

$$F(y) = \frac{(F-d)*(G+y)}{H'} + d \quad (4.123)$$

Donde F, d, G, H' , son dimensiones del muro en centímetros.

La altura útil es variable $d(y)$, se determinó para un recubrimiento del concreto en la pantalla de 5 centímetros.

$$d(y) = F(y) - 5cm \quad (4.124)$$

El cortante máximo resistido por el concreto varía con la altura de la pantalla:

$$\phi v_c = 0.53\phi\sqrt{f'_c} * b_w * d(y) \quad (4.125)$$

Cuantía de refuerzo ρ , se calculó igualando a cero la Ecuación 3.89, que se expresa en función del momento de diseño, de los materiales f_y y f'_c y de la sección $bd(y)$, por lo cual se constituye en un sencillo programa de diseño de Excel.

$$\phi M_n = \phi \rho f_y \left(1 - 0.59\rho \frac{f_y}{f'_c}\right) bd(y)^2 \quad (4.126)$$

$$\phi \rho f_y \left(1 - 0.59\rho \frac{f_y}{f'_c}\right) bd(y)^2 - \phi M_n = 0 \quad (4.127)$$

Área de acero mínima $A_{s\min}$, en el sistema mks este no debe ser menor que el obtenido por medio de la Ecuación 4.90.

En la siguiente tabla, se indican los valores de solicitaciones máximas de corte y momento, espesor de la pantalla, altura útil, corte máximo resistente, acero mínimo, acero requerido, para diferentes valores de (y), que varían de 1m hasta 5m con secciones cada metro.

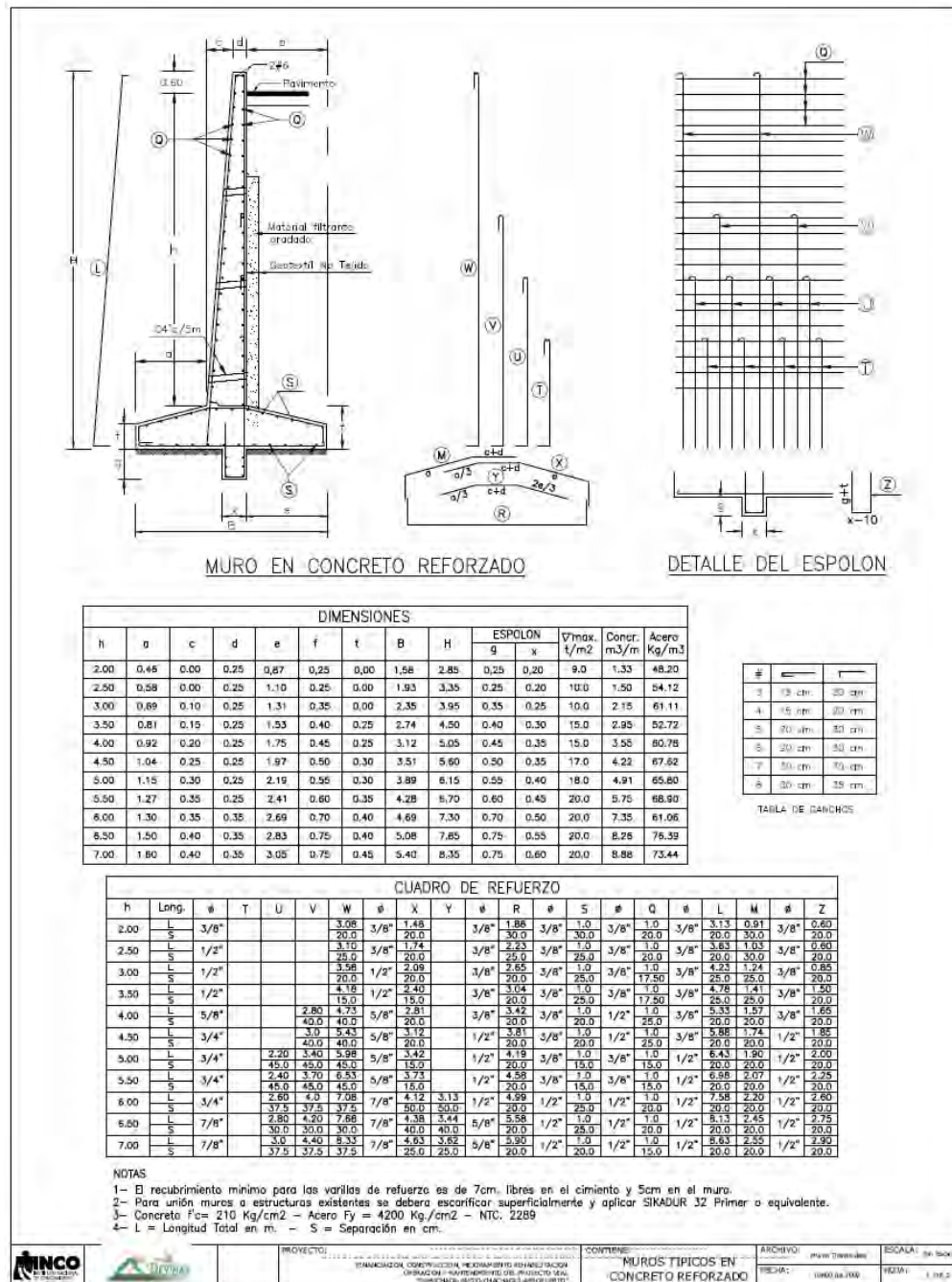
Solicitaciones máximas, corte resistente y acero de refuerzo.

SOLICITACIONES MÁXIMAS - CORTE RESISTENTE - ACERO DE REFUERZO									
y [m]	V_u [Kg]	ϕM_n [Kg-m]	F(y) [cm]	d(y) [cm]	ϕV_c [Kg]	Requiere acero por cortante	ρ	$A_{s\ min}$ [cm ² /ml]	$A_{s\ requerida}$ [cm ² /ml]
1	896.54	380.35	33.57	28.57	18652.47	No	0.000123	9.52	0.35
2	2608.13	2064.77	38.93	33.93	22149.81	No	0.000477	11.31	1.62
3	5134.75	5868.29	44.29	39.29	25647.15	No	0.001018	13.10	4.00
4	8476.42	13172.03	49.64	44.64	29144.49	No	0.001786	14.88	7.97
5	12633.12	25330.05	55.00	50.00	32641.83	No	0.002771	16.67	13.86

**ANEXO 5. LOCALIZACIÓN DE LAS OBRAS DE ESTABILIZACIÓN Y
CONTENCIÓN DE LOS TRAMOS 5 Y 6-1.**

Archivo adjunto.

ANEXO 6. CARTILLA DE MUROS TIPO DESARROLADA POR DEVINAR



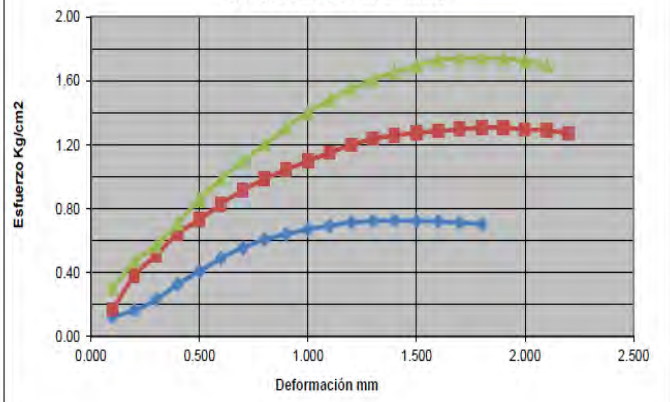
ANEXO 7. ENSAYO DE CORTE DIRECTO

 DEVINAR Desarrollo Vial de Nariño S.A.	CORTE DIRECTO		FCON - 57
			VERSION: 1
			JUNIO 16 DE 2011
PROYECTO	CONSTRUCCIÓN TRAYECTO 6-1 PAR VIAL RÍO BERMÚDEZ		
LOCALIZACION	TALUD PR 1+510 T 6-1 PAR VIAL RÍO BERMÚDEZ		
DESCRIPCION	SUELO COLOR GRIS TOMADO DE TALUD A UNA ALTURA DE 7,00 MT DESDE LA CALZADA DE LA VIA (MUESTRA SATURADA 24 HORAS)		
FECHA	ABRIL 10 DE 2013	MUESTRA No	697

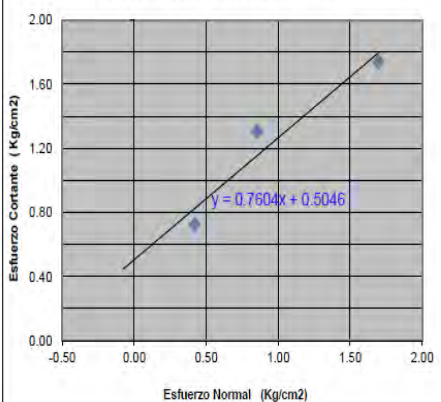
CORTANTE	NORMAL	COHESION (c)	
kg/cm ²	kg/cm ²		
0.73	0.42		0.504
1.31	0.85		37.23
1.74	1.70		

