



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**PROPUESTA DE PASO A DESNIVEL ALDEA BOCA DEL MONTE,
MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

Rubani Erófilo Granados Vásquez

Asesorado por el Ing. Carlos Humberto Castillo Mancilla

Guatemala, julio de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE PASO A DESNIVEL ALDEA BOCA DEL MONTE,
MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

RUBANI ERÓFILO GRANADOS VÁSQUEZ

ASESORADO POR EL ING. CARLOS HUMBERTO CASTILLO MANCILLA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JULIO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Armando Fuentes Roca
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Francisco Mellini Salguero
EXAMINADOR	Ing. José Gabriel Ordóñez Morales
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PROPUESTA DE PASO A DESNIVEL ALDEA BOCA DEL MONTE, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha abril de 2011.

Rubani Erófilo Granados Vásquez

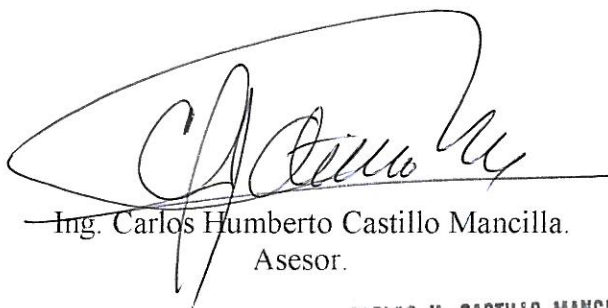
Guatemala. 14 de Marzo de 2012.

Ingeniero
Mario Estuardo Arriola Ávila
Jefe del Área de Topografía y Transportes
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Arriola.

Por medio de la Presente, me permito informarle que he revisado el trabajo de graduación realizado por el estudiante: **Rubani Erófilo Granados Vásquez**, titulado **“Propuesta de paso a desnivel aldea Boca del Monte, Municipio de Villa Canales, departamento de Guatemala”**, previo a optar el título de Ingeniero Civil, habiéndole encontrado completamente satisfactorio.

Sin otro particular, me suscribo de usted, atentamente.



—Ing. Carlos Humberto Castillo Mancilla.
Asesor.

CARLOS H. CASTILLO MANCILLA
INGENIERO CIVIL
COLEGIADO 2705



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,
25 de mayo de 2012

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

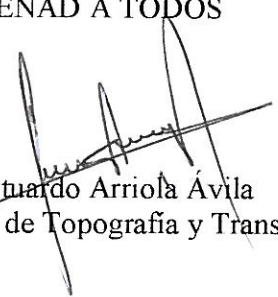
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **PROPUESTA DE PASO A DESNIVEL ALDEA BOCA DEL MONTE, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Rubani Erófilo Granados Vásquez, quien contó con la asesoría del Ing. Carlos Humberto Castillo Mancilla.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Mario Estuardo Arriola Ávila
Coordinador del Área de Topografía y Transportes



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

bbdeb.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Carlos Humberto Castillo Mancilla y del Coordinador del Área de Topografía y Transportes, Ing. Mario Estuardo Arriola Ávila, al trabajo de graduación del estudiante Rubani Erófilo Granados Vásquez, titulado **PROPUESTA DE PASO A DESNIVEL ALDEA BOCA DEL MONTE, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA,** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, junio de 2012.

/bbdeb.

Más de 130 Años de Trabajo Académico y Mejora Continua





DTG. 309.2011

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **PROPUESTA DE PASO A DESNIVEL ALDEA BOCA DEL MONTE, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Rubani Erófilo Granados Vásquez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 4 de julio de 2012

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Porque de Él, por Él y para Él son todas las cosas. A El sea la gloria por siempre, amén.
Mi madre	Dione Aracely Vásquez Velásquez. Por su amor incomparable, su paciencia infinita, sus consejos y esmero en mi educación, gracias.
Mis hermanas	Anandy, Yessica y Karen, su apoyo y amor me instan a seguir adelante.
Mi abuela	Juana Paulina Velásquez (q.e.p.d.), por su dedicado amor y consejos incomparables.
Mi esposa	Carol Toledo, por su amor y apoyo incondicional.
Mi iglesia	“Palabra Fiel”, por su apoyo moral y espiritual.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios

Creador de todo lo visible y lo invisible.

**Ing. Carlos Humberto
Castillo Mancilla**

Por su valiosa ayuda en la finalización de este trabajo de graduación.

**Departamento Técnico
de Ingeniería**

A todos mis compañeros de trabajo los llevo en mi corazón.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
LISTA DE SÍMBOLOS	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. MONOGRAFÍA DE LA ALDEA BOCA DEL MONTE DEL MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA.....	1
1.1. Generalidades.....	1
1.2. Datos históricos	4
1.3. Ubicación geográfica	5
1.4. Localización	6
1.5. Accesos y comunicaciones.....	7
1.6. Topografía.....	7
1.7. Aspectos climáticos	8
2. ASPECTOS A CONSIDERAR PARA EL DISEÑO DE PASO A DESNIVEL ALDEA BOCA DEL MONTE, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA.....	9
2.1. Situación actual paso por aldea Boca del Monte	9
2.2. Estudio de tránsito	9
2.3. Estudio geométrico de carreteras	13
2.3.1. Niveles de servicio en carreteras.....	13
2.3.2. Elementos básicos del diseño geométrico.....	16

2.3.3.	Especificaciones de los elementos a diseñar	21
2.4.	Estudio de suelos	21
2.4.1.	Granulometría	21
2.4.2.	Límites de Atterberg.....	22
2.4.3.	Ensayo de Proctor.....	22
2.4.4.	Ensayo de Valor Soporte (CBR)	23
2.4.5.	Análisis de resultados	24
2.5.	Parámetro para el diseño de carreteras	25
2.5.1.	Diseño horizontal.....	25
2.5.2.	Diseño vertical.....	26
2.6.	Diseño de pavimento	27
3.	DISEÑO GEOMÉTRICO PASO A DESNIVEL ALDEA BOCA DEL MONTE, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA.....	45
3.1.	Descripción del proyecto	45
3.2.	Planos.....	46
4.	PRESUPUESTO DE LA OBRA	55
4.1.	Presupuesto general de la obra.....	55
	CONCLUSIONES.....	61
	RECOMENDACIONES.....	63
	BIBLIOGRAFÍA.....	65
	APÉNDICES.....	67

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación aldea Boca del Monte	5
2.	Localización Ruta Departamental Guatemala 1 (RDGUA-01)	6
3.	Especificaciones técnicas vehículo C-2.....	19
4.	Sección transversal estación 0+100 ampliación a 4 carriles	51
5.	Sección transversal estación 0+180 entrada de túnel	52
6.	Sección transversal estación 0+400 sobre túnel	53
7.	Sección transversal estación 0+560 salida túnel	54

TABLAS

I.	Resumen general de conteo vehicular aldea Boca del Monte, municipio de Villa Canales, departamento de Guatemala	12
II.	Valores límites del CBR.....	24
III.	Coeficientes de capa (a_i)	31
IV.	Horizonte a 20 años de concreto asfáltico con base negra	35
V.	Proyección del tránsito y cálculo de los ejes equivalentes	36
VI.	CBR de trabajo y SN requerido	36
VII.	Resumen del análisis de laboratorio de sub-rasante	44
VIII.	Coeficiente de rugosidad n de Manning	48
IX.	Resultado análisis de tubería propuesta.....	49
X.	Integración de indirectos para proyectos de carreteras	56
XI.	Integración de precios unitarios	57
XII.	Presupuesto de la obra.....	59

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
ZR	Desviación Normal Estándar
So	Error Estándar Combinado
Kph	Kilómetros por hora
Lb	Libra
msnm	Metros sobre el nivel del mar
PSI	Pound Square Inch (libra por pulgada cuadrada)

GLOSARIO

AASHO	American Association Standard Highways Officials.
AASHTO	American Association Standard Highways Officials and Transport.
Aforo vehicular	Medición del número de vehículos que circulan en un determinado tramo.
Ahuellamiento	Falla que se produce en pavimentos flexibles, que consiste en una depresión canalizada en la huella de circulación de los vehículos.
CBR	California Bearing Ratio (Capacidad soporte del suelo).
C-2	Camión o autobús, consistente en un automotor con eje simple (eje direccional) y un eje de rueda doble (eje de tracción).
Cuenca	Depresión en la superficie de la tierra, un valle rodeado de alturas, en donde el territorio es drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que drena sus aguas al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único lago.

ESAL	Equivalent Single Axle Load (Carga axial equivalente a un eje sencillo).
Latitud	Distancia angular entre el ecuador y un punto determinado del planeta, medida a lo largo del meridiano en el que encuentra dicho punto angular. Se abrevia con lat. La latitud se divide en latitud Norte y latitud Sur según el hemisferio y se mide en grados sexagesimales.
Longitud	Expresa la distancia angular entre un punto dado de la superficie terrestre y el meridiano que se tome como 0° (es decir el meridiano base, tomando como centro angular el centro de la tierra).
Pavimento	Capa constituida por uno o más materiales que se colocan sobre el terreno natural nivelado, para aumentar su resistencia y servir para la circulación de personas o vehículos.
Pendiente	Inclinación de un elemento ideal, natural o constructivo respecto a la horizontal.
Pilote	Elemento constructivo utilizado para cimentación de obras, que permite trasladar las cargas hasta un estrato resistente del suelo.
RDGUA-01	Ruta Departamental Guatemala 1.

Terraplén

Son los depósitos de material debidamente compactados que se realizan sobre terreno natural para alcanzar el nivel de subrasante.

TPDA

Tráfico promedio diario anual

RESUMEN

El trabajo de investigación contiene información acerca de la aldea Boca del Monte, municipio de Villa Canales, Guatemala, donde se realizó una investigación sobre las necesidades de infraestructura y servicios básicos que se presentan en esta región del país. Para esto se tomaron en consideración los factores físicos, ambientales, económicos y sociales de la comunidad.

Luego de conocer los aspectos de la comunidad, se deben considerar los aspectos necesarios para realizar un diseño eficiente, y así poder aplicarlo tanto en la proyección horizontal longitudinal (planta), como en la proyección vertical longitudinal (perfil).

Al conocer cada uno de los criterios, se procede a diseñar lo requerido, tomando en cuenta las alternativas analizadas y así lograr un diseño eficiente. La presente propuesta incluye el diseño del distribuidor de tránsito, elaboración de planos así como un presupuesto general de la obra.

OBJETIVOS

General

Proveer de una propuesta de paso a desnivel para el tránsito en la aldea Boca del Monte.

Específicos

1. Reconocer la importancia del estudio de tránsito en el diseño vial.
2. Aplicar de manera adecuada los parámetros básicos requeridos en el diseño geométrico de carreteras.
3. Generar la oportunidad de distribuir en mejor manera el tránsito que circula por este sector.

INTRODUCCIÓN

El tránsito en la ciudad de Guatemala, aumenta cada vez más debido a la cantidad de vehículos que ingresan a la ciudad proveniente de los distintos municipios y viceversa, unido a ello el aumento notable de vehículos en los distintos municipios que componen el departamento de Guatemala.

El departamento de Guatemala cuenta con diez y siete (17) municipios, de los cuales uno de los más afectados por el tránsito es Villa Canales, específicamente en la aldea Boca del Monte y sus alrededores.

El presente trabajo de graduación propone solucionar el tráfico que se forma en el kilómetro 11 de la ruta departamental Guatemala número uno (RDGUA-01), específicamente en la aldea Boca del Monte del municipio de Villa Canales.

Dicha propuesta consta de un paso a desnivel de aproximadamente 500 metros de longitud, con el cual se prevé agilizar el tránsito en dicha ruta y sus alrededores.

1. MONOGRAFÍA DE LA ALDEA BOCA DEL MONTE DEL MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

1.1. Generalidades

Boca del Monte es una de las aldeas del municipio de Villa Canales que está bajo la jurisdicción del departamento de Guatemala, la población en la actualidad, asciende a un total aproximado de 75 000 a 80 000 habitantes.

Por la aldea de Boca del Monte pasa el río Pinula, el cual nace en la aldea de Don Justo, pasa por la cabecera municipal de Santa Catarina Pinula que se le une el riachuelo Panasequeque. En la aldea Guajitos recibe el río Guardón, y pasa al oeste de la aldea de Boca del Monte y desemboca en el río Villa Lobos. Actualmente este río no es caudaloso como antes, hoy es un riachuelo de aguas negras. La quebrada El Chorro ya no existe.

Cuando Boca del Monte era una finca, era una tierra cultivable con pocas limitaciones, apta para el riego, con topografía plana, ondulada y suavemente inclinada, tenía cultivos anuales, permanentes, semi-permanentes y mixtos. Pero en la actualidad por la industrialización y el crecimiento de la población, los terrenos de cultivos ya no existen debido a que se han vuelto colonias y lujosas residenciales, es rica en vegetación y con grandes comercios además de ser una de las más grandes del municipio de Villa Canales.

Esta aldea está administrada por un alcalde auxiliar y alguaciles o regidores quienes velan por el bienestar de la comunidad, conjuntamente con la Municipalidad de Villa Canales.

Boca del Monte es una de las aldeas más industrializadas del municipio de Villa Canales ya que cuenta con un grupo numeroso de empresas, entre las que sobresalen la Tabacalera Centroamericana (TACASA), Pastas Capri y Poli Industrias.

A nivel de comercio, cuenta con los servicios de los bancos. También existe un centro comercial, además, cuenta con una gran variedad de comercios entre los que cabe mencionar: tiendas, talleres mecánicos, panaderías, pinchazos, venta de materiales de construcción, cafeterías, carpinterías, ferreterías, estudios fotográficos, abarroterías, heladerías, hospedajes, imprentas, grupos musicales, gimnasios, tortillerías, molinos, ventas de leña, pescaderías, pollerías, marranerías, expendios de gas, aserraderos, lechería, barberías, funerarias, confecciones, farmacias y venta de electrodomésticos.

Así mismo, el agua potable proviene de pozos comunitarios y particulares, existen drenajes y tiene su propio cementerio. Está establecido un centro de salud, donde se brindan todos los servicios fundamentales y además se presta servicio psicológico, también cuenta con Bomberos Voluntarios, clínicas médicas particulares, farmacias, laboratorios y veterinarias.

El Ministerio de Educación tiene en funcionamiento cinco escuelas públicas de educación primaria, dos en la zona 1 de Boca del Monte, una matutina y otra vespertina, una en la colonia Santa Anita, una en el cantón Matasano zona 2 y otra en el cantón Jícaro zona 3; existen varios colegios

privados, academias de mecanografía, academias de computación, un instituto de educación básica y diversificado y también una biblioteca pública municipal. Cabe mencionar que existe también una extensión de Universidad privada, prestando la educación superior a la juventud de Boca del Monte.

De sus riquezas naturales ya queda muy poco, en la antigüedad, cuando era una finca tenía gran variedad de árboles maderables, frutales, hortalizas, plantas medicinales, y plantas ornamentales; hoy queda solamente las que las personas tienen en sus casas. Se realizaba también la agricultura pero ésta casi no se practica en la actualidad.

Por la gran cantidad de árboles que tenía podía abrigar una gran cantidad de animales como las aves, de cuya diversidad, solamente quedan aves de patio; abrigaba en sus bosques gatos de monte, armadillos, comadrejas, tepezcuintles, pisotes, coyotes, tigrillos, zorras, zorrillos, de los cuales únicamente quedan los animales domésticos; también vivían entre sus arboledas y a la orilla de los ríos ranas y sapos, los cuales aun sobreviven, tenía iguanas, camaleones, culebras, víboras, tortugas, abundando los insectos, y este deterioro de la fauna y de la flora de Boca del Monte, como ya se mencionó anteriormente, es debido a la industrialización y al crecimiento de la población, estas grandes extensiones de tierra y bosque han quedado bordeando la aldea, como los cafetales.

En esta aldea se habla el idioma español, hay pocos indígenas, a pesar de que en la antigüedad se encontraron vestigios de la civilización Pocoman, lo cual se comprobó por los muros encontrados en los terrenos que hoy ocupa la Tabacalera Centro Americana (TACASA) y túneles en el barranco contiguo al cementerio.

Se practican diferentes religiones entre las que se pueden mencionar la católica romana, evangélica, testigos de Jehová, mormones, adventistas y otras, pero la que predomina es la religión Católica.

Se celebran dos ferias al año, el 24 de noviembre, en honor a la Virgen Santa Catarina de Alejandría y el 8 de diciembre en honor a la Virgen de Concepción.

1.2. Datos históricos

La aldea se formó cuando el general Justo Rufino Barrios, en agradecimiento, regaló a los soldados que pelearon con él, para lograr la unión centroamericana; tierras del Ingenio La Amistad, actualmente Boca del Monte, las cuales compró a una familia de origen español apellidada Moreno; dándole a cada soldado cuatro manzanas, esto sucedió entre 1875-1880. Anteriormente pertenecía al municipio de San Miguel Petapa, pero fue desligada de este y anexada a Villa Canales por Acuerdo Gubernamental el 27 de agosto de 1935 durante el período presidencial del general Jorge Ubico.

A través del gobierno de Jorge Ubico, Boca del Monte obtuvo el puente Hincapié, la construcción de la carretera asfaltada que la comunica con la Ciudad de Guatemala y con la cabecera municipal de Villa Canales, el cementerio y la introducción de la oficina de correos.

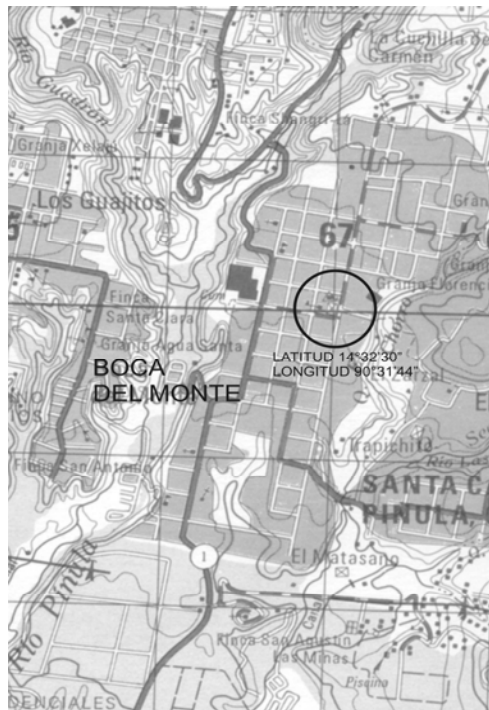
Boca del Monte está dividida en cinco zonas, el Cantón Boca del Monte en la zona 1, el Cantón El Matasano la zona 2 y el Cantón el Jícaro la zona 3; las zonas 4 y 5 están formadas por las colonias El Rosario, Bella Vista, San Felipe Los Cipreses, Primero de Mayo, Los Ángeles, El Esfuerzo, Bocanales, El

Quetzal, El Edén, El Cafetal, Cristo Rey, San Martín, Tulipanes, El Mirador, San Felipe I y II, Las Ilusiones, Santa Anita las Rosas, La Joya, Residenciales Boca del Monte, La Trinidad, Las Flores, San Antonio, Residenciales Tazones, San José, La Comunidad, Jardines de Boca del Monte, Residenciales Fátima, Residenciales Lozano.

1.3. Ubicación geográfica

Boca del Monte se ubica en la región centro del país con latitud norte $14^{\circ}32'30''$ y longitud oeste $90^{\circ}31'44''$. Dicho punto se muestra a continuación.

Figura 1. **Ubicación aldea Boca del Monte**



Fuente: Departamento Técnico de Ingeniería, Dirección General de Caminos.

1.5. Accesos y comunicaciones

Es colindante con la zona 13 de la ciudad de Guatemala. Se tiene acceso a ella a través de la avenida Hincapié, es la vía de acceso hacia las poblaciones de Villa Canales y Colonia Villa Hermosa. Por ser una área de paso, tiene mucho comercio sobre la calle principal, concentrándose en ella, varios bancos del sistema, farmacia de renombre, restaurantes de comida rápida, supermercados con horario amplio, tiendas de barrios, clínicas de varias especialidades, pastelerías, tortillerías, entre otros.

También cuenta con una iglesia católica, como varias protestantes, una estación de bomberos voluntarios, una estación de policía, una alcaldía auxiliar, varios colegios, la tabacalera Centroamericana, existen dos cementerios, algunas barberías y salones de belleza.

1.6. Topografía

El relieve del municipio de Villa Canales va desde 900 metros sobre el nivel del mar hasta 1 760 metros sobre el nivel del mar, mientras que la aldea Boca del Monte se localiza a 1 350 aproximadamente.

La composición topográfica de Villa Canales está conformada en un 55% de terreno quebrado o accidentado, pero es aprovechado para cultivos casi en su totalidad, el resto de su jurisdicción la conforman áreas con pendientes entre el 6 y 45 por ciento. Esta conformación topográfica se debe a la ubicación del municipio dentro del área que contiene al valle donde se encuentra la ciudad.

1.7. Aspectos climáticos

Por ser una aldea muy cercana a la ciudad capital, Boca del Monte cuenta con vientos que hacen su recorrido procedente del norte como también del sur, el viento en su recorrido produce movimientos de corrientes que causan diferencias de temperaturas de aire frío o caliente especialmente en la cabecera municipal. Se encuentra en una cuenca conformada por montañas y montes que la rodean. Los vientos regularmente se desplazan entre los 50 a 40 kilómetros por hora, durante los meses de marzo, junio, agosto y noviembre, por lo que predomina, al igual que la ciudad capital, el clima templado.

2. ASPECTOS A CONSIDERAR PARA EL DISEÑO DE PASO A DESNIVEL ALDEA BOCA DEL MONTE, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

2.1. Situación actual paso por aldea Boca del Monte

Actualmente la ruta departamental Guatemala uno (RDGUA-01), es la carretera que conduce hacia la aldea, la cual cuenta con dos carriles, uno en cada sentido, que es la calle principal y abarca las zonas uno y dos de esa aldea.

2.2. Estudio de tránsito

Un aspecto fundamental para el diseño del pavimento de cualquier proyecto vial que requiera establecer la opción o alternativa más conveniente tanto técnica como económica, es el debido y acertado estudio del comportamiento del tránsito tanto actual como futuro tomándose en cuenta todas las variables y expectativas que éste deberá tener durante el transcurso de la vida útil proyectada y las estimaciones del proyectista para definir el período de diseño.

La finalidad de los estudios de tránsito es determinar los flujos futuros que circularán por el tramo en estudio a través del TPDA: tránsito promedio diario anual. Se pueden dividir en estudio de tránsito actual y proyección del mismo en toda la vida del proyecto. De la primera se definen dos tipos de información básica: origen y destino de los viajes en la zona y tránsito actual en cada tramo

de la red. Todos estos datos se obtienen por medio de encuestas de origen y destino, censos o conteos volumétricos y de composición vehicular, en el caso de la Dirección General de Caminos se utilizan conteos volumétricos (aforo vehicular), por medio de tablas en donde se especifican los diferentes tipos de vehículos y la hora en que transitan por el tramo.

Los aforos vehiculares permiten determinar la procedencia de las personas y su destino. De las encuestas se pueden obtener resultados como el tránsito promedio diario anual (TPDA) para cada origen y destino, discriminadas por tipo de vehículo; clasificación de la flota de vehículos, marca, número de asientos y de pasajeros; flujo de mercancías. Los resultados que se obtengan de los conteos volumétricos y de clasificación se expresarán a través de volumen de tránsito, movimiento horario, composición del tránsito por tipo de vehículo, direccionalidad de la circulación. La información que se obtiene es la base para la proyección del tránsito; determinando el volumen de tránsito que circulara por el tramo de estudio durante la vida útil del proyecto.

En el pasado se diseñaban y analizaban los pavimentos en forma típica para períodos de 20 años; ahora se recomienda tomar en cuenta períodos de análisis mayores, puesto que los mismos pueden adecuar de mejor manera la evaluación de alternativas de pavimentos, basadas en los costos totales durante el período de análisis (el cual es el tiempo definido para fines de evaluación económica). En todo caso se recomienda que el período de análisis se seleccione de manera tal que incluya por lo menos una rehabilitación del pavimento.

En este apartado se examina el comportamiento del tránsito en el tramo carretero de la ruta tomándose en cuenta las amplias posibilidades de rehabilitaciones de tramos carreteros dentro de la zona de influencia del

presente proyecto y la expectativa de interconexiones con importantes rutas locales, hacen que el tramo cobre una verdadera importancia estratégica y por ende ayude al desarrollo de la zona.

Tomándose en cuenta estas posibilidades de tránsito inducido, generado y desviado de y hacia las rutas y demás caminos de tercera categoría de la zona; se efectuaron los cálculos de las cargas del tránsito y tanto para el diseño como para la evaluación del proyecto, se efectuó un análisis actual y las proyecciones del mismo a 10, 15 y 20 años para que las estructuras diseñadas sean las más convenientes conforme las condiciones y metodología de este proyecto. A continuación se presenta un resumen general del conteo vehicular realizado en el lugar, de acuerdo a los datos proporcionados por el Departamento de Ingeniería de Tránsito de la Dirección General de Caminos.

