

Pro y fac. de ciencias Ing. civil - 06/02/08

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA

UNAN-MANAGUA

RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

INGENIERIA CIVIL

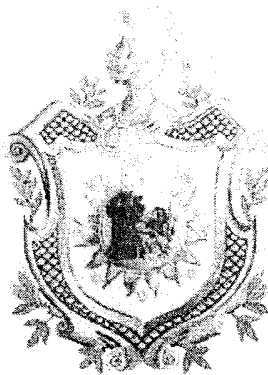
PROYECTO DE GRADUACION PARA OPTAR AL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO DEL ADOQUINADO DE

LAS CALLES MEBASA - LA AGUJA - 26 DE FEBRERO

(Ubicado en el costado este, sur y sur este del mercado Ernesto Fernández de la ciudad de Masaya)



BC-INV-2014

AUTORES

CARLOS IVÁN MÁRQUEZ

MELVIN RENÉ URRUTIA PÉREZ

SM
ING
378.242
Mar
2008

TUTOR

ING. EVERT A LOPEZ AGUIRRE

MASAYA, NICARAGUA

ENERO DEL 2008



ÍNDICE

| | |
|--|-------------|
| AGRADECIMIENTOS | III |
| DEDICATORIA | IV |
| RESUMEN | VIII |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| ANTECEDENTES | 2 |
| JUSTIFICACION | 1 |
| OBJETIVOS | 2 |
| OBJETIVO GENERAL | 2 |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 2 |
| CAPÍTULO I | 3 |
| LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO | 3 |
| PLANIMETRÍA | 5 |
| ALTIMETRÍA | 13 |
| CAPÍTULO II | 36 |
| DISEÑO GEOMÉTRICO | 36 |
| NORMAS, CRITERIOS Y ESPECIFICACIONES | 36 |
| CURVAS HORIZONTALES. | 40 |
| CURVAS VERTICALES. | 51 |
| MEMORIA DE CÁLCULO. | 56 |
| DISEÑO DE CURVAS HORIZONTALES | 57 |
| DISEÑO DE CURVAS VERTICALES | 66 |
| CAPÍTULO III | 73 |
| ESTUDIO DE SUELO | 73 |
| ESTUDIO DE CAMPO | 76 |
| ESTUDIO DE LABORATORIO | 77 |
| RESULTADOS OBTENIDOS | 85 |
| CAPÍTULO IV | 89 |
| DISEÑO ESTRUCTURAL | 89 |
| ESTUDIO DE TRÁNSITO | 91 |
| MEMORIA DE CÁLCULO. | 101 |
| CAPÍTULO V | 107 |
| DISEÑO HIDRÁULICO. | 107 |
| CRITERIOS Y ECUACIONES | 110 |
| MEMORIA DE CÁLCULO | 114 |
| CAPÍTULO VI | 118 |
| BALANCEO DE EQUIPO. | 118 |
| MOVIMIENTO DE TIERRA. | 118 |
| EQUIPO PARA EL MOVIMIENTO DE TIERRA. | 120 |
| CAPÍTULO VII | 146 |
| PLANEACIÓN Y PRESUPUESTO. | 146 |

| | |
|--|------------|
| <i>MEMORIA DE CÁLCULO</i> | 149 |
| <i>PLANEACIÓN</i> | 155 |
| <i>PRESUPUESTO</i> | 174 |
| CAPÍTULO VIII | 195 |
| IMPACTO AMBIENTAL | 195 |
| <i>IMPACTOS AMBIENTALES QUE GENERA LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO.</i> | 196 |
| <i>PROGRAMA DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.</i> | 198 |
| CAPÍTULO IX | 200 |
| REQUISITOS DEL PROCESO DE LICITACIÓN. | 200 |
| <i>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</i> | 201 |
| <i>ESPECIFICACIONES DETALLADAS.</i> | 202 |
| CONCLUSIONES | 218 |
| RECOMENDACIONES | 220 |
| BIBLIOGRAFÍA | 222 |
| ANEXOS | 224 |
| <i>INDICE DE TABLAS.</i> | 224 |
| <i>I. TABLAS Y CUADROS DE REFERENCIA.</i> | 226 |
| <i>II. RESUMEN DE RESULTADOS</i> | 247 |
| <i>III. FOTOS</i> | 250 |
| <i>IV. PLANOS</i> | 254 |

AGRADECIMIENTOS

*Gracias, por estar aquí conmigo
Gracias porque nunca te quejaste
Gracias por haberme comprendido
Gracias, por tu inmenso apoyo.*

*No te doy gracias porque logré alcanzar mi meta,
Si no porque siempre me diste confianza.
No te doy gracias por que ya todo acabó,
Pues aún falta mucho.*

*No te agradezco por haberme dado esperanza,
Si no porque tu nunca la perdiste.
No te agradezco por lo mucho que me distes,
Si no porque aún no teniendo nada, aún así me dabas.*

*Darte gracias no es tan fácil como crecer,
Pues tengo mucho que agradecer.
Hay tantas cosas que podría recordar,
Pero muchas más que podría olvidar,*

*Gracias familia mía,
Gracias por tu sustento,
Gracias amada mía,
Gracias por tu cariño,
Gracias a todos y por todo
Gracias...
Gracias...*

Melvin René Urrutia Pérez

DEDICATORIA

La ardua labor que remarca la culminación de toda una vida de estudios se queda impresa en estas pocas hojas, las cuales no expresan ni la más mínima reseña de todo lo pasado, lo vivido y lo aprendido. Pero, nuestros corazones saben bien que todo el esfuerzo, las lágrimas y la alegría, los errores y los triunfos, quedarán marcados para siempre en nuestro ser, y cada vez que vuelva un recuerdo a nuestras mentes diremos fielmente que el lugar donde estamos es por aquellas personas que no nos dejaron caer.

En cada momento difícil siempre salimos triunfantes porque hay quienes lo hacen más fácil, y llega el tiempo en que te das cuenta que no eres tú quien ha hecho todo, sino ellos, esas personas que si bien es cierto no andaban a tu lado siempre te acompañaban en sus mentes y son ellos quienes en realidad han hecho todo. Por esa razón no eres tú quien ha ganado hoy, no eres tú quien ha logrado llegar hasta el final... son esas personas quienes deberían escribir sus nombres y si sobrara espacio podrías poner el tuyo, pero no sin decirles que esta alegría se la debes a ellos.

Ahora, por lo poco que he escrito y por todo lo que me faltó escribir, les dedico este trabajo monográfico a mis padres, Edda Pérez y Fabián Urrutia; mi esposa y mi hijo, Martha Espinoza y Melvin Calel; y de manera muy especial al que veló por mis inicios en esta carrera, al señor Marlon Urrutia.

Melvin René Urrutia Pérez

AGRADECIMIENTOS

A Dios, nuestro padre todopoderoso, por proporcionarme la vida y la sabiduría necesaria para culminar con éxito este trabajo, por llenarme de fortaleza, por permitirme luchar y superar los obstáculos que se me han presentado, por concederme otra meta en mí vida.

A mi padre, porque si tu estuviera a mi lado en estos momentos me dirías “Estoy orgulloso de mi hijo”, padre, quiero decirte que te amo y te llevó dentro de mí, nunca me olvides. A mí madre por su amor y esfuerzo y por haberme permitido luchar y abrir mi propio camino..

A mí tutor MSc. ING. EVERT A. LOPEZ AGUIRRE por la dedicación que empleó en la elaboración de este trabajo monográfico y por todos sus conocimientos transmitido como docente universitario.

Al director de obras publicas de la Alcaldía de Masaya, ING. MANUEL PRADO por su disponibilidad y voluntad de ayudarme a través de sus conocimientos y experiencias, por haberme guiado, aconsejado y por sacrificar su tiempo libre y la comodidad de su hogar.

A mi novia MSc. Lic. JAMILETH AZUCENA TÉLLEZ TÓRREZ por su amor incondicional, el cual me permite ser una persona feliz, triunfar en cada obstáculo de mi vida y luchar por cada una de las metas que me permiten mejorar mi vida personal y profesional.

A cada uno de los docentes que han contribuido en mi educación, les doy las gracias, por que sin ellos no hubiese logrado solidificar mis conocimientos y transformarme en un profesional.

Carlos Iván Márquez

DEDICATORIA

En honor a todas aquellas personas que me brindaron su apoyo incondicional, ya sea de forma moral, espiritual o económica. Les dedico el fruto de toda mi vida como estudiante, a todas estas personas quiero decirle, que lo más importante de esta experiencia vivida fue reconocer que los momentos difíciles en la vida, se hacen menos difíciles cuando encontramos personas como ustedes dispuestas a dar mucho, ayudando al que lo necesita.

De manera muy especial quiero dedicar el fruto de mi trabajo a una mujer que se sacrificó día a día por mantener mis estudios y formarme como un profesional, cuyo sueño es poder colocar un día el anillo de graduación en mi dedo, a esta mujer que ha sido incondicional, una madre para mí, hoy le doy las gracias por su loable dedicación. Gracias tía, muchas gracias LILA HERNÁNDEZ DE GRANDE.

Carlos Iván Márquez

VALORACIÓN DEL TUTOR

Con el presente proyecto titulado: “Estudio técnico económico del adoquinado de las calles MEBASA-La aguja-Bo 26 de Febrero”, el Br. Carlos Iván Márquez y el Br. Melvin René Urrutia Pérez culminan el proyecto de graduación para optar al título de Ingeniero Civil que otorga la facultad de Ciencias e Ingenierías de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.

Este trabajo cuenta con nueve capítulos: Levantamiento topográfico, Diseño geométrico, Estudio de suelo, Diseño estructural, Diseño hidráulico, Balanceo de equipo, Planeación y presupuesto, Impacto ambiental y Requisitos del proceso de licitación; cuyo objetivo general es “Realizar el diseño y presupuesto del proyecto en mención cuyos tramos a adoquinar se localizan en el costado este, sur y sur este del mercado Ernesto Fernández de la ciudad de Masaya. Los nueve capítulos mencionados se han desarrollado utilizando los conocimientos que los autores adquirieron tanto en las aulas de clases como de sus prácticas profesionales, cumpliendo así con el objetivo general propuesto.

Los Br. Márquez y Urrutia Pérez realizaron de manera muy efectiva y oportuna las investigaciones pertinentes, consultas, tareas asignadas y presentaciones preliminares, así como una esmerada asistencia y puntualidad en cada uno de los encuentros realizados.

Por lo antes expuesto, el Br. Márquez y el Br. Urrutia Pérez han concluido satisfactoriamente con todos los requisitos de su proyecto de graduación.

Dado en la ciudad de Managua, Nicaragua, a los Veinte días del mes de enero del año 2008.

MSc. Ing. Evert López Aguirre

Tutor

Docente de Facultad de ciencias e Ingeniería

UNAN-Managua

RESUMEN

Este trabajo, el cual a sido titulado por los autores como: “Estudio técnico económico del adoquinado de las calles MEBASA-La aguja-Bo 26 de febrero” se ha presentado como proyecto de graduación en la facultad de ciencias de la UNAN - Managua a fin de que los autores obtengan el título de Ingeniero Civil. Dicho trabajo se ha elaborado con ardua labor y mediante los conocimientos que los autores adquirieron tanto en las aulas de clases como de sus prácticas profesionales, el presente informe se puede utilizar como un complemento ideal para manejar con soltura los aspectos teóricos y técnicos referentes al diseño de obras verticales con carpeta de rodamiento a base de adoquín.

El diseño del proyecto se presenta en forma clara y detallada, para que el lector tenga una secuencia lógica de cada uno de los aspectos que encuentre a medida que se va introduciendo en la lectura del mismo. El trabajo se divide en nueve capítulos en los cuales se detalla el levantamiento topográfico, el diseño geométrico, el estudio de suelo, el diseño estructural, el diseño hidráulico, el balanceo de equipo, la planeación y presupuesto de la obra, el impacto ambiental así como los requisitos del proceso de licitación. Además, se presenta una sección de anexo en los que se detallan las tablas de referencias de diseño, el resumen de resultados, la bibliografía empleada, fotos del sitio de estudio y los respectivos planos constructivo. Esta secuencia hace que dicho trabajo sea particularmente indicado para todos los alumnos de las carreras de Ingeniería Civil.

En el capítulo I, titulado Levantamiento topográfico, se exponen los criterios a evaluar en la topografía existente de la zona en estudio. En este proyecto el levantamiento topográfico se realiza mediante una cuadrilla y su respectivo equipo facilitado por la alcaldía de Masaya, siendo los autores los responsables de velar por una excelente eficiencia de los datos recopilados en el levantamiento topográfico. Los datos procesados se presentan en tablas que resumen los datos necesarios para el replanteo de las poligonales levantadas, en estas tablas se dan a conocer las dimensiones y el relieve actual del lugar en que se va construir.

En el capítulo II, se realiza el diseño dimensional en cuanto a ancho de calzada, curvas verticales, horizontales y las secciones transversales. Este diseño se ha regido según las normas NIC-2000, la ASSHTO, la SIECA, así como los criterios particulares de los autores y de la dirección de obras públicas de la alcaldía de Masaya.

En el capítulo III, se presentan los datos obtenidos a través de los sondeos manuales del subsuelo que existe a lo largo del tramo en estudio, las muestras se han clasificado según el método HBR. Los datos que de aquí se concluyen se presentan por medio de planos estratigráficos con el fin de visualizar el comportamiento del subsuelo en el área de estudio.

En el capítulo IV, se presenta el diseño de la estructura de pavimento de adoquín mediante el método Murillo López de Souza. El diseño estructural del tramo de Calle MEBASA-LA AGUJA-BO 26 DE FEBRERO, se ha elaborado a partir de los resultados obtenidos en los capítulos anteriores. Con el fin de lograr una excelente vida útil para el diseño se ha propuesto emplear los mejores recursos materiales que se tengan a disposición, de manera que se obtenga una estructura homogénea y con el espesor que resulte mediante el diseño. Con el objetivo de determinar el tránsito promedio diario del tramo en estudio se incluye el estudio de tránsito vehicular por medio de tres aforos realizados en un punto específico del tramo en donde el flujo vehicular se considera de mayor demanda.

En el capítulo V, se presenta la memoria de cálculo del diseño de vados y cunetas que permitan drenar libremente la escorrentía durante las precipitaciones. Para estos cálculos se ha tenido en cuenta las obras de drenaje existente (cauces aledaños al sitio) y las pendientes de cada tramo, ya que es necesario respetar la velocidad de las corrientes y el volumen de agua que se puede drenar en un tiempo determinado.

En el capítulo VI, se presenta el balanceo de equipo que se utilizará en la ejecución del proyecto.

En el capítulo VII, se elabora el presupuesto de la obra y se presenta la planeación del proyecto mediante el software Microsoft Project. Se utilizan las normas de rendimiento horario para el cálculo de las duraciones de cada actividad, en la elaboración del presupuesto se utilizó la guía de costos del FISE de septiembre del 2007, además de consultar en algunas ferreterías y ventas de materiales de construcción de la ciudad de Masaya.

El capítulo VIII, se presenta el estudio del impacto ambiental y se especifican todas aquellas normas a cumplir durante el proceso de construcción del tramo de calle en estudio.

En el capítulo IX, se explica con detalle los requisitos que se deben cumplir durante la construcción de la obra, se enumera cada uno de los criterios a evaluar durante la construcción con el fin de facilitar el reconocimiento ante algún incumplimiento de los mismos y de esta manera garantizar el cumplimiento del diseño por parte de la empresa constructora que gane la licitación.

Con la finalidad de que este trabajo monográfico tenga una excelente comprensión y se elimine cualquier vacío que pueda afectar al lector, se presenta una sección de anexos la cual contiene las principales tablas de diseño de obras horizontales, el resumen de resultado de cada memoria de cálculo, las fotografías de los tramos en estudio y el juego de planos que regirán el proceso constructivo del proyecto.

INTRODUCCIÓN

Las carreteras tanto urbanas como rurales son parte fundamental del entorno que rodea a la sociedad de manera que afecta al hombre en sus actividades diarias. Por esta razón la calidad de vida del hombre está influenciada por el nivel de servicio de las carreteras que estén a su alrededor. Así mismo, la economía que es el factor primordial en la supervivencia del hombre, está estrechamente relacionada con la infraestructura vial y el desarrollo que en esta materia posea la región en la que esté establecida la sociedad. De ahí que la comodidad de los usuarios de las vías de transporte debe incrementarse en consonancia con la mejora general de la calidad de vida de la población.

El Patrimonio Nacional de la Red Vial de Nicaragua asciende a un total de 19,036.57 Km. de los cuales 2,299.28 Km. son pavimentados y 16,737.29 no pavimentados*. Se debe recordar que Nicaragua, es un país en vía de desarrollo y tiene planeado, en sus próximos años, proyectos de gran envergadura en materia vial. Así, Masaya siendo uno de los departamentos más poblados de Nicaragua requiere de una infraestructura vial que brinde un buen nivel de servicio a los usuarios. Por esta razón, el gobierno municipal de esta ciudad ha incluido en sus proyectos del año 2007 el adoquinado de diversas calles, entre estas se puede mencionar el tramo de calles formado entre MEBASA y La aguja y las principales calles del BO 26 DE FEBRERO, el cual es el objeto de estudio de este trabajo.

Para una mejor comprensión se aclara que todo el trabajo realizado con estos tramos se conocerá como **“Proyecto adoquinado de tramo MEBASA-La aguja-Bo 26 de febrero.”** Los tramos que conforman este proyecto se localizan en la ciudad de Masaya, intercepta la carretera panamericana en el kilómetro 32, exactamente frente a Nutrimentos MEBASA de ahí se dirige con dirección noroeste hacia al Mercado Municipal Ernesto Fernández (La Aguja), lo que la caracteriza por ser una calle muy demandada por transportistas, comerciantes y población en general. Al interceptar con la calle principal del Barrio 26 de Febrero, esta calle funciona como vía de salida para los camiones que extraen los desechos del mercado. Un detalle muy importante es que

al adoquinar esta calle se estará completando el pavimento correspondiente al perímetro del mercado. Por las características que tiene este tramo de conectar al mercado con la carretera panamericana en tan solo 420m, esta calle se usará como vía de evacuación, así, esta vía podrá ser usada en caso de emergencia por los bomberos, la cruz roja y la policía provenientes de los departamentos de Carazo, Granada y Managua.

Para facilitar el estudio y los cálculos en este trabajo, toda la calle MEBASA – La Aguja – Barrio 26 de Febrero se ha dividido cinco tramos. Para elaborar el diseño de estos tramos es necesario realizar diversos estudios tales como: suelo, tránsito, levantamiento topográfico, etc, cuyos resultados serán manipulados mediante métodos y normas de diseños tales como el método Murillo López de Souza y las normas NIC-2000, la AASHTO y la SIECA que son los más utilizados para el diseño de calle de nuestro país. Mediante los conocimientos adquiridos en la universidad y con el apoyo de la dirección de obras públicas de la alcaldía de Masaya, se elaborará el diseño correspondiente del proyecto en mención, así, para cumplir con los objetivos propuestos se requiere la aplicación de los conocimientos adquiridos tanto en las aulas de clase como en las prácticas de campo, esto permitirá realizar una correcta aplicación y adaptación de los conceptos básicos de la infraestructura vial.

* Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), diciembre 2005

ANTECEDENTES

El desarrollo del Sistema Vial de Nicaragua ha ocupado un lugar fundamental en el marco de la economía nacional. Su mayor auge se registró durante las décadas de los años 50 y 60, pasando de 590 Km. de carreteras (pavimentadas y no pavimentadas) en 1950 a un total de 11,201 Km. en 1969, es decir que se construyeron 10,021 Km. en ese período, de los cuales 906 Km. fueron carreteras pavimentadas*.

Desde el año 1987, en el cual se fundó el tramo de calle, MEBASA-La Aguja hasta la actualidad, este ha sido la principal vía de transporte vehicular que conecta al mercado Ernesto Fernández con las comunidades productoras tales como El Túnel, El Palenque, El Valle, Catarina, Quebrada Honda. Además, por la característica que tiene este tramo de conectar directamente, la carretera Las Flores-Rivas con el mercado Ernesto Fernández, esta vía es utilizada por los comerciantes que traen productos comerciales de la Isla de Ometepe, Rivas, Masatepe, Nandaime y otras comunidades del sur de Nicaragua.

Debido a la fuerte demanda que tiene el tramo antes mencionado y al escaso interés por mejorar sus condiciones geométricas por parte de las autoridades municipales anteriores, se pueden notar las grandes dificultades que tienen que soportar los transportistas y comerciantes que intentan llevar sus productos al mercado Ernesto Fernández a través de esta vía, este problema empeoró a partir de 1998 en la cual se fundó la ruta de transporte de taxi con destino a las comarcas antes mencionadas, se ha venido incrementando aceleradamente el número de estas unidades de transporte, contabilizándose hasta la fecha 125 unidades las cuales circulan durante todo el día.

Durante la administración del alcalde Carlos Iván Hueck una parte del tramo comprendido entre MEBASA y La Aguja se revistió con carpeta asfáltica (Marzo de 2003) pero esto no soportó el desgaste provocado por el flujo vehicular debido a que no se realizó el diseño correspondiente sino que se procedió a nivelar el terreno y en

* Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), diciembre 2005

seguida se revistió con una carpeta asfáltica quedando esta en dependencia del suelo natural existente. En la actualidad se puede notar la gran magnitud del deterioro acelerado de dicha carpeta a través de innumerables baches a causa de no haber realizado los estudios correspondientes que permitiera diseñar una adecuada estructura de pavimento

JUSTIFICACION

El presente trabajo titulado “Adoquinado de tramo MEBASA-La aguja-Bo 26 de Febrero” se ha elaborado en primera instancia, con el fin de retribuir a la sociedad, la inversión que se realiza en las universidades públicas a través de sus impuestos. Para realizar tal fin, los autores se propusieron en aplicar todos sus conocimientos y experiencias para elaborar sus objetivos con toda la eficiencia posible, además, el texto se presenta en forma clara y con mucha exactitud para que los estudiantes de últimos años de la carrera de ingeniería civil puedan utilizarlo en la elaboración de futuros trabajo de curso o ya sea como material de consulta para la realización del diseño de pavimento a con carpeta de adoquín.

Mediante la rehabilitación del tramo de calle, MEBASA - La Aguja se logrará dar fin a la problemática que sufren los usuarios de dicha vía de transporte. El flujo vehicular de este tramo se debe en su mayoría, al tráfico de vehículos comerciales los cuales utilizan el tramo de calle MEBASA - La Aguja para cargar ó descargar los productos comerciales, además de estos, también se puede mencionar las 186 unidades de transporte selectivo que circulan durante todo el día por dicho tramo provocando de esta manera un mayor flujo vehicular. De ahí la necesidad de eliminar las pésimas condiciones en que se encuentran estas calles, a través de un diseño tanto geométrico como estructural que permita eliminar estos problemas durante un periodo de entre 15 a 20 años (periodo de diseño). Estas mejoras permitirán que los usuarios puedan circular con libertad ahorrando tiempo y evitando el deterioro de sus unidades de transporte provocado por el mal estado de dicha calle en estudio.

Para mejorar el flujo de transporte del tramo de calle MEBASA-La Aguja, no solo es suficiente con rehabilitar dicho tramo sino también mejorar algunos tramos cercanos a este tal es el caso del diseño del las calles localizadas en el costado sur del mercado Ernesto Fernández el cual permitirá sacar los desechos proveniente de todo el mercado, además se requiere una ruta para que la flota de taxi y los camiones de carga y descarga puedan retornar y salir del sector de la Aguja hacia MEBASA, como respuesta a esta necesidad se requiere diseñar las calles principales del Bo 26 de Febrero y unirla con La Aguja.

Mediante la ejecución del proyecto no solo se beneficiará a los comerciantes y al sector transporte que tiene por destino introducir productos comerciales desde las comunidades localizadas en el este, sur y sureste de la ciudad de Masaya, sino también a los pobladores que tienen sus viviendas en el sector donde se realizará el proyecto ya que con la rehabilitación del tramo de calle MEBASA-La Aguja-Bo 26 de Febrero se reducirá gran parte del polvo producto de la erosión de la calle durante el verano provocado por el flujo vehicular o los charcos durante el invierno que dificultan el tráfico vehicular y peatonal, además da la posibilidad de enfermedades provocada por charcos acumulados.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- ✎ Realizar el diseño y presupuesto del proyecto “Adoquinado de tramo de calle MEBASA - La Aguja - Barrio 26 de Febrero”, localizado en el costado este, sur y sur este del mercado Ernesto Fernández de la ciudad de Masaya.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Diseñar geométricamente cada uno de los tramos del proyecto “Adoquinado de calle MEBASA - La Aguja - Barrio 26 de Febrero”.
2. Diseñar la estructura de pavimento de adoquín por el método Murillo López de Souza.
3. Calcular las cantidades de obra y elaborar el balanceo de equipo requerido para cada uno de los tramos que conforman el proyecto.
4. Elaborar la planeación del proyecto.
5. Calcular el presupuesto detallado para cada uno de los tramos que conforman el proyecto.
6. Realizar la evaluación del impacto ambiental del proyecto “Adoquinado de calle MEBASA - La Aguja - Barrio 26 de Febrero” de la ciudad de Masaya.

CAPÍTULO I

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

El *levantamiento topográfico* consiste en determinar, a través de instrumentos especiales, los puntos más sobresalientes de un terreno o sitio los cuales permitirán obtener una representación gráfica que proporcione las características del relieve mediante un mapa topográfico.

El levantamiento topográfico es el conjunto de operaciones que tiene por objeto la determinación de la posición relativa de puntos localizados en la superficie de la tierra o a poca altura sobre la misma; estas operaciones consisten en medir distancias verticales y horizontales entre diversos objetos terrestres, determinar ángulos entre alineaciones, y situar puntos sobre el terreno, valiéndose de mediciones previas.

El levantamiento topográfico es muy utilizado en el campo de la ingeniería civil ya que por medio de estos se pueden suministrar los datos necesarios para diseñar puentes, carreteras, vías férreas, terracería, etc.

Equipo topográfico.

El **Teodolito** es un aparato universal utilizado en los levantamientos topográficos. Puede usarse para medir y trazar ángulos horizontales, verticales, diferencias de elevaciones, etc.

La **Plomada**: Es una pera metálica terminada en punta y suspendida de una cuerda muy fina, sirve para marcar la proyección de un punto a cierta altura sobre el suelo.

La **Cinta**: Se utiliza en la medición de distancias tales como el levantamiento de secciones transversales, son de longitud variable.

El **Nivel**: Los niveles son instrumentos constituidos básicamente por un telescopio y un nivel de burbuja, dispuestos en forma tal que la visual (o línea de colimación definido por la intercepción de los hilos de la retícula) puede fijarse horizontalmente.

La **Estadia**: Es una regla graduada de sección rectangular, es utilizada para hacer nivelaciones con auxilio del nivel. Es una regla dividida en metros y fracciones de metro generalmente de colores vivos; blanco, negro y rojo para que resalten y puedan leerse con precisión a la mayor distancia posible.

Desarrollo de un levantamiento topográfico.

En los trazos para construcción, el topógrafo proporciona todas las marcas de referencia necesarias para que cada parte de la nueva obra se ubique correctamente dentro del terreno en que se construye.

El topógrafo prepara los planos del sitio de construcción en el cual muestra las relaciones entre el terreno y la obra que será creada, se encarga de marcar sus posiciones horizontales y elevaciones.

El trabajo del topógrafo debe hacerse a un ritmo tal que proporcione las marcas necesarias justo antes del momento en que las va a requerir el constructor en las operaciones de cada día. El topógrafo no debe adelantarse demasiado, ya que las marcas podrían destruirse por la misma construcción. A este proceso topográfico se denomina topografía de la construcción.

Antes de iniciar el diseño de una construcción se debe proporcionar a los ingenieros o arquitectos toda clase de información topográfica relativa al sitio donde se va a efectuar la obra.

- 1.- En primer lugar, se requiere definir la forma dimensional del terreno, lo cual se logra levantando una poligonal abierta a lo largo del eje central de la carretera.
- 2.- Se debe describir el relieve del terreno, para su configuración se efectúa una nivelación, generalmente en los puntos más relevantes y a ambos lados del eje central.
- 3.- Se debe brindar la localización topográfica o detalles de interés tales como:
 - ✎ Tendido eléctrico.
 - ✎ Tendido telefónico.
 - ✎ Drenaje de aguas servidas y pluviales
 - ✎ Red de agua potable.
 - ✎ Pozos de visita o manjoles y tragantes de aguas pluviales existentes.

- ✗ Localización de derecho de vía.
- ✗ Mojones, BM.
- ✗ Árboles de gran tamaño, arroyos o cauces.
- ✗ Vías de acceso
- ✗ Construcciones existentes.

4.- La manera que se acostumbra para presentar los datos topográficos es plasmándolos en un plano denominado de conjunto y dibujado a la escala solicitada, para esto se utilizan hojas de dimensiones estandarizadas.

PLANIMETRÍA

Uno de los métodos más empleados en los levantamientos topográficos y quizás uno de los más precisos, es el levantamiento con cinta y teodolito (método utilizado en este estudio), estos se aplican en general a la mayor parte de los levantamientos de precisión ordinaria, excluyendo la nivelación.

Levantamiento topográfico con teodolito y cinta

En las poligonales abiertas lo primero que el topógrafo debe definir es el sentido del itinerario, el cual puede ser positivo (en sentido de las manecillas de reloj) o negativo (antihorario). Una vez definido el itinerario, se procede a hacer una descripción general del trabajo para trazar la poligonal, se debe elegir las estaciones de forma ventajosa para poder avanzar en el levantamiento.

En este tipo de poligonales no se obtiene ningún cierre, no se puede determinar el error angular acumulativo, excepto por observaciones astronómicas o empezando y cerrando en líneas establecidas con anterioridad, cuyas direcciones y posiciones se conocen.

Levantamiento de detalles

En casi todos los levantamientos con teodolito se localizan ciertos detalles o accidentes de tipo naturales o artificiales del terreno con respecto a los vértices de las poligonales. La cantidad de detalles puede ser pequeña (levantamiento de linderos) o grandes (levantamientos taquimétricos).

Métodos utilizados en el levantamiento de detalles

- 1.- Por ángulo y distancia de una estación del polígono.
- 2.- Por medio de los ángulos desde dos estaciones del polígono.
- 3.- Tomando medidas lineales desde dos estaciones.
- 4.- Por el ángulo de una estación y la distancia de otra.
- 5.- Por ordenadas perpendiculares levantadas de los lados del polígono establecido.

Procedimiento de campo para el levantamiento topográfico.

El equipo utilizado para realizar el levantamiento topográfico fue facilitado por la Alcaldía Municipal de Masaya, bajo la autorización del Ingeniero Manuel Prado, quien dispuso de 4 obreros para dicho levantamiento, siendo los autores de este documento los supervisores de este trabajo.

Procedimiento de campo:

- ✘ Levantamiento de la poligonal (Alineamiento horizontal): La poligonal del proyecto se considera abierta, cuenta con puntos iniciales y finales fijados con anterioridad. Se tomó en consideración los puntos de control ubicados a lo largo de la alineación de la calle y en puntos en los que se obtuviese suficiente visibilidad para evitar el uso de líneas auxiliares.
- ✘ Nivelación del eje central (Alineamiento vertical): Se establecieron puntos de elevaciones (BM*), partiendo de puntos existentes.

Medición con teodolito:

Se llevó a cabo para medir la distancia de los estacionamientos ubicados a cada 10m. Para realizar el levantamiento de secciones transversales se consideraron los siguientes pasos:

- 1.- Se eligió un BM (base de concreto del rótulo de MEBASA) y se le asignó una cota de 100m.
- 2.- Se instaló el instrumento en la primera posición (PI-1) observando al BM-1 y otros puntos de referencia.

* BM: Banco Maestro (Bench Mark).

- 3.- Se efectuó la lectura del hilo central al BM-1 (LE*) y del ángulo horizontal registrando ordenadamente cada lectura.
- 4.- Se tomó lectura de los puntos de cada estacionamiento y en detalle los de las secciones transversales. Este procedimiento se repitió de forma cíclica hasta llegar a la última estación requerida.

A continuación se presentan los datos obtenidos en el levantamiento planimétrico del tramo de calle MEBASA - La Aguja y posteriormente la del Barrio 26 de febrero.

PLANIMETRÍA MEBASA - LA AGUJA

| Estación | Pto visado | Ángulo | Distancia | Detalle |
|----------|------------|------------|-----------|---------|
| PI-1 | PI-0 | 133°08'40" | 16.94 | |
| PI-1 | PI-2 | 304°17'40" | 24.50 | |
| PI-1 | PI-3 | 300°54'40" | 41.10 | |
| PI-1 | 1 | 92°37'20" | 7.50 | |
| PI-1 | 2 | 104°23'00" | 11.77 | |
| PI-1 | 3 | 106°14'40" | 14.55 | |
| PI-1 | 4 | 106°03'00" | 21.00 | |
| PI-1 | 5 | 165°33'40" | 17.80 | |
| PI-1 | 6 | 160°39'00" | 12.44 | |
| PI-1 | 7 | 164°46'40" | 8.97 | |
| PI-1 | 8 | 205°22'40" | 4.60 | |
| PI-1 | 9 | 57°39'20" | 7.20 | Línea P |
| PI-1 | 10 | 60°29'40" | 5.50 | PL |
| PI-1 | 11 | 56°03'00" | 13.67 | Línea P |
| PI-1 | 12 | 339°44'00" | 8.83 | PL |
| PI-1 | 13 | 342°33'00" | 12.20 | LP |
| PI-1 | 14 | 233°44'00" | 17.30 | |
| PI-1 | 15 | 234°31'40" | 6.74 | |
| PI-1 | 16 | 269°14'20" | 8.56 | PT |
| PI-1 | 17 | 288°32'00" | 19.12 | PT |
| PI-1 | 18 | 287°51'20" | 20.78 | |
| PI-3 | PI-1 | 0°00'00" | 41.10 | |
| PI-3 | PI-4 | 173°25'20" | 105.20 | |
| PI-3 | 1 | 42°29'20" | 8.68 | Línea P |
| PI-3 | 2 | 332°18'00" | 7.37 | Cuneta |
| PI-3 | 3 | 147°05'20" | 14.48 | LP |
| PI-3 | 4 | 156°20'20" | 15.82 | Cuneta |
| PI-3 | 5 | 160°05'20" | 23.45 | PT |
| PI-3 | 6 | 185°33'00" | 22.57 | Cuneta |
| PI-3 | 7 | 193°26'00" | 22.36 | LP |
| PI-3 | 8 | 306°07'00" | 8.45 | PL |
| PI-3 | 9 | 301°53'00" | 9.66 | LP |

* Lectura de espalda.

| | | | | |
|------|------|------------|---------|-----------------|
| PI-3 | 10 | 266°05'00" | 4.73 | Cuneta |
| PI-3 | 11 | 332°44'00" | 19.84 | LP |
| PI-3 | 12 | 342°48'00" | 23.56 | PT |
| PI-4 | PI-3 | 0°00'00" | 105.20 | |
| PI-4 | PI-5 | 179°58'20" | 167.68 | |
| PI-4 | PI-A | 90°11'20" | 57.84 | |
| PI-4 | PI-B | 269°58'20" | 452.30 | |
| PI-4 | 1 | 9°46'00" | 32.88 | PT |
| PI-4 | 2 | 7°56'20" | 32.80 | Cuneta |
| PI-4 | 3 | 42°03'00" | 10.57 | Esq |
| PI-4 | 4 | 35°03'00" | 9.36 | PT |
| PI-4 | 5 | 31°27'00" | 9.10 | Final de cuneta |
| PI-4 | 6 | 62°36'20" | 16.90 | LP |
| PI-4 | 7 | 111°49'20" | 16.54 | LP |
| PI-4 | 8 | 129°56'40" | 9.77 | Esq |
| PI-4 | 9 | 142°18'40" | 7.70 | Cuneta |
| PI-4 | 10 | 154°34'00" | 17.07 | |
| PI-4 | 11 | 158°16'20" | 16.40 | |
| PI-4 | 12 | 162°29'40" | 15.46 | Cuneta |
| PI-4 | 13 | 161°37'00" | 18.28 | PT |
| PI-4 | 14 | 167°40'40" | 32.40 | LP |
| PI-4 | 15 | 205°26'00" | 16.40 | LP |
| PI-4 | 16 | 197°52'20" | 15.36 | Cuneta |
| PI-4 | 17 | 229°13'20" | 9.48 | Esq |
| PI-4 | 18 | 227°06'20" | 8.68 | PL |
| PI-4 | 19 | 222°26'20" | 7.78 | PL |
| PI-4 | 20 | 219°25'00" | 7.48 | Cuneta |
| PI-4 | 21 | 249°39'00" | 18.12 | LP |
| PI-4 | 22 | 299°23'20" | 15.90 | LP |
| PI-4 | 23 | 316°20'00' | 1064.00 | Esq |
| PI-4 | 24 | 327°48'40" | 17.76 | Cuneta |
| PI-4 | 25 | 335°27'20" | 9.10 | Línea P |
| PI-5 | PI-4 | 0°00'00" | 167.68 | |
| PI-5 | PI-6 | 170°21'40" | 23.23 | |
| PI-5 | 1 | 22°00'00" | 18.72 | LP |
| PI-5 | 2 | 29°12'00" | 9.33 | Final de cuneta |
| PI-5 | 3 | 86°57'40" | 6.89 | LP |
| PI-5 | 4 | 90°29'00" | 6.40 | PT |
| PI-5 | 5 | 150°49'00" | 14.60 | LP |
| PI-5 | 6 | 156°08'40" | 19.82 | PT |
| PI-5 | 7 | 190°09'40" | 16.72 | PL |
| PI-5 | 8 | 217°42'00" | 11.04 | LP |
| PI-5 | 9 | 340°15'40" | 20.37 | LP |
| PI-5 | 10 | 348°13'00" | 25.50 | PL |
| PI-5 | 11 | 332°57'20" | 10.70 | Final de cuneta |
| PI-6 | PI-5 | 0°00'00" | 23.23 | |
| PI-6 | PI-7 | 154°16'20" | 29.67 | |
| PI-7 | PI-6 | 0°00'00" | 29.67 | |
| PI-7 | PI-8 | 177°30'40" | 50.65 | |
| PI-7 | PI-C | 89°20'00" | 33.83 | |

| | | | | |
|------|------|------------|-------|---------------|
| PI-7 | PI-D | 269°10'20" | 24.38 | |
| PI-7 | 1 | 20°51'00" | 18.28 | |
| PI-7 | 2 | 46°15'40" | 9.13 | Esq |
| PI-7 | 3 | 21°52'40" | 14.25 | |
| PI-7 | 3.1 | 27°55'00" | 10.88 | PT |
| PI-7 | 4 | 46°41'40" | 8.28 | |
| PI-7 | 5 | 67°09'20" | 16.46 | |
| PI-7 | 6 | 71°37'20" | 16.00 | |
| PI-7 | 7 | 142°07'40" | 13.90 | |
| PI-7 | 8 | 148°00'00" | 12.88 | |
| PI-7 | 9 | 155°56'00" | 20.42 | |
| PI-7 | 10 | 164°28'00" | 24.85 | |
| PI-7 | 11 | 201°14'20" | 14.98 | |
| PI-7 | 12 | 219°30'20" | 9.15 | Esq |
| PI-7 | 13 | 219°43'40" | 8.18 | PL |
| PI-7 | 14 | 230°42'40" | 9.73 | PL |
| PI-7 | 15 | 232°22'20" | 11.60 | |
| PI-7 | 16 | 291°41'40" | 16.88 | LP |
| PI-7 | 17 | 282°42'00" | 17.36 | Cuneta |
| PI-7 | 18 | 293°25'20" | 14.90 | PT |
| PI-7 | 19 | 312°49'00" | 9.80 | Esq |
| PI-7 | 20 | 339°45'20" | 20.78 | |
| PI-8 | PI-7 | 0°00'00" | 50.65 | |
| PI-8 | PI-E | 91°36'40" | 24.24 | |
| PI-8 | PI-F | 272°31'40" | 20.13 | |
| PI-8 | 1 | 78°19'20" | 19.23 | |
| PI-8 | 2 | 80°33'00" | 23.60 | |
| PI-8 | 3 | 115°27'40" | 13.22 | |
| PI-8 | 4 | 133°50'00" | 7.88 | Entrada Merc. |
| PI-8 | 5 | 203°41'20" | 5.50 | Columna |
| PI-8 | 6 | 241°19'00" | 10.96 | |
| PI-8 | 7 | 225°52'00" | 5.67 | Cuneta |
| PI-8 | 8 | 295°41'00" | 11.38 | Cuneta |
| PI-8 | 9 | 295°03'20" | 13.80 | |
| PI-8 | 10 | 323°51'20" | 8.93 | |
| PI-8 | 11 | 339°36'20" | 15.48 | |
| PI-8 | 12 | 342°49'40" | 15.28 | PL |
| PI-8 | 13 | 105°17'00" | 16.90 | PT |
| PI-8 | 14 | 121°07'00" | 9.90 | |

Tabla I. 1: Planimetría MEBASA - La Aguja

PLANIMETRÍA TRAMO BO 26 DE FEBRERO.

| Estación | Pto visado | Ángulo | Distancia | Observaciones |
|----------|------------|------------|-----------|---------------|
| PI-1 | PI-0 | 351°09'20" | 29.94 | |
| PI-1 | PI-2 | 172°06'20" | 60.93 | |
| PI-1 | PI-3 | 251°06'20" | 119.2 | |
| PI-1 | 1 | 01°48'20" | 25.15 | |
| PI-1 | 2 | 07°09'20" | 24.85 | |
| PI-1 | 3 | 33°25'20" | 9.37 | |

| | | | | |
|------|------|------------|--------|---------|
| PI-1 | 4 | 138°57'00" | 9.06 | |
| PI-1 | 5 | 155°00'00" | 16.54 | |
| PI-1 | 6 | 182°04'40" | 19.14 | |
| PI-1 | 7 | 196°31'20" | 8.66 | Esquina |
| PI-1 | 8 | 208°56'20" | 8.37 | |
| PI-1 | 9 | 224°47'20" | 11.2 | |
| PI-1 | 10 | 232°32'20" | 14.42 | |
| PI-1 | 11 | 273°20'20" | 13.87 | |
| PI-1 | 12 | 281°00'00" | 9.6 | PL |
| PI-1 | 13 | 306°19'20" | 6.23 | PT |
| PI-1 | 14 | 309°28'20" | 6.19 | Esquina |
| PI-1 | 15 | 339°52'40" | 20.2 | PT |
| PI-1 | 16 | 342°07'00" | 25.59 | |
| PI-1 | 17 | 239°14'40" | 22.8 | |
| PI-2 | PI-1 | 000°00'00" | | |
| PI-2 | PI-4 | 178°30'40" | 60 | |
| PI-2 | PI-A | 259°38'00" | 47.66 | |
| PI-2 | 1 | 21°16'20" | 13.95 | |
| PI-2 | 2 | 148°07'20" | 8.47 | |
| PI-2 | 3 | 166°46'20" | 21.94 | |
| PI-2 | 4 | 191°34'00" | 18.45 | PT |
| PI-2 | 5 | 192°24'00" | 18.95 | |
| PI-2 | 6 | 219°10'20" | 6.55 | Esquina |
| PI-2 | 7 | 291°00'00" | 13.69 | |
| PI-2 | 8 | 243°33'40" | 11.68 | PL |
| PI-2 | 9 | 279°18'20" | 15.1 | |
| PI-2 | 10 | 317°51'20" | 4.9 | PT |
| PI-2 | 11 | 322°06'40" | 5.34 | Esquina |
| PI-2 | 12 | 347°00'00" | 16.63 | |
| PI-2 | 13 | 353°50'20" | 29.5 | PT |
| PI-3 | PI-1 | 000°00'00" | | |
| PI-3 | PI-X | 177°31'37" | 74.101 | |
| PI-3 | 1 | 50°04'42" | 5.441 | PT |
| PI-3 | 2 | 165°19'41" | 12.195 | Rótulo |
| PI-3 | 3 | 120°04'16" | 4.869 | PT |
| PI-4 | PI-2 | 000°00'00" | | |
| PI-4 | PI-5 | 179°14'20" | 53.4 | |
| PI-4 | PI-B | 261°44'20" | 21.9 | |
| PI-4 | POT | 0°00'00" | 10.1 | |
| PI-4 | 1 | 17°15'00" | 14.2 | |
| PI-4 | 2 | 119°41'20" | 6.3 | Esquina |
| PI-4 | 3 | 123°26'00" | 8.93 | PT |
| PI-4 | 4 | 158°36'00" | 15.85 | |
| PI-4 | 5 | 167°23'20" | 17.09 | |
| PI-4 | 6 | 193°15'00" | 16.43 | |
| PI-4 | 7 | 202°40'40" | 8.77 | PT |
| PI-4 | 8 | 213°33'00" | 7.1 | Esquina |
| PI-4 | 9 | 216°42'40" | 7.17 | PL |
| PI-4 | 10 | 244°43'40" | 15.49 | |
| PI-4 | 11 | 245°45'00" | 14.72 | PL |

| | | | | |
|------|------|------------|-------|---------|
| PI-4 | 12 | 249°45'20" | 22.82 | |
| PI-4 | 13 | 274°15'20" | 22.3 | |
| PI-4 | 14 | 279°27'00" | 14.87 | Árbol |
| PI-4 | 15 | 319°00'00" | 6.46 | |
| PI-4 | 16 | 348°44'20" | 26.57 | |
| PI-4 | 17 | 352°28'20" | 32.5 | PL |
| PI-5 | PI-4 | 000°00'00" | | |
| PI-5 | PI-6 | 178°43'20" | 45.93 | |
| PI-5 | PI-C | 264°08'20" | 19.38 | |
| PI-5 | POT | 178°43'20" | 22.96 | |
| PI-5 | 1 | 018°30'00" | 12.86 | |
| PI-5 | 2 | 49°30'00" | 5.26 | PT |
| PI-5 | 3 | 164°27'40" | 20.22 | |
| PI-5 | 4 | 171°20'00" | 26.93 | Esquina |
| PI-5 | 5 | 188°15'00" | 23.52 | |
| PI-5 | 6 | 224°11'20" | 5.72 | |
| PI-5 | 7 | 230°22.20" | 5.2 | PL |
| PI-5 | 8 | 250°33'40" | 14.79 | |
| PI-5 | 9 | 276°35'00" | 14.33 | |
| PI-5 | 10 | 282°05'20" | 9.12 | PT |
| PI-5 | 11 | 295°38'20" | 5.45 | PT |
| PI-5 | 12 | 302°32'00" | 5.55 | Esquina |
| PI-5 | 13 | 343°53'20" | 15.18 | |
| PI-6 | PI-5 | 000°00'00" | | |
| PI-6 | PI-D | 260°03'40" | 30.85 | |
| PI-6 | PI-7 | 169°54'20" | 31.46 | |
| PI-6 | 1 | 49°32'00" | 5.55 | |
| PI-6 | 2 | 83°01'40" | 7.58 | |
| PI-6 | 3 | 140°42'20" | 13 | |
| PI-6 | 4 | 146°48'20" | 12.92 | Col |
| PI-6 | 5 | 153°41'20" | 12 | Puente |
| PI-6 | 6 | 195°00'00" | 11.19 | Cauce |
| PI-6 | 7 | 224°05'00" | 15.6 | Cauce |
| PI-6 | 8 | 224°15.00" | 5.23 | PL |
| PI-6 | 9 | 278°35'20" | 13.09 | |
| PI-6 | 10 | 305°27'40" | 4.48 | Esquina |
| PI-6 | 11 | 350°19'20" | 23.05 | |
| PI-6 | 12 | 156°11'20" | 17.56 | Col |
| PI-6 | 13 | 162°00'00" | 16.82 | Puente |
| PI-6 | 14 | 178°52'00" | 16.93 | Cauce |
| PI-6 | 15 | 211°54'00" | 20.26 | Cauce |
| POT | PI-4 | 000°00'00" | | |
| POT | PI-8 | 85°56'44" | 54.92 | |
| PI-8 | POT | 000°00'00" | | |
| PI-8 | PI-E | 265°04'40" | 32.21 | |
| PI-8 | PI-9 | 88°21'40" | 32.5 | |
| PI-8 | PI-F | 169°54'20" | 46.98 | |
| PI-8 | 1 | 50°31'00" | 7.45 | |
| PI-8 | 2 | 119°24'00" | 8.58 | |
| PI-8 | 3 | 148°24'00" | 15.32 | |

| | | | | |
|-------|-------|------------|-------|---------|
| PI-8 | 4 | 200°33'40" | 16.75 | |
| PI-8 | 5 | 231°52'40" | 8.47 | Esquina |
| PI-8 | 6 | 251°18'20" | 16.72 | |
| PI-8 | 7 | 275°40'20" | 18.48 | |
| PI-8 | 8 | 285°51'20" | 9.03 | Esquina |
| PI-8 | 9 | 321°38'20" | 10.15 | PL |
| PI-9 | PI-8 | 000°00'00" | | |
| PI-9 | PI-10 | 178°32'20" | 88.95 | |
| PI-9 | 1 | 61°16'40" | 4.4 | |
| PI-9 | 2 | 139°50'00" | 6.24 | |
| PI-9 | 3 | 192°33'40" | 17.57 | |
| PI-9 | 4 | 328°06'00" | 7.52 | |
| PI-10 | PI-9 | 000°00'00" | | |
| PI-10 | PI-11 | 179°38'40" | 67.46 | |
| PI-10 | PI-G | 277°00'00" | 30.29 | |
| PI-10 | 1 | 25°55'40" | 12.86 | |
| PI-10 | 2 | 124°14'00" | 6.77 | |
| PI-10 | 3 | 137°00'00" | 11.25 | |
| PI-10 | 4 | 144°53'20" | 19.76 | |
| PI-10 | 5 | 165°18'20" | 17.36 | |
| PI-10 | 6 | 171°53'20" | 28.17 | |
| PI-10 | 7 | 190°42'40" | 24.19 | |
| PI-10 | 8 | 198°17'20" | 13.41 | Árbol |
| PI-10 | 9 | 202°26'20" | 13.62 | |
| PI-10 | 10 | 201°48'20" | 8.63 | PT |
| PI-10 | 11 | 232°53'40" | 6.26 | Esquina |
| PI-10 | 12 | 253°32'00" | 12.81 | |
| PI-10 | 13 | 286°14'40" | 17.31 | |
| PI-10 | 14 | 294°10'00" | 8.97 | PT |
| PI-10 | 15 | 310°28'20" | 6.22 | Esquina |
| PI-10 | 16 | 340°31'00" | 12.87 | |
| PI-11 | PI-10 | 0°00'00" | | |
| PI-11 | PI-12 | 179°15'40" | 74.19 | |
| PI-11 | PI-H | 272°23'00" | 30.67 | |
| PI-11 | 1 | 14°18'20" | 16.16 | |
| PI-11 | 2 | 167°29'40" | 20.88 | |
| PI-11 | 3 | 197°14'00" | 17.06 | |
| PI-11 | 4 | 233°42'00" | 7.17 | Esquina |
| PI-11 | 5 | 259°01'40" | 19.98 | |
| PI-11 | 6 | 282°29'20" | 19.44 | |
| PI-11 | 7 | 312°04'40" | 6.5 | Esquina |
| PI-11 | 8 | 311°47'20" | 5.28 | Rótulo |
| PI-11 | 9 | 339°11'20" | 10.73 | PT |
| PI-11 | 10 | 339°39'20" | 8.87 | |

Tabla I.2 : Planimetría 26 de Febrero

ALTIMETRÍA

Tipos de nivelación.

La nivelación compuesta.

Es la nivelación más corriente y de más frecuente uso en la práctica diaria y no es más que una sucesión de varias nivelaciones simples.

En la nivelación compuesta el aparato no permanece en un mismo sitio sino que va trasladándose a diversos puntos desde cada uno de los cuales se toman nivelaciones simples que van ligándose entre sí por los llamados Puntos de Cambio (PC) o Puntos de Liga (PL). Es de vital importancia la escogencia del PC, ya que de esto depende en gran parte la precisión del trabajo. Este debe ser estable y de fácil identificación, por lo general se utilizan pines o planchas metálicas para esto.

Se define como Punto de Cambio o de Liga (PC o PL), al punto donde se ejecutan las lecturas de frente y de espalda para calcular la nueva altura del instrumento y la vez el enlace entre dos nivelaciones simples.

Una Lectura de Espalda (LE), es una lectura de hilo central efectuada en la mira sobre un punto de elevación conocida, como por ejemplo la lectura del BM que se toma como referencia para nivelar los puntos restantes.

Una Lectura de Frente (LF), es la lectura de hilo central efectuada en la mira sobre un punto cuya elevación se desea conocer o bien un punto de cambio.

Precisión en la Nivelación Compuesta

Esta precisión depende probablemente de más factores que ningún otro trabajo topográfico y aunque influye mucho el instrumento empleado, es decisivo el grado de exactitud con que opera y la experiencia del observador, las condiciones atmosféricas también ejercen gran influencia sobre la precisión deseada. Las prácticas nos dicen que en circunstancias normales con un nivel bien corregido, el máximo de precisión se puede mantener dentro de los siguientes límites:

1.- Nivelación Aproximada

2.- Nivelación Ordinaria

3.- Nivelación de Precisión

4.- Nivelación de Alta Precisión

Los *levantamientos viales*, son de carácter **ordinario**, se consideran levantamientos planos y se ejecutan como tal. La nivelación ordinaria se requiere en construcción de carreteras, vías férreas u otras construcciones civiles. Con visuales hasta de 190m y permite un error máximo permisible de $0.02\sqrt{k}$, donde k es la distancia total del recorrido de la nivelación expresada en KM.

Levantamiento de secciones transversales (Alineamiento vertical): Se levantan secciones transversales cada 10m, con una longitud recomendable que incluye el derecho de vía como mínimo.

Para elaborar el levantamiento del perfil longitudinal y secciones transversales se tomaron en cuenta los siguientes aspectos.

- 1.- Se definió la línea central de la obra a levantar con ayuda del teodolito.
- 2.- Se eligió un BM, se refirió a la línea y se le asignó cota.
- 3.- Se estacionó la línea cada 10m.
- 4.- Se plantó el nivel en un punto adecuado de tal forma que permitiera observar el mayor número de estaciones desde el mismo sitio.
- 5.- Se ubicó la estadia en el BM y se efectuó la lectura de espalda.
- 6.- Se definió las secciones transversales perpendiculares a la línea central en cada estación y en las intersecciones espaciándolas según fuera conveniente.
- 7.- Se anotó lectura de hc en el centro de las secciones a la izquierda y derecha del eje y se registraron debidamente.
- 8.- Se efectuaron puntos de cambio cuando no se podía observar más lecturas en la estadia.
- 9.- Se realizó el trabajo de gabinete correspondiente.

A continuación se presenta la tabla de resumen de datos y resultados del levantamiento altimétrico.

ALTIMETRÍA CALLE MEBASA – LA AGUJA – BO 26 DE FEBRERO

| TRAMO 1 | | | | | |
|----------|-----------------|--------|-------|--------|--------------------------|
| EST | + | H1 | - | ELEV | OBS |
| BM | 0.35 | 100.35 | | 100 | Rótulo MEBASA |
| | | | 1.16 | 99.19 | Eje central de carretera |
| | Calle principal | | | | a/c: ancho de calle |
| | | N | 1.262 | 99.088 | Inicio de tramo |
| 0+000 | | CL | 1.3 | 99.05 | PI-0 |
| | | S | 1.235 | 99.115 | |
| | | N | 1.4 | 98.95 | |
| 0+04.05 | | CL | 1.468 | 98.882 | a/c 13.00m, Vado |
| | | S | 1.49 | 98.86 | |
| | | N | 1.428 | 98.922 | |
| 0+016.96 | | CL | 1.275 | 99.075 | a/c 9.00m, PI-1 |
| | | S | 1.362 | 98.988 | |
| | Calle Principal | | | | |
| | | N | 1.46 | 98.89 | |
| 0+020 | | CL | 1.29 | 99.06 | |
| | | S | 1.3 | 99.05 | |
| | | N | 1.565 | 98.785 | |
| 0+028.36 | | CL | 1.432 | 98.918 | Chapa |
| | | S | 1.58 | 98.77 | |
| | | N | 1.6 | 98.75 | |
| 0+030 | | CL | 1.47 | 98.88 | |
| | | S | 1.61 | 98.74 | |
| | | N | 1.77 | 98.58 | |
| 0+040 | | CL | 1.66 | 98.69 | |
| | | S | 1.76 | 98.59 | |
| | | N | 1.855 | 98.495 | |
| 0+041.48 | | CL | 1.683 | 98.667 | a/c 9.40m, PI-2 |
| | | S | 1.825 | 98.525 | |
| | | N | 1.947 | 98.403 | |
| 0+050 | | CL | 1.845 | 98.505 | |
| | | S | 1.938 | 98.412 | |
| | | N | 2.23 | 98.12 | |
| 0+058.2 | | CL | 2.005 | 98.345 | a/c 9.40m, PI-3 |
| | | S | 2.135 | 98.215 | |
| | | N | 2.148 | 98.202 | |
| 0+060 | | CL | 2.045 | 98.305 | |
| | | S | 2.146 | 98.204 | |

| EST | + | H1 | - | ELEV | OBS |
|-------|------|--------|-------|--------|--------|
| | | N | 2.36 | 97.99 | |
| 0+070 | | CL | 2.256 | 98.094 | |
| | | S | 2.38 | 97.97 | |
| | | N | 2.475 | 97.875 | |
| 0+080 | | CL | 2.474 | 97.876 | |
| | | S | 2.52 | 97.83 | |
| | | N | 2.781 | 97.569 | |
| 0+090 | | CL | 2.682 | 97.668 | |
| | | S | 2.784 | 97.566 | |
| * | 0.04 | 97.485 | 2.905 | 97.445 | Cambio |
| | | N | 0.124 | 97.361 | |
| 0+100 | | CL | 0.028 | 97.457 | |
| | | S | 0.136 | 97.349 | |
| | | N | 0.313 | 97.172 | |
| 0+110 | | CL | 0.232 | 97.253 | |
| | | S | 0.308 | 97.177 | |
| | | N | 0.495 | 96.99 | |
| 0+120 | | CL | 0.441 | 97.044 | |
| | | S | 0.505 | 96.98 | |
| | | N | 0.784 | 96.701 | |
| 0+130 | | CL | 0.685 | 96.8 | |
| | | S | 0.764 | 96.721 | |
| | | N | 0.967 | 96.518 | |
| 0+140 | | CL | 0.875 | 96.61 | |
| | | S | 0.97 | 96.515 | |
| | | N | 1.153 | 96.332 | |
| 0+150 | | CL | 1.056 | 96.429 | |
| | | S | 1.159 | 96.326 | |
| | | N | 1.373 | 96.112 | |
| 0+160 | | CL | 1.27 | 96.215 | |
| | | S | 1.364 | 96.121 | |

| EST | + | H1 | - | ELEV | OBS |
|----------|-------|--------|-------|--------|--------------|
| | | N | 1.495 | 95.99 | |
| 0+163.28 | | CL | 1.485 | 96 | PI-4 |
| | | S | 1.495 | 95.99 | |
| | | N | 1.645 | 95.84 | |
| 0+170 | | CL | 1.565 | 95.92 | |
| | | S | 1.625 | 95.86 | |
| ** | 1.078 | 97.013 | 1.52 | 95.935 | BM-2 Esquina |
| | | N | 1.333 | 95.68 | |
| 0+180 | | CL | 1.241 | 95.772 | |
| | | S | 1.343 | 95.67 | |
| | | N | 1.567 | 95.446 | |
| 0+190 | | CL | 1.461 | 95.552 | |
| | | S | 1.564 | 95.449 | |
| | | N | 1.782 | 95.231 | |
| 0+200 | | CL | 1.682 | 95.331 | |
| | | S | 1.779 | 95.234 | |
| | | N | 2.013 | 95 | |
| 0+210 | | CL | 1.9 | 95.113 | |
| | | S | 1.913 | 95.1 | |
| | | N | 2.023 | 94.99 | |
| 0+220 | | CL | 1.964 | 95.049 | |
| | | S | 2.043 | 94.97 | |
| | | N | 2.033 | 94.98 | |
| 0+230 | | CL | 2.17 | 95 | |
| | | S | 2.54 | 94.96 | |
| * | 1.13 | 95.773 | 2.37 | 94.643 | Cambio |
| | | N | 0.937 | 94.836 | |
| 0+240 | | CL | 0.833 | 94.94 | |
| | | S | 0.932 | 94.841 | |

| EST | + | H1 | - | ELEV | OBS |
|-----------|------|--------|-------|--------|--------|
| | | N | 1.07 | 94.703 | |
| 0+260 | | CL | 1.057 | 94.716 | |
| | | S | 1.068 | 94.705 | |
| | | | | | |
| | | N | 1.153 | 94.62 | |
| 0+270 | | CL | 1.137 | 94.636 | |
| | | S | 1.155 | 94.618 | |
| | | | | | |
| | | N | 1.27 | 94.503 | |
| 0+280 | | CL | 1.251 | 94.522 | |
| | | S | 1.264 | 94.509 | |
| | | | | | |
| | | N | 1.29 | 94.483 | |
| 0+290 | | CL | 1.237 | 94.536 | |
| | | S | 1.297 | 94.476 | |
| | | | | | |
| | | N | 1.448 | 94.325 | |
| 0+300 | | CL | 1.375 | 94.398 | |
| | | S | 1.432 | 94.341 | |
| | | | | | |
| * | 1.29 | 95.248 | 1.815 | 93.958 | Cambio |
| | | | | | |
| | | N | 1.084 | 94.164 | |
| 0+310 | | CL | 1.027 | 94.221 | |
| | | S | 1.048 | 94.2 | |
| | | | | | |
| | | N | 1.062 | 94.186 | |
| 0+320 | | CL | 0.986 | 94.262 | |
| | | S | 1.093 | 94.155 | |
| | | | | | |
| | | N | 1.049 | 94.199 | |
| 0+330 | | CL | 1.088 | 94.16 | |
| | | S | 1.062 | 94.186 | |
| | | | | | |
| | | N | 1.675 | 93.573 | |
| 0+331.046 | | CL | 1.41 | 93.838 | PI-5 |
| | | S | 1.61 | 93.638 | |
| | | | | | |
| | | N | 1.66 | 93.588 | |
| 0+340 | | CL | 1.248 | 94 | |
| | | S | 1.475 | 93.773 | |

| EST | + | H1 | - | ELEV | OBS |
|-----------|-------|--------|-------|--------|--------------------------|
| | | N | 1.65 | 93.598 | |
| 0+350 | | CL | 1.37 | 93.878 | |
| | | S | 1.545 | 93.703 | |
| | | | | | |
| | | N | 1.69 | 93.558 | |
| 0+354.20 | | CL | 1.448 | 93.8 | PI-6 |
| | | S | 1.535 | 93.713 | |
| | | | | | |
| | | N | 1.66 | 93.588 | |
| 0+360 | | CL | 1.46 | 93.788 | |
| | | S | 1.44 | 93.808 | |
| | | | | | |
| | | N | 1.75 | 93.498 | |
| 0+370 | | CL | 1.535 | 93.713 | |
| | | S | 1.515 | 93.733 | |
| | | | | | |
| | | N | 1.72 | 93.528 | |
| 0+380 | | CL | 1.578 | 93.67 | Chapa |
| | | S | 1.58 | 93.668 | |
| | | | | | |
| * | 1.08 | 95.043 | 1.285 | 93.963 | Acera, Teléfono |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 0+383.611 | | CL | 1.382 | 93.661 | PI-7, Intercepta TRAMO 4 |
| | | | | | |
| | | N | 1.46 | 93.583 | |
| 0+390 | | CL | 1.4 | 93.643 | |
| | | S | 1.45 | 93.593 | |
| | | | | | |
| * | 0.855 | 94.786 | 1.112 | 93.931 | Cambio |
| | | | | | |
| | | N | 1.42 | 93.366 | |
| 0+400 | | CL | 1.26 | 93.526 | |
| | | S | 1.32 | 93.466 | |
| | | | | | |
| | | N | 1.253 | 93.533 | |
| 0+410 | | CL | 1.28 | 93.506 | |
| | | S | 1.365 | 93.421 | |

| EST | + | H1 | - | ELEV | OBS |
|----------|-------|--------|-------|--------|---------------------------------|
| | | N | 1.5 | 93.286 | |
| 0+420 | | CL | 1.33 | 93.456 | |
| | | S | 1.499 | 93.287 | |
| | | N | 1.395 | 93.391 | |
| 0+430 | | CL | 1.39 | 93.396 | |
| | | S | 1.375 | 93.411 | |
| | | N | 1.501 | 93.285 | |
| 0+434.42 | | CL | 1.4 | 93.386 | PI-8, Intercepta TRAMO 2 |
| | | S | 1.499 | 93.287 | |
| 0+439.39 | | | 1.46 | 93.326 | Entrada Mercado |
| TRAMO 2 | | | | | |
| | | E | 1.71 | 93.076 | Cuneta |
| 0+424.42 | | CL | 1.61 | 93.176 | A/C 8.1m |
| | | W | 1.7 | 93.086 | Cuneta |
| | | E | 1.46 | 93.326 | Cuneta |
| 0+430.82 | | CL | 1.36 | 93.426 | Inicia el adoquinado |
| | | W | 1.461 | 93.325 | Cuneta |
| | | | 1.345 | 93.441 | BM Columna del portón del Merc. |
| * | 1.615 | 95.056 | 1.345 | 93.441 | Columna del portón del mercado |
| 0+434.42 | | | 1.67 | 93.386 | Intercepta TRAMO 1, a/c 7.56 |
| | | E | 1.758 | 93.298 | |
| 0+444.14 | | CL | 1.62 | 93.436 | Inicia Calle Bo 26 de Feb, PI-9 |
| | | W | 1.72 | 93.336 | |
| | | E | 1.685 | 93.371 | |
| 0+454.14 | | CL | 1.46 | 93.596 | |
| | | W | 1.555 | 93.501 | |
| | | E | 1.51 | 93.546 | |
| 0+464.14 | | CL | 1.312 | 93.744 | |
| | | W | 1.398 | 93.658 | |
| | | E | 1.335 | 93.721 | |
| 0+474.14 | | CL | 1.14 | 93.916 | |
| | | W | 1.2 | 93.856 | |

| EST | + | H1 | - | ELEV | OBS |
|----------|-------|--------|-------|--------|---------------------------|
| | | E | 1.075 | 93.981 | |
| 0+484.14 | | CL | 0.93 | 94.126 | |
| | | W | 1.06 | 93.996 | |
| | | E | 0.92 | 94.136 | |
| 0+494.14 | | CL | 0.825 | 94.231 | |
| | | W | 0.89 | 94.166 | |
| * | 1.425 | 95.626 | 0.855 | 94.201 | Cambio |
| | | | 1.32 | 94.306 | Borde portón malla Sur |
| | | E | 1.43 | 94.196 | |
| 0+504.14 | | CL | 1.36 | 94.266 | |
| | | W | 1.39 | 94.236 | |
| | | E | 1.382 | 94.244 | |
| 0+514.14 | | CL | 1.343 | 94.283 | |
| | | W | 1.385 | 94.241 | |
| | | E | 1.315 | 94.311 | |
| 0+524.14 | | CL | 1.28 | 94.346 | |
| | | W | 1.315 | 94.311 | |
| 0+526.94 | | CL | 1.155 | 94.471 | |
| | | E | 1.258 | 94.368 | |
| 0+534.14 | | CL | 1.273 | 94.353 | PI-10 |
| | | W | 1.378 | 94.248 | |
| | | E | 1.368 | 94.258 | |
| 0+544.14 | | CL | 1.298 | 94.328 | |
| | | W | 1.42 | 94.206 | |
| | | E | 1.338 | 94.288 | |
| 0+554.14 | | CL | 1.248 | 94.378 | |
| | | W | 1.333 | 94.293 | |
| | | E | 1.253 | 94.373 | |
| 0+564.14 | | CL | 1.168 | 94.458 | Intercepta Tramo 5, PI-11 |
| | | W | 1.243 | 94.383 | |

| EST | + | H1 | - | ELEV | OBS |
|----------|-------|--------|-------|--------|----------------------------|
| | | E | 1.15 | 94.476 | |
| 0+574.14 | | CL | 1.168 | 94.458 | |
| | | W | 1.228 | 94.398 | |
| | | | | | |
| | | E | 1.078 | 94.548 | |
| 0+584.14 | | CL | 1.158 | 94.468 | |
| | | W | 1.168 | 94.458 | |
| | | | | | |
| | | E | 1.088 | 94.538 | |
| 0+594.14 | | CL | 1.143 | 94.483 | |
| | | W | 1.193 | 94.433 | |
| | | | | | |
| | | E | 1.098 | 94.528 | |
| 0+604.14 | | CL | 1.148 | 94.478 | |
| | | W | 1.113 | 94.513 | |
| | | | | | |
| | | E | 1.118 | 94.508 | |
| 0+614.14 | | CL | 1.133 | 94.493 | |
| | | W | 1.15 | 94.476 | |
| | | | | | |
| * | 1.415 | 95.903 | 1.65 | 94.488 | Cambio |
| | | | | | |
| | | E | 1.425 | 94.478 | |
| 0+624.14 | | CL | 1.42 | 94.483 | |
| | | W | 1.445 | 94.458 | |
| | | | | | |
| | | E | 1.39 | 94.513 | |
| 0+625.07 | | CL | 1.4 | 94.503 | Chapa, PI-2 |
| | | W | 1.415 | 94.488 | |
| | | | | | |
| | 1.49 | 95.863 | 1.53 | 94.373 | BM-2 "N", Columna de pared |
| | | | | | |
| | | E | 1.323 | 94.54 | |
| 0+634.14 | | CL | 1.362 | 94.501 | |
| | | W | 1.345 | 94.518 | |
| | | | | | |
| | | E | 1.308 | 94.555 | |
| 0+644.14 | | CL | 1.25 | 94.613 | |
| | | W | 1.332 | 94.531 | |
| | | | | | |
| | | E | 1.3 | 94.563 | |
| 0+654.14 | | CL | 1.23 | 94.633 | |
| | | W | 1.265 | 94.598 | |