1 : 1.3

ESFUERZO - DEFORMACIÓN



ESFUERZO - DEFORMACIÓN



ENSAYÓ:

FRANCISCO ESTRELLA
LABORATORISTA

REVISÓ:

VIANEY BUSTOS MUÑOZ
JEFE DE LABORATORIO

APROBÓ:

 Ingeniería Vial de Tarifa S.A.			CORTE DIRECTO						FCOM - 57									
									VERSION: 1									
									JUNIO 16 DE 2011									
PROYECTO			CONSTRUCCIÓN TRAYECTO 6-1 PAR VIAL RÍO BERMÚDEZ															
LOCALIZACION			TALUD PR 1+510 T 6-1 PAR VIAL RÍO BERMÚDEZ															
DESCRIPCION			SUELO COLOR GRIS TOMADO DE TALUD A UNA ALTURA DE 7,00 MT DESDE LA CALZADA DE LA VÍA (MUESTRA SATURADA 24 HORAS)															
FECHA			ABRIL 10 DE 2013			MUESTRA No			597									
GEOMETRIA DE LA MUESTRA			Diametro (cm)		5.00		Altura (cm)		2.80		Area (cm2)		19.64		Volumen (cm3)		54.98	
HUMEDADES			P0 (P. MUESTRA SECA)		P1 (P. MUESTRA HUI. 2)		P2 (P. MUESTRA HUI. 3)		P3 (P. MUESTRA HUI. 4)		P1 (P. MUESTRA HUI. 2)		P2 (P. MUESTRA HUI. 3)		P3 (P. MUESTRA HUI. 4)		P1 (P. MUESTRA HUI. 2)	
			193.51		201.28		178.81		191.69		199.73		177.77		196.45		204.25	
			P3 (P. HUI. 4)		W1 (HUI. MUESTRA TEND.)		W2 (HUI. MUESTRA TEND.)		P3 (P. HUI. 4)		W1 (HUI. MUESTRA TEND.)		W2 (HUI. MUESTRA TEND.)		P3 (P. HUI. 4)		W1 (HUI. MUESTRA TEND.)	
DEFORMACIÓN			74.85		54.37		21.87		73.82		13.39		21.13		78.9		13.19	
			CARGA NORMAL Kg		7.8		CARGA NORMAL Kg		15.6		CARGA NORMAL Kg		39.1					
			ESFUERZO NORMAL Kg/cm2		0.42		ESFUERZO NORMAL Kg/cm2		0.85		ESFUERZO NORMAL Kg/cm2		1.70					
			CARGA CORTE		ESFUERZO CORTANTE		CARGA CORTE		ESFUERZO CORTANTE		CARGA CORTE		ESFUERZO CORTANTE					
LECTURA DIAL 0.01 mm		mm	AREA CORREGIDA (cm2)		LECTURA DIAL KN		kgf	kg/cm2	LECTURA DIAL KN		kgf	kg/cm2	LECTURA DIAL KN		kgf	kg/cm2		
10		0.100	19.56		0.024		2.45	0.13	0.032		3.26	0.17	0.058		5.91	0.30		
20		0.200	19.48		0.031		3.16	0.16	0.073		7.44	0.38	0.080		8.17	0.47		
30		0.300	19.40		0.044		4.48	0.23	0.087		8.88	0.51	0.108		11.01	0.67		
40		0.400	19.32		0.060		6.32	0.33	0.122		12.43	0.64	0.134		13.65	0.71		
50		0.500	19.24		0.077		7.85	0.41	0.158		14.06	0.73	0.162		16.51	0.86		
60		0.600	19.17		0.092		9.37	0.46	0.186		15.90	0.83	0.185		18.85	0.94		
70		0.700	19.09		0.104		10.80	0.56	0.171		17.42	0.91	0.206		20.99	1.10		
80		0.800	19.01		0.113		11.51	0.61	0.184		18.75	0.96	0.224		22.83	1.20		
90		0.900	18.93		0.119		12.13	0.64	0.194		19.77	1.04	0.243		24.76	1.31		
100		1.000	18.86		0.124		12.84	0.67	0.203		20.89	1.10	0.250		26.30	1.40		
110		1.100	18.78		0.128		13.04	0.69	0.212		21.80	1.15	0.273		27.82	1.48		
120		1.200	18.70		0.131		13.35	0.71	0.220		22.42	1.20	0.284		28.94	1.55		
130		1.300	18.63		0.132		13.45	0.72	0.226		23.05	1.24	0.294		29.96	1.61		
140		1.400	18.55		0.132		13.45	0.73	0.229		23.84	1.26	0.301		30.57	1.65		
150		1.500	18.47		0.131		13.35	0.72	0.231		23.64	1.27	0.307		31.28	1.68		
160		1.600	18.40		0.130		13.25	0.72	0.232		23.64	1.28	0.312		31.79	1.72		
170		1.700	18.32		0.128		13.04	0.71	0.233		23.74	1.30	0.313		31.89	1.74		
180		1.800	18.25		0.126		12.84	0.70	0.234		23.64	1.31	0.312		31.79	1.74		
190		1.900	18.17		0.00		0.00	0.00	0.233		23.74	1.31	0.310		31.59	1.74		
200		2.000	18.10		0.00		0.00	0.00	0.230		23.44	1.30	0.308		31.18	1.72		
210		2.100	18.02		0.00		0.00	0.00	0.228		23.23	1.29	0.300		30.57	1.70		
220		2.200	17.95		0.00		0.00	0.00	0.224		22.83	1.27	0.300		30.57	1.70		
230		2.300	17.87		0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.300		30.57	1.70		
240		2.400	17.80		0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.300		30.57	1.70		
250		2.500	17.72		0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.300		30.57	1.70		
260		2.600	17.65		0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.300		30.57	1.70		
270		2.700	17.57		0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.300		30.57	1.70		
280		2.800	17.50		0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.300		30.57	1.70		
290		2.900	17.42		0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.300		30.57	1.70		
300		3.000	17.35		0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.300		30.57	1.70		
310		3.100	17.28		0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.300		30.57	1.70		
320		3.200	17.20		0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.300		30.57	1.70		
330		3.300	17.13		0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.300		30.57	1.70		
340		3.400	17.06		0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.300		30.57	1.70		
350		3.500	16.98		0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.300		30.57	1.70		
360		3.600	16.91		0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.300		30.57	1.70		
370		3.700	16.84		0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.300		30.57	1.70		
380		3.800	16.76		0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.300		30.57	1.70		
390		3.900	16.69		0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.300		30.57	1.70		
ENSAYÓ:			REVISÓ:			APROBÓ:												
FRANCISCO ESTRELLA LABORATORISTA			VIANEY BUSTOS MUÑOZ JEFE DE LABORATORIO			ING. JOHNY FAJARDO GUTIERREZ CONTROL INTERNO												

ANEXO 8. REVISION Y COMPARACIÓN DEL PLAN DE INSPECCIÓN Y ENSAYOS DE DEVINAR, PARA EL MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE Y LOS MATERIALES GRANULARES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL TRAYECTO 6-1 CON LAS ESPECIFICACIONES DEL INVIAS.

SEGUIMIENTO: MES DE JULIO

Terraplenes

Se realizó muestreo de material en sitio de obra; Ensayos de laboratorio: Análisis Granulométrico de suelos por tamizado y Determinación del contenido orgánico en suelos mediante pérdida por ignición. Los resultados y su comparación con las Normas INVIAS 2002 se indica en la siguiente tabla.

Material Seleccionado

Se realizó muestreo de material de la Cantera la Cruz.

Ensayos de laboratorio: Análisis Granulométrico de suelos por tamizado, Determinación del contenido orgánico en suelos mediante pérdida por ignición, Determinación del Limite Liquido de los Suelos, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de suelos, Ensayo Modificado de Compactación y Peso Unitario del Suelo en el Terreno (Método del densímetro nuclear). Los resultados y su comparación con las Normas INVIAS 2002, se indica en la siguiente tabla.

Subbase Granular

Se realizó muestreo de material de la Cantera la Vega y Material proveniente del Fresado del Pavimento de otros sectores del proyecto.

Ensayos de laboratorio: Análisis Granulométrico de suelos por tamizado, Determinación del Limite Liquido de los Suelos, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de suelos, Equivalente de Arena, Ensayo Modificado de Compactación y Peso Unitario del Suelo en el Terreno (Método del densímetro nuclear). Los resultados y su comparación con las Normas INVIAS 2002.

Base Granular

Se realizó muestreo de material Granular de Base, consistente en una Mezcla del 50 % Triturado Pasa 1-1/2", proveniente del Corte PR 2+890, más el 30% de Recebo La Cruz, más el 20% Material proveniente del Fresado del Pavimento de otros sectores del proyecto.