Tabla I. Resumen general de conteo vehicular aldea Boca del Monte, municipio de Villa Canales, departamento de Guatemala



ESTACION No. 301
 UBICACION DEL AFORO ALDEA BOCA DEL MONTE VILLA CANALES
 RUTA Y Km. RUTA DEPARTAMENTAL GUATEMALA 1 - Km. 11+800

RESUMEN GENERAL
 DIRECCION GENERAL DE CAMINOS
 DIVISION DE PLANIFICACION Y ESTUDIOS
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE TRANSITO



FECHA: 17, 18 Y 19 / 10 / 09 /
 DIA MES AÑO
 TIPO DE AFORO "B" SEMIPERMANENTE
 48 HORAS CONTINUAS

HORARIO	AFORO HACIA GUATEMALA																		TOTAL DE VEHICULOS POR HORA
	AUTOS	PICK-UPS	MICRO	C2	C-3	C-4	T3-S2	T3-S3	BUS	T2-S1	T2-S2	T2-S3	T3-S1	T3-S4	T3-S1-R2	T3-S2-R4	T3-S3-R3	T3-S2-R2	
06-07	2032	263	31	11	0	0	0	0	166	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2501
07-08	2304	284	24	27	1	0	1	0	144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2782.5
08-09	1470	229	30	56	5	0	0	0	143	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1832
09-10	1030	263	24	68	5	0	2	0	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1482
10-11	858	244	25	54	6	0	1	1	81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1267
11-12	852	265	27	48	6	0	3	1	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1280
12-13	934	255	25	62	23	0	7	3	84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1392.5
13-14	977	251	27	46	8	0	4	1	89	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1402
14-15	898	255	17	49	5	0	2	1	81	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1306.5
15-16	894	312	24	65	8	1	3	1	86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1391.5
16-17	1076	260	22	64	2	0	0	0	96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1518.5
17-18	1296	234	26	34	1	0	0	0	110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1689.5
18-19	1508	200	20	15	0	0	0	0	110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1851.5
19-20	1411	173	19	5	1	0	2	2	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1689
20-21	1383	171	15	13	1	0	1	2	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1626
21-22	1069	124	17	7	3	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1230
22-23	867	64	11	9	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	751
23-24	316	40	19	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	377.5
24-01	163	21	8	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	191.5
01-02	93	11	5	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	111.5
02-03	53	15	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69.5
03-04	42	18	9	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72.5
04-05	155	50	10	14	2	0	1	1	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	241.5
05-06	537	151	20	37	4	0	1	1	82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	831
VEHICULOS #	22014	4147	451	687	79	1	26	10	1883	1	1	0	0	0	0	0	0	0	28,999
TRANSITO LIVIANO =	26,811			92% OBSERVACIONES															
TRANSITO PESADO =	2,388			8%															
TOTAL =	28,999			100%															

FUENTE: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE TRANSITO
 DIRECCION GENERAL DE CAMINOS

Fuente: Departamento de Ingeniería de tránsito, Dirección General de Caminos.

2.3. Estudio geométrico de carreteras

Las carreteras se clasifican en función del número de calzadas, la dimensión del carril de la calzada o la dimensión del arcén. Cuanto mayor sean las dimensiones de la vía, más tráfico podrá soportar y más exigentes serán los parámetros de trazado, es decir; será necesario realizar radios mayores de curva, acuerdos verticales más extendidos o peraltes más inclinados. Al aumentar estos parámetros la carretera se ajustará menos al terreno, lo que encarece la carretera.

2.3.1. Niveles de servicio en carreteras

El nivel de servicio es una medida cualitativa del efecto sobre el movimiento vehicular tolerable por una vía urbana o rural, de una gran variedad de factores dentro de los cuales se incluyen la velocidad, el tiempo de viaje, la maniobrabilidad, la seguridad y la comodidad. Siendo algunos de los factores anteriores muy difíciles de precisar, se ha dado una mayor ponderación a la velocidad, por ser fácilmente cuantificable, para la definición de los niveles de servicio.

Los niveles de servicio se clasifican desde A hasta F, siendo el primero caracterizado por un movimiento vehicular libre, con bajos volúmenes de tránsito y velocidades relativamente altas; el nivel de servicio F por el contrario, se alcanza en condiciones de flujo forzado, lento y con grandes cantidades de tránsito. En la escala inmediatamente superior a este último nivel, es decir, en el nivel E, donde el flujo vehicular tiene características de inestable, se alcanza la capacidad que se define como el máximo número de vehículos por unidad de

tiempo que pueden ser atendidos por una vía bajo las condiciones prevalecientes.

Las condiciones prevalecientes son tanto físicas o de la vía, como del tránsito. Dentro de las condiciones físicas caben los anchos de carriles, las restricciones laterales, las pendientes longitudinales, etc. A las segundas corresponden la composición de tránsito, la distribución por carriles, las variaciones en el flujo y las interrupciones.

Las características principales de operación que se dan dentro del rango correspondiente a cada nivel son:

Nivel A: representa la condición de flujo libre, que se da con bajos volúmenes de demanda, permitiendo altas velocidades a elección del conductor. La velocidad está sólo limitada por la velocidad de diseño de la carretera, la que en todo caso debe ser al menos igual a 110 kilómetros por hora, por definición de condiciones físicas exigidas para el nivel. Debe ser posible que todo usuario que lo desee pueda desarrollar velocidades de operación iguales o mayores que 96 kilómetros por hora.

Nivel B: representa la condición de flujo estable, los conductores aún pueden seleccionar sus velocidades con libertad razonable. Para poder brindar este nivel la carretera debe poseer una velocidad de diseño igual o mayor que 96 kilómetros por hora. Todo usuario que lo desee podrá desarrollar velocidades de operación iguales o mayores que 80 pero menores que 96 Kph.

Nivel C: representa aún condición de flujo estable, pero las velocidades y la maniobrabilidad están íntimamente controladas por los altos volúmenes de

tránsito. La mayoría de los conductores no puede seleccionar su propia velocidad. En caminos con tránsito bidireccional hay restricción para ejecutar maniobras de adelantamiento. La velocidad de diseño exigida por el nivel debe ser de al menos 80 kilómetros por hora y la velocidad de operación posible debe ser igual o mayor que 64 pero menor que 80 kilómetros por hora.

Nivel D: representa el principio del flujo inestable, con volúmenes del orden, aunque algo menores, que los correspondientes a la capacidad del camino. Las restricciones temporales al flujo pueden causar fuertes disminuciones temporales al flujo pueden causar fuertes disminuciones de la velocidad de operación. Los conductores tienen poca libertad para maniobrar, poca comodidad en el manejo, pero estas condiciones pueden tolerarse por cortos períodos de tiempo. La velocidad de operación fluctúa alrededor de 56 kilómetros por hora.

Nivel E: representa la capacidad del camino o carretera y por tanto el volumen máximo absoluto que puede alcanzarse en la vía en estudio. El flujo es inestable, con velocidades de operación del orden de 48 kilómetros por hora. El nivel E representa una situación de equilibrio límite y no un rango de velocidades y volúmenes como los niveles superiores.

Nivel F: describe el flujo forzado a bajas velocidades con volúmenes menores que la capacidad de la carretera. Estas condiciones se dan generalmente por la formación de largas filas de vehículos debido a alguna restricción en el camino. Las velocidades y las detenciones pueden ocurrir por cortos o largos períodos debido a la congestión en el camino.

Cabe destacar que la descripción cualitativa dada anteriormente es válida tanto para caminos de tránsito bidireccional como para los unidireccionales con o sin control de acceso, sin embargo, los rangos de velocidad de operación son válidos sólo para caminos con tránsito bidireccional, siendo mayores los asociados a cada nivel en caso de caminos unidireccionales con y sin control de acceso.

2.3.2. Elementos básicos del diseño geométrico

Siendo el diseño geométrico aquel que define las características visibles de las carreteras, la American Association of State Highway Officials (AASHO) ha establecido cuatro elementos básicos que rigen todos los otros elementos que se conjugan en el diseño integral. Dichos elementos básicos son:

- El grado de control de acceso
- El vehículo de diseño
- La velocidad de diseño directriz y
- Los volúmenes de tránsito

Además del estudio de tránsito mencionado anteriormente.

- Grado de control de acceso

Por control parcial de accesos se entiende la autoridad ejercida para dar preferencia al tránsito de paso, a un grado tal que además de las conexiones de acceso a desnivel con determinadas vías públicas, se permitan algunas intersecciones a nivel con rutas menores. En cierta manera el propósito inmediato del mismo, es mejorar la capacidad de la vía para atender la

demanda del tránsito y reducir los puntos de conflicto entre los vehículos, a efecto de ayudar a la disminución de los accidentes de tránsito.

Cualquier grado de control en los accesos es costoso, más aún en zonas ya desarrolladas, pero productivo en el largo plazo, máxime si se toma en cuenta el estrangulamiento que produce un desarrollo comercial frontal a la vía, situación que acelera la pérdida de su funcionalidad.

El control parcial de los accesos debe ser complementado con una estricta y oportuna regulación en el uso del suelo dentro de una angosta faja próxima al derecho de vía, para evitar la concentración de actividades industriales, comerciales, etcétera, frente a la vía, que acarrea toda una serie de inconveniencias a la seguridad y a la capacidad.

- Selección del vehículo de diseño

Vehículo de diseño es aquel vehículo automotor cuyas dimensiones y características de operación se utilizan para establecer los controles del diseño geométrico. En la selección del mismo, debe entrar en juego una serie de consideraciones importantes, en donde prevalecen aquellas de carácter económico.

El vehículo seleccionado no deberá ser el mas grande que habrá de utilizar la vía en consideración durante su vida de servicio, prácticamente, la vía estaría sobrediseñada la mayor parte del tiempo; tampoco podría ser el vehículo promedio de entre los actuales vehículos de mayores dimensiones, la vía prestaría un servicio muy restringido. El vehículo de diseño debe ubicarse

entre los dos extremos, teniendo presentes las condiciones propias en que se plantea la demanda de los usuarios de la vía en estudio.

No obstante, es oportuno señalar que el vehículo recomendado para diseño debe servir como guía mas que como instrumento rígido a ser seguido con fidelidad. Deben ponderarse en todo momento consideraciones económicas para justificar la selección de un diseño más estricto.

Para la propuesta de diseño del presente paso a desnivel se tomó como base el capítulo 2 de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), específicamente el vehículo C-2, cuyas especificaciones se muestran a continuación:

Figura 3. Especificaciones técnicas vehículo C-2

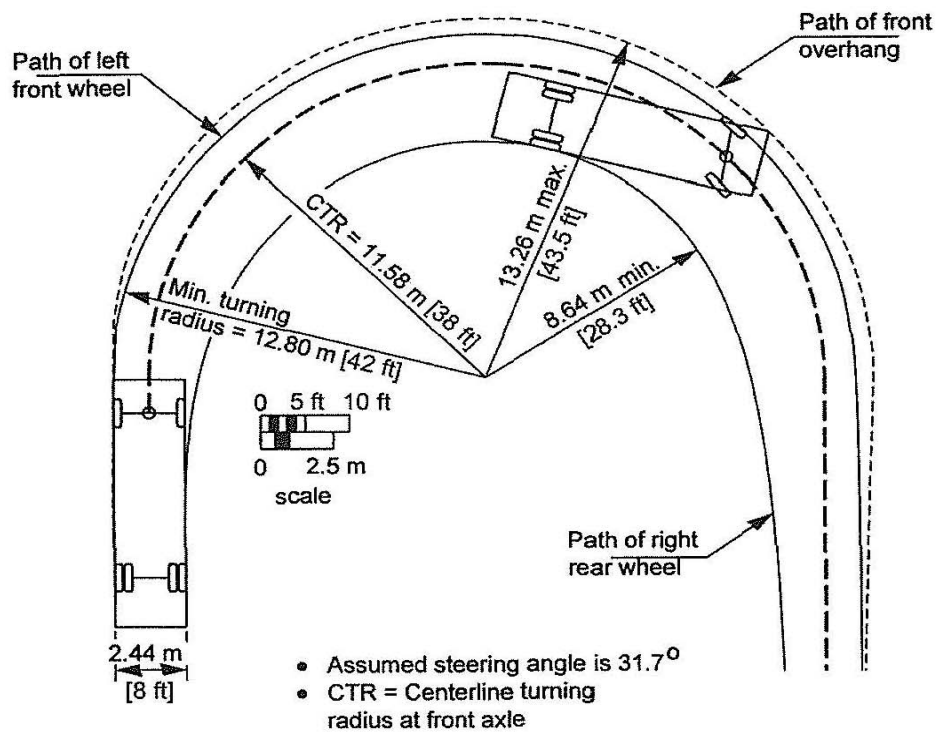
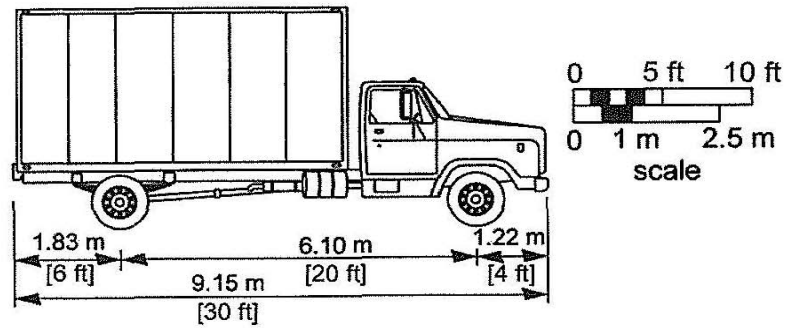


Exhibit 2-4. Minimum Turning Path for Single-Unit (SU) Truck Design Vehicle

Fuente: capítulo 2 American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), p. 37.

- Velocidad de diseño directriz

Por velocidad de diseño se entiende la máxima velocidad constante a que un vehículo puede viajar sin riesgos, bajo condiciones de poco tránsito, buen estado del tiempo y buenas características de la superficie de rodamiento. Es decir que las características de la vía son las únicas que gobiernan la máxima velocidad de la marcha obtenible sin poner en juego la seguridad. A medida que los volúmenes de tránsito aumentan y correspondientemente aumentan las restricciones a la fluidez del mismo, las velocidades medias de marcha disminuyen normalmente en mas o menos 25 por ciento y en ocasiones hasta en un 40 por ciento.

La propuesta de paso a desnivel en aldea Boca del Monte está contemplada para ser transitada a una velocidad máxima de 30 kilómetros por hora.

- Volúmenes de servicio

A cada nivel de servicio le corresponde un volumen de tránsito, al cual se le llama volumen de servicio para ese nivel. Por lo tanto, puede definirse el volumen de servicio como el máximo número de vehículos que pueden circular por un camino durante un período de tiempo determinado, bajo las condiciones de operación correspondientes a un seleccionado nivel de servicio. Los volúmenes de servicio se expresan normalmente como volúmenes horarios.

2.3.3. Especificaciones de los elementos a diseñar

Donde sea necesario proyectar curvas horizontales en espacios reducidos, debe usarse como base del diseño la trayectoria mínima del vehículo del proyecto. Esta trayectoria estará comprendida entre las huellas dejadas por las llantas delantera externa y trasera interna de un vehículo circulando a una velocidad de 15 kilómetros por hora. Las curvas de la orilla interna de la calzada que se adaptan a la trayectoria mínima de los vehículos de proyecto, se considera como diseño mínimo.

Existen algunas diferencias entre las trayectorias seguidas por las ruedas de un vehículo al girar a la derecha o a la izquierda, pero por ser muy pequeñas, no son de consideración en el diseño.

2.4. Estudio de suelos

Este estudio sirve para conocer las propiedades físico-mecánicas de los suelos, los cuales serán la base principal para el diseño y construcción de cualquier proyecto. Para realizar un estudio de suelos se deben realizar distintos ensayos para clasificar el tipo de suelo y conocer sus características físicas y mecánicas. A continuación se mencionan algunos de ellos:

2.4.1. Granulometría

El análisis granulométrico es un intento de determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de granos presente en una masa de suelo dada. Para tener un resultado significativo la muestra deber ser estadísticamente representativa de la masa del suelo. Se traza la curva de la

composición granulométrica del material en una gráfica que tiene por abscisas, a escala logarítmica, las aberturas de las mallas y por ordenadas los porcentajes de material que pasa por dichas mallas a escala aritmética.

La curva resultante se compara con las que se tengan como especificaciones, o se obtienen de ella relaciones entre ciertos porcentajes que dan idea de la graduación del material. Conocidas las composiciones granulométricas del material, se le representa gráficamente.

2.4.2. Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg determinan fronteras que separan zonas en las que el suelo presenta distintos comportamientos. Lo que define en que zona se halla un suelo o que lo hace variar dentro de las zonas es el contenido de humedad que hay en el, en un instante determinado. Cada zona define un comportamiento plástico distinto.

La plasticidad es la propiedad que presentan los suelos de poder deformarse, hasta cierto límite sin romperse. Las arcillas presentan esta propiedad en grado variable.

2.4.3. Ensayo de Proctor

El proceso por medio del cual se aumenta el peso volumétrico de un material se llama compactación. El grado de compactación de un suelo es muy importante para aumentar la resistencia y disminuir la compresibilidad del mismo. Mediante el proceso de compactación se consigue aumentar su densidad en el lugar donde el suelo se encuentre y se obtienen varias

características benéficas. La densidad que se puede obtener de un suelo, por medio de un método de compactación dado, depende de su contenido de humedad. El contenido de humedad, que da el más alto peso unitario seco (densidad), se llama contenido de humedad óptima para el método de compactación.

Debido al aumento de la densidad del suelo es posible alcanzar incremento en la capacidad soporte y una menor tendencia a la deformación del suelo, conjuntamente con una disminución de la permeabilidad del mismo. Paralelamente se reduce el peligro de que suelos cohesivos o semicohesivos absorban agua. Por tales razones el control y la verificación de la compactación del material alcanzado en una obra es de suma importancia.

El proceso de compactación consiste en aplicar cierta cantidad de energía al suelo, esto se consigue de distintas formas, algunas veces con cargas de impacto y otras veces con cargas estáticas.

2.4.4. Ensayo de valor soporte

El valor relativo de soporte de un suelo es un índice de su resistencia al esfuerzo cortante en condiciones determinadas de compactación y humedad, y es la razón de carga unitaria que se requiere para introducir un mismo pistón dentro del suelo, a la carga requerida y a la misma profundidad en una muestra de piedra triturada.

Los valores límites del CBR son los siguientes:

Tabla II. **Valores límites del CBR**

CBR	USOS
0 – 5	Sub-rasantes muy malas
5 – 10	Sub-rasantes malas
10 – 20	Sub-rasantes de regulares a buenas
20 – 30	Sub-rasantes muy buenas
30 – 50	Sub-bases buenas
50 – 80	Buena para bases de grava
80 – 100	Buenas bases de piedra y grava triturada

Fuente: Banister A., Raymond S. Técnicas modernas de topografía. p. 30.

2.4.5. Análisis de resultados

La Dirección General de Caminos cuenta con estudios de suelos realizados para el área en estudio, dichos estudios muestran los siguientes análisis:

- La clasificación AASHTO obtenida es considerada por la AASHTO como la normal en materiales de características mecánicas aceptables en condiciones óptimas de humedad, en el presente caso la humedad en sitio es similar a la humedad óptima, por lo que se considera aceptable.
- El valor del ángulo de fricción interna de los materiales que están desde la superficie hasta una profundidad de cinco metros es reducido en comparación con los profundos debido a que los primeros cinco metros contienen materiales cohesivos.

- Debido a que, la característica de cohesión en su valor es inversamente proporcional al valor del ángulo de fricción interna las muestras de los estratos mas profundos tienen un valor de cohesión que se aproxima a 0 toneladas/metro cuadrado.
- La carencia de cohesión en la muestra y el hecho de estar confinada la arena pómez color blanco en cinco de los seis sondeos efectuados, le permite al subsuelo drenar cualquier cantidad de agua rápidamente no permitiendo en ningún momento asentamientos diferenciales por cargas normales aplicadas a dichos estratos.

2.5. Parámetros para el diseño de carreteras

Para el diseño de carreteras se deben conocer los principales elementos para un diseño horizontal y vertical, estos son:

2.5.1. Diseño horizontal

Es la proyección sobre un plano horizontal del eje de una carretera. Debe ser capaz de ofrecer seguridad y permitir asimismo uniformidad de operación a velocidad aproximadamente uniforme. Los elementos que definen el diseño horizontal son los siguientes:

- Tangentes: son las proyecciones rectas sobre un plano horizontal que unen a las curvas circulares.
- Curvas circulares: son proyecciones sobre un plano horizontal de arcos de círculo. La longitud de una curva circular está determinada desde el

principio de una curva hasta el principio de la tangente o el final de la misma curva.

- Curvas de transición: su función es proporcionar un cambio gradual a un vehículo, en un tramo en tangente a un tramo en curva.

Este tipo de transición es muy importante, generalmente los estancamientos de agua de lluvia ocurren en tramos en curva, mas no en los tramos rectos (tangentes). El trazo y construcción de esa transición debe ser meticulosamente realizado para garantizar un drenaje adecuado.

2.5.2. Diseño vertical

Es la proyección del eje real o espacial de la vía sobre una superficie vertical paralela al mismo. A este eje se le denomina rasante.

Al igual que el diseño en planta, el eje del alineamiento vertical está constituido por una serie de tramos rectos denominados tangentes verticales, enlazados entre si por curvas verticales. El alineamiento a proyectar estará en directa correlación con la topografía del terreno natural.

Así mismo, una curva vertical es aquel elemento del diseño en perfil que permite el enlace de dos tangentes verticales consecutivas, tal que a lo largo de su longitud se efectúa el cambio gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la pendiente de la tangente de salida, de tal forma que facilite una operación vehicular segura y confortable, que sea de apariencia agradable y que permita un drenaje adecuado. Se ha comprobado que la curva que mejor se ajusta a estas condiciones es la parábola de eje vertical.

2.6. Diseño de pavimento

La función de un pavimento es la de proveer una superficie de rodamiento adecuada para el tránsito y distribuir las cargas aplicadas por el mismo, sin que se sobrepasen las tensiones admisibles de las distintas capas que conforman la estructura del pavimento.

Todo paquete estructural está conformado por distintas capas de resistencia decreciente con la profundidad, cada una de estas capas tiene una doble función, por un lado distribuir las tensiones provenientes de la parte superior reduciéndolas a valores admisibles para las capas inferiores y por otra parte ser suficientemente resistentes para si mismas para soportar sin deformaciones permanentes las cargas a las cuales estarán sujetas durante el período de diseño del pavimento.

La forma correcta de afrontar el diseño de pavimentos flexibles es mediante la valorización de los ensayos de laboratorio que permiten conocer las propiedades mecánicas de los materiales utilizados en las distintas capas y en la subrasante, propiedades condicionadas a las características físicas y condiciones volumétricas de dichos materiales durante su comportamiento en servicio, tal es el caso de la estructura del presente proyecto y estimando las características mecánicas de la nueva configuración de capas a construir.

Los factores fundamentales que deben ser tomados en cuenta al efectuar el análisis de la composición de las distintas capas que conforman la estructura del pavimento, para que éste pueda comportarse satisfactoriamente durante el período de servicio proyectado, son las siguientes:

- Categoría de la carretera a rehabilitar o construir
- Tránsito durante el período de diseño
- Condiciones hidrológicas y factores climáticos
- Diseño geométrico de la carretera y topografía del terreno
- Comportamiento del camino en similares condiciones
- Geotecnia del alineamiento
- Fuentes de materiales de construcción

Todos los factores, convenientemente analizados y ponderados, llevarán a elaborar un diseño estructural acorde con el proyecto que se está tratando.

Dentro de los métodos de diseño estructural más utilizados se destaca el método AASHTO, que tiene versiones actualizadas, pero para esta propuesta en particular se utilizó, la correspondiente a 1993.

Método AASHTO

Sobre la base de las experiencias realizadas en el AASHTO ROAD TEST se desarrolló una solución algorítmica que sirvió como criterio de diseño. La fórmula obtenida, relaciona mediante análisis estadísticos la evolución del índice de serviciabilidad (PSI) con el tránsito soportado referido a una carga estándar (Wt18), siendo la ecuación que se formuló, representativa del mejor ajuste a las condiciones medias de la pista experimental, en lo que se refiere a suelos, propiedades de los materiales, procesos constructivos y tránsito.

El método tiene en cuenta la incertidumbre que se presenta en la predicción del tránsito y en los distintos niveles de comportamiento de servicio.

La ecuación original respondía a condiciones medias, por lo que planteaba la posibilidad de que al cabo del período de diseño, un 50 por ciento del camino presente un índice de serviciabilidad (PSI) menor al previsto.

Habiéndose verificado con suficiente aproximación, que el comportamiento de un camino en función del tránsito sigue la distribución normal de Gauss, pueden aplicarse conceptos estadísticos para lograr una confiabilidad determinada.

Las tres variables fundamentales consideradas para el concepto de confiabilidad son: condición del pavimento, número de ejes acumulados y comportamiento del pavimento.