| EST | + | H1 | - | ELEV | OBS |
|----------|-------|--------|-------|--------|--------------------------|
| | | E | 1.18 | 94.683 | |
| 0+664.14 | | CL | 1.1 | 94.763 | |
| | | W | 1.148 | 94.715 | |
| | | E | 1.148 | 94.715 | |
| 0+674.14 | | CL | 1.11 | 94.753 | |
| | | W | 1.09 | 94.773 | |
| | | E | 1.14 | 94.723 | |
| 0+684.14 | | CL | 1.08 | 94.783 | |
| | | W | 1.115 | 94.748 | |
| | 1.24 | 95.988 | 1.115 | 94.748 | Cambio |
| | | E | 1.22 | 94.768 | |
| 0+689.82 | | CL | 1.2 | 94.788 | Chapa, PI-4 |
| | | W | 1.28 | 94.708 | |
| | | E | 1.19 | 94.798 | |
| 0+694.14 | | CL | 1.163 | 94.825 | |
| | | W | 1.435 | 94.553 | |
| | | E | 1.16 | 94.828 | |
| 0+699.82 | | CL | 1.315 | 94.673 | POT , Intercepta TRAMO 3 |
| | | W | 1.425 | 94.563 | |
| | | E | 1.235 | 94.753 | |
| 0+704.14 | | CL | 1.275 | 94.713 | Inicia en POT 0+700 |
| | | W | 1.282 | 94.706 | |
| | | E | 1.32 | 94.668 | |
| 0+714.14 | | CL | 1.28 | 94.708 | |
| | | W | 1.2 | 94.788 | |
| | | E | 1.34 | 94.648 | |
| 0+724.14 | | CL | 1.36 | 94.628 | |
| | | W | 1.39 | 94.598 | |
| | | E | 1.4 | 94.588 | |
| 0+734.14 | | CL | 1.445 | 94.543 | |
| | | W | 1.48 | 94.508 | |
| * | 1.313 | 95.936 | 1.365 | 94.623 | Cambio |

| EST | + | H1 | - | ELEV | OBS |
|----------------|------|--------|-------|--------|--------------------------|
| | | E | 1.35 | 94.586 | |
| 0+743.12 | | CL | 1.358 | 94.578 | Chapa, PI-5 |
| | | W | 1.385 | 94.551 | |
| | | E | 1.32 | 94.616 | |
| 0+744.14 | | CL | 1.33 | 94.606 | |
| | | W | 1.4 | 94.536 | |
| | | E | 1.27 | 94.666 | |
| 0+754.14 | | CL | 1.3 | 94.636 | |
| | | W | 1.305 | 94.631 | |
| | | E | 1.255 | 94.681 | |
| 0+762.19 | | CL | 1.295 | 94.641 | POT |
| | | W | 1.27 | 94.666 | |
| | | E | 1.225 | 94.711 | |
| 0+774.14 | | CL | 1.28 | 94.656 | |
| | | W | 1.255 | 94.681 | |
| | | E | 1.263 | 94.673 | |
| 0+784.14 | | CL | 1.24 | 94.696 | |
| | | W | 1.263 | 94.673 | |
| | | E | 1.235 | 94.701 | |
| 0+789.05 | | CL | 1.22 | 94.716 | PI-6 |
| | | W | 1.29 | 94.646 | |
| 0+800 | | CL | 1.515 | 94.421 | Borde de Cauce |
| TRAMO 3 | | | | | |
| | 1.94 | 96.688 | | 94.748 | BM-3 |
| | | N | 1.87 | 94.818 | |
| 0+699.82 | | CL | 2.015 | 94.673 | POT , Intercepta TRAMO 2 |
| | | S | 1.985 | 94.703 | |
| | | N | 1.79 | 94.898 | |
| 0+709.82 | | CL | 1.78 | 94.908 | |
| | | S | 1.775 | 94.913 | |
| | | N | 1.57 | 95.118 | |
| 0+719.82 | | CL | 1.565 | 95.123 | |
| | | S | 1.66 | 95.028 | |

| EST | + | H1 | - | ELEV | OBS |
|----------------|------|--------|-------|--------|--------------------------|
| | | N | 1.325 | 95.363 | |
| 0+729.82 | | CL | 1.278 | 95.41 | |
| | | S | 1.39 | 95.298 | |
| | | N | 0.93 | 95.758 | |
| 0+739.82 | | CL | 0.905 | 95.783 | |
| | | S | 1 | 95.688 | |
| | | N | 0.555 | 96.133 | |
| 0+749.82 | | CL | 0.645 | 96.043 | |
| | | S | 0.74 | 95.948 | |
| | | N | 0.52 | 96.168 | |
| 0+754.764 | | CL | 0.62 | 96.068 | PI-8, Intercepta TRAMO 4 |
| | | S | 0.522 | 96.166 | |
| TRAMO 4 | | | | | |
| | 1.36 | 97.813 | 0.235 | 96.453 | Cambio |
| | | E | | 95.242 | |
| 0+722.54 | | CL | 2.47 | 95.343 | PI-E |
| | | W | | 95.243 | |
| | | E | 2.45 | 95.363 | |
| 0+724.24 | | CL | 2.45 | 95.363 | |
| | | W | 2.5 | 95.313 | |
| | | E | 2.41 | 95.403 | |
| 0+734.74 | | CL | 2.375 | 95.438 | |
| | | W | 2.44 | 95.373 | |
| | | E | 2.25 | 95.563 | |
| 0+744.74 | | CL | 2.28 | 95.533 | |
| | | W | 2.32 | 95.493 | |
| | | E | 1.725 | 96.088 | |
| 0+754.74 | | CL | 1.745 | 96.068 | Intercepta TRAMO 3, PI-8 |
| | | W | 1.77 | 96.043 | |
| | | E | 1.1 | 96.713 | |
| 0+764.74 | | CL | 1.35 | 96.463 | |
| | | W | 1.418 | 96.395 | |

| EST | + | H1 | - | ELEV | OBS |
|----------|-------|--------|-------|--------|----------------|
| | | E | 0.375 | 97.438 | |
| 0+774.74 | | CL | 0.39 | 97.423 | |
| | | W | 0.485 | 97.328 | |
| | | | | | |
| * | 1.875 | 99.403 | 0.285 | 97.528 | Cambio |
| | | E | 1.505 | 97.898 | |
| 0+784.74 | | CL | 1.535 | 97.868 | |
| | | W | 1.52 | 97.883 | |
| | | | | | |
| 0+787.14 | | CL | 1.485 | 97.918 | |
| | | W | 1.442 | 97.961 | |
| | | | | | |
| | | E | 1.395 | 98.008 | |
| 0+794.74 | | CL | 1.353 | 98.05 | |
| | | W | 1.365 | 98.038 | |
| | | | | | |
| | | E | 1.22 | 98.183 | |
| 0+804.74 | | CL | 1.145 | 98.258 | |
| | | W | 1.21 | 98.193 | |
| | | | | | |
| | | E | 1.215 | 98.188 | |
| 0+814.74 | | CL | 1.295 | 98.108 | |
| | | W | 1.265 | 98.138 | |
| | | | | | |
| | | E | 1.512 | 97.891 | |
| 0+824.74 | | CL | 1.468 | 97.935 | |
| | | W | 1.53 | 97.873 | |
| | | | | | |
| | | | 1.365 | 98.038 | BM-5 Panadería |
| | | | | | |
| | | E | 1.87 | 97.533 | |
| 0+834.74 | | CL | 1.84 | 97.563 | |
| | | W | 1.83 | 97.573 | |
| | | | | | |
| | | E | 2.125 | 97.278 | |
| 0+844.74 | | CL | 2.11 | 97.293 | |
| | | W | 2.11 | 97.293 | |
| | | | | | |
| | | E | 2.52 | 96.883 | |
| 0+854.74 | | CL | 2.46 | 96.943 | |
| | | W | 2.41 | 96.993 | |

| EST | + | H1 | - | ELEV | OBS |
|----------|-------|--------|-------|--------|--------------|
| | | E | 2.77 | 96.633 | |
| 0+864.74 | | CL | 2.73 | 96.673 | |
| | | W | 2.805 | 96.598 | |
| | | E | 3.1 | 96.303 | |
| 0+874.74 | | CL | 3.125 | 96.278 | |
| | | W | 3.21 | 96.193 | |
| | 1.285 | 97.588 | 3.1 | 96.303 | Cambio |
| | | E | 1.41 | 96.178 | |
| 0+876.19 | | CL | 1.378 | 96.21 | Chapa, PI-10 |
| | | W | 1.473 | 96.115 | |
| | | E | 1.595 | 95.993 | |
| 0+884.74 | | CL | 1.552 | 96.036 | |
| | | W | 1.595 | 95.993 | |
| | 1.128 | 97.316 | 1.4 | 96.188 | BM-6 |
| | | E | 1.79 | 95.526 | |
| 0+894.74 | | CL | 1.8 | 95.516 | |
| | | W | 1.78 | 95.536 | |
| | | E | 1.8 | 95.516 | |
| 0+904.74 | | CL | 1.82 | 95.496 | |
| | | W | 1.79 | 95.526 | |
| | | E | 1.87 | 95.446 | |
| 0+914.74 | | CL | 1.84 | 95.476 | |
| | | W | 1.83 | 95.486 | |
| | | E | 1.97 | 95.346 | |
| 0+924.74 | | CL | 2.1 | 95.216 | |
| | | W | 2.18 | 95.136 | |
| | | E | 2.15 | 95.166 | |
| 0+934.74 | | CL | 2.16 | 95.156 | |
| | | W | 2.26 | 95.056 | |
| | | E | 2.25 | 95.066 | |
| 0+943.66 | | CL | 2.4 | 94.916 | PI-11 |
| | | W | 2.3 | 95.016 | |

| EST | + | H1 | - | ELEV | OBS |
|-----------|------|--------|-------|--------|--------------------|
| | | E | 2.28 | 95.036 | |
| 0+944.74 | | CL | 2.41 | 94.906 | |
| | | W | 2.5 | 94.816 | |
| | | E | 2.45 | 94.866 | |
| 0+954.74 | | CL | 2.425 | 94.891 | |
| | | W | 2.6 | 94.716 | |
| | | E | 2.68 | 94.636 | |
| 0+964.74 | | CL | 2.505 | 94.811 | |
| | | W | 2.685 | 94.631 | |
| | | E | 2.84 | 94.476 | |
| 0+974.74 | | CL | 2.76 | 94.556 | |
| | | W | 2.776 | 94.54 | |
| | | E | 2.92 | 94.396 | |
| 0+984.74 | | CL | 2.89 | 94.426 | |
| | | W | 2.925 | 94.391 | |
| | | E | 3.255 | 94.061 | |
| 0+994.74 | | CL | 3.163 | 94.153 | |
| | | W | 3.2 | 94.116 | |
| | | E | 3.45 | 93.866 | |
| 0+1004.74 | | CL | 3.385 | 93.931 | |
| | | W | 3.455 | 93.861 | |
| | | E | 3.645 | 93.671 | |
| 0+1014.74 | | CL | 3.785 | 93.531 | |
| | | W | 3.66 | 93.656 | |
| 0+1019.67 | | CL | 3.755 | 93.561 | Intercepta TRAMO 1 |
| | | | | | |
| * | 1.08 | 95.043 | 1.285 | 93.963 | Acera, Teléfono |
| | | | | | |
| 0+1024.67 | | CL | 1.515 | 93.528 | Eje central |
| | | | | | |
| | 0.96 | 94.923 | 1.815 | 93.963 | Cambio |

| EST | + | H1 | - | ELEV | OBS |
|------------|------|--------|-------|--------|----------------------|
| | | E | 1.48 | 93.443 | |
| 0+1030.17 | | CL | 1.39 | 93.533 | Inicio de adoquinado |
| | | W | 1.57 | 93.353 | |
| | | E | 1.585 | 93.338 | |
| 0+1036.67 | | CL | 1.435 | 93.488 | |
| | | W | 1.61 | 93.313 | |
| | | E | 1.695 | 93.228 | |
| 0+1046.67 | | CL | 1.505 | 93.418 | |
| | | W | 1.678 | 93.245 | |
| | | E | 1.855 | 93.068 | |
| 0+1056.67 | | CL | 1.615 | 93.308 | |
| | | W | 1.755 | 93.168 | |
| * | 1.25 | 94.513 | 1.66 | 93.263 | Cambio |
| | | E | 1.482 | 93.031 | |
| 0+1066.67 | | CL | 1.305 | 93.208 | |
| | | W | 1.472 | 93.041 | |
| | | E | 1.58 | 92.933 | |
| 0+1076.67 | | CL | 1.41 | 93.103 | |
| | | W | 1.58 | 92.933 | |
| | | E | 1.675 | 92.838 | |
| 0+1086.421 | | CL | 1.58 | 92.933 | Esquina |
| | | W | 1.68 | 92.833 | |
| TRAMO 5 | | | | | |
| | | N | 2.285 | 93.853 | |
| 0+604.14 | | CL | 2.16 | 93.978 | |
| | | S | 2.205 | 93.933 | |
| | | N | 2.365 | 93.773 | |
| 0+614.14 | | CL | 2.25 | 93.888 | |
| | | S | 2.29 | 93.848 | |

| EST | + | H1 | - | ELEV | OBS |
|----------|------|--------|-------|--------|--------|
| | | N | 2.28 | 93.858 | |
| 0+624.14 | | CL | 2.41 | 93.728 | |
| | | S | 2.5 | 93.638 | |
| | | | | | |
| | | N | 2.45 | 93.688 | |
| 0+634.14 | | CL | 2.425 | 93.713 | |
| | | S | 2.6 | 93.538 | |
| | | | | | |
| | | N | 2.68 | 93.458 | |
| 0+644.14 | | CL | 2.505 | 93.633 | |
| | | S | 2.685 | 93.453 | |
| | | | | | |
| | | N | 2.84 | 93.298 | |
| 0+654.14 | | CL | 2.76 | 93.378 | |
| | | S | 2.776 | 93.362 | |
| | | | | | |
| | | N | 2.92 | 93.218 | |
| 0+664.14 | | CL | 2.89 | 93.248 | |
| | | S | 2.925 | 93.213 | |
| | | | | | |
| * | 0.76 | 93.993 | 2.905 | 93.233 | Cambio |
| | | | | | |
| | | N | 0.92 | 93.073 | |
| 0+674.14 | | CL | 0.825 | 93.168 | |
| | | S | 0.89 | 93.103 | |
| | | | | | |
| | | N | 1.075 | 92.918 | |
| 0+684.14 | | CL | 0.93 | 93.063 | |
| | | S | 1.06 | 92.933 | |
| | | | | | |
| | | N | 1.335 | 92.658 | |
| 0+694.14 | | CL | 1.14 | 92.853 | |
| | | S | 1.2 | 92.793 | |
| | | | | | |
| | | N | 1.51 | 92.483 | |
| 0+704.14 | | CL | 1.312 | 92.681 | |
| | | S | 1.398 | 92.595 | |
| | | | | | |
| | | N | 1.685 | 92.308 | |
| 0+714.14 | | CL | 1.46 | 92.533 | |
| | | S | 1.555 | 92.438 | |

| EST | + | H1 | - | ELEV | OBS |
|-----------|---|----|-------|--------|-----|
| | | N | 1.758 | 92.235 | |
| 0+724.14 | | CL | 1.62 | 92.373 | |
| | | S | 1.72 | 92.273 | |
| | | | | | |
| | | N | 1.79 | 92.203 | |
| 0+734.14 | | CL | 1.8 | 92.193 | |
| | | S | 1.78 | 92.213 | |
| | | | | | |
| | | N | 1.8 | 92.193 | |
| 0+744.14 | | CL | 1.82 | 92.173 | |
| | | S | 1.79 | 92.203 | |
| | | | | | |
| | | N | 1.87 | 92.123 | |
| 0+754.14 | | CL | 1.84 | 92.153 | |
| | | S | 1.83 | 92.163 | |
| | | | | | |
| | | N | 2.05 | 91.943 | |
| 0+757.441 | | CL | 1.83 | 92.163 | |
| | | S | 1.98 | 92.013 | |

ALTIMETRÍA DE CALLES TRANSVERSALES.

| SOBRE TRAMO 1 | | | | | |
|--|-------|--------|-------|--------|------------------------------|
| EST | + | H1 | - | ELEV | OBS |
| Primera Calle transversal de Sur a Norte | | | | | |
| | 0.35 | 100.35 | | 100 | Rótulo MEBASA |
| 0+000 | | | 1.468 | 98.882 | Intercepta con est. 0+011.32 |
| 0+010 | | | 1.365 | 98.985 | Eje central |
| 0+020 | | | 1.25 | 99.1 | Eje central |
| 0+030 | | | 1.19 | 99.16 | Eje central |
| Primera Calle transversal Norte a Sur | | | | | |
| 0+000 | | | 1.468 | 98.882 | Intercepta con est. 0+011.32 |
| 0+010 | | | 1.54 | 98.81 | Eje central |
| 0+020 | | | 1.53 | 98.82 | Eje central |
| | | | | | |
| ** | 1.078 | 97.013 | 1.52 | 95.935 | BM-2 Esquina |
| Segunda Calle transversal S - N | | | | | |
| 0+000 | | | 1.184 | 95.829 | Intercepta con est. 0+163.28 |
| 0+010 | | | 1.263 | 95.75 | Eje central |
| 0+020 | | | 1.18 | 95.833 | Eje central |
| 0+030 | | | 0.9 | 96.113 | Eje central |

| EST | + | H1 | - | ELEV | OBS |
|------------------------------------|---|----|-------|--------|--------------------------------|
| Segunda Calle transversal N - S | | | | | |
| 0+000 | | | 1.184 | 95.829 | Intercepta con est. 0+163.28 |
| 0+010 | | | 1.285 | 95.728 | Eje central |
| 0+020 | | | 1.06 | 95.953 | Eje central |
| 0+030 | | | 0.955 | 96.058 | Eje central |
| SOBRE TRAMO 2 | | | | | |
| Primera Calle Transversal de E - W | | | | | |
| | | N | 1.6 | 94.303 | |
| 0+010 | | CL | 1.575 | 94.328 | |
| | | S | 1.525 | 94.378 | |
| | | N | 1.74 | 94.163 | |
| 0+020 | | CL | 1.625 | 94.278 | |
| | | S | 1.53 | 94.373 | |
| | | N | 1.855 | 94.048 | |
| 0+030 | | CL | 1.685 | 94.218 | |
| | | S | 1.72 | 94.183 | |
| | | N | 1.915 | 93.988 | |
| 0+040 | | CL | 1.82 | 94.083 | |
| | | S | 1.82 | 94.083 | |
| | | N | 1.95 | 93.953 | |
| 0+047.66 | | CL | 1.925 | 93.978 | PI-A |
| | | S | 1.925 | 93.978 | |
| Segunda Calle Transversal E - W | | | | | |
| | | | 1.24 | 94.748 | Mojón BM-3 |
| | | N | 1.215 | 94.773 | |
| 0+000 | | CL | 1.2 | 94.788 | Intercepta est. 0+684.72, PI-4 |
| | | S | 1.22 | 94.768 | |
| | | N | 1.542 | 94.446 | |
| 0+010 | | CL | 1.495 | 94.493 | |
| | | S | 1.55 | 94.438 | |
| | | N | 1.675 | 94.313 | |
| 0+020 | | CL | 1.63 | 94.358 | |
| | | S | 1.67 | 94.318 | |

| EST | + | H1 | - | ELEV | OBS |
|---------------------------------|---|----|-------|--------|--------------------------------|
| | | N | 1.76 | 94.228 | |
| 0+030 | | CL | 1.685 | 94.303 | |
| | | S | 1.74 | 94.248 | |
| | | | | | |
| | | N | 1.8 | 94.188 | |
| 0+040 | | CL | 1.67 | 94.318 | |
| | | S | 1.83 | 94.158 | |
| | | | | | |
| | | N | 1.9 | 94.088 | |
| 0+050 | | CL | 1.835 | 94.153 | |
| | | S | 1.85 | 94.138 | |
| | | | | | |
| | | N | 1.9 | 94.088 | |
| 0+050 | | CL | 1.835 | 94.153 | |
| | | S | 1.85 | 94.138 | |
| | | | | | |
| Tercera Calle Transversal E - W | | | | | |
| | | N | 1.362 | 94.574 | |
| 0+000 | | CL | 1.358 | 94.578 | Intercepta est. 0+743.12, PI-5 |
| | | S | 1.342 | 94.594 | |
| | | | | | |
| | | N | 1.505 | 94.431 | |
| 0+010 | | CL | 1.49 | 94.446 | |
| | | S | 1.455 | 94.481 | |
| | | | | | |
| | | N | 1.565 | 94.371 | |
| 0+020 | | CL | 1.565 | 94.371 | |
| | | S | 1.56 | 94.376 | |
| | | | | | |
| | | N | 1.61 | 94.326 | |
| 0+030 | | CL | 1.6 | 94.336 | |
| | | S | 1.53 | 94.406 | |
| | | | | | |
| | | N | 1.68 | 94.256 | |
| 0+040 | | CL | 1.635 | 94.301 | |
| | | S | 1.53 | 94.406 | |

| SOBRE TRAMO 3 | | | | | |
|----------------------------|------|--------|-------|--------|---------------------------------|
| Calle transversal de W - E | | | | | |
| | | N | 0.52 | 96.168 | |
| 0+000 | | CL | 0.62 | 96.068 | Intercepta est. 0+754.74, PI-8 |
| | | S | 0.715 | 95.973 | |
| | | N | 0.513 | 96.175 | |
| 0+010 | | CL | 0.575 | 96.113 | |
| | | S | 0.64 | 96.048 | |
| | | N | 0.34 | 96.348 | |
| 0+020 | | CL | 0.33 | 96.358 | |
| | | S | 0.285 | 96.403 | |
| | | N | 0.095 | 96.593 | |
| 0+030 | | CL | 0.135 | 96.553 | |
| | | S | 0.085 | 96.603 | |
| * | 1.36 | 97.813 | 0.235 | 96.453 | Cambio |
| | | N | 1.055 | 96.758 | |
| 0+040 | | CL | 1.02 | 96.793 | |
| | | S | 1.1 | 96.713 | |
| | | N | 0.92 | 96.893 | |
| 0+051.90 | | CL | 0.83 | 96.983 | PI-F |
| | | S | 0.9 | 96.913 | |
| SOBRE TRAMO 4 | | | | | |
| Calle Transversal de W - E | | | | | |
| | | N | 1.51 | 96.078 | |
| 0+000 | | CL | 1.378 | 96.21 | Intercepta est. 0+876.19, PI-10 |
| | | S | 1.255 | 96.333 | |
| | | N | 1.37 | 96.218 | |
| 0+010 | | CL | 1.255 | 96.333 | |
| | | S | 1.18 | 96.408 | |
| | | N | 0.99 | 96.598 | |
| 0+020 | | CL | 0.96 | 96.628 | |
| | | S | 1.055 | 96.533 | |

Tabla I. 3: Altimetría de Calles Transversales.

El proyecto a pavimentar tiene una longitud de 1,421.95 metros y esta formado por cinco tramos:

El tramo 1, inicia en la estación 0+000 (Borde de calle panamericana, frente a Nutrimentos MEBASA) y finaliza en la estación 0+434.42 a 5.39 metros del portón del mercado municipal Ernesto Fernández (La Aguja). Este tramo posee una parte cubierta con material asfáltico en pésimo estado, iniciando en la estación 0+016.96 y finalizando en la estación 0+240, la cual será destruida.

El tramo 2, inicia en la estación 0+424.42 y finaliza en la estación 0+800 (Puente peatonal existente), todo el tramo está sobre la calle principal del barrio 26 de Febrero, es relativamente plano y recto.

El tramo 3, es el más corto de todos, sirve de conexión entre el tramo 2 (estación 0+700) y el tramo 4 (estación 0+754.765). El tramo 4, inicia con la estación 0+722.54 y termina en la estación 1+086.42. El tramo 5, inicia en la estación 0+564.14 (sobre el tramo 2) y concluye en la estación 0+757.441 donde se intercepta con la calle oeste que bordea al mercado.

En los planos topográficos del sitio del proyecto se puede observar las características que presentan el terreno en su alineación superficial, formada por dos curvas horizontales la primera inicia en la estación 0+016.863m y concluye en la estación 0+040.778m y la curva dos inicia en la estación 0+331.001m y finaliza en la estación 0+364.849m y una curva vertical de amplia relevancia para el diseño que inicia en la estación 0+780 m y finaliza en la estación 0+820m. En el siguiente capítulo se muestra la memoria de cálculo que comprende el diseño de los elementos de estas curvas.

CAPÍTULO II

DISEÑO GEOMÉTRICO

Comprende el diseño óptimo de la línea definitiva, la cual estará sujeta a las alineaciones vertical, horizontal y al derecho de vía, además del criterio del ingeniero diseñador y de las especificaciones establecidas para la misma.

NORMAS, CRITERIOS Y ESPECIFICACIONES*

La conformación y aprobación de la red de carreteras y/o vías nacionales lleva la implícita necesidad de que su diseño, construcción, mantenimiento y operación se rija por normas y procedimientos para asegurar su coherencia y uniformidad funcional.

En todo diseño de pavimento se debe tener en consideración los siguientes aspectos.

- 1.- Ninguna norma debe sustituir el buen criterio y juicio explícito del diseñador.
- 2.- El mejor diseño geométrico de una carretera puede ser rechazado si, en el análisis de sus elementos justificativos, no se incorporan uniformemente los componentes ambientales de su impacto en el medio natural y social.
- 3.- Las normas de diseño no deben ser una camisa de fuerza, únicamente deben ser utilizadas como una guía sólida y técnicamente aceptable sobre las soluciones más deseables para el diseño geométrico.
- 4.- El buen funcionamiento de la red vial es crucial para el desarrollo seguro y eficiente de las actividades socio - económicas.
- 5.- El diseño de una carretera debe ser consistente, esto es, evitar los cambios considerables en las características geométricas de un segmento dado, manteniendo la coherencia de todos los elementos del diseño con las expectativas del conductor promedio.
- 6.- En el diseño debe presentarse la debida atención a las necesidades de los peatones, de los ciclistas y motociclistas que circulan por la carretera.
- 7.- En el diseño del pavimento de las carreteras es esencial facilitar la efectiva interacción entre la superficie de rodamiento y las llantas de los vehículos para el control y el frenado de los mismos.

* Manual Centroamericano, Normas para el diseño geométricos de las carreteras regionales.

NORMAS, CRITERIOS Y ESPECIFICACIONES UTILIZADAS EN EL DISEÑO DEL PROYECTO.

Para obtener las condiciones adecuada en el diseño a realizar se tomará en consideración los siguientes aspectos:

- ✎ Tipo de área: Urbano
- ✎ Condiciones de terreno: Plano
- ✎ Volumen de tránsito*
- ✎ Condiciones ambientales
- ✎ Consistencias en el diseño de carreteras similares.

La velocidad máxima permitida para los vehículos que circulan en calles urbanas es de 45 km/h[†], para elaborar el diseño del tramo MEBASA – La Aguja – Bo 26 de Febrero se seleccionó una velocidad de diseño de 30KPH (excepto en la curva horizontal 2 la cual se diseñó con una velocidad de 25KPH), por las siguientes razones:

- 1.- Existen curvas horizontales en lomo roto (curva horizontal 1 y 2) a corta distancia entre sí, la curva 2 finaliza a unos 40m del portón (de uso peatonal) del mercado Ernesto Fernández.
- 2.- Las calles diseñadas son muy utilizada por peatones, debido a la cercanía del Mercado Ernesto Fernández.
- 3.- El alto flujo de carretones de acarreo que circulan por dichas calles.
- 4.- Muy cerca de la curva está el parqueo exclusivo para taxis, por lo que se aglomeran peatones para abordar o bajar de dichas unidades.
- 5.- El PT de la curva horizontal 2 coincide con la intersección entre el tramo 1 y 4 (estación 0+383.93 que es el PI-7).
- 6.- Otro factor que influyó en la selección de la velocidad de diseño es el flujo de vehículos pesados[‡].

Por norma de la Alcaldía de Masaya, en cada intersección (bocacalle) el ángulo de giro de las cunetas será de 3 metros.

* Véase pág. 98

† Complemento de ley 431, pagina 125.

‡ Véase en el capítulo “Diseño estructural” los resultados del aforo vehicular realizado para este trabajo.

En la etapa de construcción del presente proyecto, no se necesitará abrir camino ya que este existe, además, considerando las viviendas edificadas en el tramo de estudio, nuestro trabajo consiste primeramente en replantear (redefinir geoméricamente) el alineamiento tanto vertical como horizontal que más se adapte al camino existente.

El desarrollo de una calle urbana está influenciado por el tráfico vehicular, peatonal o semoviente, la topografía, uso de la tierra, costo de construcción y mantenimiento, diseño de intersecciones o futuras ampliaciones. Los criterios básicos a considerarse en el diseño de la vía son: Los anchos y el número de carriles requeridos, el diseño de ambos depende del tipo y tamaño de los vehículos (composición vehicular), Volúmenes de tránsito, velocidad de diseño y niveles de servicio requeridos. La determinación del ancho del derecho de vía de una carretera y por consiguiente la determinación del ancho optimo de los componentes de la sección transversal típica es para un *período de diseño de 20 años*.

Ancho de Carril: La escogencia del ancho de los carriles es una decisión que tiene incidencia determinante en la capacidad de las carreteras. Como parámetro de referencia durante el diseño, se debe tener a la vista la estructura del tránsito proyectado, que a su vez y en la medida de la importancia relativa del tránsito pesado dentro del mismo, hará necesario que la dimensión de cada carril sea habilitada para que los camiones y las combinaciones de vehículos de diseño, con tres metros de ancho, se puedan inscribir cómodamente dentro de la franja de circulación que les ha sido habilitada.

Distancia de Visibilidad: Es la longitud máxima de la carretera que puede un conductor ver continuamente delante de él cuando las condiciones atmosféricas y del tránsito son favorables. Las tres consideraciones más importantes en la distancia de visibilidad para el diseño de vías son:

- 1.- Distancia de visibilidad de parada.
- 2.- Distancia de visibilidad de rebase
- 3.- Distancia de visibilidad en intersecciones.

Distancia de visibilidad de parada* es la distancia mínima que debe proporcionarse en cualquier punto de la carretera. Esta debe ser provista continuamente en toda la vía. Los camiones usualmente requieren distancias de visibilidad de parada más largas para una velocidad dada que los vehículos de pasajeros pero debido a la mayor altura del ojo y bajas velocidades de los camiones, la misma distancia es aplicable.

Distancia de visibilidad en curvas horizontales: Para uso general en el diseño de una curva horizontal la línea de visibilidad es una cuerda de la curva y la distancia de visibilidad de parada aplicable es medida a lo largo de la línea central de la curva del carril interno. Se aplica cuando la longitud de las curvas circulares es mayor que la distancia de visibilidad de parada para la velocidad de diseño en consideración; en este caso la distancia de visibilidad es mayor que las longitudes de curvas horizontales.

Criterios para el diseño del alineamiento vertical.

- ✎ En pendientes largas es preferible colocar las pendientes mayores al pie de la pendiente y aliviarlas hacia el final.
- ✎ Evitar el efecto de montaña rusa que ocurre en alineamientos relativamente rectos.
- ✎ En la pendiente se opera al nivel de servicio E ó F, o sea a plena capacidad o cercana a ella.
- ✎ Es preferible una rasante con cambios graduales a una línea con Numerosos quiebres.
- ✎ En las subidas es preferible emplear las pendientes fuertes abajo, disminuyéndolas en la parte superior.
- ✎ Ajustar la línea de rasante de acuerdo con los controles de diseño (pendientes máximas y mínimas, etc.).
- ✎ Se considera que la elevación de la rasante no sobrepase el nivel o elevación de las aceras de las propiedades adyacentes, altura o rasante del puente y alcantarillas obteniendo así una buena coordinación entre planimetría y altimetría.

* Ver anexos Tabla A - 4

Alineamiento Horizontal y Vertical: El alineamiento horizontal y vertical no debe ser diseñado independientemente. En áreas residenciales el alineamiento debe ser diseñado para minimizar molestias a la población. El diseño óptimo será aquel que conjugue la curvatura y la rasante, ofreciendo seguridad, capacidad, facilidad y uniformidad de operación y apariencia placentera entre los límites de terreno y áreas de recorrido.

Niveles de Servicio: Los diseñadores deben seleccionar el nivel de servicio que mejor se adecue a la realidad del proyecto que se propone desarrollar y no suponer irrealidades absurdas que, más bien conllevan a errores. La selección de un determinado nivel de servicio conduce a la adopción de un flujo vehicular de servicio para diseño, que al ser excedido indica que las condiciones operativas se han desmejorado con respecto a dicho nivel. Como criterio de análisis se expresa que el flujo vehicular de servicio para diseño, debe ser mayor que el flujo de tránsito durante el período de 15 minutos de mayor demanda durante la hora de diseño. La AASHTO ha determinado una manera para seleccionar el nivel de servicio de una carretera, en función de su tipología y las características del terreno.

| Tipo de Carretera | Tipo de área y nivel de servicio | | | |
|--------------------|----------------------------------|----------------|-----------------|------------------|
| | Rural plano | Rural ondulado | Rural montañoso | Urbano-suburbano |
| Autopista especial | B | B | C | C |
| Troncales | B | B | C | C |
| Colectoras | C | C | D | D |
| Locales | D | D | D | D |

Tabla II. 1: Nivel de servicio para diseño según el tipo de carretera.

CURVAS HORIZONTALES.

Alineamiento Horizontal: Es la proyección sobre un plano horizontal del eje de la subcorona de la carretera. Los elementos que conforman el alineamiento horizontal son: las tangentes, las curvas circulares y las curvas de transición.

Rasante: Es el término usado para designar la posición vertical de la superficie del camino en relación a la superficie del terreno. La localización final de la rasante está afectada por la topografía, así, en terrenos planos la mayor consideración para el establecimiento de la rasante es usualmente el drenaje.

Bombeo: Es la pendiente que se da a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal hacia uno y otro lado de la rasante para evitar la acumulación del agua sobre la carretera.

Peralte o sobre elevación: Es la pendiente que se da a la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo en las curvas horizontales. Existen valores de la sobre elevación que se consideran como valores máximos, los cuales dependen del tipo de tránsito y de las condiciones climáticas.

| Peralte máximo* e_{max} | Cuando usarlo |
|-------------------------------------|--|
| 12 % | Cuando no existan heladas ni nevadas y la cantidad de Vehículos pesados en la corriente de tránsito es mínima. |
| 10 % | No hay nieve o hielo, pero con un gran porcentaje de vehículos pesados. |
| 8 % | En zonas donde las heladas o nevadas son frecuentes. |
| 6 % | En zonas urbanas. |

Tabla II. 2: Peralte Máximo

El peralte máximo de diseño para este proyecto es del 6%, ya que se está trabajando con calles urbanas.

Curvas horizontales continuas: Dos curvas horizontales continuas pueden presentarse de la siguiente manera:

- ✎ En curvas inversas.
- ✎ Lomo roto.

La primera está compuesta por dos curvas en sentido contrario contiguas y con tangente común en el punto de unión. La distancia mínima entre ambas curvas debe se

igual a la suma de las transiciones de ambas curvas. El segundo caso es cuando dos curvas consecutivas giran en el mismo sentido, pero que deben estar separadas por al menos una tangente de 500m.

En este proyecto se presenta el caso de curvas horizontales en lomo roto, estas están ubicadas en el tramo 1 cuya tangente de separación mide alrededor de 290m indicando un lomo roto corto, en otras palabras no cumple con este criterio. Este problema no se puede corregir puesto que las calles ya están delimitadas y con construcciones habitacionales en su alrededor, lo que se puede ajustar es la velocidad de diseño, eligiendo una velocidad segura para tomar estas curvas.

ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE UNA CURVA HORIZONTAL.

Puntos notables.

PI: Es el punto donde se interceptan las dos tangentes horizontales.

PC: Es el punto de tangencia entre la tangente horizontal y la curva al comienzo de esta.

PT: Es el punto de tangencia entre la tangente y la curva al final de esta.

PM: Punto medio de la curva horizontal.

PSC: Indica un punto sobre la curva.

Puntos geométricos.

R: Es el radio de la circunferencia en la que la curva es un segmento de esta, de ahí que la curva horizontal es una *curva circular*.

T: Tangente de la curva, es el segmento de recta que existe entre el PI y el PC y también entre PI y PT.

CM: Cuerda Máxima, es el segmento de recta que une al PC con el PT.

LC: Longitud del arco comprendido entre PC y el PT. Se conoce también como desarrollo (D).

M: Ordenada a la curva desde el centro de la cuerda máxima.

E: Distancia desde el centro de la curva al punto de Inflexión.

Δ : Ángulo de inflexión o de deflexión formado por las tangentes al interceptarse en el PI.

* SIECA, pág. 4-36

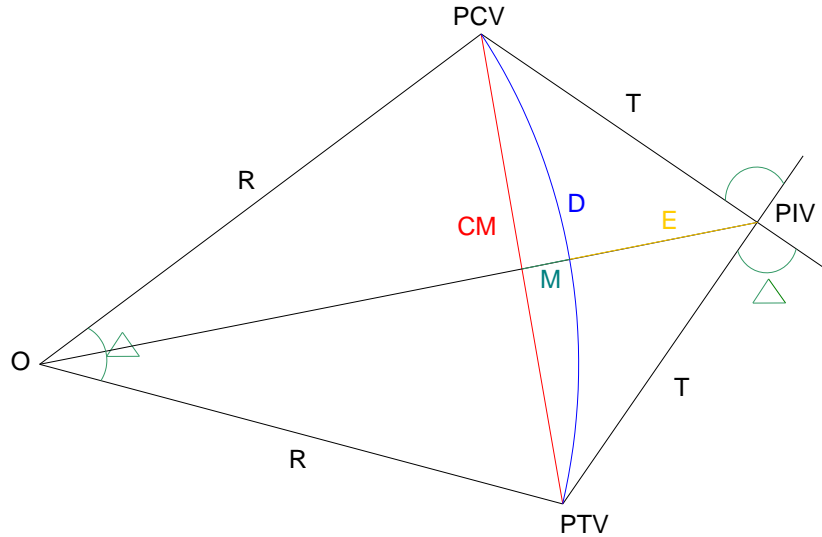


Figura IV.1: Elementos geométricos de una curva horizontal

ECUACIONES.

Cálculo de los elementos geométricos de la curva horizontal.

Radio: Está determinado según los datos que se tengan y la aplicación de las Ecuaciones del resto de los elementos geométricos.

Tangente $T_c = R \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$ (2. 1)

Cuerda Máxima $CM = 2R \operatorname{sen}\left(\frac{\Delta}{2}\right)$ (2. 2)

Externa $Ec = R \left(\sec\left(\frac{\Delta}{2}\right) - 1 \right)$ (2. 3)

Mediana $M = R \left(1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right) \right)$ (2. 4)

Desarrollo $D_c = \frac{\pi R \Delta}{180^\circ}$ (2. 5)

Antes de calcular el radio de la curva circular simple, debe establecerse primero un valor mínimo con el que el diseñador se guía, este valor consiste en el radio mínimo que evita el deslizamiento del vehículo viajando a la velocidad de diseño. Este valor esta

dado por: $R_{\min} = \frac{V^2}{127.14(e_{\max} + f)}$ (2. 6)

Una vez definido el radio mínimo se puede calcular el radio de la curva circular y verificar que:

$$R_{\min} \leq R$$

Los valores de f varían según la velocidad, las condiciones de los neumáticos y el estado de la superficie de rodamiento de la carretera. La AASHTO recomienda los siguientes valores para f :

| | | | | | |
|--------|------|------|------|------|------|
| V(KPH) | 50 | 65 | 80 | 110 | 115 |
| f | 0.16 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12 |

Tabla II. 3: Valores de f en función de la Velocidad de diseño.

CRITERIOS PARA PROYECTAR CURVAS CIRCULARES EN EL CAMPO.

Existen dos maneras de proyectar las curvas horizontales:

- 1.- Consiste en trazar la curva que mejor se adapte al terreno y posteriormente se calcula el grado de curvatura con su radio respectivo.
- 2.- Consiste en emplear curvas de determinados grados y calcular los demás elementos de ellos, siendo este último uno de los más recomendados, debido a la facilidad de cálculos y al cómodo trazado en el terreno.

La experiencia ha demostrado, que existen otras formas adecuadas para trazar una curva circular en el terreno. Algunas veces estarán en función de la EXTERNA y otras en función de la TANGENTE, que es el caso que se presenta en este trabajo. En general, se deberá trazar las curvas con el mayor radio posible para lograr mejor visibilidad y reducir la longitud del trazado de la vía.

Grado máximo de curvatura (G_{max}): Es el que permite a un vehículo recorrer con seguridad la curva con el peralte máximo a la velocidad de diseño y se define según la

siguiente expresión:
$$G_{max} = \frac{145692.26(e_{max} + f)}{V^2} \quad (2.7)$$

Donde:

e_{max} : Es el peralte máximo en decimal.

f : Representa el coeficiente de fricción lateral.

V : Es la velocidad de diseño.

Grado de curvatura (G): La longitud de una circunferencia es $2\pi R$, para un ángulo central de 360° , si el arco es de 20m, el ángulo central es el valor que adopta G , en

otras palabras el grado de curvatura es el ángulo que subtiende un arco de 20m en la curva circular.

Relaciones fundamentales del grado de curvatura.

Relación G – R $G = \frac{1145.92}{R}$ (2. 8)

Relación G – Dc $G = \frac{20\Delta}{Dc}$ (2. 9)

Condiciones que debe cumplir G.

$G \leq G_{max}$

$G = \frac{20\Delta}{Dc}$ Para $\Delta > 5^\circ$, “Dc” se calcula mediante la ecuación (2.5), si $\Delta \leq 5^\circ$, el

valor “Dc” se toma de la tabla siguiente.

| | | | | | |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Δ | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| Dc | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 |

Tabla II. 4: Valores de DC con respecto a Δ

Tipos de curvas horizontales.

Las curvas horizontales suelen presentarse en tres casos diferentes, aunque aquí sólo se mencionará en detalle el caso que se presenta en este proyecto. Como ejemplo podemos citar una curva que debe pasar por un *punto obligado*, en el otro el *PI es inaccesible*, hay casos en el que se debe trazar una *curva compuesta*. Todos estos casos tienen su mecanismo de trazado y se basa en el caso más sencillo que se puede presentar, una *curva horizontal simple*. Este caso es el que se presenta en el tramo de calle MEBASA – La Aguja, el cual se va a diseñar.

Curvas de transición.

Sirven para pasar, de manera gradual, de un tramo en tangente a otro en la curva circular. De tal modo que el cambio de curvatura sea suave y que el peralte en todos los casos esté de acuerdo con el grado de curvatura. Un parámetro que determina el diseño de curvas de transición es el Radio y la Velocidad de diseño, ya que cuanto menor sea el radio de la curva circular y mayor la velocidad de diseño, mayor es la necesidad de hacer uso de estas. Por otro lado, si el radio supera los 1500m, no es necesario diseñar curvas de transición* tampoco son necesarias en calles urbanas, esto

* SIECA 4-45

se debe a las distancias cortas, a la cantidad de intersecciones y al derecho de vía, sin embargo se utilizan para proporcionar el cambio del bombeo al peralte.

ELEMENTOS DE LA CURVA DE TRANSICIÓN.

| | | | |
|----------|---|----|---|
| PI | Puntos de intersección entre las tangentes. | Tc | Tangente de la curva circular. |
| TS | Punto donde termina la tangente y empieza la espiral. | TP | Proyección de la ordenada P, en la tangente. |
| CS | Punto donde termina la curva circular y empieza la espiral. | M | Abcisa del PC desplazado, referido al TS. |
| SC | Punto donde termina la espiral y empieza la curva circular. | P | Ordenada desde la tangente inicial al PC del círculo desplazado. |
| ST | Punto donde termina la espiral y empieza la tangente. | D | Desarrollo o longitud de la curva. |
| PM | Punto medio de la curva. | Dc | Desarrollo de la curva circular. |
| Δ | Punto de deflexión de la tangente. | E | Externa o distancia sobre la bisectriz del ángulo central del PI al PM. |
| R | Radio de la Curva circular. | Ec | Externa de la curva circular. |
| L_T | Longitud de la curva de transición. | Ep | Proyección del desplazamiento de la curva circular sobre la externa. |
| LC | Longitud de la curva circular. | | |
| T | Distancia total de la tangente. | | |

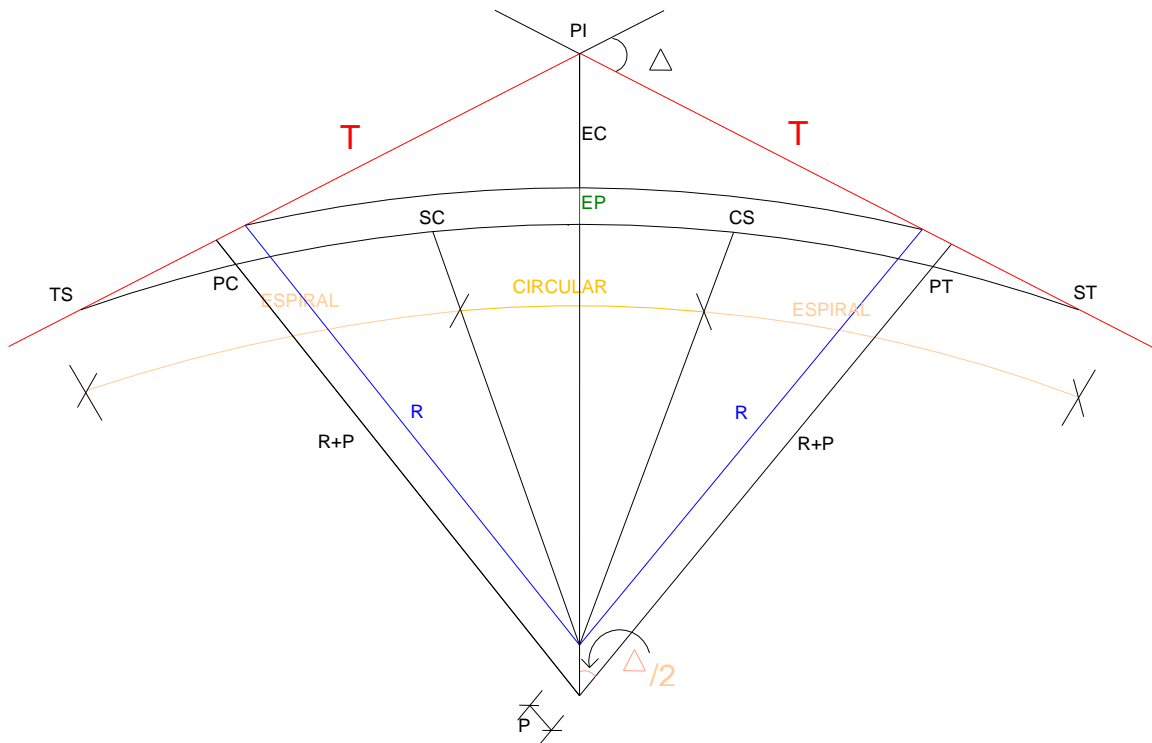


Figura IV. 2: Elementos de la curva de transición.

Diseño de la curva de transición.

Dentro del diseño de la curva de transición se incluyen la sobre elevación (peralte) y el sobre ancho.

Sobre ancho: Es el ancho que se adiciona en el extremo interior de la calzada en una curva horizontal, la cual facilita a los conductores mantenerse dentro de su vía. Una de las razones por la cual se hace necesario diseñar el sobre ancho, es que las ruedas traseras de un vehículo describe una trayectoria más corta que las delanteras cuando se recorre una curva.

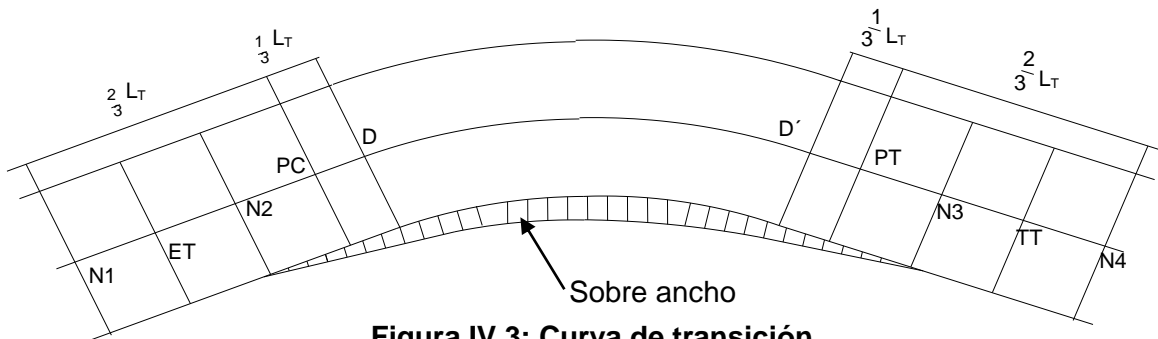


Figura IV.3: Curva de transición.

Cálculo del sobre ancho de diseño.

Para calcular el sobre ancho se utilizará la siguiente fórmula general:

$$Sa = n \left(R - \sqrt{R^2 - Lc^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}} \quad (2.10)$$

Donde:

- n Números de carriles.
- R Radio de la curva.
- Ld Distancia entre los ejes más distantes del vehículo de diseño (C3)
- V Velocidad de diseño (KPH)

Para fines de diseño no se consideran los sobre anchos que resultasen menores de 60cm*, si el sobre ancho resulta mayor deberá redondearse al decímetro superior. No es necesario ampliar la vía si los carriles tienen un ancho de 3.60m ó más, o cuando el radio de la curva sea mayor de 300m.

Transición del bombeo a la sobre elevación.

Es el procedimiento de cambio de la pendiente de la corona desde el bombeo hasta la sobre elevación, al pasar de una tangente horizontal a una curva, este cambio se hace gradualmente desde antes de entrar a la curva. Se ha determinado empíricamente que las transiciones pueden introducirse dentro de las curvas hasta en un 50%, siempre que por lo menos la tercera parte de la longitud de la curva quede en sobre elevación completa. Aunque existen tres procedimientos para realizar la transición del bombeo al peralte, aquí sólo se menciona el que se utilizará en el diseño.

Desarrollo del peralte por el borde interior.

Es el segundo método más usado sobre todo en los cortes, en los que se facilita el drenaje al mantener el borde interior una pendiente longitudinal uniforme; también disminuye el Volumen de excavación por elevarse el resto de la calzada con respecto al borde interior. El borde interior es la línea base al rededor de la cual va girando la sección transversal de la calzada, o parte de ella hasta alcanzar la inclinación necesaria (peralte). El peralte, puede desarrollarse en $\frac{2}{3}$ sobre la tangente y $\frac{1}{3}$ dentro de la curva, manteniéndose en su mayor valor hasta reducirse nuevamente.[†]

Peralte de diseño

Este está dado por la siguiente expresión:
$$e = \frac{e_{\max}}{G_{\max}^2} (2G_{\max} - G)G \quad (2. 11)$$

Para calcular el *Desarrollo del peralte* en cualquier punto X de la transición se tiene:

$$e_x = \frac{e}{L_T} (Est.X - Est.ET) \quad (2. 12)$$

Para calcular el *Desarrollo del sobre ancho* en cualquier punto X se tiene:

$$Sa_x = \frac{Sa}{L_T} (Est.X - Est.ET) \quad (2. 13)$$

Donde:

e_{\max} Peralte máximo.

G_{\max} Grado de curvatura máxima.

* SIECA pág. 4 - 50

† SIECA pág. 4 - 53

G Grado de curvatura.

Sa Sobre ancho de diseño.

L_T Longitud de la curva de transición.

Est.X Estación de un punto X ubicado en el tramo comprendido entre los puntos ET y D.

$$\text{Est.ET} = \text{Est. PC} - \frac{2}{3} L_T \quad (2.14)$$

Transición del bombeo (Valor "N")

Normas nicaragüenses
$$N = \frac{L_T \times b}{e} \quad (2.15)$$

ASSHTO
$$N = a \times b \times m \quad (2.16)$$

Donde:

b Es el valor en decimal del bombeo.

a Es el semiancho de la calzada.

m Se calcula mediante la ecuación (2.12)

LONGITUD MÍNIMA DE LA CURVA DE TRANSICIÓN.

Según la AASHTO la longitud mínima de una curva de transición* debe ir acorde con el aspecto estético, su método consiste en igualar la longitud de la espiral a la longitud necesaria para dar la sobre elevación correspondiente a la curva circular. En base a lo anterior la AASHTO determinó la siguiente ecuación: $L_T \text{ min} = m \times a \times e$ (2.17).

Donde:

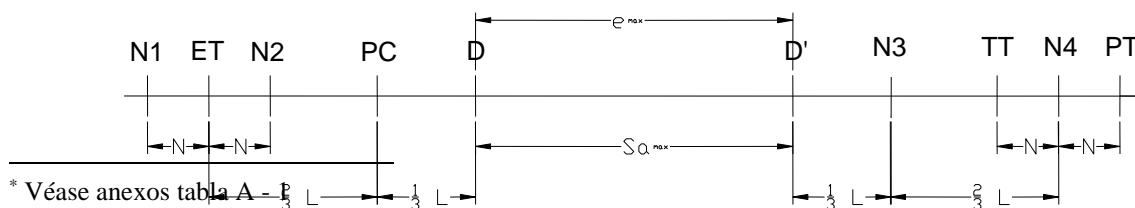
$L_T \text{ min}$. Es la longitud de la curva de transición

m Está dado por:
$$m = 1.5625V + 75 \quad (2.18)$$

a Es el semiancho de la calzada en tangente.

e Es el peralte de la curva circular en decimales.

Para la longitud de diseño (L_T) de la curva de transición se deberá redondear a un número mayor múltiplo de 20m.



* Véase anexos tabla A - 1

CALCULO DE LOS ELEMENTOS DE LA CURVA DE TRANSICIÓN.

$$\text{Tangente} \quad T = Tp + Tc + mt \quad (2.19)$$

Donde:

Tc: Es la tangente de la curva circular simple.

$$Tp = p \times \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) \quad (2.20)$$

$$p = \frac{L_T^2}{24R} \left(1 - \frac{L_T^2}{112R^2} + \frac{L_T^4}{21120R^4} \right) \quad (2.21)$$

$$m_t = \frac{L_T}{2} \left(1 - \frac{L_T^2}{120R^2} + \frac{L_T^4}{17280R^4} \right) \quad (2.22)$$

$$\text{Desarrollo} \quad D = Dc + LT. \quad (2.23)$$

Donde:

Dc: Es el desarrollo de la curva circular simple.

L_T: Es la longitud de la curva de transición.

$$\text{Externa} \quad E = Ec + Ep \quad (2.24)$$

Donde:

Ec: es la externa de la curva circular.

$$Ep = p \times \sec\left(\frac{\Delta}{2}\right) \quad (2.25)$$

REPLANTEO DE CURVAS HORIZONTALES.

Al replantear una curva circular la distancia a medir tiene que hacerse sobre la curva (desarrollo), técnicamente no es posible realizar la medición sobre ésta; es por ello que en vez de medir segmentos de arco, se miden *segmentos de cuerda*. Al medir sobre la curva existe una diferencia de longitud entre el arco y la cuerda que lo subtiende, lo que implica una diferencia entre la longitud calculada de la curva y la longitud del trazo de la curva, ésta diferencia puede disminuirse, haciendo que la longitud de la cuerda sea sensiblemente igual a la longitud del arco, esto se logra ejecutando la *operación corte de cadena*.

Longitud de la cuerda para el replanteo: La longitud necesaria para replantear una curva horizontal está en dependencia del radio y del grado de curvatura. Aunque ya hay

valores establecidos para determinados grados de curvatura*, se utilizará la ecuación

$$\text{siguiente: } C = 2R \text{sen}\left(\frac{G}{2}\right) \quad (2. 26)$$

Donde:

R Radio de la curva en metros

G Grado de curvatura de la curva.

Ángulos de deflexión: La localización de las curvas circulares en el terreno se hace generalmente por medio de ángulos de deflexión y cuerdas, dichos ángulos son los que forman con la tangente cada una de las cuerdas que salen del PC a los diversos puntos donde se van a colocar estacas, que son puntos de abscisas múltiplos de 20m. Tales

ángulos se representan por el símbolo δ :
$$\delta = \frac{1.5G_c \times l}{60} \quad (2. 27)$$

Donde:

δ Es el ángulo de deflexión.

G_c Grado de curvatura.

l Longitud de arco de la sub-cuerda.

El valor de cada ángulo de deflexión es la mitad del ángulo central que intercepta el mismo arco, puesto que es un ángulo de los llamados semi-inscritos en Geometría. El

ángulo de deflexión total para la curva será:
$$\delta = \frac{\Delta}{2} = 18^{\circ}06'10.00'' \quad (2. 28)$$

CURVAS VERTICALES.

Son las que se utilizan para servir de acuerdo entre la rasante de distintas pendientes, en los ferrocarriles, carreteras y otros caminos. Tiene como objetivo suavizar el cambio en el movimiento vertical, es decir, que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida. Casi siempre se usan arcos parabólicos, en vez de arcos circulares como en las curvas horizontales.

Cuando la diferencia algebraica entre las pendientes a unir sea menor de 0.5%, las curvas verticales no son necesarias, ya que el cambio es tan pequeño que en el terreno se pierde durante la construcción. Numéricamente se representa así: $\|P_2 - P_1\| \leq 0.5\%$

* Ver anexo Tabla A - 3

La longitud de una curva vertical es su proyección horizontal. Se caracterizan por proporcionar un camino seguro, confortable y por permitir el drenaje adecuado a la vía.

LONGITUD CRÍTICA DE UNA TANGENTE VERTICAL.

Es la longitud máxima en la que un camión cargado puede ascender sin reducir su velocidad más allá de un límite previamente establecido.

Alineamiento Vertical: Es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la sub corona. Al trazado en perfil del eje de la sub corona se le llama línea sub rasante. Los elementos que integran el alineamiento vertical son: las tangentes y las curvas.

Tangente vertical: Se caracterizan por su longitud y sus pendientes. Se miden horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente. La pendiente de la tangente vertical es la relación entre el desnivel o la distancia entre dos puntos de la misma.

Pendiente: La pendiente influye sobre el costo del transporte, por ejemplo en una curva vertical muy inclinada los usuarios tienen mayores dificultades en su recorrido y además disminuye la capacidad de la vía y más aún cuando hay un alto porcentaje de camiones. Al disminuir las pendientes, aumentan los volúmenes de excavación y por ende también los costos de construcción.

Pendiente máxima: Es la mayor pendiente que se permite en el proyecto y está en dependencia del volumen y la composición del tránsito, las características del terreno y la velocidad del diseño.

| TIPO DE TERRENO * | POR CIENTO DE PENDIENTE MÁXIMA PARA DISTINTAS VELOCIDADES DE DISEÑO, EN KPH. | | | | | | |
|-------------------|--|----|----|----|----|-----|-----|
| | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 |
| LLANO | 6 | 5 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| ONDULADO | 7 | 6 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| MONTAÑOSO | 9 | 8 | 7 | 7 | 6 | 5 | 5 |

Tabla II. 5: Relación entre pendiente máxima y velocidad de diseño.

Pendiente mínima: Es la menor pendiente que se permite en el proyecto, para que el agua pueda correr por las cunetas, la línea de fondo de éstas deberá tener como

mínimo una pendiente de 0.5%[†], la línea de fondo de las cunetas deberá tener la misma pendiente que la sub rasante de la vía.

Pendiente gobernadora: Es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea sub rasante para dominar un desnivel determinado, en función de la característica del tránsito y la configuración del terreno, la mejor pendiente gobernadora para cada caso será aquella que al conjugar esos conceptos permita obtener el menor costo de construcción, conservación y operación.

Tipos de curvas verticales.

Pueden ser cóncavas hacia abajo, las cuales se denominan *Curvas en columpio*, o cóncavas hacia arriba, a las que se les llama *Curvas en Cresta*. Para determinar si una curva vertical está en columpio o en cresta se calcula la diferencia algebraica de las pendientes, este resultado se representa con la letra A. $A = P_d - P_i$ (2. 29).

Si $A < 0$ se trata de una curva en cresta

Si $A > 0$ se trata de una curva en columpio

Desde otro punto de vista, las curvas verticales pueden ser simétricas o asimétricas, las primeras son las que se proyectan simétricamente con respecto al punto de intersección de las pendientes, es decir, las proyecciones horizontales son iguales. Las curvas verticales asimétricas disponen de proyecciones horizontales distintas, tal es el caso presentado en este proyecto.

LONGITUD DE CURVAS VERTICALES.

Al elegir la longitud de las curvas verticales, la diferencia algebraica entre sus pendientes interviene en los cálculos de diseño. En el diseño de carreteras los criterios determinantes son la visibilidad[‡] y el grado de cambio de pendiente (comodidad y aspecto). Una curva larga tiene un aspecto más agradable que una corta, es preferible una línea con pendiente suave en cambios graduales, a otra con numerosos cambios de pendientes y longitudes de rampas cortas. Aún con todo esto, la longitud de la curva

* Véase en Anexo Tabla A-2

† Nic 2000, pág 644.

‡ Véase pág. 40

vertical está en dependencia íntima con la velocidad de diseño y el grado de inclinación de la misma, teniendo en cuenta la distancia de visibilidad de parada, la cual se mencionó anteriormente.

En base a los resultados de diversos estudios se ha determinado una fórmula que proporciona la distancia de parada que puede ser utilizada para el diseño de curvas verticales, esta ecuación es:

$$D_p = 0.278Vt + \frac{V^2}{254(f_l - P_m)} \quad (2.30)$$

Donde:

D_p : Distancia de parada o frenado.

V : Velocidad de diseño

t : Tiempo de reacción (2.5seg)

f_l : Coeficiente de fricción longitudinal.

P_m : Representa la pendiente de mayor inclinación en valor absoluto.

Aunque existen otros criterios para el cálculo de la longitud de una curva vertical, aquí se utilizará solamente el *criterio de seguridad*, este criterio exige que la longitud de la curva deba ser tal, que en toda la curva la distancia de visibilidad sea mayor o igual que

la de parada. De modo que: $L = \frac{A \times D_p^2}{120 + 3.5D_p}$ (2.31)

Donde:

L : Longitud de la curva vertical

A : Diferencia algebraica de las pendientes en tanto por ciento

D_p : Distancia de parada.

La AASHTO para satisfacer las necesidades mínimas de parada, comodidad y aspecto, recomienda un valor de L no menor de $K \cdot A$, donde A es la diferencia algebraica de las pendientes en tanto por ciento y los valores de K , para obtener L en metros, son los siguientes:

| Velocidad (KPH) | | 50 | 65 | 80 | 95 | 110 |
|--|--------------------|----|----|----|----|-----|
| Valor mínimo de K para curvas verticales | Curvas en cresta | 9 | 15 | 24 | 46 | 73 |
| | Curvas en columpio | 11 | 15 | 21 | 43 | 30 |

Tabla II. 6: Valores de K para el cálculo de L.

Según lo anterior la longitud mínima de una curva vertical que cumpla con el criterio de seguridad está dado por: $L = K \times A$ (2.32)

ELEMENTOS DE LA CURVA VERTICAL.

PCV: Punto de comienzo de la curva vertical

PTV: Punto de terminación de la curva vertical

PIV: Punto de intercesión vertical de las tangentes

P_i, P_d: Pendientes de las tangentes de entrada y salida respectivamente

L_i, L_d: Longitudes de la rama izquierda y derecha respectivamente.

L: Longitud total de la curva vertical (L_i + L_d)

V: Ordenada a un punto P de la curva vertical.

Y: Ordenada vertical desde la prolongación de la tangente a un punto P de la curva.

e: Ordenada vertical desde el vértice a la curva.

x: Distancia del PV a un punto P de la curva.

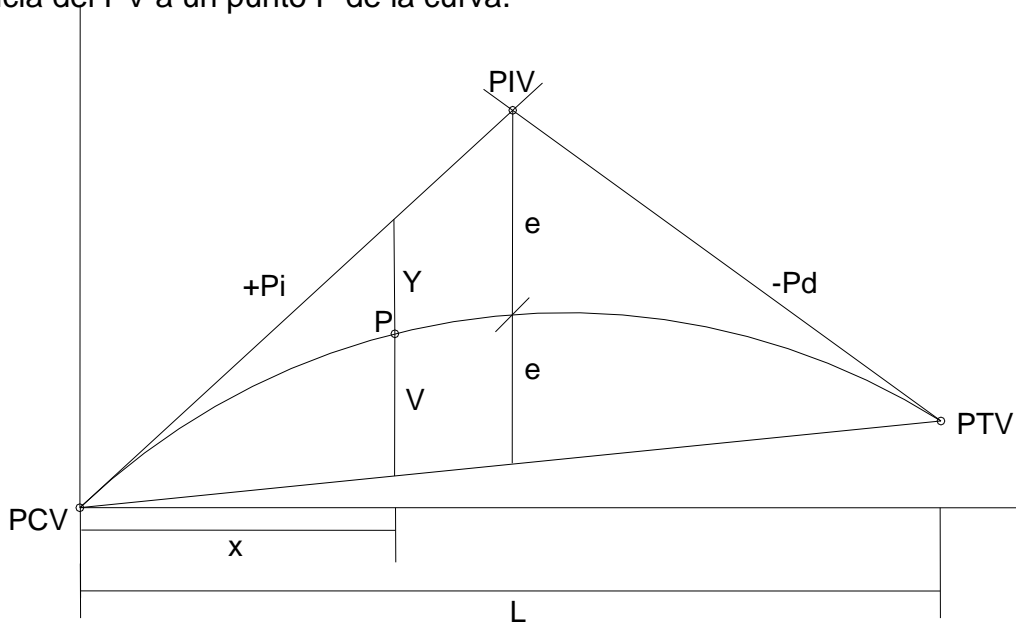


Figura IV.5: Elementos de una curva vertical.

ECUACIONES

Cálculo de los valores de los elementos de la curva vertical.

$$\text{Ordenada vertical} \quad e = \frac{(P_d - P_i)}{2L} \times L_i L_d \quad (2.32)$$

Rama izquierda

Rama derecha

Ordenadas

$$V_i = \frac{P_d - P_i}{2L} \times \frac{L_d}{L_i} \times x_i^2 \quad V_d = \frac{P_d - P_i}{2L} \times \frac{L_i}{L_d} \times x_d^2 \quad (2.33)$$

Elevación sobre la tangente

$$E_{s/t} = E_{PCV} + P_i x_i \quad E_{s/t} = E_{PTV} + P_d x_d \quad (2.34)$$

Elevación sobre la curva.

$$E_{s/c} = E_{s/t} + V_i \quad E_{s/c} = E_{s/t} + V_d \quad (2.35)$$

Ubicación del punto más alto

$$X_{PAi} = \left\| \frac{P_i L_i^2}{2e} \right\| \quad X_{PA d} = \left\| \frac{P_d L_d^2}{2e} \right\| \quad (2.36)$$

Si $X_{PAi} > L_i$ entonces el
Punto más alto está en
 L_d . Luego: $X_{PA} = L - X_i$

Si $X_{PA d} > L_d$ entonces el
Punto más alto está en
 L_i . Luego: $X_{PA} = L - X_d$

MEMORIA DE CÁLCULO.

Consideraciones a tomar.

Para seleccionar el radio ha considerado la topografía del terreno, también se han respetado los linderos de las propiedades privadas aledañas. Para elaborar el diseño se consideró un peralte máximo de 6% por ser una zona urbana (SIECA) y una pendiente transversal (bombeo) de 2.5%. El valor de f se determinó mediante la interpolación de los datos de la tabla II.3.

DISEÑO DE CURVAS HORIZONTALES.

Curva Horizontal 1

| | |
|----------------------------------|-------------------------------|
| Peralte máximo: | $e_{\text{máx}} = 0.06 = 6\%$ |
| Coeficiente de fricción lateral: | $f = 0.17$ |
| Long. Tangente considerada: | $T_c = 12.048\text{m}$ |
| Ángulo de deflexión: | $\Delta = 17^\circ 12' 31''$ |
| Velocidad de diseño: | $V = 30\text{KPH}$ |

1.- Cálculo del radio mínimo.

$$R_{\text{min}} = \frac{(30)^2}{127.14(0.06 + 0.17)} \quad \boxed{R_{\text{min}} = 30.777\text{m.}}$$

2.- Cálculo del grado máximo de curvatura.

$$G_{\text{max}} = \frac{145692.26(0.06 + 0.17)}{(30)^2} \quad \boxed{G_{\text{max}} = 37^\circ 13' 57''.}$$

3.- Cálculo del radio de la curva.