Ensayos de laboratorio: Análisis Granulométrico de suelos por tamizado, Determinación del Limite Liquido de los Suelos, Límite Plástico e Índice de

Plasticidad de suelos, Equivalente de Arena, Ensayo Modificado de Compactación y CBR de Laboratorio. Los resultados y su comparación con las Normas INVIAS 2002.

Seguimiento a los registros de ensayos de laboratorio entregados por el contratista: Terraplenes.

Fecha	Ensayo Muestra o Consecutivo	Localización	Norma Técnica	Criterios de Aceptación	Resultados	Análisis de Resultados		
						Cumple		Observaciones
						SI	NO	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO								
11/07/2013	0025	PR 2+850 – PR 2+890 Capas No. 1 y 2	INV E- 123	LL <= 40% IP <= 15% Pasa T 200<=35%	LL = 44% IP = 6% Pasa T 200 = 16.4%		X	Clasificación = GM
03/07/2013	0024	PR 0+700 – PR 0+800 Capas No. 12	INV E- 123	LL <= 40% IP <= 15% Pasa T 200<=35%	LL = 47% IP = 6% Pasa T 200 = 18%		X	Clasificación = GM
CONTENIDO ORGÁNICO DE SUELOS MEDIANTE PERDIDA POR IGNICIÓN								
11/07/2013	0017	PR 2+850 – PR 2+890 Capas No. 1 y 2	INV E- 121	Entre 0 – 1 – 2 %	3.87 %		X	No por tratarse de cenizas
03/07/2013	0016	PR 0+700 – PR 0+800 Capas No. 1 y 2	INV E- 121	Entre 0 – 1 – 2 %	4.40 %		X	No por tratarse de cenizas

GM: Grava Limosa. Grava con más del 50% de la fracción gruesa retenida en el tamiz No. 4 (4.75mm); grava con más del 12% de finos pasantes del tamiz No. 200.

GP: Grava Pobremente Gradada. Grava con más del 50% de la fracción gruesa retenida en el tamiz No. 4 (4.75mm); grava limpia menos del 5% pasa el tamiz No. 200.

Seguimiento a registros de ensayos de laboratorio entregados por el contratista: Material para mejoramiento.

Fecha	Ensayo Muestra o Consecutivo	Localización	Norma Técnica	Criterios de Aceptación	Resultados	Análisis de Resultados		
						Cumple		Observaciones
						SI	NO	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO								
12/07/2013	0038	PR 0+700 – PR 0+760 Capa única de cereo y PR 0+760 – PR 0+800 Capa 1 – Par Vial	INV E- 125 /E- 126/ E- 123	TM = 4” Pasa Tamiz No.10 <= 80% Pasa Tamiz No. 200 <= 25%	TM = 3” Pasa Tamiz No.10 = 29.9% Pasa Tamiz No. 200 = 3.9%	X		Clasificación = GP
11/07/2013	0037	PR 0+530 – PR 0+700 Capa única de cereo de subrasante – Par Vial	INV E- 125 /E- 126/ E- 123	TM = 4” Pasa Tamiz No.10 <= 80% Pasa Tamiz No. 200 <= 25%	TM = 2.5” Pasa Tamiz No.10 = 31.9% Pasa Tamiz No. 200 = 4.6%	X		Clasificación = GP - GM
10/07/2013	0036	PR 0+450 – PR 0+530 Capa única de cereo de subrasante – Par Vial	INV E- 125 /E- 126/ E- 123	TM = 4” Pasa Tamiz No.10 <= 80% Pasa Tamiz No. 200 <= 25%	TM = 3” Pasa Tamiz No.10 = 21.9% Pasa Tamiz No. 200 = 7.2%	X		Clasificación = GP - GM
CONTENIDO ORGÁNICO DE SUELOS MEDIANTE PERDIDA POR IGNICIÓN								
12/07/2013	0023	PR 0+700 – PR 0+760 Capa única de cereo y K0+760 – PR 0+800 Capa 1 - Par vial	INV E- 121	Entre 0 – 1 – 2 %	1,72%		X	
COMPACTACIÓN EN LABORATORIO (PROCTOR MODIFICADO)								
10/06/2013	005	TRAYECTO 5A Y TRAYECTO 6-1 PAR VIAL	INV - E 142	Según resultado	D.S.M = 1.656% H.Op. = 12.8%	X		

H. Op: Humedad óptima.
D. S. M: Densidad Suelta del Material.

Seguimiento a registros de ensayos de laboratorio entregados por el contratista: Material para mejoramiento (Continuación).

Fecha	Ensayo Muestra o Consecutivo	Localización	Norma Técnica	Criterios de Aceptación	Resultados	Análisis de Resultados		
						Cumple		Observaciones
						SI	NO	
PESO UNITARIO DEL SUELO EN EL TERRENO (MÉTODO DEL DENSÍMETRO NUCLEAR)								
05/07/2013	0048	PR 0+840 DER – CEREO	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 95% PM	96,80%	X		
05/07/2013	0048	PR 0+850 IZQ – CEREO	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 95% PM	97,00%	X		
05/07/2013	0048	PR 0+860 EJE – CEREO	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 95% PM	98,00%	X		
05/07/2013	0048	PR 0+870 DER – CEREO	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 95% PM	97,40%	X		
05/07/2013	0048	PR 0+880 IZQ – CEREO	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 95% PM	97,60%	X		
05/07/2013	0048	PR 0+890 EJE – CEREO	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 95% PM	96,90%	X		

Seguimiento a registros de ensayos de laboratorio entregados por el contratista: Subbase Granular.

Fecha	Tipo de Material ó Producto	Ensayo Muestra o Consecutivo	Localización	Norma Técnica	Criterios de Aceptación	Resultados	Análisis de Resultados		
							Cumpl e		Observaciones
							SI	NO	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO									
09/07/2013	Subbase Granular (100% La Vega)	0025	PR 0+820 – PR 0+920 Capa Única Par Vial	INV – E 125/ E- 126/ E- 123	Especificación SBG-1 2"(100); 11/2"(70-100); 1"(60-100); 1/2"(50-90); 3/8"(40-80); No4"(30-70); No10(20-55); No40(10-40); No200(4-20)	Curva encaja dentro de franja Granulométrica	X		Clasificación = GM
02/07/2013	Subbase Granular (100% La Vega)	0024	PR 2+690 – PR 2+850 Capa Única Par Vial	INV – E 125/ E- 126/ E- 123	Especificación SBG-1 2"(100); 11/2"(70-100); 1"(60-100); 1/2"(50-90); 3/8"(40-80); No4"(30-70); No10(20-55); No40(10-40); No200(4-20)	Curva encaja dentro de franja Granulométrica	X		Clasificación = GM

Seguimiento a registros de ensayos de laboratorio entregados por el contratista: Subbase Granular (Continuación).

Fecha	Tipo de Material ó Producto	Ensayo Muestra o Consecutivo	Localización	Norma Técnica	Criterios de Aceptación	Resultados	Análisis de Resultados		
							Cumple		Observaciones
							SI	NO	
EQUIVALENTE DE ARENA									
09/07/2013	Subbase Granular (Mezcla 70% La Vega + 30% Fresado)	0022	PR 0+820 – PR 0+920 Capa Única Par Vial	INV – E 133	25% MÍNIMO	26,00%	X		
02/07/2013	Subbase Granular (100% La Vega)	0021	PR 0+820 – PR 0+920 Capa Única Par Vial	INV – E 133	25% MÍNIMO	26,00%	X		
PESO UNITARIO DEL SUELO EN EL TERRENO (MÉTODO DEL DENSÍMETRO NUCLEAR)									
05/07/2013	Subbase Granular (100% La Vega)	0026	PR 0+940 DER. Capa Única Par Vial	INV – E 164	95 % PM	96.70%	X		Clasificación = GM
05/07/2013	Subbase Granular (100% La Vega)	0026	PR 0+960 IZQ. Capa Única Par Vial	INV – E 164	95 % PM	97.40%	X		Clasificación = GM
05/07/2013	Subbase Granular (100% La Vega)	0026	PR 0+980 EJE Capa Única Par Vial	INV – E 164	95 % PM	97.60%	X		
05/07/2013	Subbase Granular (100% La Vega)	0026	PR 1+000 DER. Capa Única Par Vial	INV – E 164	95 % PM	96.80%	X		
05/07/2013	Subbase Granular (100% La Vega)	0026	PR 1+020 IZQ. Capa Única Par Vial	INV – E 164	95 % PM	97.00%	X		
05/07/2013	Subbase Granular (100% La Vega)	0026	PR 1+040 EJE Capa Única Par Vial	INV – E 164	95 % PM	98.00%	X		

GW: Grava bien gradada, grava fina a gruesa. Grava con menos del 50% de la fracción gruesa retenida en el tamiz No. 4 (4.75 mm); grava limpia con menos del 5% pasante del tamiz No. 200.

Seguimiento a registros de ensayos de laboratorio entregados por el contratista: Base Granular.