La condición del pavimento que considera el método AASHTO es el índice de serviciabilidad (PSI), cuyo valor en un determinado momento depende del estado de la condición superficial (fallas, ahuellamientos y fisuras).

El número de ejes acumulados es la sumatoria de las distintas cargas aplicadas, referidas a una carga estándar de 18 000 libras por eje simple.

En lo que se refiere al comportamiento real del pavimento, depende de la variación de los materiales, equipos y procesos constructivos, como así también de las condiciones climáticas.

Las variaciones debidas a la predicción del tránsito y al comportamiento real del pavimento se suman en un Error Estándar Combinado (S_o) que se aplica directamente en el cálculo de espesores. De la experiencia disponible se ha verificado que para pavimentos flexibles, el S_o varía entre 0,40 y 0,50.

La Desviación Normal Estándar (ZR), es función del grado de confiabilidad (R) que se desee. Por ejemplo para un nivel de confiabilidad del 90 por ciento en una distribución normal, sólo quedan el 10 por ciento de los puntos por debajo de la campana de Gauss, es decir con posibles riesgos de falla.

Debe tenerse en cuenta que al diseñar para un alto grado de confiabilidad (So), implica aumentar marcadamente los costos de construcción del pavimento.

En *Desing Chart for Flexible pavements* se muestra el nomograma y la ecuación básica para estructuras de pavimentos flexibles, siendo las variables que intervienen:

Wt18: Número de aplicaciones de ejes equivalentes

ZR: Desviación estándar normal

So: Error estándar combinado

D PSI: Diferencia entre el índice de serviciabilidad

SN: Número estructural del pavimento

MR: Módulo resiliente de la subrasante

El número estructural (SN) del pavimento representa la resistencia total del mismo para una determinada condición de la subrasante (Mr), para un tránsito específico (W t18) y para un índice de serviciabilidad (PSI) definido para el final de la vida útil.

El Número Estructural (SN) debe convertirse en espesores reales mediante los coeficientes estructurales que representan los aportes de las distintas capas, siendo:

$$SN = a_1 * D_1 * m_1 + a_2 * D_2 * m_2 + a_3 * D_3 * m_3$$

Donde:

a_i : coeficiente de aporte estructural de capa "i"

D_i : Espesor de la capa "i"

m_i : coeficiente de drenaje de la capa "i"

Los coeficientes de capa se muestran a continuación:

Tabla III. **Coeficientes de capa (a_i)**

Material	Valores típicos
Concreto asfáltico	0,30 – 0,44
Base estabilizada con asfalto	0,20 – 0,38
Base tratada con cemento	0,15 – 0,20
Base tratada con cal	0,15 – 0,20
Base de piedra triturada	0,13 – 0,14
Sub-base granular	0,09 – 0,12

Fuente: guía AASHTO para diseño de pavimentos, edición 1993.

Estudio geotécnico

El propósito del estudio geotécnico es el de investigar aspectos tales como estabilidad de los taludes de corte y de terraplén, bancos de préstamo; evaluación de los posibles efectos del funcionamiento del drenaje y además, establecer los parámetros necesarios para el diseño de la estructura del

pavimento en la ruta. El estudio incluye también la descripción del estado actual de los taludes.

Gracias a la colaboración de la Dirección General de Caminos, en especial al Departamento Técnico de Ingeniería se pudo consultar el estudio de suelos para este proyecto, los resultados se presentan a continuación:

Investigación de campo

Antes de iniciar las actividades de muestreo se efectuó una inspección preliminar en toda la longitud del proyecto, para verificar las diferentes calidades, colores, clasificación visual y grado de finura de los distintos materiales que componen el subsuelo de la ruta a rehabilitar y de las áreas que la circundan como resultado de esta actividad se preparó el programa de exploraciones y muestreos.

Para conocer las distintas propiedades tanto físicas como mecánicas de los suelos que conforman o componen la subrasante o suelo de fundación a todo lo largo del alineamiento del proyecto se procedió a efectuar la exploración y muestreo de la misma, por medio de exploraciones del subsuelo y la extracción de muestras del mismo para la investigación de las características mecánicas de cada uno de los estratos que serán la fundación del pavimento.

Las muestras fueron obtenidas utilizando la extracción de muestras de la perforación mecánica de exploración del subsuelo para la investigación geotécnica de cimentación.

El estudio geotécnico establece los parámetros necesarios para el diseño de la estructura del pavimento más adecuado al tipo y categoría del tramo en estudio, los ensayos que actualmente se ejecutan para la caracterización de los suelos son: clasificación, granulometría AASHTO T-27, límites de consistencia, límite líquido AASHTO T-89, índice plástico AASHTO T-90, humedad de campo AASTO T-217 compactación AASHTO T-180 y valor relativo soporte CBR. AASHTO T- 193.

Estudio de la características de la subrasante

Para determinar las características de los materiales de la subrasante, así como las condiciones en que ésta se encuentra y poder así asignarle el valor de soporte que es capaz de brindar a la estructura del pavimento, se hicieron exploraciones como ya se indicó anteriormente. De las exploraciones se obtuvieron muestras representativas del material para remitirlas al laboratorio y allí practicarles las pruebas de suelos correspondientes. El límite líquido (LL) varía de 38,5 a 42,5 por ciento, con un valor representativo de 40 por ciento; el índice plástico (IP) varía de 5 a 36 por ciento, con un valor representativo de 30 por ciento; los pesos máximos secos (PVSM) varían de 99 a 112,6 libras por pie cúbico, con un promedio de 110 libras por pie cúbico.

De acuerdo con los resultados se puede concluir que los suelos se presentan como limo arcillosos, limo arenoso café y arena limosa en lugares muy sectorizados las clasificaciones predominantes se ubican como A-4, A- 5 y A-6 de la terminología AASHTO.

Análisis de resultados y recomendaciones

Revisando los resultados de las pruebas de CBR de la subrasante realizadas en el laboratorio, se encontró que los valores se ubicaron entre 12 Y 27 por ciento; se encontró además, que el grado de compactación va del 90,5 al 100%. Del análisis de los resultados y efectuando el cálculo de los valores de resistencia correspondientes al valor de CBR al grado de compactación encontrado en el campo, se obtienen los CBR de trabajo para aplicar en el diseño de la estructura del pavimento y son los que se anotan en la tabla y los cuadros del percentil al 85 por ciento.

Para adecuar en lo posible los valores soporte relativos se definió sólo 1 tramo ya que todo el tramo cuenta con características similares y sus aplicaciones en el diseño definitivo de la estructura propuesta se resolvió al calcular para diferentes valores de resiliencia de la sub rasante el cual se ubica en $MR = 12\ 750$ para los efectos del diseño del pavimento.

Diseño del Pavimento

Para el diseño de los espesores de las estructuras de pavimento se ha adoptado el método de la AASTHO y para ello, se toman como punto de partida los datos de cargas de tránsito y los valores de resistencia del terreno.

Las cargas del tránsito fueron estimadas como se indicó, en función de los ejes equivalentes a un eje sencillo de 18 000 libras (ESAL) que se acumulan en el período de vida útil fijado; los cálculos fueron desarrollados en la Tabla de proyección del tránsito y cálculo de los ejes equivalentes, los resultados son los siguientes:

Tabla IV. **Horizonte a 20 años de concreto asfáltico con base negra**

Rodadura	Base negra	Sub-base	Sub-rasante	SN requerido
Cm	cm	cm	cm	
13	10	20	20	4,28

Fuente: Departamento Técnico de Ingeniería, Dirección General de Caminos.

Para el cálculo del SN provisto se trabajó con los siguientes valores:

Los coeficientes de capa "i" a utilizar en el diseño son:

Para concreto asfáltico $a_1 = 0,42$

Para la capa de base negra $a_2 = 0,38$

Para la capa de sub-base $a_3 = 0,11$

Los coeficientes de drenaje de la capa "i" a utilizar son los siguientes:

Para concreto asfáltico $m_1 = 1$

Para la capa de base negra $m_2 = 1$

Para la capa de sub-base $m_3 = 0,90$

Entonces:

$$SN = a_1 \cdot D_1 \cdot m_1 + a_2 \cdot D_2 \cdot m_2 + a_3 \cdot D_3 \cdot m_3$$

Donde:

$$SN = (0,42 \cdot 5,11 \cdot 1) + (0,38 \cdot 3,93 \cdot 1) + (0,11 \cdot 7,87 \cdot 0,90)$$

SN = 4,42

Por lo que se concluye que SN requerido < SN provisto, es decir 4,28 < 4,42.

Tabla V. **Proyección del tránsito y cálculo de los ejes equivalentes**

PERÍODO	ESAL
10 Años	No se recomienda
20 Años	19 608 170
20 años conc. Hidráulico	27 458 708

Fuente: Departamento Técnico de Ingeniería, Dirección General de Caminos.

Tabla VI. **CBR de trabajo y SN requerido**

DE KM. A KM.	CBR	SN req. A 10 años	SN req. A 20 años
0+000 - 800 incluye rampas de acceso	10	xxx	4,28

Fuente: Departamento Técnico de Ingeniería, Dirección General de Caminos.

En este caso, considerando que será una construcción para llenar el horizonte de 20 años, se proponen espesores de concreto asfáltico como capa de rodadura en el túnel y concreto hidráulico de la misma losa en el túnel para el paso superior.

Por otro lado, cuando ha sido necesario corregir el perfil de la rasante, se ha procurado colocarla un poco arriba de la ubicación actual, por lo que en algunos puntos se requiere importar material para lograr el nivel deseado; el procedimiento de construcción indica que este material sea obtenido de los bancos propuestos para subbase. En los casos en que la rasante se aloje en materiales de baja calidad será necesario sustituir una capa del espesor que se indique, con material proveniente también de bancos de subbase.

Estudio de cimentación

Considerando las condiciones del subsuelo en relación con las características estructurales de la obra proyectada y tomando como base los resultados de los análisis de laboratorio de suelos efectuados, se calculó el valor soporte para el cimiento tradicional en la siguiente forma:

Para la profundidad de desplante de la zapata a diseñar se estima una altura de 2 metros por debajo de la rasante diseñada del pavimento del túnel incluyendo las capas estructurales de apoyo del mismo.

Para el ángulo de fricción interna de 22 grados, los factores de capacidad de carga son los siguientes: $N_c=20$, $N_q = 8$, $N_w = 4$, $B= 2$; por lo tanto el cálculo se dispone de la siguiente forma:

Para zapata de la estación 0+190:

$$\begin{aligned} q_c &= 1,3cN_c + \text{Peso Unitario} \times D_f \times N_q + 0,4 \times \text{Peso Unitario} \times B \times N_w \\ &= 1,3 \times 1 \times 20 + 1,80 \times 2 \times 8 + 0,40 \times 1,80 \times 2 \times 4 \\ &= 26 + 28,8 + 5,76 = 60,56 \text{ Toneladas / Metro cuadrado} \end{aligned}$$

El F.S = 2,50 por lo tanto:

$$q_c \text{ efectiva} = 60,56 \text{ Ton./Metro cuadrado} / 2,50 = 24,24 \text{ ton./ Metro}^2$$

q_c efectiva es = 24 Toneladas /Metro Cuadrado para fines prácticos.

Para zapata de la estación 0+270:

Para el ángulo de fricción interna de 26 grados, los factores de capacidad de carga son los siguientes: $N_c = 25$, $N_q = 14$, $N_w = 11$, $B = 2$; por lo tanto el cálculo se dispone de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} q_c &= 1,3cN_c + \text{Peso Unitario} \times D_f \times N_q + 0,4 \times \text{Peso Unitario} \times B \times N_w \\ &= 1,3 \times 0 \times 25 + 1,90 \times 2 \times 14 + 0,40 \times 1,90 \times 2 \times 11 \\ &= 0 + 53,20 + 16,72 = 69,92 \text{ Toneladas / Metro Cuadrado} \end{aligned}$$

el F.S = 2,5 por lo tanto:

$$q_{c \text{ efectiva}} = 69,92 / 2,5 = 27,97 \text{ Toneladas / Metro Cuadrado}$$

$q_c = 28$ toneladas / Metro Cuadrado para fines prácticos.

Para zapata de la estación 0+430:

Para el ángulo de fricción interna de 15 grados, los factores de capacidad de carga son los siguientes: $N_c = 13$, $N_q = 5$, $N_w = 1$, $B = 2$; por lo tanto el cálculo se dispone de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} q_c &= 1,3cN_c + \text{Peso Unitario} \times D_f \times N_q + 0,4 \times \text{Peso Unitario} \times B \times N_w \\ &= 1,3 \times 2 \times 13 + 1,75 \times 2 \times 5 \\ &= 33,80 + 17,50 + 1,4 = 52,7 \text{ Toneladas /Metro cuadrado} \end{aligned}$$

el F.S = 2,5 entonces:

$$q_c = 52,7 \text{ toneladas /Metro Cuadrado} / 2,5 = 21,08 \text{ Toneladas / Metro Cuadrado}$$

$q_c = 21$ Toneladas / Metro cuadrado para fines prácticos.

Tomando en consideración que, por las características estructurales y geométricas que se dispongan efectuar tanto en la superficie del paso a desnivel como sobre la rasante del pavimento a construir, se presenta la necesidad de construir apoyos que requieran el hincado de pilotes; para tal fin se estima que el vehículo que, con mas frecuencia circulara sobre la superficie del paso a desnivel y superficie de rasante de pavimento será del tipo liviano.

La carga estimada para cada apoyo con pilotes será de 100 toneladas y el peso propio de la estructura se considera el $0,10P = 10$ toneladas, entonces la carga total a aplicar será de 110 toneladas por cada apoyo de las características obtenidas por los ensayos de laboratorio de suelos efectuados a las muestras del subsuelo del lugar se tiene la siguiente información:

La fricción de la arcillalimosa color café	= 4 toneladas / metro cuadrado
La fricción del limoarcilloso color café	= 3 toneladas / metro cuadrado
La fricción del limoarenoso color beige	= 3 toneladas / metro cuadrado
La fricción de la arena pómez c/blanco	= 5 toneladas / metro cuadrado

Por la profundidad que tendrá la rasante del pavimento diseñado con relación a la superficie natural que tiene el terreno donde pasara la parte superior del paso a desnivel, se tiene que la longitud de cada pilote tiene que ser como mínimo 12 metros ya que los mismos pueden ser pilotes mixtos (de fricción con apoyo en la punta) y deberán usarse pilotes con una sección de 0,40 x 0,40 metros con armado longitudinal de 4 varillas de 1 1/8".

Para el presente proyecto se presenta la propuesta de utilizar pilotes circulares de 0,80 metros de diámetro, con acero de refuerzo número 8, y para el diseño de los mismos se consideró el diseño de una columna con las cargas

descritas anteriormente, con lo cual se determinó que los pilotes con dicha dimensión soportan las cargas, además se añadió una viga de amarre en la parte inferior del túnel que junto con la viga superior brindaran mayor rigidez a los pilotes haciendo que dicha sección trabaje como una caja.

Tanto en la viga inferior como superior se diseñó con acero de refuerzo No. 8 tomando en cuenta las cargas que actúan sobre ellas y también para un mejor amarre con los pilotes.

Dicho predimensionamiento sirvió para poder realizar una cuantificación aproximada del costo del proyecto, pero en caso de llevarse a cabo el proyecto se recomienda la revisión del diseño por parte de un ingeniero estructural.

La separación mínima entre pilote y pilote es $d = 3 \times 0,40 = 1,20$ metros y del centro del pilote externo hacia la orilla es $d/2$ por lo tanto $d/2 = 1,20/2 = 0,60$ metros entonces el ancho de la placa cabezal será $= 1,20 + 1,20 = 2,40$ metros y como son cuatro pilotes las dimensiones de la placa cabezal serán 2,40 metros x 2,40 metros.

Asentamientos

Se estima que los estratos del subsuelo en que se está recomendando la cimentación de las estructuras no tendrán ningún asentamiento debido a las cargas aplicadas, pues los estratos localizados en el fondo de los sondeos efectuados están compuestos de arena pómez completamente homogénea y fácilmente drenable permitiendo la filtración inmediata de cualquier cantidad de agua proveniente de los estratos superiores.

Para los cálculos que el Ingeniero estructural necesite efectuar, la condición de sismo debe considerarse como 0,30 de la aceleración de la gravedad.

En el posible caso que, sea obligada la construcción de rellenos controlados en laterales de los muros y pantallas, éstos deben hacerse en capas cuyo espesor no sea mayor de 0,35 metros y cada una debe compactarse al 90 por ciento de la densidad máxima del proctor modificado AASHTO T-180 del material con el cual se ejecute dicho relleno (preferentemente el material para el relleno debe ser un material granular con gravilla o material selecto).

Por ser época de invierno, sí en el lapso de tiempo en que se haga la excavación para cimentación, las zanjas se llenan de agua, es necesario achicar el agua y para estabilizar el fondo es necesario echar un material pesado como piedra o en último caso arena con gravilla para nivelar la superficie del fondo excavado y poder hacer la zapata.

Para efectos del desalojo del material remanente de excavación, al material en banco debe aplicarse un factor de 1,40 para cálculo del volumen acarreado suelto.

Exploración del subsuelo

La exploración del subsuelo fue llevada a cabo por medio de una inspección al lugar donde se localizó el paso a desnivel y sus alrededores, en función de dicha inspección se pudo observar que todo el acceso drena de sur

a norte y la salida drena de oriente a poniente, ambas descargas de agua forman un afluente que desemboca en el lago de Amatitlán.

La investigación del subsuelo fue apoyada con la obtención de muestras representativas obtenidas por medio de seis perforaciones de cincuenta pies de profundidad cada una, y la salida por el lado poniente tiene en promedio 2 por ciento descendiendo de oriente a poniente; el objetivo de éste trabajo fue definir la secuencia, espesor y extensión de los diferentes estratos para obtener una muestra representativa del material de tamaño y condiciones adecuadas para identificación y cuantificación de las características mecánicas por medio de análisis de laboratorio de suelos y definir con base a ellas la capacidad soporte de los materiales subyugados al peso de la estructura a construir.

Los sondeos se seleccionaron en función de la verificación del espesor y estratos de material de depósito, verificación de la altura hasta la cual se localiza el terreno natural firme para establecer el nivel freático en caso de que exista.

En el primer sondeo se detectaron los siguientes estratos: un estrato de material orgánico con arena y grava con un espesor de dos pies, el segundo estrato tiene un espesor de cuatro pies y se compone de limo arenoso color café claro, el tercer estrato tiene un espesor de seis pies y se compone de arena pómez color blanco, el cuarto estrato se compone de arcilla limosa color café claro y tiene un espesor de seis pies, el quinto estrato tiene un espesor de ocho pies y se compone de limo arenoso consolidado color beige y el sexto estrato confinado en el fondo se compone de arena pómez color blanco tiene un espesor de veinticuatro pies.

En el segundo sondeo se detectaron cuatro estratos de los cuales, el primero tiene un espesor de catorce pies compuesto de limo arcilloso color café, el segundo estrato se compone de arena pómez color blanco con un espesor de dos pies, el tercer estrato con un espesor de catorce pies se compone de limo color café claro y el último estrato detectado y confinado en el fondo del sondeo se compone de arena pómez color blanco con un espesor de veinte pies.

En el tercer sondeo explorado se pudieron verificar cinco estratos, siendo el primero con un espesor de cuatro pies y compuesto de limo arcilloso color café, el segundo estrato se compone de limo arenoso color café con un espesor de dos pies, el tercer estrato se compone de arena pómez color blanco con un espesor de doce pies, el cuarto estrato con un espesor de doce pies se compone de limo arenoso color café claro y el estrato confinado en el fondo del sondeo con un espesor de veinte pies se compone de arena pómez color blanco.

En el cuarto sondeo efectuado se detectaron únicamente dos estratos, siendo el primero de ellos una mezcla asfáltica con limo y materia orgánica con un espesor de dos pies y el segundo compuesto de limo arcilloso color café con un espesor de cuarenta y ocho pies.

En la exploración del quinto sondeo se detectaron cinco estratos de los cuales el primero está compuesto de mezcla asfáltica, limo y materia orgánica con un espesor de pies, el segundo estrato con un espesor también de dos piés se compone arcilla limosa color café claro, el tercer estrato se compone de arena pómez color blanco con un espesor de diez y ocho pies, el cuarto estrato con un espesor de ocho pies se compone de limo arenoso color café claro, el

quinto estrato se compone de arena pómez color blanco con un espesor de veinte pies.

En el sexto sondeo explorado se detectaron cuatro estratos que son los siguientes: el primero con un espesor de diez pies se compone de limo arenoso color café claro, el segundo estrato se compone de arena pómez color blanco con un espesor de doce pies, el tercer estrato con un espesor de ocho pies se compone de limo arenoso color café claro y el cuarto estrato confinado en el fondo del sondeo se compone de arena pómez color blanco con un espesor de veinte pies.

Tabla VII. Resumen del análisis de laboratorio de sub-rasante

Estación	Densidad. Maxima Lb/p ³ .	% humedad óptima	C.B.R. al 95%	Límite Líquido	índice Plástico	% pasa tamiz 40	% pasa tamiz 200	% humedad campo	Clasificación
Sondeo 1	112,60	11	12	42,10	9	60,60	37,60		A-5
Sondeo 2	99	16	26	33	12	62,30	40,60		A-4
Sondeo 3	98,50	17	21	39	13	45,10	37,70		A-6
Sondeo 4	101	21	12,50	38,50	10	68	41,20		A-4
Sondeo 5	110,50	21	21	42,50	8,30	71,90	40,10		A-5
Sondeo 6	112	18,30	27	39	8	68	37,10		A-4

Fuente: Departamento Técnico de Ingeniería, Dirección General de Caminos.

3. DISEÑO GEOMÉTRICO PASO A DESNIVEL ALDEA BOCA DEL MONTE, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

3.1. Descripción del proyecto

El distribuidor de tránsito se ubicará en el departamento de Guatemala, municipio de Villa Canales, en las coordenadas Latitud norte 14°32'30 y longitud oeste 90°31'44". El sitio exacto de su construcción es entre el kilómetro 11 y 12 de la ruta departamental GUA-1, aldea Boca del Monte. El área de influencia directa del proyecto es el municipio de Villa Canales (353 kilómetros cuadrados) y el área de influencia indirecta esta constituida por algunas aldeas y colonias del municipio de San Miguel Petapa.

Con la finalidad de contribuir al descongestionamiento del tráfico vehicular, se analiza la posibilidad de construir un distribuidor de tránsito en el lugar denominado, El Pino, localizado en la zona 1 de la aldea Boca del Monte, municipio de Villa Canales.

Para desarrollar el distribuidor de tránsito, luego de analizar varias alternativas, se eligió la propuesta del diseño de un paso subterráneo (túnel). Las dimensiones del túnel son las siguientes: longitud total de 700 metros, divididos de la siguiente manera: 400 metros de túnel propiamente y 300 metros de rampa de entrada y salida, 8 metros de ancho y 5,50 metros de alto.

Para poder utilizar la parte superior del túnel, es necesaria la colocación de pilotes de concreto; la carpeta de rodadura en la parte interna del túnel será de concreto asfáltico en tanto que para la parte superior la carpeta de rodadura será de concreto hidráulico.

3.2. Planos

La presente propuesta consta de un paso a desnivel el cual esta diseñado de la siguiente manera:

Se ampliará a cuatro carriles desde la estación 0+050 para contar con dos carriles de ida y dos de vuelta, para luego reducirlos nuevamente a dos sobre el túnel en la estación 0+240, de esta manera habrá dos vías tanto sobre como en el túnel mismo.

De la misma manera se volverá a ampliar a cuatro carriles en la estación 0+460 dejando un carril de aceleración en ambas salidas. El túnel inicia en la estación 0+180 y finaliza en la estación 0+560. Dentro del túnel se diseñaron dos curvas, con grado de curvatura de 28°00'00" y 24°00'00", las cuales facilitaran una velocidad de 30 kilómetros por hora.

Se conservó la pendiente existente en la parte superior para no afectar las casas y comercios de ese lugar, mientras que en el túnel se diseño una rasante aproximadamente seis metros por debajo de la losa para dar holgura a los vehículos. En lo que a drenaje se refiere se propuso tubería de concreto de 30" de diámetro con pendientes entre el 4 y 5 por ciento para evitar velocidades grandes que puedan causar arrastre de materiales no deseados.

Los túneles que poseen una gran porción de tierra sobre su estructura regularmente presentan problemas con el agua, porque del escurrimiento superficial gran parte de su volumen se infiltra, por lo que se recomienda un estudio de la estratigrafía del mismo, pero por ser este un túnel considerablemente pequeño no es necesario.

Para la determinación de los caudales del área tributaria para el escurrimiento superficial se uso el método racional ($Q=C*I*A / 360$) mediante el cual se determinaron los caudales que serán captados por las estructuras hidráulicas de drenaje superficial como lo son los tragantes, cunetas, cajas unificadoras considerando la retención de sedimentos acarreados por la misma esorrentía y conductores a los pozos de visita. Para los conductores se recomiendan estructuras mínimas de 30" para facilitar su limpieza, y en este caso porque los caudales determinados fueron muy pequeños.