De la ecuación (2.1) se puede deducir que:

$$R = \frac{T}{\tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)}$$

$$R = \frac{12.048}{\tan(8^\circ 36' 16'')} \quad \boxed{R = 79.623\text{m.}}$$

$$R_{\text{min}} = 30.777\text{m} \leq R = 79.623\text{m};$$

Como se puede observar en el calculo se *cumple* la condición $R_{\text{min}} \leq R$.

4.- Cálculo del grado de curvatura.

Utilizando Ec. (2.8):

$$G = \frac{1145.92}{79.623} \quad \boxed{G = 14^\circ 23' 31''.}$$

El grado de curvatura encontrado debe cumplir con:

$$a) G_{\text{max}} \leq G; \quad G = 14^\circ 23' 31'' \leq G_{\text{max}} = 37^\circ 13' 57''; \quad \text{cumple}$$

5.- Cálculo de los elementos de la curva.

Desarrollo de la curva: Ec. (2.5)

$$D = \frac{\pi(79.623)(17^\circ 12' 31'')}{180^\circ} \quad \boxed{D = 23.915\text{m.}}$$

Cuerda máxima: Ec. (2.2)

$$CM = 2(79.623)\text{sen}(8^\circ 36' 16'') \quad \boxed{CM = 23.825m.}$$

Mediana: Ec. (2.4)

$$M = (79.623)(1 - \cos(8^\circ 36' 16'')) \quad \boxed{M = 0.896m.}$$

Externa: Ec (2.3) $E = (53.435)(\sec(18^\circ 06' 10'') - 1) \quad \boxed{E = 0.906m.}$

CURVA DE TRANSICIÓN.

En páginas anteriores se explicó que las curvas de transición no se diseñan cuando se trata de calles urbanas, pero se tiene que calcular el valor "N" para proporcionar el peralte de diseño, de manera que se calcularan los datos necesarios para diseñar el peralte y el valor de "N". Para el diseño de la curva de transición se requiere de los siguientes datos:

Semiancho de la calzada: $a = 3.60m$

Distancia entre los ejes más

Distantes del vehículo de diseño (C3): $Ld = 6.10m$

Estación del PI: $Est. PI = 0 + 028.911$

Tangente de la curva simple: $Tc = 12.048m$

6.- Cálculo del peralte. Ec. (2.11)

$$e = \frac{0.06}{(37^\circ 13' 57'')^2} (2(37^\circ 13' 57'') - 14^\circ 23' 31'')(14^\circ 23' 31'') \quad e = 0.037 = 3.7 \%$$

7.- Cálculo del sobre ancho. Ec. (2.10)

$$Sa = 2 \left(79.623 - \sqrt{79.623^2 - 6.10^2} \right) + \frac{30}{10\sqrt{79.623}} \quad Sa = 0.804m.$$

Dado que $Sa = 0.804m \geq 0.60m$, entonces el sobre ancho debería ser diseñado, sin embargo este no será necesario ya que el ancho de cada carril es de 3.60m, por tanto solo se dejará indicado.

8.- Longitud mínima de la espiral. (2.17)

Primero se debe calcular m con la ec. (2.18)

$$m = 1.5625*(30) + 75 \qquad m = 121.875$$

$$L_T \text{ min} = 121.875 \times 3.60 \times 0.037 \qquad L_T \text{ min} = 16.234 \text{ m}$$

Esta distancia debe ser aumentada a un múltiplo de 20m, es decir: $L_T = 20\text{m}$.

9.- Cálculo de la distancia N. Ec. (2.16)

$$N = (3.60)(0.025)(121.875) \qquad N \approx 10.97\text{m}.$$

10.- Estacionamientos para el peralte.

$$\text{Est. PC} = \text{Est. PI} - T_c \qquad \text{Est. PC} = (0+028.911) - 12.048 \qquad \text{Est. PC} = 0 + 016.9$$

$$\text{Est. PT} = \text{Est. PC} + D_c \qquad \text{Est. PT} = (0+016.9) + 33.766 \qquad \text{Est. PT} = 0 + 040.8$$

$$\text{Est. N1} = \text{Est. PC} - (\frac{2}{3}L_T + N) = (0+016.9) - (\frac{2}{3}(20) + 11.4) \qquad \text{Est. N1} = 0 + 000.0$$

$$\text{Est. ET} = \text{Est. PC} - \frac{2}{3}L_T \qquad \text{Est. ET} = (0+016.9) - \frac{2}{3}(20) \qquad \text{Est. ET} = 0 + 003.6$$

$$\text{Est. N2} = \text{Est. ET} + N \qquad \text{Est. N2} = (0+003.6) + 11.4 \qquad \text{Est. N2} = 0 + 015.0$$

$$\text{Est. D} = \text{Est. PC} + \frac{1}{3}L_T \qquad \text{Est. D} = (0+016.9) + \frac{1}{3}(20) \qquad \text{Est. D} = 0 + 023.6$$

$$\text{Est. D}' = \text{Est. PT} - \frac{1}{3}L_T \qquad \text{Est. D}' = (0+040.8) - \frac{1}{3}(20) \qquad \text{Est. D}' = 0 + 034.1$$

Comprobación:

$$\text{Est. D}' - \text{Est. D} \geq \frac{1}{3}D_c$$

$$\text{Est. D}' - \text{Est. D} = (0 + 034.1) - (0 + 023.6) = 10.5$$

$$\frac{1}{3}D_c = \frac{1}{3}(23.915) = 7.97 \qquad 7.97 \leq 10.5 \quad \text{Cumple}$$

$$\text{Est. N3} = \text{Est. PT} + (\frac{2}{3}L_T - N) = (0+040.8) + (\frac{2}{3}(20) - 11.4) \qquad \text{Est. N3} = 0 + 042.7$$

$$\text{Est. TT} = \text{Est. N3} + N \qquad \text{Est. TT} = (0+042.7) + 11.4 \qquad \text{Est. TT} = 0 + 054.1$$

$$\text{Est. N4} = \text{Est. TT} + N \qquad \text{Est. N4} = (0+054.1) + 11.4 \qquad \text{Est. N4} = 0 + 065.5$$

11.- Desarrollo del peralte y del sobre ancho.

PERALTE. Ec. (2.12)

Hombro derecho.

$$e_x = \frac{0.037}{20} (\text{Est. X} - (0 + 003.6)) \text{ Para el tramo de N1 a D.}$$

$$e_x = \frac{0.037}{20} (\text{Est. X} - (0 + 054.1)) \text{ Para el tramo de D' a N4.}$$

Hombro izquierdo.

$$e_x = \frac{0.025}{11.4} (Est.X - (0 + 003.6))$$

SOBRE ANCHO. Ec. (2.13)

Se le recuerda al lector que el sobre ancho en este diseño no es necesario, sin embargo los autores incluyeron su cálculo como forma de guía.

Orilla interior (Hombro izquierdo)

$$Sa_x = \frac{0.804}{20} (Est.X - (0 + 003.6)) \text{ Con respecto a ET}$$

$$Sa_x = \frac{0.804}{20} (Est.X - (0 + 054.1)) \text{ Con respecto a TT}$$

Los resultados obtenidos en la evaluación de las ecuaciones anteriores se muestra en la tabla siguiente (Tabla II.7), debe recordar que los valores referidos a ET son los que corresponden a las estaciones que van desde ET hasta D, y para las referidas a TT son las que van de la estación D' a la estación TT.

| | ELEMENTOS DE LA CURVA | ESTACIÓN | PERALTE (%) | | SOBREANCHO (m) | DISTANCIA (m) |
|----------------|-----------------------|----------|------------------|----------------|------------------|---------------|
| | | | HOMBRO IZQUIERDO | HOMBRO DERECHO | ORILLA IZQUIERDA | |
| Espiral | N1 | 0+000 | -2.50 | -2.50 | 0.000 | 3.6 |
| | ET | 0+003.6 | -2.50 | 0.00 | 0.000 | 0 |
| | | 0+010 | -2.50 | 1.28 | 0.257 | 6.4 |
| | N2 | 0+015 | -2.50 | 2.28 | 0.458 | 11.4 |
| Curva Circular | PC | 0+016.9 | -2.66 | 2.66 | 0.535 | 13.3 |
| | | 0+020 | -3.28 | 3.28 | 0.659 | 16.4 |
| | D | 0+023.6 | -3.70 | 3.70 | 0.804 | 20 |
| | | 0+030 | -3.70 | 3.70 | 0.804 | |
| | D' | 0+034.1 | -3.70 | 3.70 | 0.804 | 20 |
| | | 0+040 | -2.82 | 2.82 | 0.567 | 14.1 |
| | PT | 0+040.8 | -2.66 | 2.66 | 0.535 | 13.3 |
| Espiral | N3 | 0+042.7 | -2.50 | 2.28 | 0.458 | 11.4 |
| | | 0+050 | -2.50 | 0.82 | 0.165 | 4.1 |
| | TT | 0+054.1 | -2.50 | 0.00 | 0.000 | 0 |
| | | 0+060 | -2.50 | -1.18 | 0.000 | 5.9 |
| | N4 | 0+065.5 | -2.50 | -2.50 | 0.000 | 11.4 |

Tabla II. 7: Peraltes y sobre ancho.

12.- Replanteo de la curva.

La longitud de cuerda máxima correspondiente es de 10m dado que el grado de curvatura está entre 6° y 15° teniendo en cuenta lo que señala la tabla A- 3, de anexos, pero como la longitud de la curva es corta se puede tomar como cuerda máxima una longitud de 5m con el fin de proporcionar un mejor resultado en el replanteo:

De modo que aplicando la ecuación (2.27)

$$\delta = \frac{1.5(14^{\circ}23'30.56'')(5)}{60} \quad \delta = 1^{\circ}47'56.32''$$

$$\delta = \frac{1.5(14^{\circ}23'30.56'')(3.14)}{60} \quad \delta = 1^{\circ}07'43.24''$$

$$\delta = \frac{1.5(14^{\circ}23'30.56'')(0.778)}{60} \quad \delta = 0^{\circ}16'47.72''$$

Así se obtiene, los resultados planteados en la siguiente tabla:

| Punto | Estación. | Cuerda | Deflexión | Deflexión acumulada |
|-------|-----------|--------|--------------|---------------------|
| PC | 0+016.863 | 0.00 | 0°00'00'' | 0°00'00'' |
| | 0+020 | 3.14 | 1°07'43.24'' | 1°07'43.24'' |
| | 0+025 | 5.00 | 1°47'56.32'' | 2°55'39.56'' |
| | 0+030 | 5.00 | 1°47'56.32'' | 4°43'35.88'' |
| | 0+035 | 5.00 | 1°47'56.32'' | 6°31'32.2'' |
| | 0+040 | 5.00 | 1°47'56.32'' | 8°19'28.52'' |
| PT | 0+040.778 | 0.78 | 0°16'47.72'' | 8°36'16.24'' |

Tabla II. 8: Replanteo de la curva horizontal 1.

Se puede comprobar que la deflexión acumulada final se aproxima al valor del ángulo de deflexión media, es decir:

$$8^{\circ}36'16.24'' \approx \frac{\Delta}{2} = 8^{\circ}36'15.50''$$

Curva Horizontal 2

Peralte máximo: $e_{\text{máx}} = 0.06 = 6\%$

Coeficiente de fricción lateral: $f = 0.17$

Long. Tangente considerada: $T_c = 17.468\text{m}$

Ángulo de deflexión: $\Delta = 36^{\circ}12'20''$

Velocidad de diseño: $V = 25\text{KPH}$

1.- Cálculo del radio mínimo.

$$R_{min} = \frac{(25)^2}{127.14(0.06 + 0.17)} \quad \boxed{R_{min} = 21.373m.}$$

2.- Cálculo del grado máximo de curvatura.

$$G_{max} = \frac{145692.26(0.06 + 0.17)}{(25)^2} \quad \boxed{G_{max} = 53^{\circ}36'53''.}$$

3.- Cálculo del radio de la curva.

De la ecuación (2.1) se puede deducir que:

$$R = \frac{17.468}{\tan(18^{\circ}06'10'')} \quad \boxed{R = 53.435m.}$$

$$R_{min} = 46.609m \leq R = 53.435m;$$

Como se puede observar se *cumple* la condición $R_{min} \leq R$.

4.- Cálculo del grado de curvatura.

Utilizando Ec. (2.8):

$$G = \frac{1145.92}{53.435} \quad \boxed{G = 21^{\circ}26'42''.}$$

El grado de curvatura encontrado debe cumplir con:

$$a) G_{max} \leq G; \quad G = 21^{\circ}26'42'' \leq G_{max} = 24^{\circ}35'08''; \quad \text{cumple}$$

$$b) G_b = \frac{20\Delta}{D}; \quad G_b = \frac{20(36^{\circ}12'20'')}{33.766} = 21^{\circ}26'41.92''; \quad \text{cumple}$$

5.- Cálculo de los elementos de la curva.

Desarrollo de la curva: Ec. (2.5)

$$D = \frac{\pi(53.435)(36^{\circ}12'20'')}{180^{\circ}} \quad \boxed{D = 33.766m.}$$

Cuerda máxima: Ec. (2.2)

$$CM = 2(53.435)\text{sen}(18^{\circ}06'10'') \quad \boxed{CM = 33.207m.}$$

Mediana: Ec. (2.4)

$$M = (53.435)(1 - \cos(18^{\circ}06'10'')) \quad \boxed{M = 2.645m.}$$

Externa: Ec (2.3)

$$E = (53.435)(\sec(18^{\circ}06'10") - 1) \quad \boxed{E = 2.783m.}$$

CURVA DE TRANSICIÓN.

Semiancho de la calzada: $a = 3.60m$

Distancia entre ejes más

Distantes del vehículo de diseño (C3): $L_d = 6.10m$

Estación del PI: Est. PI = 0 + 348.468

Tangente de la curva simple: $T_c = 17.468m$

6.- Cálculo del peralte. Ec. (2.11)

$$e = \frac{0.06}{(53^{\circ}36'53")^2} (2(53^{\circ}36'53") - 21^{\circ}26'42")(21^{\circ}26'42") \quad e = 0.038 = 3.8 \%$$

7.- Cálculo del sobre ancho. Ec. (2.10)

$$Sa = 2 \left(53.435 - \sqrt{53.435^2 - 6.10^2} \right) + \frac{25}{10\sqrt{53.435}} \quad Sa = 1.041m.$$

Dado que $Sa = 1.041m \geq 0.60m$, entonces el sobre ancho debería ser diseñado, sin embargo este *no será necesario* ya que el ancho de cada carril es de 3.60m y según las normas AASHTO *para carriles con anchos iguales o mayores de 3.60m no es necesario diseñar sobre ancho.*

8.- Longitud mínima de la espiral. (2.17)

Primero se debe calcular m con la ec. (2.18)

$$m = 1.5625*(25) + 75 \quad \underline{m = 114.063}$$

$$L_T \text{ min} = 114.063 \times 3.60 \times 0.038 \quad \underline{L_T \text{ min} = 15.604 m}$$

Esta distancia debe ser aumentada a un múltiplo de 20m, es decir: $L_T = 20m$.

9.- Cálculo de la distancia N. Ec. (2.16)

$$N = (3.60)(0.025)(114.063) \quad \underline{N \approx 10.27m.}$$

10.- Estacionamientos.

$$\text{Est. PC} = \text{Est. PI} - T_c \quad \text{Est. PC} = (0+348.468) - 17.468 \quad \text{Est. PC} = 0 + 331.0$$

$$\text{Est. PT} = \text{Est. PC} + D_c \quad \text{Est. PT} = (0+331) + 33.766 \quad \text{Est. PT} = 0 + 364.8$$

$$\text{Est. N1} = \text{Est. PC} - (\frac{2}{3}L_T + N) = (0+331) - (\frac{2}{3}(20) + 10.7) \quad \text{Est. N1} = 0 + 307.0$$

$$\text{Est. ET} = \text{Est. PC} - \frac{2}{3}L_T \quad \text{Est. ET} = (0+331) - \frac{2}{3}(20) \quad \text{Est. ET} = 0 + 317.7$$

$$\text{Est. N2} = \text{Est. ET} + N \quad \text{Est. N2} = (0+317.7) + 10.7 \quad \text{Est. N2} = 0 + 328.4$$

$$\begin{array}{lll} \text{Est. D} = \text{Est. PC} + \frac{1}{3}L_T & \text{Est. D} = (0+331) + \frac{1}{3}(20) & \text{Est. D} = 0 + 337.7 \\ \text{Est. D}' = \text{Est. PT} - \frac{1}{3}L_T & \text{Est. D}' = (0+364.8) - \frac{1}{3}(20) & \text{Est. D}' = 0 + 358.1 \end{array}$$

Comprobación:

$$\text{Est. D}' - \text{Est. D} \geq \frac{1}{3}D_c$$

$$\text{Est. D}' - \text{Est. D} = (0 + 358.1) - (0 + 337.7) = 20.4$$

$$\frac{1}{3}D_c = \frac{1}{3}(33.766) = 11.255$$

$$20.4 \geq 11.255 \quad \text{Cumple}$$

$$\text{Est. N3} = \text{Est. PT} + (\frac{2}{3}L_T - N) = (0+364.8) + (\frac{2}{3}(20) - 10.7) \quad \text{Est. N3} = 0 + 367.4$$

$$\text{Est. TT} = \text{Est. N3} + N \quad \text{Est. TT} = (0+367.4) + 10.7 \quad \text{Est. TT} = 0 + 378.1$$

$$\text{Est. N4} = \text{Est. TT} + N \quad \text{Est. N4} = (0+378.1) + 10.7 \quad \text{Est. N4} = 0 + 388.8$$

11.- Desarrollo del peralte y del sobre ancho.

PERALTE Ec. (2.12)

Hombro derecho.

$$e_x = \frac{0.038}{20} (\text{Est. X} - (0 + 317.7)) \quad \text{Para el tramo de N1 a D.}$$

$$e_x = \frac{0.038}{20} (\text{Est. X} - (0 + 370)) \quad \text{Para el tramo de D' a N4.}$$

Hombro izquierdo.

$$e_x = \frac{0.025}{10.7} (\text{Est. X} - (0 + 317.7))$$

SOBRE ANCHO. Ec. (2.13)

Se le recuerda al lector que el sobre ancho en este diseño no es necesario, sin embargo los autores incluyeron su cálculo como forma de guía.

Orilla interior (Hombro izquierdo)

$$Sa_x = \frac{1.041}{20} (\text{Est. X} - (0 + 317.7))$$

$$Sa_x = \frac{1.041}{20} (\text{Est. X} - (0 + 373.4))$$

La evaluación de las ecuaciones anteriores se muestra en la siguiente tabla, debe recordarse que los valores referidos a ET son los que corresponden a las estaciones que van desde ET hasta D, y para las referidas a TT son las que van de la estación D' a la estación TT.

| | ELEMENTOS DE LA CURVA | ESTACIÓN | PERALTE (%) | | SOBRE ANCHO (m) | DISTANCIA (m) | |
|----------------|-----------------------|----------|------------------|----------------|------------------|---------------|----------------|
| | | | HOMBRO IZQUIERDO | HOMBRO DERECHO | ORILLA IZQUIERDA | | |
| Curva espiral | N1 | 0+307 | -2.50 | -2.50 | 0.00 | 10.7 | Referidas a ET |
| | | 0+310 | -2.50 | -1.54 | 0.00 | 7.7 | |
| | ET | 0+317.7 | -2.50 | 0.00 | 0.00 | 0 | |
| | | 0+320 | -2.50 | 0.46 | 0.12 | 2.3 | |
| | N2 | 0+328.4 | -2.50 | 2.14 | 0.56 | 10.7 | |
| | | 0+330 | -2.46 | 2.46 | 0.64 | 12.3 | |
| Curva Circular | PC | 0+331 | -2.66 | 2.66 | 0.69 | 13.3 | Referidas a TT |
| | D | 0+337.7 | -3.80 | 3.80 | 1.04 | 20 | |
| | | 0+340 | -3.80 | 3.80 | 1.04 | | |
| | | 0+350 | -3.80 | 3.80 | 1.04 | | |
| | D' | 0+358.1 | -3.80 | 3.80 | 1.04 | 15.3 | |
| | | 0+360 | -2.68 | 2.68 | 0.70 | 13.4 | |
| Espiral | PT | 0+364.8 | -1.72 | 1.72 | 0.45 | 8.6 | Referidas a TT |
| | N3 | 0+366.7 | -2.50 | 1.34 | 0.35 | 6.7 | |
| | | 0+370 | -2.50 | 0.68 | 0.18 | 3.4 | |
| | TT | 0+373.4 | -2.50 | 0.00 | 0.00 | 0 | |
| | N4 | 0+380.1 | -2.50 | -2.50 | 0.00 | 6.7 | |

Tabla II. 9: Peraltes y sobre ancho.

12.- Replanteo de la curva.

Se escogió una longitud de cuerda máxima de 5m ya que el grado de curvatura está entre 15° y 32° que señala la tabla A - 3.

$$\delta = \frac{1.5(21^{\circ}26'42.43'')(5)}{60} \quad \delta = 2^{\circ}40'50.30''$$

$$\delta = \frac{1.5(21^{\circ}26'42.43'')(4)}{60} \quad \delta = 2^{\circ}08'40.24''$$

$$\delta = \frac{1.5(21^{\circ}26'42.43'')(4.77)}{60} \quad \delta = 2^{\circ}33'26.39''$$

Estos valores se muestran en la siguiente tabla:

| Punto | Estación. | Cuerda | Deflexión | Deflexión acumulada |
|-------|-----------|--------|-------------|---------------------|
| PC | 0+331 | 0.00 | 0°00'00" | 0°00'00" |
| | 0+335 | 4.00 | 2°08'40.24" | 2°08'40.24" |
| | 0+340 | 5.00 | 2°40'50.30" | 4°49'30.54" |
| | 0+345 | 5.00 | 2°40'50.30" | 7°30'20.84" |
| | 0+350 | 5.00 | 2°40'50.30" | 10°11'11.14" |
| | 0+355 | 5.00 | 2°40'50.30" | 12°52'01.44" |
| | 0+360 | 5.00 | 2°40'50.30" | 15°32'51.74" |
| PT | 0+364.77 | 4.77 | 2°33'26.39" | 18°06'18.13" |

Tabla II. 10: Replanteo de la curva horizontal 2.

Se puede comprobar que la deflexión acumulada final se aproxima al valor del ángulo de deflexión media, es decir: $18^{\circ}06'18.13'' \approx \frac{\Delta}{2} = 18^{\circ}06'10.00''$

DISEÑO DE CURVAS VERTICALES

A continuación se muestran los cálculos referidos al diseño de las curvas verticales 1 y 4, para las curvas verticales 2 y 3 su procedimiento es analogo. Los resultados obtenidos se muestra al final de los cálculos en un resumen de los resultados para estas curvas.

Curva Vertical 1.

Datos:

V = 30 KPH

$P_i = -0.02077 = -2.077\%$

Est. PIV = 0 + 210

$P_d = -0.00794 = -0.794\%$

Elev. PIV = 95.113m

$b = 0.025 = 2.5\%$

1.- Diferencia algebraica de las pendientes.

Utilizando la ecuación (2.29) se tiene:

$$A = (-0.794) - (-2.077) \quad \boxed{A = 1.283 \%}$$

Es necesario diseñar la curva vertical ya que $A = //+1.283// > 0.5\%$, por otro lado, la curva está en COLUMPIO, porque A es positiva.

2.- Cálculo de la distancia de parada.

Con la ecuación (2. 30) se obtiene:

$$D_p = 0.278(30)(2.5) + \frac{(30)^2}{254(0.40 - 0.02077)} \quad \boxed{D_p = 30.193m}$$

3.- Cálculo de la longitud de la curva vertical.

Ecuación (2. 31)

$$L = \frac{(1.283)(30.193)^2}{120 + 3.5(30.193)} \quad L = 5.183m$$

Redondeando a términos de veinte metros $L = 20m.$

Según la AASHTO: Primeramente se estipula el valor de K, esto se consigue realizando una interpolación cuadrática a los valores de la tabla II.7 obteniéndose así: $K=2$. Luego:

$$L = (2)(1.283) \quad L = 2.57m$$

La longitud obtenida se redondea al número de estaciones de veinte metros inmediato superior, entonces:

$$L = 20m$$

Como se puede, en ambos casos la longitud de la curva vertical es la misma, por tanto la longitud de la curva será de 20m.

4.- Estaciones.

Est. PIV = 0 + 210

La curva se diseñó como simétrica, por tanto:

$$EstPCV = EstPIV - \frac{L}{2} \quad EstPCV = (0 + 210) - \frac{20}{2} \quad Est. PCV = 0 + 200.$$

$$EstPTV = EstPIV + \frac{L}{2} \quad EstPTV = (0 + 210) + \frac{20}{2} \quad Est. PTV = 0 + 220.$$

Entonces la longitud de cada rama es:

$$Lr = \frac{L}{2} \quad Lr = \frac{20}{2} \quad Lr = 10m.$$

5.- Elevaciones.

Elev. PIV = 95.113m

$$Elev. PCV = 95.113 + 0.02077(10) \quad Elev. PCV = 95.321m.$$

$$Elev. PTV = 98.850 - (0.00794)(10) \quad Elev. PTV = 95.034m.$$

6.- Cálculo de las ordenadas. Ec. (2.33)

Para ambas ramas:

$$V_{i,d} = \frac{(-0.00794) - (-0.02077) 10}{2(20)} \frac{10}{10} X_{i,d}^2$$

$$V_{i,d} = 3.208 \times 10^{-4} (X_{i,d})^2.$$

Ejemplo para $X=5$

$$V_{i,d} = 3.208 \times 10^{-4} (5)^2$$

$$V_{i,d} = 0.008m$$

Ordenada vertical. Ec. (2.32)

$$e = \frac{(-0.00794) - (-0.02077)}{2(20)} \times (10)(10) \quad \boxed{e = 0.032m}$$

7.- Cálculo de las elevaciones sobre tangente. Ec. (2.34)

Para la rama izquierda:

$$Ex_{s/t} = 95.321 - (0.02077)x_i$$

Ejemplo cuando X= 5:

$$Ex_{s/t} = 95.321 - (0.02077)(5) \quad Ex_{s/t} = 95.217m$$

Para la rama derecha:

$$Ex_{s/t} = 95.034 + (0.00794)x_d$$

Ejemplo cuando X = 5:

$$Ex_{s/t} = 95.034 + (0.00794)(5) \quad Ex_{s/t} = 95.074m$$

8.- Cálculo de las elevaciones sobre la curva. Ec. (2.35)

$$E_{s/c} = E_{s/t} + V_{i,d}$$

Ejemplo para la rama izquierda:

$$X = 5$$

$$E_{s/c} = 95.217 + (0.008) \quad E_{s/c} = 95.225m$$

9.- Punto más bajo (PB) de la curva.

Obviamente este punto se encuentra al final de la curva, por tanto sus coordenadas coinciden con las del PTV (refiérase a los planos en la sección de anexos):

$$Est. PB = 0 + 220$$

$$Elev. PB = 95.034m$$

10.- Elevaciones de la curva vertical sobre la orilla interior.

| Punto | Estación | X | V | Elev S/T | Elev S/C |
|---------|----------|-------|-------|----------|----------|
| PCV | 0+180 | 0 | 0.000 | 95.736 | 95.736 |
| | 0+190 | 10 | 0.011 | 95.528 | 95.539 |
| | 0+200 | 10 | 0.011 | 95.034 | 95.044 |
| PIV | 0+210 | 10 10 | 0.096 | 95.113 | 95.209 |
| | 0+220 | 10 | 0.011 | 95.321 | 95.331 |
| | 0+230 | 10 | 0.011 | 94.954 | 94.965 |
| PTV(PB) | 0+240 | 0 | 0.000 | 94.875 | 94.875 |

Tabla II. 11: Elevaciones de la curva vertical 1.

Curva Vertical 4.

Datos:

$$V = 30 \text{ KPH}$$

$$\text{Est. PIV} = 0 + 804.74$$

$$\text{Elev. PIV} = 98.250\text{m}$$

$$P_i = +0.04715 = +4.715\%$$

$$P_d = -0.02368 = -2.368\%$$

$$b = 0.025 = 2.5\%$$

1.- Diferencia algebraica de las pendientes.

Utilizando la ecuación (2.29) se tiene:

$$A = (-2.368) - (+4.715) \quad \boxed{A = -7.082 \%}$$

Es necesario diseñar la curva vertical ya que $A = \|-7.082\| > 0.5\%$, por otro lado, la curva está en CRESTA, dado que A es negativa.

2.- Cálculo de la distancia de parada.

Con la ecuación (2.30) obtenemos:

$$D_p = 0.278(30)(2.5) + \frac{(30)^2}{254(0.40 - 0.04715)} \quad \boxed{D_p = 30.892\text{m}}$$

3.- Determinación de la longitud de la curva vertical. (Ec. 2.31)

$$L = \frac{(7.082)(30.892)^2}{120 + 3.5(30.892)} \quad L = 29.627\text{m}$$

Redondeando a términos de veinte metros $\boxed{L = 40\text{m.}}$

Según la AASHTO: Primeramente se estipula el valor de K , esto se consigue realizando una interpolación cuadrática a los valores de la tabla II.7 [refTab1R](#) obteniéndose así: $K=$

$$5. \text{ Luego:} \quad L = (5)(7.082) \quad L = 35.410\text{m}$$

La longitud obtenida se redondea al número de estaciones de veinte metros inmediato superior, entonces: $L = 40\text{m}$. Comparando este resultado con el anterior se puede notar que ambas coinciden, siendo de esta manera $L = 40\text{m}$.

4.- Estaciones.

$$\text{Est. PIV} = 0 + 804.740$$

Teniendo en cuenta la topografía del terreno y los linderos aledaños se fijó un punto obligado de comienzo de la curva, siendo este punto el PCV. $\boxed{\text{Est. PCV} = 0 + 780.}$

Entonces la longitud de la rama izquierda es:

$$L_i = (0+804.74) - (0+780) \quad L_i = 24.74m$$

Luego, la rama derecha tiene una longitud de:

$$L_d = 40 - 24.74 \quad L_d = 15.26m$$

Se trata de una curva vertical asimétrica ($L_i \neq L_d$).

$$\text{Est. PTV} = (0+804.74) + 15.26 \quad \boxed{\text{Est. PTV} = 0 + 820.}$$

5.- Elevaciones.

$$\text{Elev. PIV} = 98.250m$$

La elevación del PCV ya está dada como un dato, ya que PCV es un punto obligado, siendo su elevación:

$$\boxed{\text{Elev. PCV} = 97.087m.}$$

$$\text{Elev. PTV} = 98.250 - (0.02368)(15.26) \quad \boxed{\text{Elev. PTV} = 97.889m.}$$

6.- Cálculo de las ordenadas. Ec. (2.33)

Para la rama izquierda:

$$V_i = \frac{(-0.02368) - (0.04715) \frac{15.26}{2(40)}}{24.74} x_i^2 \quad \boxed{V_i = -5.461 \times 10^{-4} (X_i)^2.}$$

Ejemplo para $X=10$

$$V_i = -5.461 \times 10^{-4} (10)^2 \quad V_i = - 0.055$$

Para la rama derecha:

$$V_d = \frac{(-0.02368) - (0.04715) \frac{24.74}{2(40)}}{15.26} x_d^2 \quad \boxed{V_d = -1.435 \times 10^{-3} (X_d)^2}$$

Ordenada vertical. Ec. (2.24)

$$e = \frac{(-0.02368) - (0.04715)}{2(40)} \times (24.74)(15.26) \quad \boxed{e = -0.334}$$

7.- Cálculo de las elevaciones sobre tangente. Ec. (2.34)

Para la rama izquierda:

$$E_{s/t} = 97.087 + (0.04715)x_i$$

Ejemplo cuando $X=10$:

$$E_{s/t} = 97.087 + (0.04715)(10) \quad E_{s/t} = 97.559m$$

Para la rama derecha:

$$E_{s/t} = 97.889 + (0.02368)x_d$$

8.- Cálculo de las elevaciones sobre la curva. Ec. (2.35)

$$E_{s/c} = E_{s/t} + V_i \quad \text{Para lado izquierdo}$$

$$E_{s/c} = E_{s/t} + V_d \quad \text{Para lado derecho}$$

Ejemplo para la rama izquierda: $X=10$

$$E_{s/c} = 97.559 + (-0.055) \quad E_{s/c} = 97.504m$$

9.- Punto más alto (PA) de la curva.

Utilizando la ec. (2.36)

$$X_{PA} = \left\| \frac{P_d L_d^2}{2e} \right\| \quad X_{PA} = \left\| \frac{(0.02368)(15.26)^2}{2(-0.334)} \right\| \quad X_{PA} = 8.255m \text{ a partir de PTV.}$$

$$Est. PA = (0 + 820) - 8.255 \quad \boxed{Est. PA = 0 + 811.745.}$$

10.- Elevaciones de la curva vertical sobre la orilla interior.

| Punto | Estación | X | V | Elevación S/T | Elevación S/C |
|-------|-----------|-------------|--------|---------------|---------------|
| PCV | 0+780 | 0 | 0.000 | 97.087 | 97.087 |
| | 0+790 | 10 | -0.055 | 97.559 | 97.504 |
| | 0+800 | 20 | -0.218 | 98.030 | 97.812 |
| PIV | 0+804.74 | 24.74 15.26 | -0.334 | 98.250 | 97.916 |
| | 0+810 | 10 | -0.144 | 98.126 | 97.982 |
| PA | 0+811.745 | 8.255 | -0.098 | 98.084 | 97.987 |
| PTV | 0+820 | 0 | 0.000 | 97.889 | 97.889 |

Tabla II. 12: Elevaciones de la curva vertical 4.

Resultados de diseño de curva vertical 2

| | | | | | | |
|---------------|-----------------|------------------|-------------|----------|-------------|------|
| Puntos | Estación | Elevación | Pi = | 0.01596 | Li = | 18.5 |
| PCV | 0+387.349 | 93.705 | Pd = | -0.02218 | Ld = | 18.5 |
| PIV | 0+405.849 | 93.610 | A = | -3.814 | L = | 37 |
| PTV | 0+424.349 | 93.590 | CRESTA | | SIMETRICA | |

| Punto | Estación | X | V | Elevación S/T | Elevación S/C |
|--------------|-----------------|-----------|----------|----------------------|----------------------|
| PCV | 0+387.349 | 0 | 0.000 | 93.705 | 93.705 |
| | 0+390 | 2.651 | -0.004 | 93.747 | 93.744 |
| | 0+400 | 12.651 | -0.082 | 93.907 | 93.824 |
| PIV | 0+405.849 | 18.5 18.5 | -0.176 | 94.000 | 93.824 |
| | 0+410 | 14.349 | -0.106 | 93.908 | 93.802 |
| PA | 0+420 | 4.349 | -0.010 | 93.686 | 93.677 |
| PTV | 0+424.349 | 0 | 0.000 | 93.590 | 93.590 |

Resultados de diseño de curva vertical 3

| | | | | | | |
|---------------|-----------------|------------------|-------------|----------|-------------|----|
| Puntos | Estación | Elevación | Pi = | 0.005 | Li = | 20 |
| PCV | 0+679.82 | 95.030 | Pd = | -0.00808 | Ld = | 20 |
| PIV | 0+699.82 | 95.130 | A = | -1.308 | L = | 40 |
| PTV | 0+719.82 | 94.968 | CRESTA | | SIMETRICA | |

| Punto | Estación | X | V | Elevación S/T | Elevación S/C |
|--------------|-----------------|----------|----------|----------------------|----------------------|
| PCV | 0+679.82 | 0 | 0.000 | 95.030 | 95.030 |
| | 0+680 | 0.18 | 0.000 | 95.031 | 95.031 |
| | 0+690 | 10.18 | -0.017 | 95.081 | 95.064 |
| PA | 0+695.099 | 15.279 | -0.038 | 95.106 | 95.068 |
| PIV | 0+699.82 | 20 20 | -0.065 | 95.130 | 95.064 |
| | 0+700 | 19.82 | -0.064 | 95.128 | 95.064 |
| | 0+710 | 9.82 | -0.016 | 95.047 | 95.032 |
| PTV | 0+719.82 | 0 | 0.000 | 94.968 | 94.968 |

CAPÍTULO III

ESTUDIO DE SUELO

En este capítulo se presentan los resultados de las investigaciones efectuadas a partir de los sondeos manuales. Este trabajo se realizó con el propósito de obtener las principales características del sub-suelo de las calles MEBASA- La Aguja y las calles principales del barrio 26 de Febrero en donde se requiere realizar el diseño de estructuras de pavimento.

Suelo

Se define en ingeniería como cualquier material no consolidado compuesto de distintas partículas sólidas con gases o líquidos incluidos. El suelo contiene una amplia variedad de material tales como la grava, arena, mezclas arcillosas, limos, etc. Existen dos problemas al analizar los suelos en la naturaleza:

- 1.-Como se encuentran los suelos en la naturaleza.
- 2.-Como se transforman estos materiales naturales en nuevos materiales estructurales.

Ante esto se hace indispensable realizar pruebas de laboratorio que consisten analizar muestras de suelo mediante procedimientos y mecanismos especiales. Las muestras pueden ser recolectadas mediante tres tipos de sondeos:

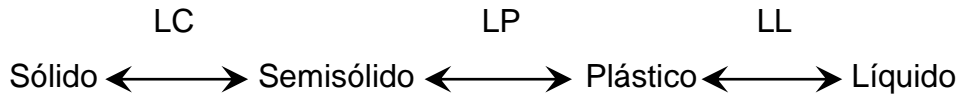
- ☒ Manuales
- ☒ A percusión
- ☒ A rotación

Límites de consistencia (de Atterberg).

Una de las pruebas a realizar consiste en la granulometría del suelo, en la que se determina si el suelo es granular o fino y así posteriormente obtener los límites de consistencia de dicho suelo. Los Límites de Consistencia principales son:

- ☒ Límite de concentración (LC)
- ☒ Límite Plástico (LP)
- ☒ Límite Líquido (LL)

Estos se utilizan para saber cuándo un suelo está por pasar de un estado a otro con respecto al porcentaje de humedad. El siguiente esquema representa con mayor claridad lo que se quiere decir:



Otra propiedad que debe ser analizada en el estudio de suelos es el *Índice de Plasticidad* (IP) el cual consiste en la diferencia algebraica entre el LL (Límite Líquido) y el LP (Límite Plástico). Desde el punto de vista ingenieril es el parámetro más importante en lo que se refiere a consistencia de los suelos.

CBR* (Valor relativo soporte): Se define como la relación entre el esfuerzo requerido para introducir un pistón normalizado dentro del suelo que se ensaya y el esfuerzo requerido para introducir el pistón hasta la misma profundidad en una muestra patrón de piedra triturada. CBR para:

- ✘ Subbase: 25% - 80%
- ✘ Base: 80% ó más.
- ✘ Subrasante No menor del 10%.

El CBR de diseño depende del tránsito:

| Tránsito. | Nº de ejes Equivalentes de 1800lb | CBR en Percentil. |
|-----------|-------------------------------------|-------------------|
| Liviano | < 10 ⁴ | 60% |
| Medio | 10 ⁴ – 10 ⁶ . | 75% |
| Pesado | >10 ⁶ | 87% |

Tabla III. 1: CBR de diseño según tipo de tránsito.

Clasificación de los suelos.

Consiste en agrupar a los suelos que presentan casi la misma característica de granulometría y consistencia. Los dos principales métodos de clasificación de suelos son:

- 1.- Método HRB (AASHTO)
- 2.- Método SUCS (Sistema unificado de clasificación)

El primero tiene su principal aplicación en los suelos que se van a clasificar para ser utilizados en obras horizontales, mientras que el segundo se utiliza para clasificar suelos que serán utilizados en obras verticales. Cabe señalar que en este trabajo sólo se utilizará el método HRB, puesto que se trata de una carretera.

* Por sus iniciales en ingles de "California Bearing Ratio"

Para la clasificación de suelos se necesita de la siguiente información:

- 1.- Porcentaje que pasa la malla #200, #40 y #10.
- 2.- Límite líquido y límite plástico (LL, LP)
- 3.- Índice de plasticidad $IP = LL - LP$ (3. 1)
- 4.- Índice de Grupo. $IG = 0.2a + 0.05ac + 0.01bd$ (3. 2)

Donde:

$$a = \%QP\#200 - 35 \quad b = \%QP\#200 - 15 \quad (3. 3)$$

$$a_{mín} = 0 \quad b_{mín} = 0$$

$$a_{máx} = 40 \quad b_{máx} = 40$$

$$c = LL - 40 \quad d = IP - 10 \quad (3. 4)$$

$$c_{mín} = 0 \quad d_{mín} = 0$$

$$c_{máx} = 20 \quad d_{máx} = 20$$

- 5.- Tabla de clasificación de suelos (ASSHTO) Ver tabla A- 8, en anexos.

El método del HRB plantea que si el 35% del material pasa por la malla #200 es de tipo fino, de lo contrario se considera de tipo grueso. Tomando en cuenta este criterio de granulometría y plasticidad.

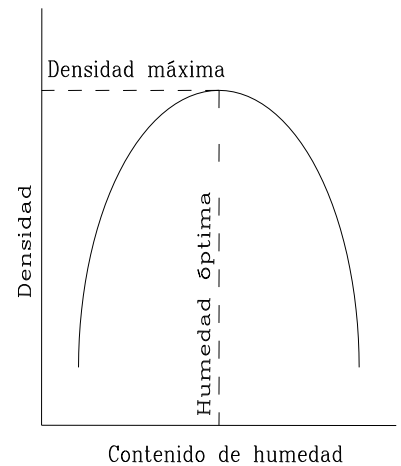
Compactación de suelos.

Al proceso mecánico de comprimir el suelo para reducir los vacíos, aumentar la capacidad soporte, impermeabilizar el suelo, reducir su volumen y aumentar la densidad se le llama *compactación de los suelos**.

Factores que afectan la compactación de los suelos.

1.- Contenido de Humedad.

Se trata la cantidad de agua existente en el suelo, este tiene gran importancia en el momento de la compactación. El agua mejora la unión entre las partículas de arcilla, que es lo que da cohesividad a diversas materias, sin embargo el exceso puede ser fatal puesto que produce el efecto de licuefacción siendo desfavorable para cualquier tipo de construcción. Se ha demostrado que para casi cualquier tipo de suelo corresponde un cierto contenido de agua, denominado *grado óptimo de humedad**, con el que es posible obtener la densidad máxima con una fuerza determinada de compactación.



* También el asentamiento es una forma de compactación de suelo. Véase Tabla A-5 de anexos.

2.- Energía de compactación: Se refiere al método que se utiliza con una máquina de compactación a fin de aplicar energía mecánica en el suelo. Los compactadores se diseñan para utilizar una o varias de las formas siguientes de energía de compactación:

- ☒ Peso estático
- ☒ Acción de amasamiento
- ☒ Percusión
- ☒ Vibración

3.- Tipo de suelo: Esto es cuanto a la granulometría del suelo: se considera que un suelo está bien granulado si contiene una distribución buena y uniforme de tamaños de partículas. Cuanto menos espacio vacío exista entre las partículas, mejor grado de compactación tendrá.

ESTUDIO DE CAMPO

Con el fin de conocer las condiciones y características del sub-suelo a lo largo del tramo en estudio, los autores procedieron a realizar sondeos manuales para la toma de muestras de los suelos encontrados, se efectuaron un total de 13 sondeos manuales con profundidades máximas entre 1.05 metros y 1.47 metros, cada uno, los que se distribuyeron de forma racional en todas las calles investigadas, ubicándose de manera alterna a la izquierda y derecha del eje central.

| Sondeo manual | Estación | Distancia al Eje central |
|----------------|----------|--------------------------|
| TRAMO 1 | | |
| Sm – 1 | 0+027 | 2.00m derecha |
| Sm – 2 | 0+198 | 2.76m izquierda |
| Sm – 3 | 0+347.5 | 1.55m derecha |
| TRAMO 2 | | |
| Sm – 1 | 0+454 | 2.61m izquierda |
| Sm – 2 | 0+605 | 2.37m derecha |
| Sm – 3 | 0+753 | 2.60m izquierda |
| TRAMO 4 | | |
| Sm – 1 | 0+766 | 2.49m derecha |
| Sm – 2 | 0+915 | 2.47m izquierda |
| Sm – 3 | 1+076 | 2.27m derecha |
| TRAMO 5 | | |
| Sm – 1 | 0+602.5 | 2.45m derecha |
| Sm – 2 | 0+722 | 2.56m izquierda |

Tabla III. 2: Ubicación de los sondeos realizados

* Ver en anexos tabla A- 7 de anexos.

Además, se suministraron muestras de suelo, procedentes de tres posibles fuentes de materiales, las cuales pueden suplir como material de base y/o sub-base del proyecto. Todas las muestras obtenidas en el campo se trasladaron al laboratorio para realizarle los ensayos básicos necesarios.

ESTUDIO DE LABORATORIO

Las diferentes muestras de suelos que se obtuvieron en la exploración, se reagruparon y fueron sometidos a ensayos de laboratorio. Los suelos en estudio se clasificaron en la designación M 145-87 del sistema AASHTO. A continuación se indican los tipos de ensayos efectuados y la designación AASHTO correspondiente:

| Tipo de Ensaye | Designación AASHTO |
|---------------------------------------|--------------------|
| Análisis granulométrico de los suelos | T 27 – 88 |
| Límite líquido de los suelos | T 89 – 90 |
| Índice de plasticidad de los suelos | T 90 – 97 |
| Pesos Unitarios (°) | T 19 – 88 |
| Ensaye Proctor Estándar. (*) | T 180 – 90 |
| Ensaye CBR | T 193 – 81 |

Tabla III. 3: Tipo de ensaye realizado a las muestras.

CLASIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS DE SUELO.†

Calle “TRAMO 1”

Sm – 1.1 (0.00 – 0.20m)

1.-%QP#200 = 13 < 35, suelo granular; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$\begin{array}{l} a = 0 \quad c = 0 \\ b = 0 \quad d = 0 \rightarrow IG = \underline{0} \end{array}$$

3.-Clasifica como **A – 1 – b (0)**.

Arena gravosa o arena graduada, puede incluir finos.

Considerada como excelente para sub-razante.

Sm – 1.2 (0.20 – 0.45m)

1.-%QP#200 = 15 < 35, suelo granular; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$\begin{array}{l} a = 0 \quad c = 0 \\ b = 15 - 15 = 0 \quad d = 0 \rightarrow IG = \underline{0} \end{array}$$

* Ensayes realizados sólo a las fuentes de materiales.

† Ver en anexos la tabla A – 8.

3.-Clasifica como **A - 1 - a (0)**.

Mayormente gravas pero puede incluir arenas y finos.
Se considera como excelente para sub-razante.

Sm - 1.3 (0.45 - 1.40m)

1.-%QP#200 = 27 < 35, suelo granular; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$\begin{array}{ll} a = 0 & c = 0 \\ b = 27 - 15 = 12 & d = 0 \rightarrow IG = 0. \end{array}$$

3.-Clasifica como **A - 2 - 4 (0)**.

Arenas, gravas con finos de limo de baja plasticidad.
Considerada como buena para sub-razante.

Sm - 2.1 (0.00 - 0.18m)

1.-%QP#200 = 39 > 35, suelo fino; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$\begin{array}{ll} a = 39 - 35 = 4 & c = 0 \\ b = 39 - 15 = 24 & d = 0 \rightarrow IG = 0.2(4) \quad IG \approx 1 \end{array}$$

3.-Clasifica como **A - 4 (1)**.

Limos de baja compresibilidad.
Se considera pobre para sub-razante.

Sm - 2.2 (0.18 - 0.65m)

1.-%QP#200 = 80 > 35, suelo fino; IP = 18.3

2.-Índice de Grupo

$$\begin{array}{ll} a = 40 & c = 20 \\ b = 40 & d = 18.3 - 10 = 8.3 \\ \rightarrow IG = 0.2(40) + 0.005(40)(20) + 0.01(40)(8.3) \\ \rightarrow IG \approx 15 \end{array}$$

3.-Clasifica como **A - 7**

$$LL - 30 = 71.9 - 30 = 41.9 > 18.3 \rightarrow \mathbf{A - 7 - 5 (15)}$$

Arcilla limosa de alta compresibilidad.
Se considera pobre para sub-razante.

Sm - 2.3 (0.65 - 1.25m)

1.-%QP#200 = 37 > 35, suelo fino ; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$\begin{array}{ll} a = 37 - 35 = 2 & c = 0 \\ b = 37 - 15 = 22 & d = 0 \rightarrow IG = 0.2(2) \quad IG \approx 0 \end{array}$$

3.-Clasifica como **A - 4 (0)**.

Limos de baja compresibilidad.
Se considera pobre para sub-razante.

Sm- 2.4 (1.25 – 1.38m)

1.-%QP#200 = 80 > 35, suelo fino; IP = 18.3

2.-Índice de Grupo

$$\begin{aligned} a &= 40 & c &= 20 \\ b &= 40 & d &= 18.3 - 10 = 8.3 \end{aligned}$$

→ $IG = 0.2(40) + 0.005(40)(20) + 0.01(40)(8.3)$

→ $IG \approx 15$

3.-Clasifica como **A – 7**

$LL - 30 = 71.9 - 30 = 41.9 > 18.3 \rightarrow$ **A – 7 – 5 (15)**.

Arcilla limosa de alta compresibilidad.

Se considera pobre para sub-razante.

Sm – 3.1 (0.00 – 0.45m)

1.-%QP#200 = 39 > 35, suelo fino; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$\begin{aligned} a &= 39 - 35 = 4 & c &= 0 \\ b &= 39 - 15 = 24 & d &= 0 \end{aligned} \rightarrow IG = 0.2(4) \quad \underline{IG \approx 1}$$

3.-Clasifica como **A – 4 (1)**.

Limos de baja compresibilidad.

Se considera pobre para sub-razante.

Sm – 3.2 (0.45 – 0.60)

1.-%QP#200 = 80 > 35, suelo fino; IP = 18.3

2.-Índice de Grupo

$$\begin{aligned} a &= 40 & c &= 20 \\ b &= 40 & d &= 18.3 - 10 = 8.3 \end{aligned}$$

→ $IG = 0.2(40) + 0.005(40)(20) + 0.01(40)(8.3)$

→ $IG \approx 15$

3.-Clasifica como **A – 7**

$LL - 30 = 71.9 - 30 = 41.9 > 18.3 \rightarrow$ **A – 7 – 5 (15)**.

Arcilla limosa de alta compresibilidad.

Se considera pobre para sub-razante.

Sm – 3.3 (0.6 – 1.30m)

1.-%QP#200 = 27 < 35, suelo granular; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$\begin{aligned} a &= 0 & c &= 0 \\ b &= 27 - 15 = 12 & d &= 0 \end{aligned} \rightarrow IG = 0.$$

3.-Clasifica como **A – 2 – 4 (0)**.

Arenas, gravas con finos de limo de baja plasticidad.

Considerada bueno para sub-razante.

Calle "TRAMO 2 Y 3"

Sm – 1.1 (0.00 – 0.35m)

1.-%QP#200 = 15 < 35, suelo granular; IP = 0.

2.-Índice de grupo

$$\begin{array}{l} a = 0 \qquad \qquad \qquad c = 0 \\ b = 15 - 15 = 0 \qquad \qquad d = 0 \rightarrow \underline{IG = 0} \end{array}$$

3.-Clasifica como un suelo del tipo **A – 1 – b (0)**.

Arena gravosa o arena graduada con inclusión de finos.
Se considera como excelente para sub-razante.

Sm – 1.2 (0.35 – 1.10)

1.-%QP#200 = 34 < 35, suelo granular; IP = 0.

2.-Índice de grupo

$$\begin{array}{l} a = 0 \qquad \qquad \qquad c = 0 \\ b = 34 - 15 = 19 \qquad \qquad d = 0 \rightarrow \underline{IG = 0} \end{array}$$

3.-Clasifica como un suelo del tipo **A – 2 – 4 (0)**.

Arenas, gravas con finos de limo de baja plasticidad.
Considerada como buena para sub-razante.

Sm – 1.3 (1.10 – 1.40m)

1.-%QP#200 = 80 > 35, suelo fino; IP = 18.3

2.-Índice de Grupo

$$\begin{array}{l} a = 40 \qquad \qquad c = 20 \\ b = 40 \qquad \qquad d = 18.3 - 10 = 8.3 \\ \rightarrow IG = 0.2(40) + 0.005(40)(20) + 0.01(40)(8.3) \\ \rightarrow \underline{IG \approx 15} \end{array}$$

3.-Clasifica como **A – 7**

$$LL - 30 = 71.9 - 30 = 41.9 > 18.3 \rightarrow \underline{\mathbf{A - 7 - 5 (15)}}.$$

Arcilla limosa de alta compresibilidad.
Se considera pobre para sub-razante.

Sm – 2.1 (0.00 – 0.18)

1.-%QP#200 = 13 < 35, suelo granular; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$\begin{array}{l} a = 0 \qquad \qquad \qquad c = 0 \\ b = 0 \qquad \qquad \qquad d = 0 \rightarrow \underline{IG = 0} \end{array}$$

3.-Clasifica como **A – 1 – b (0)**.

Arena gravosa o arena graduada, puede incluir finos.
Considerada como excelente para sub-razante.

Sm – 2.2 (0.18 – 0.70m)

1.-%QP#200 = 15 < 35, suelo granular; IP = 0.

2.-Índice de grupo

$$\begin{array}{ll} a = 0 & c = 0 \\ b = 15 - 15 = 0 & d = 0 \rightarrow \underline{IG = 0} \end{array}$$

3.-Clasifica como un suelo del tipo **A – 1 – b (0)**.

Arena gravosa o arena graduada con inclusión de finos.
Se considera como excelente para sub-razante.

Sm – 2.3 (0.70 – 1.05m)

1.-%QP#200 = 27 < 35, suelo granular; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$\begin{array}{ll} a = 0 & c = 0 \\ b = 27 - 15 = 12 & d = 0 \rightarrow \underline{IG = 0} \end{array}$$

3.-Clasifica como **A – 2 – 4 (0)**.

Arenas, gravas con finos de limo de baja plasticidad.
Considerada como buena para sub-razante.

Sm – 3.1 (0.00 – 0.40m)

1.-%QP#200 = 27 < 35, suelo granular; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$\begin{array}{ll} a = 0 & c = 0 \\ b = 27 - 15 = 12 & d = 0 \rightarrow \underline{IG = 0} \end{array}$$

3.-Clasifica como **A – 2 – 4 (0)**.

Arenas, gravas con finos de limo de baja plasticidad.
Considerada como buena para sub-razante.

Sm – 3.2 (0.40 – 1.45m)

1.-%QP#200 = 37 > 35, suelo fino; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$\begin{array}{ll} a = 37 - 35 = 2 & c = 0 \\ b = 37 - 15 = 22 & d = 0 \rightarrow \underline{IG = 0.2(2)} \quad \underline{IG \approx 0} \end{array}$$

3.-Clasifica como **A – 4 (0)**.

Limos de baja compresibilidad.
Se considera pobre para sub-razante.

Calle “TRAMO 4”

Sm – 1.1 (0.00 – 0.25m)

1.-Dado que el porcentaje que pasa la malla #200 es igual a 15% (< 35%), se considera que es un suelo granular.

2.-Su índice plástico es nulo, es un suelo no plástico. IP = 0

3.-Índice de grupo

$$\begin{array}{ll} a = 0 & c = 0 \\ b = 15 - 15 = 0 & d = 0 \rightarrow \underline{IG = 0} \end{array}$$

4.-Clasifica como un suelo del tipo **A - 1 - b (0)**.

Arena gravosa o arena graduada con inclusión de finos.
Se considera como excelente para sub-razante.

Sm - 1.2 (0.25 - 1.30m)

1.-%QP#200 = 80 > 35, suelo fino; IP = 18.3

2.-Índice de Grupo

$$\begin{array}{ll} a = 40 & c = 20 \\ b = 40 & d = 18.3 - 10 = 8.3 \end{array}$$

→ $IG = 0.2(40) + 0.005(40)(20) + 0.01(40)(8.3)$

→ $IG \approx 15$

3.-Clasifica como **A - 7**

$LL - 30 = 71.9 - 30 = 41.9 > 18.3$ (que es el valor de IP)

Se trata del tipo **A - 7 - 5 (15)**.

Arcilla de alta compresibilidad y cambio de volumen.
Se considera pobre para sub-razante.

Sm - 2.1 (0.00 - 0.18)

1.-%QP#200 = 39 > 35, suelo fino; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$\begin{array}{ll} a = 39 - 35 = 4 & c = 0 \\ b = 39 - 15 = 24 & d = 0 \end{array} \rightarrow IG = 0.2(4) \quad IG \approx 1$$

3.-Clasifica como **A - 4 (1)**.

Limos de baja compresibilidad.

Se considera pobre para sub-razante.

Sm - 2.2 (0.18 - 0.90)

1.-%QP#200 = 37 > 35, suelo fino; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$\begin{array}{ll} a = 37 - 35 = 2 & c = 0 \\ b = 37 - 15 = 22 & d = 0 \end{array} \rightarrow IG = 0.2(2) \quad IG \approx 0$$

3.-Clasifica como **A - 4 (0)**.

Limos de baja compresibilidad.

Se considera pobre para sub-razante.

Sm - 2.3 (0.90 - 1.05)

1.-%QP#200 = 27 < 35, suelo granular; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$\begin{array}{ll} a = 0 & c = 0 \\ b = 27 - 15 = 12 & d = 0 \end{array} \rightarrow IG = 0.$$

3.-Clasifica como **A - 2 - 4 (0)**.

Arenas, gravas con finos de limo de baja plasticidad.

Considerada como buena para sub-razante.

Sm – 3.1 (0.00 – 0.45)

1.-%QP#200 = 39 > 35, suelo fino; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$\begin{array}{ll} a = 39 - 35 = 4 & c = 0 \\ b = 39 - 15 = 24 & d = 0 \rightarrow IG = 0.2(4) \quad \underline{IG \approx 1} \end{array}$$

3.-Clasifica como **A - 4 (1)**.

Limos de baja compresibilidad.

Se considera pobre para sub-razante.

Sm – 3.2 (0.45 – 0.81)

1.-%QP#200 = 37 > 35, suelo fino; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$\begin{array}{ll} a = 37 - 35 = 2 & c = 0 \\ b = 37 - 15 = 22 & d = 0 \rightarrow IG = 0.2(2) \quad \underline{IG \approx 0} \end{array}$$

3.-Clasifica como **A - 4 (0)**.

Limos de baja compresibilidad.

Se considera pobre para sub-razante.

Sm – 3.3 (0.81 – 1.30)

1.-%QP#200 = 27 < 35, suelo granular; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$\begin{array}{ll} a = 0 & c = 0 \\ b = 27 - 15 = 12 & d = 0 \rightarrow IG = \underline{0} \end{array}$$

3.-Clasifica como **A - 2 - 4 (0)**.

Arenas, gravas con finos de limo de baja plasticidad.

Considerada como buena para sub-razante.

Calle “TRAMO 5”

Sm – 1.1 (0.00 – 0.20)

1.-%QP#200 = 13 < 35, suelo granular; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$\begin{array}{ll} a = 0 & c = 0 \\ b = 0 & d = 0 \rightarrow IG = \underline{0} \end{array}$$

3.-Clasifica como **A - 1 - b (0)**.

Arena gravosa o arena graduada, puede incluir finos.

Considerada como excelente para sub-razante.

Sm – 1.2 (0.20 – 0.50)

1.-%QP#200 = 37 > 35, suelo fino; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$\begin{array}{ll} a = 37 - 35 = 2 & c = 0 \\ b = 37 - 15 = 22 & d = 0 \rightarrow IG = 0.2(2) \quad \underline{IG \approx 0} \end{array}$$

3.-Clasifica como **A - 4 (0)**.

Limos de baja compresibilidad.

Se considera pobre para sub-razante.

Sm – 1.3 (0.50 – 1.08m)

1.-%QP#200 = 80 > 35, suelo fino; IP = 18.3

2.-Índice de Grupo

$$\begin{array}{ll} a = 40 & c = 20 \\ b = 40 & d = 18.3 - 10 = 8.3 \end{array}$$

$$\rightarrow IG = 0.2(40) + 0.005(40)(20) + 0.01(40)(8.3)$$

$$\rightarrow IG \approx 15$$

3.-Clasifica como **A – 7**

$$LL - 30 = 71.9 - 30 = 41.9 > 18.3 \rightarrow \boxed{\mathbf{A - 7 - 5 (15)}}$$

Arcilla de alta compresibilidad y cambio de volumen.

Se considera pobre para sub-razante.

Sm – 1.4 (1.08 – 1.39m)

1.-%QP#200 = 15 < 35, suelo granular; IP = 0.

2.-Índice de grupo

$$\begin{array}{ll} a = 0 & c = 0 \\ b = 15 - 15 = 0 & d = 0 \rightarrow IG = 0 \end{array}$$

3.-Clasifica como un suelo del tipo **A – 1 – b (0)**.

Arena gravosa o arena graduada con inclusión de finos.

Se considera excelente para sub-razante.

Sm – 2.1 (0.00 – 0.12)

1.-%QP#200 = 13 < 35, suelo granular; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$\begin{array}{ll} a = 0 & c = 0 \\ b = 0 & d = 0 \rightarrow IG = 0 \end{array}$$

3.-Clasifica como **A – 1 – b (0)**.

Arena gravosa o arena graduada, puede incluir finos.

Considerada como excelente para sub-razante.

Sm – 2.2 (0.12 – 1.20)

1.-%QP#200 = 27 < 35, suelo granular; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$\begin{array}{ll} a = 0 & c = 0 \\ b = 27 - 15 = 12 & d = 0 \rightarrow IG = 0 \end{array}$$

3.-Clasifica como **A – 2 – 4 (0)**.

Arenas, gravas con finos de limo de baja plasticidad.

Considerada como buen para sub-razante.

CLASIFICACIÓN DE LOS BANCOS.

Banco A: Hormigón Rojo, La Barranca.

1.-%QP#200 = 0 < 35, suelo granular; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$a = 0$$

$$c = 0$$

$$b = 0$$

$$d = 0 \rightarrow IG = \underline{0.}$$

3.-Clasifica como **A - 1 - a (0)**.

Mayormente gravas pero puede incluir arenas.

Considerada como excelente para sub-razante.

Banco B: Pómez Las Flores.

1.-%QP#200 = 8 < 35, suelo granular; IP = 0.

2.-Índice de Grupo

$$a = 0$$

$$c = 0$$

$$b = 0$$

$$d = 0 \rightarrow IG = \underline{0.}$$

3.-Clasifica como **A - 1 - b (0)**.

Arena gravosa o arena graduada, puede incluir finos.

Considerada como excelente para sub-razante.

RESULTADOS OBTENIDOS

Basado en los reportes técnicos de campo y los resultados de laboratorio, se procedió a utilizar el método HRB lo que permitió identificar el tipo de suelo que contenía cada una de las muestras extraídas de los sondeos manuales, teniendo en cuenta la profundidad de cada una de las muestras de cada sondeo y su estacionamiento, se procedió a graficar la profundidad vs estacionamiento en el perfil longitudinal obteniendo de esta manera el perfil estratigráfico. Este permite visualizar el comportamiento del subsuelo a lo largo del tramo en estudio lo que nos da la idea de cómo es su comportamiento.

A continuación se presentan el tipo de suelo que predomina en cada tramo de estudio según los resultados obtenidos en cada uno de los sondeos manuales realizados:

“TRAMO 1”

En el sondeo manual Sm-1, desde la superficie hasta la profundidad investigada de 1.40m, se observa el predominio de material granular.

En el Estrato superior, a partir de la superficie hasta la profundidad de 0.20m, se observa arena gravo limosa de nula plasticidad, la cual se clasifica del tipo **A-1-b**.

En el segundo estrato, a partir de la profundidad de 0.20 m hasta la profundidad de 0.45m, se presenta grava limosa de nula plasticidad, la cual se clasifica del tipo **A-1-a**.

En el estrato inferior, a partir de la profundidad de 0.45m hasta la profundidad investigada de 1.40m, observa un suelo conformado por una arena limosa de nula plasticidad, la cual se clasifica del tipo **A-2-4**.

En los sondeos manuales Sm-2 y Sm-3, se observa una secuencia alterna de materiales granulares y materiales elásticos.

En el estrato superior, a partir de la superficie hasta la profundidad de 0.18m en el sondeo Sm-2 y hasta la profundidad de 0.45m en el sondeo Sm-3, se observa un material granular, constituido por arena limosa de nula plasticidad, se clasifica del tipo **A- 4**.

En el segundo estrato, hasta la profundidad de 0.65m en el sondeo Sm-2 y hasta la profundidad de 0.60m en el sondeo Sm-3, se observa un suelo elástico de alta plasticidad, conformado por limo arcilloso, se clasifica del tipo **A-7-5**

En el tercer estrato, hasta la profundidad de 1.25m en el sondeo Sm-2 y hasta la profundidad en el sondeo Sm-3, se presenta un suelo granular, constitutito por arena limosa de nula plasticidad, se clasifica del tipo **A-4 y A-2-4**

Se menciona que en el sondeo manual Sm-2, a partir de la profundidad de 1.25m hasta la profundidad investigada de 1.38m, se observa un suelo elástico, conformado por un suelo limo arcilloso de alta plasticidad, el cual se clasifica del tipo **A-7-5**

“TRAMO 2 Y 3”

Se observa, desde la superficie hasta la profundidad investigada, un predominio de material granular, conformado por arena limosa y arena gravo limosa, de nula plasticidad, la cual se clasifica del tipo **A-1-b y A-2-4**

Se menciona que en el sondeo manual Sm-1m, se observa a partir de la profundidad de 1.10m hasta la profundidad de 1.40m, un suelo elástico de alta plasticidad, conformado por suelo limo arcilloso, el cual se clasifica del tipo **A-7-5**.

“TRAMO 4”

En el sondeo manual Sm-1, se presenta desde la superficie hasta la profundidad de 0.25m, un material granular constituido por arena gravo limosa, de nula plasticidad, la cual se clasifica del tipo **A-1-b**. Bajo los 0.25m de profundidad hasta la profundidad investigada, se observa un suelo elástico, de alta plasticidad, el cual se encuentra conformado por suelo limo arcilloso, que se clasifica del tipo **A-7-5**.

En los sondeos manuales Sm-2 y Sm-3, se observa desde la superficie hasta la profundidad investigada, el predominio de material granular, conformado por un suelo arena limosa, nula plasticidad, la cual se clasifica del tipo **A-4** y **A-2-4**.

“TRAMO 5”

Se menciona que en el sondeo manual Sm-1, se observa a partir de la profundidad de 0.50m hasta la profundidad de 1.08m, un suelo elástico de alta plasticidad, conformado por suelo limo arcilloso, el cual se clasifica del tipo **A-7-5** y bajo este estrato hasta la profundidad investigada se encuentra un suelo del tipo **A-1-b**.

En general se observa, desde la superficie hasta la profundidad investigada, el predominio de material granular, conformado por arena limosa y arena gravo limosa, de nula plasticidad, la cual se clasifica del tipo **A-1-b**, **A-2-4** y **A-4**.

Bancos de materiales.

Banco de materiales (A): “Hormigón Rojo, La Barranca”

Esta fuente está conformada por escorias volcánicas (Hormigón rojo), correspondiente a gravas limosas de buena graduación. La AASHTO clasifica este material del tipo **A-1-a** con índice de grupo cero. La pequeña cantidad de finos que contiene es de baja compresibilidad y de nula plasticidad. Se considera de peso ligero, dado que es bastante

poroso lo cual se puede verificar con el resultado de sus pesos volumétricos*. Se obtuvo un CBR en el laboratorio del 98.0%.

Este banco de materiales se localiza frente al boulevard Avaunza, detrás de la Iglesia Hosanna de Masaya, a unos 300 metros del Km. 29 de la carretera Managua – Masaya.

✎ Banco de materiales (B): “Pómez, Las Flores”

Según el sistema de clasificación ASSHTO, este material se clasifica del tipo **A-1-a**, su índice de grupo es cero. La fracción fina que contiene este material es de baja compresibilidad y de nula plasticidad. Este material se considera de peso ligero, dado que es bastante poroso. En el laboratorio se obtuvo un CBR del 97.1%.

Este banco de materiales se localiza del empalme “Las Flores”, 5.9 KM hacia el Norte, a 900 metros del cementerio.

* Refiérase a la tabla de resultados de ensayos en la Tabla A – 10 de anexos.

CAPÍTULO IV

DISEÑO ESTRUCTURAL

ADOQUINES.

Pavimento con adoquines de concreto: Su capa de rodadura está conformada por los adoquines de concreto colocados sobre una capa de arena y con un sello de arena entre sus juntas. De la misma manera que los pavimentos de asfalto pueden tener una base, o una base con una sub-base que pueden tener espesores ligeramente menores que los de asfalto. También se consideran pavimentos flexibles y son de color del concreto, gris claro. Los pavimentos de adoquines son una vieja idea de los pavimentos de piedra traídos al presente, pero con un nuevo material (el concreto) con inmensas ventajas sobre las de piedra o los de arcilla cocida.