Fecha	Ensayo Muestra o Consecutivo	Localización	Norma Técnica	Criterios de Aceptación	Resultados	Análisis de Resultados		
						Cumpl e		Observaciones
						SI	NO	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO								
08/07/2013	019	PR 0+930 – PR 1+050 Capa Única (CEREO) Par Vial	INV E- 125/ E 126/ E- 123	Especificación BG-1 1 1/2"(100); 1"(70-100); 3/4"(60-90); 3/8"(45-75); No4"(30-60); No. 10 (20-45); No. 40 (10-30); No. 200 (5- 15)	Curva encaja dentro de franja Granulométrica	X		Clasificación = GW - GM
EQUIVALENTE DE ARENA								
08/07/2013	016	PR 0+930 – PR 1+050 Capa Única (CEREO) Par Vial	INV E-133	30% Mínimo	44.00 %	X		
COMPACTACIÓN EN LABORATORIO (PROCTOR MODIFICADO)								
10/07/2013	006	Par Vial	INV E-142	Según resultado	D.S.M = 2.057% H.Op. = 9.3%	X		
RELACIONES DE ESFUERZO Y PENETRACIÓN C.B.R.								
10/07/2013	006	Par Vial	INV E-148	80% Mínimo	127.90%	X		

SEGUIMIENTO: MES DE AGOSTO

Terraplenes

Se realizó muestreo de material en sitio de obra, correspondiente a un corte del PR 3+730 al PR 3+930. Ensayos de laboratorio: Análisis Granulométrico de suelos por tamizado, Determinación del contenido orgánico en suelos mediante pérdida por ignición, Peso Unitario del Suelo en el Terreno (Método del densímetro nuclear). Los resultados y su comparación con las Normas INVIAS 2002, se indica en la siguiente tabla.

Material Seleccionado

Se realizó muestreo de material de la Cantera la Cruz.

Ensayos de laboratorio: Análisis Granulométrico de suelos por tamizado, Determinación del contenido orgánico en suelos mediante pérdida por ignición, Determinación del Limite Liquido de los Suelos, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de suelos, Ensayo Modificado de Compactación y Peso Unitario del Suelo en el Terreno (Método del densímetro nuclear). Los resultados y su comparación con las Normas INVIAS 2002.

Subbase granular

Se realizó muestreo de material de la Cantera la Vega.

Ensayos de laboratorio: Análisis Granulométrico de suelos por tamizado, Determinación del Limite Liquido de los Suelos, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de suelos, Equivalente de Arena, Ensayo Modificado de Compactación y Peso Unitario del Suelo en el Terreno (Método del densímetro nuclear). Los resultados y su comparación con las Normas INVIAS 2002.

Base granular

Se realizó muestreo de material Granular de Base, consistente en una Mezcla del 50 % Triturado Pasa 1-1/2", proveniente del Corte PR 2+890, más el 30% de Recebo La Cruz, más el 20% Material proveniente del Fresado del Pavimento de otros sectores del proyecto.

Ensayos de laboratorio: Análisis Granulométrico de suelos por tamizado, Determinación del Limite Liquido de los Suelos, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de suelos, Equivalente de Arena, Ensayo Modificado de Compactación, CBR de Laboratorio. Los resultados y su comparación con las Normas INVIAS 2002.

Seguimiento a los registros de ensayos de laboratorio entregados por el contratista: Terraplenes.

Fecha	Localización	Norma Técnica	Criterios de Aceptación	Resultados	Análisis de Resultados		
					Cumple		Observaciones
					SI	NO	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
30/08/2013	PR 3+930 – PR 3+970 Capa No. 3	INV E-123	LL <= 40% IP <= 15% Pasa T 200<=35%	LL = 65% IP = 16% Pasa T 200 = 62.8%		X	
09/08/2013	PR 3+930 – PR 3+970 Capa No. 2	INV E-123	LL <= 40% IP <= 15% Pasa T 200<=35%	LL = 60% IP = 16% Pasa T 200 = 64.8%		X	
01/08/2013	PR 3+930 – PR 3+970 Capa No. 1	INV E-123	LL <= 40% IP <= 15% Pasa T 200<=35%	LL = 60% IP = 16% Pasa T 200 = 60.6%		X	
CONTENIDO ORGÁNICO DE SUELOS MEDIANTE PERDIDA POR IGNICIÓN							
30/08/2013	PR 3+930 – PR 3+970 Capa No. 3	INV E-121	Entre 0 – 1 – 2 %	8.08		X	No por tratarse de cenizas
09/08/2013	PR 3+930 – PR 3+970 Capa No. 2	INV E-121	Entre 0 – 1 – 2 %	7.02		X	No por tratarse de cenizas
01/08/2013	PR 3+930 – PR 3+970 Capa No. 1	INV E-121	Entre 0 – 1 – 2 %	8.13		X	No por tratarse de cenizas
PESO UNITARIO DEL SUELO EN EL TERRENO (MÉTODO DEL DENSÍMETRO NUCLEAR)							
30/08/2013	PR 3+930 – PR 3+970 Capa No. 3	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 90% PM	93.60%	X		
01/08/2013	PR 3+930 – PR 3+970 Capa No. 1	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 90% PM	93.30%	X		

Seguimiento a registros de ensayos de laboratorio entregados por el contratista: Material para mejoramiento.

Fecha	Localización	Norma Técnica	Criterios de Aceptación	Resultados	Análisis de Resultados		
					Cumple		Observaciones
					SI	NO	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
27/08/2013	PR 3+160 – PR 3+270 Capa única de Cereo	INV E- 125 /E- 126/ E- 123	TM = 4” Pasa Tamiz No.10 <= 80% Pasa Tamiz No. 200 <= 25%	TM = 3” Pasa Tamiz No.10 = 29.9% Pasa Tamiz No. 200 = 6.20%	X		
15/08/2013	PR 0+270 – PR 0+340 Capa única de Cereo	INV E- 125 /E- 126/ E- 123	TM = 4” Pasa Tamiz No.10 <= 80% Pasa Tamiz No. 200 <= 25%	TM = 3” Pasa Tamiz No.10 = 31.9% Pasa Tamiz No. 200 = 42.9%		X	
13/08/2013	PR 2+950 – PR 3+000 Capa única de Cereo	INV E- 125 /E- 126/ E- 123	TM = 4” Pasa Tamiz No.10 <= 80% Pasa Tamiz No. 200 <= 25%	TM = 2.5” Pasa Tamiz No.10 = 21.9% Pasa Tamiz No. 200 = 46.20%		X	
10/08/2013	PR 3+100 – PR 3+160 Capa única de Cereo	INV E- 125 /E- 126/ E- 123	TM = 4” Pasa Tamiz No.10 <= 80% Pasa Tamiz No. 200 <= 25%	TM = 3” Pasa Tamiz No.10 = 21.9% Pasa Tamiz No. 200 = 43.10%		X	
21/08/2013	PR 16+030 – PR 16+059 Capa No. 2 M. IZQ.	INV E- 125 /E- 126/ E- 123	TM = 4” Pasa Tamiz No.10 <= 80% Pasa Tamiz No. 200 <= 25%	TM = 3” Pasa Tamiz No.10 = 21.9% Pasa Tamiz No. 200 = 40.20%		X	
20/08/2013	PR 16+030 – PR 16+059 Capa No. 21M. IZQ.	INV E- 125 /E- 126/ E- 123	TM = 4” Pasa Tamiz No.10 <= 80% Pasa Tamiz No. 200 <= 25%	TM = 3” Pasa Tamiz No.10 = 21.9% Pasa Tamiz No. 200 = 34.80%		X	
COMPACTACIÓN EN LABORATORIO (PROCTOR MODIFICADO)							
27/08/2013	PR 3+160 – PR 3+270 Capa única de Cereo	INV - E 142	Según resultado	D.S.M = 1.693% H.Op. = 12.8%	X		
21/08/2013	PR 16+030 – PR 16+059 Capa No. 2 M. IZQ.	INV - E 142	Según resultado	D.S.M = 1.693% H.Op. = 12.8%	X		

Seguimiento a registros de ensayos de laboratorio entregados por el contratista: Material para mejoramiento (Continuación).