Los caudales determinados para el calculo de tuberías se asumieron en su inicio, por ser tan pequeños los calculados, en 0,75 metros cúbicos por segundo y para la parte final de la tubería de 1 metro cúbico por segundo.

Para el cálculo de la velocidad, así como para comprobar el diámetro propuesto de 30" se trabajó con la fórmula de Manning: $V = 1/n*R^{2/3}*S^{1/2}$ en donde:

V = velocidad

n = parámetro que depende de la rugosidad de la pared

R = radio hidráulico

S = pendiente

Para determinar el parámetro n de rugosidad se puede hacer uso de la siguiente tabla:

TABLA VIII. **Coefficiente de rugosidad n de Manning**

Material del revestimiento	n
Metal liso	0,010
Hormigón	0,013
Revestimiento bituminoso	-
Terreno natural en roca lisa	0,035
Terreno natural en tierra con poca vegetación	0,027
Terreno natural en tierra con vegetación abundante	0,080

Fuente: Hidráulica de los canales abiertos, Ven Te Chow, p. 108.

El radio hidráulico es la relación que existe entre el área mojada y el perímetro mojado, en el caso particular de las conducciones circulares trabajando con sección plena, es decir en presión, el radio hidráulico en función del diámetro D es:

$$R_h = \frac{A}{P} = \frac{\frac{\pi D^2}{4}}{\pi D}; \text{ es decir: } R_h = \frac{D}{4} = r \cdot 0,50$$

Para el presente proyecto se usaron los siguientes valores:

Coefficiente de rugosidad de Manning: 0,035

Radio hidráulico = 30" * 2,54 = 76,2 cm * 0,50 = 38,1 cm = 0,381 m

Pendiente = 4%.

Para las tuberías del colector general se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla IX. **Resultado análisis de tubería propuesta**

Pozo No.	Ø	Cota Invert	Long.	S %	Vel. (m/s)
1	30"	1 338,12	-	0,5	1,06
2	30"	1 337,92	40	0,5	1,06
3	30"	1 337,72	40	0,5	1,06
4	30"	1 337,37	70	0,5	1,06
5	30"	1 337,12	50	0,5	1,06
6	30"	1 336,94	35	0,5	1,06
7	30"	1 335,21	25	0,5	1,06
8	30"	1 331,99	40	4	3
9	30"	1 330,39	40	4	3
10	30"	1 328,79	40	4	3
11	30"	1 325,77	50	4	3
12	30"	1 322,76	50	4	3
13	30"	1 319,74	50	4	3
14	30"	1 318,54	30	4	3

Fuente: Departamento Técnico de Ingeniería, Dirección General De Caminos.

También se colocaron respiraderos a lo largo del túnel para disipar los gases que se puedan concentrar dentro de el.

Para los taludes se propone trabajar con la técnica de Soil Nailing, dicha técnica es utilizada para el refuerzo de terrenos cuya estabilidad no está

asegurada. El suelo es generalmente un material estructuralmente pobre debido a la baja tensión que presenta. El concepto fundamental del soil nailing consiste en reforzar el suelo mediante la instalación de barras de acero a las que se le inyecta lechada de cemento en una pendiente o excavación, como proceso constructivo que va desde la parte más alta y acaba en la más baja del talud.

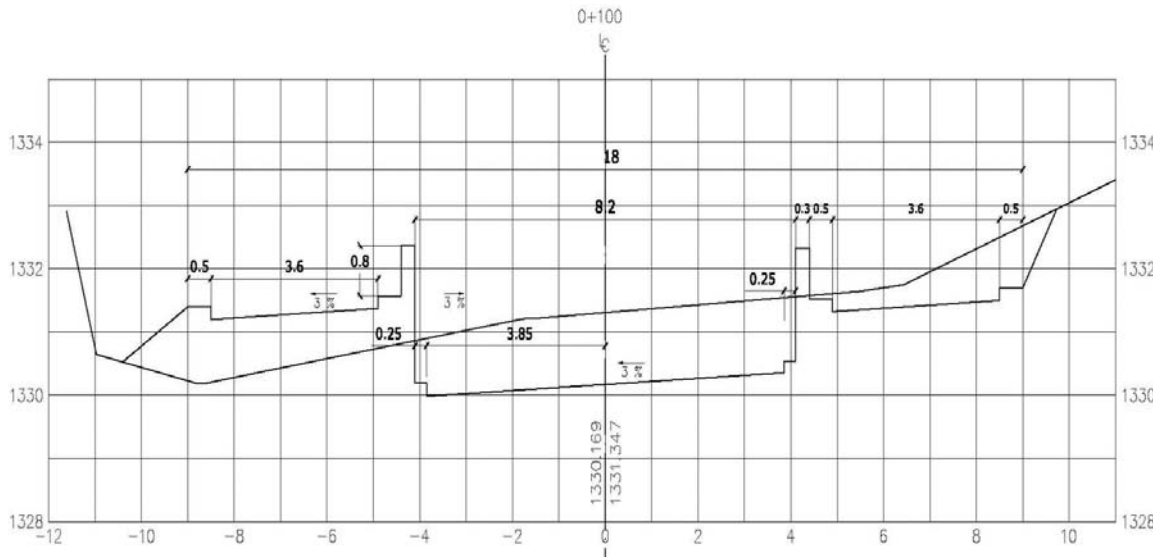
Por lo tanto, esta técnica se ejecuta a través de una serie de anclajes pasivos, por lo que no son llevados a una tensión previa, como suele suceder en otro tipo de anclajes para construcción. En muchas ocasiones los taludes están formados por suelo poco consolidado o formaciones de roca deteriorada.

Los carriles tendrán un ancho de 3,85 metros y una banqueteta de 0,25 metros para un total de 4,10 metros de ancho de calzada.

Los respiraderos tendrán un ancho de 0,90 metros para mejor accesibilidad por parte de las personas que darán el respectivo mantenimiento, con escalones de 0,20 metros de ancho y separados a una altura de 0,40 metros.

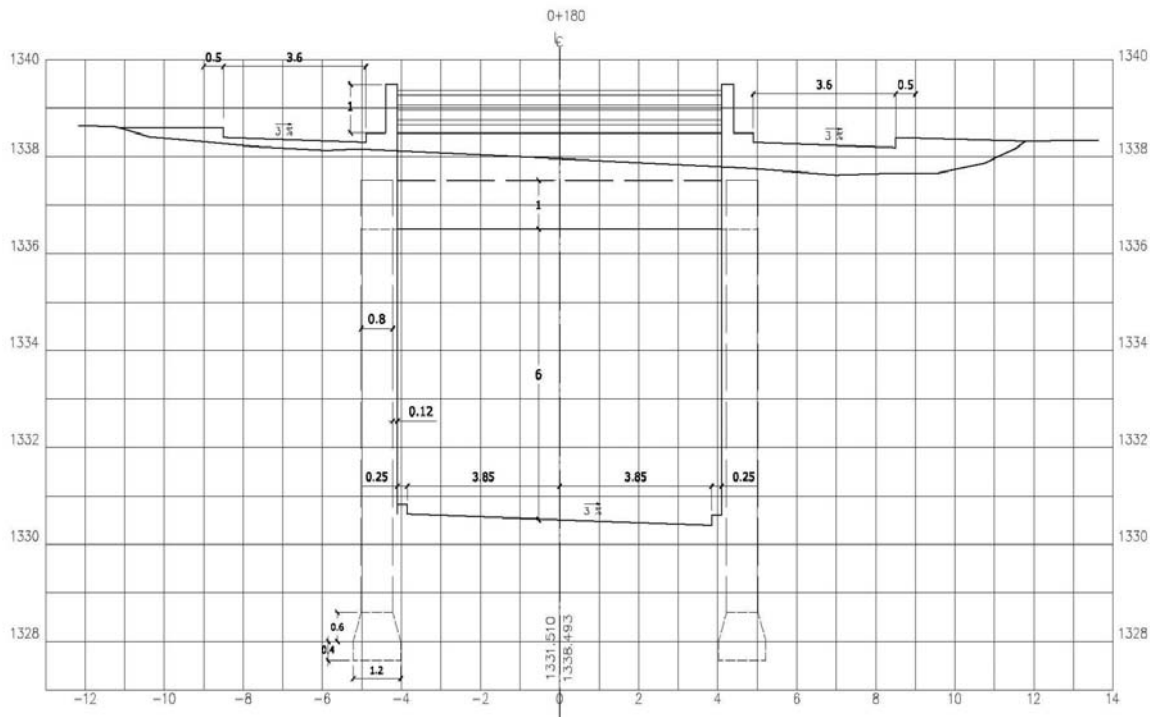
A continuación se muestran secciones transversales que muestran la transición de cuatro carriles a dos y viceversa:

Figura 4. Sección transversal estación 0+100 ampliación a 4 carriles



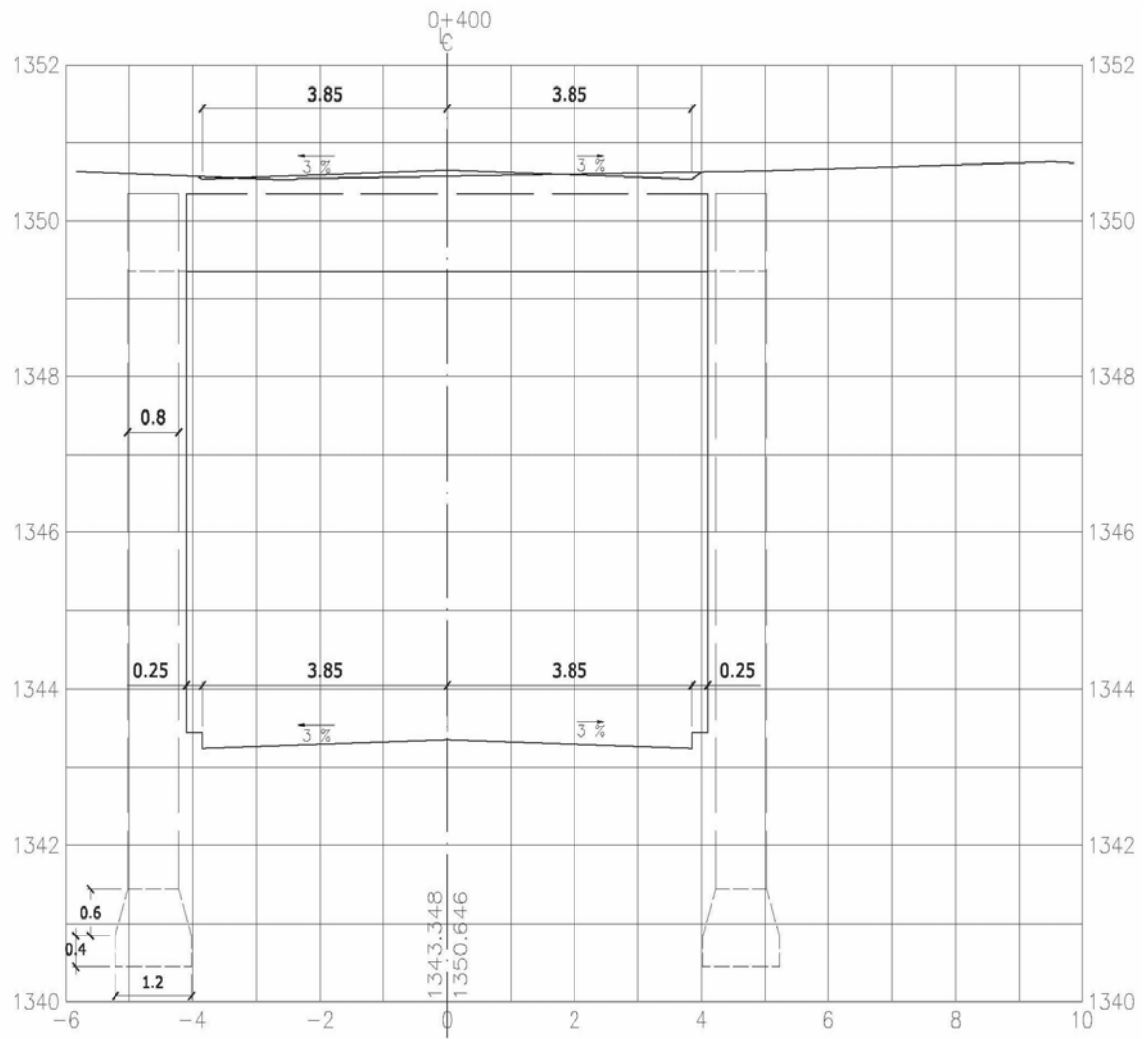
Fuente: elaboración propia.

Figura 5. Sección transversal estación 0+180 entrada de túnel



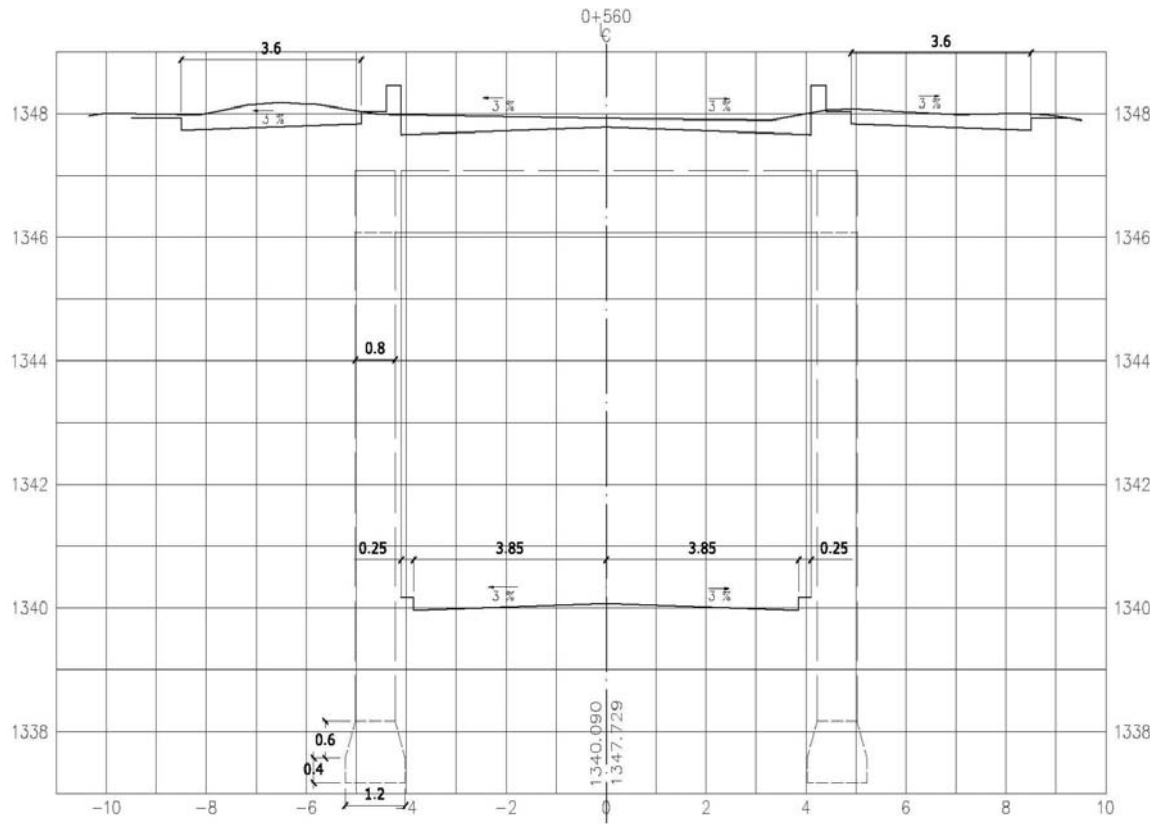
Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Sección transversal estación 0+400 sobre túnel



Fuente: elaboración propia.

Figura 7. Sección transversal estación 0+560 salida de túnel



Fuente: elaboración propia.

4. PRESUPUESTO DE LA OBRA

4.1. Presupuesto general de la obra

El presupuesto de construcción para cualquier obra es aquel que nos muestra, por medio de mediciones y valoraciones que existan en el mercado actual, una valoración económica de la obra cercana a la realidad, aunque el costo final puede variar del presupuesto de obra inicial.

Para determinar el costo aproximado del proyecto, se utilizó el factor de indirectos propuesto por la Cámara Guatemalteca de la Construcción, para luego integrarlo al precio unitario.

A continuación se presenta una tabla que muestra como se obtuvo el factor de indirectos así como un ejemplo de precio unitario para un renglón del proyecto:

TABLA X. Integración de indirectos para proyectos de carreteras

Descripción	Porcentaje	% Total
Supervisión de campo:		
a) Profesionales para supervisión	2	
b) Supervisión técnica (encargados de frentes, topografía, control de calidad, calculistas y dibujantes)	10	14
c) Arrendamientos de vehículos para supervisión y administración	2	
Administración de campo (Administración, vigilancia, arrendamientos y servicios).		7
Administración de oficina central		6
Fianzas y seguros		5
Imprevistos		10
Utilidad		10
Porcentaje total		52

Fuente: Cámara Guatemalteca de la Construcción.

Tabla XI. Integración de precio unitario

Renglón: 203.03 (b), Excavación no clasificada de desperdicio 40 000 m³.

No.	Tipo de máquina	Horas por día	Total Horas	Q/hora	Total Q.
	Rendimiento = 523	m ³ /día			
1	Tractor CAT D6R	10	738,68	629,28	464 836,55
1	Cargador frontal 950 G	10	738,68	508,25	375 434,11
2	Camión de volteo	10	1 477,36	145,00	214 217,20
				Total	1 054 487,86
No.	Mano de obra	Horas c/u	Total horas	Q/hora	Total Q.
1	Encargado general	10	738,69	44,68	33 004,22
2	Ayudantes	10	1 477,36	20,76	30 669,99
1	Operador de tractor	10	738,69	37,79	27 915,10
1	Operador de cargador	10	738,69	27,38	20 225,06
2	Piloto camión de volteo	10	1 477,36	20,76	30 669,99
				Sub-total	142 484,36
Costo de herramienta = 1%					1 424,36

Continuación de la tabla XI.

Material			00,00
Resumen de conceptos			
Costo directo			1 198 397,07
Costo unitario			29,96
Indirectos		52%	15,58
		Sub-total	45,54
Iva		12%	5,46
Precio unitario			51,00

Fuente: elaboración propia.

Del mismo modo se presenta un costo aproximado de la obra, luego de integrar los precios unitarios que componen cada renglón de trabajo.

Tabla XII. Presupuesto de la obra

RENGLON	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
CONTROL DE TRABAJO					
105.06	Planos de obra construida	U	11	Q.1 400,00	Q.15 400,00
110.11	Trabajos por administración	Global	1,00	Q.1 000,00	Q.1 000,00
151	Movilización y desmovilización	Global	1	Q.100 000,00	Q.100 000,00
ETE-01	Mantenimiento de la carretera	Mes	6	Q.35 000,00	Q.210 000,00
TERRACERIA					
201.03	Retiro de estructuras existentes	m ²	50,00	Q.80,00	Q.4 000,00
201.03(b)	Retiro de cabezales, pozos etc	m ³	20,00	Q.120,00	Q.2 400,00
201.03(c)	Retiro de alcantarillas	m.	24,00	Q.55,00	Q.1 320,00
201.04	Retiro de servicios existentes	U	10,00	Q.100,00	Q.1 000,00
203.03(b)	Excavación no clasificada	m ³	100,00	Q.51,00	Q.5 100,00
203.03(c)	Excavación no clasificada de material de desperdicio	m ³	40 000,00	Q.51,00	Q.2 040 000,00
203.03(d)	Excavación no clasificada de material de préstamo	m ³	2 000,00	Q.53,00	Q.106 000,00
201.03(b)	Demolición del pavimento existente	m ²	7 200,00	Q.30,00	Q.216 000,00
205.05	Excavación estructural para cajas y cabezales	m ³	80,00	Q.170,00	Q.13 600,00
205.06	Excavación estructural para alcantarillas	m ³	360,00	Q.170,00	Q.61 200,00
205.07	Excavación estructural para subdrenajes	m ³	500,00	Q.127,00	Q.63 500,00
205.12	Relleno estructural para alcantarillas	m ³	312,00	Q.230,00	Q.71 760,00
208.02	Acarreo	m ³ -Km	210 500,00	Q.6,50	Q.1 368 250,00
DRENAJE MENOR					
Alcantarillas de concreto					
603.02(30")	Alcantarilla de concreto reforzado de 30" de diámetro	m.	430,00	Q.1 140,00	Q.490 200,00
603.02(36")	Alcantarilla de concreto reforzado de 36" de diámetro	m.	130,00	Q.1 440,00	Q.187 200,00
Tubos PVC para drenaje de estructuras					
602.03(d)(4")	Conductos rígidos de cloruro de polivinilo 4" de diámetro	m.	10,00	Q.150,00	Q.1 500,00
602.03(d)(6")	Conductos rígidos de cloruro de polivinilo 4" de diámetro	m.	40,00	Q.180,00	Q.7 200,00
REGLONES VARIOS					
Pozos					
ETE-02	Pozo de visita de diámetro 48"	m	60,00	Q.3 000,00	Q.180 000,00
ETE-03	Pozo de luz de diámetro 36"	m	20,00	Q.2 500,00	Q.50 000,00
Cajas y cabezales de alcantarillas					
551.02	Concreto estructural 2000 PSI	m ³	100,00	Q.2 800,00	Q.280 000,00
555.02	Concreto ciclópeo	m ³	10,00	Q.1 950,00	Q.19 500,00
708	Bordillos de concreto simple	m.	1 800,00	Q.130,00	Q.234 000,00
Subdrenajes					
605.03(i)	Agregado para subdrenaje con geotextil	m ³	3 300,00	Q.414,00	Q.1 366 200,00
605.03(e)	Tubería perforada de material plástico; 6" de diámetro.	m.	550,00	Q.124,00	Q.68 200,00
605.03(j)	Geotextil para revestimiento del filtro	m ²	1 925,00	Q.68,00	Q.130 900,00
607.08	Cajas y cabezales de alcantarillas en mampostería de piedra	m ³	105,00	Q.1 986,00	Q.208 530,00
608.03	Derramaderos de agua revestidos de piedra ligada con mortero	m ²	15,00	Q.180,00	Q.2 700,00
608.08	Cunetas revestidas de concreto simple fundido en sitio (2000 PSI)	m ²	1 000,00	Q.177,00	Q.177 000,00
ETE-04	Tragantes de rejilla transversal	m.	8,00		Q.0,00
Estructura Túnel					
551.03	Concreto 4,000 Lb/plg	m ³	5 172,00	Q.4 600,00	Q.23 791 200,00
552.03	Acero de refuerzo grado 40	Kg.	774 790,00	Q.35,00	Q.27 117 650,00
ETE-05	Water stop 12"	m.	90,00	Q.300,00	Q.27 000,00
ETE-06	Neopreno 4" x 4" (0.10 x 0.10)	dm ³	60,00	Q.1 300,00	Q.78 000,00
551.03	Acero estructural (6 x 6 x 1/2)	Kg.	3 492,00	Q.125,00	Q.436 500,00
258.03	Muros soil nailing tunel	m ²	5 601,00	Q.3 000,00	Q.16 803 000,00
258.03	Muros soil nailing accesos	m ²	1 403,00	Q.2 500,00	Q.3 507 500,00
Tubo de drenaje de taludes					
602.03(d)(4")	Conductos rígidos de cloruro de polivinilo 4" de diámetro	m	400,00	Q.150,00	Q.60 000,00
PAVIMENTO					
301	Reacondicionamiento de subrasante	m ²	10 520,000	Q.11,50	Q.120 980,00
304	Capa de sub base granular 20 cm de espesor	m ³	2 104,00	Q.172,00	Q.361 888,00
406.01	Mezcla asfáltica para relleno de baches y sellado de grietas	m ³	300,00	Q.2 370,00	Q.711 000,00
309	Capa de base negra 10 cm de espesor	Ton.	1 552,00	Q.312,00	Q.484 224,00
407	Riego de imprimación	Gal.	1 235,00	Q.48,00	Q.59 280,00
401	Concreto asfáltico 13 cm (7+6) de espesor	Ton.	2 020,00	Q.463,00	Q.935 260,00
401.2(C)	Cemento asfáltico para concreto asfáltico + base negra	Gal.	56 555,00	Q.28,00	Q.1 583 540,00

Continuación de la tabla XII.