La forma del adoquín no influye mucho en el funcionamiento del pavimento, pero por facilidad para su producción, transporte y colocación, se prefieren adoquines pequeños, que no tengan más de 25cm de longitud para manejarlos con facilidad y para que no se partan bajo las cargas del tránsito. Se definen tres tipos de adoquines:

TIPO 1: Son los adoquines rectangulares, los más prácticos y populares en todo el mundo por su facilidad para su fabricación y colocación y porque permiten elaborar más detalles en el pavimento. Tienen 20cm de largo por 10cm de ancho. Los hay con paredes rectas, onduladas o anguladas. Estos adoquines se pueden colocar en patrón de espina de pescado, en hileras trabadas, tejido de canasto, etc. Para tráfico de vehículos solo se pueden colocar en forma de espina de pescado.

TIPO 2: Estos no se pueden colocar en patrón de espina de pescado, como los adoquines en forma de "I". Estos se colocan en hileras trabadas y se debe tratar de que éstas queden atravesadas a la dirección de circulación de los vehículos.

TIPO 3: Miden unos 20x20cm ó más y solo se pueden colocar en hileras. También se debe tratar de que las hileras queden atravesadas a la dirección de circulación de los vehículos. A este tipo de adoquines pertenecen los de forma de cruz, trébol, etc.

Este último tipo de adoquín es el más utilizado en Nicaragua, por tal razón es el que se pretende usar para el tramo de calle en estudio.

MÉTODO DE DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO

En Nicaragua no existe una norma o ley que establezca el método de diseño que se debe seguir para el diseño estructural de carreteras con pavimentos de adoquines, lo que se hace normalmente es basarse en construcciones anteriores, quedando a criterio del diseñador o consultor los cambios que sean necesarios, pero independientemente del método que se use, se ha observado que los espesores de la estructura varían entre 40 y 55cm, dependiendo de la calidad de la terracería.

Un Método que ha sido muy utilizado en nuestro medio para la determinación de espesores de pavimento flexible en caminos rurales, es el método brasileño de Murillo López de Souza, derivado del Método W.H. Mills, el cual rige para carreteras con pavimento de adoquín en Brasil y que se adapta a las condiciones de las carreteras en Nicaragua. Los datos requeridos por este método son:

- ✗ Tipo de tránsito
- ✗ Carga por rueda de 4, 5 ó 6 ton
- ✗ CBR de la sub-rasante
- ✗ Precipitación anual.

Estos datos se obtienen a partir de tablas predefinidas:

Para subrasante con CBR < 5%

Se coloca un espesor entre 10 y 45cm de terracería mejorada, dependiendo del valor del CBR y la precipitación pluvial de la zona.

Para subrasante con CBR ≥ 5%

| Precipitación | ≤ 800 | 800 a 1500 | 1500 ≤ |
|---------------------|-------|------------|--------|
| Adoquín | 10 | 10 | 10 |
| Arena | 3 a 5 | 3 a 5 | 3 a 5 |
| Base | 20 | 20 | 20 |
| Subbase | 12 | 14 | 16 |
| Espesor total (cm.) | 42 | 46 | 50 |

Tabla IV. 1: Espesores de la estructura según Precipitación.

Espesor de la estructura.

La determinación del espesor total del pavimento se hace en función del índice soporte de la subrasante (IS), que será determinada en las condiciones de peso volumétrico máximo y humedad óptima. El método para el diseño de pavimento está basado en el CBR como medida de capacidad de soporte de los materiales del pavimento, siendo el valor del CBR corregido el que se denomina (IS) índice de soporte, para no confundirla con el índice de soporte California. El espesor de pavimento sobre la subbase será siempre el espesor mínimo de base + revestimiento (B + R).

Los materiales utilizados en el pavimento se dividen en tres categorías:

- 1.- Materiales de subrasante: Los que, en las condiciones de compactación especificada, los que indican un índice de soporte inferior a 20.
- 2.- Materiales de subbase: Los que, en las condiciones de compactación especificadas, tienen un índice de soporte igual o superior a 20.
- 3.- Materiales de Base: Los que, en las condiciones de compactación, poseen un índice de soporte igual o superior a 30, dependiendo del tipo de tránsito y de la carga máxima de rueda.

El índice de soporte (IS) que se debe adaptar en el diseño será el promedio de los valores suministrados por la igualdad $IS = CBR$ y la tabla siguiente:

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|----|----|----|----|----|----|---|---|---|------|-------|-------|-------|-------|
| Índice de grupo | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9-10 | 11-12 | 13-14 | 15-17 | 18-20 |
| Índice de soporte | 20 | 18 | 15 | 13 | 12 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 |

Tabla IV. 2: Valores del IS según el IG.

NOTA: *El IS que se adaptará en el diseño no deberá ser superior al valor del CBR ($IS \leq CBR_{diseño}$). Además, en la sección de anexos se presenta la tabla A-13, los datos sombreados se utilizaron para este diseño. Debe tenerse en cuenta que estos valores deben ser incrementados según la tabla A - 12.*

ESTUDIO DE TRÁNSITO.

El estudio de tránsito provee información importante para el diseño geométrico y estructural de la carretera. Sin embargo el peso de los vehículos influye en gran manera sobre la estructura del pavimento, por lo cual se debe tener en cuenta lo siguiente:

- ✗ El tipo de tránsito
- ✗ La carga máxima por rueda
- ✗ La intensidad media anual de lluvia.

Tipos de Tránsito.

El tránsito se divide en tres categorías:

Tránsito liviano: Cuando el número de vehículos comerciales por día fuera igual o inferior a 250, con un máximo de 20% de camiones, con cargas por rueda igual a la máxima.

Tránsito medio: Cuando el número de vehículos comerciales por día estuviere comprendido entre 250 - 750, con un máximo de 20% de camiones, con cargas por rueda igual a la máxima.

Tránsito pesado: Cuando el número de vehículos comerciales excediere de 750 o cuando hubiera más de 250 camiones por día, con carga por rueda igual a la máxima. Los espesores determinados por medio de las tablas, deberán ser incrementados en función de la densidad media anual de lluvia, dicho incremento se muestra en la tabla A- 12 de anexos.

Carga máxima de 4 toneladas

- a. Tránsito liviano: I.S. mínimo de 30 (CBR mínimo de 40)
- b. Tránsito medio: I.S. mínimo de 30 (CBR mínimo de 40)
- c. Tránsito pesado: I.S. mínimo de 35 (CBR mínimo de 50)

Carga máxima de 5 toneladas

- a. Tránsito liviano: I.S. mínimo de 30 (CBR mínimo de 40)
- b. Tránsito medio: I.S. mínimo de 35 (CBR mínimo de 50)
- c. Tránsito pesado: I.S. mínimo de 40 (CBR mínimo de 60)

Carga máxima de 6 toneladas

- a. Tránsito liviano: I.S. mínimo de 35 (CBR mínimo de 50)
- b. Tránsito medio: I.S. mínimo de 40 (CBR mínimo de 60)
- c. Tránsito pesado: I.S. mínimo de 45 (CBR mínimo de 70)

Volumen de Tránsito: Es el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal de un carril o de una calzada, durante un periodo determinado de tiempo.

Matemáticamente se expresa: $Q = \frac{N}{T}$ (4. 1)

Donde: Q Vehículos que pasan por unidad de tiempo.
 N Número total de vehículos que pasan (Vehículos)
 T Periodo determinado (Unidad de tiempo)

Tránsito promedio diario (TPD)

Es el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del periodo.

Volúmenes horarios

Se utilizan para proyectar detalles geométricos de la vía, efectuar análisis de circulación y regular el tránsito.

Factor de la hora de máxima demanda (FHMD)

Es un indicador de las características del flujo de Tránsito en periodos máximos. Indica cómo se dividen los flujos máximos en una hora. Su mayor valor es la unidad (FHMD=1). Valores bastante menores que la unidad indican concentraciones de flujos máximos en periodos cortos dentro de la hora. En general se considera que cuando el FHMD es menor que 0.85, las condiciones operativas de la carretera variarán

sustancialmente. $FHMD = \frac{VMHD}{4q_{máx}}$ (4. 2)

Donde: $VMHD$ Volumen horario de máxima demanda.
 $q_{máx}$ Flujo máximo

Vehículos de Diseño: Los vehículos de diseño son los vehículos predominantes y de mayores exigencias en el tránsito que se desplaza por la carretera, en este tramo de calle considerada como una calle de tránsito comercial, circulan en mayor proporción los vehículos livianos, sin embargo los camiones (C2 y C3) representan un factor

importante en el diseño estructural, por esta razón se considera como vehículo de diseño el tipo C3.

Distribución direccional de las corrientes de tránsito: La intensidad del tránsito durante la hora pico en una carretera de dos carriles muestra el volumen del tránsito en ambos sentidos de circulación de ahí que resulte necesario afectarlo por un factor adicional, que refleje la desigual distribución a lo largo del día de las corrientes del tránsito en ambas direcciones.

Composición del Tránsito: Depende del tipo de servicio y la localización de una carretera, es indispensable tomar en debida cuenta que los vehículos pesados pueden llegar a alcanzar una incidencia significativa en la composición del flujo vehicular influenciando según su relevancia porcentual en forma más o menos determinante, el diseño geométrico de las carreteras y espesores de pavimentos.

Las proyecciones de la demanda del tránsito: En las carreteras regionales se recomienda adoptar un período de proyección de 20 años como la base para el diseño, aunque igualmente se acepta que para proyectos de reconstrucción o rehabilitación de las carreteras se puede reducir dicho horizonte a un máximo de 10 años.

Los volúmenes de tránsito futuro para efectos de proyecto se derivan a partir del tránsito actual del incremento del tránsito esperado al final del año del período de diseño. Para el diseño estructural se determina un flujo de tránsito de 1.5 veces el tránsito actual, esto se debe a consideraciones de diseño tomadas del método que se utilizará.

AFORO VEHICULAR.

La medición de los volúmenes del flujo vehicular se obtiene normalmente y a veces de manera sistemática, por medios mecánicos y/o manuales a través de conteos o aforos volumétricos del tránsito en las propias carreteras. El aforo de tránsito realizado al tramo en estudio se llevó a cabo en tres días de una misma semana, iniciando a las 6:00am y terminando a las 6:00pm en cada uno de los días estudiado, el aforo se realizó en un punto estratégico donde se consideró que el flujo vehicular es representativo. Al final se elaboró una tabla que representa el tránsito promedio diario

que se obtuvo a partir del aforo realizado. A continuación se presentan las tablas de conteo por vehículos livianos y pesados de cada día estudiado:

| AFORO DE TRÁNSITO VEHICULAR* | | | | | | | |
|---|-----------|---|--------------------------|----------------------------|-------|---------------------------|--------------------------|
| CALLE MEBASA - LA AGUJA – BO 26 DE FEBRERO | | | | | | | |
| Intervalo de tiempo | | Flujo vehicular, lunes 19 de marzo de 2007 | | | | | |
| | | Vehículos livianos | Vehículos pesados | Intervalo de tiempo | | Vehículos livianos | Vehículos pesados |
| De: | A: | | | | | | |
| 06:00 | 06:15 | 19 | 2 | 12:00 | 12:15 | 22 | 1 |
| 06:15 | 06:30 | 23 | 2 | 12:15 | 12:30 | 21 | 1 |
| 06:30 | 06:45 | 21 | 2 | 12:30 | 12:45 | 25 | 1 |
| 06:45 | 07:00 | 24 | 0 | 12:45 | 13:00 | 32 | 1 |
| 07:00 | 07:15 | 23 | 2 | 13:00 | 13:15 | 26 | 1 |
| 07:15 | 07:30 | 20 | 1 | 13:15 | 13:30 | 23 | 1 |
| 07:30 | 07:45 | 24 | 1 | 13:30 | 13:45 | 22 | 1 |
| 07:45 | 08:00 | 21 | 1 | 13:45 | 14:00 | 16 | 0 |
| 08:00 | 08:15 | 20 | 3 | 14:00 | 14:15 | 24 | 0 |
| 08:15 | 08:30 | 25 | 0 | 14:15 | 14:30 | 11 | 0 |
| 08:30 | 08:45 | 21 | 0 | 14:30 | 14:45 | 12 | 2 |
| 08:45 | 09:00 | 30 | 0 | 14:45 | 15:00 | 14 | 2 |
| 09:00 | 09:15 | 26 | 1 | 15:00 | 15:15 | 17 | 0 |
| 09:15 | 09:30 | 21 | 1 | 15:15 | 15:30 | 17 | 0 |
| 09:30 | 09:45 | 25 | 0 | 15:30 | 15:45 | 11 | 0 |
| 09:45 | 10:00 | 22 | 3 | 15:45 | 16:00 | 18 | 2 |
| 10:00 | 10:15 | 26 | 2 | 16:00 | 16:15 | 20 | 0 |
| 10:15 | 10:30 | 29 | 3 | 16:15 | 16:30 | 15 | 0 |
| 10:30 | 10:45 | 25 | 3 | 16:30 | 16:45 | 15 | 0 |
| 10:45 | 11:00 | 12 | 0 | 16:45 | 17:00 | 20 | 0 |
| 11:00 | 11:15 | 17 | 1 | 17:00 | 17:15 | 30 | 4 |
| 11:15 | 11:30 | 26 | 1 | 17:15 | 17:30 | 13 | 0 |
| 11:30 | 11:45 | 19 | 1 | 17:30 | 17:45 | 18 | 0 |
| 11:45 | 12:00 | 31 | 1 | 17:45 | 18:00 | 12 | 1 |
| Σ= | | 550 | 31 | Σ= | | 454 | 18 |

**Tabla IV. 3: Primer aforo realizado (tramo MEBASA-LA AGUJA)
Aforo 1.**

* Véase en anexo el Cuadro A-1 y A-2

| AFORO DE TRÁNSITO VEHICULAR | | | | | | | |
|--|-------|---|-------------------|---------------------|-------|--------------------|-------------------|
| CALLE MEBASA - LA AGUJA – BO 26 DE FEBRERO | | | | | | | |
| Intervalo de tiempo | | Flujo vehicular, jueves 22 de marzo de 2007 | | | | | |
| De: | A: | Vehículos livianos | Vehículos pesados | Intervalo de tiempo | | Vehículos livianos | Vehículos pesados |
| | | | | | | | |
| 06:00 | 06:15 | 19 | 2 | 12:00 | 12:15 | 21 | 1 |
| 06:15 | 06:30 | 21 | 1 | 12:15 | 12:30 | 20 | 0 |
| 06:30 | 06:45 | 21 | 1 | 12:30 | 12:45 | 24 | 0 |
| 06:45 | 07:00 | 24 | 1 | 12:45 | 13:00 | 32 | 0 |
| 07:00 | 07:15 | 21 | 0 | 13:00 | 13:15 | 25 | 2 |
| 07:15 | 07:30 | 19 | 1 | 13:15 | 13:30 | 22 | 0 |
| 07:30 | 07:45 | 23 | 0 | 13:30 | 13:45 | 21 | 0 |
| 07:45 | 08:00 | 20 | 2 | 13:45 | 14:00 | 16 | 0 |
| 08:00 | 08:15 | 19 | 2 | 14:00 | 14:15 | 24 | 1 |
| 08:15 | 08:30 | 25 | 0 | 14:15 | 14:30 | 11 | 1 |
| 08:30 | 08:45 | 21 | 2 | 14:30 | 14:45 | 10 | 1 |
| 08:45 | 09:00 | 30 | 0 | 14:45 | 15:00 | 12 | 0 |
| 09:00 | 09:15 | 26 | 1 | 15:00 | 15:15 | 17 | 1 |
| 09:15 | 09:30 | 20 | 0 | 15:15 | 15:30 | 17 | 2 |
| 09:30 | 09:45 | 25 | 2 | 15:30 | 15:45 | 11 | 0 |
| 09:45 | 10:00 | 20 | 0 | 15:45 | 16:00 | 17 | 0 |
| 10:00 | 10:15 | 24 | 0 | 16:00 | 16:15 | 20 | 1 |
| 10:15 | 10:30 | 29 | 1 | 16:15 | 16:30 | 15 | 0 |
| 10:30 | 10:45 | 23 | 1 | 16:30 | 16:45 | 15 | 0 |
| 10:45 | 11:00 | 12 | 1 | 16:45 | 17:00 | 20 | 1 |
| 11:00 | 11:15 | 16 | 1 | 17:00 | 17:15 | 28 | 0 |
| 11:15 | 11:30 | 25 | 0 | 17:15 | 17:30 | 13 | 1 |
| 11:30 | 11:45 | 18 | 0 | 17:30 | 17:45 | 18 | 2 |
| 11:45 | 12:00 | 30 | 0 | 17:45 | 18:00 | 11 | 0 |
| $\Sigma=$ | | 531 | 19 | $\Sigma=$ | | 440 | 14 |

**Tabla IV. 4: Segundo aforo realizado (tramo MEBASA-LA AGUJA)
Aforo 2.**

| AFORO DE TRÁNSITO VEHICULAR | | | | | | | |
|---|-----------|--|--------------------------|----------------------------|-------|---------------------------|--------------------------|
| CALLE MEBASA - LA AGUJA – BO 26 DE FEBRERO | | | | | | | |
| Intervalo de tiempo | | Flujo vehicular, sábado 24 de marzo de 2007 | | | | | |
| De: | A: | Vehículos livianos | Vehículos pesados | Intervalo de tiempo | | Vehículos livianos | Vehículos pesados |
| | | | | | | | |
| 06:00 | 06:15 | 23 | 3 | 12:00 | 12:15 | 24 | 3 |
| 06:15 | 06:30 | 25 | 1 | 12:15 | 12:30 | 24 | 2 |
| 06:30 | 06:45 | 27 | 1 | 12:30 | 12:45 | 26 | 2 |
| 06:45 | 07:00 | 34 | 1 | 12:45 | 13:00 | 34 | 2 |
| 07:00 | 07:15 | 31 | 2 | 13:00 | 13:15 | 28 | 0 |
| 07:15 | 07:30 | 26 | 1 | 13:15 | 13:30 | 25 | 2 |
| 07:30 | 07:45 | 24 | 0 | 13:30 | 13:45 | 23 | 0 |
| 07:45 | 08:00 | 20 | 2 | 13:45 | 14:00 | 20 | 1 |
| 08:00 | 08:15 | 29 | 3 | 14:00 | 14:15 | 28 | 3 |
| 08:15 | 08:30 | 17 | 1 | 14:15 | 14:30 | 12 | 1 |
| 08:30 | 08:45 | 18 | 3 | 14:30 | 14:45 | 13 | 3 |
| 08:45 | 09:00 | 19 | 0 | 14:45 | 15:00 | 13 | 0 |
| 09:00 | 09:15 | 20 | 2 | 15:00 | 15:15 | 19 | 1 |
| 09:15 | 09:30 | 21 | 2 | 15:15 | 15:30 | 19 | 0 |
| 09:30 | 09:45 | 20 | 2 | 15:30 | 15:45 | 14 | 1 |
| 09:45 | 10:00 | 31 | 0 | 15:45 | 16:00 | 20 | 0 |
| 10:00 | 10:15 | 24 | 1 | 16:00 | 16:15 | 23 | 1 |
| 10:15 | 10:30 | 27 | 1 | 16:15 | 16:30 | 17 | 2 |
| 10:30 | 10:45 | 21 | 1 | 16:30 | 16:45 | 19 | 2 |
| 10:45 | 11:00 | 23 | 2 | 16:45 | 17:00 | 17 | 1 |
| 11:00 | 11:15 | 33 | 1 | 17:00 | 17:15 | 21 | 2 |
| 11:15 | 11:30 | 16 | 1 | 17:15 | 17:30 | 15 | 1 |
| 11:30 | 11:45 | 20 | 2 | 17:30 | 17:45 | 12 | 0 |
| 11:45 | 12:00 | 14 | 0 | 17:45 | 18:00 | 13 | 0 |
| Σ= | | 563 | 33 | Σ= | | 479 | 30 |

**Tabla IV. 5: Tercer aforo realizado (tramo MEBASA-LA AGUJA)
Aforo 3.**

En base a la definición de TPD se tiene la siguiente tabla que muestra el TPD de la calle analizada:

| Intervalo | Vehículos | | | Intervalo | Vehículos | | |
|---------------|-----------|--------|-------|----------------|-----------|--------|-------|
| | Liviano | Pesado | Mixto | | Liviano | Pesado | Mixto |
| 6:00 - 6:15. | 20 | 2 | 22 | 12:00 - 12:15. | 22 | 2 | 24 |
| 6:15 - 6:30 | 23 | 1 | 24 | 12:15 - 12:30 | 22 | 1 | 23 |
| 6:30 - 6:45 | 23 | 1 | 24 | 12:30 - 12:45 | 25 | 1 | 26 |
| 6:45 - 7:00 | 27 | 1 | 28 | 12:45 - 13:00 | 33 | 1 | 34 |
| 7:00 - 7:15 | 25 | 1 | 26 | 13:00 - 13:15 | 26 | 1 | 27 |
| 7:15 - 7:30 | 22 | 1 | 23 | 13:15 - 13:30 | 23 | 1 | 24 |
| 7:30 - 7:45 | 24 | 0 | 24 | 13:30 - 13:45 | 22 | 0 | 22 |
| 7:45 - 8:00 | 20 | 2 | 22 | 13:45 - 14:00 | 17 | 0 | 18 |
| 8:00 - 8:15 | 23 | 3 | 26 | 14:00 - 14:15 | 25 | 1 | 27 |
| 8:15 - 8:30 | 22 | 0 | 22 | 14:15 - 14:30 | 11 | 1 | 12 |
| 8:30 - 8:45 | 20 | 2 | 22 | 14:30 - 14:45 | 12 | 2 | 14 |
| 8:45 - 9:00 | 26 | 0 | 26 | 14:45 - 15:00 | 13 | 1 | 14 |
| 9:00 - 9:15 | 24 | 1 | 25 | 15:00 - 15:15 | 18 | 1 | 18 |
| 9:15 - 9:30 | 21 | 1 | 22 | 15:15 - 15:30 | 18 | 1 | 18 |
| 9:30 - 9:45 | 23 | 1 | 24 | 15:30 - 15:45 | 12 | 0 | 12 |
| 9:45 - 10:00 | 24 | 1 | 25 | 15:45 - 16:00 | 18 | 1 | 19 |
| 10:00 - 10:15 | 25 | 1 | 26 | 16:00 - 16:15 | 21 | 1 | 22 |
| 10:15 - 10:30 | 28 | 2 | 30 | 16:15 - 16:30 | 16 | 1 | 16 |
| 10:30 - 10:45 | 23 | 2 | 25 | 16:30 - 16:45 | 16 | 1 | 17 |
| 10:45 - 11:00 | 16 | 1 | 17 | 16:45 - 17:00 | 19 | 1 | 20 |
| 11:00 - 11:15 | 22 | 1 | 23 | 17:00 - 17:15 | 26 | 2 | 28 |
| 11:15 - 11:30 | 22 | 1 | 23 | 17:15 - 17:30 | 14 | 1 | 14 |
| 11:30 - 11:45 | 19 | 1 | 20 | 17:30 - 17:45 | 16 | 1 | 17 |
| 11:45 - 12:00 | 25 | 0 | 25 | 17:45 - 18:00 | 12 | 0 | 12 |
| Total. | 547 | 27 | 574 | Total. | 457 | 23 | 478 |

**Tabla IV. 6: Tránsito Promedio Diario de vehículos mixtos
(Tramo MEBASA-LA AGUJA)**

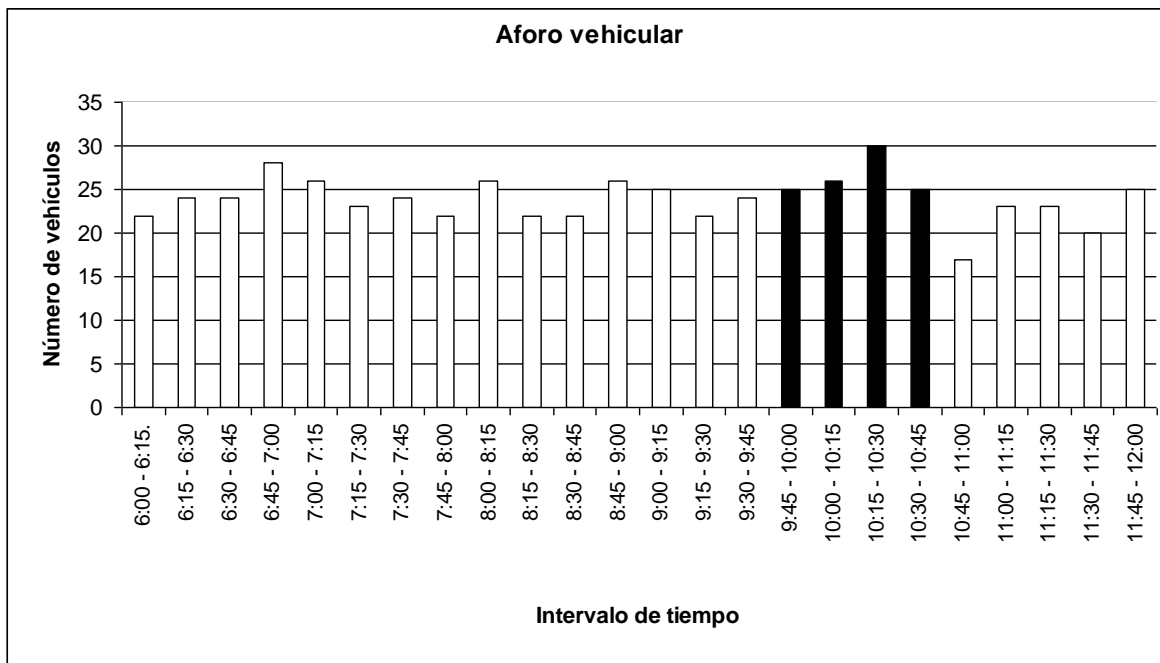
La tabla IV.7 muestra el número promedio de los vehículos que transitan a diario por las calles que formar parte de los tramos en estudio.

| AFORO | Veh. Livianos | Veh. Pesados |
|--------------------------------|---------------|--------------|
| Aforo 1 | 1004 | 49 |
| Aforo 2 | 971 | 33 |
| Aforo 3 | 1042 | 63 |
| Total (veh.) | 3017 | 145 |
| Veh. Mixtos | 3162 | |
| Veh. Mixtos por carril (50/50) | 1581 | |
| TPD (Veh/día) | 527 | |

**Tabla IV. 7: Tránsito Promedio Diario.
(Tramo MEBASA-LA AGUJA)**

Según la definición de tipo tránsito y con TPD calculado se tiene para esta carretera urbana *un tránsito medio*. Además se tomará la carga máxima por rueda de 5 toneladas por ser una carretera comercial, donde los vehículos de carga son muy frecuentados.

Figura IV.1a: Gráfico flujo vehicular – tiempo



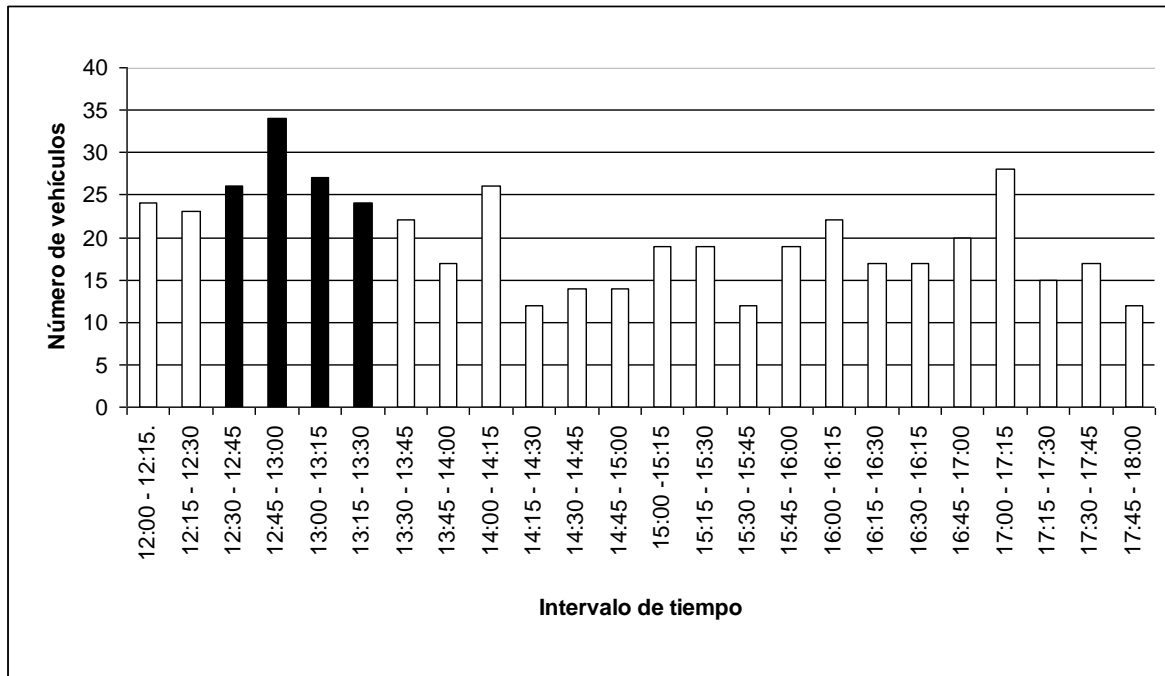


Figura IV.1b: Gráfico flujo vehicular – tiempo (Continuación)

MEMORIA DE CÁLCULO.

ANÁLISIS DEL AFORO VEHICULAR.

Factor horario de máxima demanda.

El área sombreada en ambos cuadros representa el flujo máximo de vehículos que transitaron entre las 9:30 y las 10:30 de la mañana (primer cuadro) y por la tarde entre las 12:30 y 13:30 (segundo cuadro) el volumen horario de máxima demanda para el estudio realizado es:

$$VHMD = 25 + 26 + 30 + 25 = 106 \text{ Veh. Mixto / hora. (am)}$$

$$VHMD = 26 + 34 + 27 + 24 = 111 \text{ Veh. Mixto / hora. (pm)}$$

El VHMD con el que se trabajará es el mayor, de modo que el flujo máximo (q_{\max}) para periodos de 15 minutos corresponde al de las 12:30 y 13:30, con un valor de 34 vehículos mixtos.

Por tanto el factor horario de máxima demanda (FHMD) es:

$$FHMD = \frac{VHMD}{4 \times q_{\max}}$$

$$FHMD = \frac{111}{4 \times 34} \quad FHMD = 0.82 < 0.85$$

Este valor indica que en este período hay mayor concentración de vehículos que en el resto del día, puede considerarse como un valor crítico con respecto al flujo vehicular.

Nivel de servicio de la calle.

Características de la vía:

| | |
|----------------------------|-------|
| Velocidad de Proyecto | 30KPH |
| Terreno | Plano |
| Long de rebase restringida | 40% |
| Distribución direccional | 50/50 |
| Ancho de carril | 3.60m |

Características del tráfico:

| | |
|--------------------------|-----------|
| VHMD | 111 veh/h |
| FHMD | 0.82 |
| Composición del tráfico: | |
| 107 livianos | 96% |
| 4 camiones (PT) | 4% |
| Buses (PB) | 0% |

Se utilizarán las tablas A-14, A-15, A-16 y A-17 de anexos para calcular la Relación volumen/capacidad, Factor de distribución direccional, Factor de ajuste por ancho de carril y Factor de vehículos pesados

1. Determinación de la relación volumen/capacidad (v/c). (Ver tabla A- 14)

$$(v/c)_A = 0.09 \quad (v/c)_C = 0.35 \quad (v/c)_E = 1.00$$

$$(v/c)_B = 0.21 \quad (v/c)_D = 0.60$$

2. Factor de distribución direccional (f_d) (Ver tabla A- 15)

$$f_{d(50/50)} = 1.00$$

3. Factor de ajuste por ancho de carril (f_w) (Ver tabla A- 16)

Se trabajó con los valores más próximos a 3.60m, es decir con los valores correspondientes al ancho de carril de 3.65m

Por tanto:

$$f_{w A-D} = 0.70$$

$$f_{w E} = 0.88$$

4. Factor de vehículos pesados (f_{hv}) (Ver tabla A – 17)

$$f_{hv} = \frac{1}{1 + PT(ET - 1) + PB(EB - 1) + PR(ER - 1)} \quad (4. 3)$$

Porcentaje de camiones: $PT = 0.04$

Porcentaje de auto buses: $PB = 0$

Porcentaje de vehículos recreativos: $PR = 0$

Por tanto la ecuación se reduce a: $f_{hv} = \frac{1}{1 + PT(ET - 1)}$

$$ET_A = 2.0$$

$$ET_{B-C} = 2.2$$

$$ET_{D-E} = 2.0$$

Utilizando la ecuación modificada para f_{hv} se obtienen:

$$f_{hvA} = \frac{1}{1 + 0.04(2 - 1)} = 0.88$$

$$f_{hvD,E} = \frac{1}{1 + 0.04(2 - 1)} = 0.88$$

$$f_{hvB,C} = \frac{1}{1 + 0.04(2.2 - 1)} = 0.86$$

5. Nivel de Servicio (SF)

El flujo de servicio (SF) para Terreno plano esta dado por:

$$SF = 2800(v/c)(f_d)(f_w)(f_{hv}) \quad (4. 4)$$

$$SF_A = 2800 (0.09)(1.0)(0.7)(0.88) = 155Veh/h$$

$$SF_B = 2800 (0.21)(1.0)(0.7)(0.86) = 354Veh/h$$

$$SF_C = 2800 (0.35)(1.0)(0.7)(0.86) = 590Veh/h$$

$$SF_D = 2800 (0.60)(1.0)(0.7)(0.88) = 1035Veh/h$$

$$SF_E = 2800 (1.00)(1.0)(0.88)(0.88) = 2168Veh/h$$

6. Flujo de máxima demanda actual

$$FS = \frac{VHMD}{FHMD} \quad (4.5)$$

$$FS = \frac{107}{0.82} = 130 \text{ veh/h}$$

Se verifica por comparación que:

$$FS < SF_A$$

$$130 \text{ Veh/h} < 155 \text{ Veh/h}$$

Esto indica que el tramo de calle está operando en el *nivel de servicio A*.

7.- Nivel servicio proyectado a 15 años.

Tasa de crecimiento vehicular $i = 6\%$ (aplicado a zonas urbanas)

Proyección para 15 años

$$FS_n = FS (1 + i)^n \quad (4.6)$$

$$FS_{15} = 130(1+0.06)^{15}$$

$$FS_{15} = 312 \text{ Veh/h}$$

Se verifica por comparación que:

$$FS_{15} < SF_B$$

$$312 \text{ Veh/h} < 354 \text{ Veh/h}$$

Esto indica que el tramo de calle dentro de *15 años* estará operando en el *nivel de servicio B*.

DISEÑO ESTRUCTURAL.

| | |
|----------------------------|---------------------------|
| Método de Diseño | Murillo López de Souza. |
| Tipo de tránsito | Medio |
| Carga máxima por rueda | 5 toneladas |
| Intensidad de lluvia anual | 965.20 mm/año (38plg/año) |

Para Base y Subbase se tiene disponible un material con CBR = 98% (Banco A) y otro con CBR = 97.1% (Banco B) ambos con IG = 0, y nula plasticidad, previendo que ambos bancos tienen un CBR similar, se estima que no es necesario colocar subbase puesto que no habría ninguna diferencia entre esta y la base, de ahí se decidió que la estructura tendrá únicamente una Base de material selecto extraído del banco "A", puesto que éste está más cerca del sitio y además tiene un mayor CBR. El pavimento será dimensionado para un tránsito diario de: $TPD = 1.5 (527) = 791 \text{ veh/día}$.

1.- Cálculo del CBR de diseño.

La tabla IV.8 muestra los resultados obtenidos al calcular el CBR de cada una de las muestras obtenidas al realizar los sondeos manuales. En esta tabla se presentan únicamente las profundidades a las cuales quedará la subrasante el lector deberá tener en cuenta que estos valores se tomaron de la tabla A-9 de anexos.

| Sondeo | Profundidad | Tipo | CBR | |
|--------------------------|-------------|-------------|----------------|----|
| Calle TRAMO 1 | | | | |
| Sm-1 | 2 | 0.20 – 0.45 | A – 1 – a (0) | 78 |
| | 3 | 0.45 – 1.40 | A – 2 – 4 (0) | 75 |
| Sm-2 | 2 | 0.18 – 0.65 | A – 7 – 5 (15) | 6 |
| Sm-3 | 1 | 0.00 – 0.45 | A – 4 (1) | 25 |
| | 2 | 0.45 – 0.60 | A – 7 – 5 (15) | 6 |
| Calle TRAMO 2 Y 3 | | | | |
| Sm-1 | 1 | 0.00 – 0.35 | A – 1 – b (0) | 57 |
| | 2 | 0.35 – 1.10 | A – 2 – 4 (0) | 75 |
| Sm-2 | 2 | 0.18 – 0.70 | A – 1 – b (0) | 57 |
| Sm-3 | 1 | 0.00 – 0.40 | A – 2 – 4 (0) | 75 |
| | 2 | 0.40 – 1.45 | A – 4 (0) | 27 |
| Calle TRAMO 4 | | | | |
| Sm-1 | 2 | 0.25 – 1.30 | A – 7 – 5 (15) | 6 |
| Sm-2 | 2 | 0.18 – 0.90 | A – 4 (0) | 27 |
| Sm-3 | 1 | 0.00 – 0.45 | A – 4 (1) | 25 |
| | 2 | 0.45 – 0.81 | A – 4 (0) | 27 |
| Calle TRAMO 5 | | | | |
| Sm-1 | 2 | 0.20 – 0.50 | A – 4 (0) | 27 |
| Sm-2 | 2 | 0.12 – 1.20 | A – 2 – 4 (0) | 75 |

Tabla IV. 8: CBR de la subrasante.

De donde obtenemos los siguientes resultados:

| CBR ordenado | Frecuencia | Valores | Porcentaje | |
|--------------|------------|---------|------------|-------|
| 6 | 3 | 15 | 1.00 | 100 |
| 25 | 2 | 12 | 0.80 | 80 |
| 27 | 4 | 10 | 0.67 | 66.67 |
| 57 | 2 | 6 | 0.40 | 40 |
| 75 | 3 | 4 | 0.27 | 26.67 |
| 78 | 1 | 1 | 0.07 | 6.67 |
| Suma | 15 | 0 (OK) | | |

Teniendo en cuenta que el flujo vehicular en los tramos en estudio se clasifica en tránsito medio se requiere de un percentil del 75%*, además, considerando los valores obtenidos en la tabla anterior se tiene para la subrasante existente un CBR de 25.8%

* Vea en la Tabla III.1 los percentiles según tránsito en la pág. 75

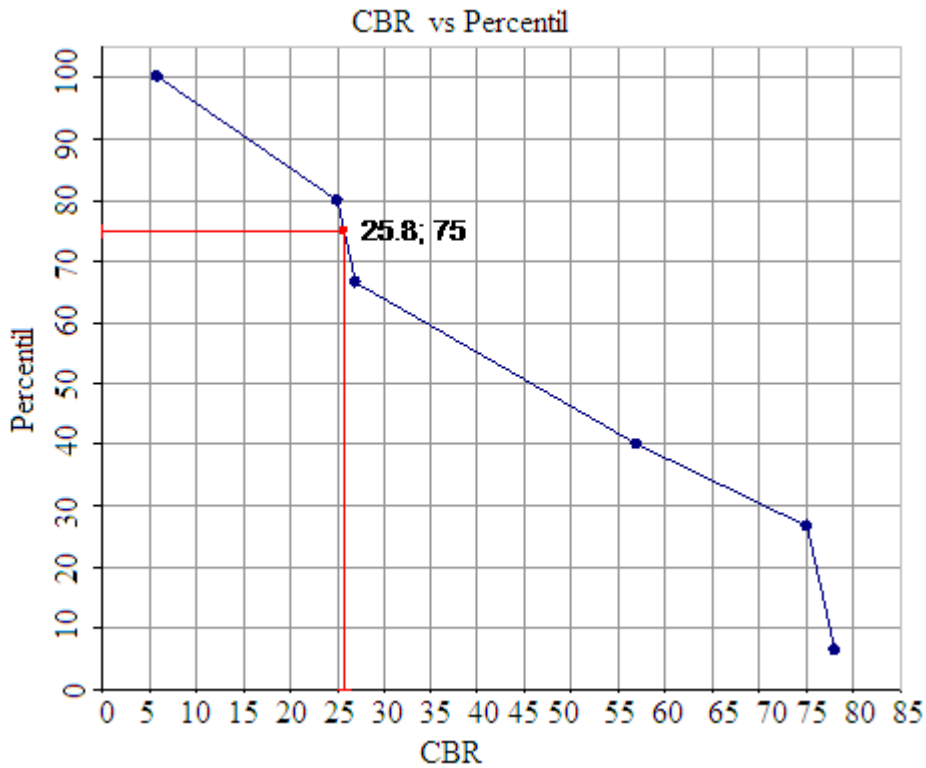


Figura IV.2: Representación grafica de VBR vs Percentil

2.- Cálculo del índice de grupo de la subrasante (IGsr)

CBR = 25.8% > de 10% → OK

Utilizando los datos representados en la tabla IV.8 se determinó el tipo de suelo predominante en la subrasante, se puede concluir que el suelo tipo A- 4 es el de mayor frecuencia y en segundo lugar el suelo A-2- 4*. La tabla A-11 muestra como resultado que el suelo A-2-4 no puede tener un CBR de 25.8%, pero el suelo tipo A- 4 sí puede, puesto que su rango de IG está entre 3 y 27:

| <u>CBR</u> | <u>IG</u> |
|------------|-----------|
| 3 | 0 |
| 25.8 | IGsr |
| <u>27</u> | <u>8</u> |

Interpolando estos valores se tiene: $IGsr = 7.6\%$

* Ver plano estratigráfico, en la sección de anexos.

3.- Cálculo del índice de soporte de la subrasante (ISsr)

La tabla IV.2 indica que el *IS* de la subrasante está entre 7 y 8, por tanto se obtiene:

| | |
|-----------|-----------|
| <u>IG</u> | <u>IS</u> |
| 7 | 8 |
| 7.6 | ISsr |
| <u>8</u> | <u>7</u> |

Interpolando nuevamente: $ISsr = 7.4$

El índice de soporte promedio es: $IS = \frac{25.8 + 7.4}{2} = 16.6 \approx 17$. Este número representa

el menor valor para el CBR de diseño (25.8%), cumpliendo así con el requisito que se enunció en la página 97.

3.- Espesor de la Base

La carga máxima de diseño es de 5 toneladas, la tabla A-13 de anexos muestra que este flujo vehicular se clasifica como tránsito medio, considerando una precipitación de 965.2mm/año y un $IS = 17$, por lo tanto se obtiene un espesor 23cm. Generalmente este valor incluye Base y una Subbase, pero, por ser demasiado pequeño para ambas capas, se considera utilizar únicamente una Base de 23cm.

4.- Espesores requeridos.

Se incrementará en 10% los espesores por la intensidad de lluvia, esto se especifica en la tabla A-12, así:

$$Base = (1.1) \cdot (23cm)$$

$$Base = 25.3cm \Rightarrow 26cm$$

Se ha redondeado a la unidad superior más cercano porque es más difícil lograr un espesor de 25.3cm que el de 26cm, además se asegura que la estructura tenga mayor resistencia. No se redondeó a 25cm porque se estaría debilitando la estructura.

Teniendo en cuenta que el espesor de la cama de arena no presta ninguna aportación como estructura, se tiene finalmente que los espesores son:

| | |
|---------|------|
| Adoquín | 10cm |
| Arena | 5cm |
| Base | 26cm |
| TOTAL | 36cm |

Tabla IV. 9: Espesores requeridos.

CAPÍTULO V

DISEÑO HIDRÁULICO.

SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL.

Las obras del sistema de drenaje son obras de ingeniería civil, y al mismo tiempo, obras de ingeniería ambiental, destinadas a la recolección y disposición del agua de las lluvias. El sistema de drenaje es de singular importancia para la conservación de una vía. De ahí que tanto su diseño como su construcción se deban hacer con el mayor esmero posible.

El agua de lluvia puede causar directa o indirectamente una grave erosión en las pendientes, hombros, cunetas, canales o puede obstruir las salidas de las alcantarillas.

El diseño de un buen drenaje depende en anticipar cuándo, en qué magnitud y cómo, el escurrimiento y el agua subterránea será un problema y en hacer por consiguiente las previsiones necesarias para remover tales excesos de agua tan rápido como sea posible para evitar interrupciones en el tránsito o excesivo costo de mantenimiento.

Mediante el diseño del drenaje pluvial se busca eliminar las aguas excedentes entre las calles, carreteras y áreas adyacentes a las mismas, se incluyen también las precipitaciones que caen sobre las calles y carreteras, las aguas superficiales en las áreas adyacentes y el agua que asciende por capilaridad del nivel freático. Cabe señalar que las cunetas serán usadas por las aguas servidas que la población adyacente deja fluir sobre la calle.

CONSIDERACIONES DE DISEÑO.

Para el diseño de elementos menores se utilizará el método racional, basado en la curva de intensidad – duración – frecuencia (Curva IDF) de la estación meteorológica más cercana a Masaya con un periodo de retorno de 15 – 25 años.

Caudal: Es la cantidad de agua que circula por un curso de modo natural o no natural con respecto al tiempo.

Los métodos que se utilizan para el cálculo del caudal son:

- ✗ Método Probabilística.
- ✗ Hidrograma Unitario
- ✗ Método racional
- ✗ Envolvente
- ✗ Método empírico

Se considera que la fórmula racional es confiable en cuencas pequeñas, menores de 1000 acres. Para cuencas de aportación mayores a los 1000a se utiliza el método del Hidrograma Unitario. El que se utilizará en este trabajo es el método racional ya que el área no supera ni los 10acres (4.04Ha).

Cuenca: Se define como cuenca hidrológica a la zona del terreno en la que el agua, los sedimentos y los materiales disueltos drenan hacia un punto en común. La medición de la cuenca se determina con planos topográficos o preferiblemente planos geodésicos está delimitada por una línea imaginaria llamada *parte aguas*, que es el lugar geométrico de todos los puntos de mayor nivel topográfico que divide el escurrimiento entre cuencas adyacentes. Como normas prácticas generales para el trazado de divisorias topográficas, se tiene lo siguiente:

- 1.- La línea divisoria corta ortogonalmente a las curvas de nivel.
- 2.- Cuando la divisoria va aumentando su altitud, corta a las curvas de nivel por su parte convexa.
- 3.- Cuando la altitud va disminuyendo, la divisoria corta a las curvas de nivel por su parte cóncava.
- 4.- Como comprobación la línea divisoria nunca debe cortar a un río, arrollo o vaguada excepto en el punto en el que se quiere obtener su divisoria.

Es conveniente definir lo que es *duración e intensidad*, ya que no es la cantidad total de agua que cae sobre una zona lo que interesa en el diseño de drenaje. La estructura de drenaje se diseñan para conducir las máximas descargas que se producen y estas son un resultado de la relación duración – intensidad de las lluvias.

Duración de la lluvia: Es el tiempo que tarda esta en precipitarse sobre la superficie terrestre. La mayor parte de las precipitaciones fluye por encima de la superficie a lo

cual se le denomina “escurrimiento superficial”, y se desplaza en la forma de una delgada lámina hasta que llega a las corrientes o a los canales.

Intensidad: Es la mayor o menor cantidad de agua y cae en un lapso de tiempo determinado. Generalmente la duración se expresa en minutos o en horas y la intensidad en milímetros, centímetros o pulgadas por hora.

Frecuencia: Un dato que es indispensable para el diseño del drenaje superficial es el de *frecuencia* que es la mayor o menor ocurrencia con que una lluvia de determinada intensidad puede precipitarse. En el diseño de frecuencia de recurrencia de lluvias de magnitud específica recibe el nombre de *periodo de retorno*.

Drenaje: El drenaje superficial debe ser muy efectivo para evacuar rápidamente las aguas de la superficie del pavimento y evitar que estas se infiltren dentro de la estructura del mismo.

Drenaje Longitudinal: El drenaje longitudinal está compuesto por las cunetas laterales, las contra cunetas en la parte alta de los cortes, los cauces longitudinales; los subdrenes para interceptar y evacuar el agua subterránea y demás obras y dispositivos tales como bocatomas, tragantes y aliviaderos. Las cunetas se construyen a los lados de la carretera para conducir el agua hacia las alcantarillas, cajas o puentes, para así alejarlas de la carretera en concordancia con la configuración topográfica de su localización.

Drenaje Transversal: El objetivo del drenaje transversal es dar paso a las aguas de escorrentía a través de la vía y llevarlas a descargar en lugares apropiados. Un ejemplo de estos son los vados utilizados en las intercepciones de calles urbanas.

Coefficiente de escorrentía (C): El escurrimiento superficial viene a ser el caudal o exceso de precipitación y se expresa como un porcentaje del agua de precipitación.

El coeficiente fraccionario por el cual se multiplica el aporte total de lluvia para obtener el escurrimiento se denomina “coeficiente de escorrentía” y está afectado por las condiciones mismas del área de recogimiento para una cuenca de área conocida, con un curso de agua superficial aforadas constantemente, se puede determinar el

coeficiente de escorrentía si se tienen datos de las lluvias caídas sobre esa cuenca. En otros casos, se podrán utilizar el coeficiente tabulado tales como los que se indican en la tabla V.1 o en la tabla A – 20 de los anexos.

Intensidad de diseño (I): La intensidad de la lluvia esta en función de la frecuencia con que se presenta el evento para el cual se diseña y del tiempo de concentración.

Periodo de diseño: El periodo de diseño depende del valor de las obras a implementar y de la calidad del servicio que se desee prestar. Los factores que intervienen en la selección del periodo de diseño son:

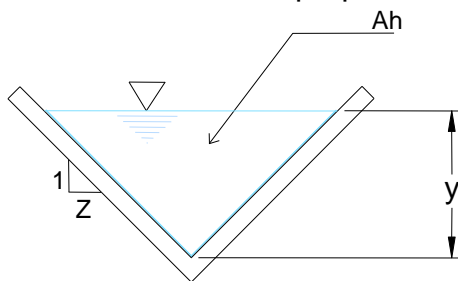
- 1.- Vida útil de las estructuras y equipo tomando en cuenta obsolescencia, desgaste y daños.
- 2.- Ampliaciones futuras y planeación de las etapas de construcción del proyecto.
- 3.- Cambios en el desarrollo social y económico de la población.
- 4.- Comportamiento hidráulico de las obras cuando éstas no estén funcionando a su plena capacidad*.

Tiempo de concentración (TC): Este está formado por dos componentes, el tiempo de entrada o sea el tiempo requerido para que el escurrimiento llegue a la alcantarilla y el tiempo recorrido dentro de las alcantarillas.

CRITERIOS Y ECUACIONES

En los cálculos se utilizarán algunos términos que a continuación se enuncian:

- 1.- El drenaje será superficial, las secciones propuestas se presentan en la siguiente gráfica.



- 2.- Perímetro mojado (P_m): Línea de intersección entre las paredes de canal y la sección del flujo. Para secciones triangulares se tiene: $P_m = 2y\sqrt{1+z^2}$ (5. 1)

* Se considera el criterio de eficiencia hidráulica. Ver anexo Tabla A–21.

3.- Área hidráulica (A_h): Es la sección transversal por donde circula el flujo. Para secciones triangulares se tiene:

$$Ah = zy^2 \quad (5.2)$$

4.- Radio hidráulico: Es la relación entre el área de la cuneta y el perímetro mojado, dado por:

$$R = \frac{A_h}{P_m} \quad (5.3)$$

5.- Las velocidades calculadas deben encontrarse en el rango de $0.6 \leq V \leq 7$ m/s. La velocidad media en la cuneta se puede calcular por medio de la fórmula de Manning.

$$V = \frac{1}{\eta} R^{2/3} S^{1/2} \quad (5.4)$$

Donde:

V Velocidad media (m/s)

R Radio Hidráulico (m)

S Pendiente de la cuneta

η Coeficiente de rugosidad de Manning*.

6.- Para la evaluación del tiempo de concentración se utilizará la fórmula de B. W. Taylor

y Argüello. $T_c = \frac{0.01947 * L^{0.77}}{S^{0.385}} \quad (5.5)$

7.- Para el cálculo de la intensidad de precipitación sobre la cuneta en un periodo de

retorno de 10 años se utilizará la fórmula: $I = \frac{1083.74}{(T_c + 9.32)^{0.6189}} \quad (5.6)$

Para la intensidad sobre los vados se utilizará: $I = \frac{304.0327}{T_c^{0.3463475}} \quad (5.7)$

8.- El área (A) considerada para el cálculo del caudal (Q_D) es la correspondiente a lotes, calles y/o avenidas que escurrirán hacia la vía en diseño.

9.- El caudal de diseño (Q_D) es el correspondiente al caudal que soportarán las cunetas; y debe cumplir con la condición de: $Q_D < Q$. La fórmula racional expresa que, para ambas cunetas, la descarga (Q) es igual a un porcentaje de la precipitación

multiplicada por el área de la cuenca, mediante: $Q_D = \frac{CIA}{360} \quad (5.8)$

Donde: Q_D Caudal o descarga de diseño (m³/s)

* Ver Tabla A – 21 en Anexos

- C Coeficiente de escorrentía
 I Intensidad de la precipitación, correspondiente al tiempo de concentración (mm/hr)
 A Área de la cuenca (Ha).

Luego: $Q = VA_h$ (5. 9)

Donde: Q Caudal de desalojo (m³/s)

V Velocidad media (m/s)

A_h Área hidráulica de la cuneta (m²)

10.- El coeficiente de escorrentía utilizado está entre los recomendados por la alcaldía de Masaya, para este cálculo hay que tener en cuenta la clasificación de los diferentes tipos y usos del suelo. Seleccionando el valor C = 0.70 según la tabla V.1.

| Definición | Tipo de cuenca | Coeficiente escorrentía |
|-------------|------------------------------|-------------------------|
| Negocio | Áreas concentradas | 0.70 - 0.95 |
| | Áreas de vecindario | 0.50 - 0.70 |
| Residencial | Unifamiliares | 0.30 - 0.50 |
| | Multifamiliares, separadas | 0.40 - 0.60 |
| | Multifamiliares contiguas | 0.60 - 0.75 |
| | Suburbanas | 0.25 - 0.40 |
| | Apartamentos de viviendas | 0.50 - 0.70 |
| | | |
| Industrial | Liviana | 0.50 - 0.80 |
| | Pesada | 0.60 - 0.90 |
| | Parques, cementerios | 0.10 - 0.25 |
| | Área de juegos | 0.20 - 0.35 |
| | Patios de ferrocarril | 0.20 - 0.40 |
| | Áreas vírgenes | 0.10 - 0.30 |
| Calles | Asfaltadas | 0.70 - 0.95 |
| | Concreto | 0.80 - 0.95 |
| | Ladrillo de concreto | 0.70 - 0.85 |
| | Senderos y veredas | 0.75 - 0.58 |
| Techos | | 0.75 - 0.95 |
| Gramas | Suelo arenoso, plano 2% | 0.05 - 0.10 |
| | Suelo arenoso, promedio 2-7% | 0.10 - 0.15 |
| | Suelo arenoso fuerte 7% | 0.15 - 0.20 |
| | Suelo denso, plano 2% | 0.13 - 0.17 |
| | Suelo denso promedio 2-7% | 0.18 - 0.22 |
| | Suelo denso, fuerte 7% | 0.25 - 0.35 |

Tabla V. 1: Coeficiente de escorrentía

- 11.- El coeficiente de rugosidad que se utilizará para el cálculo de la velocidad media es:
 $\eta = 0.017$ para la cuneta y 0.015 para los vados, obtenido de la siguiente tabla.

| Tipo de material | η |
|-------------------------------|--------|
| Canales de tierra con grama | 0.030 |
| Superficial de mortero pulido | 0.013 |
| Canales de tierra | 0.025 |
| Tubos de concreto | 0.013 |
| Canales de concreto | 0.015 |
| Canales de asfalto | 0.016 |
| Canales de adoquín | 0.019 |
| Piedra cantera repellada | 0.017 |
| Canales de ladrillo de barro | 0.013 |
| Canales de bolones | 0.025 |

Tabla V. 2: Coeficiente de rugosidad

- 12.- Para elaborar el diseño hidráulico se subdividirán los lotes y calles en correspondencia al diseño vial, aplicando el coeficiente de escorrentía que le corresponde.
- 13.- El sistema de drenaje que se colocará estará basado en correspondencia con las calles anexas que ya tienen su propio sistema de drenaje, el cual consiste en cunetas, las cuales drenan las aguas a las alcantarillas existentes y estas a su vez desembocan en canales hidráulicos.
- 14.- Los patrones, dirección y sentido del drenaje seguirá el mismo curso que actualmente recorre la corriente (drenaje respeto a la topografía existente), a excepción de los lugares en que sea impertinente o no adecuado (Estación 0+390 . Al presentarse esta situación se propondrá una trayectoria segura, de modo que no cambie en gran manera el curso existente. Los cambios no deberían crear en ningún punto, velocidades que originen nuevos problemas.
- 15.- Toda la estructura de drenaje existente será rediseñada, realineando los cauces y canales de los tramos mencionados, determinando el área tributaria, la pendiente y la escorrentía.
- 16.- Se revisarán las cunetas y contracunetas para comprobar su funcionamiento y hacer las obras de protección necesarias para su mejoramiento.
- 17.- El diseño se realizará utilizando las condiciones más críticas, es decir la menor y mayor pendiente y con el área de mayor drenaje.

MEMORIA DE CÁLCULO.

CUNETETA

1.- Área a drenar

Para esto se utilizaron los planos catastrales en los que se delimitó el perímetro de la área tributaria que escurre las corrientes de agua hacia cada tramo de calle, ver lámina 52-56 de la sección de planos, seguidamente se calculó el área de cada zona según el sentido de las pendientes para cada tramo. Se utilizará la igualdad 1Ha = 10,000m².

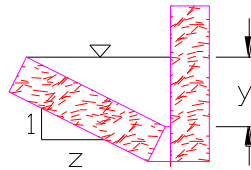
Tramo 1:

$$\text{Área total} = 1.868\text{Ha} < 5\text{Km}^2.$$

Tramo 4:

$$\text{Área 4.1} = 1.757\text{Ha} < 5\text{Km}^2.$$

$$\text{Área 4.2} = 0.432\text{Ha} < 5\text{Km}^2.$$



2.- Tiempo de concentración

Con la ecuación (5.5) se tendrá:

$$\text{Tramo 1: } TC = \frac{0.01947 * 434.42^{0.77}}{0.01436^{0.385}} = 10.718\text{min}$$

$$\text{Tramo 4: } TC = \frac{0.01947 * 82.14^{0.77}}{0.03629^{0.385}} = 2.080\text{min}$$

$$TC = \frac{0.01947 * 281.68^{0.77}}{0.02139^{0.385}} = 6.585\text{min}$$

3.- Intensidad

Siguiendo la ecuación (5.6) obtenemos:

$$\text{Tramo 1: } I = \frac{1083.74}{(10.718 + 9.32)^{0.6189}} = 169.515\text{mm/h}$$

$$\text{Tramo 4: } I = \frac{1083.74}{(2.080 + 9.32)^{0.6189}} = 240.330\text{mm/h}$$

$$I = \frac{1083.74}{(6.585 + 9.32)^{0.6189}} = 195.568\text{mm/h}$$

4.- Caudal de diseño

Evaluando la ecuación (5.7)

$$\text{Tramo 1: } Q_D = \frac{0.7(169.515)(1.868)}{2 * 360} = 0.308\text{m}^3/\text{s}, \text{ esto es para cada cuneta.}$$

Tramo 4:
$$Q_D = \frac{0.7(240.330)(1.757)}{2 * 360} = 0.411 \text{m}^3/\text{s},$$

$$Q_D = \frac{0.7(195.568)(0.432)}{2 * 360} = 0.082 \text{m}^2/\text{s},$$

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos para el área a drenar, Tiempo de concentración, Intensidad y Caudal de diseño para cada uno de los tramos en estudio.

| Tramos | EST INICIO | EST FIN | L (m) | S | TC (min) | I (mm/h) | A (Ha) | QD (m3/s) |
|---------|------------|---------|--------|---------|----------|----------|--------|-----------|
| TRAMO 1 | 0.00 | 434.42 | 434.42 | 0.01436 | 10.716 | 169.523 | 1.868 | 0.308 |
| TRAMO 2 | 430.00 | 674.14 | 244.14 | 0.00635 | 9.414 | 176.723 | 1.010 | 0.174 |
| | 674.14 | 800.00 | 125.86 | 0.00808 | 5.151 | 207.341 | 0.570 | 0.115 |
| TRAMO 3 | 700.00 | 754.77 | 54.77 | 0.01825 | 1.983 | 241.597 | 0.155 | 0.036 |
| TRAMO 4 | 722.60 | 804.74 | 82.14 | 0.03629 | 2.080 | 240.330 | 1.757 | 0.411 |
| | 804.74 | 1086.42 | 281.68 | 0.02139 | 6.585 | 195.568 | 0.432 | 0.082 |
| TRAMO 5 | 564.14 | 754.44 | 190.30 | 0.01199 | 6.084 | 199.480 | 1.269 | 0.246 |

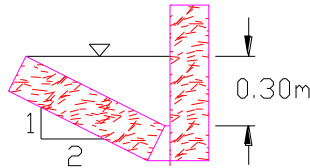
A partir del caudal de diseño mostrado anteriormente, se diseñarán las dimensiones de la cuneta que drenará dicho caudal. Se diseñará considerando las condiciones más críticas, es decir el mayor caudal obtenido, posteriormente se hará una comparación Q_D vs Q para cada tramo, debiéndose cumplir que: $Q_D < Q$

Se proponen cuneta con las siguientes especificaciones:

$z = 2$

$y = 0.30\text{m}$

$\eta = 0.017$



Se considerará para el diseño los datos correspondientes al tramo 1:

$S = 0.01436$

$Q_D = 0.308 \text{m}^3/\text{s}$

5.- Área hidráulica

Utilizando la ecuación (5.2): $Ah = (2)(0.30)^2 = 0.180 \text{m}^2$

6.- Perímetro mojado

Ecuación (5.1): $Pm = 2(0.30)\sqrt{1+2^2} = 1.342 \text{m}$

7.- Radio hidráulico

$Rh = \frac{0.180}{1.342} = 0.134 \text{m}$

8.- Velocidad media

$$\text{Valorando la ecuación (5.4): } V = \frac{1}{0.017} (0.134)^{2/3} S^{1/2}$$

$$V = (15.404) S^{1/2}$$

Tramo 1: $V = (15.404)(0.01436)^{1/2} = 1.846 \text{ m/s} \checkmark$

Tramo 4: $V = (15.404)(0.03629)^{1/2} = 2.934 \text{ m/s} \checkmark$

$V = (15.404)(0.02139)^{1/2} = 2.253 \text{ m/s} \checkmark$

9.- Caudal drenado

Según la ecuación (5.9) se tendrá:

Tramo 1: $Q = (1.846)(0.180) = 0.334 \text{ m}^3/\text{s} > Q_D \checkmark$

Tramo 4: $Q = (2.934)(0.180) = 0.528 \text{ m}^3/\text{s} > Q_D \checkmark$

$Q = (2.253)(0.180) = 0.406 \text{ m}^3/\text{s} > Q_D \checkmark$

A continuación se muestra la siguiente tabla con los resultados obtenidos al realizar los cálculos de Velocidad media y Caudal de drenado para cada de los tramos bajo estudio.

| Tramos | V (m/s) | Q (m ³ /s) |
|---------|---------|-----------------------|
| TRAMO 1 | 1.846 | 0.334 |
| TRAMO 2 | 1.296 | 0.274 |
| | 1.462 | 0.309 |
| TRAMO 3 | 2.197 | 0.464 |
| TRAMO 4 | 2.934 | 0.528 |
| | 2.253 | 0.406 |
| TRAMO 5 | 1.781 | 0.376 |

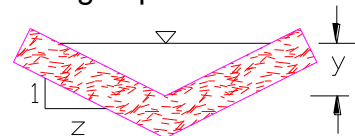
La siguiente tabla muestra una comparación de los valores obtenidos al realizar los cálculos para el caudal de diseño y el caudal de drenado:

| Tramos | QD (m ³ /s) | Q (m ³ /s) | Estado |
|---------|------------------------|-----------------------|--------|
| TRAMO 1 | 0.308 | 0.332 | OK |
| TRAMO 2 | 0.174 | 0.221 | OK |
| | 0.115 | 0.249 | OK |
| TRAMO 3 | 0.036 | 0.375 | OK |
| TRAMO 4 | 0.411 | 0.529 | OK |
| | 0.082 | 0.406 | OK |
| TRAMO 5 | 0.246 | 0.304 | OK |

VADOS

1.- **Área a drenar:** El vado que mayor demanda tendrá es el que se ubica en la estación 0+380 sobre el tramo 1, el cual acumula parte del agua proveniente de los tramos 1 y 4.

$$\text{Área} = 1.868 + 0.432 = 2.30 \text{ Ha}$$



2.- Tiempo de concentración: Para la ecuación (5.5) se tomará como "L" a la longitud total de los tramos que convergen en este vado:

$$L = 434.42 + 281.68 = 716.1m$$

Para "S" se toma la pendiente mínima que tendrá el vado, es decir 1%. Así:

$$TC = \frac{0.01947 \times 716.1^{0.77}}{0.01^{0.385}} = 18.101min$$

3.- Intensidad: $I = \frac{304.0327}{(18.101)^{0.3463475}} = 111.511mm/h$

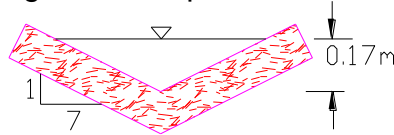
4.- Cálculo del caudal de diseño

$$Q_D = \frac{0.7(111.511)(2.3)}{2 \times 360} = 0.249m^3/s$$

Se proponen vados con las siguientes especificaciones:

$$y = 0.17m$$

$$z = 7\eta = 0.015$$



5.- Área hidráulica

Utilizando la ecuación (5.2): $Ah = (7)(0.17)^2 = 0.202m^2$

6.- Perímetro mojado

Ecuación (5.1): $Pm = 2(0.17)\sqrt{1+7^2} = 2.404m$

7.- Radio hidráulico: $Rh = \frac{0.202}{2.404} = 0.084m$

8.- Velocidad media

Valorando la ecuación (5.4): $V = \frac{1}{0.015} (0.084)^{2/3} (0.01)^{1/2} = 1.279m/s \checkmark$

9.- Caudal drenado

Según la ecuación (5.9) se tendrá: $Q = (1.279)(0.202) = 0.258m^3/s > 0.249m^3/s \checkmark$

En la lamina 8 de la sección de planos podrá observar con más detalles el dimensionamiento de los vados y cunetas y en la lamina 44 se observa la distribución de vado a lo largo de todos los tramos en estudio.

CAPÍTULO VI

BALANCEO DE EQUIPO.

El balanceo de equipo consiste en el proceso de selección de equipo en función de un programa de ejecución de la obra que resulte capaz de cumplir con los plazos estipulados por el mismo, previendo incluso causas de fuerza mayor. Los pasos a seguir en el balanceo de equipo son:

- 1.- Juzgar y elegir el equipo de construcción necesario para cada actividad de la obra.
- 2.- Elaborar la selección de maquinaria conforme a la existencia de estas.
- 3.- Fijar los tiempos de ejecución de cada parte de la obra en base a los manuales de cada tipo y/o de acuerdo a experiencias vividas en el campo

MOVIMIENTO DE TIERRA.

En toda construcción por muy pequeña que sea se deben realizar movimientos de tierra, ya sea que se corte o rellene alguna zona donde el nivel del terreno no esté de acuerdo al nivel requerido.

El movimiento de tierra es un proceso que exige esfuerzo y tiempo por el cual se han determinado algunas especificaciones que son de mucha ayuda al momento de calcular las cantidades de obras. Por otro lado debe considerarse que durante este proceso pueden salir perjudicadas propiedades privadas y causar un impacto ambiental considerable. A continuación se presentan algunos términos utilizados en este capítulo:

Volumen en banco (Vb): Es el Volumen medido en el banco de préstamo, está dado en unidades de m^3 , yd^3 , pie^3 , etc.

Volumen suelto (Vs): Es el volumen del material que se extrajo del banco de préstamo. Es mayor que el volumen de banco debido a que el suelo se ha abundado. Es el valor que se toma como referencia para el costo del acarreo.

Volumen compacto (Vc): Es el volumen de tierra que se ha colocado en un terraplén y ha sido compactado por medios mecánicos. Este volumen es menor que el volumen en banco.

Abundamiento: Aumento de volumen de determinado tipo de suelo provocado por el aflojamiento de sus partículas, se expresa como un porcentaje de volumen de la muestra inalterada. En este trabajo se consideró un factor de abundamiento del 15%.

Enjuntamiento: Reducción del Volumen del suelo a partir del volumen de banco. En este trabajo se consideró un factor de enjuntamiento del 15%.

Excavación y terraplén: El proceso de excavación y el de terraplén afectan directamente a la capa de tierra vegetal y a los patrones de drenaje existentes en el área del Proyecto. El Nic-2000 especifica la forma en que este trabajo debe ser realizado dentro del Derecho de Vía y en los bancos de préstamo.

Excavación: Es la remoción de tierra, roca, ladrillos, piedras, concreto, pequeñas estructuras y ciertos materiales indeseables* que se encuentren dentro del ancho de la terracería del Proyecto.

Corte: Es la excavación que se realiza en el terreno para conformar la estructura de la vía y elementos auxiliares de conformidad con las líneas y niveles mostrados en los planos u ordenados por el Ingeniero.