Fecha	Localización	Norma Técnica	Criterios de Aceptación	Resultados	Análisis de Resultados		
					Cumple		Observaciones
					SI	NO	
CONTENIDO ORGÁNICO DE SUELOS MEDIANTE PERDIDA POR IGNICIÓN							
27/08/2013	PR 3+160 – PR 3+270 Capa única de Cereo	INV E-121	Entre 0 – 1 – 2 %	1.11	X		
13/08/2013	PR 2+950 – PR 3+000 Capa única de Cereo	INV E-121	Entre 0 – 1 – 2 %	1.81	X		
10/08/2013	PR 3+100 – PR 3+160 Capa única de Cereo	INV E-121	Entre 0 – 1 – 2 %	1.68	X		
21/08/2013	PR 16+030 – PR 16+059 Capa No. 2 M. IZQ.	INV E-121	Entre 0 – 1 – 2 %	1.77	X		
20/08/2013	PR 16+030 – PR 16+059 Capa No. 21M. IZQ.	INV E-121	Entre 0 – 1 – 2 %	1.77	X		
PESO UNITARIO DEL SUELO EN EL TERRENO (MÉTODO DEL DENSÍMETRO NUCLEAR)							
15/08/2013	PR 2+950 – PR 3+000 Capa única de Cereo	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 95% PM	97,80%	X		
13/08/2013	PR 3+100 – PR 3+160 Capa única de Cereo	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 95% PM	98,50%	X		
21/08/2013	PR 16+030 – PR 16+059 Capa No. 2 M. IZQ.	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 95% PM	97,10%	X		
20/08/2013	PR 16+030 – PR 16+059 Capa No. 21M. IZQ.	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 95% PM	97,30%	X		

Seguimiento a registros de ensayos de laboratorio entregados por el contratista: Subbase Granular.

Fecha	Tipo de Material ó Producto	Localización	Norma Técnica	Criterios de Aceptación	Resultados	Análisis de Resultados		
						Cumple		Observaciones
						SI	NO	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO								
27/08/2013	Subbase Granular (100% La Vega)	PR 0+280 – PR 0+340 Capa Única Par Vial	INV – E 125/ E-126/ E-123	Especificación SBG-1 2"(100); 1 1/2"(70-100); 1"(60-100); 1/2"(50-90); 3/8"(40-80); No4"(30-70); No10(20-55); No40(10-40); No200(4-20)	Curva encaja dentro de franja Granulométrica	X		

Seguimiento a registros de ensayos de laboratorio entregados por el contratista: Subbase Granular (Continuación).

Fecha	Tipo de Material ó Producto	Localización	Norma Técnica	Criterios de Aceptación	Resultados	Análisis de Resultados		
						Cumple		Observaciones
						SI	NO	
PESO UNITARIO DEL SUELO EN EL TERRENO (MÉTODO DEL DENSÍMETRO NUCLEAR)								
27/08/2013	Subbase Granular (100% La Vega)	PR 0+940 DER. Capa Única Par Vial	INV – E 164	95 % PM	98.20%	X		Clasificación = GM
02/08/2013	Subbase Granular (100% La Vega)	PR 0+960 IZQ. Capa Única Par Vial	INV – E 164	95 % PM	99.00%	X		Clasificación = GM

Seguimiento a registros de ensayos de laboratorio entregados por el contratista: Base Granular.

Fecha	Localización	Norma Técnica	Criterios de Aceptación	Resultados	Análisis de Resultados		
					Cumpl e	Observaciones	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
01/08/2013	PR 0+700 – PR 0+030 Capa Única Par Vial	INV E-125/ E 126/ E-123	Especificación BG-1 1 1/2"(100); 1"(70-100); 3/4"(60-90); 3/8"(45-75); No4"(30-60); No. 10 (20-45); No. 40 (10-30); No. 200 (5-15)	Curva encaja dentro de franja Granulométrica	X		
EQUIVALENTE DE ARENA							
01/08/2013	PR 0+700 – PR 0+030 Capa Única Par Vial	INV E-133	30% Mínimo	34.00 %	X		
COMPACTACIÓN EN LABORATORIO (PROCTOR MODIFICADO)							
01/08/2013	PR 0+700 – PR 0+030 Capa Única Par Vial	INV E-142	Según resultado	D.S.M = 2.032% H.Op. = 8.6%	X		

Seguimiento a registros de ensayos de laboratorio entregados por el contratista: Base Granular (Continuación)

Fecha	Localización	Norma Técnica	Criterios de Aceptación	Resultados	Análisis de Resultados		
					Cumpl e		Observaciones
					SI	NO	
RELACIONES DE ESFUERZO Y PENETRACIÓN C.B.R.							
01/08/2013	PR 0+700 – PR 0+030 Capa Única Par Vial	INV E-148	80% Mínimo	127.00%	X		
PESO UNITARIO DEL SUELO EN EL TERRENO (MÉTODO DEL DENSÍMETRO NUCLEAR)							
01/08/2013	PR 0+700 – PR 0+030 Capa Única Par Vial	INV E-164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 100% PM	102.10%	X		
RESISTENCIA AL DESGASTE EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES							
01/08/2013	PR 0+700 – PR 0+030 Capa Única Par Vial	INV E-218	Desgaste < 40%	30.20 %	X		

SEGUIMIENTO: MES DE SEPTIEMBRE

Terraplenes

Se realizó muestreo de material procedente del Corte del PR 2+ 900, Cantera Josefina.

Análisis Granulométrico de suelos por tamizado, Determinación del contenido orgánico en suelos mediante pérdida por ignición, Peso Unitario del Suelo en el Terreno (Método del densímetro nuclear). Los resultados y su comparación con las Normas INVIAS 2002.

Material Seleccionado

Se realizó muestreo de material de la Cantera la Cruz.

Ensayos de laboratorio: Análisis Granulométrico de suelos por tamizado, Determinación del contenido orgánico en suelos mediante pérdida por ignición, Determinación del Limite Liquido de los Suelos, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de suelos, Ensayo Modificado de Compactación y Peso Unitario del Suelo en el Terreno (Método del densímetro nuclear). Los resultados y su comparación con las Normas INVIAS 2002.

Subbase Granular

Se realizó muestreo de material de mezcla, con un 70% de material procedente de la Cantera La Vega, de tamaño máximo 2", más el 30% de material procedente del fresado de pavimentos de otros sectores.

Ensayos de laboratorio: Análisis Granulométrico de suelos por tamizado, Determinación del Limite Liquido de los Suelos, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de suelos, Equivalente de Arena. Los resultados y su comparación con las Normas INVIAS 2002.

Base Granular

Se realizó muestreo de material Granular de Base, consistente en una Mezcla del 50 % Triturado Pasa 1-1/2", proveniente del Corte PR 2+890, más el 30% de Recebo La Cruz, más el 20% Material proveniente del Fresado del Pavimento de otros sectores del proyecto.

Ensayos de laboratorio: Ensayo Modificado de Compactación y Peso Unitario del Suelo en el Terreno (Método del densímetro nuclear). Los resultados y su comparación con las Normas INVIAS 2002.

Seguimiento a los registros de ensayos de laboratorio entregados por el contratista: Terraplenes.

Fecha	Localización	Norma Técnica	Criterios de Aceptación	Resultados	Análisis de Resultados		
					Cumple		Observaciones
					SI	NO	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
06/09/2013	PR 3+930 – PR 4+020 Capa No. 4. Par Vial	INV E-123	LL <= 40% IP <= 15% Pasa T 200<=35%	LL = 43% IP = 6% Pasa T 200 = 15.9%	X		
CONTENIDO ORGÁNICO DE SUELOS MEDIANTE PERDIDA POR IGNICIÓN							
06/09/2013	PR 3+930 – PR 4+020 Capa No. 4. Par Vial	INV E-121	Entre 0 – 1 – 2 %	3.78		X	No por tratarse de cenizas
PESO UNITARIO DEL SUELO EN EL TERRENO (MÉTODO DEL DENSÍMETRO NUCLEAR)							
06/09/2013	PR 3+930 – PR 4+020 Capa No. 4.Par Vial	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 90% PM	94.70%	X		

Seguimiento a registros de ensayos de laboratorio entregados por el contratista: Material para mejoramiento.

Fecha	Localización	Norma Técnica	Criterios de Aceptación	Resultados	Análisis de Resultados		
					Cumple		Observaciones
					SI	NO	
COMPACTACIÓN EN LABORATORIO (PROCTOR MODIFICADO)							
13/09/2013	PR 3+160 – PR 3+250	INV - E 142	Según resultado	D.S.M = 1.693% H.Op. = 23.52%	X		
02/09/2013	PR 3+100 – PR 3+160	INV - E 142	Según resultado	D.S.M = 1.693% H.Op. = 23.52%	X		
02/09/2013	PR 2+850 – PR 3+000	INV - E 142	Según resultado	D.S.M = 1.693% H.Op. = 23.52%	X		
PESO UNITARIO DEL SUELO EN EL TERRENO (MÉTODO DEL DENSÍMETRO NUCLEAR)							
13/09/2013	PR 3+160 – PR 3+250	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 95% PM	98,10%	X		
02/09/2013	PR 3+100 – PR 3+160	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 95% PM	97.20%	X		
02/09/2013	PR 2+850 – PR 3+000	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 95% PM	97.40%	X		

Seguimiento a registros de ensayos de laboratorio entregados por el contratista: Subbase Granular.