SEÑALIZACION					
706.06	Pintura termoplástica para línea longitudinal central y lateral	Km.	4,68	Q.17 724,00	Q.82 948,32
706.09	Dispositivos de Señalización nocturna (ojos de gato)	U	290,00	Q.30,00	Q.8 700,00
707.01(1)	Señales de trafico de metal restrictivas y preventivas	U	36,00	Q.1 654,00	Q.59 544,00
707.01(3)	Señales de trafico de metal informativas de dos tableros	U	2,00	Q.3 700,00	Q.7 400,00
ETE-07	Indicadores de proyecto	U	2,00	Q.15 000,00	Q.30 000,00
704.02	monumentos de kilometraje	U	2,00	Q.925,00	Q.1 850,00
ETE-08	Lámparas de vapor de sodio en alta presión	U	43,00	Q.12 000,00	Q.516 000,00
CONSTRUCCIONES COMPLEMENTARIAS					
710.05	Aceras de concreto de cemento hidráulico	m ² .	1 780,00	Q.150,00	Q.267 000,00
551.02	Concreto estructural 3000 PSI (respiraderos)	m ³ .	9,10	Q.2 500,00	Q.22 750,00
MITIGACION AMBIENTAL					
Medidas Ambientales					
ETA-01	Ejecutor ambiental	Mes	6	Q.15 000,00	Q.90 000,00
804.02	Siembra de árboles	u	1 000,00	Q.37,00	Q.37 000,00
803.02	Siembra de gramínea en talud de botadero y arriates	m ² .	1 000,00	Q.25,00	Q.25 000,00
TOTAL				Q84 943 136,32	

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. El conocimiento del estudio de tránsito para cualquier diseño vial es fundamental ya que permite conocer los flujos de vehículos y características del lugar a evaluar, así como la proyección de vehículos que circularán por dicha área en los próximos años, de esta manera, se podrá establecer la opción o alternativa más conveniente.
2. Con la propuesta de diseño de paso a desnivel en aldea Boca del Monte, la población tendrá una mejor vía de acceso y fluidez para los vehículos que transitan tanto para dicha aldea, como para el municipio de Villa Canales, así como un desarrollo en cuanto a infraestructura se refiere.
3. El volumen de tránsito es factor fundamental en diseños donde una intersección a nivel no tiene la capacidad suficiente para alojar los movimientos que en ella ocurren, esta es la mejor justificación para intersecciones a desnivel.

RECOMENDACIONES

1. En cualquier tipo de proyecto a realizar, cumplir con todas las normas y especificaciones de diseño al momento de su ejecución a través de la supervisión de un profesional, para garantizar la calidad y el buen funcionamiento del mismo.
2. La propuesta presentada en este trabajo de graduación, se recomienda ser tomada como una alternativa más para su análisis y comparación y no como un diseño final que elimine cualquier posibilidad de acondicionamiento u otros estudios de solución que provean resultados de conveniencia.
3. Al momento de realizar un análisis de costos, se deberá actualizarlos debidamente, así también, presentarlo de manera detallada por el bien de la obra.
4. Establecer convenios con todos los sectores interesados para establecer horarios de carga y descarga para no afectar la fluidez de los vehículos, así como áreas de parqueo en los alrededores.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Association of State Highway and Transportation Officials. *Guide for Design of Pavement*. USA: AASHTO, 1993. 294 p.
2. DIONISIO RUIZ, Pedro Aquilino. *Propuesta del anteproyecto del Viaducto de la Calle Martí entre la sexta avenida y la 16 avenida "A", zona 6*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1989. 122 p.
3. Dirección General de Caminos. *Especificaciones técnicas para el diseño de carreteras y puentes*. Guatemala: DGC, 1983, 10 p.
4. DUBON XITUMUL, Jorge Haroldo. *Paso a desnivel intersección CA-01 OCC – RN14*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1996. 88 p.
5. FERNANDEZ CACERES, Juan Carlos. *Propuesta para la solución funcional del tránsito en la intersección de la calzada Aguilar Batres con la 13 calle de las zonas 11 y 12*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1996. 74 p.

6. Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, Dirección General de Caminos. *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: CIV, 2001. 456 p.
7. WIKIPEDIA, *Cartografía* [en línea]
[http://es.wikipedia.org/wiki/Longitud\(cartograf%\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Longitud(cartograf%))
[Consulta: noviembre 2011].
8. _____ . *Latitud* [en línea]
[http://es.wikipedia.org/wiki/Longitud\(cartograf%\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Longitud(cartograf%))
[Consulta: noviembre 2011].
9. _____ . *Pavimento* [en línea]
<http://es.wikipedia.org/wiki/Pavimento> [Consulta: noviembre 2011].
10. _____ . *Pendiente de la recta* [en línea]
[http://es.wikipedia.org/wiki/Pendiente de la Recta](http://es.wikipedia.org/wiki/Pendiente_de_la_Recta)
[Consulta: noviembre 2011].
11. _____ . *Pilote* [en línea]
[http://es.wikipedia.org/wiki/Pilote \(cimentaci%C3%\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Pilote_(cimentaci%C3%))
[Consulta: noviembre 2011].
12. _____ . *Terraplén* [en línea]
<http://es.wikipedia.org/wiki/Terrapl%C3%A9n>
[Consulta: noviembre 2011].

APÉNDICES



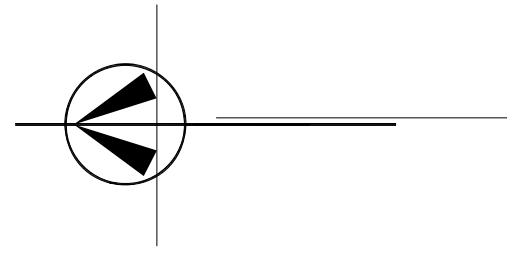
PROYECTO: PROPUESTA DE PASO A DESNIVEL ALDEA BOCA DEL MONTE, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

CONTIENE: SITUACIÓN ACTUAL DE EST.0+000 A EST. 0+821.80

DISEÑO: RUBANI GRANADOS DIBUJO: RUBANI GRANADOS

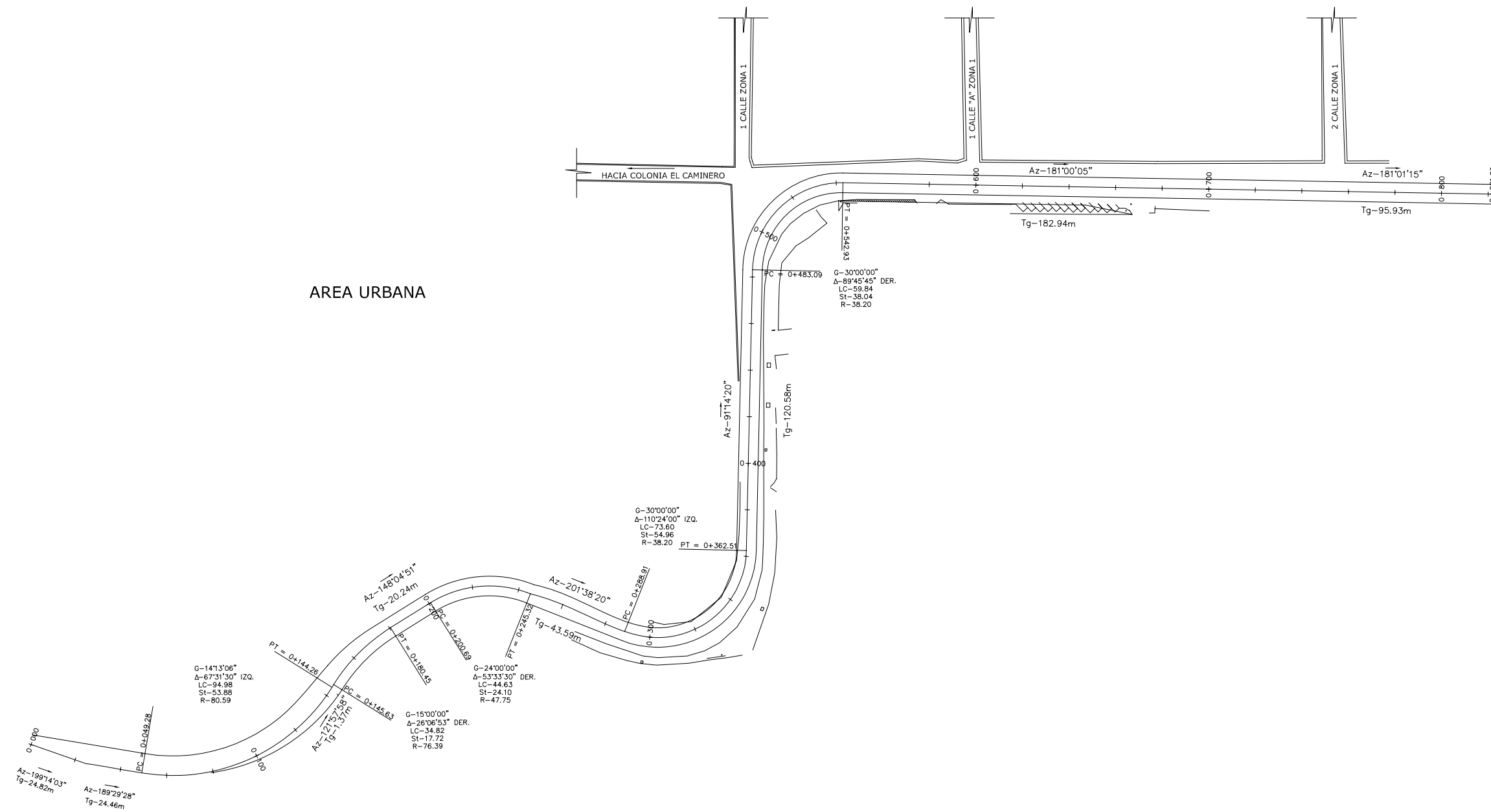
FECHA: FEBRERO 2,012 ESCALA: 1:1,000 HOJA: 1/3

1



CENTRO URBANO DE ALDEA BOCA DEL MONTE

AREA URBANA



2

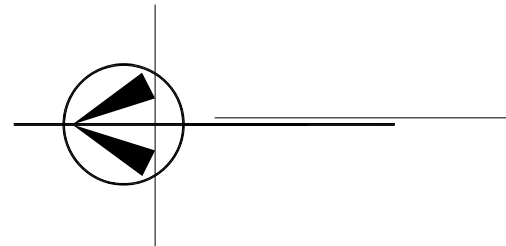


PROYECTO: PROPUESTA DE PASO A DESNIVEL ALDEA BOCA DEL MONTE, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

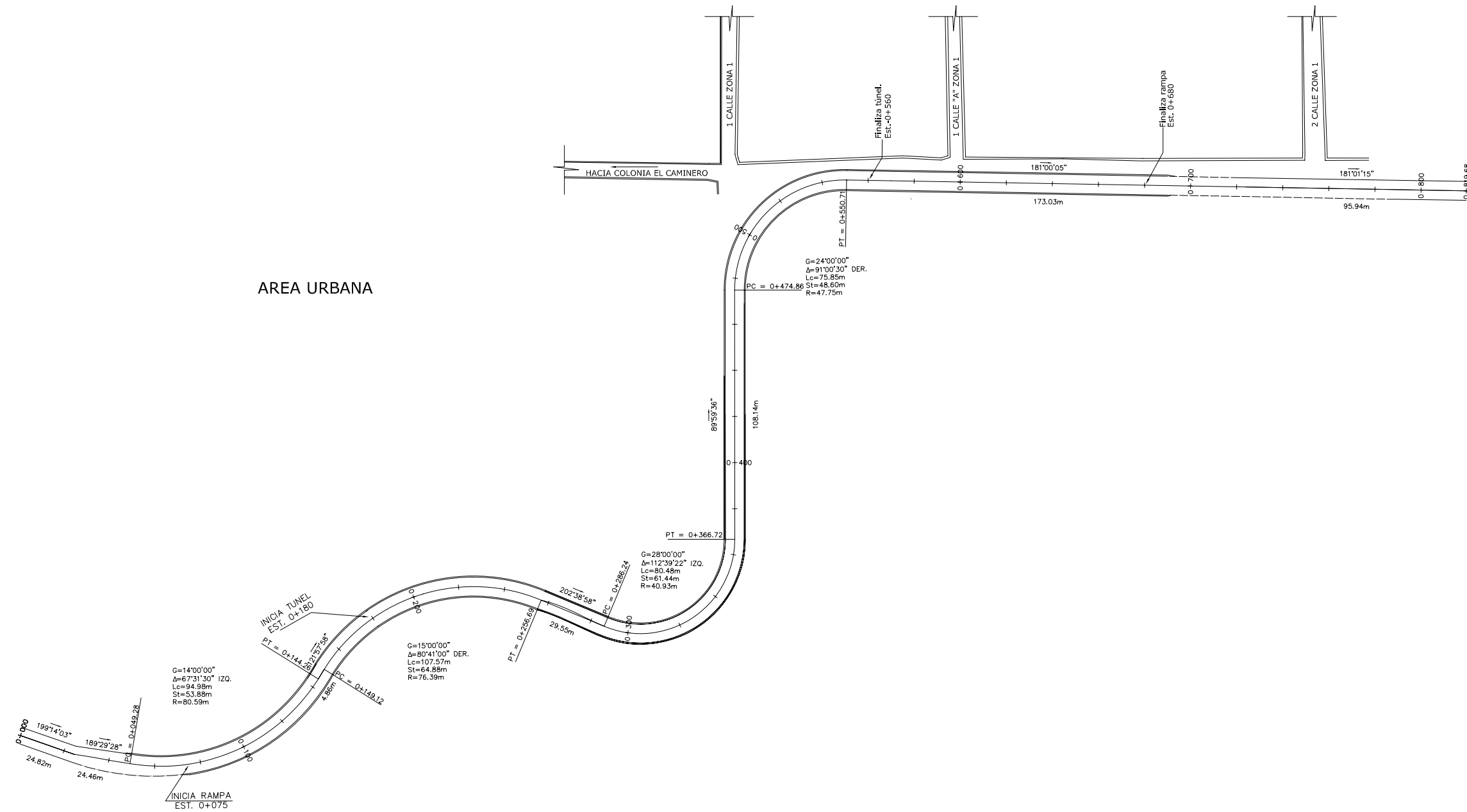
CONTIENE: ALINEAMIENTO INFERIOR PROPUUESTO DE EST.0+000 A EST. 0+819.68

DISEÑO: RUBANI GRANADOS DIBUJO: RUBANI GRANADOS

FECHA: FEBRERO 2,012 ESCALA: 1:1,000 HOJA: 2/3



CENTRO URBANO DE ALDEA BOCA DEL MONTE



AREA URBANA

HACIA COLONIA EL CAMINERO

1 CALLE ZONA 1

1 CALLE "A" ZONA 1

2 CALLE ZONA 1

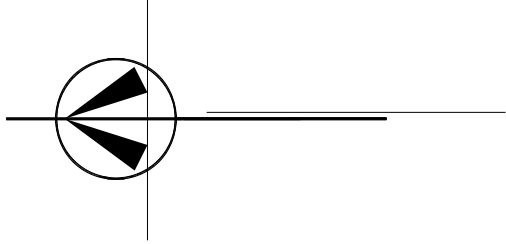


PROYECTO: PROPUESTA DE PASO A DESNIVEL ALDEA BOCA DEL MONTE, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

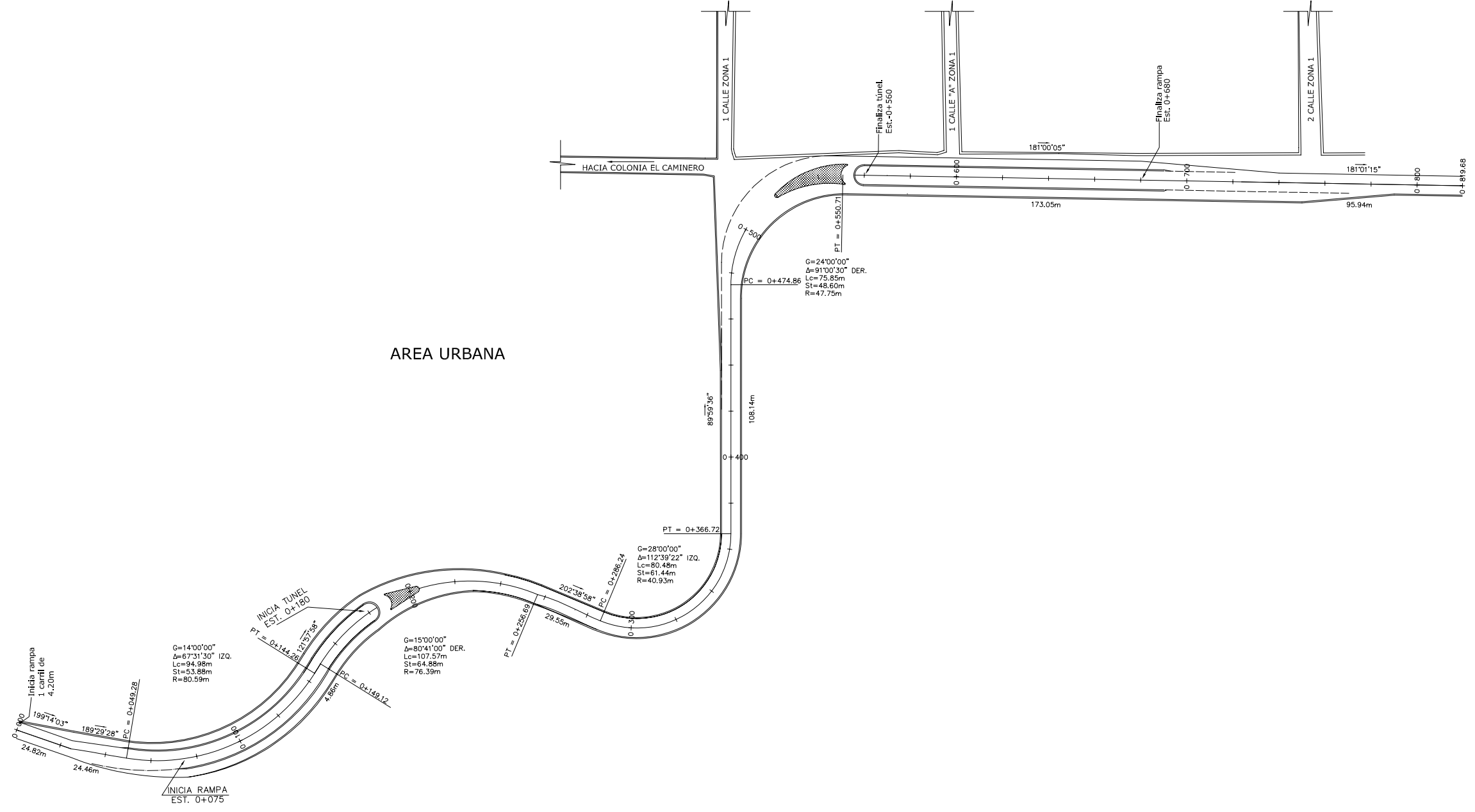
CONTIENE: ALINEAMIENTO SUPERIOR + INFERIOR DE EST.0+000 A EST. 0+819.68