Relleno o Terraplén: Son los depósitos de material compactado que se conforman sobre el terreno hasta formar la estructura de la vía y elementos auxiliares, de conformidad con las líneas y niveles mostrados en los planos u ordenados por el Ingeniero.

Generalmente, los rellenos de una vía se construyen utilizando el material proveniente de las excavaciones. Se debe procurar que la cantidad de material excavado sea suficiente para construir los rellenos, es decir, que se debe *balancear* el movimiento de tierra.

*Durante la excavación se pueden encontrar diferentes suelos, ante esto el equipo a utilizar puede variar.
Ver Tabla A-23

EQUIPO PARA EL MOVIMIENTO DE TIERRA.

Limpieza o descapote: Si la capa orgánica es menor a los 15cm se usan las medidas en m², pero si la capa es mayor a los 15cm, se calcula en términos de volumen (m³). Este trabajo se realiza con el tractor de hoja empujador (D-4, D-5, D-6, D-7 ó D-8).

Extracción del material excavado: Se utilizan cargadores frontales (pala mecánica) que carga a los camiones de acarreo (Volquetes).

Suministro de material selecto: En este proceso se utiliza un cargador frontal o retroexcavadora y el camión Volquete que transporta el material. Para que el movimiento de tierra sea técnica y económicamente rentable, el banco de material a explotar no debe tener una distancia mayor de 5km al sitio de construcción.

Nivelación del terreno: Esta actividad es asumida por la motoniveladora, la cual nivela y conforma la zona etc. proporcionando las pendientes del bombeo de la carretera.

Riego: esta actividad es suministrada por cisternas que rocían el agua en tramos previamente establecidos.

Compactación: Este proceso debe efectuarse tal como se explica en el capítulo III.

Equipo utilizado en la compactación.

- 1.- Vibrocompactadora.
- 2.- Unidad de llantas neumáticas.
- 3.- Rodillos de ruedas lisas.
- 4.- Apisonadores neumáticos.
- 5.- Pisones.

La mayoría del equipo anteriormente mencionado se utiliza en carreteras de carpeta asfáltica, en este proyecto de adoquinado se utilizará la vibrocompactadora y en caso de ser necesario se utilizarán compactadoras manuales.

CONSIDERACIONES PARA EL USO DE EQUIPO.

Efecto de la pendiente: El efecto de una pendiente positiva es el de incrementar la tracción o disminuirla si la pendiente es negativa. Este aumento o disminución de la potencia está dado en 20lb/ton de peso por cada 1% de pendiente.

Tiempo de ciclo: Es el tiempo que necesita un equipo para realizar una actividad completa.

Productividad real o efectiva: Es la producción teórica del equipo multiplicado por el factor tiempo y el factor de operación.

EQUIPO A UTILIZAR.

La maquinaria que se utilizará para la ejecución de este proyecto fue seleccionada según la experiencia de la empresa TRAYMA la cual brindó la siguiente lista e información del equipo disponibles para este tipo de construcción:

- ✘ Camión Volquete DT 466E (International)
- ✘ Tractor D7R LGP (Caterpillar)
- ✘ Excavadora 318B L (Caterpillar)
- ✘ Cargador frontal 928G (Caterpillar)
- ✘ Motoniveladora 120H (Caterpillar)
- ✘ Vibrocompactadora de rodillo CS 533D (Caterpillar)
- ✘ Cisterna de 3000gln
- ✘ Trompo (mezcladora) con capacidad de 1.5 bolsas de cemento.
- ✘ Apisonador (placa vibratoria) de 6HP

Cabe señalar que la empresa dispone del operador de cada maquina. Entre las herramientas que se utilizaran para la ejecución del proyecto se pueden mencionar:

- ✘ Carretillas
- ✘ Palas
- ✘ Picos
- ✘ Mazos
- ✘ Cinceles
- ✘ Cuerdas
- ✘ Mangueras para nivelar
- ✘ Entre otras.

La siguiente tabla se muestra los resultados que se obtuvieron al calcular los volúmenes de tierra para cada uno de los tramo bajo estudio.

| Tramo | Longitud (m) | D Vía* (m) | Corte (m ³ c) | Relleno† (m ³ c) |
|-------|--------------|------------|--------------------------|-----------------------------|
| 1 | 434.42 | 11.2 | 2407.73 | 12.44 |
| 2 | 375.58m | 9.35m | 943.61 | 120.64 |
| 3 | 54.77m | 11.6m | 84.32 | 32.25 |
| 4 | 363.88m | 9.35m | 948.13 | 114.31 |
| 5 | 193.30m | 11.10m | 476.62 | 26.46 |

Tabla VI. 1: Resumen de Volúmenes de tierra.

MEMORIA DE CÁLCULO.

TRAMO 1

Maquinaria para Corte, relleno y conformación.

1.- Desgarrar material asfáltico.

Inicio: Est. 0+016.96

Fin: Est. 0+240

Longitud a desgarrar = (0+240) – (0+016.96) = 223.04m

$$\text{Ancho Promedio} = \frac{9.38 + 9.60 + 99.47 + 9.36 + 9.41 + 8.82}{6} = 9.34m$$

$$\text{Área asfaltada} = 223.04 \times 9.34 = 2,083m^2$$

Equipo a utilizar: Motoniveladora 120H con 5 Vástagos‡.

Velocidad de operación*: 3.5KPH (Criterio del autor)

Ancho de desgarramiento: 2.13m

$$\text{Producción teórica} = 3.5 \times 2.13 \times 1000 = 7,455m^2 / h$$

Factores de corrección (Ver Manual Caterpillar páginas 1 - 45)

- Eficiencia = 75%
- Profundidad de desgarre = 75%
- Operador = 70%
- Material difícil = 80%

Producción real = Producción teórica x Factores de corrección

$$\text{Producción real} = 7,455 \times 0.75 \times 0.75 \times 0.70 \times 0.80 = 2,348.33m^2 / h$$

$$\text{Duración de desgarre} = \frac{2083.19}{2348.33} \times \frac{60\text{min}}{40\text{min}} = 1.33h$$

* En su sección más angosta.

† Tanto los volúmenes de corte como de relleno se obtuvieron mediante el programa Autodesk Land Desktop 2004.

‡ Manual de Caterpillar Pág. 3-6, 13 y 14, ver también la sección de Anexos

2.- Acopiar material (Corte).

Equipo a utilizar: Tractor D7R LGP*.

Velocidad de operación: 4KPH (Manual Caterpillar páginas 1 - 18)

Ancho de hoja (SU): 3.69m

Capacidad: 6.86m³.

Profundidad máxima de excavación: 52.7cm

Distancia de empuje: 40m (Criterio de los autores)

Producción teórica: 340m³/h (Ver anexos)

Factores de corrección (Ver Métodos y Equipos de construcción, UNAN, pág. 22; Manual Caterpillar pág. 1-45)

- Eficiencia 40min/h = 67%
- Capacidad de la maquinaria = 90%
- Resistencia por Pendiente = 1.43% < 5%, No aplica
- HSNM = 250m < 1000m, No aplica
- Pérdida por empuje

Por cada 30m se pierde el 5% de la eficiencia.

$$\frac{30m}{40m} \Leftrightarrow \frac{5\%}{X} \quad X = \frac{40 \times 5}{30} = 6.67\%$$

Luego: 100% - 6.67% = 93.33%

- Operador = 75%

Producción real = $340 \times 0.67 \times 0.90 \times 0.93 \times 0.75 = 143m^3s/h$

Volumen de corte y relleno

| Tramo | Longitud (m) | D Vía [†] (m) | Corte* (m ³ c) | Relleno [‡] (m ³ c) |
|-------|--------------|------------------------|---------------------------|---|
| 1 | 434.42 | 11.2 | 2407.73 | 12.44 |

$$\text{Duración de corte} = \frac{2407.73m^3c/0.85}{143m^3s/h} = 19.81h \approx 20h$$

Suponiendo un uso mínimo de 4 horas diarias[§] se tiene:

$$\text{Duración máxima de posesión} = \frac{20h}{4h/d} = 5días$$

3.- Carga de material sobrante cortado.

* Manual de Caterpillar Pág. 1-9,36; 28-5

† En su sección más angosta.

‡ Tanto los volúmenes de corte como de relleno se obtuvieron mediante el programa Autodesk Land Desktop 2004.

§ Véase en la sección de presupuestos sobre costos en pago de maquinaria inciso "c".

Equipo a utilizar: Cargador frontal 928G (Ver Manual Caterpillar pág. 13-3,18).

Capacidad nominal del cucharón: 2.2m³.

Altura máxima de descarga: 2.84m

Tiempo de ciclo hidráulico:

| | |
|-----------------------|---------------|
| Levantamiento | 6.1seg |
| Descarga | 1.2seg |
| <u>Descenso libre</u> | <u>2.8seg</u> |
| Total | 10.1seg |

Tiempo de ciclo básico*:

| | |
|-------------------------------|--------------|
| Tiempo promedio | +0.45 |
| Material mezclados | +0.02 |
| Apilado por topadora | +0.01 |
| Mismo propietario | -0.04 |
| Operación intermitente | +0.04 |
| <u>Punto de carga pequeño</u> | <u>+0.04</u> |
| Tiempo total de ciclo | 0.52min |

$$\text{Ciclos por hora} = \frac{60}{0.52\text{min}} = 115\text{ciclos/h}$$

$$\text{Material sobrante} = \frac{2407.73\text{m}^3\text{c} - 12.44\text{m}^3\text{c}}{0.85} = 2818\text{m}^3\text{s}$$

$$\text{No. de ciclos requeridos} = \frac{2818}{2.2} = 1281\text{ciclos}$$

$$\text{Duración de carga} = \frac{1281\text{ciclos}}{115\text{ciclos/h}} = 11.14\text{h}$$

$$\text{Duración de posesión} = \frac{11.14\text{h}}{4\text{h/d}} \approx 3\text{d}$$

4.- Transporte de material sobrante.

Equipo a utilizar: Camión Volquete DT 466E.

Capacidad: A ras = 12m³ Colmado* = 13.7m³.

Distancia de acarreo: 2.08Km hacia el vertedero + $\frac{434.42}{2 \times 1000} = 2.3\text{Km}$

Velocidad Máxima de cargado = 56KPH

No. de ciclos que necesita el cargador para llenar el camión.

$$\frac{13.7\text{m}^3}{2.2\text{m}^3/\text{ciclo}} \approx 7\text{ciclos}$$

Tiempo de carga = (0.52min/ciclos)(7ciclos) ≈ 3.64min

Tiempo fijo descrito = 0.8min (maniobras)

* Ver anexos

Tiempo de descarga = 1 min

Velocidades medias:

$$V \text{ ida} = 30\text{KPH}$$

$$V \text{ reg} = 50\text{KPH}$$

Tiempo de viaje

$$\text{Tiempo de ida} = \frac{2.3\text{Km}}{30\text{KPH}} = 0.08\text{h} = 4.8\text{min}$$

$$\text{Tiempo de regreso.} = \frac{2.3\text{km}}{50\text{KPH}} \approx 0.05\text{h} = 2.76\text{min}$$

Tiempo de viaje = 4.8 + 2.76 = 7.56min.

$$\text{Tiempo de ciclo} = 3.64 + 0.8 + 1 + T_{\text{viaje}} = 5.44 + T_{\text{viaje}}$$

Tiempo de ciclo = 5.4 + 7.56 = 12.96min

No. de camiones necesarios para que el cargador no tenga tiempos muertos.

$$\text{Camiones} = \frac{12.96\text{min}}{3.64\text{min/camión}} \approx 4 \text{ camiones}$$

$$\text{Número de viajes requeridos} = \frac{2818\text{m}^3\text{s}}{13.7\text{m}^3\text{s/viaje}} \approx 206 \text{ viajes}$$

$$\text{Número de viajes por camión} = \frac{206 \text{ viajes}}{4 \text{ camiones}} \approx 52 \text{ viajes / camiones}$$

$$\text{Tiempo de uso por camión} = \frac{(52\text{viajes/camión})(12.96\text{min/viaje})}{60\text{min/h}} \approx 11.23 \text{ h/camión}$$

$$\text{Duración de posesión} = \frac{11.23\text{h}}{4\text{h/d}} \approx 3\text{días/camión}$$

5.- Conformación del bombeo sobre la subrasante.

Equipo a utilizar: Motoniveladora 120H

Hoja estándar: 3.66m de largo[†]

Velocidad de operación: 4KPH = 4000m/h

Ángulo de vertedera de trabajo: 30°

Longitud efectiva de hoja (Le): 3.17m

Eficiencia: 0.80

Altura de corte según bombeo = 9.75cm

$$\text{Espesor promedio de capa a cortar} = \frac{9.75}{2 \times 100} = 0.049\text{m}$$

* Según SAE (Sociedad de Ingenieros Automotrices)

† Para mayor referencia vea la sección de anexos

Producción teórica: $R = V(Le - 0.6) \times E$ (Tomado del Manual Caterpillar pág. 3-14)

Donde: V: Velocidad de operación (KPH)

Le: Longitud efectiva de la hoja

E: Eficiencia de trabajo

Entonces: $R = 4(3.17 - 0.6) \times 0.80 = 8,224m^2 / h$

En Volumen será: $R = 8,224m^2 / h \times 0.049m = 402.98m^3 / h$

Volumen de material cortado en la conformación

$$\text{Volumen} = 434.42 \times 2 \left(0.5 \times \frac{9.75}{100} \times 3.9 \right) = 165.19m^3$$

Se estima que con 2 pasadas se logra un acabado uniforme en la conformación de ahí que: $N = 2$

Se considera que la máquina retrocede cada 50m a una velocidad promedio de 6KPH por lo cual existe un tiempo de retroceso (Tr).

$$Tr = \frac{434.42m}{50m} \times \frac{50m}{6000m/h} = 0.072h$$

El operador labora un tiempo de 40min cada hora (Ftr) = $\frac{40min}{60min} = 0.67$

$$\text{Duración de conformación} = N \frac{Vol}{R \times Ftr} + Tr$$

$$\text{Duración de conformación} = 2 \times \frac{165.19}{402.98 \times 0.67} + 0.072 = 1.3h$$

6.- Cargar material cortado durante la conformación.

Equipo a utilizar: Cargadora 928G

Ciclos por hora = 93

Capacidad de cucharón $2.2m^3/ciclos$

$$\text{Número de ciclos requeridos} = \frac{165.19 \times 1.15}{2.2} \approx 87 \text{ ciclos}$$

$$\text{Tiempo de carga} = \frac{87}{93} \approx 1h$$

7.- Transporte de material cortado durante la conformación.

Camión Volquete DT 466E

Capacidad colmado = $13.7m^3$.

Número de camiones = 4

Tiempo de ciclo = 12.96min

Volumen a transportar = $165.19 \times 1.15 = 189.97m^3s$

Duración de transporte = $\frac{189.97m^3s}{13.7m^3s/camion} \times \frac{12.96min}{4camiones} = 44.93min \approx 1h$

Maquinaria para terraplén.

1.- Explotación de banco de materiales.

Área transversal de la base = $(7.2 + 0.6) \times 0.26 = 2.028m^2$

Volumen compacto de material selecto = $2.028 \times 434.42 = 881.004m^3c$

Volumen suelto de material selecto requerido = $\frac{881.004 \times 1.15}{2} = 506.577m^3s/h$

Se ha multiplicado por 1.15 debido al factor de abundamiento y se divide entre 2 ya que la base se conformará en dos capas de 13cm cada una.

Equipo a utilizar para la explotación de banco:

1.-Excavadora 318B L*

Capacidad del cucharón colmado = $1.2m^3$.

Alcance máximo vertical = 8.53m

Alcance máximo horizontal = 8.21m

Velocidad máxima de desplazamiento = 4.6KPH

Factor de llenado a utilizar = 0.95

Eficiencia = 0.80

Tiempo de ciclo

| | |
|-----------------------|----------------|
| Ascenso de brazo | 0.08min |
| Cortar material | 0.10min |
| Girar brazo | 0.05min |
| Cargar cucharón | 0.09min |
| Giro con carga | 0.06min |
| Descarga del cucharón | 0.04min |
| Total | 0.46min |

Producción teórica: Ver tabla de producción en Anexos página 229, se obtiene por interpolación para $t = 0.46min$, $V_{cucharones} = 1.2m^3$ y $P = 158m^3s/h$

* Ver Manual Caterpillar pág. 5-7, véase también los Anexos

Producción real: $Pr = 158 \times 0.95 \times 0.80 = 120 m^3 s / h$

Duración de la extracción del material selecto = $\frac{506.577}{120.75} \approx 5h.$

Duración de posesión = 1 día

2.- Transporte de material selecto.

Se utilizarán los mismos camiones que en el relleno.

Distancia de acarreo = $4.1Km + \frac{434.42}{2 \times 1000} = 4.317Km$

Velocidad de ida = 30KPH (Cargado)

Velocidad de regreso = 50KPH (Vacío)

Tiempo de ciclo:

Tiempo de ida = $\frac{4.317}{30} = 0.144h = 8.64min$

Tiempo de regreso = $\frac{4.317}{50} = 0.086h = 5.16min$

Tiempo de carga = $\frac{13.7}{1.2} \times 0.46 min / ciclo = 5.252min$

(5.252 minutos representa el tiempo que la excavadora se tarda en cargar un camión)

Tiempo de maniobra = 1.5min

Tiempo descarga = 1min

Tiempo de ciclo del camión = $5.252 + 1.5 + 1 + 8.634 + 5.16 = 21.546min$

Número de camiones = $\frac{21.546min}{5.252min / camion} \approx 4 camion$

Número total de viaje = $\frac{506.577}{13.7} \approx 42 viajes$

Viajes por camión = $\frac{42}{4} \approx 11 viajes / camión$

Tiempo transporte material = $(11 viajes / camión)(21.546min / viaje) = 237min / camión$

Tiempo transporte material ≈ 4 horas de 60min

Pero se considera un tiempo efectivo de 50min/h, de modo que:

Tiempo de transporte = $4 \times \left(\frac{60}{50} \right) \approx 5h$

Producción de los camiones = $4 \times \frac{13.7 \times 0.9}{21.546} = 2.289 m^3 s / min \left(\frac{50min}{1h} \right)$

Producción de los camiones = $114.145 m^3 s / h < 120 m^3 s / h \rightarrow OK$

Duración de posesión = 1 día

3.- Tendido y humectación de material selecto.

Equipo a utilizar: Motoniveladora 120H

Espesor de la capa (e) = 13cm compactados

Velocidad de operación (V) = 4KPH

Eficiencia (E) = 0.75

Número de pasadas a lo ancho de la base

$$N = \frac{\text{ancho del tramo}}{L \times \text{traslape}} = \frac{7.8m}{3.17m(0.8)} = 3.076$$

Total de pasadas:

| | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| - Para Tender material | 3 pasadas |
| - Para homogenizar | 6 pasadas |
| - Para conformar | 3 pasadas |
| <u> </u> | <u> </u> |
| Total | 12 pasadas |

$$\text{Producción: } P = \frac{V \times A \times e \times E}{N} = \frac{4000(7.8)(0.13)(0.75)}{12} = 253.5m^3s/h$$

$$\text{Tiempos de retroceso: } Tr = \frac{\text{Dist a conformar}}{V} \times N = \frac{434.42m}{4000m/h} \times 12 = 1.303h$$

Para esta máquina se considerará un factor de tiempo efectivo de 40min/h, es decir 0.67

$$\text{Entonces la Duración} = \left(\frac{506.577}{253.5 \times 0.67} \right) + 1.303 \approx 4.288h$$

4.- Compactación de la primera capa de la Base.

Equipo a utilizar: Compactador vibratorio CS 533D*

Ancho de tambor = 2.13m

Espesor de la capa (e) = 13cm

Velocidad de operación = 5KPH

Eficiencia (E) = 0.75

Traslape o superposición = 15cm

Para alcanzar un grado de compactación del 95% Proctor Estándar se requiere de 6 pasadas sobre la misma banda. (N = 6)

Ancho de compactación por pasada (A): $A = 2.13m - 0.15m = 1.98m$

$$\text{Producción real} = \frac{A \times V \times e}{N} \times E \quad (\text{Manual Caterpillar pág. 12-15})$$

$$\text{Producción real} = \frac{1.98 \times 5000 \times 0.13}{6} \times 0.75 = 160.712m^3c/h$$

$$\text{Tiempo para compactar una banda} = \frac{506.557/1.15}{160.712} = 2.741h$$

$$\text{Número de bandas} = \frac{7.8m}{1.98m} = 4$$

$$\text{Duración total de compactación} = 4 \times 2.741h = 10.964h$$

$$\text{Duración de posesión} = \frac{10.964h}{4h/d} \approx 3 \text{ días}$$

Para la segunda capa se procede de la misma manera, de modo que la duración total de toda la maquinaria para construir la base es el doble de la que aquí se muestra.

TRAMO 2

Maquinaria para Corte, relleno y conformación.

1.- Acopiar material (Corte).

Dado que el equipo a utilizar es el mismo, sólo se mostrarán los datos que varían de un tramo a otro.

Equipo a utilizar: Tractor D7R LGP.

$$\text{Producción real} = 143m^3s/h$$

Volumen de corte y relleno

| Tramo | Longitud | D Vía [†] | Corte (m ³ c) | Relleno (m ³ c) |
|-------|----------|--------------------|--------------------------|----------------------------|
| 2 | 375.58m | 9.35m | 943.61 | 120.64 |

$$\text{Duración de corte} = \frac{943.61m^3c/0.85}{143m^3s/h} = 7.76 \approx 8h$$

Suponiendo un uso mínimo de 4 horas diarias se tiene:

$$\text{Duración máxima de posesión} = \frac{8h}{4h/d} = 2 \text{ días}$$

2.- Carga de material sobrante (cortado).

Equipo a utilizar: Cargador frontal 928G.

Capacidad nominal de cucharón: 2.2m³.

$$\text{Material sobrante} = \frac{943.61m^3c - 120.64m^3c}{0.85} = 968.20m^3s$$

$$\text{No. de ciclos requeridos} = \frac{968.20}{2.2} = 440 \text{ ciclos}$$

$$\text{Ciclos por hora} = 115 \text{ ciclos/h}$$

* Manual Caterpillar Pág. 12-15; 17-23

† En su sección más angosta.

$$\text{Duración de carga} = \frac{440 \text{ ciclos}}{115 \text{ ciclos/h}} = 3.83 \text{ h}$$

$$\text{Duración de posesión} = \frac{3.83 \text{ h}}{4 \text{ h/d}} \approx 1 \text{ d}$$

3.- Transporte de material sobrante.

Equipo a utilizar: Camión Volquete DT 466E

Capacidad Colmado = 13.7m³.

$$\text{Distancia de acarreo} = 2.08 + 0.43 + \frac{375.58}{2 \times 1000} = 2.7 \text{ Km}$$

No. de ciclos que necesita el cargador para llenar el camión = 7 ciclos

Tiempo de viaje

$$\text{Tiempo de ida} = \frac{2.7 \text{ Km}}{30 \text{ KPH}} = 0.09 \text{ h} = 5.4 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo de regreso} = \frac{2.7}{50} = 0.054 \text{ h} = 3.24 \text{ min}$$

Tiempo de viaje = 5.4 + 3.24 = 8.64 min.

$$\text{Tiempo de ciclo} = 5.44 + T_{\text{viaje}}$$

$$\text{Tiempo de ciclo} = 5.4 + 8.64 = 14.04 \text{ min}$$

No. de camiones necesarios para que el cargador no tenga tiempos muertos.

$$\text{Camiones} = \frac{14.04 \text{ min}}{3.64 \text{ min/camión}} \approx 4 \text{ camiones}$$

$$\text{Número de viajes requeridos} = \frac{968.20 \text{ m}^3 \text{ s}}{13.7 \text{ m}^3 \text{ s/viaje}} \approx 71 \text{ viajes}$$

$$\text{Número de viajes por camión} = \frac{71 \text{ viajes}}{4 \text{ camiones}} \approx 18 \text{ viajes/camiones}$$

$$\text{Tiempo de uso por camión} = \frac{(18 \text{ viajes/camión})(14.04 \text{ min/viaje})}{60 \text{ min/h}} \approx 4.212 \text{ h/camión}$$

$$\text{Duración de posesión} = \frac{4.21 \text{ h}}{4 \text{ h/d}} = 1 \text{ días/camión}$$

4.- Conformación del bombeo sobre la subrasante.

Equipo a utilizar: Motoniveladora 120H

Altura de corte según bombeo = 7.5 cm

$$\text{Espesor promedio de capa a cortar} = \frac{7.5}{2 \times 100} = 0.038 \text{ m}$$

Producción teórica: $R = 8,224 \text{ m}^2 / \text{h}$

Así, la Producción en Volumen será: $R = 8,224 \text{ m}^2 / \text{h} \times 0.038 \text{ m} = 308.4 \text{ m}^3 / \text{h}$

Volumen de material cortado en la conformación:

$$\text{Volumen} = 375.58 \times 2 \left(0.5 \times \frac{7.5}{100} \times 3 \right) = 84.51 m^3$$

$$\text{Tiempo de retroceso} \quad Tr = \frac{375.58 m}{6000 m/h} = 0.063 h$$

$$\text{Duración de conformación} = 2 \times \frac{84.51}{308.4 \times 0.67} + 0.038 = 0.86 h$$

Duración de posesión = 1 día

5.- Cargar material cortado durante la conformación.

Equipo a utilizar: Cargadora 928G

Ciclos por hora = 93

Capacidad de cucharón 2.2m³/ciclo

$$\text{Número de ciclos requeridos} = \frac{84.51 \times 1.15}{2.2} \approx 45 \text{ ciclos}$$

$$\text{Tiempo de carga} = \frac{45}{93} \approx 1 h$$

6.- Transporte de material cortado durante la conformación.

Camión DT 466E

Capacidad colmado = 13.7m³.

Número de camiones = 4

Tiempo de ciclo = 12.96min

Volumen a transportar = 84.51 × 1.15 = 97.19m³s

$$\text{Duración de transporte} = \frac{97.19 m^3 s}{13.7 m^3 s / \text{camion}} \times \frac{12.96 \text{ min}}{4 \text{ camiones}} = 22.99 \text{ min} \approx 0.38 h$$

Maquinaria para terraplén.

1.- Explotación de banco.

Área transversal de la base = 6 × 0.26 = 1.56m²

Volumen compacto de material selecto = 1.56 × 375.58 = 585.905m³c

Volumen suelto de material selecto requerido = $\frac{585.905 \times 1.15}{2} = 336.895 m^3 s/h$

Equipo a utilizar para la explotación de banco: Excavadora 318B L

Producción real: Pr = 120m³s/h

$$\text{Duración de la extracción del material selecto} = \frac{336.895}{120.75} \approx 2.79 h.$$

Duración de posesión = 1 día

2.- Transporte de material selecto.

$$\text{Distancia de acarreo} = 4.1 + 0.43442 + \frac{375.58}{2 \times 1000} = 4.722 \text{ Km}$$

Tiempo de ciclo:

$$\text{Tiempo de ida} = \frac{4.722}{30} = 0.157 \text{ h} = 9.444 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo de regreso} = \frac{4.722}{50} = 0.094 \text{ h} = 5.667 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo de ciclo del camión} = 7.752 + 9.444 + 5.667 = 22.863 \text{ min}$$

$$\text{Número total de viaje} = \frac{336.895}{13.7} \approx 25 \text{ viajes}$$

$$\text{Viajes por camión} = \frac{25}{4} \approx 6 \text{ viajes / camión}$$

$$\text{Tiempo transporte material} = (6 \text{ viajes / camión})(22.863 \text{ min / viaje}) = 137.178 \text{ min / camión}$$

$$\text{Tiempo transporte material} \approx 2.286 \text{ horas de } 60 \text{ min}$$

Pero se considera un tiempo efectivo de 50min/h, de modo que:

$$\text{Tiempo de transporte} = 2.286 \times \left(\frac{60}{50} \right) \approx 3 \text{ h}$$

$$\text{Producción de los camiones} = 4 \times \frac{13.7 \times 0.9}{22.863} = 2.157 \text{ m}^3 \text{ s / min} \left(\frac{50 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right)$$

$$\text{Producción de los camiones} = 107.86 \text{ m}^3 \text{ s / h}$$

Duración de posesión = 1 día

3.- Tendido y humectación de material selecto.

Equipo a utilizar: Motoniveladora 120H

Número de pasadas a lo ancho de la base

$$N = \frac{\text{ancho del tramo}}{L_e \times \text{traslape}} = \frac{6 \text{ m}}{3.17 \text{ m}(0.8)} = 3$$

Total de pasadas = 12 pasadas

$$\text{Producción: } P = \frac{4000(6)(0.13)(0.75)}{12} = 195 \text{ m}^3 \text{ s / h}$$

$$\text{Tiempos de retroceso: } Tr = \frac{375.58 \text{ m}}{4000 \text{ m / h}} \times 12 = 1.127 \text{ h}$$

$$\text{Duración} = \left(\frac{336.895}{195 \times 0.67} \right) + 1.127 \approx 3.706 \text{ h}$$

4.- Compactación de la primera capa de la Base.

Producción real = 160.712 m³ c / h

$$\text{Tiempo para compactar una banda} = \frac{336.895 / 1.15}{160.712} = 1.823 \text{ h}$$

$$\text{Número de bandas} = \frac{6m}{1.98m} = 3$$

$$\text{Duración total de compactación} = 3 \times 1.823h = 5.469h$$

$$\text{Duración de posesión} = \frac{5.469}{4} \approx 2 \text{ días}$$

TRAMO 3

Maquinaria para Corte, relleno y conformación.

1.- Acopiar material (Corte).

Equipo a utilizar: Tractor D7R LGP.

$$\text{Producción real} = 143m^3/s/h$$

Volumen de corte y relleno

| Tramo | Longitud | D Vía* | Corte (m ³ c) | Relleno (m ³ c) |
|-------|----------|--------|--------------------------|----------------------------|
| 3 | 54.77m | 11.6m | 84.32 | 32.25 |

$$\text{Duración de corte} = \frac{84.32m^3c/0.85}{143m^3s/h} = 0.69 \approx 1h$$

Duración máxima de posesión = 1 día

2.- Carga de material sobrante.

Equipo a utilizar: Cargador frontal 928G.

Capacidad nominal de cucharón: 2.2m³.

Tiempo de ciclo básico = 0.52min

Ciclos por hora = 115ciclos/h

$$\text{Material sobrante} = \frac{84.32m^3c - 32.25m^3c}{0.85} = 61.26m^3s$$

$$\text{No. de ciclos requeridos} = \frac{61.26}{2.2} = 28 \text{ ciclos}$$

$$\text{Duración de carga} = \frac{28 \text{ ciclos}}{115 \text{ ciclos/h}} = 0.24 h \approx 15 \text{ min}$$

Duración de posesión: se estima que esta actividad puede incluirse en cualquier momento dentro del acarreo de material de las otras etapas.

3.- Transporte de material sobrante.

Equipo a utilizar: Camión Volquete DT 466E

Capacidad Colmado = 13.7m³.

$$\text{Distancia de acarreo} = 2.08 + 0.43 + \frac{54.77}{2 \times 1000} = 2.54 \text{ Km}$$

* En su sección más angosta.

No. de ciclos que necesita el cargador para llenar el camión = 7 ciclos

Tiempo de viaje

$$\text{Tiempo de ida} = \frac{2.54 \text{ Km}}{30 \text{ KPH}} = 0.085 \text{ h} = 5.08 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo de regreso} = \frac{2.54}{50} = 0.051 \text{ h} = 3.05 \text{ min}$$

Tiempo de viaje = 5.08 + 3.05 = 8.13 min.

Tiempo de ciclo = 5.44 + T_{viaje}

Tiempo de ciclo = 5.4 + 8.13 = 13.53 min

No. de camiones necesarios para que el cargador no tenga tiempos muertos.

$$\text{Camiones} = \frac{13.53 \text{ min}}{3.64 \text{ min/camión}} \approx 4 \text{ camiones}$$

$$\text{Número de viajes requeridos} = \frac{61.26 \text{ m}^3 \text{ s}}{13.7 \text{ m}^3 \text{ s/viaje}} \approx 5 \text{ viajes}$$

$$\text{Número de viajes por camión} = \frac{5 \text{ viajes}}{4 \text{ camiones}} \Rightarrow 3 \text{ camiones} = 1 \text{ viaje}; 1 \text{ camión} = 2 \text{ viajes}$$

$$\text{Tiempo de uso por camión} = \frac{(1 \text{ viajes/camión})(13.53 \text{ min/viaje})}{60 \text{ min/h}} \approx 0.23 \text{ h/camión}$$

$$\text{Tiempo de uso por camión} = \frac{(2 \text{ viajes/camión})(13.53 \text{ min/viaje})}{60 \text{ min/h}} \approx 0.45 \text{ h/camión}$$

Duración de posesión = 1 días/camión

4.- Conformación del bombeo sobre la subrasante.

Equipo a utilizar: Motoniveladora 120H

Altura de corte según bombeo = 7.5 cm

$$\text{Espesor promedio de capa a cortar} = \frac{7.5}{2 \times 100} = 0.038 \text{ m}$$

Así, la Producción en Volumen será: $R = 8,224 \text{ m}^2 / \text{h} \times 0.038 \text{ m} = 308.4 \text{ m}^3 / \text{h}$

Volumen de material cortado en la conformación

$$\text{Volumen.} = 54.77 \times 2 \left(0.5 \times \frac{7.5}{100} \times 3 \right) = 12.32 \text{ m}^3$$

$$\text{Tiempo de retroceso} \quad T_r = \frac{54.77 \text{ m}}{6000 \text{ m/h}} = 0.009 \text{ h}$$

$$\text{Duración de conformación} = 2 \times \frac{12.32}{308.4 \times 0.67} + 0.009 = 0.69 \text{ h}$$

Duración de posesión: ésta se puede incluir en cualquier momento que las condiciones lo permiten durante la nivelación del tramo 4.

5.- Cargar material cortado durante la conformación.

Equipo a utilizar: Cargadora 928G

Ciclos por hora = 93

Capacidad de cucharón $2.2\text{m}^3/\text{ciclo}$

$$\text{Número de ciclos requeridos} = \frac{12.32 \times 1.15}{2.2} \approx 7 \text{ ciclos}$$

$$\text{Tiempo de carga} = \frac{7}{93} \approx 0.5 \text{ h}$$

6.- Transporte de material cortado durante la conformación.

Camión DT 466E

Capacidad colmado = 13.7m^3 .

Número de camiones = 4

Tiempo de ciclo = 12.96min

Volumen a transportar = $12.32 \times 1.15 = 14.168\text{m}^3\text{s}$

$$\text{Duración de transporte} = \frac{14.168\text{m}^3\text{s}}{13.7\text{m}^3/\text{camion}} \times \frac{12.96\text{min}}{4\text{camiones}} = 3.35\text{min} \approx 0\text{h}$$

Maquinaria para terraplén.

1.- Explotación de banco.

Área transversal de la base = $6 \times 0.26 = 1.56\text{m}^2$

Volumen compacto de material selecto = $1.56 \times 54.765 = 85.433\text{m}^3\text{c}$

Volumen suelto de material selecto requerido = $\frac{85.433 \times 1.15}{2} = 49.124\text{m}^3\text{s/h}$

Equipo a utilizar para la explotación de banco: Excavadora 318B L

Producción real: $Pr = 120\text{m}^3\text{s/h}$

Duración de la extracción del material selecto = $\frac{49.124}{120.75} \approx 0.5\text{h}$.

Duración de posesión = 1 día

2.- Transporte de material selecto.

Distancia de acarreo = $4.1 + 0.43442 + 0.363881 + \frac{54.765}{2 \times 1000} = 4.926\text{Km}$

Tiempo de ciclo:

$$\text{Tiempo de ida} = \frac{4.926}{30} = 0.164\text{h} = 9.852\text{min}$$

$$\text{Tiempo de regreso} = \frac{4.926}{50} = 0.099\text{h} = 5.911\text{min}$$

Tiempo de ciclo del camión = $7.752 + 9.852 + 5.911 = 23.515 \text{ min}$

Número total de viaje = $\frac{49.124}{13.7} \approx 4 \text{ viajes}$

Viajes por camión = $\frac{4}{4} \approx 1 \text{ viajes / camión}$

Tiempo transporte material = $(4 \text{ viajes / camión})(23.515 \text{ min / viaje}) = 94.06 \text{ min / camión}$

Tiempo transporte material $\approx 1.568 \text{ horas de } 60 \text{ min}$

Tiempo de transporte = $1.568 \times \left(\frac{60}{50}\right) \approx 2 \text{ h}$

Producción de los camiones = $4 \times \frac{13.7 \times 0.9}{23.515} = 2.097 \text{ m}^3 \text{ s / min} \left(\frac{50 \text{ min}}{1 \text{ h}}\right)$

Producción de los camiones = $104.869 \text{ m}^3 \text{ s / h}$

Duración de posesión = 1 día

3.- Tendido y humectación de material selecto.

Equipo a utilizar: Motoniveladora 120H

Número de pasadas a lo ancho de la base $N = 3$

Total de pasadas = 12 pasadas

Producción $P = 195 \text{ m}^3 \text{ s / h}$

Tiempos de retroceso $Tr = \frac{54.765 \text{ m}}{4000 \text{ m / h}} \times 12 = 0.164 \text{ h}$

Duración = $\left(\frac{49.124}{195 \times 0.67}\right) + 0.164 \approx 0.54 \text{ h}$

4.- Compactación de la primera capa de la Base.

Producción real = $160.712 \text{ m}^3 \text{ c / h}$

Tiempo para compactar una banda = $\frac{49.124 / 1.15}{160.712} = 0.266 \text{ h}$

Número de bandas = 3

Duración total de compactación = $3 \times 0.266 \text{ h} = 0.798 \text{ h}$

Duración de posesión = 1 día

TRAMO 4

Maquinaria para Corte, relleno y conformación.

1.- Acopiar material (Corte).

Equipo a utilizar: Tractor D7R LGP.

Velocidad de operación = 4KPH

Producción real = $143 \text{ m}^3 \text{ s / h}$

Volumen de corte y relleno

| Tramo | Longitud | D Vía* | Corte (m ³ c) | Relleno (m ³ c) |
|-------|----------|--------|--------------------------|----------------------------|
| 4 | 363.88m | 9.35m | 948.13 | 114.31 |

$$\text{Duración de corte} = \frac{948.13m^3c/0.85}{143m^3s/h} \approx 8h$$

$$\text{Duración máxima de posesión} = \frac{8h}{4h/d} = 2\text{días}$$

2.- Carga de material sobrante.

Equipo a utilizar: Cargador frontal 928G.

Capacidad nominal de cucharón: 2.2m³.

Tiempo de ciclo básico = 0.52min

Ciclos por hora = 115ciclos/h

$$\text{Material sobrante} = \frac{948.13m^3c - 114.31m^3c}{0.85} = 980.97m^3s$$

$$\text{No. de ciclos requeridos} = \frac{980.97}{2.2} = 446\text{ ciclos}$$

$$\text{Duración de carga} = \frac{446\text{ ciclos}}{115\text{ ciclos/h}} = 3.88\text{ h}$$

$$\text{Duración de posesión} = \frac{3.88h}{4h/d} = 1\text{ día}$$

3.- Transporte de material sobrante.

Equipo a utilizar: Camión Volquete DT 466E

Capacidad Colmado = 13.7m³.

$$\text{Distancia de acarreo} = 2.08 + 0.43 + \frac{363.88}{2 \times 1000} = 2.69\text{ Km}$$

No. de ciclos que necesita el cargador para llenar el camión = 7ciclos

Tiempo de viaje

$$\text{Tiempo de ida} = \frac{2.69\text{ Km}}{30\text{ KPH}} = 0.09h = 5.4\text{ min}$$

$$\text{Tiempo de regreso} = \frac{2.69}{50} = 0.05h = 3.0\text{ min}$$

Tiempo de viaje = 5.4 + 3.0 = 8.4min.

Tiempo de ciclo = 5.44 + T_{viaje}

Tiempo de ciclo = 5.4 + 8.4 = 13.8min

No. de camiones necesarios para que el cargador no tenga tiempos muertos.

* En su sección más angosta.

$$\text{Camiones} = \frac{13.8 \text{ min}}{3.64 \text{ min/camión}} \approx 4 \text{ camiones}$$

$$\text{Número de viajes requeridos} = \frac{980.97 \text{ m}^3 \text{ s}}{13.7 \text{ m}^3 \text{ s/viaje}} \approx 72 \text{ viajes}$$

$$\text{Número de viajes por camión} = \frac{72 \text{ viajes}}{4 \text{ camiones}} = 18 \text{ viajes/camión}$$

$$\text{Tiempo de uso por camión} = \frac{(18 \text{ viajes/camión})(13.8 \text{ min/viaje})}{60 \text{ min/h}} \approx 4.14 \text{ h/camión}$$

$$\text{Duración de posesión} = \frac{4.14 \text{ h}}{4 \text{ h/d}} = 1 \text{ días/camión}$$

4.- Conformación del bombeo sobre la subrasante.

Equipo a utilizar: Motoniveladora 120H

Altura de corte según bombeo = 7.5cm

$$\text{Espesor promedio de capa a cortar} = \frac{7.5}{2 \times 100} = 0.038 \text{ m}$$

Así, la Producción en Volumen será: $R = 8,224 \text{ m}^2 / \text{h} \times 0.038 \text{ m} = 308.4 \text{ m}^3 / \text{h}$

Volumen de material cortado en la conformación

$$\text{Volumen.} = 363.88 \times 2 \left(0.5 \times \frac{7.5}{100} \times 3 \right) = 81.87 \text{ m}^3$$

$$\text{Tiempo de retroceso} \quad \text{Tr} = \frac{363.88 \text{ m}}{6000 \text{ m/h}} = 0.061 \text{ h}$$

$$\text{Duración de conformación} = N \frac{\text{Vol}}{R \times \text{Ftr}} + \text{Tr}$$

$$\text{Duración de conformación} = 2 \times \frac{81.87}{308.4 \times 0.67} + 0.061 = 0.85 \text{ h}$$

Duración de posesión $\approx 1 \text{ día}$

5.- Cargar material cortado durante la conformación.

Equipo a utilizar: Cargadora 928G

Ciclos por hora = 93

Capacidad de cucharón $2.2 \text{ m}^3/\text{ciclo}$

$$\text{Número de ciclos requeridos} = \frac{81.87 \times 1.15}{2.2} \approx 43 \text{ ciclos}$$

$$\text{Tiempo de carga} = \frac{43}{93} \approx 1 \text{ h}$$

6.- Transporte de material cortado durante la conformación.

Camión DT 466E

Capacidad colmado = $13.7m^3$.

Número de camiones = 4

Tiempo de ciclo = 12.96min

Volumen a transportar = $81.87 \times 1.15 = 94.15m^3s$

$$\text{Duración de transporte} = \frac{94.15m^3s}{13.7m^3s/\text{camion}} \times \frac{12.96\text{min}}{4\text{camiones}} = 22.23\text{min} \approx 1h$$

Maquinaria para terraplén.

1.- Explotación de banco.

Área transversal de la base = $1.56m^2$

Volumen compacto de material selecto = $1.56 \times 363.881 = 576.654m^3c$

Volumen suelto de material selecto requerido = $\frac{576.654 \times 1.15}{2} = 331.576m^3s/h$

Equipo a utilizar para la explotación de banco: Excavadora 318B L

Producción real: $Pr = 120m^3s/h$

Duración de la extracción del material selecto = $\frac{331.576}{120.75} \approx 2.763h$.

Duración de posesión = 1 día

2.- Transporte de material selecto.

Distancia de acarreo = $4.1 + 0.43442 + \frac{363.881}{2 \times 1000} = 4.716Km$

Tiempo de ciclo:

$$\text{Tiempo de ida} = \frac{4.716}{30} = 0.157h = 9.444\text{min}$$

$$\text{Tiempo de regreso} = \frac{4.716}{50} = 0.094h = 5.667\text{min}$$

Tiempo de ciclo del camión = $7.752 + 9.444 + 5.667 = 22.863\text{min}$

Número total de viaje = $\frac{331.576}{13.7} \approx 25 \text{ viajes}$

Viajes por camión = $\frac{25}{4} \approx 6 \text{ viajes / camión}$

Tiempo transporte material = $(6\text{viajes / camión})(22.863\text{min / viaje}) = 137.178\text{min / camión}$

Tiempo transporte material ≈ 2.286 horas de 60min

$$\text{Tiempo de transporte} = 2.286 \times \left(\frac{60}{50}\right) \approx 3h$$

Producción de los camiones = $107.86m^3/s/h$

Duración de posesión = 1 día

3.- Tendido y humectación de material selecto.

Equipo a utilizar: Motoniveladora 120H

Número de pasadas a lo ancho de la base $N = 3$

Total de pasadas = 12 pasadas

Producción $P = 195m^3/s/h$

$$\text{Tiempos de retroceso: } Tr = \frac{363.881m}{4000m/h} \times 12 = 1.092h$$

$$\text{Duración} = \left(\frac{363.881}{195 \times 0.67}\right) + 1.092 \approx 3.877h$$

4.- Compactación de la primera capa de la Base.

Producción real = $160.712m^3c/h$

$$\text{Tiempo para compactar una banda} = \frac{363.881/1.15}{160.712} = 1.969h$$

Número de bandas = 3

Duración total de compactación = $3 \times 1.969h = 5.907h$

$$\text{Duración de posesión} = \frac{5.907}{4} \approx 2días$$

TRAMO 5

Maquinaria para Corte, relleno y conformación.

1.- Acopiar material (Corte).

Equipo a utilizar: Tractor D7R LGP.

Velocidad de operación = 4KPH

Producción real = $143m^3/s/h$

Volumen de corte y relleno

| Tramo | Longitud | D Vía* | Corte (m^3c) | Relleno (m^3c) |
|-------|----------|--------|------------------|--------------------|
| 5 | 193.30m | 11.10m | 476.62 | 26.46 |

$$\text{Duración de corte} = \frac{476.62m^3c/0.85}{143m^3/s/h} \approx 4h$$

* En su sección más angosta.

$$\text{Duración máxima de posesión} = \frac{4h}{4h/d} = 1\text{ día}$$

2.- Carga de material sobrante.

Equipo a utilizar: Cargador frontal 928G.

Capacidad nominal de cucharón: 2.2m^3 .

Tiempo de ciclo básico = 0.52min

Ciclos por hora = 115ciclos/h

$$\text{Material sobrante} = \frac{476.62\text{m}^3\text{c} - 26.46\text{m}^3\text{c}}{0.85} = 529.6\text{m}^3\text{s}$$

$$\text{No. de ciclos requeridos} = \frac{529.6}{2.2} = 241\text{ciclos}$$

$$\text{Duración de carga} = \frac{241\text{ciclos}}{115\text{ciclos/h}} = 2.1\text{h}$$

$$\text{Duración de posesión} = \frac{2.1\text{h}}{4h/d} \approx 1\text{ día}$$

3.- Transporte de material sobrante.

Equipo a utilizar: Camiones Volquetes

Capacidad Colmado = 13.7m^3 .

$$\text{Distancia de acarreo} = 2.08 + 0.43 + 0.14 + \frac{193.3}{2 \times 1000} = 2.75\text{Km}$$

No. de ciclos que necesita el cargador para llenar el camión = 7ciclos

Tiempo de viaje

$$\text{Tiempo de ida} = \frac{2.75\text{Km}}{30\text{KPH}} = 0.092\text{h} = 5.5\text{min}$$

$$\text{Tiempo de regreso} = \frac{2.75}{50} = 0.055\text{h} = 3.3\text{min}$$

Tiempo de viaje = $5.5 + 3.3 = 8.8\text{min}$.

Tiempo de ciclo = $5.44 + T_{\text{viaje}}$

Tiempo de ciclo = $5.4 + 8.8 = 14.2\text{min}$

No. de camiones necesarios para que el cargador no tenga tiempos muertos.

$$\text{Camiones} = \frac{14.2\text{min}}{3.64\text{min/camión}} \approx 4\text{ camiones}$$

$$\text{Número de viajes requeridos} = \frac{529.6\text{m}^3\text{s}}{13.7\text{m}^3\text{s/viaje}} \approx 39\text{ viajes}$$

$$\text{Número de viajes por camión} = \frac{39\text{ viajes}}{4\text{ camiones}} = 10\text{ viajes/camión}$$

$$\text{Tiempo de uso por camión} = \frac{(10\text{ viajes/camión})(14.2\text{min/viaje})}{60\text{min/h}} \approx 2.37\text{ h/camión}$$

$$\text{Duración de posesión} = \frac{2.37h}{4h/d} \approx 1 \text{ días/camión}$$

4.- Conformación del bombeo sobre la subrasante.

Equipo a utilizar: Motoniveladora 120H

Altura de corte según bombeo = 9 cm

$$\text{Espesor promedio de capa a cortar} = \frac{9}{2 \times 100} = 0.045m$$

Así, la Producción en Volumen será: $R = 8,224m^2 / h \times 0.045m = 370.08m^3 / h$
Volumen de material cortado en la conformación

$$\text{Volumen.} = 370.08 \times 2 \left(0.5 \times \frac{9}{100} \times 3.6 \right) = 119.91m^3$$

$$\text{Tiempo de retroceso} \quad Tr = \frac{193.3m}{6000m/h} = 0.032h$$

$$\text{Duración de conformación} = 2 \times \frac{119.91}{370.08 \times 0.67} + 0.032 = 1.0h$$

Duración de posesión $\approx 1 \text{ día}$

5.- Cargar material cortado durante la conformación.

Equipo a utilizar: Cargadora 928G

Ciclos por hora = 93

Capacidad de cucharón $2.2m^3/\text{ciclo}$

$$\text{Número de ciclos requeridos} = \frac{119.91 \times 1.15}{2.2} \approx 63 \text{ ciclos}$$

$$\text{Tiempo de carga} = \frac{63}{93} \approx 1h$$

6.- Transporte de material cortado durante la conformación.

Camión DT 466E

Capacidad colmado = $13.7m^3$.

Número de camiones = 4

Tiempo de ciclo = 12.96min

Volumen a transportar = $119.91 \times 1.15 = 137.9m^3s$

$$\text{Duración de transporte} = \frac{137.9m^3s}{13.7m^3s/\text{camion}} \times \frac{12.96\text{min}}{4\text{camiones}} = 32.61\text{min} \approx 1h$$

Maquinaria para terraplén.

1.- Explotación de banco.

$$\text{Área transversal de la base} = 7.2 \times 0.26 = 1.872 m^2$$

$$\text{Volumen compacto de material selecto} = 1.872 \times 193.301 = 361.859 m^3 c$$

$$\text{Volumen suelto de material selecto requerido} = \frac{361.859 \times 1.15}{2} = 208.069 m^3 s/h$$

Equipo a utilizar para la explotación de banco: Excavadora 318B L

$$\text{Producción real: Pr} = 120 m^3 s/h$$

$$\text{Duración de la extracción del material selecto} = \frac{208.069}{120.75} \approx 1.723 h.$$

Duración de posesión = 1 día

2.- Transporte de material selecto.

$$\text{Distancia de acarreo} = 4.1 + 0.43442 + 0.14 + \frac{193.301}{2 \times 1000} = 4.771 Km$$

Tiempo de ciclo:

$$\text{Tiempo de ida} = \frac{4.771}{30} = 0.159 h = 9.542 min$$

$$\text{Tiempo de regreso} = \frac{4.771}{50} = 0.095 h = 5.725 min$$

$$\text{Tiempo de ciclo del camión} = 7.752 + 9.542 + 5.725 = 23.019 min$$

$$\text{Número total de viaje} = \frac{208.059}{13.7} \approx 16 \text{ viajes}$$

$$\text{Viajes por camión} = \frac{16}{4} \approx 4 \text{ viajes / camión}$$

$$\text{Tiempo transporte material} = (4v/c)(23.019 min/v) = 92.076 min / camión$$

$$\text{Tiempo transporte material} \approx 1.535 \text{ horas de } 60 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo de transporte} = 1.535 \times \left(\frac{60}{50} \right) \approx 2 h$$

$$\text{Producción de los camiones} = 4 \times \frac{13.7 \times 0.9}{23.019} = 2.143 m^3 s/min \left(\frac{50 min}{1 h} \right)$$

$$\text{Producción de los camiones} = 107.13 m^3 s/h$$

Duración de posesión = 1 día

3.- Tendido y humectación de material selecto.

Equipo a utilizar: Motoniveladora 120H

$$\text{Número de pasadas a lo ancho de la base} \quad N = \frac{7.2m}{3.17m(0.8)} = 3$$

Total de pasadas = 12 pasadas

Producción: $P = 195m^3/s/h$

Tiempos de retroceso

$$Tr = \frac{193.301m}{4000m/h} \times 12 = 0.58h$$

$$\text{Duración} = \left(\frac{208.059}{195 \times 0.67} \right) + 0.58 \approx 2.172h$$

4.- Compactación de la primera capa de la Base.

Producción real = $160.712m^3c/h$

$$\text{Tiempo para compactar una banda} = \frac{208.059/1.15}{160.712} = 1.126h$$

$$\text{Número de bandas} = \frac{7.2m}{1.98m} = 4$$

Duración total de compactación = $4 \times 1.126h = 4.504h$

Duración de posesión = 1 día

En la siguiente tabla se muestra un resumen de las actividades realizada maquina:

| Actividad | Equipo |
|--|---|
| Desgarrar material asfáltico | Motoniveladora 120H (Caterpillar) |
| Acopiar material | Tractor D7R LGP (Caterpillar) |
| Cargar material sobrante | Cargador frontal 928G (Caterpillar) |
| Transporte de material sobrante | Camión Volquete DT 466E (International) |
| Conformación de bombeo sobre la subrasante | Motoniveladora 120H (Caterpillar) |
| Cargar material cortado durante conformación | Cargador frontal 928G (Caterpillar) |
| Transporte de material cortado durante la conformación | Camión Volquete DT 466E |
| Explotación de banco de material | Excavadora 318B L (Caterpillar) |
| Transporte de material selecto | Camión Volquete DT 466E |
| Tendido de material selecto | Motoniveladora 120H (Caterpillar) |
| Regado del material selecto | Cisterna de 3000 galones |
| Compactación de material selecto para base | Vibrocompactadora de rodillo CS 533D |
| Apisonar adoquines | Placa vibratoria de 6HP |

CAPÍTULO VII

PLANEACIÓN Y PRESUPUESTO.

Costos de proyectos

El diseño de un proyecto constructivo no está terminado sin antes haber resuelto uno de los puntos más importantes para el dueño, el *costo de la obra*, ya que es por medio de este que se llegará a la decisión de ejecutar o no el proyecto en cuestión.

El interés financiero que supone un proyecto de cualquier magnitud es el que vendrá a colaborar para la realización del mismo. Es por eso que debe presentarse un informe detallado de los costos de cada uno de los recursos, estableciendo en conjunto lo que se conoce como *presupuesto*.

Variables que se deben considerar para calcular el presupuesto de un proyecto.

Al momento de preparar los costos de un proyecto, se deben considerar, todas las variables que afectan su ejecución, entre estas se pueden mencionar las siguientes:

- ✘ Ubicación geográfica del proyecto
- ✘ Condiciones climáticas.
- ✘ Tipo y condiciones de acceso hasta el sitio del proyecto
- ✘ Distancia de los principales centros de distribución de materiales
- ✘ Disponibilidad de mano de obra calificada en la zona del proyecto
- ✘ Dimensión del proyecto
- ✘ Capacidad técnica y financiera a utilizar
- ✘ Riesgos asumidos con sus diferentes variables
- ✘ Condiciones específicas y contractuales del proyecto

Costos indirectos por administración y utilidad

En la estimación de los costos de venta, se debe hacer el correspondiente cálculo de los costos indirectos, costos por admón., márgenes de utilidad e imprevistos a fin de determinar el factor de sobre costo que se aplicará a los costos directos del proyecto, además, se debe tener en consideración que los impuestos también forman parte de la estructura de costos indirectos.

El proceso de planeación

La planeación no es una etapa independiente, es decir, no se puede hablar de un antes y un después al proceso de planificación puesto que según avance el proyecto será necesario modificar tareas, reasignar recursos, etc.

Durante la ejecución del proyecto, la planeación permite la revisión sistemática de situaciones actuales de forma que pueden concederse tolerancias en cuanto a los efectos de incertidumbres en la planeación original, a la vez que permite llevar a cabo una reevaluación de incertidumbres futuras y las medidas iniciadas como remedio para las operaciones que requieren corrección o aceleración.

Muchas de las grandes empresas elaboran la programación de los proyectos mediante el uso de software, sin embargo esto no significa que dicha planeación se halla elaborado en forma eficiente ya que ciertos datos digitados requieren de cálculos manuales, un ejemplo adecuado son las normas de rendimiento horarias.

Técnicas de programación.

Las técnicas de planificación se ocupan de estructurar las tareas a realizar dentro del proyecto definiendo la duración y el orden de ejecución de las mismas, mientras que las técnicas de programación tratan de ordenar las actividades de forma que se pueden identificar las relaciones temporales lógicas entre ellas, determinando el calendario o los instantes de tiempo en que debe realizarse cada una. La programación debe ser coherente con los objetivos perseguidos y respetar las restricciones existentes (recursos, costos, cargas de trabajo, etc.)

La programación consiste por lo tanto en fijar, de modo aproximado, los instantes de inicio y terminación de cada actividad. Algunas actividades pueden tener holgura y otras no (actividades críticas).

Diagrama de Gantt.

Muestra las fechas de comienzo y finalización de las actividades y las duraciones estimadas.

El gráfico de Gantt es la forma habitual de presentar el plan de ejecución de un proyecto, recogiendo en las filas la relación de actividades a realizarse y en las columnas la escala de tiempos que se está manejando, mientras la duración y situación en el tiempo de cada actividad se representa mediante una línea dibujada en el lugar correspondiente.

Camino o ruta crítica.

El camino crítico en un proyecto es la sucesión de actividades que dan lugar al máximo tiempo acumulativo. Determina el tiempo más corto que se puede tardar en hacer el proyecto si se dispone de todos los recursos necesarios.

Actividades críticas.

Una actividad es crítica cuando no se puede cambiar sus instantes de comienzo y finalización sin modificar la duración total del proyecto. La concatenación de actividades críticas es el camino crítico. En una actividad crítica la fecha más temprana de inicio coincide con la más tardía de comienzo. La holgura para estas actividades es cero.

Microsoft Project

Es un programa para planear tareas que facilita el seguimiento de las escalas de tiempo de los proyectos y la generación de los gráficos correspondientes. Este programa se utilizará en este trabajo con el fin agilizar el procedimiento de planeación del proyecto en estudio y que el lector pueda observar las actividades críticas que componen este proyecto, además, le pueda dar un seguimiento.

MEMORIA DE CÁLCULO

A continuación se muestran los cálculos de la cantidad de materiales que se van a utilizar para construir el Tramo 1, para el resto de los tramos se realiza de manera análoga, en consecuencia, sólo se muestran los resultados en forma resumida al final del acápite "A".

Cantidad de materiales requeridos para la construcción del proyecto.

1.- Medio adoquines.

1.1-Se usarán adoquines de 0.10 x 0.20m para el eje central y ambos bordes de la calzada.

1.2-Se utilizan 104 unidades por cada 10 metros lineales considerando ambos bordes de la calzada y los que se utilizan para la línea central.

$$\text{Longitud} = 434.42m$$

$$\text{Medio adoquines} = \frac{104(434.42)}{10} = 4,518 + 5\% \text{ de desperdicio}$$

$$\boxed{\text{Medio adoquines} = 4,744 \text{ unidades.}}$$

2.- Adoquines

Para 1m² se utilizan la cantidad de 20 adoquines.

$$\text{Área a cubrir} = (2)(3.6)(434.42) = 3127.824m^2$$

$$\text{Adoquines} = (20)(3127.824) - \frac{4744}{2} = 60,184.48 + 5\% \text{ de desperdicio.}$$

$$\boxed{\text{Adoquines} = 63,194 \text{ unidades.}}$$

3.- Piedra cantera

Se utilizarán piedras de 0.15 x 0.40 x 0.60 m

3.1.- Mediana.

Bordillo de piedras se colocarán en su lado más largo.

Sólo tramo 1: desde estación 0 + 017 hasta estación 0 + 380.

Sólo hay una boca calle: ancho 10m.

$$\text{Longitud total} = 2(380 - 17) - 10 = 726m$$

$$\text{Cantidad. Piedras} = \frac{726}{0.60} = 1210 \text{ unidades}$$

3.2.- Cuneta

La cuneta que se colocará es igual en ambos lados de la calzada.

- ✗ Longitud total = $2(434.42) = 868.84m$
- ✗ Cantidad de Piedras = $2\left(\frac{868.84}{0.40}\right) = \underline{4344 \text{ unidades}}$
- ✗ .Piedra cantera = $1210 + 4344 = 5554 + 7\% \text{ desperdicio.}$
- ✗ Piedra cantera = 5, 943 unidades.

4.- Concreto

- ✗ El concreto que se utilizará para esta obra tendrá la proporción 1:1½:2½ con una resistencia a la compresión de 3,500psi (245Kg/cm²) a los 28 días.

4.1.- Viga longitudinal

- ✗ Longitud = $2(434.42) = 868.84m$
- ✗ Sección de viga = $0.075 \times 0.15 = 0.01125m^2$.
- ✗ Volumen del Concreto = $(0.01125)(868.84) = \underline{9.775m^3}$

4.2.- Vigas transversales

- ✗ Se colocarán al terminar e iniciar cada cuadra y al iniciar y terminar una curva vertical.
- ✗ Longitudes de las vigas transversales = 7.2m
- ✗ Sección de vigas = $0.15 \times 0.20 = 0.03m^2$.
- ✗ Volumen de concreto para una viga transversal = $(7.2)(0.03) = 0.216m^3$
- ✗ Cantidad de vigas transversales = 3
- ✗ Volumen concreto = $(0.216 \times 3) = \underline{0.648m^3}$

4.3.- Vados

- ✗ Sección transversal = $0.15 \times 2.4 + 0.15 \times 0.10 = 0.375m^2$.
- ✗ Longitud de un vado = 7.2m
- ✗ Cantidad de vados = 6
- ✗ Volumen Concreto = $(0.375)(7.2)(6) = \underline{16.2m^3}$

4.4.- Andén

- ✗ Anchos = 1.0m
- ✗ Longitud = $2(434.42 - 14.4)m = 840.04m$
- ✗ Espesor = 6cm para todos los tramos
- ✗ Volumen del Concreto = $(0.06)(1 \times 840.04) = 50.402m^3$.
- ✗ **Concreto** = $(9.774 + 0.648 + 16.2) \times 1.05 + 50.402 \times 1.10 = 83.395$

$$\text{Concreto} = 83.395 \text{ m}^3$$

Así, según la proporción de diseño se tiene:

$$\text{Cemento} = (10.2)(83.395) = 851 \text{ bls}$$

$$\text{Arena} = (0.43)(83.395) = 35.86 \text{ m}^3.$$

$$\text{Grava} = (0.716)(83.395) = 59.71 \text{ m}^3.$$

5.- Acero #3

5.1.- Viga longitudinal

Se usará una varilla de refuerzo #3 a lo largo de toda la viga, traslapando 0.30m.

Longitud = 868.84m.

$$\text{Cantidad de varillas} = \frac{868.84}{6 - 0.30} = \underline{153 \text{ varillas}}$$

5.2.- Vigas transversales

Longitud = (7.2)(3) = 21.6m

$$\text{Cantidad de varillas} = \frac{21.6}{6 - 0.30} = \underline{4 \text{ varillas}}$$

5.3.- Vados

Se armará una malla (parrilla) con las siguientes dimensiones:

Var. #3 @ 0.20m A/D

Largo. = 7.2m

Ancho = 2.3m

$$\text{Cantidad de piezas de 2.3m} = \frac{7.2}{0.20} = 36$$

$$\text{Cantidad de piezas de 7.2m} = \frac{2.3}{0.20} \approx 11$$

$$\text{Longitud} = (7.2)(11) + (2.3)(36) = 162 \text{ m}$$

Cantidad de vados = 6

$$\text{Cantidad de varillas} = (6) \left(\frac{162}{6.0} \right) = \underline{162 \text{ varillas}}$$

$$\text{Acero \#3} = \left(\frac{153 + 4 + 162}{13} \right) = 24.54 \text{ qq} + 3\% \text{ desperdicio}$$

$$\text{Acero \#3} = 25.28 \text{ qq}$$

6.- Alambre de amarra #18

$$AA = 5\% (\text{Acero \#3 vados}) = (0.05) \left(\frac{162}{13} \right) (100) = 58.5 \text{ lbs} + 30\% \text{ desperdicio.}$$

$$\boxed{AA = 76 \text{ lb.}}$$

7.- Mortero

✂ Para esto se utilizará arena Motastepe.

7.1.- Junta para cuneta

✂ Espesor de junta = 1" = 2.54cm

✂ Volumen por cada metro lineal de cuneta = 0.02m^3 .

✂ Volumen del Mortero = $(0.02)(868.84) = 17.377 + 30\% = \underline{22.59\text{m}^3}$.

7.2.- Junta para Mediana

✂ Volumen por piedra = $(0.15)(0.40)(0.0254) = 0.001524\text{m}^3$

✂ Volumen Mortero = $(0.001524)(1210) = 1.844 + 30\% = \underline{2.4\text{m}^3}$.

$$\text{Mortero} = 22.59 + 2.4$$

$$\boxed{\text{Mortero} = 25\text{m}^3}$$

Luego, según la proporción 1:4 con un $F'c = 3,100\text{psi}$ (220Kg/cm^2) se tiene:

$$\text{Cemento} = (8.5)(25) = 212.5\text{bls}$$

$$\text{Arena} = (1.16)(25) = 29\text{m}^3.$$

8.- Mortero para repello

✂ Este mortero se utilizará para repellar la cuneta y el Mediana.

✂ Se usará arena motastepe (colada en la malla 8x8)

✂ Espesor de repello 1cm.

✂ Área total a repellar.

$$\text{Área} = (1.42)(868.84) + (0.35)(726) = 14897.853\text{m}^2$$

$$\text{Mortero} = (0.01)(1489.853) = 14.88 + 7\% \text{ desperdicio}$$

$$\boxed{\text{Mortero} = 15.92\text{m}^3}$$

Entonces:

$$\text{Cemento} = (8.5)(15.92) = 135.32\text{bls}$$

$$\text{Arena colada} = (1.16)(15.92) = 18.467\text{m}^3.$$

9.- Arena motastepe.

9.1.- Para conformar la capa de arena.

✂ Espesor de capa = 5cm, por tanto se requiere de $0.05\text{m}^3/\text{m}^2$.

$$\text{Arena} = (0.05)(3,127.824) = 156.391 + 30\% \text{ desperdicio}$$

$$\boxed{\text{Arena} = 203.31\text{m}^3}$$

9.2.- Para sello de adoquinado

✂ Se necesitan $0.0035\text{m}^3/\text{m}^2$.

$$\text{Arena} = (0.0035)(3,127.824) = 10.947 + 30\% \text{ desperdicio.}$$

$$\boxed{\text{Arena} = 14.232\text{m}^3}$$

10.- Placa conmemorativa

Construirán dos placas conmemorativas, una al iniciar la mediana y otra al final de esta. Las dimensiones se especifican con detalle en los planos, ver anexos planos conmemorativos.

Material a utilizar para cada placa conmemorativa.

$$\text{Concreto} = (0.6)^2(0.06) + (0.2)^2(1.55) = 0.084\text{m}^3$$

$$\text{Cemento} = (8.5)(0.084) = 0.714\text{bls}$$

$$\text{Arena} = (0.478)(0.084) = 0.040\text{m}^3.$$

$$\text{Grava} = (0.717)(0.084) = 0.060\text{m}^3.$$

$$\text{Acero \#3} = 3(1.55 + 0.28) + 4 \times 2(0.6) = 10.29\text{m} \approx 2\text{varillas} \approx 0.15\text{qq}$$

$$\text{Área repello} = 4(1.2)(0.2) + 4(0.06 \times 0.6) + 0.6 \times 0.6 = 1.46\text{m}^2$$

$$\text{Mortero} = 1.46 \times 0.01 = 0.015\text{m}^3$$

$$\text{Cemento} = (8.5)(0.015) = 0.128\text{bls}$$

$$\text{Arena colada} = (1.16)(0.015) = 0.017\text{m}^3.$$

11.- Madera

11.1.- Reglas de 1"x3"x6vrs

✂ Para formaletas de vados y andén

✂ Cantidad = 10 por tramo

✂ Total = (10)(5) = 50 + 20%

$$\boxed{\text{Total} = 60 \text{ piezas}}$$

11.2.- Reglas de 1"x2"x6vrs

✂ Para niveletas u otros.

✂ Cantidad = 4 por cada 100 metros

✂ Total = $2 \left(\frac{1421.947}{100} \right) = 29 + 20\%$

$$\boxed{\text{Total} = 35 \text{ piezas}}$$

11.3.- Cuartones de 2"x2"x6vrs

✂ Para niveletas y codales usados en la conformación de la capa de arena.

✂ Cantidad = 3 por cuadrilla y 4 por cada 100 metros

$$\text{✂ Total} = (3)(5) + 4 \left(\frac{1421.947}{100} \right) = 72 + 20\%$$

$$\boxed{\text{Total} = 86 \text{ piezas.}}$$

Para todos los tramos en general, se tiene:

Pintura retroreflectiva.