Fecha	Tipo de Material ó Producto	Localización	Norma Técnica	Criterios de Aceptación	Resultados	Análisis de Resultados		
						Cumple		Observaciones
						SI	NO	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO								
10/09/2013	Subbase Granular (Mezcla 70% La Vega +30% Fresado)	PR 2+850 – PR 3+060 Capa Única Par Vial	INV – E 125/ E- 126/ E- 123	Especificación SBG- 1 2"(100); 11/2"(70-100); 1"(60-100); 1/2"(50-90); 3/8"(40-80); No4"(30-70); No10(20-55); No40(10-40); No200(4-20)	Curva encaja dentro de franja Granulométrica	X		
EQUIVALENTE DE ARENA								
10/09/2013	Subbase Granular (Mezcla 70% La Vega +30% Fresado)	PR 2+850 – PR 3+060 Capa Única Par Vial	INV – E 133	25% MÍNIMO	29,00%	X		

Seguimiento a registros de ensayos de laboratorio entregados por el contratista: Base Granular.

Fecha	Localización	Norma Técnica	Criterios de Aceptación	Resultados	Análisis de Resultados		
					Cumple		Observaciones
					SI	NO	
COMPACTACIÓN EN LABORATORIO (PROCTOR MODIFICADO)							
03/09/2013	PR 2+670 – PR 2+840 Capa Única Par Vial	INV E-142	Según resultado	D.S.M = 2.032% H.Op. = 8.6%	X		
PESO UNITARIO DEL SUELO EN EL TERRENO (MÉTODO DEL DENSÍMETRO NUCLEAR)							
03/09/2013	PR 2+670 – PR 2+840 Capa Única Par Vial	INV E-164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 100% PM	101.90	X		

SEGUIMIENTO: MES DE OCTUBRE

En este mes no se realizaron actividades de conformación de capas granulares.

SEGUIMIENTO: MES DE NOVIEMBRE

Terraplenes

Se realizó muestreo de material del Corte del PR 4+150; Ensayos de laboratorio: Análisis Granulométrico de suelos por tamizado, Determinación del contenido orgánico en suelos mediante pérdida por ignición, Ensayo modificado de compactación y Relación de soporte del suelo en el laboratorio CBR. Los resultados y su comprobación con las Normas INVIAS 2002.

Seguimiento a los registros de ensayos de laboratorio entregados por el contratista: Terraplenes.

Fecha	Localización	Norma Técnica	Criterios de Aceptación	Resultados	Análisis de Resultados		
					Cumple		Observaciones
					SI	NO	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
02/11/2013	PR 3+990 – PR 4+050 Capas No. 1, 2, 3, 5	INV E-123	LL <= 40% IP <= 15% Pasa T 200<=35%	LL = 50% IP = 14% Pasa T 200 = 40.6%	X		
12/11/2013	PR 4+050 – PR 4+130 Capas No. 1, y 2	INV E-123	LL <= 40% IP <= 15% Pasa T 200<=35%	LL = 48% IP = 13% Pasa T 200 = 28.2%	X		
CONTENIDO ORGÁNICO DE SUELOS MEDIANTE PERDIDA POR IGNICIÓN							
02/11/2013	PR 3+990-PR 4+050 Capas No. 1, 2, 3, 5	INV E-121	Entre 0 – 1 – 2 %	6		X	No por tratarse de cenizas
12/11/2013	PR 4+050 – PR 4+130 Capas No. 1, y 2	INV E-121	Entre 0 – 1 – 2 %	6		X	
COMPACTACIÓN EN LABORATORIO (PROCTOR MODIFICADO)							
02/11/2013	Material de Corte del PR 4+150 Cantera Josefina	INV E-142	Según resultado	D.S.M = 1.514% H.Op. = 25.13%	X		
RELACIONES DE ESFUERZO Y PENETRACIÓN C.B.R.							
02/11/2013	Material de Corte del PR 4+150 Cantera Josefina Par Vial	INV E-148	80% Mínimo	90.00%	X		
PESO UNITARIO DEL SUELO EN EL TERRENO (MÉTODO DEL DENSÍMETRO NUCLEAR)							
01/11/2013	PR 3+930 – PR 3+970	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 90% PM	94,23%	X		
02/11/2013	PR 3+990 – PR 4+020	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 90% PM	92.12%	X		
02/11/2013	PR 4+020 – PR 4+050	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 90% PM	92.58%	X		
02/11/2013	PR 4+020 – PR 4+050	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 90% PM	93.76%	X		
03/11/2013	PR 4+020 – PR 4+050	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 90% PM	93.39%	X		
12/11/2013	PR 4+050 – PR 4+130	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 90% PM	95.01%	X		
13/11/2013	PR 4+050 – PR 4+130	INV – E 164	COMPACTACIÓN MÍNIMA 90% PM	94.80%	X		

ANEXO 9. OBSERVACIONES POR PARTE DE LA INTERVENTORIA

PROYECTO:

**CONTRATO DE INTERVENTORÍA NO. 091 DE 2012 –
INTERVENTORÍA INTEGRAL DEL CONTRATO DE
CONCESIÓN, QUE INCLUYE PERO NO SE LIMITA A LA
INTERVENTORÍA TÉCNICA, FINANCIERA, OPERATIVA,
CONTABLE, JURÍDICA, MEDIOAMBIENTAL,
SOCIOPREDIAL, ADMINISTRATIVA, DEL CONTRATO DE
CONCESIÓN NO. 003 DE 2006.**

**REVISIÓN DISEÑO GEOMÉTRICO PAR VIAL DAZA –
RÍO BERMUDEZ, TRAMO 6-1, ALT. 1**

**Versión 0
ENERO DE 2014**

CONTROL DEL DOCUMENTO

ENTIDAD CONTRATANTE	AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA
OBJETO DEL CONTRATO	INTERVENTORÍA INTEGRAL DEL CONTRATO DE CONCESIÓN, QUE INCLUYE PERO NO SE LIMITA A LA INTERVENTORÍA TÉCNICA, FINANCIERA, OPERATIVA, CONTABLE, JURÍDICA, MEDIOAMBIENTAL, SOCIOPREDIAL, ADMINISTRATIVA, DEL CONTRATO DE CONCESIÓN NO. 003 DE 2006, INCLUIDO EL “ALCANCE OPCIONAL - TÚNEL DE DAZA”, SEGÚN MODIFICATORIO NO. 1 DEL 28 DE DICIEMBRE DE 2007 Y DEMÁS DOCUMENTOS QUE LO MODIFIQUEN, ADICIONEN O LO COMPLEMENTEN, PARA LA CONCESIÓN “RUMICHACA PASTO CHACHAGÜÍ AEROPUERTO”. CONCESIONARIA DESARROLLO VIAL DE NARIÑO S.A.
INTERVENTOR	CONSORCIO INTEGRAL-AIM-ICONCONSULTING
CONTRATO DE INTERVENTORÍA No.	091 de 2012
CONCESIONARIO	DESARROLLO VIAL DE NARIÑO DEVINAR S.A
CONTRATO DE CONCESIÓN No.	003 DE 2006
NOMBRE DEL DOCUMENTO	REVISIÓN DISEÑO GEOMÉTRICO PAR VIAL DAZA – RÍO BERMUDEZ, TRAMO 6-1, ALT. 1

DISTRIBUCIÓN DEL DOCUMENTO

Formato “CONTROL DE DOCUMENTOS”

   CONSORCIO INTEGRAL-AIM-ICONCONSULTING				
Elaboró: ELIANA Y. SUÁREZ A.	Revisó: JORGE A. HENAO M. Especialista en Vías	Aprobó: GILBERTO QUINTERO Director de interventoría		

PAR VIAL DAZA – RÍO BERMUDEZ, TRAMO 6-1, ALT. 1

INTRODUCCION

A continuación se presenta la revisión conceptual del diseño geométrico realizado por el Concesionario, correspondiente al tramo 6.1, que pertenece al trayecto Alto de Daza - Chachagui - Aeropuerto, que Inicia en la Intersección de la Variante de Pasto en el Alto de Daza PR13+000 de la vía Pasto - Chachagui y termina en la entrada al Aeropuerto Antonio Nariño (PR32+500), con una longitud de 18,4 km, El tramo 6.1 Daza - Río Bermúdez, tiene como objeto la construcción del par vial entre el km 0+000 y el km 5+800. La revisión se efectuó teniendo en cuenta el Manual de Diseño Geométrico del INVIAS, versión 1998.

INFORMACIÓN DE REFERENCIA

Planos Planta – Perfil km0+000 a km 6+257 distribuidos en cuatro planos
Planos de secciones transversales

OBSERVACIONES GENERALES

No se recibió el informe de diseño para verificar los criterios utilizados en el trazado de la carretera.

En los planos de Planta – Perfil se debe especificar la velocidad de diseño. Según los planos recibidos el radio mínimo propuesto (80 m) corresponde a una velocidad de diseño de 50 km/h. Esta velocidad no cumple para la categoría de esta carretera; la cual se clasifica como carretera principal de dos calzadas, cuya velocidad de diseño debería ser de 80 km/h. Véase la Tabla 3.1.1 INVIAS.