DISEÑO: RUBANI GRANADOS DIBUJO: RUBANI GRANADOS

FECHA: FEBRERO 2,012 ESCALA: 1:1,000 HOJA 3/3



CENTRO URBANO DE ALDEA BOCA DEL MONTE



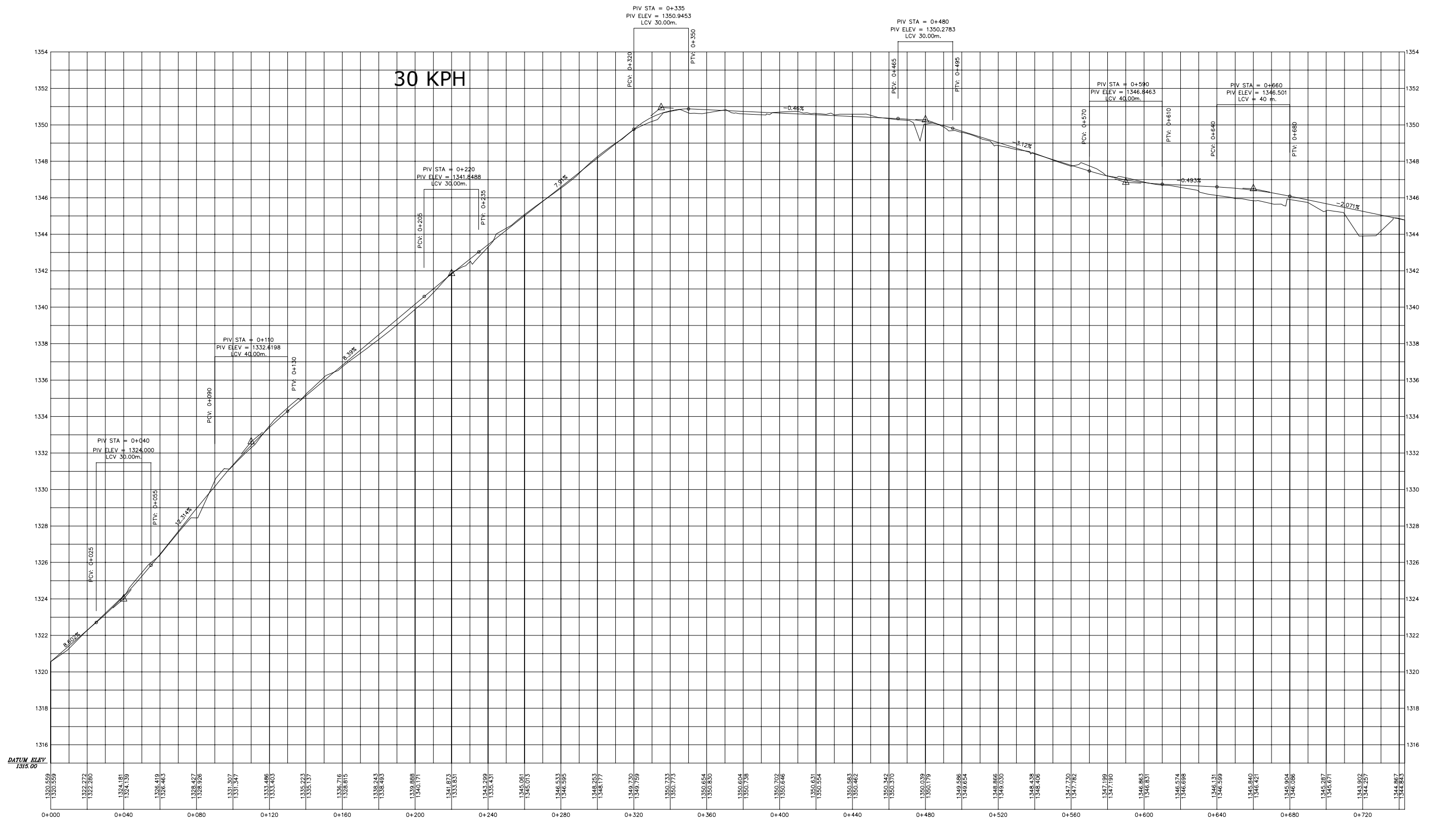


PROYECTO: PROPUESTA DE PASO A DESNIVEL ALDEA BOCA DEL MONTE, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

CONTIENE: PERFIL EXISTENTE DE EST.0+000 A EST. 0+740

DISEÑO: RUBANI GRANADOS DIBUJO: RUBANI GRANADOS

FECHA: FEBRERO 2,012 ESCALA: HORIZONTAL 1:1,000 VERTICAL 1:100 HOJA 1/3



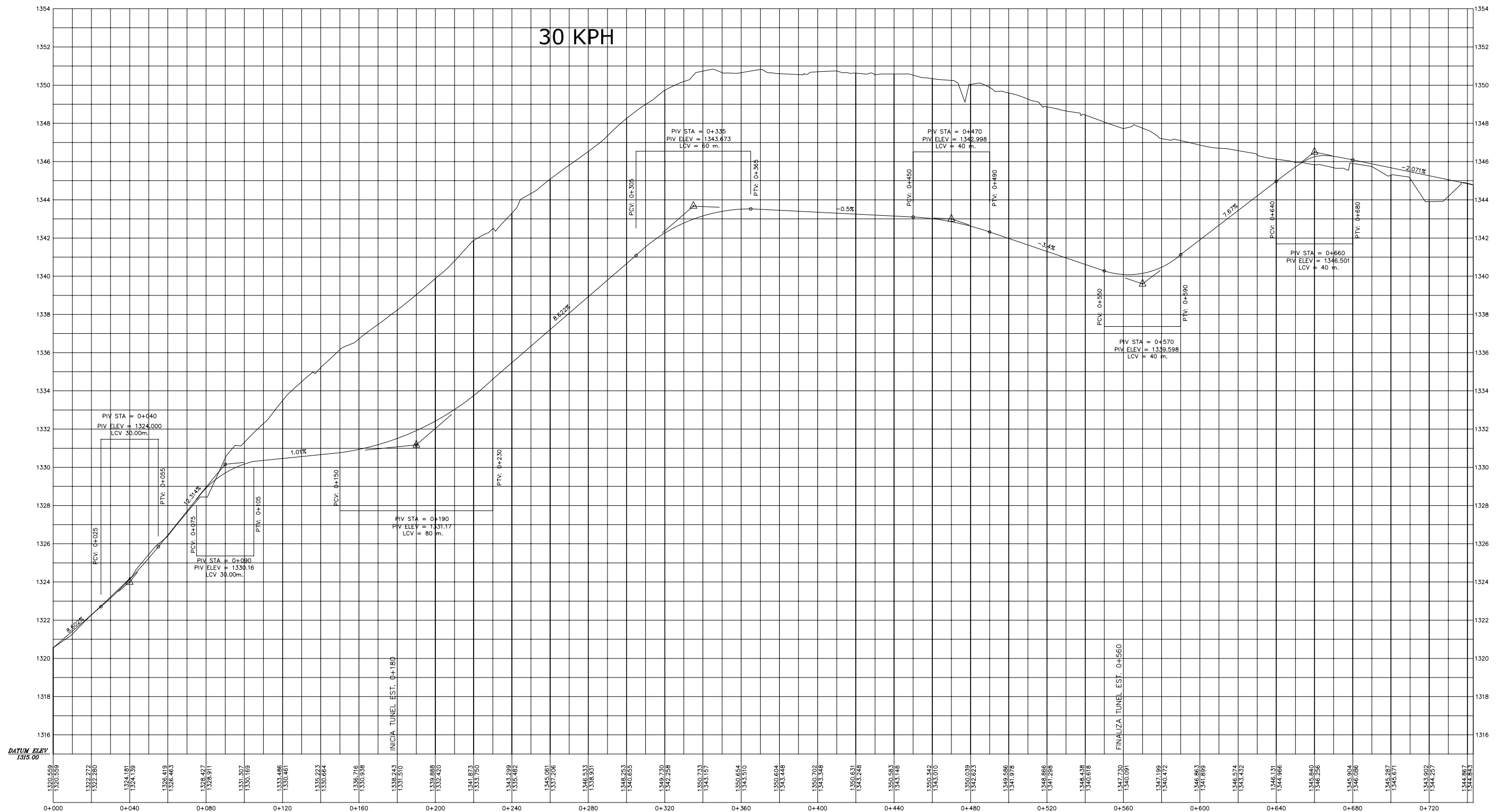


PROYECTO: PROPUESTA DE PASO A DESNIVEL ALDEA BOCA DEL MONTE, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

CONTIENE: PERFIL PROPUESTO DESNIVEL DE EST.0+000 A EST. 0+740

DISEÑO: RUBANI GRANADOS DIBUJO: RUBANI GRANADOS

FECHA: FEBRERO 2,012 ESCALA: HORIZONTAL 1:1,000 VERTICAL 1:100 HOJA 2/3



6

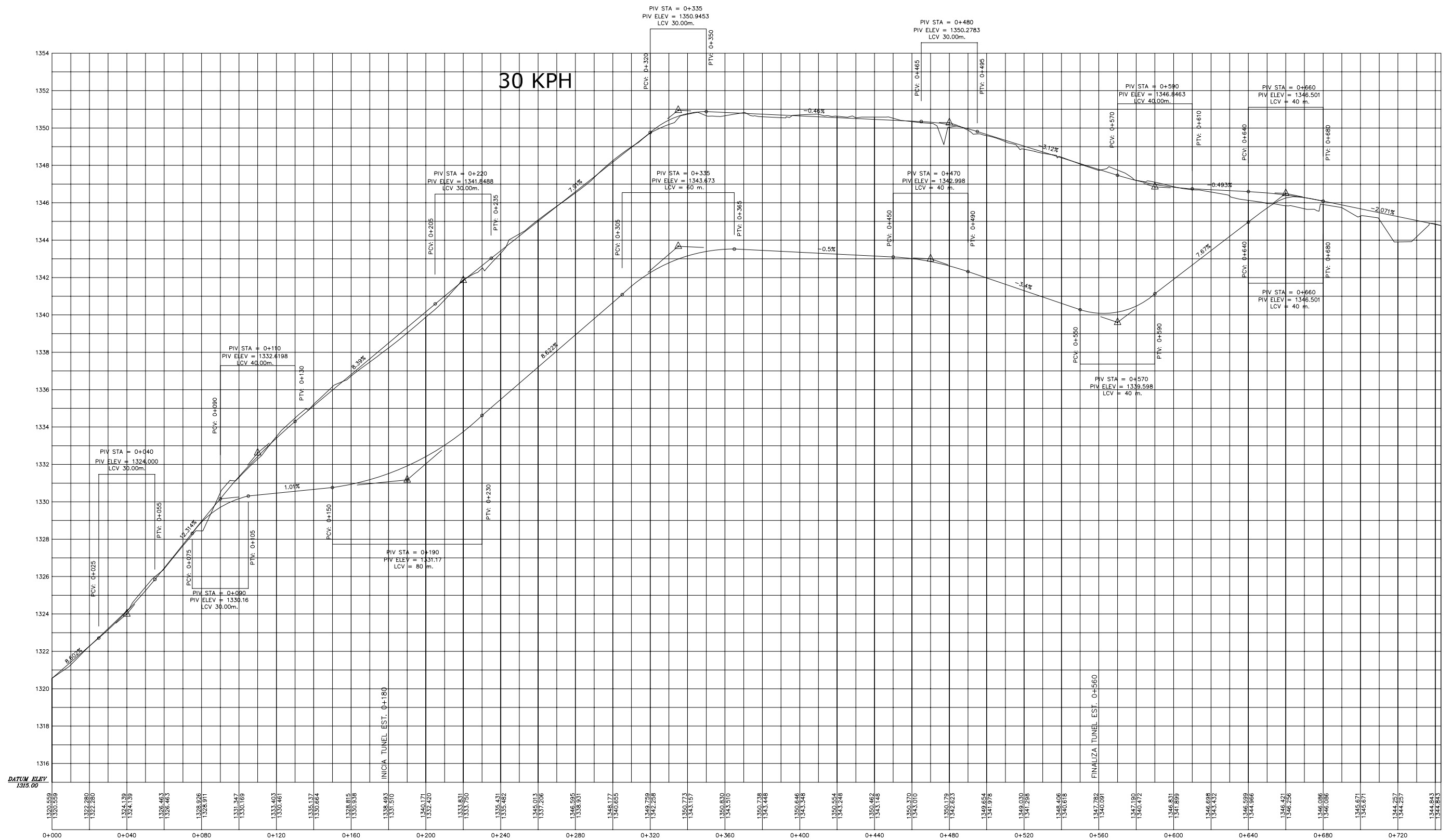


PROYECTO: PROPUESTA DE PASO A DESNIVEL ALDEA BOCA DEL MONTE, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

CONTIENE: PERFIL EXISTENTE + PROPUESTO DE EST.0+000 A EST. 0+740

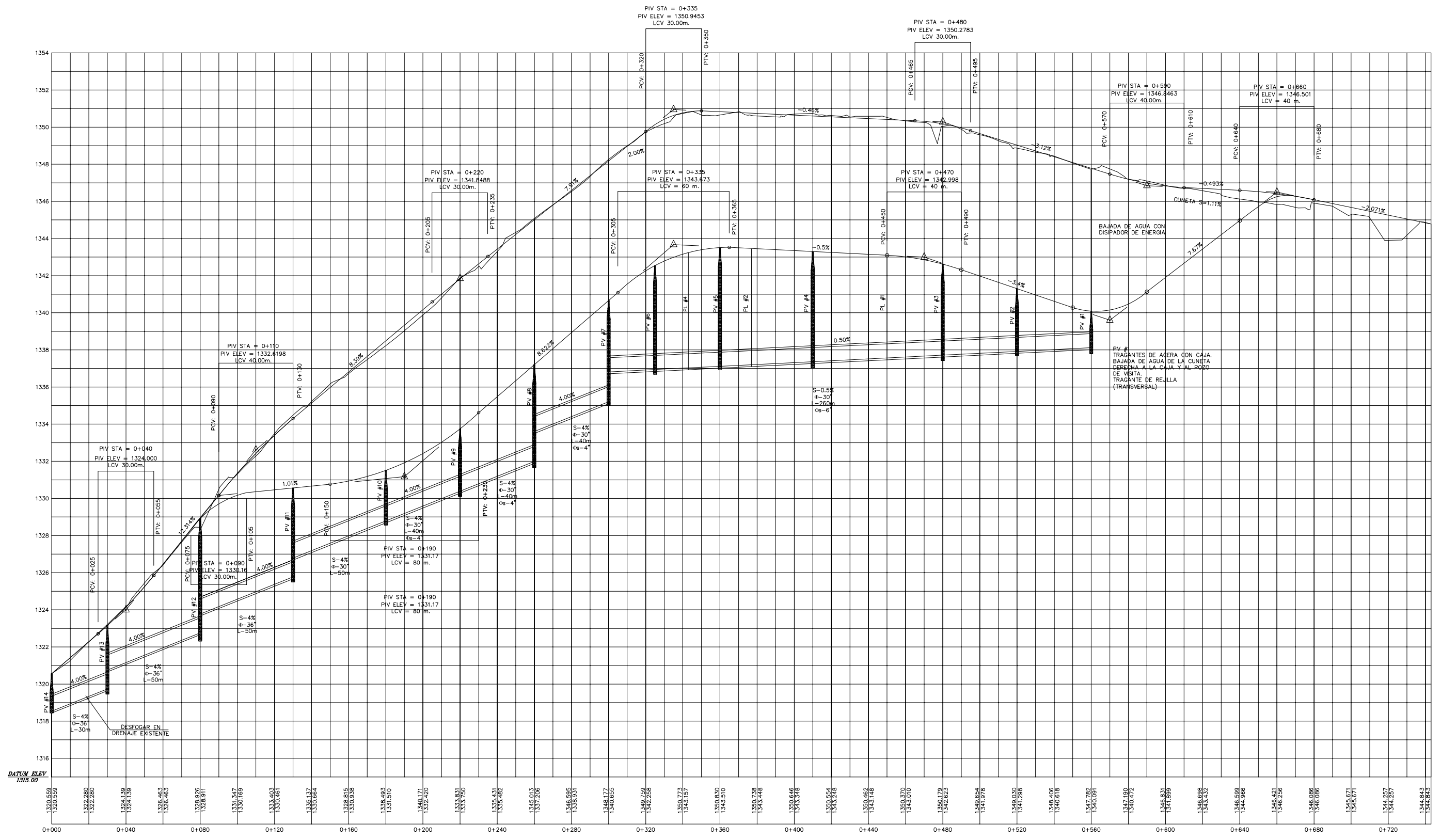
DISEÑO: RUBANI GRANADOS DIBUJO: RUBANI GRANADOS

FECHA: FEBRERO 2,012 ESCALA: HORIZONTAL 1:1,000 VERTICAL 1:100 HOJA 3/3

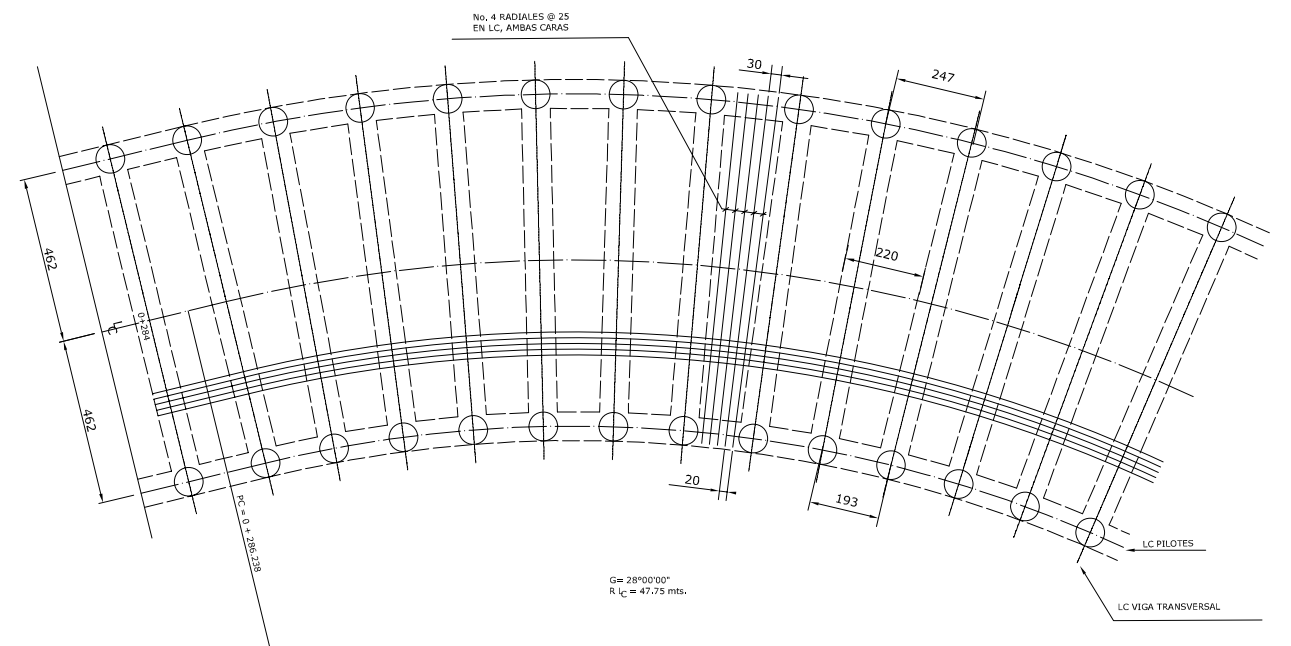
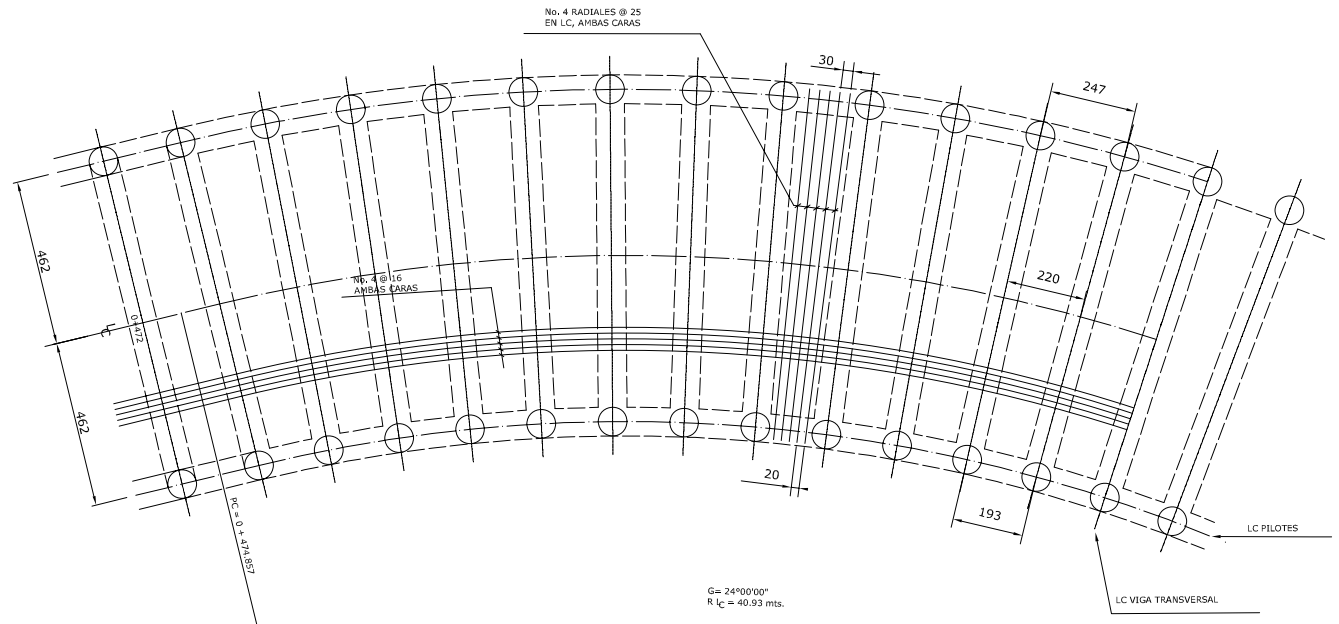
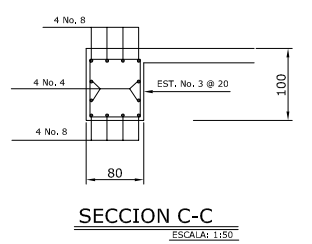
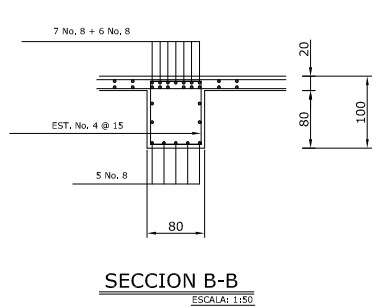
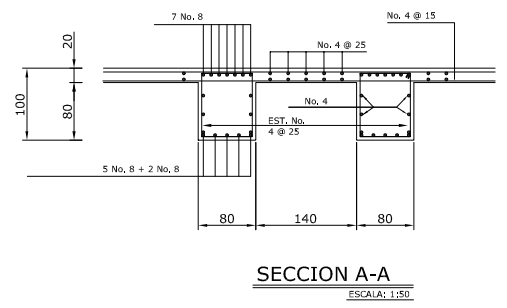
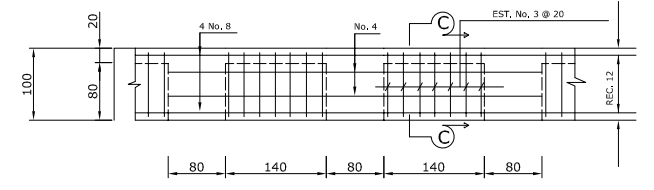
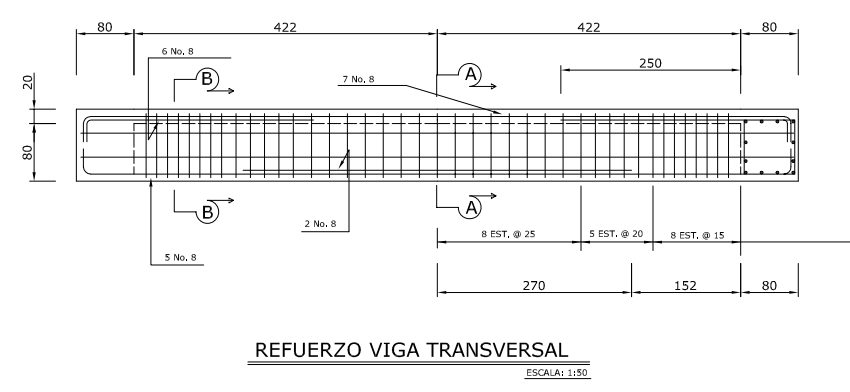
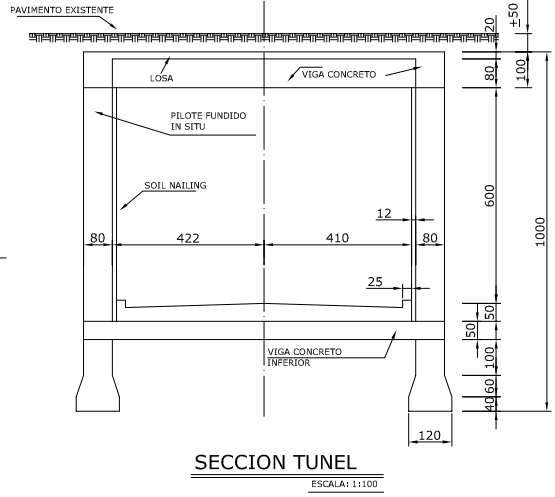
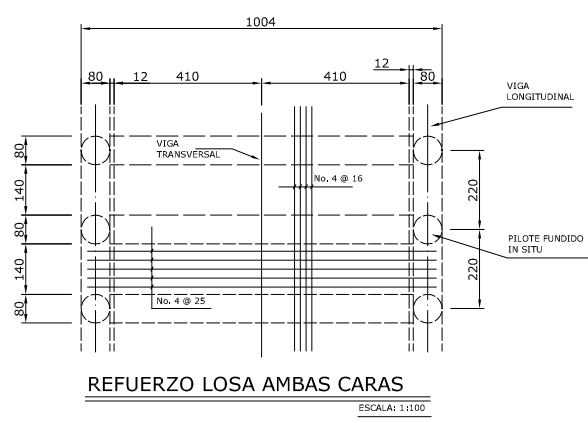




PROYECTO:		PROPUESTA DE PASO A DESNIVEL ALDEA BOCA DEL MONTE, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA	
CONTIENE:		DRENAJE MENOR DE EST.0+000 A EST. 0+740	
DISEÑO:	RUBANI GRANADOS	DIBUJO:	RUBANI GRANADOS
FECHA:	FEBRERO 2,012	ESCALA:	HORIZONTAL 1:1,000 VERTICAL 1:100
			HOJA 1/1



DATUM ELEV 1315.00



NOTAS GENERALES:

- ESPECIFICACIONES:**
 Diseño: Se diseñó para una carga viva HS-20-44 de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) 1989.-
 Construcción: Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Caminos, edición 2,001.-
- MATERIALES:**
 Concreto: Se usará concreto clase 21 con esfuerzo de ruptura a compresión de 210 Kg/cms² (3,000 Lbs/plg²) a los 28 días.-
 Acero de Refuerzo: Se usará acero de refuerzo, grado estructural en forma de barras corrugadas con Fy grado 40, excepto en las espirales de los pilotes y los tensores del muro soil nailing que será grado 60.-
- Recubrimientos: En las losas 2.5 cms; en las vigas 5 cms y en los pilotes 8 cms.-
 Dimensiones: Están dadas en centímetros excepto en estacionamientos y cotas de nivel, y donde indique expresamente.-



10

PROYECTO: PROPUESTA DE PASO A DESNIVEL ALDEA BOCA DEL MONTE, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

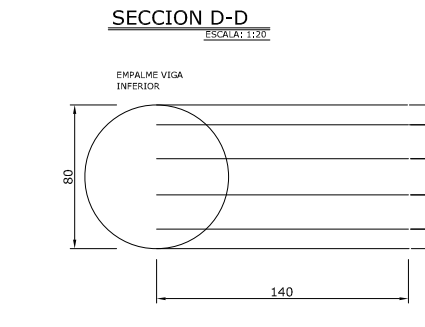
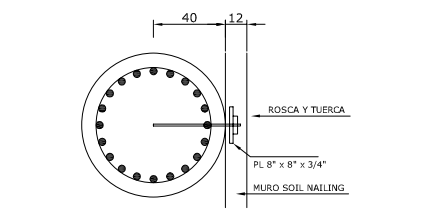
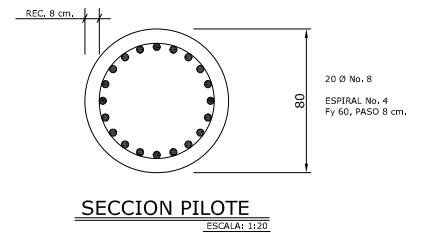
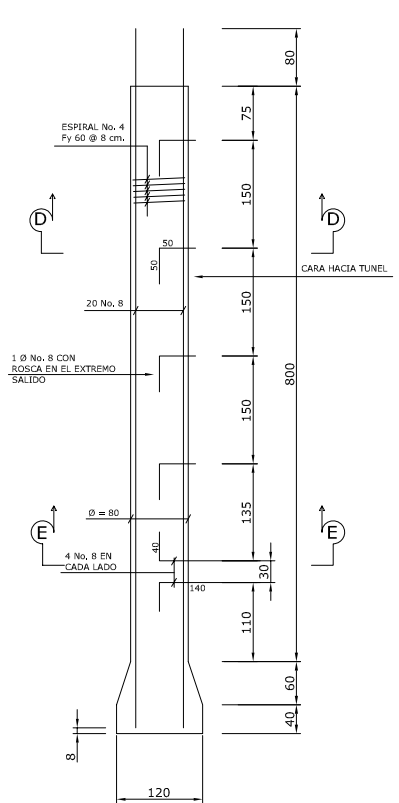
CONTIENE: DETALLES ESTRUCTURALES

DISEÑO: RUBANI GRANADOS DIBUJO: RUBANI GRANADOS

FECHA: FEBRERO 2,012 ESCALA: INDICADA HOJA: 1/2

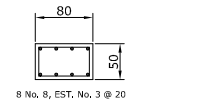
LOC.	CONEC.	HIERRO	ESPECIFICACION	LONG.	AREA	ESQUEMA
1 PILOTE	4,97 m ²	1,014 Kg	P1 No.8 20 P2 No.4 1 P3 No.8 4	9,72 226,20 1,00	773 225 16	
1 VIGA TRANSVERSAL	6,75 m ²	909 Kg	V1 No.8 12 V2 No.8 2 V3 No.8 12 V4 No.4 4 V5 No.4 4	10,74 5,40 3,65 9,94 2,44	512 43 174 40 140	
VIGA LONG. 62,4 m. Su	49,92 m ²	2,606 Kg	M1 No.8 8 M2 No.4 4 M3 No.3 196	62,30 62,30 3,44	1980 248 378	
VIGA LONG. 60,20 m. Su	48,16 m ²	2,513 Kg	M1 No.8 8 M2 No.4 4 M3 No.3 189	60,10 60,10 3,44	1910 239 364	
LOSA 1 TRAMO	2,36 m ²	326 Kg	L1 No.4 104 L2 No.4 10	2,20 9,94	227 99	
1 VIGA SOPORTE	3,45 m ²	442 Kg	S1 No.8 8 S2 No.3 43 S3 No.8 16	8,44 2,44 1,80	268 59 115	