✂ El uso de la pintura se usará de la siguiente manera:

- Raya continua amarilla = 243m (tramo 5 + 50m sobre tramo)
- Raya continua blanca = $2(1421.947) = 2843.894\text{m}$ (Todo)
- Raya discontinua blanca = $794.226/2 = 397.113\text{m}$ (Tramos 2, 3 y 4)
- Borde de cuneta y Mediana = 720.779m^2
- Otras.

✂ Se estima una distribución de pintura como sigue:

- Pintura amarilla 15 galones
- Pintura blanca 8 galones
- $\boxed{\text{Pintura} = 23 \text{ galones.}}$

Resumen de cantidad de materiales por tramo.

| DATOS | U/M | TRAMO 1 | TRAMO 2 | TRAMO 3 | TRAMO 4 | TRAMO 5 |
|-------------------------|-----|----------|----------|---------|----------|----------|
| Longitud | M | 434.42 | 375.58 | 54.76 | 363.88 | 193.30 |
| Ancho de calzada | M | 7.20 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 7.20 |
| Vigas Transversales | U | 3.00 | 10.00 | 0.00 | 8.00 | 3.00 |
| Vados | U | 6.00 | 2.00 | 1.00 | 3.00 | 2.00 |
| Ancho de andén | M | 1.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 1.00 |
| Cantera | U | 5943.00 | 4019.00 | 586.00 | 3894.00 | 2068.00 |
| Cemento | BLS | 1202.00 | 810.00 | 118.00 | 806.00 | 488.00 |
| Arena Motastepe | M3 | 301.00 | 215.68 | 31.49 | 209.89 | 130.12 |
| Grava | M3 | 59.85 | 38.40 | 5.67 | 38.74 | 24.72 |
| Acero No3 | qq | 25.51 | 15.55 | 3.42 | 16.49 | 9.48 |
| Alambre de amarre | LBS | 81.00 | 27.00 | 12.00 | 36.00 | 24.00 |
| Adoquín | U | 63194.00 | 45170.00 | 6586.00 | 43763.00 | 28119.00 |
| Medio adoquín | U | 4744.00 | 4101.00 | 598.00 | 3974.00 | 2111.00 |
| Reglas de 1"x2"x6vrs | U | 35.00 | 30.00 | 5.00 | 30.00 | 20.00 |
| Cuartones de 2"x2"x6vrs | U | 80.00 | 67.00 | 11.00 | 65.00 | 35.00 |
| Cuerdas 100m | U | 10.00 | 5.00 | 2.00 | 5.00 | 5.00 |
| Clavos 1 1/2" | LBS | 15.00 | 12.00 | 2.00 | 13.00 | 7.00 |

| | | | | | | |
|----------------------|-----|--------|--------|-------|--------|-------|
| Reglas de 1"x3"x6vrs | U | 120.00 | 100.00 | 16.00 | 100.00 | 54.00 |
| Rótulos viales | U | 7 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| Pintura | GLN | 23.00 | -- | -- | -- | -- |

Tabla VII. 1: Total de materiales a utilizar.

PLANEACIÓN

Etapas del proyecto.

La ejecución del proyecto se realizará en 4 etapas, esto facilitará una comprensión más detallada en cuanto a las duraciones y los costos por cada actividad y sub-actividad que contiene cada etapa. De igual manera se reflejará la cantidad de obra por actividad y sub-actividad. La manera en que se ha dividido la ejecución del proyecto es la siguiente:

| | |
|---------------|-----------------------------|
| PRIMERA ETAPA | Tramo 1 |
| SEGUNDA ETAPA | Tramo 4 y 3 (en este orden) |
| TERCERA ETAPA | Tramo 2 |
| CUARTA ETAPA | Tramo 5 |

Esta división responde a la necesidad de impedir estancamiento vehicular durante el proceso de ejecución de la obra, más adelante se explicará con más detalles las rutas de desvío.

Actividades que componen cada etapa del proyecto.

En este proyecto se ha considerado la siguiente estructura de actividades para la elaboración del presupuesto* y de la planeación:

| DESCIPCIÓN DE ACTIVIDAD | UNIDAD DE MEDIDA * |
|--|--------------------|
| I.- PRELIMINARES | |
| 1.- Obras temporales (Champa) | M2 |
| 2.- Demoliciones | U |
| 3.- Trazo y nivelación | GLB |
| 4.- Rótulo | GLB |
| II.- MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN | |
| 1.- De equipo | GLB |
| III.- MOVIMIENTO DE TIERRA | |
| 1.- Corte | M3 |
| 2.- Relleno | M3 |

* Tomado de la guía de costos del FISE.

| | |
|--|-----|
| 3.- Conformación y compactación | M2 |
| 4.- Botar tierra sobrante de excavación | M3 |
| 5.- Explotación de banco | M3 |
| 6.- Acarreo de material selecto | M3 |
| 7.- Revestimiento (Base) | M3 |
| IV.- CUNETA, ANDÉN Y BORDILLO | |
| 1.- Bordillo de piedra cantera | ML |
| 2.- Caite de piedra cantera | ML |
| 3.- Andén de concreto | M2 |
| V.- CARPETA DE RODAMIENTO | |
| 1.- Capa de arena | M2 |
| 2.- Adoquinado | M2 |
| 3.- Viga transversal | ML |
| 4.- Viga de remate | ML |
| 5.- Reparaciones | M2 |
| VI.- OBRAS DE DRENAJE | |
| 1.- Vado de concreto | M3 |
| VII.- SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL | |
| 1.- Señales de reglamentación | U |
| 2.- Señales de prevención | U |
| 3.- Señales viales permanentes | U |
| VIII.- LIMPIEZA Y ENTREGA FINAL | |
| 1.- Limpieza final | GLB |
| 2.- Entrega y detalles | DIA |
| 3.- Placa conmemorativa | U |

Duraciones.

En base a las cantidades de obras obtenidas a partir de cada uno de los diseños realizados y considerando la capacidad de trabajo de cada una de las maquinas a utilizar, las siguientes tablas muestran las duraciones de trabajo de cada una de los equipos a emplear.

* Estas unidades de medida podrían variar a conveniencia durante los cálculos.

Primeramente las duración de cada equipo se muestra en cada uno de los tramos, luego la duración de posesión de cada maquina será la suma de posesión de cada una de los tramos en estudio.

Tabla VII. 2: Resumen de las duraciones.

| PRIMERA ETAPA: TRAMO1 | | | | | |
|-----------------------|--|----------|---------------------------------|------------------|-------------------|
| No | Descripción | Cantidad | Actividad | Tiempo ejecución | Duración posesión |
| 1 | Motoniveladora 120H con 5 Vástagos | 1 | Desgarrar | 1.33h | 1d |
| 2 | Tractor D7R LGP | 1 | Cortar | 20h | 5d |
| 3 | Cargador frontal 928G | 1 | Cargar sobrante | 11.14h | 3d |
| 4 | Camiones DT 466E | 4 | Botar | 11.23h | 3d |
| 5 | Motoniveladora 120H | 1 | Conformar subrasante | 1.3h | 1d |
| 6 | Cargador frontal 928G | 1 | Cargar material de conformación | 1h | 1d |
| 7 | Camiones DT 466E | 4 | Botar | 1h | 1d |
| 8 | Excavadora 318B L | 1 | Explotación de banco | 5h | 1d |
| 9 | Camiones DT 466E | 4 | Transportar material | 5h | 1d |
| 10 | Motoniveladora 120H | 1 | Tender 1ra capa de Base | 4.29h | 2d |
| 11 | Compactador vibratorio CS 533D | 1 | Compactación 1ra capa | 10.96h | 3d |
| 12 | Repetir desde fila 8 hasta fila 11 para 2da capa | | | | |

| SEGUNDA ETAPA: TRAMO 4 y 3 | | | | | |
|----------------------------|--|----------|---------------------------------|------------------|-------------------|
| No | Descripción | Cantidad | Actividad | Tiempo ejecución | Duración posesión |
| 1 | Tractor D7R LGP | 1 | Cortar | 9 | 2 |
| 2 | Cargador frontal 928G | 1 | Cargar sobrante | 4.38 | 1 |
| 3 | Camiones DT 466E | 4 | Botar | 5.14 | 1 |
| 4 | Motoniveladora 120H | 1 | Conformar subrasante | 1.85 | 1 |
| 5 | Cargador frontal 928G | 1 | Cargar material de conformación | 1h | 1d |
| 6 | Camiones DT 466E | 4 | Botar | 1h | 1d |
| 7 | Excavadora 318B L | 1 | Explotación de banco | 3.26 | 1 |
| 8 | Camiones DT 466E | 4 | Transportar material | 5 | 1 |
| 9 | Motoniveladora 120H | 1 | Tender 1ra capa de Base | 4.88 | 1 |
| 10 | Compactador vibratorio CS 533D | 1 | Compactación 1ra capa | 6.91 | 2 |
| 11 | Repetir desde fila 7 hasta fila 10 para 2da capa | | | | |

| TERCERA ETAPA: TRAMO 2 | | | | | |
|------------------------|--|----------|---------------------------------|------------------|-------------------|
| No | Descripción | Cantidad | Actividad | Tiempo ejecución | Duración posesión |
| 1 | Tractor D7R LGP | 1 | Cortar | 8h | 2d |
| 2 | Cargador frontal 928G | 1 | Cargar sobrante | 3.83h | 1d |
| 3 | Camiones DT 466E | 4 | Botar | 4.21h | 1d |
| 4 | Motoniveladora 120H | 1 | Conformar subrasante | 0.86h | 1d |
| 5 | Cargador frontal 928G | 1 | Cargar material de conformación | 1h | 1d |
| 6 | Camiones DT 466E | 4 | Botar | 1h | 1d |
| 7 | Excavadora 318B L | 1 | Explotación de banco | 2.79h | 1d |
| 8 | Camiones DT 466E | 4 | Transportar material | 3h | 1d |
| 9 | Motoniveladora 120H | 1 | Tender 1ra capa de Base | 3.71h | 1d |
| 10 | Compactador vibratorio CS 533D | 1 | Compactación 1ra capa | 5.47h | 2d |
| 11 | Repetir desde fila 7 hasta fila 10 para 2da capa | | | | |

| CUARTA ETAPA: TRAMO 5 | | | | | |
|-----------------------|--|----------|---------------------------------|------------------|-------------------|
| No | Descripción | Cantidad | Actividad | Tiempo ejecución | Duración posesión |
| 1 | Tractor D7R LGP | 1 | Cortar | 4 | 1 |
| 2 | Cargador frontal 928G | 1 | Cargar sobrante | 2.1 | 1 |
| 3 | Camiones DT 466E | 4 | Botar | 2.37 | 1 |
| 4 | Motoniveladora 120H | 1 | Conformar subrasante | 1 | 1 |
| 5 | Cargador frontal 928G | 1 | Cargar material de conformación | 1h | 1d |
| 6 | Camiones DT 466E | 4 | Botar | 1h | 1d |
| 7 | Excavadora 318B L | 1 | Explotación de banco | 1.72 | 1 |
| 8 | Camiones DT 466E | 4 | Transportar material | 2 | 1 |
| 9 | Motoniveladora 120H | 1 | Tender 1ra capa de Base | 2.17 | 1 |
| 10 | Compactador vibratorio CS 533D | 1 | Compactación 1ra capa | 4.50 | 1 |
| 11 | Repetir desde fila 7 hasta fila 10 para 2da capa | | | | |

Cálculo de las duraciones de las actividades que serán realizadas por obreros.

| PRIMERA ETAPA: TRAMO 1 | | | | | | | |
|------------------------|----------------------------|-----|-------|--------|----------|----------------------|-------|
| Nº | DESCRIPCIÓN | UM | NRH | 9 HRS | CANTIDAD | FUERZA | DÍAS |
| I | PRELIMINARES | | | | | | |
| 1 | Champa | M2 | 0.80 | 7.16 | 20.00 | 3 ayudantes | 0.93 |
| 3 | Niveletas | U | 1.14 | 10.26 | 90.00 | 1 oficial, 2 ayuda | 8.77 |
| IV | CUNETAS, ANDÉN, BORDILLO | | | | | | |
| 1 | Bordillo (mediana sólo T1) | U | 3.12 | 28.08 | 2658.00 | 6 oficiales, 3 ayuda | 15.78 |
| 2 | Caite | U | 3.12 | 28.08 | 1449.00 | 6 oficiales, 3 ayuda | 8.60 |
| | Colar arena | M3 | 0.60 | 5.40 | 11.24 | 2 ayudantes | 1.04 |
| | Mortero (junta+repello) | M3 | 0.4 | 3.60 | 23.28 | 3 ayudantes | 2.16 |
| | Repello | ML | 8.15 | 73.35 | 1594.84 | 6 oficiales, 3 ayuda | 3.62 |
| 3 | Andén | M2 | 7.50 | 67.50 | 840.04 | 6 oficiales, 3 ayuda | 2.07 |
| V | CARPETA DE RODAMIENTO | | | | | | |
| 1 | Colchón de arena | M2 | 24.82 | 223.38 | 3388.48 | 3 ayudantes | 5.06 |
| 2 | Adoquinado | M2 | 3.16 | 28.44 | 3388.48 | 6 oficiales, 3 ayuda | 19.86 |
| 3 | Vigas transversales | ML | 3.81 | 34.25 | 23.40 | 6 oficiales, 3 ayuda | 0.11 |
| 4 | Remates de adoquín | ML | 4.17 | 37.50 | 868.84 | 6 oficiales, 3 ayuda | 3.86 |
| | Colar arena | M3 | 0.60 | 5.40 | 11.86 | 2 ayudantes | 1.10 |
| | Sello de arena | M2 | 75.00 | 675.00 | 3388.48 | 2 ayudantes | 2.51 |
| | Compactación de adoquín | M2 | 90.00 | 810.00 | 3388.48 | 1 ayudantes | 4.18 |
| 5 | Reparaciones | M2 | 4.74 | 42.66 | -- | 4 oficiales, 2 ayuda | 5.00 |
| VI | OBRAS DE DRENAJE | | | | | | |
| * | Armadura de vados | qq | 0.19 | 1.71 | 11.00 | 4 oficiales, 2 ayuda | 1.61 |
| 1 | Vados | M2 | 2.04 | 18.36 | 93.60 | 4 oficiales, 2 ayuda | 1.27 |
| VII | SEÑALIZACIÓN | | | | | | |
| | Todas | GLB | -- | -- | 1.00 | 2 oficiales, 4 ayuda | 2.00 |
| VIII | LIMPIEZA Y ENTREGA | | | | | | |
| 1 | Limpieza | M2 | 8.42 | 75.78 | 3388.48 | 10 ayudantes | 4.47 |
| 2 | Entrega y detalles | DIA | 1.00 | 9.00 | -- | -- -- | 2.00 |
| 3 | Placa conmemorativa | U | -- | -- | 2.00 | 2 oficial, 2 ayuda | 1.51 |
| | Armadura | qq | 0.08 | 0.69 | 0.30 | 2 oficial, 2 ayuda | 0.22 |
| | Excavación para pedestal | M3 | 0.44 | 3.96 | 0.04 | 2 ayudantes | 0.01 |
| | Colocar formaleta | M2 | 1.60 | 14.40 | 0.26 | 2 oficial, 2 ayuda | 0.01 |
| | Hacer concreto (A mano) | M3 | 0.47 | 4.25 | 0.17 | 2 ayudantes | 0.02 |
| | Fundir concreto | M3 | 0.19 | 1.68 | 0.17 | 2 oficial, 2 ayuda | 0.05 |
| | Fragua | DIA | -- | -- | -- | -- -- | 1.00 |
| | Desencofre | M2 | 3.33 | 1.68 | 0.26 | 2 oficial, 2 ayuda | 0.08 |
| | Colar arena | M3 | 0.60 | 5.40 | 0.02 | 2 ayudantes | 0.00 |
| | Mortero a mano | M3 | 0.4 | 3.60 | 0.03 | 2 ayudantes | 0.00 |
| | Repello | M2 | 3.75 | 33.75 | 2.92 | 2 oficial, 2 ayuda | 0.04 |
| | Acabado integral | M2 | 2.00 | 18.00 | 2.92 | 2 oficial, 2 ayuda | 0.08 |

| SEGUNDA ETAPA: TRAMO 4 | | | | | | | |
|------------------------|----------------------------|-----|-------|--------|----------|----------------------|-------|
| Nº | DESCRIPCIÓN | UM | NRH | 9 HRS | CANTIDAD | FUERZA | DÍAS |
| I | PRELIMINARES | | | | | | |
| 3 | Niveletas | U | 1.14 | 10.26 | 75.00 | 1 oficial, 2 ayuda | 7.31 |
| IV | CUNETAS, ANDÉN, BORDILLO | | | | | | |
| 1 | Bordillo (mediana sólo T1) | U | 3.12 | 28.08 | 1213.00 | 6 oficiales, 3 ayuda | 7.20 |
| 2 | Caite | U | 3.12 | 28.08 | 1213.00 | 6 oficiales, 3 ayuda | 7.20 |
| | Colar arena | M3 | 0.60 | 5.40 | 6.77 | 2 ayudantes | 0.63 |
| | Mortero (junta+repello) | M3 | 0.4 | 3.60 | 15.21 | 3 ayudantes | 1.41 |
| | Repello | ML | 8.15 | 73.35 | 727.60 | 6 oficiales, 3 ayuda | 1.65 |
| 3 | Andén | M2 | 7.50 | 67.50 | 547.65 | 6 oficiales, 3 ayuda | 1.35 |
| V | CARPETA DE RODAMIENTO | | | | | | |
| 1 | Colchón de arena | M2 | 24.82 | 223.38 | 2183.28 | 3 ayudantes | 3.26 |
| 2 | Adoquinado | M2 | 3.16 | 28.44 | 2183.28 | 6 oficiales, 3 ayuda | 12.79 |
| 3 | Vigas transversales | ML | 3.81 | 34.25 | 48.00 | 6 oficiales, 3 ayuda | 0.23 |
| 4 | Remates de adoquín | ML | 4.17 | 37.50 | 727.60 | 6 oficiales, 3 ayuda | 3.23 |
| | Colar arena | M3 | 0.60 | 5.40 | 7.64 | 2 ayudantes | 0.71 |
| | Sello de arena | M2 | 75.00 | 675.00 | 2183.28 | 2 ayudantes | 1.62 |
| | Compactación de adoquín | M2 | 90.00 | 810.00 | 2183.28 | 1 ayudantes | 2.70 |
| 5 | Reparaciones | M2 | 4.74 | 42.66 | -- | 4 oficiales, 2 ayuda | 5.00 |
| VI | OBRAS DE DRENAJE | | | | | | |
| * | Armadura de vados | qq | 0.19 | 1.71 | 5.50 | 4 oficiales, 2 ayuda | 0.80 |
| 1 | Vados | M2 | 2.04 | 18.36 | 46.80 | 4 oficiales, 2 ayuda | 0.64 |
| VII | SEÑALIZACIÓN | | | | | | |
| | Todas | GLB | -- | -- | -- | 2 oficiales, 4 ayuda | 2.00 |
| VIII | LIMPIEZA Y ENTREGA | | | | | | |
| 1 | Limpieza | M2 | 8.42 | 75.78 | 2183.28 | 10 ayudantes | 2.88 |
| 2 | Entrega y detalles | DIA | 1.00 | 9.00 | 2.00 | -- -- | 2.00 |
| TRAMO 3 | | | | | | | |
| Nº | DESCRIPCIÓN | UM | NRH | 9 HRS | CANTIDAD | FUERZA | DÍAS |
| I | PRELIMINARES | | | | | | |
| 3 | Niveletas | U | 1.14 | 10.26 | 12.00 | 1 oficial, 2 ayuda | 1.17 |
| IV | CUNETAS, ANDÉN, BORDILLO | | | | | | |
| 1 | Bordillo (mediana sólo T1) | U | 3.12 | 28.08 | 183.00 | 6 oficiales, 3 ayuda | 1.09 |
| 2 | Caite | U | 3.12 | 28.08 | 183.00 | 6 oficiales, 3 ayuda | 1.09 |
| 3 | Andén | M2 | 7.50 | 67.50 | 64.58 | 6 oficiales, 3 ayuda | 0.16 |
| V | CARPETA DE RODAMIENTO | | | | | | |
| 1 | Colchón de arena | M2 | 24.82 | 223.38 | 328.56 | 3 ayudantes | 0.49 |
| 2 | Adoquinado | M2 | 3.16 | 28.44 | 328.56 | 6 oficiales, 3 ayuda | 1.93 |
| 4 | Remates de adoquín | ML | 4.17 | 37.50 | 109.52 | 6 oficiales, 3 ayuda | 0.49 |

| | | | | | | | |
|------|--------------------|-----|------|-------|--------|----------------------|------|
| 5 | Reparaciones | M2 | 4.74 | 42.66 | -- | 4 oficiales, 2 ayuda | 1.00 |
| VI | OBRAS DE DRENAJE | | | | | | |
| 1 | Vados | M2 | 2.04 | 18.36 | 15.60 | 4 oficiales, 2 ayuda | 0.21 |
| VII | SEÑALIZACIÓN | | | | | | |
| | Todas | GLB | -- | -- | -- | 2 oficiales, 4 ayuda | 0.50 |
| VIII | LIMPIEZA Y ENTREGA | | | | | | |
| 1 | Limpieza | M2 | 8.42 | 75.78 | 328.56 | 10 ayudantes | 0.43 |
| 2 | Entrega y detalles | DIA | 1.00 | 9.00 | 1.00 | -- -- | 1.00 |

| TERCERA ETAPA: TRAMO 2 | | | | | | | |
|------------------------|----------------------------|-----|-------|--------|----------|----------------------|-------|
| Nº | DESCRIPCIÓN | UM | NRH | 9 HRS | CANTIDAD | FUERZA | DÍAS |
| I | PRELIMINARES | | | | | | |
| 3 | Niveletas | U | 1.14 | 10.26 | 80.00 | 1 oficial, 2 ayuda | 7.80 |
| IV | CUNETAS, ANDÉN, BORDILLO | | | | | | |
| 1 | Bordillo (mediana sólo T1) | U | 3.12 | 28.08 | 1252.00 | 6 oficiales, 3 ayuda | 7.43 |
| 2 | Caite | U | 3.12 | 28.08 | 1252.00 | 6 oficiales, 3 ayuda | 7.43 |
| | Colar arena | M3 | 0.60 | 5.40 | 6.99 | 2 ayudantes | 0.65 |
| | Mortero (junta+repello) | M3 | 0.4 | 3.60 | 15.70 | 3 ayudantes | 1.45 |
| | Repello | ML | 8.15 | 73.35 | 751.16 | 6 oficiales, 3 ayuda | 1.71 |
| 3 | Andén | M2 | 7.50 | 67.50 | 560.61 | 6 oficiales, 3 ayuda | 1.38 |
| V | CARPETA DE RODAMIENTO | | | | | | |
| 1 | Colchón de arena | M2 | 24.82 | 223.38 | 2271.48 | 3 ayudantes | 3.39 |
| 2 | Adoquinado | M2 | 3.16 | 28.44 | 2271.48 | 6 oficiales, 3 ayuda | 13.31 |
| 3 | Vigas transversales | ML | 3.81 | 34.25 | 60.00 | 6 oficiales, 3 ayuda | 0.29 |
| 4 | Remates de adoquín | ML | 4.17 | 37.50 | 751.16 | 6 oficiales, 3 ayuda | 3.34 |
| | Colar arena | M3 | 0.60 | 5.40 | 7.89 | 2 ayudantes | 0.73 |
| | Sello de arena | M2 | 75.00 | 675.00 | 2271.48 | 2 ayudantes | 1.68 |
| | Compactación de adoquín | M2 | 90.00 | 810.00 | 2271.48 | 1 ayudantes | 2.80 |
| 5 | Reparaciones | M2 | 4.74 | 42.66 | -- | 4 oficiales, 2 ayuda | 5.00 |
| VI | OBRAS DE DRENAJE | | | | | | |
| * | Armadura de vados | qq | 0.19 | 1.71 | 3.68 | 4 oficiales, 2 ayuda | 0.54 |
| 1 | Vados | M2 | 2.04 | 18.36 | 31.20 | 4 oficiales, 2 ayuda | 0.42 |
| VII | SEÑALIZACIÓN | | | | | | |
| | Todas | GLB | -- | -- | -- | 2 oficiales, 4 ayuda | 2.00 |
| VIII | LIMPIEZA Y ENTREGA | | | | | | |
| 1 | Limpieza | M2 | 8.42 | 75.78 | 2271.48 | 10 ayudantes | 3.00 |
| 2 | Entrega y detalles | DIA | 1.00 | 9.00 | 1.00 | -- -- | 1.00 |

| CUARTA ETAPA: TRAMO 5 | | | | | | | |
|-----------------------|----------------------------|-----|-------|--------|----------|----------------------|------|
| Nº | DESCRIPCIÓN | UM | NRH | 9 HRS | CANTIDAD | FUERZA | DÍAS |
| I | PRELIMINARES | | | | | | |
| 3 | Niveletas | U | 1.14 | 10.26 | 40.00 | 1 oficial, 2 ayuda | 3.90 |
| IV | CUNETA, ANDÉN, BORDILLO | | | | | | |
| 1 | Bordillo (mediana sólo T1) | U | 3.12 | 28.08 | 645.00 | 6 oficiales, 3 ayuda | 3.83 |
| 2 | Caite | U | 3.12 | 28.08 | 645.00 | 6 oficiales, 3 ayuda | 3.83 |
| | Colar arena | M3 | 0.60 | 5.40 | 3.60 | 2 ayudantes | 0.33 |
| | Mortero (junta+repello) | M3 | 0.4 | 3.60 | 8.08 | 3 ayudantes | 0.75 |
| | Repello | ML | 8.15 | 73.35 | 386.60 | 6 oficiales, 3 ayuda | 0.88 |
| 3 | Andén | M2 | 7.50 | 67.50 | 358.32 | 6 oficiales, 3 ayuda | 0.88 |
| V | CARPETA DE RODAMIENTO | | | | | | |
| 1 | Colchón de arena | M2 | 24.82 | 223.38 | 1391.76 | 3 ayudantes | 2.08 |
| 2 | Adoquinado | M2 | 3.16 | 28.44 | 1391.76 | 6 oficiales, 3 ayuda | 8.16 |
| 3 | Vigas transversales | ML | 3.81 | 34.25 | 21.60 | 6 oficiales, 3 ayuda | 0.11 |
| 4 | Remates de adoquín | ML | 4.17 | 37.50 | 386.60 | 6 oficiales, 3 ayuda | 1.72 |
| | Colar arena | M3 | 0.60 | 5.40 | 4.87 | 2 ayudantes | 0.45 |
| | Sello de arena | M2 | 75.00 | 675.00 | 1391.76 | 2 ayudantes | 1.03 |
| | Compactación de adoquín | M2 | 90.00 | 810.00 | 1391.76 | 1 ayudantes | 1.72 |
| 5 | Reparaciones | M2 | 4.74 | 42.66 | -- | 4 oficiales, 2 ayuda | 3.00 |
| VI | OBRAS DE DRENAJE | | | | | | |
| * | Armadura de vados | qq | 0.19 | 1.71 | 3.68 | 4 oficiales, 2 ayuda | 0.54 |
| 1 | Vados | M2 | 2.04 | 18.36 | 31.20 | 4 oficiales, 2 ayuda | 0.42 |
| VII | SEÑALIZACIÓN | | | | | | |
| | Todas | GLB | -- | -- | -- | 2 oficiales, 4 ayuda | 0.50 |
| VIII | LIMPIEZA Y ENTREGA | | | | | | |
| 1 | Limpieza | M2 | 8.42 | 75.78 | 1391.76 | 10 ayudantes | 1.84 |
| 2 | Entrega y detalles | DIA | 1.00 | 9.00 | 1.00 | -- -- | 1.00 |

Luego de obtener las duraciones de cada actividades mediante las normas de rendimiento horarias se procedió a elaborar el diagrama de Gantt mediante el programa Microsoft Office Project Professional 2003. La programación de la obra se ha elaborado en cuatro etapas. Una vez establecidas las secuencias de actividades se obtuvieron las siguientes duraciones:

| ETAPA | INICIA | FINALIZA | DURACIÓN |
|-------|----------|----------|----------|
| 1 | 03/09/07 | 29/11/07 | 68.31d |
| 2 | 29/11/07 | 25/04/08 | 66.42d |
| 3 | 25/02/08 | 08/05/08 | 58.55d |
| 4 | 08/05/08 | 19/06/08 | 33.83d |

Tabla VII. 3: Fechas de ejecución del proyecto.

Rutas de desvío

Para evitar que los vehículos circulen sobre los tramos en construcción se presentan rutas alternas para la circulación vehicular, de tal manera que se evite en lo posible la destrucción en los avances de la obra así como las demoras para los usuarios del sector, las trayectorias a tomar son:

| <u>Durante se construye</u> | <u>Ruta a tomar</u> |
|-----------------------------|--|
| Primera etapa | Se utilizará una calle paralela al tramo 1 (Primera calle German Pomares para entrar al mercado) y la penúltima calle del Bo 26 de Febrero para salida, además se estarán utilizando el resto de los tramos a adoquinar. |
| Segunda etapa | Se reanuda el uso del tramo 1 y se continúa utilizando los tramos que aún están por adoquinar. |
| Tercera etapa | Se utilizará como entrada y salida la calle oeste del mercado Ernesto Fernández, los vehículos podrán retornar mediante el uso del tramo 5, se habilita la circulación en los tramos 3 y 4. |
| Cuarta etapa | Se utilizará como retorno la calle oeste del mercado, además el resto de los tramos ya estará en pleno funcionamiento. |

En la sección de planos (laminas 48, 49, 50, 51) se representan gráficamente las trayectorias que se tomarán en cada una de las etapas de construcción.

PRESUPUESTO

El orden de cálculo para obtener el costo total de la obra será el siguiente:

A.- Costos Directos (CD)

- A.1.- Cálculo de costos de materiales
- A.2.- Cálculo de costos en pago de alquiler de maquinaria
- A.3.- Cálculo en pago de mano de obra

B.- Costos Indirectos (CI)

- B.1.- Costos indirectos de operación (administración)
- B.2.- Costos indirectos de obra
- B.3.- Imprevistos
- B.4.- Financiamiento
- B.5.- Fianzas

C.- Costo Total de la obra (Precio Base)

A.- Costos Directos.

El orden de cálculo para obtener el costo total de la obra será el siguiente:

A.1.- Costos en pago de materiales*.

Los precios unitarios fueron consultados en diferentes ferreterías, priorizando un promedio entre los precios encontrados, a partir de estos y la cantidad de materiales obtenidos anteriormente se obtuvieron los siguientes datos.

| PRIMERA ETAPA: TRAMO 1 | | | | | |
|------------------------|---------------------------------|------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|
| Nº | DESCRIPCIÓN | UM | CANTIDAD | PRECIO UNI | TOTAL |
| I | PRELIMINARES | GLB | 1.00 | C\$ 8,228.00 | C\$ 8,228.00 |
| 3 | Nivelación | GLB | 1.00 | C\$ 8,228.00 | C\$ 8,228.00 |
| | <i>Reglas de 1"x2"x6vrs</i> | <i>U</i> | <i>35.00</i> | <i>C\$ 45.00</i> | <i>C\$ 1,575.00</i> |
| | <i>Cuartones de 2"x2"x6vrs</i> | <i>U</i> | <i>68.00</i> | <i>C\$ 91.00</i> | <i>C\$ 6,188.00</i> |
| | <i>Cuerdas 100m</i> | <i>U</i> | <i>10.00</i> | <i>C\$ 30.00</i> | <i>C\$ 300.00</i> |
| | <i>Clavos 1 1/2"</i> | <i>LBS</i> | <i>15.00</i> | <i>C\$ 11.00</i> | <i>C\$ 165.00</i> |
| | | | | | |
| IV | CUNETA, ANDÉN Y BORDILLO | GLB | 1.00 | C\$ 238,983.84 | C\$ 238,983.84 |
| 1& 2 | Bordillo y Caite (con mediana) | ML | 1,594.84 | C\$ 95.62 | C\$ 152,500.77 |
| | <i>Piedra cantera</i> | <i>U</i> | <i>5,943.00</i> | <i>C\$ 17.50</i> | <i>C\$ 104,002.50</i> |
| | <i>Cemento</i> | <i>BLS</i> | <i>348.00</i> | <i>C\$ 123.00</i> | <i>C\$ 42,804.00</i> |
| | <i>Arena Motastepe</i> | <i>M3</i> | <i>47.45</i> | <i>C\$ 120.00</i> | <i>C\$ 5,694.27</i> |
| | | | | | |

* Incluye IVA y acarreo

| | | | | | |
|-------------|--------------------------------|------------|------------------|-----------------------|-------------------------|
| 3 | Andén de concreto | ML | 840.04 | C\$ 102.95 | C\$ 86,483.07 |
| | <i>Cemento</i> | <i>BLS</i> | <i>566.00</i> | <i>C\$ 123.00</i> | <i>C\$ 69,618.00</i> |
| | <i>Arena Motastepe</i> | <i>M3</i> | <i>23.84</i> | <i>C\$ 120.00</i> | <i>C\$ 2,860.84</i> |
| | <i>Grava</i> | <i>M3</i> | <i>39.70</i> | <i>C\$ 250.00</i> | <i>C\$ 9,924.23</i> |
| | <i>Reglas de 1"x3"x6vrs</i> | <i>U</i> | <i>60.00</i> | <i>C\$ 68.00</i> | <i>C\$ 4,080.00</i> |
| | | | | | |
| V | CARPETA DE RODAMIENTO | GLB | 1.00 | C\$ 795,389.50 | C\$ 795,389.50 |
| 1 | Capa de arena | M3 | 203.31 | C\$ 125.37 | C\$ 25,489.03 |
| | <i>Arena Motastepe</i> | <i>M3</i> | <i>203.31</i> | <i>C\$ 120.00</i> | <i>C\$ 24,397.03</i> |
| | <i>Cuartones de 2"x2"x6vrs</i> | <i>U</i> | <i>12.00</i> | <i>C\$ 91.00</i> | <i>C\$ 1,092.00</i> |
| 2 | Adoquinado | M2 | 3,127.82 | C\$ 238.20 | C\$ 745,060.59 |
| | <i>Medio adoquines</i> | <i>U</i> | <i>4,744.00</i> | <i>C\$ 7.50</i> | <i>C\$ 35,580.00</i> |
| | <i>Adoquines</i> | <i>U</i> | <i>63,194.00</i> | <i>C\$ 11.20</i> | <i>C\$ 707,772.80</i> |
| | <i>Arena Motastepe (sello)</i> | <i>M3</i> | <i>14.23</i> | <i>C\$ 120.00</i> | <i>C\$ 1,707.79</i> |
| 3 | Viga transversal | ML | 21.60 | C\$ 56.72 | C\$ 1,225.07 |
| | <i>Cemento</i> | <i>BLS</i> | <i>7.00</i> | <i>C\$ 123.00</i> | <i>C\$ 861.00</i> |
| | <i>Arena Motastepe</i> | <i>M3</i> | <i>0.29</i> | <i>C\$ 120.00</i> | <i>C\$ 35.11</i> |
| | <i>Grava</i> | <i>M3</i> | <i>0.49</i> | <i>C\$ 250.00</i> | <i>C\$ 121.79</i> |
| | <i>Acero #3</i> | <i>qq</i> | <i>0.30</i> | <i>C\$ 690.00</i> | <i>C\$ 207.17</i> |
| 4 | Viga de remate | ML | 868.84 | C\$ 27.18 | C\$ 23,614.81 |
| | <i>Cemento</i> | <i>BLS</i> | <i>105.00</i> | <i>C\$ 123.00</i> | <i>C\$ 12,915.00</i> |
| | <i>Arena Motastepe</i> | <i>M3</i> | <i>4.41</i> | <i>C\$ 120.00</i> | <i>C\$ 529.58</i> |
| | <i>Grava</i> | <i>M3</i> | <i>7.35</i> | <i>C\$ 250.00</i> | <i>C\$ 1,837.11</i> |
| | <i>Acero #3</i> | <i>qq</i> | <i>12.08</i> | <i>C\$ 690.00</i> | <i>C\$ 8,333.13</i> |
| | | | | | |
| VI | OBRAS DE DRENAJE | GLB | 1.00 | C\$ 39,070.92 | C\$ 39,070.92 |
| 1 | Vado de concreto | U | 6.00 | C\$ 6,511.82 | C\$ 39,070.92 |
| | <i>Cemento</i> | <i>BLS</i> | <i>174.00</i> | <i>C\$ 123.00</i> | <i>C\$ 21,402.00</i> |
| | <i>Arena Motastepe</i> | <i>M3</i> | <i>7.31</i> | <i>C\$ 120.00</i> | <i>C\$ 877.72</i> |
| | <i>Grava</i> | <i>M3</i> | <i>12.18</i> | <i>C\$ 250.00</i> | <i>C\$ 3,044.79</i> |
| | <i>Acero #3</i> | <i>qq</i> | <i>12.84</i> | <i>C\$ 690.00</i> | <i>C\$ 8,856.42</i> |
| | <i>Reglas de 1"x3"x6vrs</i> | <i>U</i> | <i>60.00</i> | <i>C\$ 68.00</i> | <i>C\$ 4,080.00</i> |
| | <i>Alambre de amarra</i> | <i>LBS</i> | <i>81.00</i> | <i>C\$ 10.00</i> | <i>C\$ 810.00</i> |
| | | | | | |
| VII | SEÑALIZACIÓN | GLB | 1.00 | C\$ 13,050.00 | C\$ 13,050.00 |
| | Pintura retroreflectiva | GLN | 23.00 | C\$ 350.00 | C\$ 8,050.00 |
| | Rótulos | GLB | 1.00 | C\$ 5,000.00 | C\$ 5,000.00 |
| | | | | | |
| VIII | ENTREGA FINAL | GLB | 1.00 | C\$ 506.00 | C\$ 506.00 |
| 3 | Placa conmemorativa | U | 2.00 | C\$ 253.00 | C\$ 506.00 |
| | <i>Cemento</i> | <i>BLS</i> | <i>C\$ 2.00</i> | <i>C\$ 123.00</i> | <i>C\$ 246.00</i> |
| | <i>Arena motastepe</i> | <i>M3</i> | <i>C\$ 0.15</i> | <i>C\$ 120.00</i> | <i>C\$ 18.00</i> |
| | <i>Grava</i> | <i>M3</i> | <i>C\$ 0.14</i> | <i>C\$ 250.00</i> | <i>C\$ 35.00</i> |
| | <i>Acero #3</i> | <i>qq</i> | <i>C\$ 0.30</i> | <i>C\$ 690.00</i> | <i>C\$ 207.00</i> |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | C\$ 1,095,228.26 |

| SEGUNDA ETAPA: TRAMO 4 | | | | | |
|------------------------|---------------------------------|------------|------------------|-----------------------|-----------------------|
| Nº | DESCRIPCIÓN | UM | CANTIDAD | PRECIO UNI | TOTAL |
| I | PRELIMINARES | GLB | 1.00 | C\$ 6,648.00 | C\$ 6,648.00 |
| 3 | Nivelación | GLB | 1.00 | C\$ 6,648.00 | C\$ 6,648.00 |
| | <i>Reglas de 1"x2"x6vrs</i> | <i>U</i> | <i>30.00</i> | <i>C\$ 45.00</i> | <i>C\$ 1,350.00</i> |
| | <i>Cuartones de 2"x2"x6vrs</i> | <i>U</i> | <i>55.00</i> | <i>C\$ 91.00</i> | <i>C\$ 5,005.00</i> |
| | <i>Cuerdas 100m</i> | <i>U</i> | <i>5.00</i> | <i>C\$ 30.00</i> | <i>C\$ 150.00</i> |
| | <i>Clavos 1 1/2"</i> | <i>LBS</i> | <i>13.00</i> | <i>C\$ 11.00</i> | <i>C\$ 143.00</i> |
| | | | | | |
| IV | CUNETA, ANDÉN Y BORDILLO | GLB | 1.00 | C\$ 161,841.44 | C\$ 161,841.44 |
| 1& 2 | Bordillo y Caite | ML | 1,455.70 | C\$ 71.23 | C\$ 103,683.12 |
| | <i>Piedra cantera</i> | <i>U</i> | <i>3,894.00</i> | <i>C\$ 17.50</i> | <i>C\$ 68,145.00</i> |
| | <i>Cemento</i> | <i>BLS</i> | <i>255.00</i> | <i>C\$ 123.00</i> | <i>C\$ 31,365.00</i> |
| | <i>Arena Motastepe</i> | <i>M3</i> | <i>34.78</i> | <i>C\$ 120.00</i> | <i>C\$ 4,173.12</i> |
| 3 | Andén de concreto | ML | 840.04 | C\$ 69.23 | C\$ 58,158.31 |
| | <i>Cemento</i> | <i>BLS</i> | <i>376.00</i> | <i>C\$ 123.00</i> | <i>C\$ 46,248.00</i> |
| | <i>Arena Motastepe</i> | <i>M3</i> | <i>15.87</i> | <i>C\$ 120.00</i> | <i>C\$ 1,904.30</i> |
| | <i>Grava</i> | <i>M3</i> | <i>26.42</i> | <i>C\$ 250.00</i> | <i>C\$ 6,606.01</i> |
| | <i>Reglas de 1"x3"x6vrs</i> | <i>U</i> | <i>50.00</i> | <i>C\$ 68.00</i> | <i>C\$ 3,400.00</i> |
| | | | | | |
| V | CARPETA DE RODAMIENTO | GLB | 1.00 | C\$ 561,522.70 | C\$ 561,522.70 |
| 1 | Capa de arena | M3 | 220.25 | C\$ 81.45 | C\$ 17,939.58 |
| | <i>Arena Motastepe</i> | <i>M3</i> | <i>141.91</i> | <i>C\$ 120.00</i> | <i>C\$ 17,029.58</i> |
| | <i>Cuartones de 2"x2"x6vrs</i> | <i>U</i> | <i>10.00</i> | <i>C\$ 91.00</i> | <i>C\$ 910.00</i> |
| 2 | Adoquinado | M2 | 2,183.28 | C\$ 238.70 | C\$ 521,142.67 |
| | <i>Medio adoquines</i> | <i>U</i> | <i>3,974.00</i> | <i>C\$ 7.50</i> | <i>C\$ 29,805.00</i> |
| | <i>Adoquines</i> | <i>U</i> | <i>43,763.00</i> | <i>C\$ 11.20</i> | <i>C\$ 490,145.60</i> |
| | <i>Arena Motastepe (Sello)</i> | <i>M3</i> | <i>9.93</i> | <i>C\$ 120.00</i> | <i>C\$ 1,192.07</i> |
| 3 | Viga transversal | ML | 48.00 | C\$ 55.29 | C\$ 2,654.04 |
| | <i>Cemento</i> | <i>BLS</i> | <i>15.00</i> | <i>C\$ 123.00</i> | <i>C\$ 1,845.00</i> |
| | <i>Arena Motastepe</i> | <i>M3</i> | <i>0.65</i> | <i>C\$ 120.00</i> | <i>C\$ 78.02</i> |
| | <i>Grava</i> | <i>M3</i> | <i>1.08</i> | <i>C\$ 250.00</i> | <i>C\$ 270.65</i> |
| | <i>Acero #3</i> | <i>qq</i> | <i>0.67</i> | <i>C\$ 690.00</i> | <i>C\$ 460.37</i> |
| 4 | Viga de remate | ML | 727.76 | C\$ 27.19 | C\$ 19,786.40 |
| | <i>Cemento</i> | <i>BLS</i> | <i>88.00</i> | <i>C\$ 123.00</i> | <i>C\$ 10,824.00</i> |
| | <i>Arena Motastepe</i> | <i>M3</i> | <i>3.70</i> | <i>C\$ 120.00</i> | <i>C\$ 443.59</i> |
| | <i>Grava</i> | <i>M3</i> | <i>6.16</i> | <i>C\$ 250.00</i> | <i>C\$ 1,538.80</i> |
| | <i>Acero #3</i> | <i>qq</i> | <i>10.12</i> | <i>C\$ 690.00</i> | <i>C\$ 6,980.01</i> |
| | | | | | |
| VI | OBRAS DE DRENAJE | GLB | 1.00 | C\$ 18,723.59 | C\$ 18,723.59 |
| 1 | Vado de concreto | U | 3.00 | C\$ 6,241.20 | C\$ 18,723.59 |
| | <i>Cemento</i> | <i>BLS</i> | <i>72.00</i> | <i>C\$ 123.00</i> | <i>C\$ 8,856.00</i> |
| | <i>Arena Motastepe</i> | <i>M3</i> | <i>3.05</i> | <i>C\$ 120.00</i> | <i>C\$ 365.72</i> |
| | <i>Grava</i> | <i>M3</i> | <i>5.07</i> | <i>C\$ 250.00</i> | <i>C\$ 1,268.66</i> |
| | <i>Acero #3</i> | <i>qq</i> | <i>6.42</i> | <i>C\$ 690.00</i> | <i>C\$ 4,428.21</i> |
| | <i>Reglas de 1"x3"x6vrs</i> | <i>U</i> | <i>50.00</i> | <i>C\$ 68.00</i> | <i>C\$ 3,400.00</i> |
| | <i>Alambre de amarra</i> | <i>LBS</i> | <i>40.50</i> | <i>C\$ 10.00</i> | <i>C\$ 405.00</i> |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | C\$ 748,735.72 |

| SEGUNDA ETAPA: TRAMO 3 | | | | | |
|------------------------|---------------------------------|------------|-----------------|----------------------|-----------------------|
| Nº | DESCRIPCIÓN | UM | CANTIDAD | PRECIO UNI | TOTAL |
| I | PRELIMINARES | GLB | 1.00 | C\$ 1,035.00 | C\$ 1,035.00 |
| 3 | Nivelación | GLB | 1.00 | C\$ 1,035.00 | C\$ 1,035.00 |
| | <i>Reglas de 1"x2"x6vrs</i> | <i>U</i> | <i>5.00</i> | <i>C\$ 45.00</i> | <i>C\$ 225.00</i> |
| | <i>Cuartones de 2"x2"x6vrs</i> | <i>U</i> | <i>8.00</i> | <i>C\$ 91.00</i> | <i>C\$ 728.00</i> |
| | <i>Cuerdas 100m</i> | <i>U</i> | <i>2.00</i> | <i>C\$ 30.00</i> | <i>C\$ 60.00</i> |
| | <i>Clavos 1 1/2"</i> | <i>LBS</i> | <i>2.00</i> | <i>C\$ 11.00</i> | <i>C\$ 22.00</i> |
| | | | | | |
| IV | CUNETA, ANDÉN Y BORDILLO | GLB | 1.00 | C\$ 22,372.83 | C\$ 22,372.83 |
| 1& 2 | Bordillo y Caite | ML | 219.07 | C\$ 71.02 | C\$ 15,557.01 |
| | <i>Piedra cantera</i> | <i>U</i> | <i>586.00</i> | <i>C\$ 17.50</i> | <i>C\$ 10,255.00</i> |
| | <i>Cemento</i> | <i>BLS</i> | <i>38.00</i> | <i>C\$ 123.00</i> | <i>C\$ 4,674.00</i> |
| | <i>Arena Motastepe</i> | <i>M3</i> | <i>5.23</i> | <i>C\$ 120.00</i> | <i>C\$ 628.01</i> |
| 3 | Andén de concreto | ML | 840.04 | C\$ 8.11 | C\$ 6,815.82 |
| | <i>Cemento</i> | <i>BLS</i> | <i>43.00</i> | <i>C\$ 123.00</i> | <i>C\$ 5,289.00</i> |
| | <i>Arena Motastepe</i> | <i>M3</i> | <i>1.83</i> | <i>C\$ 120.00</i> | <i>C\$ 219.92</i> |
| | <i>Grava</i> | <i>M3</i> | <i>3.05</i> | <i>C\$ 250.00</i> | <i>C\$ 762.90</i> |
| | <i>Reglas de 1"x3"x6vrs</i> | <i>U</i> | <i>8.00</i> | <i>C\$ 68.00</i> | <i>C\$ 544.00</i> |
| | | | | | |
| V | CARPETA DE RODAMIENTO | GLB | 1.00 | C\$ 84,211.11 | C\$ 84,211.11 |
| 1 | Capa de arena | M3 | 220.25 | C\$ 12.88 | C\$ 2,835.77 |
| | <i>Arena Motastepe</i> | <i>M3</i> | <i>21.36</i> | <i>C\$ 120.00</i> | <i>C\$ 2,562.77</i> |
| | <i>Cuartones de 2"x2"x6vrs</i> | <i>U</i> | <i>3.00</i> | <i>C\$ 91.00</i> | <i>C\$ 273.00</i> |
| 2 | Adoquinado | M2 | 328.56 | C\$ 238.70 | C\$ 78,427.59 |
| | <i>Medio adoquines</i> | <i>U</i> | <i>598.00</i> | <i>C\$ 7.50</i> | <i>C\$ 4,485.00</i> |
| | <i>Adoquines</i> | <i>U</i> | <i>6,586.00</i> | <i>C\$ 11.20</i> | <i>C\$ 73,763.20</i> |
| | <i>Arena Motastepe</i> | <i>M3</i> | <i>1.49</i> | <i>C\$ 120.00</i> | <i>C\$ 179.39</i> |
| 3 | Viga transversal | ML | 0.00 | C\$ 56.72 | C\$ - |
| 4 | Viga de remate | ML | 109.52 | C\$ 26.92 | C\$ 2,947.74 |
| | <i>Cemento</i> | <i>BLS</i> | <i>13.00</i> | <i>C\$ 123.00</i> | <i>C\$ 1,599.00</i> |
| | <i>Arena Motastepe</i> | <i>M3</i> | <i>0.56</i> | <i>C\$ 120.00</i> | <i>C\$ 66.76</i> |
| | <i>Grava</i> | <i>M3</i> | <i>0.93</i> | <i>C\$ 250.00</i> | <i>C\$ 231.57</i> |
| | <i>Acero #3</i> | <i>qq</i> | <i>1.52</i> | <i>C\$ 690.00</i> | <i>C\$ 1,050.42</i> |
| | | | | | |
| VI | OBRAS DE DRENAJE | GLB | 1.00 | C\$ 5,651.86 | C\$ 5,651.86 |
| 1 | Vado de concreto | U | 1.00 | C\$ 5,651.86 | C\$ 5,651.86 |
| | <i>Cemento</i> | <i>BLS</i> | <i>24.00</i> | <i>C\$ 123.00</i> | <i>C\$ 2,952.00</i> |
| | <i>Arena Motastepe</i> | <i>M3</i> | <i>1.02</i> | <i>C\$ 120.00</i> | <i>C\$ 121.91</i> |
| | <i>Grava</i> | <i>M3</i> | <i>1.69</i> | <i>C\$ 250.00</i> | <i>C\$ 422.89</i> |
| | <i>Acero #3</i> | <i>qq</i> | <i>2.14</i> | <i>C\$ 690.00</i> | <i>C\$ 1,476.07</i> |
| | <i>Reglas de 1"x3"x6vrs</i> | <i>U</i> | <i>8.00</i> | <i>C\$ 68.00</i> | <i>C\$ 544.00</i> |
| | <i>Alambre de amarra</i> | <i>LBS</i> | <i>13.50</i> | <i>C\$ 10.00</i> | <i>C\$ 135.00</i> |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | C\$ 113,270.80 |

| TERCERA ETAPA: TRAMO 2 | | | | | |
|------------------------|---------------------------------|------------|-------------|-----------------------|-----------------------|
| Nº | DESCRIPCIÓN | UM | CANTIDAD | PRECIO UNI | TOTAL |
| I | PRELIMINARES | GLB | 1.00 | C\$ 6,819.00 | C\$ 6,819.00 |
| 3 | Nivelación | GLB | 1.00 | C\$ 6,819.00 | C\$ 6,819.00 |
| | <i>Reglas de 1"x2"x6vrs</i> | U | 30.00 | C\$ 45.00 | C\$ 1,350.00 |
| | <i>Cuartones de 2"x2"x6vrs</i> | U | 57.00 | C\$ 91.00 | C\$ 5,187.00 |
| | <i>Cuerdas 100m</i> | U | 5.00 | C\$ 30.00 | C\$ 150.00 |
| | <i>Clavos 1 1/2"</i> | LBS | 12.00 | C\$ 11.00 | C\$ 132.00 |
| IV | CUNETA, ANDÉN Y BORDILLO | GLB | 1.00 | C\$ 167,031.03 | C\$ 167,031.03 |
| 1&2 | Bordillo y Caite | ML | 1,502.43 | C\$ 71.21 | C\$ 106,988.81 |
| | <i>Piedra cantera</i> | U | 4,019.00 | C\$ 17.50 | C\$ 70,332.50 |
| | <i>Cemento</i> | BLS | 263.00 | C\$ 123.00 | C\$ 32,349.00 |
| | <i>Arena Motastepe</i> | M3 | 35.89 | C\$ 120.00 | C\$ 4,307.31 |
| 3 | Andén de concreto | ML | 577.89 | C\$ 103.90 | C\$ 60,042.22 |
| | <i>Cemento</i> | BLS | 389.00 | C\$ 123.00 | C\$ 47,847.00 |
| | <i>Arena Motastepe</i> | M3 | 16.40 | C\$ 120.00 | C\$ 1,968.06 |
| | <i>Grava</i> | M3 | 27.31 | C\$ 250.00 | C\$ 6,827.17 |
| | <i>Reglas de 1"x3"x6vrs</i> | U | 50.00 | C\$ 68.00 | C\$ 3,400.00 |
| V | CARPETA DE RODAMIENTO | GLB | 1.00 | C\$ 580,170.92 | C\$ 580,170.92 |
| 1 | Capa de arena | M3 | 146.48 | C\$ 126.21 | C\$ 18,487.14 |
| | <i>Arena Motastepe</i> | M3 | 146.48 | C\$ 120.00 | C\$ 17,577.14 |
| | <i>Cuartones de 2"x2"x6vrs</i> | U | 10.00 | C\$ 91.00 | C\$ 910.00 |
| 2 | Adoquinado | M2 | 2,253.48 | C\$ 238.69 | C\$ 537,891.90 |
| | <i>Medio adoquines</i> | U | 4,101.00 | C\$ 7.50 | C\$ 30,757.50 |
| | <i>Adoquines</i> | U | 45,170.00 | C\$ 11.20 | C\$ 505,904.00 |
| | <i>Arena Motastepe (sello)</i> | M3 | 10.25 | C\$ 120.00 | C\$ 1,230.40 |
| 3 | Viga transversal | ML | 60.00 | C\$ 55.80 | C\$ 3,348.30 |
| | <i>Cemento</i> | BLS | 19.00 | C\$ 123.00 | C\$ 2,337.00 |
| | <i>Arena Motastepe</i> | M3 | 0.81 | C\$ 120.00 | C\$ 97.52 |
| | <i>Grava</i> | M3 | 1.35 | C\$ 250.00 | C\$ 338.31 |
| | <i>Acero #3</i> | qq | 0.83 | C\$ 690.00 | C\$ 575.47 |
| 4 | Viga de remate | ML | 751.16 | C\$ 27.22 | C\$ 20,443.58 |
| | <i>Cemento</i> | BLS | 91.00 | C\$ 123.00 | C\$ 11,193.00 |
| | <i>Arena Motastepe</i> | M3 | 3.82 | C\$ 120.00 | C\$ 457.85 |
| | <i>Grava</i> | M3 | 6.35 | C\$ 250.00 | C\$ 1,588.28 |
| | <i>Acero #3</i> | qq | 10.44 | C\$ 690.00 | C\$ 7,204.45 |
| VI | OBRAS DE DRENAJE | GLB | 1.00 | C\$ 13,615.72 | C\$ 13,615.72 |
| 1 | Vado de concreto | U | 2.00 | C\$ 6,807.86 | C\$ 13,615.72 |
| | <i>Cemento</i> | BLS | 48.00 | C\$ 123.00 | C\$ 5,904.00 |
| | <i>Arena Motastepe</i> | M3 | 2.03 | C\$ 120.00 | C\$ 243.81 |
| | <i>Grava</i> | M3 | 3.38 | C\$ 250.00 | C\$ 845.78 |
| | <i>Acero #3</i> | qq | 4.28 | C\$ 690.00 | C\$ 2,952.14 |
| | <i>Reglas de 1"x3"x6vrs</i> | U | 50.00 | C\$ 68.00 | C\$ 3,400.00 |
| | <i>Alambre de amarra</i> | LBS | 27.00 | C\$ 10.00 | C\$ 270.00 |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | C\$ 767,636.67 |

| CUARTA ETAPA: TRAMO 5 | | | | | | |
|-----------------------|---------------------------------|------------|-------------|-----------------------|------------|-------------------|
| Nº | DESCRIPCIÓN | UM | CANTIDAD | PRECIO UNI | TOTAL | |
| I | PRELIMINARES | GLB | 1.00 | C\$ 3,857.00 | C\$ | 3,857.00 |
| 3 | Nivelación | GLB | 1.00 | C\$ 3,857.00 | C\$ | 3,857.00 |
| | <i>Reglas de 1"x2"x6vrs</i> | U | 20.00 | C\$ 45.00 | C\$ | 900.00 |
| | <i>Cuartones de 2"x2"x6vrs</i> | U | 30.00 | C\$ 91.00 | C\$ | 2,730.00 |
| | <i>Cuerdas 100m</i> | U | 5.00 | C\$ 30.00 | C\$ | 150.00 |
| | <i>Clavos 1 1/2"</i> | LBS | 7.00 | C\$ 11.00 | C\$ | 77.00 |
| IV | CUNETA, ANDÉN Y BORDILLO | GLB | 1.00 | C\$ 91,936.42 | C\$ | 91,936.42 |
| 1& 2 | Bordillo y Caite | ML | 773.08 | C\$ 71.16 | C\$ | 55,011.84 |
| | <i>Piedra cantera</i> | U | 2,068.00 | C\$ 17.50 | C\$ | 36,190.00 |
| | <i>Cemento</i> | BLS | 135.00 | C\$ 123.00 | C\$ | 16,605.00 |
| | <i>Arena Motastepe</i> | M3 | 18.47 | C\$ 120.00 | C\$ | 2,216.84 |
| 3 | Andén de concreto | ML | 840.04 | C\$ 43.96 | C\$ | 36,924.57 |
| | <i>Cemento</i> | BLS | 241.00 | C\$ 123.00 | C\$ | 29,643.00 |
| | <i>Arena Motastepe</i> | M3 | 10.15 | C\$ 120.00 | C\$ | 1,218.52 |
| | <i>Grava</i> | M3 | 16.91 | C\$ 250.00 | C\$ | 4,227.05 |
| | <i>Reglas de 1"x3"x6vrs</i> | U | 27.00 | C\$ 68.00 | C\$ | 1,836.00 |
| V | CARPETA DE RODAMIENTO | GLB | 1.00 | C\$ 354,603.00 | C\$ | 354,603.00 |
| 1 | Capa de arena | M3 | 220.25 | C\$ 51.35 | C\$ | 11,310.73 |
| | <i>Arena Motastepe</i> | M3 | 90.46 | C\$ 120.00 | C\$ | 10,855.73 |
| | <i>Cuartones de 2"x2"x6vrs</i> | U | 5.00 | C\$ 91.00 | C\$ | 455.00 |
| 2 | Adoquinado | M2 | 1,391.76 | C\$ 238.21 | C\$ | 331,525.20 |
| | <i>Medio adoquines</i> | U | 2,111.00 | C\$ 7.50 | C\$ | 15,832.50 |
| | <i>Adoquines</i> | U | 28,119.00 | C\$ 11.20 | C\$ | 314,932.80 |
| | <i>Arena Motastepe</i> | M3 | 6.33 | C\$ 120.00 | C\$ | 759.90 |
| 3 | Viga transversal | ML | 21.60 | C\$ 56.72 | C\$ | 1,225.07 |
| | <i>Cemento</i> | BLS | 7.00 | C\$ 123.00 | C\$ | 861.00 |
| | <i>Arena Motastepe</i> | M3 | 0.29 | C\$ 120.00 | C\$ | 35.11 |
| | <i>Grava</i> | M3 | 0.49 | C\$ 250.00 | C\$ | 121.79 |
| | <i>Acero #3</i> | qq | 0.30 | C\$ 690.00 | C\$ | 207.17 |
| 4 | Viga de remate | ML | 386.60 | C\$ 27.27 | C\$ | 10,542.00 |
| | <i>Cemento</i> | BLS | 47.00 | C\$ 123.00 | C\$ | 5,781.00 |
| | <i>Arena Motastepe</i> | M3 | 1.96 | C\$ 120.00 | C\$ | 235.64 |
| | <i>Grava</i> | M3 | 3.27 | C\$ 250.00 | C\$ | 817.44 |
| | <i>Acero #3</i> | qq | 5.37 | C\$ 690.00 | C\$ | 3,707.92 |
| VI | OBRAS DE DRENAJE | GLB | 1.00 | C\$ 13,499.64 | C\$ | 13,499.64 |
| 1 | Vado de concreto | U | 2.00 | C\$ 6,749.82 | C\$ | 13,499.64 |
| | <i>Cemento</i> | BLS | 58.00 | C\$ 123.00 | C\$ | 7,134.00 |
| | <i>Arena Motastepe</i> | M3 | 2.44 | C\$ 120.00 | C\$ | 292.57 |
| | <i>Grava</i> | M3 | 4.06 | C\$ 250.00 | C\$ | 1,014.93 |
| | <i>Acero #3</i> | qq | 4.28 | C\$ 690.00 | C\$ | 2,952.14 |
| | <i>Reglas de 1"x3"x6vrs</i> | U | 27.00 | C\$ 68.00 | C\$ | 1,836.00 |
| | <i>Alambre de amarra</i> | LBS | 27.00 | C\$ 10.00 | C\$ | 270.00 |
| | | | | | | |
| | | | | TOTAL | C\$ | 463,896.05 |

A.2.- Costos en pago de alquiler de maquinaria.