Tabla 3.1.1 VELOCIDADES DE DISEÑO SEGUN TIPO DE CARRETERA Y TERRENO

Tipo de carretera	Tipo de terreno	Velocidad de diseño Vd (km/h)										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	
Carretera principal de dos calzadas	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											
Carretera principal de una calzada	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											
Carretera secundaria	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											
Carretera terciaria	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											

Las curvas de nivel principales (cotas redondas) no presentan diferencia en la convención, con las curvas de nivel secundarias, la topografía no registra ninguna cota, deben numerarse los PÍ's en la planta, se debe diferenciar entre el chaflán de corte y el de lleno. Las abreviaturas de algunos elementos de las curvas espiralizadas

presentadas en la planta no concuerdan con las que se presentan en el cuadro de elementos.

Incluir la convención de alcantarilla y la de muro en concreto y en tierra armada, utilizada en planta. Los muros ubicados en planta no aparecen en los perfiles ni en las secciones transversales.

En el perfil falta claridad en las abreviaturas utilizadas para los datos de las curvas verticales (PIV, PVC, PVT, L, e, K), siendo necesario además que se cuente con todos estos elementos para cada curva.

No aparecen los cuadros de taludes que indiquen la altura y la geometría de estos, al igual que la existencia o no de bermas y su geometría.

OBSERVACIONES AL ALINEAMIENTO HORIZONTAL

Se revisó el alineamiento horizontal para una velocidad de diseño de 50 km/h, con base en el radio mínimo utilizado en el diseño.

Longitud de curva horizontal. Según la norma la longitud mínima de curva equivale a:

$$Lc \text{ min} = 0.278 * Vd$$

$$Lc \text{ min} = 0.278 * 50 = 13.89 \text{ m}$$

En el siguiente cuadro se muestran algunas inconsistencias encontradas en las longitudes de curva propuestas en el diseño:

PI N°	Tipo de curva	Sentido	Lc (m)	Condición
1	Circular	I	39.24	Cumple
2	Espiral – Circular - Espiral	D	76.63	Cumple
3	Espiral –Espiral	I	0.00	No Aplica
4	Espiral – Circular - Espiral	I	29.79	Cumple
5	Espiral – Circular - Espiral	D	29.86	Cumple
6	Espiral –Espiral	D	0.00	No Aplica
7	Espiral –Espiral	I	0.00	No Aplica
8	Espiral –Espiral	D	0.00	No Aplica
9	Espiral –Espiral	D	0.00	No Aplica
10	Espiral – Circular - Espiral	I	17.24	Cumple
11	Espiral – Circular - Espiral	D	19.57	Cumple
12	Espiral – Circular - Espiral	I	28.86	Cumple
13	Espiral – Circular - Espiral	D	18.64	Cumple
14	Espiral – Circular - Espiral	I	10.89	No cumple
15	Espiral – Circular - Espiral	D	43.60	Cumple
16	Espiral – Circular - Espiral	I	40.50	Cumple
17	Espiral – Circular - Espiral	D	12.74	No cumple
18	Espiral – Circular - Espiral	I	3.20	No cumple
19	Circular	I	98.76	Cumple

PI N°	Tipo de curva	Sentido	Lc (m)	Condición
20	Circular	I	58.22	Cumple
21	Circular	I	7.98	No cumple
22	Circular	D	24.57	Cumple
23	Circular	D	44.00	Cumple
24	Circular	D	23.26	Cumple
25	Circular	I	34.34	Cumple
26	Circular	D	62.54	Cumple
27	Circular	I	23.11	Cumple
28	Circular	D	63.08	Cumple

Entretangencia mínima entre curvas horizontales. Según el numeral 3.3.1.4 del manual del INVIAS la entretangencia mínima de curvas horizontales debe ser:

- **Para curvas de distinto sentido:**
 - ♦ Si son curvas espiralizadas no requieren entretangencia.
 - ♦ Si son curvas circulares debe cumplir que:

$$\text{Entretangencia} = 5s * V_{CH} = 69,45 \text{ m}$$
- **Para curvas del mismo sentido:**
 - ♦ Si son curvas espiralizadas debe cumplir que:

$$\text{Entretangencia} = 5s * V_{ETH} = 69,45 \text{ m}$$
 - ♦ Si son curvas circulares debe cumplir que:

$$\text{Entretangencia} = 15s * V_{ETH} = 208,33 \text{ m}$$

En el diseño se presentan las siguientes inconsistencias para el caso de la entretangencia mínima:

PI N°	Tipo de curva	Sentido	Entretangencia	Condición
19	Circular	I	13,28	No Cumple
20	Circular	I		
20	Circular	I	146,95	No Cumple
21	Circular	I		
22	Circular	D	141,43	No Cumple
23	Circular	D		
23	Circular	D	98,08	No cumple
24	Circular	D		
24	Circular	D	60,92	No cumple
25	Circular	I		

OBSERVACIONES PLANOS PLANTA - PERFIL

Plano 1

Falta el cuadro de elementos del alineamiento horizontal; el presentado corresponde al plano 2.

EL PI#3 no cumple la norma, sólo se utiliza espiral - espiral cuando el $\Delta < 20^\circ$ θ_e máx. 10° . Artículo 3.3.6.1. INVIAS, Figura 3.3.19, Empalme No. 3; en este caso el $\Delta = 21^\circ 16' 34''$ y $\theta_e = 10^\circ 38' 17''$.

Plano 2

- ✓ El PI #9 no cumple la norma, sólo se usa espiral - espiral cuando $\Delta < 20^\circ$ y θ_e máx. 10° . Artículo 3.3.6.1. INVIAS, Figura 3.3.19, Empalme No. 3.
- ✓ En el PR1+997, PR2+065 Y PR2+311, son algunos puntos específicos en los cuales existen cauces de agua, pero no tienen alcantarilla.
- ✓ Existen inconsistencias en el cuadro de elementos. Los datos presentados para el PI#8 corresponden al PI#7. Igualmente sucede entre el PI#12 y el PI#13.

Plano 3

- ✓ En el PI# 16 no se cumple con L_e min; debe ser de 40 m y tiene 37,45 m.
- ✓ A partir del PI # 19 hasta el PI # 28 no se usan curvas de transición espiralizadas, según los numerales 3.3.5 y 3.3.6 del INVIAS sólo se pueden omitir estas transiciones para curvas de radios superiores a 1400 m, los radios presentados entre estos PIs oscilan entre 100 m y 300 m, lo que indica que para cumplir la norma las curvas de estos PIs deben ser espiralizadas.
- ✓ El cuadro de elementos presenta inconsistencias debido a que los datos expuestos para el PI#12 corresponden al PI#13, presentándose lo mismo entre PI#23 y PI#24.
- ✓ En el plano No. 3 los textos de la alcantarilla y el PT de la curva se traslapan.

Plano 4

- ✓ El cuadro de elementos existen inconsistencias, debido a que los datos presentados para el PI#23 corresponden al PI#24, presentándose lo mismo entre PI#27 y PI#28.

OBSERVACIONES ALINEAMIENTO VERTICAL

- ✓ Al inicio del alineamiento vertical se está generando un lleno de casi 2 m que puede ser mejorado; es necesario que al inicio se respete el empalme con la rasante existente en la glorieta.
- ✓ El PIV del km 0+060 no tiene los datos de la curva vertical (longitud de curva, externa, k, abscisa y cota del PIV).
- ✓ En los siguientes tramos se observan en el diseño unas pendientes que no son aceptables para este tipo de carretera, que es una carretera principal de dos calzadas. La pendiente máxima debe ser del 6% considerando un terreno montañoso, para una velocidad de 80 km/h.

Abscisa Final	Pendiente	Abscisa Inicial	Observación Vd= 80 km/h	Observación Vd= 50 km/h
km 0+815	11 %	km 0+330	No Cumple	Cumple
km 1+840	7,58 %	km 0+865	No Cumple	Cumple
km 2+280,054	11 %	km 2+148,181	No Cumple	Cumple
km 2+621,225	11 %	km 2+471,073	No Cumple	Cumple
km 2+913,442	6,49 %	km 2+681,225	No Cumple	Cumple
km 3+971,020	11 %	km 2+953,442	No Cumple	Cumple
km 4+595	11 %	km 4+396,641	No Cumple	Cumple
km 5+473,477	9 %	km 4+899,208	No Cumple	Cumple

Las pendientes utilizadas cumplen para una vía secundaria de 50 km/h, diseñadas en terreno montañoso. Véase la Tabla 3.4.1 del manual del INVIAS.