RESUMEN DE MATERIALES								
RENGLON	PILOTES	VIGAS TRANSV.	VIGAS LONG.	LOSAS	VIGA SOPORTE	JUNTAS EXP.	MUROS	TOTAL
CONCRETO 3,000 Lb/plg.	1,988 m ³	1,350 m ³	688,32 m ³	455,48	690,00 m ³	6 u		5,171,80 m ³
HIERRO No. 8	315,600 Kg	145,800 Kg	27,300 Kg	76,600 Kg				565,300 Kg
HIERRO No. 4	90,000 Kg	36,000 Kg	3,418 Kg	62,918 Kg	116 Kg			192,452 Kg
HIERRO No. 3			5,208 Kg		11,800 Kg			17,008 Kg
HIERRO No. 2					30 Kg			30 Kg
TOTAL HIERRO	405,600 Kg	181,800 Kg	35,926 Kg	62,918 Kg	88,400 Kg	146 Kg		774,790 Kg
WATER STOP 12"					90 ml			90 ml
NEOPRENO 4" x 4" (1.0 x 1.0)					60 ml			60 ml
ACERO ESTRUCTURAL (6x6x1/2)					3492 Kg			3492 Kg
MUROS SOIL NAILING TUNEL							5,600,40 m	5,600,40 m
MUROS SOIL NAILING ACCESOS							1,402,50 m	1,402,50 m
EXCAVACION ESTRUCTURAL	2,388 m ³	1,080,32	390,57	3,093,13	675,20			7,627,22 m ³
EXCAVACION TUNEL							25,462,13 m	25,462,13 m
EXCAVACION ACCESOS							6,752 m ³	6,752 m ³

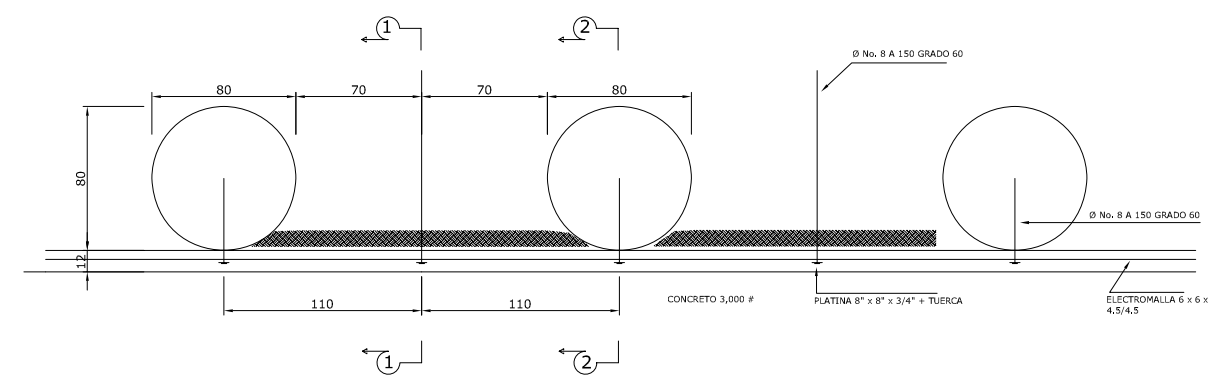


DETALLE ARMADO DE PILOTE
ESCALA: 1:150

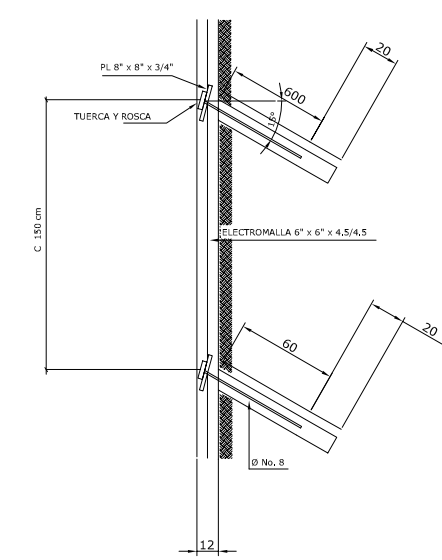
EMPALME VIGA INFERIOR
SECCION E-E
ESCALA: 1:20



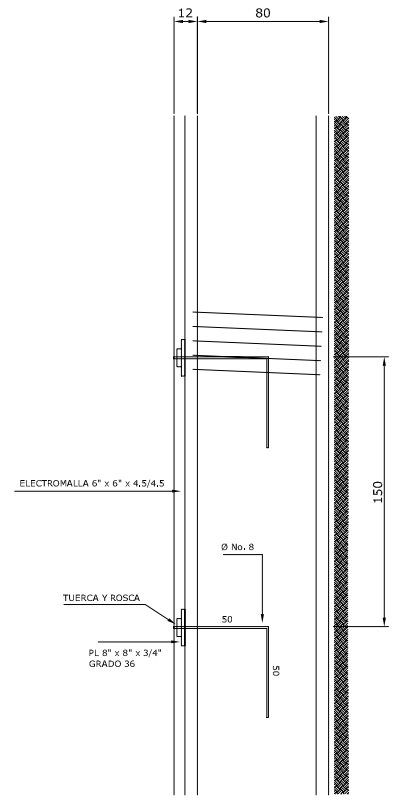
SECCION VIGA INFERIOR
ESCALA: 1:150



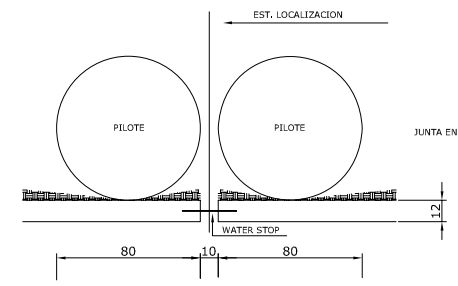
DETALLE DE SOIL NAILING
ESCALA: 1:20



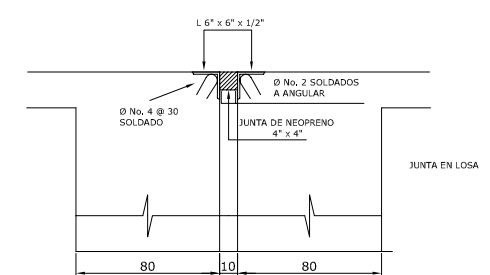
SECCION 1-1
ESCALA: 1:20



SECCION 2-2
ESCALA: 1:20



DETALLES DE EXPANSION
ESCALA: 1:20



DETALLES DE EXPANSION
ESCALA: 1:20

LOCALIZACION JUNTAS DE EXPANSION

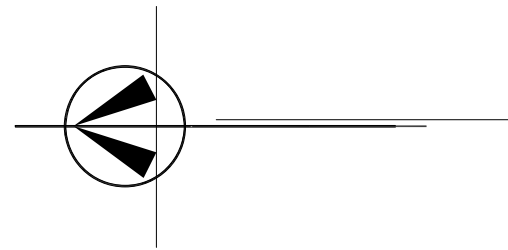
No. EST	COORDENADA
1	0+192.05
2	0+252.35
3	0+314.85
4	0+375.15
5	0+437.65
6	0+497.95



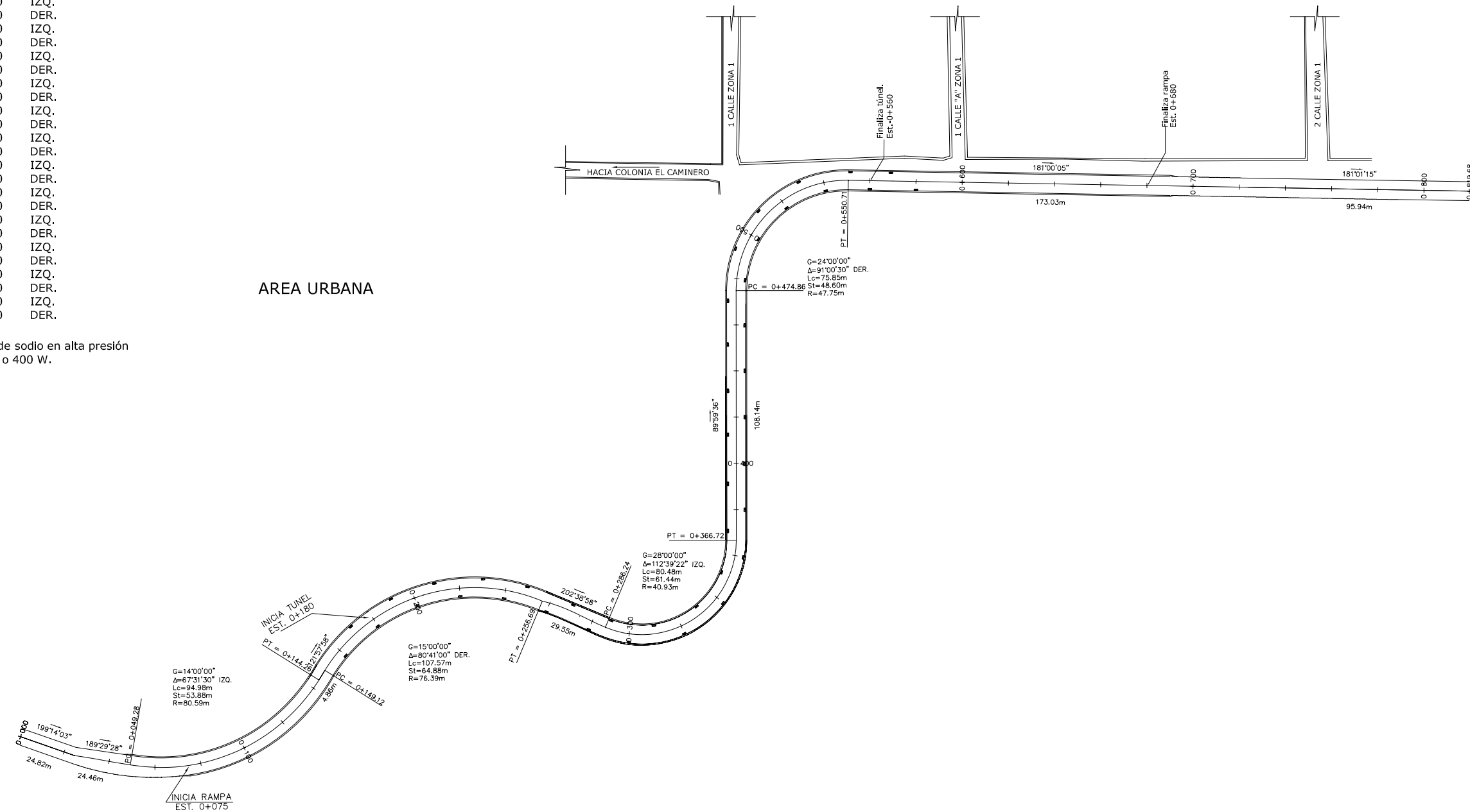
LOCALIZACION DE LAMPARAS

No.	EST.	LADO
1	0+160	DER.
2	0+170	IZQ.
3	0+180	DER.
4	0+190	IZQ.
5	0+200	DER.
6	0+210	IZQ.
7	0+220	DER.
8	0+230	IZQ.
9	0+240	DER.
10	0+250	IZQ.
11	0+260	DER.
12	0+270	IZQ.
13	0+280	DER.
14	0+290	IZQ.
15	0+300	DER.
16	0+310	IZQ.
17	0+320	DER.
18	0+330	IZQ.
19	0+340	DER.
20	0+350	IZQ.
21	0+360	DER.
22	0+370	IZQ.
23	0+380	DER.
24	0+390	IZQ.
25	0+400	DER.
26	0+410	IZQ.
27	0+420	DER.
28	0+430	IZQ.
29	0+440	DER.
30	0+450	IZQ.
31	0+460	DER.
32	0+470	IZQ.
33	0+480	DER.
34	0+490	IZQ.
35	0+500	DER.
36	0+510	IZQ.
37	0+520	DER.
38	0+530	IZQ.
39	0+540	DER.
40	0+550	IZQ.
41	0+560	DER.
42	0+570	IZQ.
43	0+580	DER.

Lámparas de vapor de sodio en alta presión en potencias de 250 o 400 W.



CENTRO URBANO DE ALDEA BOCA DEL MONTE

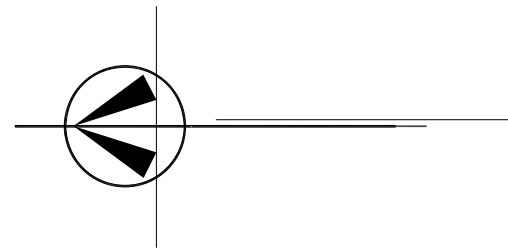


PROYECTO: PROPUESTA DE PASO A DESNIVEL ALDEA BOCA DEL MONTE, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA	
CONTIENE: ILUMINACIÓN DE EST.0+000 A EST. 0+819.68	
DISEÑO: RUBANI GRANADOS	DIBUJO: RUBANI GRANADOS
FECHA: FEBRERO 2,012	ESCALA: 1:1,000
HOJA 1/1	

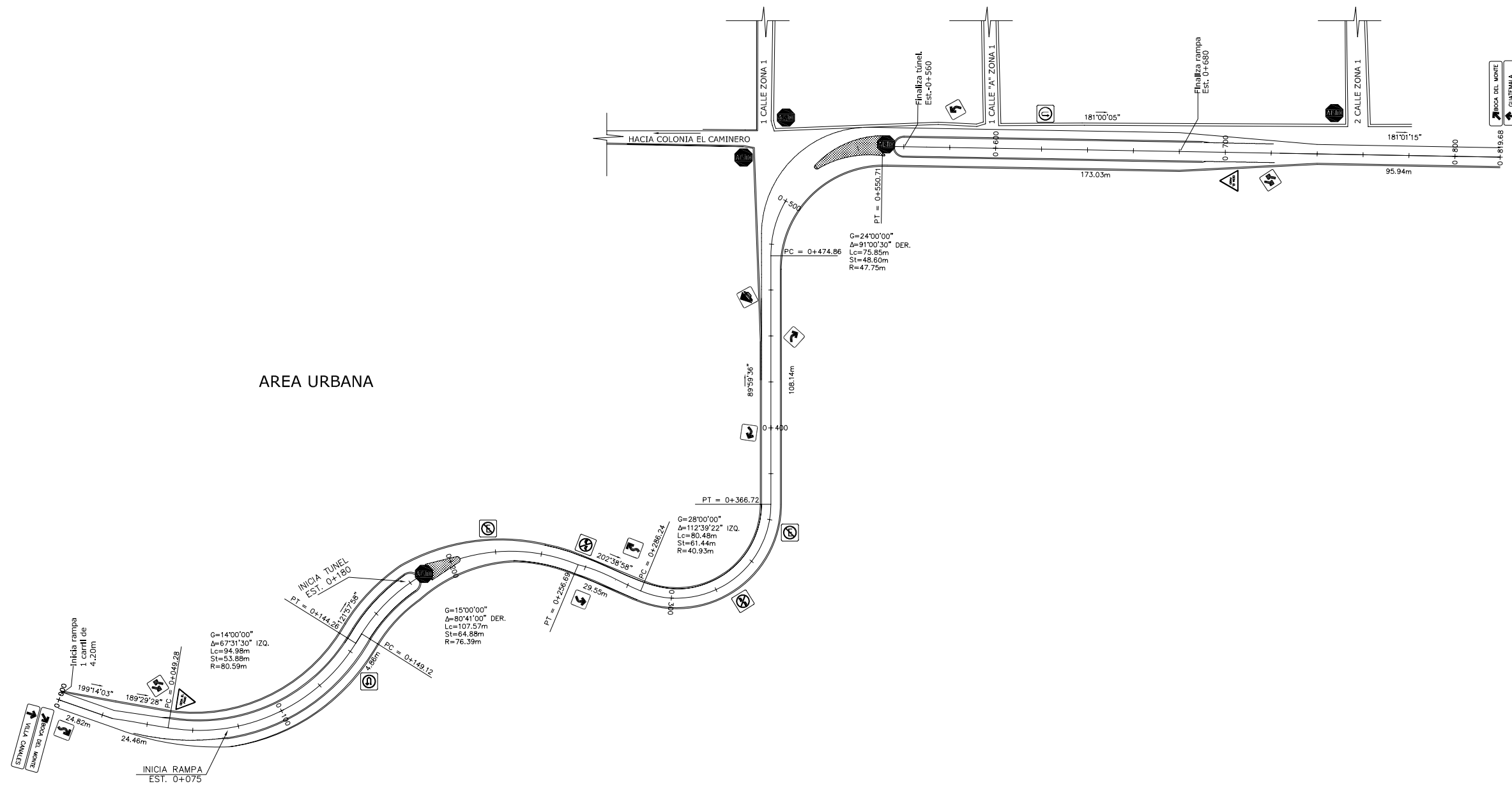


13

PROYECTO:	PROPUESTA DE PASO A DESNIVEL ALDEA BOCA DEL MONTE, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA		
CONTIENE:	SEÑALIZACIÓN ALINEAMIENTO EXISTENTE DE EST.0+000 A EST. 0+819.68		
DISEÑO:	RUBANI GRANADOS		DIBUJO:
FECHA:	FEBRERO 2,012	ESCALA:	1:1,000
			HOJA 1 / 2



CENTRO URBANO DE
ALDEA BOCA DEL MONTE



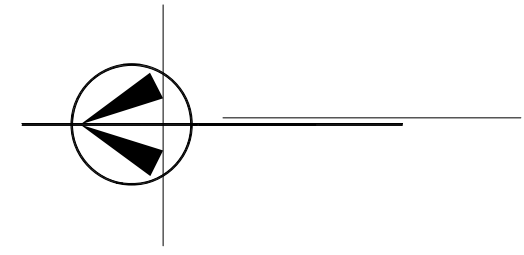


PROYECTO: PROPUESTA DE PASO A DESNIVEL ALDEA BOCA DEL MONTE, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

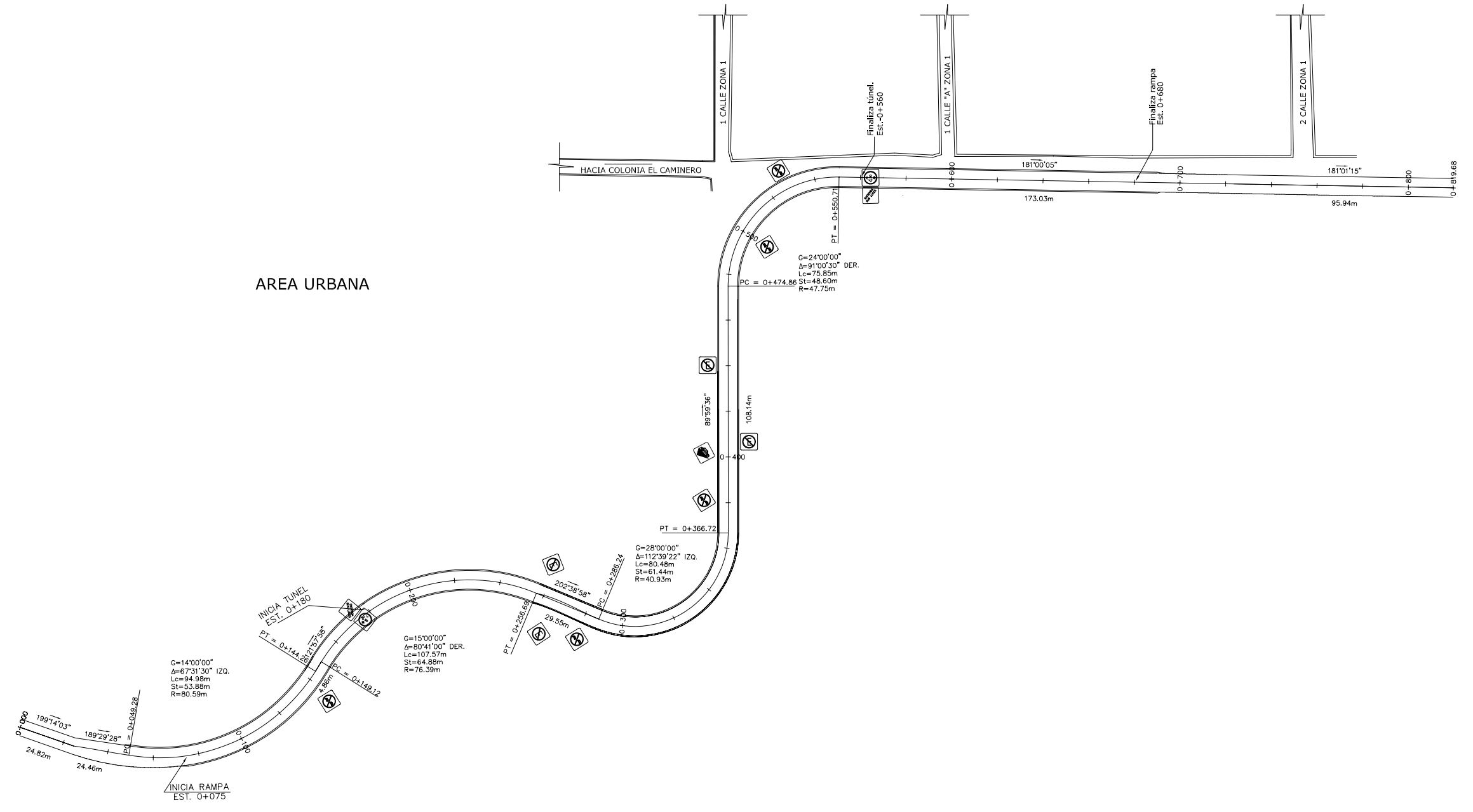
CONTIENE: SEÑALIZACIÓN EN TÚNEL DE EST.0+000 A EST. 0+819.68