| ALQUILER DE MAQUINARIA | | | | |
|------------------------|---|-------------|--------------------|--------------------|
| PRIMERA ETAPA: TRAMO 1 | | | | |
| Nº | ACTIVIDAD/EQUIPO | HRS | PRECIO HRS | TOTAL |
| I | PRELIMINARES | 1.33 | \$ 60.00 | \$ 79.80 |
| 2 | Demolición de material asfáltico | 1.33 | \$ 60.00 | \$ 79.80 |
| | <i>Motoniveladora 120H (180HP)</i> | 1.33 | \$ 60.00 | \$ 79.80 |
| II | MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN | -- | -- | \$ 75.00 |
| | Todo el módulo | GLB | -- | \$ 75.00 |
| III | MOVIMIENTO DE TIERRA | 6.90 | \$ 1,447.54 | \$ 9,988.00 |
| 1 | Corte | 20.00 | \$ 70.00 | \$ 1,400.00 |
| | <i>Tractor D7R LGP (180HP)</i> | 20.00 | \$ 70.00 | \$ 1,400.00 |
| 2 | Relleno | 4.00 | \$ 120.00 | \$ 480.00 |
| | <i>Tractor D7R LGP (180HP)</i> | 4.00 | \$ 70.00 | \$ 280.00 |
| | <i>Vibrocompactadora de rodillo CS 533D</i> | 4.00 | \$ 50.00 | \$ 200.00 |
| 4 | Botar material sobrante | 11.14 | \$ 196.13 | \$ 2,184.90 |
| | <i>Cargadora frontal 930</i> | 11.14 | \$ 55.00 | \$ 612.70 |
| | <i>Camión Volquete DT 466E</i> | 44.92 | \$ 35.00 | \$ 1,572.20 |
| 3 | Conformación y compactación | 1.30 | \$ 110.00 | \$ 143.00 |
| | <i>Motoniveladora 120H (180HP)</i> | 1.30 | \$ 60.00 | \$ 78.00 |
| | <i>Vibrocompactadora de rodillo CS 533D</i> | 1.30 | \$ 50.00 | \$ 65.00 |
| 5 | Botar residuos de la conformación | 1.00 | \$ 195.00 | \$ 195.00 |
| | <i>Cargadora frontal 930</i> | 1.00 | \$ 55.00 | \$ 55.00 |
| | <i>Camión Volquete DT 466E</i> | 4.00 | \$ 35.00 | \$ 140.00 |
| 6 | Explotación de banco | 10.00 | \$ 75.00 | \$ 750.00 |
| | <i>Excavadora 318B L</i> | 10.00 | \$ 75.00 | \$ 750.00 |
| 7 | Acarreo de material selecto | 5.00 | \$ 215.00 | \$ 1,075.00 |
| | <i>Excavadora 318B L</i> | 5.00 | \$ 75.00 | \$ 375.00 |
| | <i>Camión Volquete DT 466E</i> | 20.00 | \$ 35.00 | \$ 700.00 |
| 8 | Primera capa de BASE | 10.96 | \$ 87.19 | \$ 955.55 |
| | <i>Motoniveladora 120H (180HP)</i> | 4.29 | \$ 60.00 | \$ 257.40 |
| | <i>Cisterna</i> | 4.29 | \$ 35.00 | \$ 150.15 |
| | <i>Vibrocompactadora de rodillo CS 533C</i> | 10.96 | \$ 50.00 | \$ 548.00 |
| 9 | Acarreo de material selecto | 5.00 | \$ 315.00 | \$ 1,575.00 |
| | <i>Excavadora 318B L</i> | 5.00 | \$ 75.00 | \$ 375.00 |
| | <i>Camión Volquete DT 466E</i> | 20.00 | \$ 60.00 | \$ 1,200.00 |
| 10 | Segunda capa de BASE | 10.96 | \$ 112.19 | \$ 1,229.55 |
| | <i>Motoniveladora 120H (180HP)</i> | 4.29 | \$ 60.00 | \$ 257.40 |
| | <i>Cisterna</i> | 4.29 | \$ 35.00 | \$ 150.15 |
| | <i>Vibrocompactadora de rodillo CS 533C</i> | 10.96 | \$ 50.00 | \$ 822.00 |
| | | | TOTAL | \$ 10,970.80 |
| | | | TOTAL | C\$ 207,019.00 |
| | | | Tipo de cambio = | C\$ 18.87 |

| ALQUILER DE MAQUINARIA | | | | |
|------------------------|---|-------------|-------------------------|-----------------------|
| SEGUNDA ETAPA: TRAMO 4 | | | | |
| Nº | ACTIVIDAD/EQUIPO | HRS | PRECIO HRS | TOTAL |
| III | MOVIMIENTO DE TIERRA | 4.10 | \$ 1,847.15 | \$ 5,541.45 |
| 1 | Corte | 8.00 | \$ 70.00 | \$ 560.00 |
| | <i>Tractor D7R LGP (180HP)</i> | 8.00 | \$ 70.00 | \$ 560.00 |
| 2 | Relleno | 3.50 | \$ 120.00 | \$ 420.00 |
| | <i>Tractor D7R LGP (180HP)</i> | 3.50 | \$ 70.00 | \$ 245.00 |
| | <i>Vibrocompactadora de rodillo CS 533D</i> | 3.50 | \$ 50.00 | \$ 175.00 |
| 3 | Botar material sobrante | 3.88 | \$ 204.38 | \$ 793.00 |
| | <i>Cargadora frontal 930</i> | 3.88 | \$ 55.00 | \$ 213.40 |
| | <i>Camión Volquete DT 466E</i> | 16.56 | \$ 35.00 | \$ 579.60 |
| 4 | Conformación y compactación | 0.85 | \$ 110.00 | \$ 93.50 |
| | <i>Motoniveladora 120H (180HP)</i> | 0.85 | \$ 60.00 | \$ 51.00 |
| | <i>Vibrocompactadora de rodillo CS 533D</i> | 0.85 | \$ 50.00 | \$ 42.50 |
| 5 | Botar residuos de la conformación | 1.00 | \$ 195.00 | \$ 195.00 |
| | <i>Cargadora frontal 930</i> | 1.00 | \$ 55.00 | \$ 55.00 |
| | <i>Camión Volquete DT 466E</i> | 4.00 | \$ 35.00 | \$ 140.00 |
| 6 | Explotación de banco | 6.00 | \$ 75.00 | \$ 450.00 |
| | <i>Excavadora 318B L</i> | 6.00 | \$ 75.00 | \$ 450.00 |
| 7 | Acarreo de material selecto | 2.76 | \$ 227.17 | \$ 627.00 |
| | <i>Excavadora 318B L</i> | 2.76 | \$ 75.00 | \$ 207.00 |
| | <i>Camión Volquete DT 466E</i> | 12.00 | \$ 35.00 | \$ 420.00 |
| 8 | Primera capa de BASE | 5.91 | \$ 112.37 | \$ 664.10 |
| | <i>Motoniveladora 120H (180HP)</i> | 3.88 | \$ 60.00 | \$ 232.80 |
| | <i>Cisterna</i> | 3.88 | \$ 35.00 | \$ 135.80 |
| | <i>Vibrocompactadora de rodillo CS 533C</i> | 5.91 | \$ 50.00 | \$ 295.50 |
| 9 | Acarreo de material selecto | 2.76 | \$ 335.87 | \$ 927.00 |
| | <i>Excavadora 318B L</i> | 2.76 | \$ 75.00 | \$ 207.00 |
| | <i>Camión Volquete DT 466E</i> | 12.00 | \$ 60.00 | \$ 720.00 |
| 10 | Segunda capa de BASE | 5.91 | \$ 137.37 | \$ 811.85 |
| | <i>Motoniveladora 120H (180HP)</i> | 3.88 | \$ 60.00 | \$ 232.80 |
| | <i>Cisterna</i> | 3.88 | \$ 35.00 | \$ 135.80 |
| | <i>Vibrocompactadora de rodillo CS 533C</i> | 5.91 | \$ 50.00 | \$ 443.25 |
| | | | TOTAL | \$ 5,553.45 |
| | | | TOTAL | C\$ 104,793.60 |
| | | | Tipo de cambio = | C\$ 18.87 |

| ALQUILER DE MAQUINARIA | | | | |
|---------------------------------------|---|-------------|------------------|--------------------|
| SEGUNDA ETAPA: TRAMO 3 (continuación) | | | | |
| Nº | ACTIVIDAD/EQUIPO | HRS | PRECIO HRS | TOTAL |
| III | MOVIMIENTO DE TIERRA | 4.10 | \$ 467.07 | \$ 1,915.00 |
| 1 | Corte | 1.00 | \$ 70.00 | \$ 70.00 |
| | <i>Tractor D7R LGP (180HP)</i> | 1.00 | \$ 70.00 | \$ 70.00 |
| 2 | Relleno | 1.00 | \$ 120.00 | \$ 120.00 |
| | <i>Tractor D7R LGP (180HP)</i> | 1.00 | \$ 70.00 | \$ 70.00 |
| | <i>Vibrocompactadora de rodillo CS 533D</i> | 1.00 | \$ 50.00 | \$ 50.00 |
| 3 | Botar material sobrante | 1.00 | \$ 195.00 | \$ 195.00 |
| | <i>Cargadora frontal 930</i> | 1.00 | \$ 55.00 | \$ 55.00 |
| | <i>Camión Volquete DT 466E</i> | 4.00 | \$ 35.00 | \$ 140.00 |
| 4 | Conformación y compactación | 1.00 | \$ 110.00 | \$ 110.00 |
| | <i>Motoniveladora 120H (180HP)</i> | 1.00 | \$ 60.00 | \$ 60.00 |
| | <i>Vibrocompactadora de rodillo CS 533D</i> | 1.00 | \$ 50.00 | \$ 50.00 |
| 5 | Botar residuos de la conformación | 1.00 | \$ 195.00 | \$ 195.00 |
| | <i>Cargadora frontal 930</i> | 1.00 | \$ 55.00 | \$ 55.00 |
| | <i>Camión Volquete DT 466E</i> | 4.00 | \$ 35.00 | \$ 140.00 |
| 6 | Explotación de banco | 1.00 | \$ 75.00 | \$ 75.00 |
| | <i>Excavadora 318B L</i> | 1.00 | \$ 75.00 | \$ 75.00 |
| 7 | Acarreo de material selecto | 0.50 | \$ 635.00 | \$ 317.50 |
| | <i>Excavadora 318B L</i> | 0.50 | \$ 75.00 | \$ 37.50 |
| | <i>Camión Volquete DT 466E</i> | 8.00 | \$ 35.00 | \$ 280.00 |
| 8 | Primera capa de BASE | 1.00 | \$ 145.00 | \$ 145.00 |
| | <i>Motoniveladora 120H (180HP)</i> | 1.00 | \$ 60.00 | \$ 60.00 |
| | <i>Cisterna</i> | 1.00 | \$ 35.00 | \$ 35.00 |
| | <i>Vibrocompactadora de rodillo CS 533C</i> | 1.00 | \$ 50.00 | \$ 50.00 |
| 9 | Acarreo de material selecto | 0.50 | \$ 1,035.00 | \$ 517.50 |
| | <i>Excavadora 318B L</i> | 0.50 | \$ 75.00 | \$ 37.50 |
| | <i>Camión Volquete DT 466E</i> | 8.00 | \$ 60.00 | \$ 480.00 |
| 10 | Segunda capa de BASE | 1.00 | \$ 170.00 | \$ 170.00 |
| | <i>Motoniveladora 120H (180HP)</i> | 1.00 | \$ 60.00 | \$ 60.00 |
| | <i>Cisterna</i> | 1.00 | \$ 35.00 | \$ 35.00 |
| | <i>Vibrocompactadora de rodillo CS 533C</i> | 1.00 | \$ 50.00 | \$ 75.00 |
| | | | TOTAL | \$ 1,927.00 |
| | | | TOTAL | C\$ 36,362.49 |

| | | | |
|--|-------------------------|------------|--------------|
| | Tipo de cambio = | C\$ | 18.87 |
|--|-------------------------|------------|--------------|

| ALQUILER DE MAQUINARIA | | | | |
|------------------------|---|-------------|--------------------|----------------------|
| TERCERA ETAPA: TRAMO 2 | | | | |
| Nº | ACTIVIDAD/EQUIPO | HRS | PRECIO HRS | TOTAL |
| III | MOVIMIENTO DE TIERRA | 4.10 | \$ 1,278.49 | \$ 5,241.80 |
| 1 | Corte | 8.00 | \$ 70.00 | \$ 560.00 |
| | <i>Tractor D7R LGP (180HP)</i> | 8.00 | \$ 70.00 | \$ 560.00 |
| 2 | Relleno | 3.50 | \$ 120.00 | \$ 420.00 |
| | <i>Tractor D7R LGP (180HP)</i> | 3.50 | \$ 70.00 | \$ 245.00 |
| | <i>Vibrocompactadora de rodillo CS 533D</i> | 3.50 | \$ 50.00 | \$ 175.00 |
| 3 | Botar material sobrante | 3.83 | \$ 208.89 | \$ 800.05 |
| | <i>Cargadora frontal 930</i> | 3.83 | \$ 55.00 | \$ 210.65 |
| | <i>Camión Volquete DT 466E</i> | 16.84 | \$ 35.00 | \$ 589.40 |
| 4 | Conformación y compactación | 0.86 | \$ 110.00 | \$ 94.60 |
| | <i>Motoniveladora 120H (180HP)</i> | 0.86 | \$ 60.00 | \$ 51.60 |
| | <i>Vibrocompactadora de rodillo CS 533D</i> | 0.86 | \$ 50.00 | \$ 43.00 |
| 5 | Botar residuos de la conformación | 1.00 | \$ 195.00 | \$ 195.00 |
| | <i>Cargadora frontal 930</i> | 1.00 | \$ 55.00 | \$ 55.00 |
| | <i>Camión Volquete DT 466E</i> | 4.00 | \$ 35.00 | \$ 140.00 |
| 6 | Explotación de banco | 3.00 | \$ 75.00 | \$ 225.00 |
| | <i>Excavadora 318B L</i> | 3.00 | \$ 75.00 | \$ 225.00 |
| 7 | Acarreo de material selecto | 2.79 | \$ 225.54 | \$ 629.25 |
| | <i>Excavadora 318B L</i> | 2.79 | \$ 75.00 | \$ 209.25 |
| | <i>Camión Volquete DT 466E</i> | 12.00 | \$ 35.00 | \$ 420.00 |
| 8 | Primera capa de BASE | 5.47 | \$ 114.43 | \$ 625.95 |
| | <i>Motoniveladora 120H (180HP)</i> | 3.71 | \$ 60.00 | \$ 222.60 |
| | <i>Cisterna</i> | 3.71 | \$ 35.00 | \$ 129.85 |
| | <i>Vibrocompactadora de rodillo CS 533C</i> | 5.47 | \$ 50.00 | \$ 273.50 |
| 9 | Acarreo de material selecto | 2.79 | \$ 333.06 | \$ 929.25 |
| | <i>Excavadora 318B L</i> | 2.79 | \$ 75.00 | \$ 209.25 |
| | <i>Camión Volquete DT 466E</i> | 12.00 | \$ 60.00 | \$ 720.00 |
| 10 | Segunda capa de BASE | 5.47 | \$ 139.43 | \$ 762.70 |
| | <i>Motoniveladora 120H (180HP)</i> | 3.71 | \$ 60.00 | \$ 222.60 |
| | <i>Cisterna</i> | 3.71 | \$ 35.00 | \$ 129.85 |
| | <i>Vibrocompactadora de rodillo CS 533C</i> | 5.47 | \$ 50.00 | \$ 410.25 |
| | | | TOTAL | \$ 5,241.80 |
| | | | TOTAL | C\$ 98,912.77 |

| | | | | |
|--|--|--|-------------------------|------------------|
| | | | | |
| | | | Tipo de cambio = | C\$ 18.87 |

| ALQUILER DE MAQUINARIA | | | | |
|------------------------|---|-------------|--------------------|--------------------|
| CUARTA ETAPA: TRAMO 5 | | | | |
| Nº | ACTIVIDAD/EQUIPO | HRS | PRECIO HRS | TOTAL |
| III | MOVIMIENTO DE TIERRA | 1.82 | \$ 1,939.56 | \$ 3,530.00 |
| 1 | Corte | 4.00 | \$ 70.00 | \$ 280.00 |
| | <i>Tractor D7R LGP (180HP)</i> | 4.00 | \$ 70.00 | \$ 280.00 |
| 2 | Relleno | 2.77 | \$ 120.00 | \$ 332.40 |
| | <i>Tractor D7R LGP (180HP)</i> | 2.77 | \$ 70.00 | \$ 193.90 |
| | <i>Vibrocompactadora de rodillo CS 533D</i> | 2.77 | \$ 50.00 | \$ 138.50 |
| 3 | Botar material sobrante | 2.10 | \$ 213.00 | \$ 447.30 |
| | <i>Cargadora frontal 930</i> | 2.10 | \$ 55.00 | \$ 115.50 |
| | <i>Camión Volquete DT 466E</i> | 9.48 | \$ 35.00 | \$ 331.80 |
| 4 | Conformación y compactación | 1.00 | \$ 110.00 | \$ 110.00 |
| | <i>Motoniveladora 120H (180HP)</i> | 1.00 | \$ 60.00 | \$ 60.00 |
| | <i>Vibrocompactadora de rodillo CS 533D</i> | 1.00 | \$ 50.00 | \$ 50.00 |
| 5 | Botar residuos de la conformación | 1.00 | \$ 195.00 | \$ 195.00 |
| | <i>Cargadora frontal 930</i> | 1.00 | \$ 55.00 | \$ 55.00 |
| | <i>Camión Volquete DT 466E</i> | 4.00 | \$ 35.00 | \$ 140.00 |
| 6 | Explotación de banco | 2.30 | \$ 75.00 | \$ 172.50 |
| | <i>Excavadora 318B L</i> | 2.30 | \$ 75.00 | \$ 172.50 |
| 7 | Acarreo de material selecto | 1.72 | \$ 237.79 | \$ 409.00 |
| | <i>Excavadora 318B L</i> | 1.72 | \$ 75.00 | \$ 129.00 |
| | <i>Camión Volquete DT 466E</i> | 8.00 | \$ 35.00 | \$ 280.00 |
| 8 | Primera capa de BASE | 4.50 | \$ 95.81 | \$ 431.15 |
| | <i>Motoniveladora 120H (180HP)</i> | 2.17 | \$ 60.00 | \$ 130.20 |
| | <i>Cisterna</i> | 2.17 | \$ 35.00 | \$ 75.95 |
| | <i>Vibrocompactadora de rodillo CS 533C</i> | 4.50 | \$ 50.00 | \$ 225.00 |
| 9 | Acarreo de material selecto | 1.72 | \$ 354.07 | \$ 609.00 |
| | <i>Excavadora 318B L</i> | 1.72 | \$ 75.00 | \$ 129.00 |
| | <i>Camión Volquete DT 466E</i> | 8.00 | \$ 60.00 | \$ 480.00 |
| 10 | Segunda capa de BASE | 4.50 | \$ 120.81 | \$ 543.65 |
| | <i>Motoniveladora 120H (180HP)</i> | 2.17 | \$ 60.00 | \$ 130.20 |
| | <i>Cisterna</i> | 2.17 | \$ 35.00 | \$ 75.95 |
| | <i>Vibrocompactadora de rodillo CS 533C</i> | 4.50 | \$ 50.00 | \$ 337.50 |
| | | | TOTAL | \$ 3,542.00 |

| | | | | |
|--|--|--|-------------------------|----------------------|
| | | | TOTAL | C\$ 66,837.54 |
| | | | | |
| | | | Tipo de cambio = | C\$ 18.87 |

NOTA: Estos precios incluyen el pago del operador para cada equipo.

La empresa consultada para el alquiler de maquinaria (TRAYMA) establece precios mínimos de usos y precios por adelantado de la siguiente manera:

- a.- Si la duración del uso de las maquinas es menor de 50 horas se paga el 100% del alquiler por adelantado.
- b.- Si el alquiler del equipo supera las 50 horas de uso se paga por adelantado el 50% del costo total y el resto se paga según contrato de alquiler.
- c.- Se establece una tarifa mínima de 4 horas diarias por equipo ya sea que éste trabaje o no, esto se verifica mediante un dispositivo llamado norómetro, el cual mide el tiempo de trabajo de la maquina.

A.3.- Costos en pago de mano de obra.

El pago de planilla se determina mediante un salario base diario el cual es afectado por algunos factores que también intervienen, si el pago se realiza “por metro”, los factores son:

Salario base = El correspondiente a cada tipo de trabajo

Prestaciones = 1.357

Seguro social 12.5%

Viáticos 15%

Aguinaldo 8.3%

Salario real = 1.36

Varios = 1.11

Herramientas 3%

Mano de obra 8%

Salario devengado = (Salario base) x1.357x1.36x1.11

Considerando los factores anteriores, el salario base para cada tipo de especialidad queda como se indica en la columna “Pago por UM”, se debe señalar que el salario devengado, descrito anteriormente se basa en las planillas de pago que la alcaldía de Masaya suministró a los autores.

| COSTOS EN PAGO DE MANO DE OBRA | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------------|------------|-------------|----------------------|-----------------------|
| PRIMERA ETAPA: TRAMO 1 | | | | | |
| Nº | DESCRIPCIÓN | UM | CANTIDAD | Pago por UM | Total a pagar |
| I | PRELIMINARES | GLB | 1.00 | C\$ 2,838.90 | C\$ 2,838.90 |
| 2 | Demoliciones | HRS | 18.00 | C\$ 12.91 | C\$ 232.38 |
| 3 | Nivelación | ML | 868.84 | C\$ 3.00 | C\$ 2,606.52 |
| | | | | | |
| II | MOVIMIENTO DE TIERRA | GLB | 1.00 | C\$ 1,678.30 | C\$ 1,678.30 |
| 1 | Corte | HRS | 40.00 | C\$ 12.91 | C\$ 516.4 |
| 2 | Relleno | HRS | 18.00 | C\$ 12.91 | C\$ 232.38 |
| 3 | Conformación y compactación | HRS | 18.00 | C\$ 12.91 | C\$ 232.38 |
| 7 | Revestimiento (Base) | HRS | 54.00 | C\$ 12.91 | C\$ 697.14 |
| | | | | | |
| IV | CUNETA, ANDÉN Y BORDILLO | GLB | 1.00 | C\$ 76,385.16 | C\$ 76,385.16 |
| 1 | Bordillo (Incluye Mediana) | U | 3,383.00 | C\$ 5.00 | C\$ 16,915.00 |
| 2 | Caite | U | 2,173.00 | C\$ 5.00 | C\$ 10,865.00 |
| | Colar arena | M3 | 18.47 | C\$ 7.82 | C\$ 144.44 |
| | Repello | ML | 1,594.84 | C\$ 11.15 | C\$ 17,782.47 |
| 3 | Andén de concreto | M2 | 840.04 | C\$ 36.52 | C\$ 30,678.26 |
| | | | | | |
| V | CARPETA DE RODAMIENTO | GLB | 1.00 | C\$ 61,520.56 | C\$ 61,520.56 |
| 2 | Adoquinado | M2 | 3,127.82 | C\$ 13.93 | C\$ 43,570.59 |
| | Colar arena | M3 | 10.95 | C\$ 7.82 | C\$ 85.61 |
| 3 | Viga transversal | ML | 23.40 | C\$ 30.00 | C\$ 702.00 |
| 4 | Viga de remate | ML | 868.84 | C\$ 18.65 | C\$ 16,203.87 |
| 5 | Reparaciones | HRS | 45.00 | C\$ 21.30 | C\$ 958.50 |
| | | | | | |
| VI | OBRAS DE DRENAJE | GLB | 1.00 | C\$ 9,275.99 | C\$ 9,275.99 |
| 1 | Vado de concreto | M2 | 112.32 | C\$ 41.29 | C\$ 4,638.00 |
| | Armadura | qq | 12.84 | C\$ 81.00 | C\$ 1,040.04 |
| | Hacer concreto | M3 | 17.01 | C\$ 132.87 | C\$ 2,260.12 |
| | Fundir concreto | M3 | 17.01 | C\$ 78.65 | C\$ 1,337.84 |
| | | | | | |
| VII | SEÑALIZACIÓN | GLB | 1.00 | C\$ 1,696.32 | C\$ 1,696.32 |
| | Todas | HRS | 18.00 | C\$ 94.24 | C\$ 1,696.32 |
| | | | | | |
| VIII | ENTREGA FINAL | GLB | 1.00 | C\$ 5,127.67 | C\$ 5,127.67 |
| 1 | Limpieza final | M2 | 3,127.82 | C\$ 1.53 | C\$ 4,785.57 |
| 3 | Placa conmemorativa | U | 2.00 | C\$ 171.05 | C\$ 342.10 |
| | | | | | |
| | | | | SUB TOTAL | C\$ 158,522.91 |

| PAGO DE MANO DE OBRA | | | | | |
|------------------------|---------------------------------|------------|-------------|----------------------|-----------------------|
| SEGUNDA ETAPA: TRAMO 4 | | | | | |
| Nº | DESCRIPCIÓN | UM | CANTIDAD | Pago por UM | Total a pagar |
| I | PRELIMINARES | GLB | 1.00 | C\$ 2,183.28 | C\$ 2,183.28 |
| 3 | Nivelación | ML | 727.76 | C\$ 3.00 | C\$ 2,183.28 |
| II | MOVIMIENTO DE TIERRA | GLB | 1.00 | C\$ 1,161.90 | C\$ 1,161.90 |
| 1 | Corte | HRS | 18.00 | C\$ 12.91 | C\$ 232.38 |
| 2 | Relleno | HRS | 18.00 | C\$ 12.91 | C\$ 232.38 |
| 3 | Conformación y compactación | HRS | 18.00 | C\$ 12.91 | C\$ 232.38 |
| 7 | Revestimiento (Base) | HRS | 36.00 | C\$ 12.91 | C\$ 464.76 |
| IV | CUNETA, ANDÉN Y BORDILLO | GLB | 1.00 | C\$ 54,952.20 | C\$ 54,952.20 |
| 1 | Cantera para Bordillo | U | 1,820.00 | C\$ 5.00 | C\$ 9,100.00 |
| 2 | Cantera para Caite | U | 1,820.00 | C\$ 5.00 | C\$ 9,100.00 |
| | Colar arena | M3 | 12.83 | C\$ 7.82 | C\$ 100.33 |
| | Repello | ML | 1,455.70 | C\$ 11.15 | C\$ 16,231.06 |
| 3 | Andén de concreto | M2 | 559.17 | C\$ 36.52 | C\$ 20,420.82 |
| V | CARPETA DE RODAMIENTO | GLB | 1.00 | C\$ 46,444.07 | C\$ 46,444.07 |
| 2 | Adoquinado | M2 | 2,183.28 | C\$ 13.93 | C\$ 30,413.09 |
| | Colar arena | M3 | 7.64 | C\$ 7.82 | C\$ 59.76 |
| 3 | Viga transversal | ML | 48.00 | C\$ 30.00 | C\$ 1,440.00 |
| 4 | Viga de remate | ML | 727.76 | C\$ 18.65 | C\$ 13,572.72 |
| 5 | Reparaciones | HRS | 45.00 | C\$ 21.30 | C\$ 958.50 |
| VI | OBRAS DE DRENAJE | GLB | 1.00 | C\$ 4,039.39 | C\$ 4,039.39 |
| 1 | Vado de concreto | M2 | 43.20 | C\$ 46.75 | C\$ 2,019.70 |
| | Armadura | qq | 6.42 | C\$ 81.00 | C\$ 520.02 |
| | Hacer concreto | M3 | 7.09 | C\$ 132.87 | C\$ 942.05 |
| | Fundir concreto | M3 | 7.09 | C\$ 78.65 | C\$ 557.63 |
| VII | SEÑALIZACIÓN | GLB | 1.00 | C\$ 1,696.32 | C\$ 1,696.32 |
| | Todas | HRS | 18.00 | C\$ 94.24 | C\$ 1,696.32 |
| VIII | ENTREGA FINAL | GLB | 1.00 | C\$ 3,340.42 | C\$ 3,340.42 |
| 1 | Limpieza final | M2 | 2,183.28 | C\$ 1.53 | C\$ 3,340.42 |
| SUB TOTAL | | | | | C\$ 113,817.58 |

| PAGO DE MANO DE OBRA | | | | | |
|------------------------|---------------------------------|------------|-------------|---------------------|----------------------|
| SEGUNDA ETAPA: TRAMO 3 | | | | | |
| Nº | DESCRIPCIÓN | UM | CANTIDAD | Pago por UM | Total a pagar |
| I | PRELIMINARES | GLB | 1.00 | C\$ 328.56 | C\$ 328.56 |
| 3 | Nivelación | ML | 109.52 | C\$ 3.00 | C\$ 328.56 |
| II | MOVIMIENTO DE TIERRA | GLB | 1.00 | C\$ 929.52 | C\$ 929.52 |
| 1 | Corte | HRS | 18.00 | C\$ 12.91 | C\$ 232.38 |
| 2 | Relleno | HRS | 18.00 | C\$ 12.91 | C\$ 232.38 |
| 3 | Conformación y compactación | HRS | 18.00 | C\$ 12.91 | C\$ 232.38 |
| 7 | Revestimiento (Base) | HRS | 18.00 | C\$ 12.91 | C\$ 232.38 |
| IV | CUNETA, ANDÉN Y BORDILLO | GLB | 1.00 | C\$ 7,556.04 | C\$ 7,556.04 |
| 1 | Cantera para Bordillo | U | 274.00 | C\$ 5.00 | C\$ 1,370.00 |
| 2 | Cantera para Caite | U | 274.00 | C\$ 5.00 | C\$ 1,370.00 |
| | Colar arena | M3 | 1.93 | C\$ 7.82 | C\$ 15.09 |
| | Repello | ML | 219.07 | C\$ 11.15 | C\$ 2,442.63 |
| 3 | Andén de concreto | M2 | 64.58 | C\$ 36.52 | C\$ 2,358.32 |
| V | CARPETA DE RODAMIENTO | GLB | 1.00 | C\$ 6,820.08 | C\$ 6,820.08 |
| 2 | Adoquinado | M2 | 328.56 | C\$ 13.93 | C\$ 4,576.84 |
| | Colar arena | M3 | 1.15 | C\$ 7.82 | C\$ 8.99 |
| 4 | Viga de remate | ML | 109.52 | C\$ 18.65 | C\$ 2,042.55 |
| 5 | Reparaciones | HRS | 9.00 | C\$ 21.30 | C\$ 191.70 |
| VI | OBRAS DE DRENAJE | GLB | 1.00 | C\$ 1,345.05 | C\$ 1,345.05 |
| 1 | Vado de concreto | M2 | 14.40 | C\$ 46.70 | C\$ 672.53 |
| | Armadura | qq | 2.14 | C\$ 81.00 | C\$ 173.34 |
| | Hacer concreto | M3 | 2.36 | C\$ 132.87 | C\$ 313.57 |
| | Fundir concreto | M3 | 2.36 | C\$ 78.65 | C\$ 185.61 |
| VII | SEÑALIZACIÓN | GLB | 1.00 | C\$ 848.16 | C\$ 848.16 |
| | Todas | HRS | 9.00 | C\$ 94.24 | C\$ 848.16 |
| VIII | ENTREGA FINAL | GLB | 1.00 | C\$ 502.70 | C\$ 502.70 |
| 1 | Limpieza final | M2 | 328.56 | C\$ 1.53 | C\$ 502.70 |
| | | | | | |
| | | | | SUB TOTAL | C\$ 18,330.11 |

| PAGO DE MANO DE OBRA | | | | | |
|------------------------|---------------------------------|------------|-------------|----------------------|-----------------------|
| TERCERA ETAPA: TRAMO 2 | | | | | |
| Nº | DESCRIPCIÓN | UM | CANTIDAD | Pago por UM | Total a pagar |
| I | PRELIMINARES | GLB | 1.00 | C\$ 2,253.48 | C\$ 2,253.48 |
| 3 | Nivelación | ML | 751.16 | C\$ 3.00 | C\$ 2,253.48 |
| | | | | | |
| II | MOVIMIENTO DE TIERRA | GLB | 1.00 | C\$ 1,161.90 | C\$ 1,161.90 |
| 1 | Corte | HRS | 18.00 | C\$ 12.91 | C\$ 232.38 |
| 2 | Relleno | HRS | 18.00 | C\$ 12.91 | C\$ 232.38 |
| 3 | Conformación y compactación | HRS | 18.00 | C\$ 12.91 | C\$ 232.38 |
| 7 | Revestimiento (Base) | HRS | 36.00 | C\$ 12.91 | C\$ 464.76 |
| | | | | | |
| IV | CUNETA, ANDÉN Y BORDILLO | GLB | 1.00 | C\$ 56,740.10 | C\$ 56,740.10 |
| 1 | Cantera para Bordillo | U | 1,878.00 | C\$ 5.00 | C\$ 9,390.00 |
| 2 | Cantera para Caite | U | 1,878.00 | C\$ 5.00 | C\$ 9,390.00 |
| | Colar arena | M3 | 13.24 | C\$ 7.82 | C\$ 103.54 |
| | Repello | ML | 1,502.43 | C\$ 11.15 | C\$ 16,752.09 |
| 3 | Andén de concreto | M2 | 577.89 | C\$ 36.52 | C\$ 21,104.47 |
| | | | | | |
| V | CARPETA DE RODAMIENTO | GLB | 1.00 | C\$ 48,220.29 | C\$ 48,220.29 |
| 2 | Adoquinado | M2 | 2,253.48 | C\$ 13.93 | C\$ 31,390.98 |
| | Colar arena | M3 | 7.89 | C\$ 7.82 | C\$ 61.68 |
| 3 | Viga transversal | ML | 60.00 | C\$ 30.00 | C\$ 1,800.00 |
| 4 | Viga de remate | ML | 751.16 | C\$ 18.65 | C\$ 14,009.13 |
| 5 | Reparaciones | HRS | 45.00 | C\$ 21.30 | C\$ 958.50 |
| | | | | | |
| VI | OBRAS DE DRENAJE | GLB | 1.00 | C\$ 2,694.34 | C\$ 2,694.34 |
| 1 | Vado de concreto | M2 | 28.80 | C\$ 46.78 | C\$ 1,347.17 |
| | Armadura | qq | 4.28 | C\$ 81.00 | C\$ 346.68 |
| | Hacer concreto | M3 | 4.73 | C\$ 132.87 | C\$ 628.48 |
| | Fundir concreto | M3 | 4.73 | C\$ 78.65 | C\$ 372.01 |
| | | | | | |
| VII | SEÑALIZACIÓN | GLB | 1.00 | C\$ 1,696.32 | C\$ 1,696.32 |
| | Todas | HRS | 18.00 | C\$ 94.24 | C\$ 1,696.32 |
| | | | | | |
| VIII | ENTREGA FINAL | GLB | 1.00 | C\$ 3,447.82 | C\$ 3,447.82 |
| 1 | Limpieza final | M2 | 2,253.48 | C\$ 1.53 | C\$ 3,447.82 |
| | | | | | |
| | | | | SUB TOTAL | C\$ 116,214.25 |

| PAGO DE MANO DE OBRA | | | | | |
|-----------------------|---------------------------------|------------|-------------|----------------------|----------------------|
| CUARTA ETAPA: TRAMO 5 | | | | | |
| Nº | DESCRIPCIÓN | UM | CANTIDAD | Pago por UM | Total a pagar |
| I | PRELIMINARES | GLB | 1.00 | C\$ 1,159.80 | C\$ 1,159.80 |
| 2 | Demoliciones | HRS | 0.00 | C\$ 12.91 | C\$ - |
| 3 | Nivelación | ML | 386.60 | C\$ 3.00 | C\$ 1,159.80 |
| | | | | | |
| II | MOVIMIENTO DE TIERRA | GLB | 1.00 | C\$ 1,161.90 | C\$ 1,161.90 |
| 1 | Corte | HRS | 18.00 | C\$ 12.91 | 232.38 |
| 2 | Relleno | HRS | 18.00 | C\$ 12.91 | 232.38 |
| 3 | Conformación y compactación | HRS | 18.00 | C\$ 12.91 | 232.38 |
| 7 | Revestimiento (Base) | HRS | 36.00 | C\$ 12.91 | 464.76 |
| | | | | | |
| IV | CUNETA, ANDÉN Y BORDILLO | GLB | 1.00 | C\$ 31,409.95 | C\$ 31,409.95 |
| 1 | Cantera para Bordillo | U | 967.00 | C\$ 5.00 | C\$ 4,835.00 |
| 2 | Cantera para Caite | U | 967.00 | C\$ 5.00 | C\$ 4,835.00 |
| | Colar arena | M3 | 6.81 | C\$ 7.82 | C\$ 53.25 |
| | Repello | ML | 773.08 | C\$ 11.15 | C\$ 8,619.84 |
| 3 | Andén de concreto | M2 | 357.80 | C\$ 36.52 | C\$ 13,066.86 |
| | | | | | |
| V | CARPETA DE RODAMIENTO | GLB | 1.00 | C\$ 28,241.90 | C\$ 28,241.90 |
| 2 | Adoquinado | M2 | 1,391.76 | C\$ 13.93 | C\$ 19,387.22 |
| | Colar arena | M3 | 4.87 | C\$ 7.82 | C\$ 38.09 |
| 3 | Viga transversal | ML | 21.60 | C\$ 30.00 | C\$ 648.00 |
| 4 | Viga de remate | ML | 386.60 | C\$ 18.65 | C\$ 7,210.09 |
| 5 | Reparaciones | HRS | 45.00 | C\$ 21.30 | C\$ 958.50 |
| | | | | | |
| VI | OBRAS DE DRENAJE | GLB | 1.00 | C\$ 3,092.00 | C\$ 3,092.00 |
| 1 | Vado de concreto | M2 | 34.56 | C\$ 44.73 | C\$ 1,546.00 |
| | Armadura | qq | 4.28 | C\$ 81.00 | C\$ 346.68 |
| | Hacer concreto | M3 | 5.67 | C\$ 132.87 | C\$ 753.37 |
| | Fundir concreto | M3 | 5.67 | C\$ 78.65 | C\$ 445.95 |
| | | | | | |
| VII | SEÑALIZACIÓN | GLB | 1.00 | C\$ 2,544.48 | C\$ 2,544.48 |
| | Todas | HRS | 27.00 | C\$ 94.24 | C\$ 2,544.48 |
| | | | | | |
| VIII | ENTREGA FINAL | GLB | 1.00 | C\$ 2,129.39 | C\$ 2,129.39 |
| 1 | Limpieza final | M2 | 1,391.76 | C\$ 1.53 | C\$ 2,129.39 |
| | | | | | |
| | | | | SUB TOTAL | C\$ 69,739.42 |

Resumen de costos por tramos.

| Tramo | Costos en materiales | Costos en maquinaria | Costos en mano de obra | Costos por tramo |
|---------|-----------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|
| 1 | 1, 095, 228.26 | 207, 019.00 | 158, 522.91 | 1, 460, 770.17 |
| 2 | 748, 735.72 | 104, 793.60 | 113, 817.58 | 967, 346.90 |
| 3 | 113, 270.80 | 36, 362.49 | 18, 330.11 | 167, 963.4 |
| 4 | 767, 636.67 | 98, 912.77 | 116, 214.25 | 982, 763.69 |
| 5 | 463, 896.05 | 66, 837.54 | 69, 739.42 | 600, 473.01 |
| Totales | 3, 188, 767.50 | 513, 925.40 | 476, 624.27 | 4, 179, 317.17 |

Tabla VII. 6: Detalles de costos directos por tramos.

La suma de los totales representan los costos directos (CD) de la obra, es decir los COSTOS DIRECTOS = C\$ 4,179, 317.17 (CUATRO MILLONES CIENTO SETENTA Y NUEVE MIL TRESCIENTOS DIECISIETE CON 17/100 CÓRDOBAS).

B.- Costos Indirectos.

B.1.- Costos indirectos de operación (administración)

B.1.1.- Organización de la empresa

B.1.2.- Costos de la oficina central

Se considerará un 3% sobre los costos directos.

B.2.- Costos indirectos de obra

B.2.1.- Organización de la obra

B.2.2.- Costos de oficina de obra

Se considerará un 7% sobre los costos directos.

B.3.- Imprevistos:

Para los imprevistos se tomará un 1%

B.4.- Financiamiento de garantías

Mantenimiento de oferta.

Se considera 1% de costos directos mientras dure el proceso de licitación (2 meses máximos)

Cumplimiento de contrato

Se considera 20% de los costos directos

Adelantos

Se considera 40% del cosde los costos directos

Vicios ocultos

Se considera 5% anual

$$\text{Financiamiento} = \frac{3\%}{\text{mes}} * \text{Total defianzas} * \text{Costos directos}$$

$$\text{Financiamiento} = \frac{3\%}{\text{mes}} * (66\%) * \text{Costos directos}$$

$$\text{Financiamiento} = \frac{1.98\%}{\text{mes}} * \text{Costos directos}$$

$$\text{Duración} = 227.1 \text{días} * \frac{\text{mes}}{30 \text{días}} = 7.57 \text{meses} \approx 8 \text{meses}$$

$$\text{Financiamiento} = \frac{3\%}{\text{mes}} * 8 \text{meses} * \text{Costos directos} = 24\% * \text{Costos directos}$$

Entonces, el factor de sobre costo (Fsc) se estima así:

| | |
|--------------------------------|----------------|
| Costos indirectos de operación | C\$ 3% |
| Costos indirectos de obra | C\$ 7% |
| Imprevistos | C\$ 1% |
| <u>Financiamiento</u> | <u>C\$ 24%</u> |
| Fsc | C\$ 25% |

$$\text{Costos indirectos} = CD \times Fsc$$

$$\text{Costos indirectos} = 4,179,317.17 \times 0.25$$

$$\text{Costos indirectos} = \underline{\underline{\$ 1,044,829.29}}$$

C.- Costo Total de la obra (Precio Base)

| | |
|----------------------------|--------------------------|
| Costos Directos | C\$ 4,179,317.17 |
| <u>Costos Indirectos</u> | <u>C\$ 1,044,829.29.</u> |
| Sub total | C\$ 5,224,146.46 |
| | |
| <u>Utilidades (7%)</u> | <u>C\$ 365,690.25</u> |
| Total sin impuestos | C\$ 5,589,836.71 |

| | |
|--|--------------------------|
| Impuesto municipal (1%) | C\$ 55,898.37 |
| <u>Retención pos servicio de construcción (2%)</u> | <u>C\$ 111,796.73</u> |
| Total sin IVA | C\$ 5,757,531.381 |
| | |
| <u>IVA (15%)</u> | <u>C\$ 863,629.77</u> |
| TOTAL | C\$ 6,621,161.58 |

CAPÍTULO VIII

IMPACTO AMBIENTAL

En este capítulo se aborda el estudio del impacto ambiental en la etapa de construcción del proyecto Adoquinado de calle MEBASA-La Aguja-Bo 26 Febrero localizado en el costado este, sur y sur este del mercado Ernesto Fernández de la ciudad de Masaya. En este capítulo se busca reflejar mediante un análisis cuantitativo, los diversos impactos causados al ambiente mediante la etapa de construcción del proyecto. Aunque estos impactos no se pueden eliminar por completo, se pueden atenuar de tal manera que los efectos constructivos y post-constructivos sean mínimos.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El objetivo central de este proyecto es solventar la problemática que sufren los usuarios de dicha vía de transporte permitiéndoles ahorrar tiempo y evitando el deterioro de sus unidades de transporte provocado por el mal estado de dicha calle en estudio de tal forma que contribuya a mejorar la calidad de vida de la población aledaña a la zona, aunque si no se consideran todos los factores ambientales del medio este objetivo pudiera revertirse y causar un efecto adverso. La siguiente tabla muestra un análisis de la calidad ambiental del sitio sin considerar el proyecto.

| Factores Ambientales | Alteraciones Ambientales | | Valoración de la calidad Ambiental |
|-------------------------------------|--|---------------------|------------------------------------|
| | Efectos | Causas | |
| Clima | Erosión de Suelo | Falta de vegetación | Negativa |
| Falta de Sistema de Drenaje Pluvial | Formaciones de lodo putrefacto en grandes cantidades | Erosión de Suelos | Negativa |

Tabla VIII. 1: Análisis de la calidad ambiental.

Se debe tener claro que las construcciones horizontales (caminos, ferrocarriles, canales, líneas de transmisión, oleoductos, etc.), en mayor o menor grado, afectan negativamente al medio ambiente al extenderse sobre terrenos de variadas

características y condiciones, alterando ecosistemas y recursos naturales. Estos efectos se producen de varias maneras, entre ellas podemos citar:

- ✗ Alteración de los patrones de drenaje de la zona de emplazamiento.
- ✗ Concentración de escorrentía, erosión de suelos y sedimentación.
- ✗ Perturbación del hábitat de la flora y la fauna.
- ✗ Reubicación de asentamientos humanos y/o irrupción en la vida de las comunidades aledañas.
- ✗ Contaminación del aire, el suelo, el agua (ríos, lagos, agua freática, mares, etc.).

Para contrarrestar los efectos negativos de la construcción de la vía sobre su entorno natural es requerido por ley que quien planifica y financia las obras realice previamente un estudio de Impacto Ambiental.

De este último resultan obligaciones para el Emprendedor de la obra a fin de evitar daños mayores en el entorno del Proyecto y obras de mitigación de los impactos negativos inevitables. El Emprendedor del Proyecto traspassa estas obligaciones al Ejecutor de las obras, el Contratista, quien recibe compensación por realizar las obras viales y las obras de protección, provisionales y permanentes, para mitigar los daños.

La mitigación se hace de tres maneras:

- 1.- Ejecutar las obras viales atendiendo las normas a seguir en las operaciones constructivas.
- 2.- Construcción de obras de protección previstas en los planos.
- 3.- Construcción de obras provisionales y toma de medidas eventuales que permiten una ejecución de las obras viales evitando que fenómenos naturales como la lluvia, el viento, el fuego, afecten al medio ambiente y los recursos naturales.

IMPACTOS AMBIENTALES QUE GENERA LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO.

Las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles, y Puentes (NIC-2000), detallan la manera de construir las obras para la mitigación de impactos; en la siguiente tabla (Tabla VIII.2) se muestran las especificaciones de los impactos negativos que se pueden generar mediante la construcción del proyecto Adoquinado de calle MEBASA-La Aguja-Bo 26 de Febrero de la ciudad de Masaya, posteriormente se realiza un análisis para plantear una solución a los impactos negativos de mayor relevancia y la elaboración de un programa de contingencia de riesgos.

| IMPACTOS O ACCIONES DEL PROYECTO | FACTOR DEL MEDIO AFECTADO | EFEECTO DIRECTO |
|----------------------------------|---------------------------------------|--|
| Limpieza | Clima | Reduce la cubierta vegetal |
| | Calidad del aire | Pérdida de la humedad relativa por la disminución de la vegetación |
| | Geología y Geomorfología | Altera la topografía de la tierra |
| | Suelo | Mayor erosión por la pérdida de la cubierta vegetal |
| | Vegetación | Se reduce la vegetación por el obra y destronque |
| | Fauna | Se reduce el hábitat de las especies |
| | Paisaje | Se pierde vegetación que caracteriza la zona |
| | Movimiento de Tierra | Calidad del aire |
| Ruidos | | Ruido ocasionado por la maquinaria |
| Geología y Geomorfología | | Altera la topografía de la tierra |
| Suelo | | Desconsolida el estado natural del suelo |
| Vegetación | | Se pierde el área de vegetación en el área de movimiento de tierra |
| Fauna | | Se reduce el hábitat de la fauna |
| Paisaje | | Cambia el medio físico |
| Transporte | | Se afecta por excavaciones que atraviesan el camino |
| Instalación de Tubería | Ruidos | Ruido por ajeteo de la instalación |
| | Suelo | Introducción de material extraño al suelo |
| | Vegetación | Imposibilita la aparición de especies valiosas de vegetación |
| | Fauna | Traslado de micro especies a otro sitio |
| Relleno | Calidad del aire | Origina polvo en suspensión |
| | Ruidos | Ruido propio de la actividad |
| | Geología y Geomorfología | Altera la topografía de la tierra |
| | Suelo | Desconsolida el estado natural del suelo |
| | Vegetación | Pérdida momentánea de la vegetación |
| | Fauna | Traslado de microespecies a otro sitio |
| | Paisaje | Cambia el medio físico |
| Transporte | Afecta el tráfico mientras se trabaja | |

Tabla VIII. 2: Impactos ambientales negativos para el proyecto.

PROGRAMA DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.

En la siguiente tabla (VIII.3) se muestra un resumen de las medidas de atenuación de impactos ambientales negativos más relevantes por la ejecución del proyecto Adoquinado de calle MEBASA- La Aguja-Bo 26 de Febrero de la ciudad de Masaya.

| FACTOR DEL MEDIO | IMPACTO | MEDIDA DE MITIGACIÓN |
|------------------------|---|---|
| Transporte | Causa atrasos e incomodidad al transporte a causa de los trabajos propios de la construcción. | Exigir al contratista el desvío necesario para no interrumpir el tráfico durante la ejecución del proyecto. |
| Hydrología Superficial | Aumento del caudal natural del agua de lluvia y aguas servidas que circulan debido al incremento del coeficiente de escorrentía superficial | Aplicación de la reglamentación de la disposición final de aguas servidas a las calles, educación pública. |
| Suelo | Erosión e infertilidad del suelo en la zona aledaña al Boulevard | Reforestar con especies gramíneas en la zona de la mediana del Boulevard. |
| Vegetación | Pérdida de la cubierta vegetal | Reforestar y proteger la zona de mayor deterioro de la cubierta vegetal. |

Tabla VIII. 3: Medidas de mitigación contra el impacto ambiental negativo.

En las medidas de atenuación se debe tener en cuenta que no se puede perjudicar a la población en el desempeño de sus actividades económicas, procurando que las operaciones de construcción no obstruyan el acceso de las viviendas, la infraestructura social o el sitio de trabajo de la comunidad. Cuando esto no se pueda evitar, el contratista deberá proveer accesos equivalentes o alternativos a los que existían.

En la Etapa de construcción se deben crear accesos alternativos a comunidades, reubicación de pequeños negocios próximos a la vía, reubicación de actividades en áreas aledañas. La alteración de la calidad del aire por las emisiones de los motores del equipo de construcción debe ser controlada mediante el buen funcionamiento mecánico de dichos motores. La alteración causada por el polvo se controlará mediante la aplicación de riegos de agua o de productos aprobados.

Para que los dispositivos de seguridad del tránsito prevengan efectivamente los accidentes, será indispensable advertir a los conductores y pobladores por medio de diversas señales preventivas y obligatorias que permitan disminuir al máximo los posibles accidentes tanto peatonales como vehiculares.

El Contratista tomará las siguientes provisiones que garanticen la seguridad del tráfico vehicular y peatonal:

- ✗ Colocar señales preventivas que alerten a los pobladores y conductores sobre el riesgo existente al acercarse al área de construcción.
- ✗ Establecer límites de velocidad en las cercanías de áreas habitadas.
- ✗ Colocar señales de desvío en los tramos donde estén trabajando las máquinas.
- ✗ Controlar el tráfico mediante señales, marcas y delineadores en la vía. Estos dispositivos serán adecuados a las características de cada tramo de trabajo.

Las medidas de seguridad que el contratista tiene que implementar, dependerá en gran medida de la presencia de postes, árboles, zanjas, taludes abruptos y barreras al lado de la vía. Además de controlar las señales, marcas, ubicación de intersecciones, arreglos para acceso a la vía, estacionamiento, y paradas de buses, provisiones para peatones, ciclistas y usuarios no motorizados.

CAPÍTULO IX

REQUISITOS DEL PROCESO DE LICITACIÓN.

En este capítulo se presenta una serie de cláusulas y condiciones propuesta por los autores para que sean evaluadas en la construcción del proyecto “MEBASA – LA AGUJA – BO 26 DE FEBRERO” en la ciudad de Masaya, es de gran importancia destacar que estas condiciones no son precisamente las que regirán en el momento del contrato por licitación ya que los autores no son trabajadores de la alcaldía sino que únicamente han aportado sus conocimientos para elaborar este documento. Además, debido a que la alcaldía de Masaya asumió la mayor parte de los gastos para la realización del presente, se le reservan todos los derechos de cambiar total o parcialmente las condiciones que se plantean en este capítulo.

Los criterios que se presenta en esta sección se elaboraron mediante algunas consultas al director de obras públicas de la alcaldía de Masaya (Ing. Manuel Prado), se tomaron en cuenta algunas consideraciones abordadas en licitaciones anteriores por parte de dicha alcaldía así como en la ley de contrataciones del estado (Ley 323), que rige lo concerniente a contrato por licitación. Cabe señalar que en este reglamento se menciona que para la adquisición de bienes, servicios y la construcción de obras que se financien con recursos de organismos financieros internacionales, se podrá incluir en el pliego de condiciones márgenes de preferencia proporcionada a favor de oferentes nacionales, sin embargo se aplicarán los instructivos o políticas de adquisición de dicho organismo.

Una vez que los autores hayan terminado con el diseño de proyecto antes mencionado, será la alcaldía de Masaya quien califique a la empresa constructora que ejecutará el proyecto, por tanto, es dicha alcaldía quien se encargará de controlar toda la documentación y adjudicación pertinente al proceso de licitación.

A continuación se presenta la propuesta del pliego de bases y condiciones para que sea utilizada por la alcaldía de Masaya para la licitación del proyecto “MEBASA – LA AGUJA – BO 26 DE FEBRERO”

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

ESPECIFICACIONES GENERALES:

Todas las obras deberán ser ejecutadas conforme los planos y especificaciones técnicas proporcionadas por el dueño, los volúmenes de obra se pagarán por unidad de medida totalmente terminada, conforme se indique en los planos, especificaciones técnicas y los precios establecidos en el presupuesto de la oferta presentada. Por lo tanto cualquier alcance de obra complementario que no este considerado deberá de ser notificado por escrito al supervisor del proyecto y esperar orientaciones al respecto.

El CONTRATISTA debe incluir todos los costos que sean necesarios, sin omitir alguna actividad, para evitar que sus costos presenten errores.

Cada Oferente, antes de presentar su oferta, tiene la obligación de visitar el sitio y lugar del proyecto para que pueda considerar todos los factores que influyan tanto en los costos, como en la calidad de las obras.

En caso de que existan contradicciones en los planos y especificaciones técnicas, el Ingeniero supervisor (Designado por la Alcaldía Municipal de Masaya), decidirá tal incongruencia, dejando por escrito en el libro de Bitácora del proyecto la solución correcta. El CONTRATISTA debe solicitar por escrito tal decisión antes de empezar cualquier actividad, ya que si incurre en obras defectuosas, que castiguen la calidad o la seguridad estructural y se compruebe mal intención de su parte, será responsabilidad suya demoler y construir sin costo adicional para el dueño. Las Especificaciones Técnicas, Planos y Bitácora tienen el mismo peso.

El CONTRATISTA será responsable de los daños que ocasione a tuberías, cables, pavimentos, cunetas, aceras y estructura sobre y bajo la tierra, sean que estén o no indicadas en los planos; además, deberá por su cuenta asumir los gastos de protección de las mismas, repararlas o reemplazarlas de ser necesario.

El CONTRATISTA tomará todas las precauciones necesarias para prevenir daños a terceros en la ejecución de la obra, esto en cualquier tipo de estructura sobre o bajo la tierra, este deberá de proteger y preservar la propiedad privada. Todo daño a terceros e

infraestructura ocasionado por el CONTRATISTA correrá por su cuenta el total reparo de los daños. Además deberá garantizar la señalización preventiva del proyecto según la naturaleza del mismo.

El CONTRATISTA deberá de leer todas las especificaciones técnicas planteadas en este documento. Las especificaciones técnicas se apoyaran en el Nic-2000.

ESPECIFICACIONES DETALLADAS.

PRELIMINARES

Art. 1. Medidas de Pago.

Todos los trabajos preliminares se pagarán mediante unidades de medidas completamente terminadas, de acuerdo a los avances de los avalúos los cuales deberán de tener un avance mínimo del 15 % del monto del contrato, así como también con los precios y conceptos establecidos en el desglose de actividades (Etapas y Sub.-Etapas) en que se presente el presupuesto ofertado.

Art. 2. Construcciones e Instalaciones Temporales.

Las construcciones e instalaciones temporales que el CONTRATISTA requiera para la ejecución del proyecto, deberán ser consideradas en sus costos indirectos, con el fin de reducir costos, ya que lo que cobrará será el alquiler de las mismas y una vez finalizado el proyecto, podrán ser desinstaladas y regresadas a las bodegas del CONTRATISTA.

Art. 3. Demoliciones.

Consiste en la demolición de la carpeta asfáltica existente de 3cm de espesor. Si al realizar el chequeo con topografía los niveles de las cunetas se encuentran ya sea por debajo o por encima de la rasante trazada tendrán que ser demolidos y contruidos nuevamente. A acepción de las cunetas que se encuentran entre las estaciones 0+320 a 0+435 ya que estas quedaran fuera del área de trabajo y por lo tanto estas quedaran enterradas.

El costo de esta actividad deberá incluir carga y descarga de escombros así como el transporte del mismo que se incluirá en la actividad de demolición que aparece en los alcances del presente proyecto.

Art. 4. Limpieza Inicial.

El CONTRATISTA debe ubicar el sitio del Proyecto; los Planos que señalan los límites de la Obra y especifican los árboles, arbustos, plantas y objetos que deben conservarse. En caso contrario deberán ser indicados por el Supervisor y por escrito en el Libro de Bitácora.

Todos los objetos de la superficie y todos los árboles, troncos, raíces y fundaciones viejas de concreto y cualquier obstrucción saliente, deberán ser quitados de los últimos 50 centímetros superficiales

Los materiales de desecho que no puedan ser quemados, podrán ser retirados del área deshaciéndose de ellos en lugares alejados del Proyecto y fuera de los límites visibles de éste, mediante permiso escrito del Supervisor y del Dueño de la Propiedad en la que se depositarán dichos desperdicios. El CONTRATISTA deberá hacer todos los arreglos necesarios con los dueños de los predios donde se colocarán los desperdicios. El costo correspondiente deberá ser incluido en el precio de la limpieza inicial.

En caso de que El CONTRATISTA no pueda quemar ó retirar los desechos en un tiempo razonable, del área del Proyecto y los mismos estorben para las subsecuentes operaciones de construcción, será responsabilidad de él trasladar dichos desperdicios a lugares provisionales donde no estorben las maniobras de construcción.

Todos los escombros producidos por la ejecución de las Obras del Proyecto serán depositados en el Vertedero Municipal o en el lugar que indique el Supervisor.

Art. 5. Trazo y Nivelación.

Una vez limpia el área de trabajo donde se desarrollará el proyecto, EL CONTRATISTA deberá realizar el replanteo topográfico de todo el proyecto, para verificar todo lo concerniente a la planimetría y la altimetría indicada en planos, incluyendo la elevación de los BM ubicados en el sitio. En caso de encontrarse con alguna discrepancia o que los BM indicados en planos han sido removidos o afectados en su posición original, El CONTRATISTA deberá restablecerlos trasladando el nivel desde el BM más cercano aprobado por la supervisión.

Se hará el Trazo del Eje Central del Proyecto, el Trazo de Cunetas con un sólo alineamiento horizontal y Secciones en general para el Adoquinado, Vados indicados en los Planos o de las Secciones que se requieran y que sean exigidas por el Supervisor. El CONTRATISTA dispondrá el Equipo Topográfico necesario.

El CONTRATISTA trazará su trabajo partiendo de las líneas bases y bancos de nivel, o puntos topográficos de referencia establecidos en el terreno y de las elevaciones indicadas en los planos, siendo responsable por todas las medidas que así tome. El CONTRATISTA será responsable por la ejecución del trabajo en conformidad con las líneas y cotas de elevación indicadas en los planos o establecidas por el Supervisor.

El CONTRATISTA comprobará las medidas en los planos, localizando la construcción con precisión en el sitio, de acuerdo con los Documentos del Contrato. Niveletas, estacas de nivelación, tacos, etc., permanecerán en su posición hasta que el área de la construcción haya sido establecida permanentemente. El CONTRATISTA será responsable de proteger de daños todas las líneas, niveles y puntos de referencia y si se destruyen deberán ser reparados y repuestos por su cuenta, notificando al Supervisor. Cuando el trazo esté sustancialmente terminado solicitará si puede eliminarlos.

Si el CONTRATISTA tiene alguna inquietud sobre estos puntos, los Topógrafos de la Municipalidad revisará su trabajo, para que éste construya los bancos de nivelación y compactación tal como se describe en estas especificaciones, no obstante el CONTRATISTA asumirá el resguardo de estos puntos una vez revisado por dichos Topógrafos y el Supervisor.

Art. 6. Rótulo.

El CONTRATISTA deberá instalar un rótulo, en el punto donde lo indique el Supervisor, este será metálico según diseño y especificaciones suministrados por el Dueño. El Costo del rótulo será asumido por el CONTRATISTA y será su responsabilidad mantenerlo en buen estado durante la Ejecución del Proyecto, este rótulo deberá ser instalado al iniciar la obra y debe garantizar el cuidado del mismo.

MOVIMIENTO DE TIERRA

Art. 1. Trabajos Requeridos.

Los trabajos requeridos para el movimiento de tierra de este proyecto deberá ser ejecutado de acuerdo a los procedimientos establecidos en el Nic.- 2,000 utilizando para ello el equipo adecuado, a excepción de aquellos sitios o áreas en que por las características propias de obras propuestas a ejecutarse tengan que realizarse con equipo manual. Los trabajos incluidos en esta sección son:

- a) Preparación y limpieza del sitio.
- b) Trazo y Nivelación
- c) Corte y excavación.
- d) Nivelación y Conformación Compactada.
- e) Explotación de los Bancos de Materiales.
- f) Rellenos y Compactación con Mezcla de Hormigón y Material Selecto.
- g) Limpieza y Acarreo del material de desecho.

Art. 2. Conocimiento del Estudio de Suelos.

Es de ineludible responsabilidad por parte de EL CONTRATISTA conocer a fondo el estudio de suelos y en caso de cualquier situación diferente que resulte y/o se observe en el terreno que pueda poner en riesgo la estabilidad de las obras del proyecto, estas deberán ser puestas a su debido tiempo en conocimiento del DUEÑO y/o LA SUPERVISIÓN para analizar la situación y de ser necesario tomar las medidas adecuadas al respecto.

Art. 3. Preparación y Limpieza del Sitio de la Obra.

El sitio será entregado a como se encuentra y el CONTRATISTA será responsable de llevar a cabo en él todos los trabajos de demolición y limpieza de todas aquellas estructuras que existan y que afecten el desarrollo del proyecto, así como también la limpieza, el acarreo y el transporte de los materiales de desechos que resulten de las demoliciones y limpieza del área donde se propone ejecutar el proyecto.

Art. 4. Alcances.

Los trabajos de movimiento de tierra, comprenden el descapote, cortes y/o excavación, explotación de bancos de materiales; carga, descargue y transporte del material selecto, así como el procesamiento, compactación de terraza, sub-base y base, tienen que retirarse del sitio de la obra todo el material sobrante y desechos.

El CONTRATISTA hará todo lo necesario para llevar a cabo en forma técnica y apropiada la construcción de las obras de movimiento de tierra de acuerdo a los niveles indicados en los planos constructivos y cumpliendo a cabalidad con todas las disposiciones técnicas indicadas en el NIC-2,000.

Art. 5. Descapote, Corte y/o Excavación.

Los diferentes cortes (descapote, corte y/o excavación), consiste en el trabajo necesario para remover el material existente en el terreno hasta los niveles de desplante indicados en los planos constructivos, es aplicable para la construcción de calles, áreas de maniobra, estacionamiento y cualquier otro tipo de construcción horizontal y vertical a construirse en el proyecto.

El nivel de corte deberá ser respetado para así realizar el relleno con material selecto compactado que se requieren tanto en las terrazas para las edificaciones como para la base y subbase que se requiere en las calles, áreas de maniobra y otros según lo indicado en planos constructivos y estas especificaciones técnicas. Los niveles expresados en las secciones transversales para el corte tienen contemplado dejar la terracería con el bombeo. *Los niveles expresados en las secciones transversales para el corte tienen contemplado dejar la terracería con el bombeo.*

En caso de encontrarse material inestable o depósitos de desechos orgánicos (basura) ésta será extraída y sustituido con material selecto compactado como mínimo al 95% Proctor. El fondo de toda excavación o corte deberá quedar de acuerdo al nivel indicado en los planos, *se deberá de escarificar 10 cm. y compactar como mínimo al 95% Proctor Estándar* donde se construirá el Adoquinado, antes de proceder a realizar los rellenos con material selecto compactado.

Art. 6. Explotación de Bancos.

Los bancos de materiales a utilizar serán los siguientes:

- Material selecto: Banco la Barranca, ubicado a 6.2 Kilómetros del proyecto. (Contiguo a Templo Hosanna).
- Piedra Pómez: Banco de las Flores, ubicado a 6.2 Km. del proyecto. Empalme las Flores 5.0 Km. hacia el Norte a 400 m a N-O del Cementerio.

Y similar de acuerdo a propuesta del CONTRATISTA siempre y cuando sean respaldados por el análisis de un laboratorio de materiales de reconocida trayectoria y licencia del MTI previamente aprobado por EL DUEÑO y LA SUPERVISIÓN.

El CONTRATISTA realizará los arreglos que sean necesarios con los dueños de los predios donde se encuentren ubicados los bancos de materiales seleccionados, para adquirir los derechos de explotación de los mismos, liberando a EL DUEÑO de toda responsabilidad en caso de incumplimientos con los acuerdos establecidos entre EL CONTRATISTA y el dueño del predio. Los costos en que se incurra por los análisis de laboratorio para respaldar la propuesta de utilizar cualquier banco de materiales correrán por cuenta de EL CONTRATISTA.

Art. 7. Acarreo de Material Selecto.

Antes de realizar el acarreo el CONTRATISTA deberá de llevar a un laboratorio de materiales, previamente aprobado por EL DUEÑO y/o LA SUPERVISIÓN, una muestra del material selecto para verificar si las condiciones físico - mecánicas de estos no han cambiado desde el tiempo en que fueron muestreados originalmente los bancos de materiales.

El CONTRATISTA acarreará del banco de material selecto al proyecto en cantidad suficiente, teniendo en cuenta el abudamiento y encogimiento del material. Este material lo transportará del banco establecido de acuerdo al estudio de suelo, en el caso de otros materiales que no estén presente en el Municipio, se podrá utilizar materiales de otros bancos que el CONTRATISTA estime conveniente siempre y cuando cumpla con las especificaciones técnicas, pruebas de laboratorio y cuente con la aprobación del Supervisor.

Art. 8. Relleno.

El material selecto a usarse en los rellenos será de los bancos indicados en el artículo # 6, El material deberá estar libre de toda materia vegetal u orgánica, de pedazos de madera o sustancias contaminantes. Si el CONTRATISTA quisiera utilizar otro banco de materiales deberá solicitarlo por escrito a la Supervisión, justificando el cambio y soportando su propuesta con resultados de estudios por un Laboratorio de Suelo, de reconocida capacidad y experiencia.

El relleno se realizará con una mezcla de dos materiales (esto es descrito en el artículo # 9). El relleno debe compactarse en capas uniformes no mayores a 20 centímetros de espesor dando no menos de 5 pasadas o las que recomiende el fabricante del equipo de compactación después de darle la humedad óptima hasta que alcance una densidad mínima del 95 % Proctor Standard, en esta actividad debe hacerse uso de equipo mecánico, al material a compactar se le debe dar la humedad necesaria.

Será responsabilidad del CONTRATISTA todo relleno defectuoso y reparará por su propia cuenta cualquier porción fallada o que haya sido dañada por la lluvia, descuido o negligencia de su parte incluye procesamiento. La Supervisión recibirá metro cúbico de relleno debidamente compactado el cual será tomado para efecto de pago (metro cúbico compactado). El material procesado no deberá de tener piedras de diámetro mayor a 1”.

Las áreas para relleno deberán limpiarse de toda basura, material de desechos o impurezas. Las depresiones u hoyos bajo el nivel del suelo deberán ser rellenados con material selecto y compactado al 95 % Proctor Estándar.

✓ El material de relleno deberá ser depositado en capas de 10 a 20 centímetros de espesor por toda el área y será debidamente compactada cada capa al 95% Proctor Estándar, debiéndose controlar la humedad del material para lograr la compactación requerida para cada capa. Para comprobar la densidad del suelo después de la compactación, se deberá utilizar el método del cono y la arena.

EL SUPERVISOR podrá ordenar la suspensión del trabajo si a su juicio, EL CONTRATISTA no estuviere utilizando los equipos adecuados tanto para la explotación de los bancos, los cortes y/o excavación, la nivelación y conformación compactada, el acarreo de los materiales, procesamiento, la mezcla, el procesamiento, la compactación y la nivelación definitiva para dejar un trabajo de terrecería de primera calidad.

La supervisión efectuará pruebas de compactación en cada capa terminada de fondo de sub-rasante 95% Proctor Estándar; Sub-base 95% Proctor Estándar; Base 95% Proctor Estándar, estas pruebas serán ordenadas por EL SUPERVISOR y serán realizadas a cada 100 m de distancia. Debido al control se deberá de elaborar, de común acuerdo con EL CONTRATISTA, el programa de compactación y control de la misma a fin de evitar atrasos en la ejecución del proyecto. Los costos de las pruebas correrán por cuenta del CONTRATISTA.

En el caso que al realizar dichas pruebas, resulte una densidad inferior a la estipulada en estas especificaciones, el CONTRATISTA está obligado a realizar las reparaciones y en el caso extremo la sustitución de toda la sub-base o base, los costos que se incurra durante el reparo o eliminación de la misma, si fuera necesario, correrán por cuenta del CONTRATISTA sin perjuicio de la calidad de la Obra.

El CONTRATISTA será responsable por la perfecta estabilidad de todos los trabajos realizados por lo cual deberá proteger todas las obras ejecutadas de imprevistos y en caso de daños a las mismas reparará por su propia cuenta cualquier porción fallada o que haya sido dañado por la lluvia, descuido o negligencia de su parte, incluyendo taludes de estabilización del relleno.

Art. 9. Estructura y Carpeta de Rodamiento.

El material para la base corresponde al material del banco A "Hormigón Rojo La Barranca" La estructura de la carpeta de rodamiento será la siguiente:

Base: 26 Centímetros de espesor.

Arena: 5 Centímetros

Adoquín: 10 Centímetros

Art. 10. Nivelación.

Los rellenos deben de efectuarse hasta suficiente altura para que después del asentamiento por la compactación, éste quede de acuerdo con las elevaciones indicadas en los planos de niveles y terrazas.

Art. 11. Limpieza y Acarreo de Materiales Sobrantes de Corte.

Terminados los trabajos de movimiento de tierra el CONTRATISTA desalojará el material sobrante de corte y removerá del sitio todos los escombros y basuras resultantes dejando el sitio limpio, nítido y en condiciones de iniciar las obras subsiguientes.

ADOQUINADO

Art. 1. Alcances del Trabajo.

Los trabajos de Carpeta de rodamiento consisten en proveer los materiales, equipos, mano de obra calificada y demás requisitos para construcción, calles revestidas con adoquín y otras obras exteriores de infraestructura indicados en planos.

Art. 2. Calles con Pavimento de Adoquín.

a) - Materiales a utilizar:

- Arena Motastepe.
- Arena Fina Motastepe
- Adoquín y ½ adoquín (de 3,500 PSI)
- Piedra triturada
- Cemento
- Agua

b) – Manejo de los a Adoquines:

El transporte y manejo de los adoquines desde la planta al proyecto se realizará de la manera mas ordenada, para evitar su deterioro y alcanzar el máximo rendimiento en la construcción del pavimento.

b.1 – Los adoquines se transportarán en Volquetas o camiones plataforma, ordenados en estibas, la operación de cargue y descargue se realizará a mano por “Voleo”, nunca como piedra en un cargador ni por “Volteo” de la Volqueta.

b.2 – Los adoquines en la obra deberán ser estibados con alturas no mayor de 1.50 metros, para evitar cualquier posible derrumbe y que estén a la disposición del alcance de la mano de cualquier obrero de la construcción.

b.3 – Dentro de la obra se utilizarán carretillas para llevar los adoquines desde las estibas hasta donde están los colocadores, con el fin que estos tengan a mano las unidades suficientes.

c) – Arenas, Tipo y Calidad:

Para la construcción de pavimentos con adoquín se utilizarán dos tipos de arena, una gruesa para la capa debajo de los adoquines y la otra fina para el sello de las juntas. El zarandeo, lavado y almacenamiento de las arenas se deberá hacer sobre un piso duro, preferiblemente de concreto para evitar así cualquier tipo de contaminación con materiales del suelo o terreno natural.

c.1 – La arena de tipo gruesa para la cama debajo de los adoquines deberá ser Motastepe, como la que se usa para el concreto, *pasada por una malla # 4 o zaranda de 2 x2 (con huecos de 1x1 centímetro de ancho)*, para quitarle cualquier sobre tamaño que contenga.

c.2 - La arena de tipo fina para el sellado de las juntas entre adoquines deberá ser como la que se usa para los repellos, *pasada por una malla # 8 o zaranda de 8x8 (con huecos de 2.5 x 2.5 milímetros de ancho)*, para quitarle cualquier sobre tamaño y materiales vegetales u otros elementos contaminantes.

d) – Esparcido de la capa de arena por debajo del adoquín:

La capa de arena gruesa debajo del adoquín tiene tres funciones que son:

d.1 - Servir de filtro para el agua que se pueda penetrar por las juntas.

d.2 - Ayudar a que los adoquines se amaren entre sí.

d.3 - Que sirva de colchón amortiguador al pavimento con adoquín.

Por lo tanto el rango permisible de espesor es 3- 5 cm.

e) – Instalación de Adoquines:

La instalación de los adoquines se realizará sobre la capa de arena gruesa debidamente esparcida, garantizando la correcta alineación y nivelación (longitudinal y transversal), todo de acuerdo a lo indicado en los planos constructivos.

e.1 – Es importante que tanto el patrón como la alineación de los adoquines se mantenga a lo largo y ancho de la vía o área que se vaya a pavimentar con adoquín, con el propósito de que se vea uniformidad en la alineación longitudinal y transversal de los mismos. *En este proyecto el eje central de la calle se definirá con la colocación de medios adoquines.*

e.2 – Para garantizar la alineación y la nivelación correcta de los adoquines es necesario que el CONTRATISTA establezca mediante lienzas o hilos las escuadras longitudinales y transversales en cuadrantes de 5x5 metros y chequear las hiladas de adoquín mediante el método práctico de escuadras 3 – 4 - 5 metros (donde los 5 metros son la diagonal).

e.3 – La instalación de adoquines se realizará directamente sobre la capa de arena debidamente esparcida y ya enrazada, cada adoquín se tomará manualmente y sin asentarlos se recuesta a tope con los adoquín vecinos ya instalados, sin dejar a propósito una junta abierta, ya que por las mismas irregularidades del adoquín y su colocación se genera que *en promedio tener una abertura de 2 a 3 milímetros (Nunca deberá ser de 5 milímetros).*

e.4 – El ajuste del adoquín, tanto vertical como horizontal, deberá realizarse mediante golpes, utilizando para esto un martillo o mazo con cabezal de caucho.

f) - Aceptación del Adoquín colocado:

El CONTRATISTA no colocará la carpeta de rodamiento hasta no tener el visto bueno por parte de la Supervisión, y esta se asegure que la base cumple con las especificaciones que se exigen en el pliego de base. Todo adoquín que resulte fracturado será retirado y cambiado por cuenta del CONTRATISTA no haciéndole pago ni compensación alguna por esto, además en los extremos se deberá de utilizar medios

adoquines y no se permitirá partir o quebrar adoquines enteros para este fin. EL DUEÑO no hará pago adicional por adoquines que resulten de mala calidad, acabado deficiente y/o con aristas quebradas, es obligación del CONTRATISTA adquirir adoquines de la calidad especificada y que sean a entera satisfacción del DUEÑO. La superficie adoquinada una vez terminada deberá tener un bombeo del 2.5% para facilitar el escurrimiento del agua.

g) – Sellado de Juntas:

El sellado de las juntas se realizará con el tipo de arena fina, pasada por malla # 8 o zaranda de 8x8 (con huecos de 2.5x2.5 milímetros, sin ningún tipo de material Cementante (Cal o Cemento).

g.1 – La arena para sellar las juntas entre los adoquines deberá ser como la que se utiliza para los morteros de repello, la cual debe de estar totalmente seca y no tener granos de más de 2.5 milímetros de grosor.

g.2 - La arena fina para el sello de las juntas deberá estar libre totalmente de materias contaminantes y totalmente seca.

h) – Compactación Final y Limpieza:

La compactación final de la carpeta de adoquín se realizará con una Vibro compactadota de rodillo manual o mecánica, pero garantizando el barrido simultáneo o alterno del sello de arena.

h.1 – Es muy importante garantizar que la arena no se empaste sobre los adoquines, ni que se formen morros que permitan hundir los adoquines al pasar la vibro compactadota de plato.

h.2 – Una vez selladas las juntas se deberá dar al menos cuatro pasadas con el vibro compactador de rodillo en diferentes direcciones, traslapando cada recorrido o las pasadas que sean necesarias para garantizar que los adoquines queden completamente firmes.

h.3 – La arena fina sobrante utilizada para el sello se deberá dejar sobre el pavimento durante dos semanas salvo que por motivos de lluvia o riesgos de accidentes la SUPERVISIÓN y/o el DUEÑO determinen lo contrario.

h.4 - Una vez terminados los trabajos de sellado y compactación final del pavimento con adoquín, el CONTRATISTA deberá dejar el área completamente limpia lo cual será requisito indispensable para poder realizar la recepción del proyecto.

i) – Pruebas de resistencia del adoquín

El adoquín será sometido a pruebas de compresión, por cada 10,000 adoquines se romperán 10 cuya resistencia deberá de ser como mínimo de 3,500 psi, para poder ser colocados en la obra. Estas pruebas deberán de ser hechas en un laboratorio de materiales de reconocida trayectoria y licencia del MTI previamente aprobado por EL DUEÑO y LA SUPERVISIÓN. Y correrán a costo del CONTRATISTA.