Tabla 3.4.1 RELACION ENTRE PENDIENTE MAXIMA (%) Y VELOCIDAD DE DISEÑO

Tipo de Carretera	Tipo de Terreno	VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/h)									
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Carretera Principal de dos calzadas	Plano	-	-	-	-	-	-	4	3	3	3
	Ondulado	-	-	-	-	-	5	5	4	4	4
	Montañoso	-	-	-	-	-	6	6	5	5	5
	Escarpado	-	-	-	-	-	7	6	6	6	-
Carretera Principal de una calzada	Plano	-	-	-	-	5	4	4	3	-	-
	Ondulado	-	-	-	6	6	5	5	4	-	-
	Montañoso	-	-	-	8	7	7	6	-	-	-
	Escarpado	-	-	-	8	8	7	-	-	-	-
Carretera Secundaria	Plano	-	-	7	7	7	6	-	-	-	-
	Ondulado	-	11	10	10	9	8	-	-	-	-
	Montañoso	-	12	11	11	10	-	-	-	-	-
	Escarpado	15	14	13	12	-	-	-	-	-	-
Carretera Terciaria	Plano	-	7	7	7	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	11	11	10	10	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	14	13	13	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	16	15	14	-	-	-	-	-	-	-

En los perfiles no aparecen los volúmenes de corte y lleno por kilómetro.

OBSERVACIONES SOBRE PERALTES

No aparecen en el diagrama de peraltes las convenciones de borde izquierdo y de borde derecho, además no identifican los PIs en el diagrama.

Al inicio de la vía los peraltes deben ser ajustados a los existentes en la glorieta.

En los PIs 3, 6, 7, 8 y 9 revisar el diagrama de peraltes, no contempla una distancia mínima en peralte máximo, la cual debe ser del orden de un tercio de la velocidad de diseño.

Entre el PI#14 y el PI#15 no es clara la transición del peralte entre las curvas.

Entre el PI#19 y el PI#20, diagrama de peraltes, no hay suficiente entretangencia para el desarrollo del peralte.

En el PI#27 el diagrama no corresponde al peralte máximo.

En los PI's 20, 21, 23 y 26 no hay suficiente longitud de curva para el desarrollo del peralte.

OBSERVACIONES SECCIONES TRANSVERSALES

En las secciones no aparecen las áreas ni los volúmenes de corte y de lleno.

En las secciones no aparecen los marcadores en el eje de las cotas, ni en el eje de las abscisas, lo que dificulta la lectura de la información.

En las secciones se observan bermas a ciertas alturas, pero no se tiene información sobre a qué altura del talud se deben construir las bermas, ni información sobre la geometría de estas.

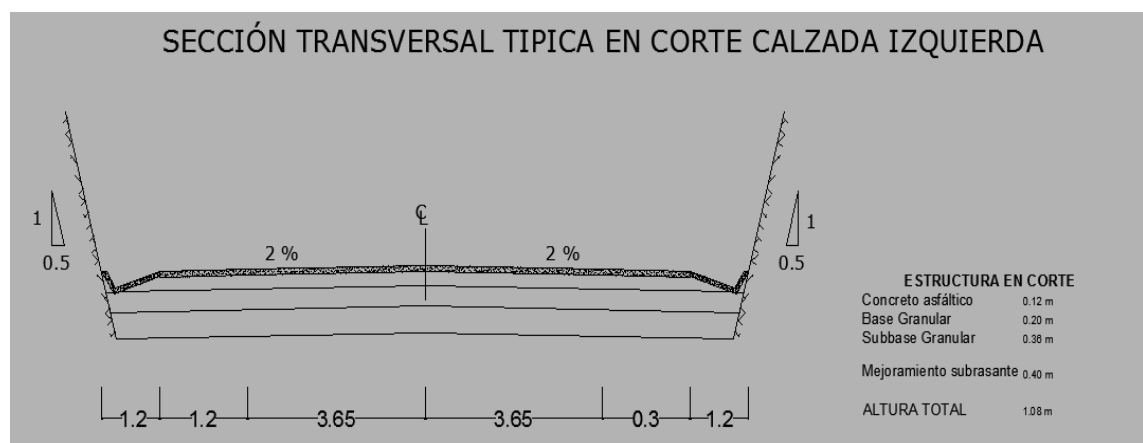
PUENTE SOBRE EL RÍO BERMÚDEZ

INFORMACIÓN DE REFERENCIA

Para la revisión del puente sobre el río Bermúdez se utilizaron los siguientes archivos: PP_09_12_2013_T6-1_Estudios_Tecnicos.dwg, diseño geométrico Planta - Perfil. E0-NOTAS.dwg, diseño estructural del puente, planta, localización y notas generales.

OBSERVACIONES

La sección típica del puente presenta dimensiones invertidas en relación a la sección típica de la vía, la cual debe ser: berma izquierda L= 1,20 m y berma derecha L= 0,30 m para los vehículos que transitan en el sentido Aeropuerto - Daza, vista en el sentido del abscisado.



La rasante del puente mostrada en el plano E0-NOTAS.dwg, no coincide con la rasante presentada en el perfil, que muestra el alineamiento vertical del tramo 6.1

Comparación Rasante Puente y diseño rasante presentado en el perfil

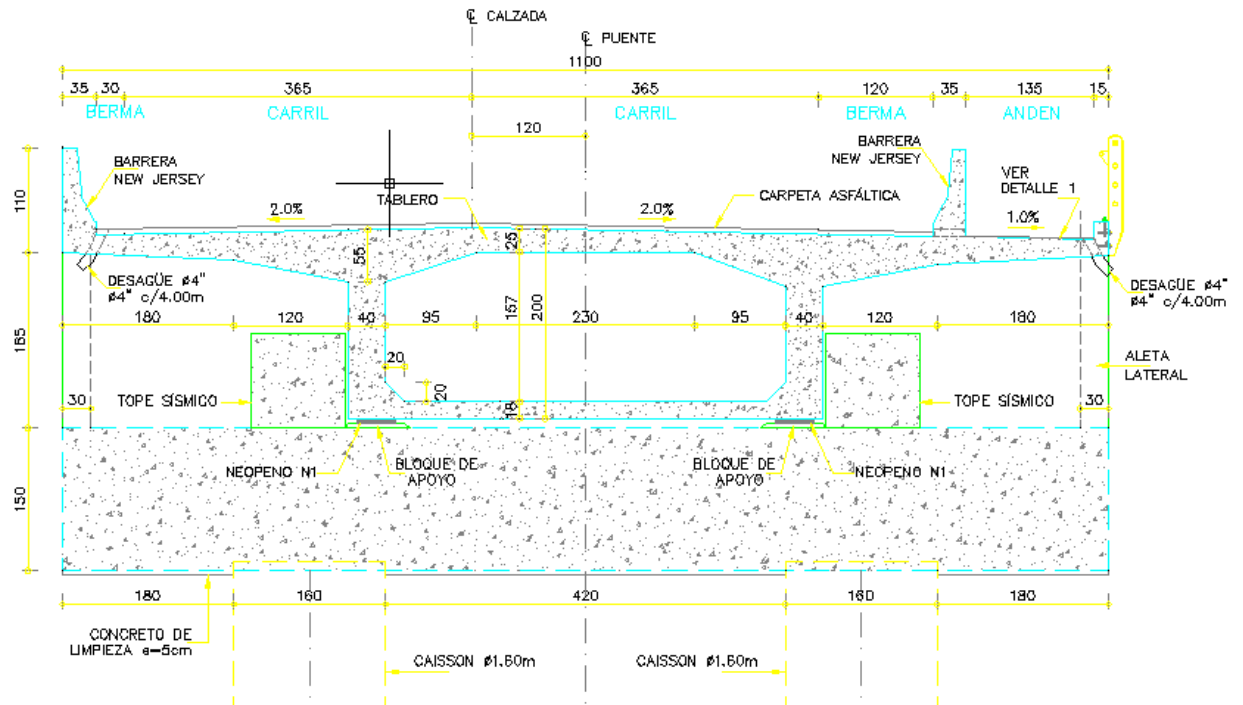


Según la ley 105 de 1993 Artículo 13º.-Especificaciones de la Red Nacional de Carreteras, la red nacional de carreteras que se construya a partir de la vigencia de la presente Ley, tendrá como mínimo las siguientes especificaciones de diseño:

- a. Ancho de carril: 3.65 metros.
- b. Ancho de berma: 1.80 metros.

La sección propuesta para el puente y la vía, no cumplen con el parámetro del ancho de la berma. Ver figura.

Sección del puente



Se debe verificar que los cortes de la vía nueva entre el km 5+750 y km 5+820, no interfieran con la vía existente, de manera que se pueda garantizar la estabilidad de la banca de dicha vía.

Es necesario revisar el chaflán presentado entre el km 5+880 y km 6+170, se está mostrando un lleno de gran altura, pero a su vez en este tramo se están proponiendo muros de concreto, entonces no se debería mostrar el chaflán de esta manera.

Al revisar el plano ACAD-PP_T6_2_2011_05_11 V2 DOBLE CALZADA RETORNO.dwg que corresponde a el inicio del trayecto 6.2 que debe empalmar con el tramo 6.1, se observa que el alineamiento no está empalmando de una manera adecuada en dicho punto.

Jorge A. Henao y.

JORGE ALBERTO HENAO MONTOYA
ESPECIALISTA EN VÍAS

Las correcciones a las observaciones presentadas por Interventoría, se presentan en el Anexo 5.