DISEÑO: RUBANI GRANADOS DIBUJO: RUBANI GRANADOS

FECHA: FEBRERO 2,012 ESCALA: 1:1,000



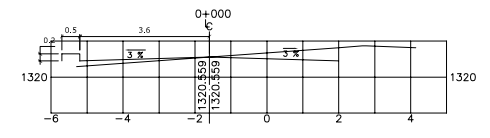
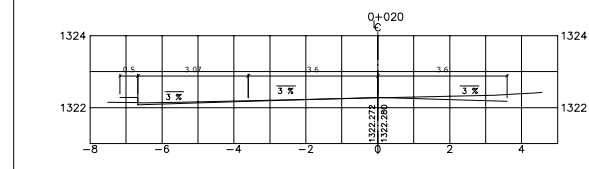
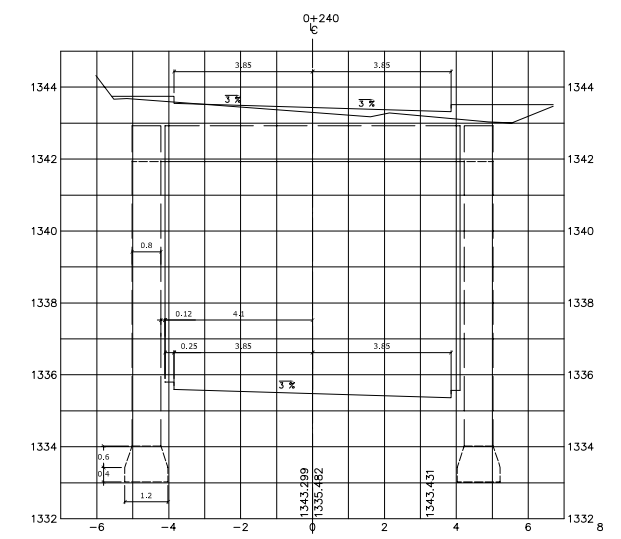
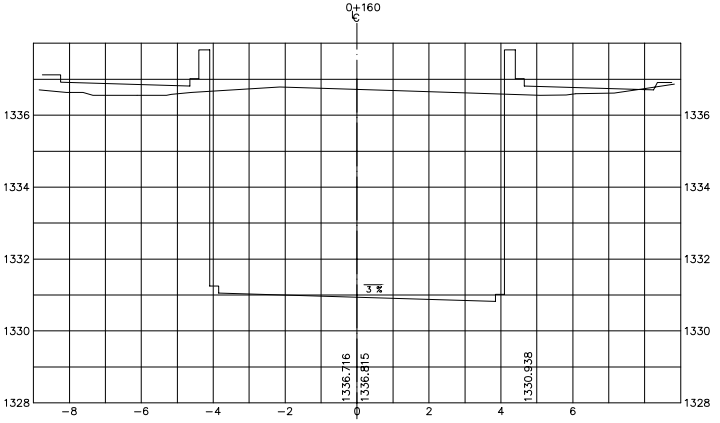
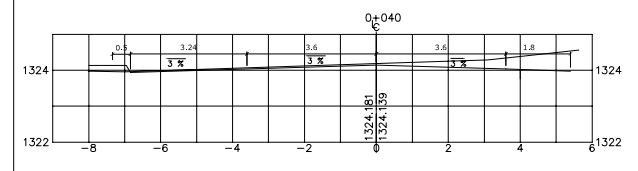
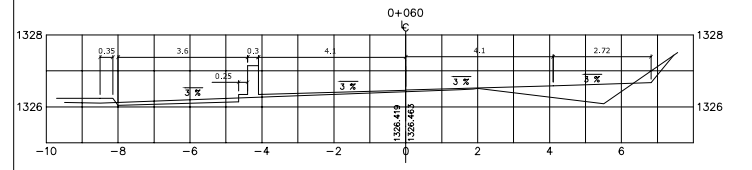
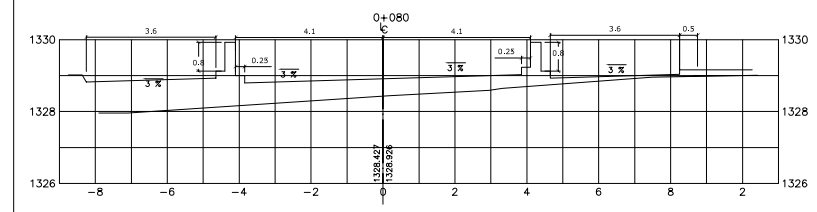
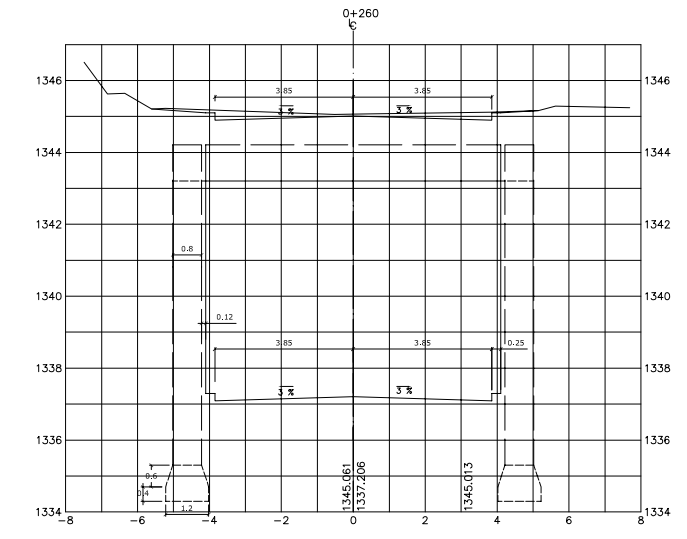
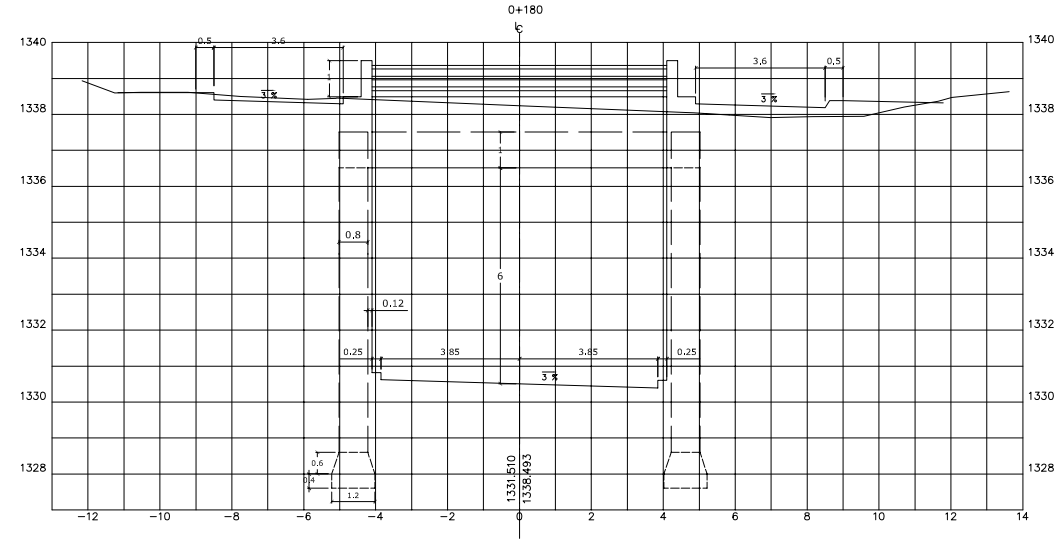
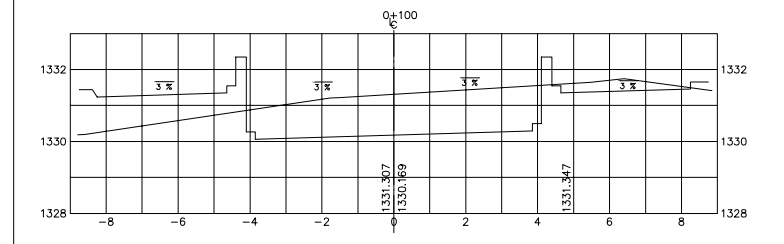
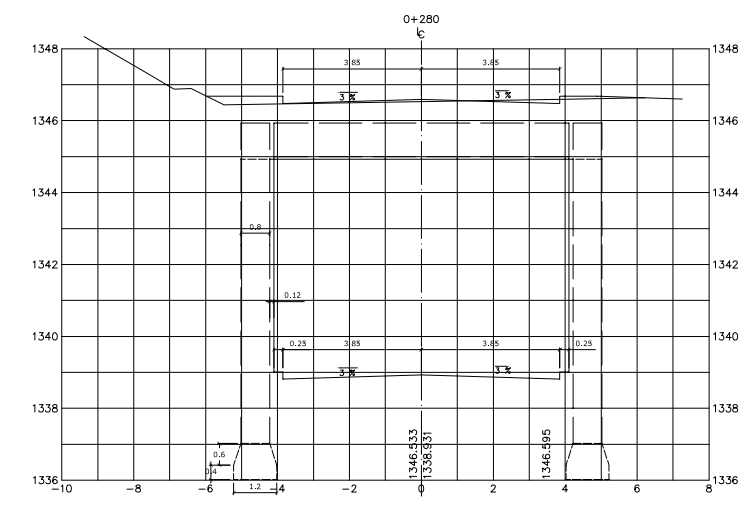
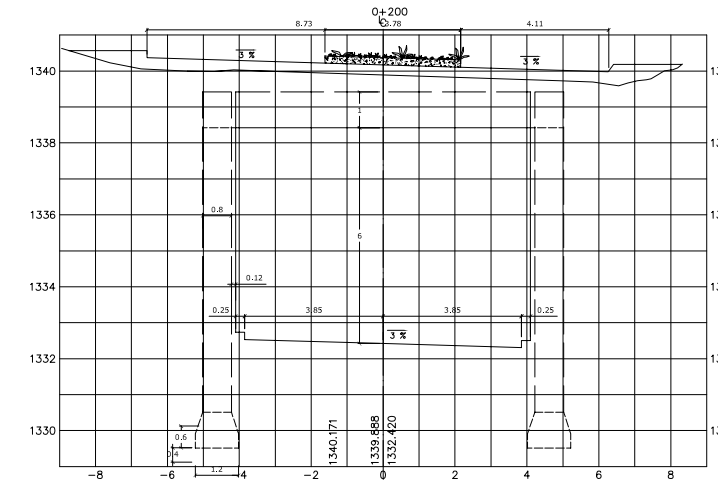
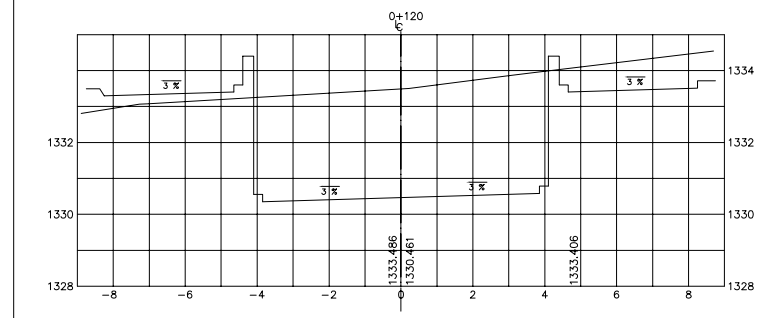
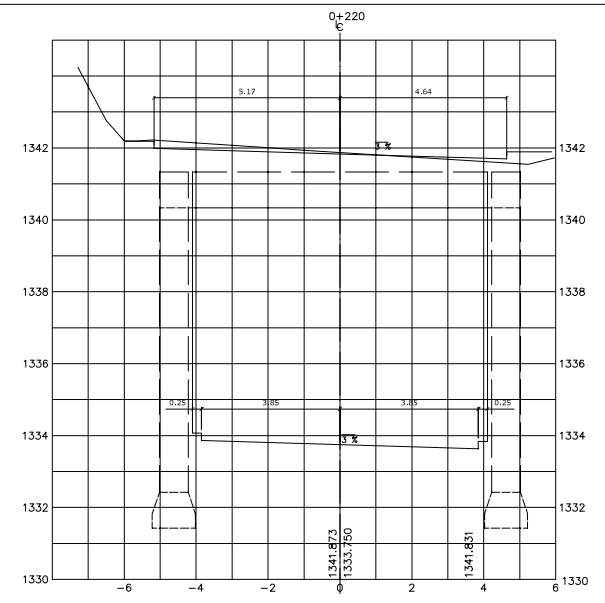
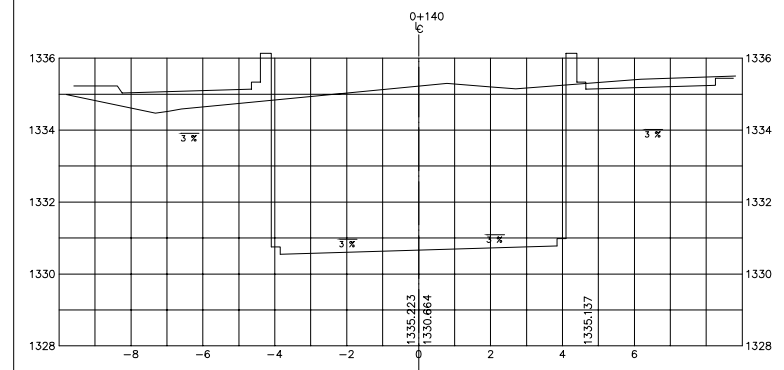
CENTRO URBANO DE ALDEA BOCA DEL MONTE





15

PROYECTO: PROPUESTA DE PASO A DESNIVEL ALDEA BOCA DEL MONTE, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA	
CONTIENE: SECCIONES TRANSVERSALES DE EST.0+000 A EST. 0+280	
DISEÑO: RUBANI GRANADOS	DIBUJO: RUBANI GRANADOS
FECHA: FEBRERO 2,012	ESCALA: HOR. 1:100 VERT. 1:100
HOJA 1/3	



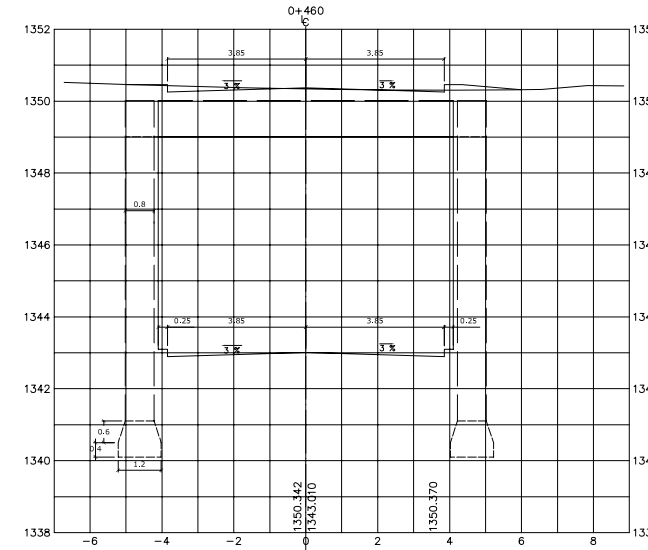
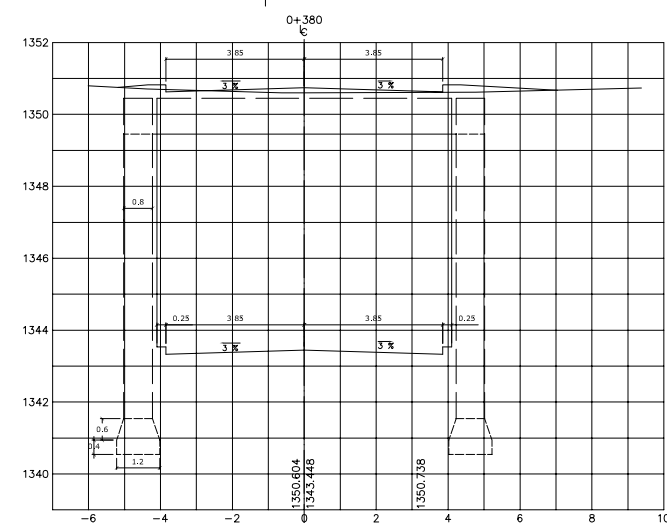
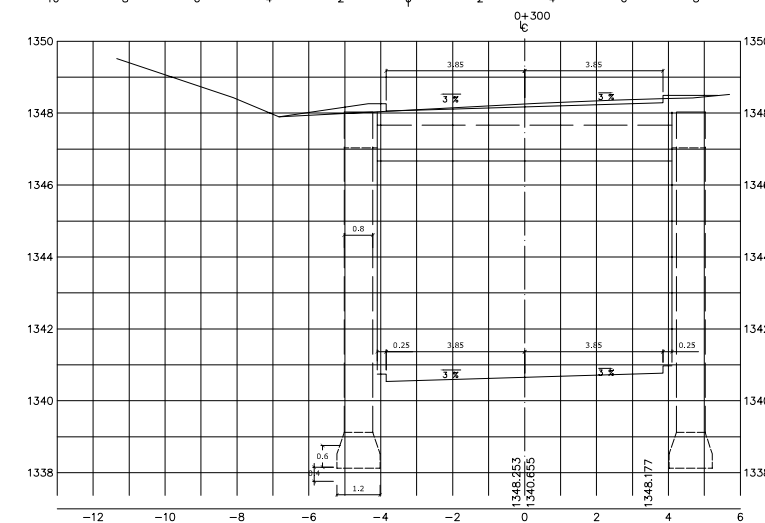
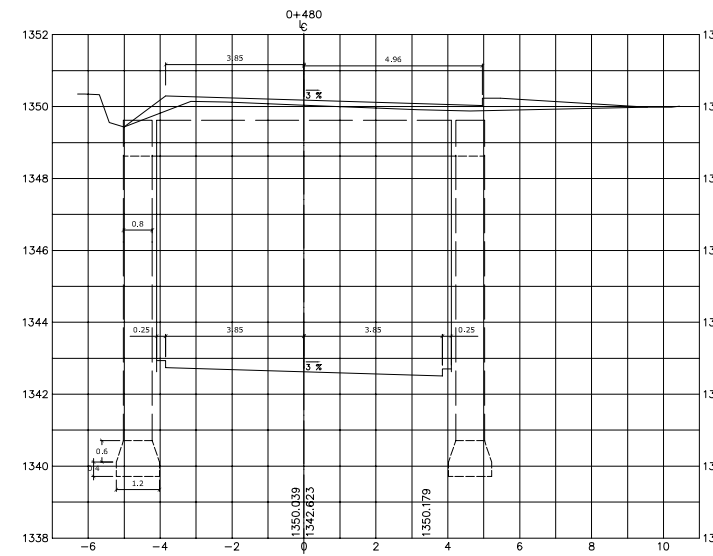
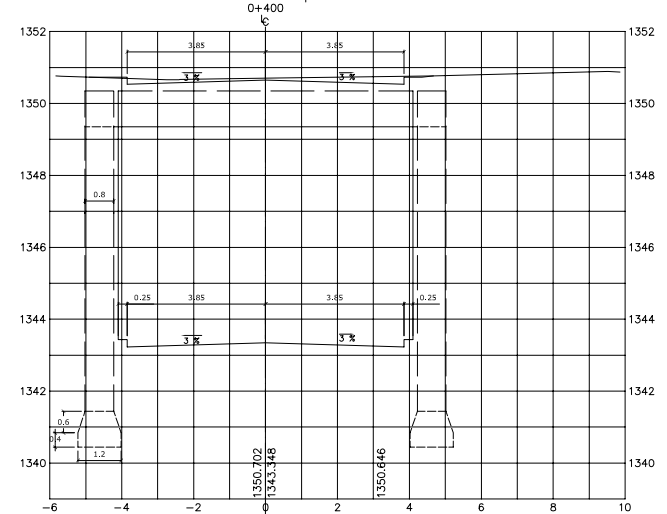
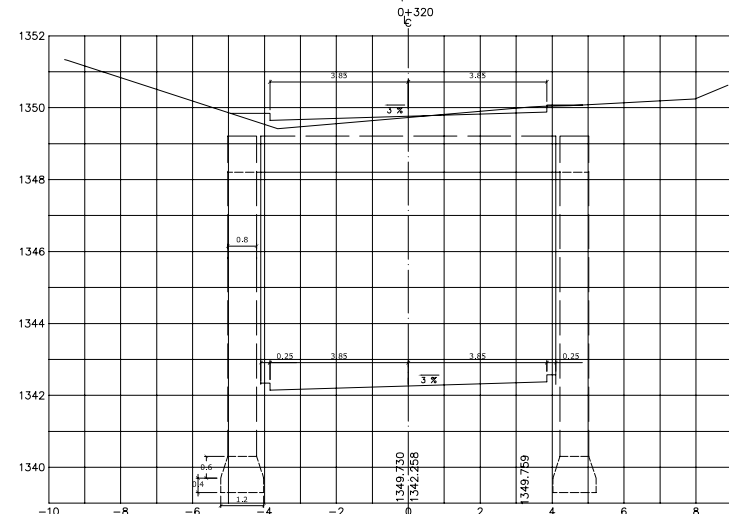
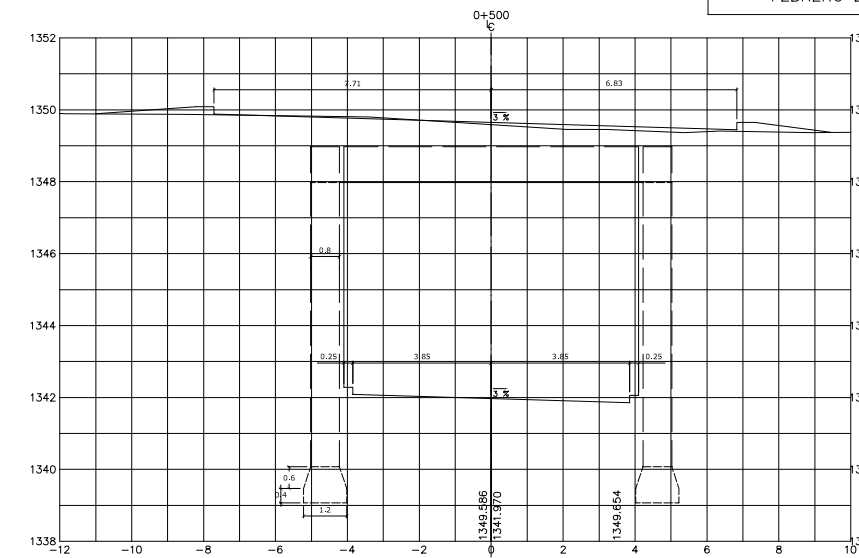
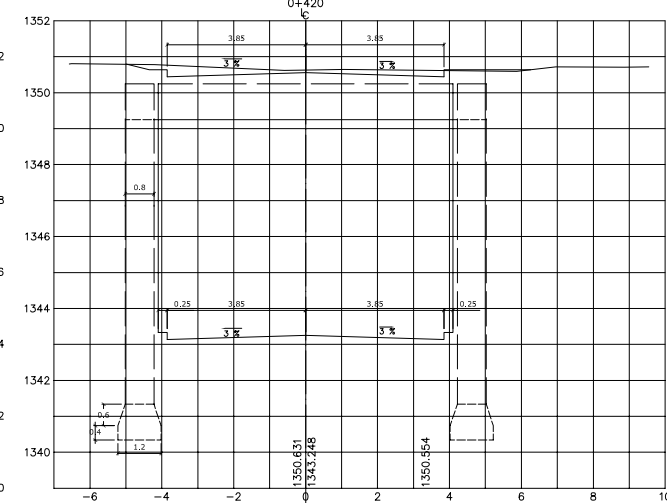
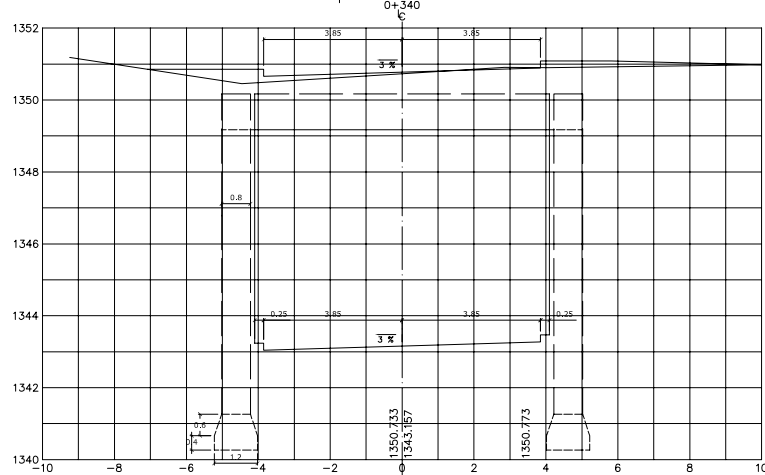
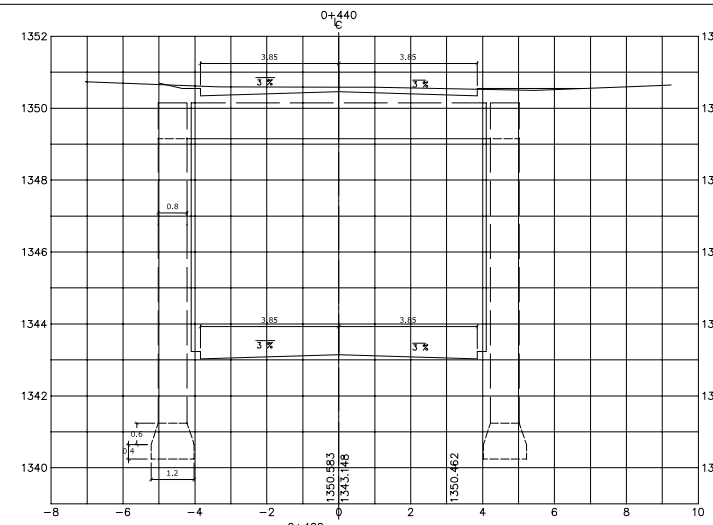
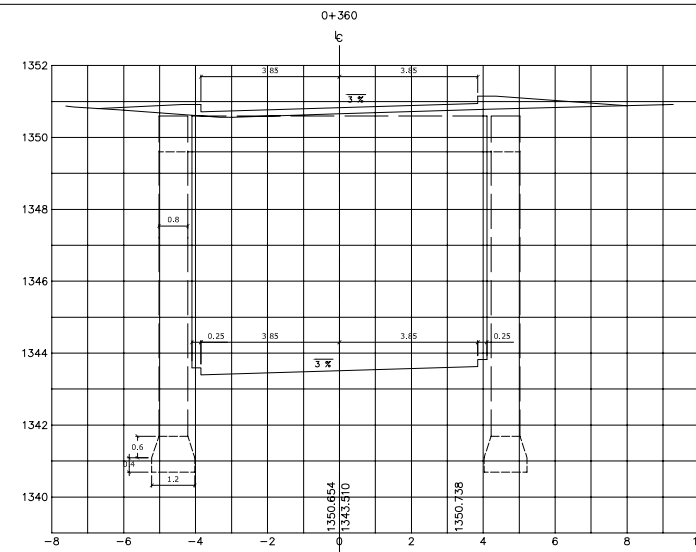


16

PROYECTO: PROPUESTA DE PASO A DESNIVEL ALDEA BOCA DEL MONTE, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

CONTIENE: SECCIONES TRANSVERSALES DE EST.0+300 A EST. 0+500

DISEÑO: RUBANI GRANADOS	DIBUJO: RUBANI GRANADOS
FECHA: FEBRERO 2,012	ESCALA: HOR. 1:100 VERT. 1:100
HOJA 2 / 3	





PROYECTO: PROPUESTA DE PASO A DESNIVEL ALDEA BOCA DEL MONTE, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

CONTIENE: SECCIONES TRANSVERSALES DE EST.0+520 A EST. 0+700

DISEÑO: RUBANI GRANADOS	DIBUJO: RUBANI GRANADOS	HOJA: 3/3
FECHA: FEBRERO 2,012	ESCALA: HOR. 1:100 VERT. 1:100	

17