CUNETAS, BORDILLOS Y VIGAS

En los lugares donde existan portones de acceso a viviendas o negocios se deberá de dejar el bordillo en 10cm para permitir el acceso de vehículos.

- Cunetas

Las cunetas serán de piedra Cantera de primera calidad procedente de la Cantera de San Sebastián de Diriamba, Carazo. Las cunetas tendrán repello y fino integral con piqueteo loco, todo de acuerdo con los detalles indicados en planos. Se deberá de curar como mínimo tres días consecutivos tres veces al día. Se utilizará tanto para las juntas y repello un mortero de 3,100 psi proporción 1:4, con la siguiente dosificación por m³:

-Cemento: 8.5 bolsas

-Arena: 1.16 m³

- Vigas Longitudinales para Adoquinado:

Las vigas de remate deberán ser de concreto simple de 3500 PSI, y manteniendo los niveles superiores de la rasante de la calle o área de pavimento con las dimensiones siguientes 7.5 cm x 15 cm.

Se utilizará una proporción de 1:1 ½:2 ½ con la siguiente dosificación por m³:

-cemento: 10.2 bolsas

-arena motastepe: 0.43 m³

-grava: 0.716 m³

- Viga Transversal para Adoquinado:

Considerando que el confinamiento del adoquinado es esencial para su funcionamiento, se construirán vigas transversales con dimensiones de 15 x 20 centímetros entre los adoquines y vados a construir estas deberán de ser de concreto simple de 2500 PSI. El Supervisor indicará el momento de su construcción.

OBRAS DE DRENAJE

Se construirán Vados de Concreto Simple en los lugares indicados en la lamina 51 de la sección de planos, el concreto para la construcción de estos no tendrán una resistencia menor de 3,500 Psi.

El curado será tres veces diario durante 15 días consecutivos. El tránsito no podrá ser abierto como mínimo 14 días después de concluido el trabajo, por lo cual El CONTRATISTA deberá incluir en sus costos los trabajos de desvío del tráfico vehicular y de su posterior restauración. En el caso de no poder construir este desvío, El CONTRATISTA deberá proponer al Supervisor una alternativa de solución que permita el tráfico sin poner en riesgo la seguridad del Vado, de manera que no sea sometido a cargas antes de su período de endurecimiento.

- Pruebas de compresión al concreto

El Supervisor controlará la calidad del hormigón y El CONTRATISTA deberá pagar por todo el costo de tomar muestras y hacer ensayos. El CONTRATISTA cooperará suministrando el material y la mano de obra para las pruebas y cuando sea necesario proveerá el espacio para fines de almacenamiento. Cualquier ensayo o prueba que sea necesario llevar a cabo debido a que el hormigón no llena las especificaciones, también deberá ser pagado por El CONTRATISTA.

La Supervisión determinará en el campo el número de muestras para los ensayos de laboratorio (cilindros), del concreto a utilizarse en las diferentes etapas y sub etapas del proyecto y el costo de las mismas correrán por cuenta del CONTRATISTA.

Cuando la fatiga de ruptura a la compresión de cualquier cilindro sea inferior a la resistencia para la clase de hormigón especificado, el diseño de la mezcla y contenido

de agua deberá ajustarse para producir la resistencia especificada para el hormigón que se coloque subsiguientemente. Además, el inspector puede ordenar un período adicional del curado para aquella sección de la estructura donde se ha colocado el hormigón de resistencia dudosa.

La colocación o vertida de todo el hormigón se hará de acuerdo con la norma 318-63 del ACI y en la forma que aquí se modifica. La vertida del hormigón se hará de modo que no se disgreguen sus elementos, volviendo a mezclar al menos con una vuelta de pala, las que acusen señales de segregación. No se tolerará la colocación de mezclas que acusen un principio de fraguado, prohibiéndose la adición de agua o lechada durante el hormigonado. Todo el hormigón se colocará sobre superficies húmedas, libres de agua y nunca sobre lodo suave o tierra seca o porosa.

SEÑALIZACION VIAL

- Señalización Horizontal

Este trabajo consistirá en la pintura de marcas de tráfico sobre el eje central del adoquinado, de acuerdo a las dimensiones señaladas en los planos. (El color de la pintura a utilizar es amarillo y será una línea continua). El trabajo comprenderá las rayas, símbolos que se puedan colocar sobre la superficie de rodamiento. La pintura a utilizar será:

Tipo A – Pintura convencional de tráfico con esferas de vidrio de tipo 1.

Metodología de trabajo: Las partículas sueltas, suciedad, alquitrán, grasas y otros materiales deberán ser removidas de la superficie a ser marcada.

- Señalización Vertical

Este trabajo consistirá en el suministro e instalación de señales verticales (rótulos), incluyendo accesorios como poste, marco y tableros todo de acuerdo con los detalles mostrados en los planos.

El tablero será una sólo pieza hecha de aluminio o lamina de acero y tendrá la cara reflectorizada (usar pintura reflectora). Dimensiones 60 x 60 centímetros y flechas de 60 x 25 centímetros. Si se utiliza tablero de aluminio el espesor mínimo será de 2 mm. El

poste a utilizar será de Ho Go de 2 x 2 pulgadas. El tablero se fijará al poste por medio de pernos de acero.

LIMPIEZA FINAL DE LA OBRA

El Contratista deberá cumplir con todo lo referente a limpieza y acabado final de la obra y su entorno. Las áreas utilizadas como bancos de préstamo, pedreras, plantas trituradoras, etc., deberán quedar libres de todo desperdicio y conformadas de acuerdo al relieve natural del sitio.

Los sitios utilizados como áreas de explotación de yacimientos de materiales deben permanecer reconformados, con taludes suaves que dificulten la erosión, reforestados o al menos en condiciones adecuadas que permitan la regeneración natural. Los sitios de desvíos, retornos, caminos de acceso y botaderos deben ser reacondicionados y reforestados de acuerdo al entorno natural, salvo en casos donde el propietario del terreno solicite lo contrario. Esto deberá ser avalado por una carta de aceptación firmada por el Contratista, el Ingeniero y el propietario del lugar.

Las áreas de campamento de mantenimiento y estacionamiento de equipo, talleres, etc., deben quedar limpias, libres de cualquier elemento que signifique riesgos de contaminación al medio ambiente. Toda obra ejecutada a lo largo de la vía debe permanecer en condiciones adecuadas tanto de limpieza como de funcionamiento.

Toda obra de drenaje Menor o Mayor, una vez finalizada debe quedar libre de obstáculos que impidan la libre circulación de las aguas, sobre todo en la entrada y salida de tuberías. El Contratista debe cumplir toda obligación referente a condiciones del Proyecto de acuerdo con el Contrato, las Especificaciones Generales de Construcción (NIC-2000), estas Normas Ambientales Básicas para la Construcción Vial y las Guías para los Sistemas de Protección Ambiental en Proyectos Viales emitidas por el MTI.

CONCLUSIONES

1.- El diseño de este proyecto se realizó considerando algunas de las normas del Manual centroamericano y especificaciones para la construcción de carreteras y puentes regionales NIC-2000 y algunas sugerencias tanto de la dirección de obras públicas de la alcaldía de Masaya como de algunos ingenieros de la facultad de ciencias de la UNAN Managua, de ahí que se obtuvo un diseño que cumple con los requisitos de vialidad como, la visibilidad, la distancia de parada, el ancho de carril, el peraltes, cunetas y vados etc.

1.1. Durante la elaboración del diseño geométrico se respetó al máximo la topografía existente para la selección del radio para las curvas horizontales, ya que el derecho de vía no permitía seleccionar un radio partiendo de una velocidad de diseño. La curva horizontal uno inicia en la estación 0+016.863m y concluye en la estación 0+040.778m cuyo radio de curvatura es de 79.623m y la curva dos inicia en la estación 0+331.001m y finaliza en la estación 0+364.849m, tiene un radio de 53.435m. En el diseño de las cuatro curvas verticales se respetó en lo posible, el relieve de la zona, ya que se debía tener en cuenta el escurrimiento pluvial.

1.2- En el diseño del nivel de la rasante se procuró obtener un nivel adecuado respecto a las viviendas existentes ya que en todo diseño de calles urbanas el nivel de la rasante debe quedar relativamente por debajo del nivel de las edificaciones adyacentes.

2.- La estructura de pavimento diseñada se elaboró mediante el método Murillo López de Souza, se obtuvo un diseño de pavimento con un espesor de 26 centímetros para base, no se considera el empleo de la sub-base, el espesor de adoquín es de 10 centímetros y una capa de arena de 5 centímetros.

2.1.- Los aspectos que incidieron en el diseño de pavimento son el tipo de suelo encontrado en el sitio de estudio que en su mayoría se caracterizan por ser de bueno a excelentes para sub-rasante y la intensidad de lluvia que se consideró de 965.20 milímetros por año, el tipo de tránsito que a partir del aforo vehicular resultó

caracterizarse como tránsito medio, además se determinó que la capacidad máxima por rueda es de 5 toneladas.

3.- Con respecto a la selección de equipo y mano de obra se calcularon primeramente las cantidades de obras, es decir los volúmenes de tierra a mover, la cantidad de material a utilizar y seguidamente el tiempo que durará cada actividad según las normas de rendimiento horaria. Ya que no todos los equipos del manual de la Caterpillar se encuentran en nuestro país, se procedió a investigar con cuales equipos contaba la empresa TRAYMA ya que se encuentra a menos de 5 Km. del área de estudio y de ahí se procedió a determinar la producción horaria de cada maquina.

4.- Después de haber terminado los cálculos de las cantidades de obra y de haber establecido la cantidad de personal que laborará en la construcción de este proyecto, se procedió a elaborar el diagrama de Gantt obteniendo una duración total de 227.1 días, se consideró que el proyecto inicia el día lunes 3 de septiembre de año 2007 de ahí que finaliza el día jueves 19 de junio del 2008.

5.- El presupuesto para la obra a construir es de **C\$ 6,621,161.58** de los cuales **C\$4,179,317.17** son por costos directos y **C\$ 2,441,844.41** son por costos indirectos.

6.- Finalmente se procedió a determinar todos aquellos efectos provocado por la construcción de la obra y se trató de aminorar el impacto provocado por el traslado del material sobrante, el material selecto, la extracción del material en el banco de préstamo y la contaminación del aire por parte de las maquinarias empleada.

RECOMENDACIONES

- 1.- Para realizar el levantamiento topográfico en proyectos similares, se recomienda identificar la poligonal principal y “amarrar” a esta el resto de los tramos (boca calle), además, se debe utilizar un único punto de inicio para toda la poligonal resultante.
- 2.- Se recomienda realizar el estudio de suelo en sondeo manual a cada 50 metros, esto permitirá obtener una idea más clara del cambio estratigráfico del suelo.
- 3.- Se recomienda a las personas encargadas del diseño estructural e hidráulico, indagarse acerca de los mapas o planos hidráulicos y topográficos actualizados que incluyan el sitio de interés y así precisar los detalles o cualquier punto relevante para el diseño.
- 4.- Utilizar material selecto del banco Hormigón Rojo (La Barranca), porque este material cumple con las propiedades mecánicas que se requieren en la construcción de la base requerida y esta a menor distancia que el banco de material pómez Las Flores.
- 5.- Mantener la línea de la subrasante al nivel propuesto para que este tenga un nivel adecuado con respecto a los terrenos adyacente, además, a sí se evitan los cambios en las pendientes los cuales afecta directamente el diseño de drenaje longitudinal (cuneta).
- 6.- Para colocar la estructura del pavimento deberá retirarse todo el material existente hasta la profundidad indicado en los planos del perfil longitudinal y reponerlo con el material selecto recomendado, este se debe compactar en capas no mayores de 20cm y al 95% de su densidad seca máxima, luego colocar el espesor indicado.
- 7.- Se recomienda llevar un estricto control en la compactación del material selecto que conformara la estructura del pavimento y deberá eliminarse las partículas mayores de una pulgada y así obtener la densidad requerida.

8.- Se recomienda colocar las señales de tránsito indicadas en este documento, además, de alguna otra que indique la especialidad de tránsito con el fin de eliminar al máximo cualquier riesgo de accidente.

9.- En cuanto al drenaje pluvial se recomienda construir un sistema de alcantarillado que permita drenar la mayor parte de la escorrentía producida por las precipitaciones ya que las cunetas diseñadas en este trabajo resultan peligrosas para los peatones.

BIBLIOGRAFÍA

- ✂ Folleto de “Transporte”, diseño geométrico unidad II.
- ✂ Folleto, Ing. Claudia Reyes e Ing. Aldo Zamora.
- ✂ Normas y Procedimientos de Ejecución para Mantenimiento Vial, publicado por SIECA, autor, Ing. Jorge Coronado I, Consultor, Guatemala Dic. 2000
- ✂ Especificaciones Generales para la construcción de caminos, calles y puentes Nic 2000 publicado por el Ministerio de Transporte e Infraestructura, Julio de 1999.
- ✂ Cap. 22 Owning & Operating Costs, Caterpillar Performance Handbook, Edición 31 CATERPILLAR, Oct. 2000, Publication by Caterpillar Inc. Pretoria Illinois, U.S.A.
- ✂ Biblioteca de Consulta Microsoft® Encarta® 2005. © 1993-2004 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.
- ✂ Sociedad Americana de ingenieros civiles, Federación de control de polución del agua en “DESIGN AND CONSTRUCTION OF SANITARY AND STORM SEWER” Manual of Engineering Practice No 37, para frecuencias o retornos de 5-10 años.
- ✂ “El drenaje en carreteras”, FUENTES JUSTO FÉLIX, San salvador, El Salvador, 1966. 79p
- ✂ Folleto de ingeniería de Tránsito, Volumen de Tránsito, capacidad y niveles de servicio.
- ✂ Manual de proyecto geométrico de carreteras de la secretaría de obras públicas de México.
- ✂ Mecánica de suelos, JUAREZ BADÍO, tomo I.
- ✂ Metodología de la Investigación Científica. CARVAJAL, Lizardo. Curso general y Aplicado. 12º- Ed. Cali: F.A.I.D., 1998. 139 p.
- ✂ Topografía, MIGUEL MONTES DE OCA, Alfa Omega 1996, 4ta edición.

- ✂ Vías de Comunicación. Caminos, Ferrocarriles, Aeropuertos, Puentes y Puertos. CRESPO VILLALAZ, Carlos. Limusa - Noriega Editores. México. 1999.
- ✂ Diseño de acueductos y alcantarillados. Colombia. LOPES CUALLA RICARDO ALFREDO. Segunda edición, Alfaomega, 388p
- ✂ Concretera total (CT) construcción de pavimentos con adoquines de concreto.
- ✂ LOS FUNDAMENTOS DE PLANIFICACIÓN DE SITIOS, Departamento de Vivienda y desarrollo urbano de Los Estados Unidos.
- ✂ FOLLETO ESTUDIO DEL MEDIO AMBIENTE, Programa de estudios ambientales urbanos y territoriales de la Universidad Nacional de Ingeniería.
- ✂ Leyes No. 40 y 261 Reformas e incorporaciones a la ley 40 “Ley de municipios”.
- ✂ Curso de Legislación Ambiental Programa de estudios ambientales urbanos/territoriales Universidad Nacional de Ingeniería, Prof. MSC Arq. Francisco Mendoza.
- ✂ Código del trabajo de la república de Nicaragua.

ANEXOS

INDICE DE TABLAS.

| | |
|---|-----|
| TABLA I. 1: PLANIMETRÍA MEBASA - LA AGUJA..... | 9 |
| TABLA I.2 : PLANIMETRÍA 26 DE FEBRERO | 12 |
| TABLA I. 3: ALTIMETRÍA DE CALLES TRANSVERSALES.----- | 34 |
| TABLA II. 1: NIVEL DE SERVICIO PARA DISEÑO SEGÚN EL TIPO DE CARRETERA.----- | 40 |
| TABLA II. 2: PERALTE MÁXIMO----- | 41 |
| TABLA II. 3: VALORES DE F EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO. ----- | 44 |
| TABLA II. 4: VALORES DE DC CON RESPECTO A Δ ----- | 45 |
| TABLA II. 5: RELACIÓN ENTRE PENDIENTE MÁXIMA Y VELOCIDAD DE DISEÑO. ----- | 52 |
| TABLA II. 6: VALORES DE K PARA EL CÁLCULO DE L. ----- | 55 |
| TABLA II. 11: ELEVACIONES DE LA CURVA VERTICAL 1. ----- | 68 |
| TABLA II. 12: ELEVACIONES DE LA CURVA VERTICAL 4. ----- | 71 |
| TABLA III. 1: CBR DE DISEÑO SEGÚN TIPO DE TRÁNSITO. ----- | 74 |
| TABLA III. 2: UBICACIÓN DE LOS SONDEOS REALIZADOS ----- | 76 |
| TABLA III. 3: TIPO DE ENSAYE REALIZADO A LAS MUESTRAS.----- | 77 |
| TABLA IV. 5: TERCER AFORO REALIZADO (TRAMO MEBASA-LA AGUJA) ----- | 97 |
| TABLA IV. 6: TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO DE VEHÍCULOS MIXTOS----- | 98 |
| (TRAMO MEBASA-LA AGUJA)----- | 98 |
| TABLA IV. 7: TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO.----- | 99 |
| TABLA II. 8: REPLANTEO DE LA CURVA HORIZONTAL 1. | 61 |
| TABLA II. 10: REPLANTEO DE LA CURVA HORIZONTAL 2. | 66 |
| TABLA IV. 1: ESPESORES DE LA ESTRUCTURA SEGÚN..... | 90 |
| PRECIPITACIÓN. | 90 |
| TABLA IV. 2: VALORES DEL IS SEGÚN EL IG. | 91 |
| TABLA IV. 3: PRIMER AFORO REALIZADO (TRAMO MEBASA-LA AGUJA) | 95 |
| TABLA IV. 4: SEGUNDO AFORO REALIZADO (TRAMO MEBASA-LA AGUJA)..... | 96 |
| TABLA IV. 8: CBR DE LA SUBRASANTE. | 104 |
| TABLA IV. 9: ESPESORES REQUERIDOS. | 106 |
| TABLA V. 1: COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA | 112 |
| TABLA V. 2: COEFICIENTE DE RUGOSIDAD | 113 |
| TABLA VI. 1: RESUMEN DE VOLÚMENES DE TIERRA..... | 122 |
| TABLA VII. 1: TOTAL DE MATERIALES A UTILIZAR. | 155 |
| TABLA VII. 3: FECHAS DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO. | 165 |
| TABLA VII. 4A.1.- COSTOS EN PAGO DE MATERIALES. | 174 |
| TABLA VII. 5A.2.- COSTOS EN PAGO DE ALQUILER DE MAQUINARIA..... | 181 |
| TABLA VII. 6: DETALLES DE COSTOS DIRECTOS POR TRAMOS. | 192 |
| TABLA VII. 7C.- COSTO TOTAL DE LA OBRA (PRECIO BASE) | 193 |
| TABLA VIII. 1: ANÁLISIS DE LA CALIDAD AMBIENTAL. | 195 |
| TABLA VIII. 2: IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS PARA EL PROYECTO. | 197 |
| TABLA VIII. 3: MEDIDAS DE MITIGACIÓN CONTRA EL IMPACTO AMBIENTAL NEGATIVO. | 198 |
| TABLA A- 1: LONGITUD DE TRANSICIÓN PARA CAMINOS DE DOS CARRILES CON E = 10% | 226 |
| TABLA A- 2: CLASIFICACIÓN DE LOS TERRENOS EN FUNCIÓN DE LAS PENDIENTES NATURALES | 226 |
| TABLA A- 3: CUERDA MÁXIMA A UTILIZAR EN EL REPLANTEO DE CURVAS CIRCULARES. | 226 |
| TABLA A- 4: DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA. | 226 |
| TABLA A- 5: RELACIÓN TEÓRICA U – T SEGÚN A. W. SKEMPTON | 227 |
| TABLA A- 6: INCLINACIONES TÍPICAS PARA MATERIALES UTILIZADOS EN RELLENOS..... | 227 |
| TABLA A- 7: HUMEDAD ÓPTIMA DE ALGUNOS TIPOS DE SUELOS. | 227 |
| TABLA A- 8: CLASIFICACIÓN REVISADA DEL DEPARTAMENTO DE CAMINOS PÚBLICOS O CLASIFICACIÓN AASHTO2:9..... | 228 |
| TABLA A- 9: RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS. | 229 |
| TABLA A- 10: RESULTADOS DE ENSAYES A BANCOS DE MATERIALES..... | 230 |
| TABLA A- 12: PORCENTAJE DE INCREMENTO DE LOS ESPESORES SEGÚN LLUVIA..... | 230 |
| TABLA A- 13: DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTO FLEXIBLE PARA CARGA MÁXIMA | 231 |
| TABLA A- 15: FACTORES DE AJUSTE POR DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL DEL TRÁNSITO EN CARRETERAS DE DOS CARRILES | 232 |

| | |
|--|-----|
| TABLA A- 16: FACTORES DE AJUSTE POR EFECTO COMBINADO DE CARRILES ANGOSTOS..... | 232 |
| TABLA A- 17: AUTOMÓVILES EQUIVALENTES POR CAMIONES Y AUTOBUSES, EN FUNCIÓN DEL TIPO DE TERRENO, CARRETERA | 233 |
| TABLA A- 18: SOBRE ANCHO EN CURVAS DE CARRETERAS DE DOS CARRILES. | 233 |
| TABLA A- 19: DISTANCIAS DE VISIBILIDAD DE PARADA Y DE ADELANTAMIENTO..... | 233 |
| TABLA A- 20: COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA SEGÚN EL TIPO DE SUPERFICIE..... | 234 |
| TABLA A- 21: VALORES DEL COEFICIENTE DE MANNING. | 234 |
| TABLA A- 22: EFICIENCIA HIDRÁULICA EN CANALES. | 234 |
| TABLA A- 23: CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS EN FUNCIÓN DE SU COMPORTAMIENTO ANTE EL EQUIPO DE CONSTRUCCIÓN..... | 235 |
| TABLA A- 24: PORCENTAJES DE DESPERDICIO DE ALGUNOS MATERIALES | 235 |
| TABLA A- 25: PROPORCIONES PARA CONCRETO..... | 236 |
| TABLA A- 26: PROPORCIONES PARA MORTERO..... | 236 |
| TABLA A- 27: PRODUCCIÓN TEÓRICA DE TRACTORES D7R UTILIZANDO HOJA SEMIUNIVERSAL (SU) | 238 |
| TABLA A- 28: PRODUCCIÓN TEÓRICA EXCAVADORAS DE CADENA | 241 |
| TABLA A- 29: PRODUCCIÓN DE COMPACTADORAS VIBRATORIAS..... | 242 |
| TABLA A- 30: DATOS DE CURVAS HORIZONTALES Y VERTICALES..... | 247 |
| TABLA A- 33: CLASIFICACIÓN DE SUELOS. | 248 |
| TABLA A- 34: DISEÑO HIDRÁULICO. | 248 |
| TABLA A- 35: MAQUINARIA A UTILIZAR..... | 249 |
| TABLA A- 36: DURACIÓN DEL PROYECTO POR ETAPA..... | 249 |
| TABLA A- 37: COSTO TOTAL DEL PROYECTO POR TRAMO..... | 249 |

I. TABLAS Y CUADROS DE REFERENCIA.

| VEL DE PROY KPH | $L_T = m * a * e$ | | | |
|-----------------|--------------------|--------|--------|--------|
| | $m = 1.5625V + 75$ | | | |
| | a=2.75 | a=3.05 | a=3.35 | a=3.65 |
| 30 | 34 | 37 | 41 | 44 |
| 40 | 38 | 42 | 46 | 50 |
| 50 | 42 | 47 | 51 | 56 |
| 60 | 46 | 51 | 57 | 62 |
| 70 | 51 | 56 | 62 | 67 |
| 80 | 55 | 61 | 67 | 73 |
| 90 | 59 | 66 | 72 | 79 |
| 100 | 64 | 71 | 77 | 84 |
| 110 | 68 | 75 | 83 | 90 |

Tabla A- 1: Longitud de transición para caminos de dos carriles con e = 10%

| Tipo de terreno | Pendientes (%) |
|-----------------|------------------|
| Llano o plano | $p \leq 5$ |
| Ondulado | $5 > p \leq 15$ |
| Montañoso | $15 > p \geq 30$ |

Tabla A- 2: Clasificación de los terrenos en función de las pendientes naturales

| Grado de curvatura | 0° - 6° | 6° - 15° | 15° - 32° |
|--------------------|---------|----------|-----------|
| Longitud de cuerda | 20m | 10m | 5m |

Tabla A- 3: Cuerda máxima a utilizar en el replanteo de Curvas circulares.

| Vel de proyecto KPH | Vel de marcha KPH | Reacción. | | Coef. de Fricción Longitudinal* f_l | Dist.de Frenado (m) | Distancia de visibilidad (m) | |
|---------------------|-------------------|-----------|-------|---------------------------------------|---------------------|------------------------------|------|
| | | t (seg) | d (m) | | | Calculado | Red. |
| 30 | 28 | 2.5 | 19.44 | 0.400 | 7.72 | 27.16 | 25 |
| 40 | 37 | 2.5 | 25.69 | 0.380 | 14.18 | 39.87 | 40 |
| 50 | 46 | 2.5 | 31.94 | 0.360 | 23.14 | 55.08 | 55 |
| 60 | 55 | 2.5 | 38.19 | 0.340 | 35.03 | 73.22 | 75 |
| 70 | 63 | 2.5 | 43.75 | 0.325 | 48.08 | 91.83 | 90 |
| 80 | 71 | 2.5 | 49.30 | 0.310 | 64.02 | 113.32 | 115 |
| 90 | 79 | 2.5 | 54.86 | 0.305 | 80.56 | 135.42 | 135 |
| 100 | 86 | 2.5 | 59.72 | 0.300 | 97.06 | 156.78 | 155 |
| 110 | 92 | 2.5 | 63.88 | 0.295 | 112.95 | 176.83 | 175 |

Tabla A- 4: Distancia de visibilidad de parada.

*La AASHTO consideró valores para pavimento mojado y a nivel.

| Asentamiento U (%) | Factor de tiempo T | Asentamiento U (%) | Factor de tiempo T |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 0 | 0.000 | 55 | 0.238 |
| 10 | 0.008 | 60 | 0.287 |
| 15 | 0.018 | 65 | 0.342 |
| 20 | 0.031 | 70 | 0.405 |
| 25 | 0.049 | 75 | 0.477 |
| 30 | 0.071 | 80 | 0.565 |
| 35 | 0.096 | 85 | 0.684 |
| 40 | 0.126 | 90 | 0.848 |
| 45 | 0.159 | 95 | 1.127 |
| 50 | 0.197 | 100 | ∞ |

Tabla A- 5: Relación teórica U – T Según A. W. Skempton

| ALTURA DEL RELLENO | INCLINACIÓN DEL TALUD: DIST HORIZONTAL x DIST. VERTICAL |
|--------------------|--|
| Hasta 1.20m | 4x1 |
| Hasta 2.00 m | 3x1 |
| Hasta 4.00 m | 2x1 |
| Más de 4.00 m | 1.50x1 |

Tabla A- 6: Inclinaciones típicas para materiales Utilizados en rellenos.

| Suelo | Humedad Óptima (%) |
|----------------------------------|--------------------|
| Arcilla pesada | 17.5 |
| Arcilla Limosa | 15 |
| Arcilla arenosa | 13 |
| Arena | 10 |
| Mezcla de grava, arena Y arcilla | 7 |

Tabla A- 7: Humedad óptima de algunos tipos de suelos.

NOTA: Existen nuevos métodos para estudiar el suelo uno de estos es la utilización del dispositivo llamado “Clegg Hammer Impact”, y otro método opcional es el “Geogauge”, ambos disponibles en la CIGEO-UNAN

| Sondeo N° | Muestra N° | Profundidad (m) | Ensaye CBR | % que pasa por el Tamiz | | | | | | | | LL (%) | IP (%) | |
|---------------------------------|------------|-----------------|------------|-------------------------|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|--------|--------|------|
| | | | | 1½" | 1" | ¾" | ½" | ⅜" | #4 | #10 | #40 | | | #200 |
| Calle TRAMO 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| Sm-1 | 1 | 0.00 – 0.20 | 57 | | 100 | 97 | 93 | 86 | 70 | 51 | 27 | 13 | – | NP |
| | 2 | 0.20 – 0.45 | 78 | 100 | 80 | 72 | 62 | 57 | 51 | 42 | 29 | 15 | – | NP |
| | 3 | 0.45 – 1.40 | 75 | | | | | | 100 | 78 | 41 | 27 | – | NP |
| Sm-2 | 1 | 0.00 – 0.18 | 25 | | | | | | 100 | 93 | 53 | 39 | – | NP |
| | 2 | 0.18 – 0.65 | 6 | | | | | | 100 | 96 | 87 | 80 | 71.9 | 18.3 |
| | 3 | 0.65 – 1.25 | 75 | | | | | | 100 | 90 | 55 | 37 | – | NP |
| | 4 | 1.25 – 1.38 | 6 | | | | | | 100 | 96 | 87 | 80 | 71.9 | 18.3 |
| Sm-3 | 1 | 0.00 – 0.45 | 25 | | | | | | 100 | 93 | 53 | 39 | – | NP |
| | 2 | 0.45 – 0.60 | 6 | | | | | | 100 | 96 | 87 | 80 | 71.9 | 18.3 |
| | 3 | 0.60 – 1.30 | 75 | | | | | | 100 | 78 | 41 | 27 | – | NP |
| Calle TRAMO 2 Y 3. | | | | | | | | | | | | | | |
| Sm-1 | 1 | 0.00 – 0.35 | 57 | 100 | 98 | 96 | 90 | 84 | 73 | 55 | 30 | 15 | – | NP |
| | 2 | 0.35 – 1.10 | 75 | | | 100 | 99 | 97 | 94 | 84 | 59 | 34 | – | NP |
| | 3 | 1.10 – 1.40 | 6 | | | | | | 100 | 96 | 87 | 80 | 71.9 | 18.3 |
| Sm-2 | 1 | 0.00 – 0.18 | 57 | | 100 | 97 | 93 | 86 | 70 | 51 | 27 | 13 | – | NP |
| | 2 | 0.18 – 0.70 | 57 | 100 | 98 | 96 | 90 | 84 | 73 | 55 | 30 | 15 | – | NP |
| | 3 | 0.70 – 1.05 | 75 | | | | | | 100 | 78 | 41 | 27 | – | NP |
| Sm-3 | 1 | 0.00 – 0.40 | 75 | | | | | | 100 | 78 | 41 | 27 | – | NP |
| | 2 | 0.40 – 1.45 | 27 | | | | | | 100 | 90 | 55 | 37 | – | NP |
| | | | | | | | | | | | | | – | NP |
| Calle principal TRAMO 4. | | | | | | | | | | | | | | |
| Sm-1 | 1 | 0.00 – 0.25 | 57 | | | 100 | 97 | 92 | 78 | 62 | 35 | 15 | – | NP |
| | 2 | 0.25 – 1.30 | 6 | | | | | | 100 | 96 | 87 | 80 | 71.9 | 18.3 |
| Sm-2 | 1 | 0.00 – 0.18 | 25 | | | | | | 100 | 93 | 53 | 39 | – | NP |
| | 2 | 0.18 – 0.90 | 27 | | | | | | 100 | 90 | 55 | 37 | – | NP |
| | 3 | 0.90 – 1.05 | 75 | | | | | | 100 | 78 | 41 | 27 | – | NP |
| Sm-3 | 1 | 0.00 – 0.45 | 25 | | | | | | 100 | 93 | 53 | 39 | – | NP |
| | 2 | 0.45 – 0.81 | 27 | | | | | | 100 | 90 | 55 | 37 | – | NP |
| | 3 | 0.81 – 1.30 | 75 | | | | | | 100 | 78 | 41 | 27 | – | NP |
| Calle TRAMO 5. | | | | | | | | | | | | | | |
| Sm-1 | 1 | 0.00 – 0.20 | 57 | | 100 | 97 | 93 | 86 | 70 | 51 | 27 | 13 | – | NP |
| | 2 | 0.20 – 0.50 | 27 | | | | | | 100 | 90 | 55 | 37 | – | NP |
| | 3 | 0.50 – 1.08 | 6 | | | | | | 100 | 96 | 87 | 80 | 71.9 | 18.3 |
| | 4 | 1.08 – 1.39 | 57 | 100 | 98 | 96 | 90 | 84 | 73 | 55 | 30 | 15 | – | NP |
| Sm-2 | 1 | 0.00 – 0.12 | 57 | | 100 | 97 | 93 | 86 | 70 | 51 | 27 | 13 | – | NP |
| | 2 | 0.12 – 1.20 | 75 | | | | | | 100 | 78 | 41 | 27 | – | NP |

Tabla A- 9: Resultados de ensayos de suelos.

| PVSS Kg/m ³ | PVSC Kg/m ³ | Densidad seca máxima Kg/m ³ | Humedad óptima | Ensaye CBR | % Que pasa por el Tamiz | | | | | | | | LL (%) | IP (%) | |
|--|---------------------------|---|-------------------|---------------|-------------------------|-----|----|----|----|----|-----|-----|-----------|-----------|------|
| | | | | | 1½" | 1" | ¾" | ½" | ⅜" | #4 | #10 | #40 | | | #200 |
| Banco de materiales "Hormigón Rojo La Barranca" (A) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 633 | 732 | 885 | 13 | 97.1 | 83 | 73 | 66 | 56 | 47 | 27 | 11 | 2 | 0 | - | NP |
| Banco de materiales "Pómez Las Flores" (B) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 876 | 962 | 1132 | 12 | 98 | | 100 | 96 | 93 | 89 | 79 | 71 | 31 | 8 | - | NP |

Tabla A- 10: Resultados de ensayos a bancos de materiales.

Simbología: PVSS: Peso Volumétrico seco suelto.
 PVSC: Peso Volumétrico seco compacto
 IP: Índice Plástico.

| Grupo | Sub grupo | Índice grupo | CBR |
|-------|-----------|--------------|-------|
| A-1 | A-1-a | 0 | 37-80 |
| | A-1-b | 0 | 20-60 |
| A-2 | A-2-4 | 0 | 27-80 |
| | A-2-5 | 0 | 27-80 |
| | A-2-6 | 0-4 | 9-30 |
| | A-2-7 | 0-4 | 9-30 |
| | | | |
| A-3 | | 0 | 10-30 |
| A-4 | | 0-8 | 3-27 |
| A-5 | | 0-12 | 2-7 |
| A-6 | | 0-16 | 2-13 |
| A-7 | A-7-5 | 0-20 | 2-13 |
| | A-7-6 | 0-20 | 2-13 |

Tabla A- 11: Determinación del CBR según tipo de suelo

| Intensidad media Anual de lluvia | Incremento |
|-------------------------------------|------------|
| Poca lluvia 800 | 0 |
| Lluviosa 800 a 1500 | 10 |
| Muy lluviosa más de 1500 | 20 |

Tabla A- 12: Porcentaje de incremento de los espesores según lluvia.

| Índice de soporte | Tránsito liviano | | | Tránsito medio | | | Tránsito pesado | | |
|-------------------|---|----|----|--|----|----|---|----|----|
| | 9000 lb/rueda, menos de 250 veh comerciales por día, 20% con carga máx. | | | 11,000 lb/rueda, menos de 750 veh com. por día, 20% con carga máx. | | | 14,000 lb/rueda, mas de 750 veh com. por día. | | |
| IS | A | B | C | A | B | C | A | B | C |
| 2 | 61 | 67 | 73 | 68 | 75 | 82 | 76 | 84 | 91 |
| 3 | 50 | 55 | 60 | 55 | 61 | 66 | 60 | 66 | 71 |
| 4 | 43 | 47 | 52 | 47 | 52 | 57 | 51 | 56 | 61 |
| 5 | 38 | 42 | 46 | 42 | 46 | 50 | 46 | 51 | 55 |
| 6 | 35 | 39 | 42 | 38 | 42 | 46 | 41 | 45 | 49 |
| 7 | 32 | 35 | 38 | 35 | 39 | 42 | 38 | 42 | 46 |
| 8 | 30 | 33 | 36 | 32 | 35 | 38 | 35 | 39 | 42 |
| 9 | 28 | 31 | 24 | 30 | 33 | 36 | 32 | 35 | 38 |
| 10 | 26 | 29 | 31 | 28 | 31 | 34 | 30 | 33 | 36 |
| 11 | 25 | 28 | 30 | 27 | 30 | 33 | 29 | 32 | 35 |
| 12 | 24 | 26 | 39 | 26 | 29 | 31 | 28 | 31 | 34 |
| 13 | 29 | 25 | 28 | 25 | 28 | 30 | 27 | 30 | 33 |
| 14 | 22 | 24 | 26 | 24 | 27 | 29 | 26 | 29 | 31 |
| 15 | 21 | 23 | 25 | 23 | 25 | 28 | 25 | 28 | 30 |
| 16 | 20 | 22 | 24 | 22 | 24 | 27 | 24 | 26 | 29 |
| 17 | 19 | 21 | 23 | 21 | 23 | 25 | 23 | 25 | 28 |
| 18 | 18 | 20 | 22 | 20 | 22 | 24 | 22 | 24 | 26 |
| 19 | 18 | 20 | 22 | 19 | 21 | 23 | 21 | 23 | 25 |
| 20 | 17 | 19 | 21 | 18 | 20 | 22 | 20 | 22 | 24 |

Tabla A- 13: Diseño de espesores de pavimento flexible para carga máxima por rueda de 5 toneladas.
Espesores en centímetros.

Espesores A: para una intensidad media anual de lluvia hasta 800 mm.

Espesores B: para una intensidad media anual de lluvia hasta 800 - 1500 mm.

Espesores C: para una intensidad media anual de lluvia mayor de 1500 mm.

| Nivel de servicio (NS) | Terreno plano | | | | | | Terreno ondulado | | | | | | Terreno montañoso | | | | | |
|------------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|-------------------------|------|------|------|------|------|-------------------------|------|------|------|------|------|
| | Restricción de paso (%) | | | | | | Restricción de paso (%) | | | | | | Restricción de paso (%) | | | | | |
| | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| A | 0.15 | 0.12 | 0.09 | 0.07 | 0.05 | 0.04 | 0.15 | 0.10 | 0.07 | 0.05 | 0.04 | 0.03 | 0.14 | 0.09 | 0.07 | 0.04 | 0.02 | 0.01 |
| B | 0.27 | 0.24 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 | 0.26 | 0.23 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.13 | 0.25 | 0.20 | 0.16 | 0.13 | 0.12 | 0.10 |
| C | 0.43 | 0.39 | 0.36 | 0.34 | 0.33 | 0.32 | 0.42 | 0.39 | 0.35 | 0.32 | 0.30 | 0.28 | 0.39 | 0.33 | 0.28 | 0.23 | 0.20 | 0.16 |
| D | 0.64 | 0.62 | 0.60 | 0.59 | 0.58 | 0.57 | 0.62 | 0.57 | 0.52 | 0.48 | 0.46 | 0.43 | 0.58 | 0.50 | 0.45 | 0.40 | 0.37 | 0.33 |
| E | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.97 | 0.94 | 0.92 | 0.91 | 0.90 | 0.90 | 0.91 | 0.87 | 0.84 | 0.82 | 0.80 | 0.78 |

Tabla A- 14: Nivel de servicio (V/C) para carretera de dos carriles.
Tomado de la Highway Capacity Manual de 1994.

| Separación direccional (%/%) | Factor |
|------------------------------|--------|
| 50/50 | 1.00 |
| 60/40 | 0.94 |
| 70/30 | 0.89 |
| 80/20 | 0.83 |
| 90/10 | 0.75 |
| 100/0 | 0.71 |

Tabla A- 15: Factores de ajuste por distribución direccional del Tránsito en carreteras de dos carriles

| Hombro (m) | Carril 3.65m | | Carril 3.35 | | Carril 3.05m | | Carril 2.75m | |
|------------|--------------|------|-------------|------|--------------|------|--------------|------|
| | NS A-D | NS E | NS A-D | NS E | NS A-D | NS E | NS A-D | NS E |
| 1.8 | 1.00 | 1.00 | 0.93 | 0.94 | 0.83 | 0.87 | 0.70 | 0.76 |
| 1.2 | 0.92 | 0.97 | 0.85 | 0.92 | 0.77 | 0.85 | 0.65 | 0.74 |
| 0.6 | 0.81 | 0.93 | 0.75 | 0.88 | 0.68 | 0.81 | 0.57 | 0.70 |
| 0.0 | 0.70 | 0.88 | 0.65 | 0.82 | 0.58 | 0.75 | 0.49 | 0.66 |

Tabla A- 16: Factores de ajuste por efecto combinado de carriles angostos y hombros restringidos, carretera de dos carriles

| Tipo de vehiculo | NS | Tipo de terreno | | |
|------------------|-------|-----------------|----------|-----------|
| | | Plano | Ondulado | Montañoso |
| Camiones, Et | A | 2.0 | 4.0 | 7.0 |
| | B - C | 2.2 | 5.0 | 10.0 |
| | D - E | 2.0 | 5.0 | 12.0 |
| Buses, Eb | A | 1.8 | 3.0 | 5.7 |
| | B - C | 2.0 | 3.4 | 6.0 |
| | D - E | 1.6 | 2.9 | 6.5 |

Tabla A- 17: Automóviles equivalentes por camiones y autobuses, en función del tipo de terreno, carretera de dos carriles.

Cuadro No. 4.16 Sobrancho en Curvas de Carreteras de dos Carriles

| Ancho Calzada | 7.2 metros | | | | | | | 6.6 metros | | | | | | | 6.0 metros | | | | | | | |
|--------------------|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | Velocidad de diseño (Km/h) | | | | | | | Velocidad de diseño (Km/h) | | | | | | | Velocidad de diseño (Km/h) | | | | | | | |
| Radio de Curva (m) | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | |
| 1500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.6 |
| 1000 | 0 | 0 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.6 |
| 750 | 0 | 0 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 500 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 0.9 | 1.0 | 1.0 | 1.1 | 1.1 | 1.1 |
| 400 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | | 0.6 | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 0.9 | 1.0 | 1.0 | 1.1 | 1.1 | | | |
| 300 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | | | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.0 | 1.1 | | | | | | |
| 250 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | | | | 0.7 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.1 | 1.2 | | | | | | | |
| 200 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | | | | | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.3 | 1.4 | | | | | | | | |
| 150 | 0.7 | 0.8 | | | | | | 1.0 | 1.1 | 1.3 | 1.4 | | | | | | | | | | | |
| 140 | 0.7 | 0.8 | | | | | | 1.0 | 1.1 | 1.3 | 1.4 | | | | | | | | | | | |
| 130 | 0.7 | 0.8 | | | | | | 1.0 | 1.1 | 1.3 | 1.4 | | | | | | | | | | | |
| 120 | 0.7 | 0.8 | | | | | | 1.0 | 1.1 | 1.3 | 1.4 | | | | | | | | | | | |
| 110 | 0.7 | | | | | | | 1.0 | 1.3 | | | | | | | | | | | | | |
| 100 | 0.8 | | | | | | | 1.1 | 1.4 | | | | | | | | | | | | | |
| 90 | 0.8 | | | | | | | 1.1 | 1.4 | | | | | | | | | | | | | |
| 80 | 1 | | | | | | | 1.3 | 1.6 | | | | | | | | | | | | | |
| 70 | 1.1 | | | | | | | 1.4 | 1.7 | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 1994, p. 217.

Tabla A- 18: Sobre ancho en curvas de carreteras de dos carriles.

Controles de Diseño de Curvas Verticales en Cresta basados en las Distancias de Visibilidad de Parada y de Adelantamiento

| Velocidad de Diseño Km/h | Velocidad de marcha Km/h | Distancia de parada para diseño (m) | Tasa de curvatura vertical K, long (m) por % de G* | Distancia mínima de adelantam. para Diseño (m)* | Tasa de curvatura vertical, K, long (m) por % de G* |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--|---|---|
| 30 | 30-30 | 30-30 | 3-3 | 217 | 50 |
| 40 | 40-40 | 45-45 | 5-5 | 285 | 90 |
| 50 | 47-50 | 60-65 | 9-10 | 345 | 130 |
| 60 | 55-60 | 75-85 | 14-18 | 407 | 180 |
| 70 | 67-70 | 95-110 | 22-31 | 482 | 250 |
| 80 | 70-80 | 115-140 | 32-49 | 541 | 310 |
| 90 | 77-90 | 130-170 | 43-71 | 605 | 390 |
| 100 | 85-100 | 160-205 | 62-105 | 670 | 480 |
| 110 | 91-110 | 180-245 | 80-151 | 728 | 570 |

* Valores redondeados

Tabla A- 19: Distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento.

| Área | C |
|--|-------------|
| Pavimentos asfáltico | 0.8 – 0.95 |
| Pavimentos de hormigón | 0.7 – 0.9 |
| Pavimentos de piedra o ladrillo | 0.35 – 0.7 |
| Suelos impermeables con pendientes de 1 – 2% | 0.4 – 0.65 |
| Suelos ligeramente impermeables | 0.1 – 0.3 |
| Suelos moderadamente permeables | 0.05 – 0.2 |
| Terrenos agrícolas ondulados | 0.33 |
| Zonas planas no afectadas por inundaciones | 0.2 |
| Suelos arenosos, planos | 0.05 – 0.1 |
| Suelos arcilloso plano | 0.13 – 0.17 |
| Suelos arenoso inclinado | 0.15 - 0.2 |
| Suelos arcilloso inclinado | 0.25 – 0.35 |

Tabla A- 20: Coeficiente de escorrentía según el Tipo de superficie.

| Naturaleza de la superficie | η | |
|--|--------|-------|
| | Mín. | Máx. |
| Superficie de cemento limpio | 0.01 | 0.013 |
| Tubería de madera. | 0.01 | 0.013 |
| Tubería de alcantarillado | 0.01 | 0.017 |
| Canales de metal liso | 0.011 | 0.015 |
| Concreto precolado | 0.011 | 0.013 |
| Superficie con mortero – cemento | 0.011 | 0.015 |
| Drenaje de barro común | 0.011 | 0.017 |
| Concreto monolítico | 0.012 | 0.016 |
| Ladrillo con mortero cemento | 0.012 | 0.017 |
| Hierro forjado | 0.013 | 0.017 |
| Acero remachado | 0.017 | 0.020 |
| Canales y surcos, tierra lisa | 0.017 | 0.025 |
| Canales de metal corrugado | 0.022 | 0.03 |
| Canales excavado en tierra, lisos | 0.025 | 0.033 |
| Canales cortados en roca, lisos | 0.025 | 0.035 |
| Canales lechos rugosos y hiervas a los lados | 0.025 | 0.04 |
| Canales cortados en rocas, irregulares | 0.035 | 0.045 |
| Corrientes naturales muy lisas | 0.025 | 0.033 |
| Corrientes naturales muy rugosas | 0.045 | 0.06 |
| Corrientes naturales muy enyerbadas. | 0.075 | 0.15 |

Tabla A- 21: Valores del coeficiente de Manning.

| Sección transversal | Área | Perímetro mojado | Radio hidráulico |
|---------------------|----------------|------------------|------------------------|
| Triangular | Y^2 | $2\sqrt{2}Y$ | $\frac{1}{4}\sqrt{2}Y$ |
| Rectangular | $2 Y^2$ | $4Y$ | $Y/2$ |
| Trapezoidal | $\sqrt{3} Y^2$ | $2Y\sqrt{3}$ | $Y/2$ |
| Circular | $\pi Y^2/2$ | πY | $Y/2$ |

Tabla A- 22: Eficiencia hidráulica en canales.

| Tipo | Suelos que lo componen | Potencia del Equipo requerido |
|------|--|-------------------------------|
| I | Suelos sueltos 1.- Arenas 2.- Arcillas blandas 3.- Gravas 4.- Limos 5.- Capa vegetal | 36 – 65 HP |
| II | Suelos compactos o rocas Blandas. 1.- Arcilla compacta 2.- Areniscas blandas 3.- Calizas blandas 4.- Rocas fisuradas | 100 – 150 HP |
| III | Suelos de dureza media. 1.- Calizas duras 2.- Areniscas 3.- Duras 4.- Masas de rocas medianamente alteradas. | 150 – 180 HP |
| IV | Roca dura 1.- Calizas muy compactas 2.- Rocas ígneas blandas 3.- Rocas metamórficas blandas | 180 – 350 HP |
| V | Rocas muy duras 1.- Granitos 2.- Basaltos 3.- Mármoles | 350 HP y explosivos |

Tabla A- 23: Clasificación de los suelos en función de su comportamiento ante el equipo de construcción.

| Descripción | % |
|---------------------------------|----|
| Agua | 30 |
| Arena | 30 |
| Cemento | 5 |
| Concreto para columnas y muros | 4 |
| Concreto para fundaciones | 5 |
| Concreto para losas | 3 |
| Concreto para vigas intermedias | 5 |
| Estribos | 2 |
| Grava | 15 |
| Lechada cemento blanco | 15 |
| Mortero para acabados | 7 |
| Mortero para juntas | 30 |
| Mortero para pisos | 10 |

| Descripción | % |
|---------------------|----|
| Adoquines | 5 |
| Alambre de amarre | 10 |
| Azulejos | 5 |
| Bloques | 7 |
| Cerámica | 5 |
| Clavos | 30 |
| Formaletas | 20 |
| Gypsum | 5 |
| Ladrillo cuarterón | 10 |
| Láminas de zinc | 2 |
| Piedra cantera | 7 |
| Plycem | 10 |
| Varillas corrugadas | 3 |

Tabla A- 24: Porcentajes de desperdicio de algunos materiales de construcción.

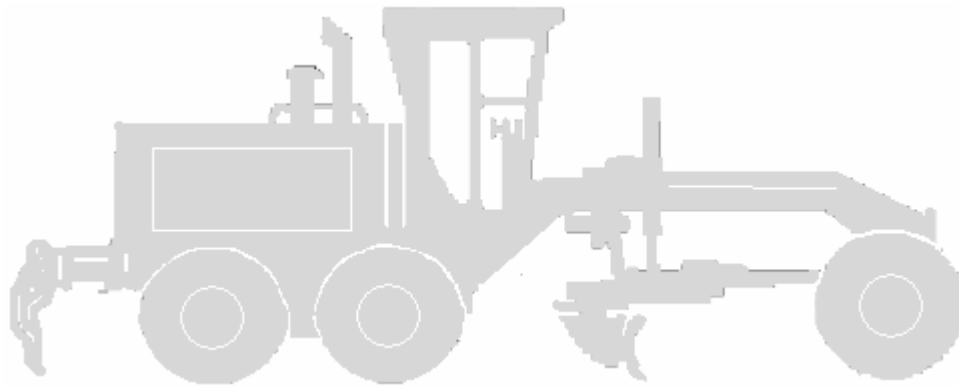
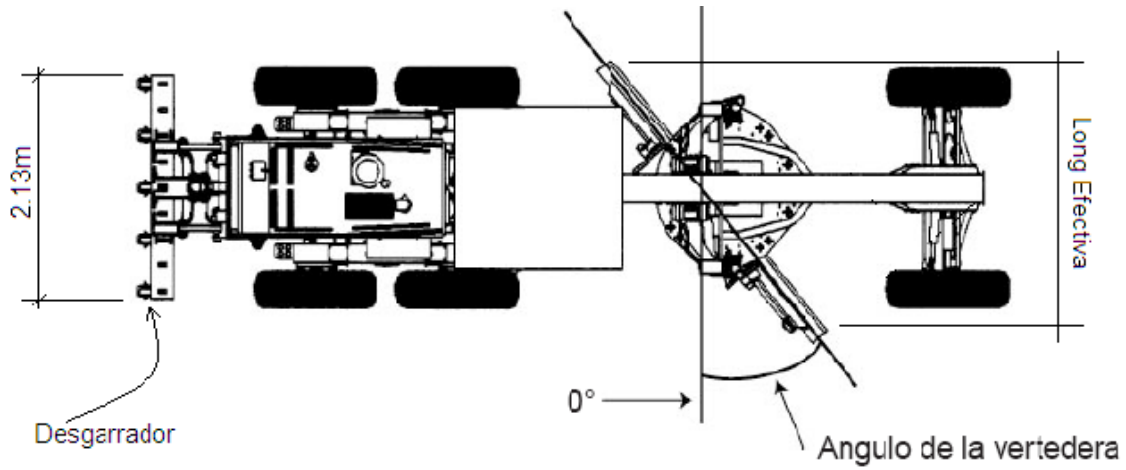
| Proporción | Usar para 1m ³ . | | | F'c a los 28 días (KG/cm ²) |
|------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|--|
| | Cemento (BLS) | Arena (M ³) | Grava (M ³) | |
| 1:1.5:1.5 | 12.5 | 0.527 | 0.527 | 288 |
| 1:1.5:2 | 11.3 | 0.475 | 0.634 | 270 |
| 1:1.5:2.5 | 10.2 | 0.430 | 0.716 | 245 |
| 1:1.5:3 | 9.4 | 0.396 | 0.792 | 230 |
| 1:2:2 | 9.8 | 0.552 | 0.552 | 205 |
| 1:2:3 | 8.5 | 0.478 | 0.717 | 185 |
| 1:2:4 | 7.4 | 0.413 | 0.827 | 147 |

Tabla A- 25: Proporciones para CONCRETO.

| Proporción | Usar para 1m ³ | | F'c a los 28 días (KG/cm ²) |
|------------|---------------------------|-------------------------|--|
| | Cemento (BLS) | Arena (M ³) | |
| 1:3 | 10.66 | 1.09 | 250 |
| 1:4 | 8.5 | 1.16 | 220 |
| 1:5 | 7.13 | 1.20 | 180 |
| 1:6 | 6.14 | 1.20 | 140 |
| 1:7 | 5.33 | 1.25 | 120 |
| 1:8 | 4.75 | 1.25 | 90 |

Tabla A- 26: Proporciones para MORTERO

Motoniveladora Cat 120H



Longitud efectiva de la hoja*

| | | Vertedera | | | | | | | |
|---------|------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|
| | | 3,66 m (12') | | 4,27 m (14') | | 4,88 m (16') | | 7,32 m (24') | |
| Angulo° | | m | pies | m | pies | m | pies | m | pies |
| | 0° | 3,66 | 12,00 | 4,27 | 14,00 | 4,88 | 16,00 | 7,32 | 24,00 |
| | 5° | 3,64 | 11,95 | 4,25 | 13,95 | 4,86 | 15,94 | 7,29 | 23,91 |
| | 10° | 3,60 | 11,82 | 4,20 | 13,79 | 4,80 | 15,76 | 7,21 | 23,64 |
| | 15° | 3,53 | 11,59 | 4,12 | 13,52 | 4,71 | 15,45 | 7,07 | 23,18 |
| | 20° | 3,44 | 11,28 | 4,01 | 13,16 | 4,58 | 15,04 | 6,87 | 22,55 |
| | 25° | 3,32 | 10,88 | 3,87 | 12,69 | 4,42 | 14,50 | 6,63 | 21,75 |
| | 30° | 3,17 | 10,39 | 3,69 | 12,12 | 4,22 | 13,86 | 6,33 | 20,78 |
| | 35° | 3,00 | 9,83 | 3,50 | 11,47 | 4,00 | 13,11 | 5,99 | 19,66 |
| | 40° | 2,80 | 9,19 | 3,27 | 10,72 | 3,74 | 12,26 | 5,61 | 18,39 |
| 45° | 2,59 | 8,49 | 3,02 | 9,90 | 3,45 | 11,31 | 5,17 | 16,97 | |

*La longitud efectiva de la hoja es la cobertura de la hoja que se puede obtener cuando la hoja está a un ángulo determinado.

Tractor Cat D7R LGP

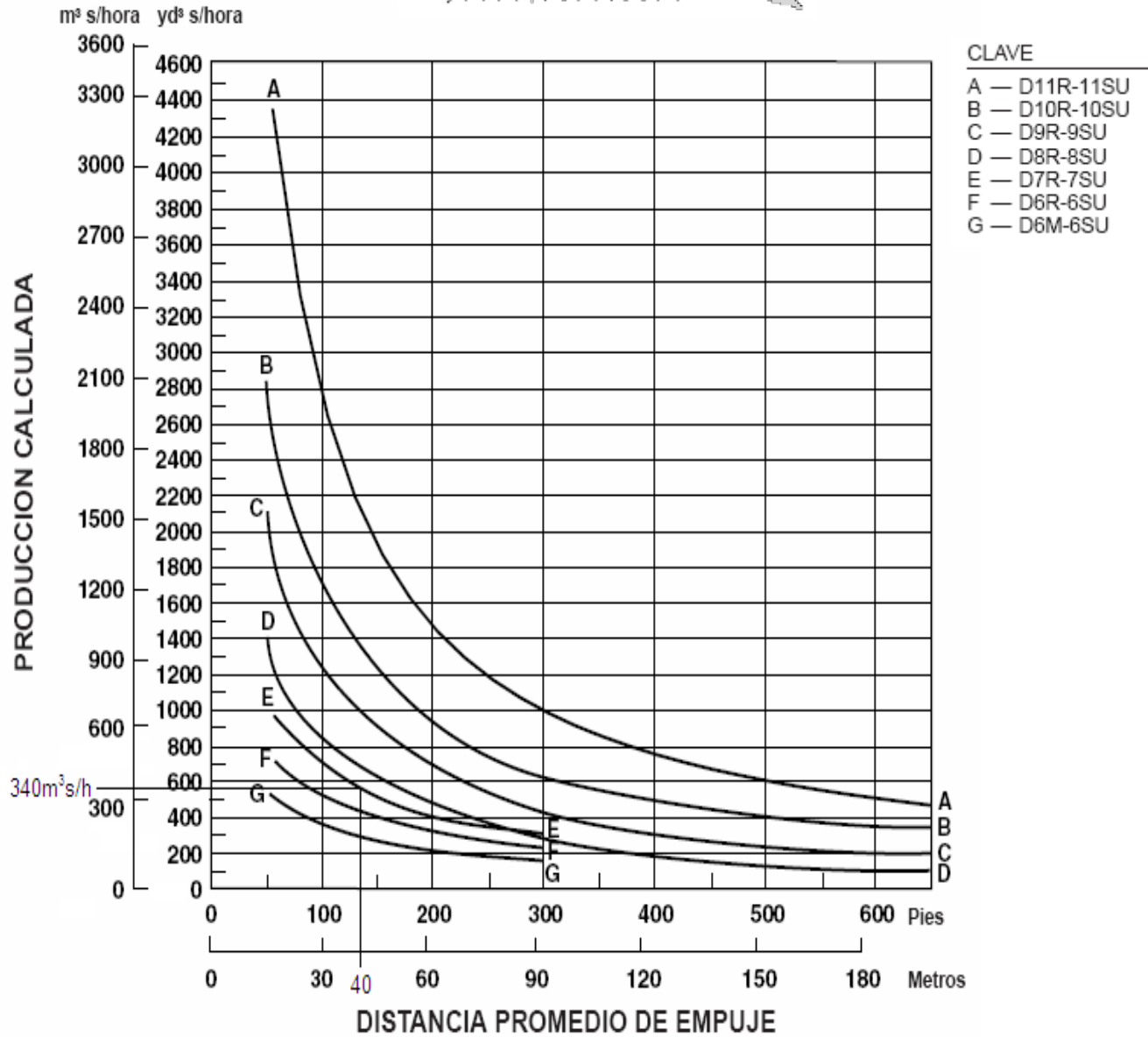
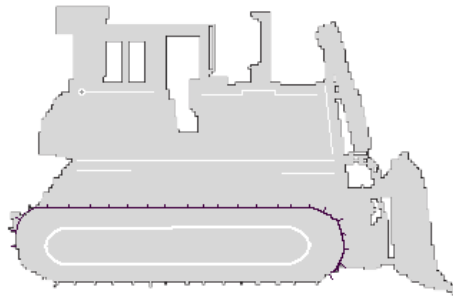
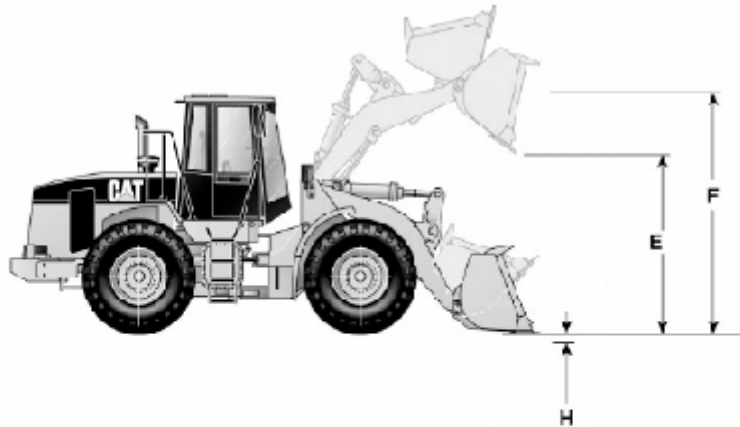


Tabla A- 27: Producción teórica de tractores D7R utilizando hoja semiuniversal (SU)

Cargadora Frontal de Ruedas Cat 928G



| | | | |
|---|--|--------|-------|
| E | Altura de descarga a 45°, a levantamiento máximo | 2,84 m | 9'4" |
| F | Altura al pasador del cucharón en levantamiento máximo | 3,87 m | 12'8" |
| H | Profundidad máxima de excavación | 86 mm | 3,4" |

FACTORES DE TIEMPO DE CICLO

El promedio del tiempo de ciclo básico (carga, descarga, maniobra) de un cargador articulado es de 0,45-0,55 minutos.

Máquina

- Manipulador de materiales -0,05

Materiales

- Mezclados +0,02
- Hasta 3 mm (1/8 pulg) +0,02
- De 3 mm (1/8 pulg) a 20 mm (3/4 pulg) -0,02
- De 20 mm (3/4 pulg) a 150 mm (6 pulg) 0,00
- Más de 150 mm (6 pulg) +0,03 y más
- Banco o fracturado +0,04 y más

Pila

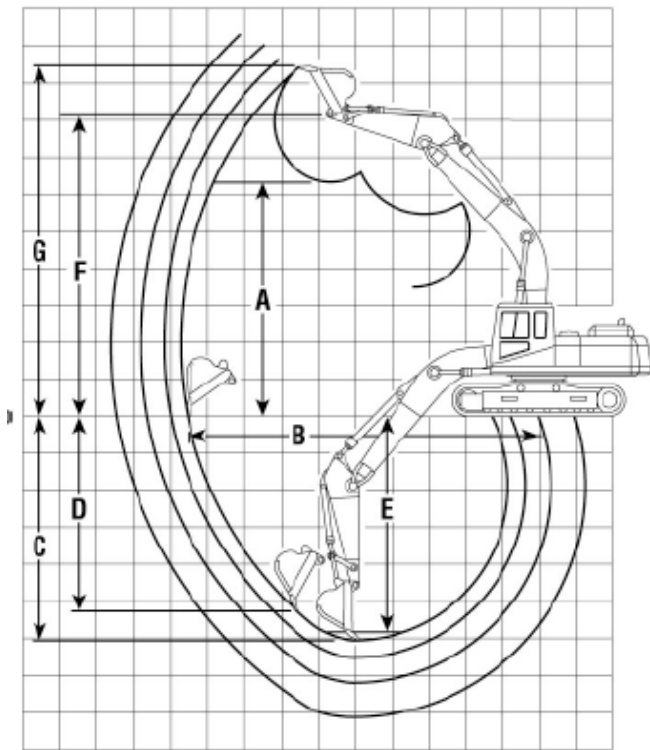
- Apilado por Transportador o Topadora a más de 3 m (10 pies) 0,00
- Apilado por Transportador o Topadora a menos de 3 m (10 pies) +0,01
- Descargado por camión +0,02

Varios

- Mismo propietario de camiones y cargadores Hasta - 0,04
- Propietario independiente de camiones Hasta + 0,04
- Operación constante Hasta - 0,04
- Operación intermitente Hasta + 0,04
- Punto de carga pequeño Hasta + 0,04
- Punto de carga frágil Hasta + 0,05

Utilizando las condiciones reales del trabajo y los factores indicados, se puede estimar el tiempo de ciclo total.

Excavadora Cat 318B L



Dimensiones de Excavadora 328B L

**Pluma de una pieza
Límites de excavación**

- Zapatas y tren de rodaje estándar

CLAVE:

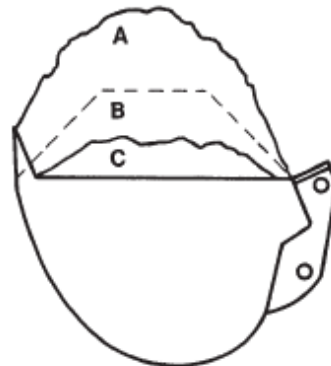
- A** Altura máxima de carga del cucharón con dientes.
- B** Alcance máximo a nivel del suelo.
- C** Profundidad máxima de excavación.
- D** Excavación vertical máxima.
- E** Profundidad máxima de excavación con fondo plano de 2,44 m (8'0").
- F** Altura máxima del pasador de articulación del cucharón.
- G** Altura máxima a los dientes del cucharón en la cima del arco.

Fabricadas en Japón

| Brazo | 1,8 m |
|----------|-------|
| A | 5,88 |
| B | 8,21 |
| C | 5,47 |
| D | 3,45 |
| E | 5,46 |
| F | 7,30 |
| G | 8,53 |

CARGA UTIL DEL CUCHARON

| Material | Factor de llenado (Porcentaje de la capacidad colmada del cucharón) |
|------------------------------------|--|
| Marga mojada o arcilla arenosa | A — 100-110% |
| Arena y grava | B — 95-110% |
| Arcilla dura y compacta | C — 80-90% |
| Roca bien fragmentada por voladura | 60-75% |
| Roca mal fragmentada por voladura | 40-50% |

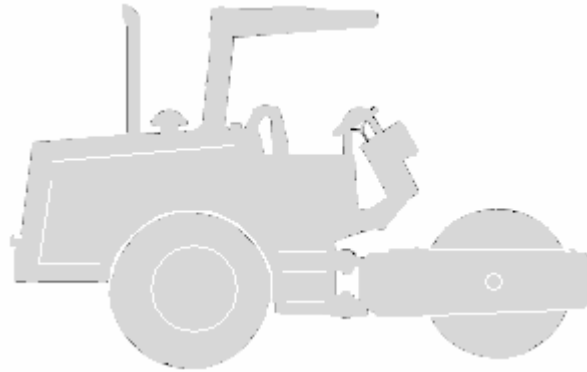


Metros cúbicos por hora de 60 minutos

| Tiempos de Ciclo Calculados | | CARGA UTIL CALCULADA DEL CUCHARON — METROS CUBICOS SUELTOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Tiempos de Ciclo Calculados | | | |
|-----------------------------|------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----------------------------|-----|-----------------|-----------------|
| Tiempo en | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Ciclos por min. | Ciclos por seg. |
| Seg. | Min. | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 1,1 | 1,3 | 1,5 | 1,7 | 1,9 | 2,1 | 2,3 | 2,5 | 2,7 | 2,9 | 3,1 | 3,3 | 3,5 | 4,0 | | | | |
| 10,0 | 0,17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6,0 | 360 | |
| 11,0 | 0,18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5,5 | 330 | |
| 12,0 | 0,20 | 60 | 90 | 150 | 210 | 270 | | | | | | | | | | | | | | | | 5,0 | 300 | |
| 13,3 | 0,22 | 54 | 81 | 135 | 189 | 243 | 297 | 351 | 405 | 459 | 513 | 567 | 621 | 675 | 729 | 783 | 837 | 891 | 945 | 1080 | | 4,5 | 270 | |
| 15,0 | 0,25 | 48 | 72 | 120 | 168 | 216 | 264 | 312 | 360 | 408 | 456 | 504 | 552 | 600 | 648 | 696 | 744 | 792 | 840 | 960 | | 4,0 | 240 | |
| 17,1 | 0,29 | 42 | 63 | 105 | 147 | 189 | 231 | 273 | 315 | 357 | 399 | 441 | 483 | 525 | 567 | 609 | 651 | 693 | 735 | 840 | | 3,5 | 210 | |
| 20,0 | 0,33 | 36 | 54 | 90 | 126 | 162 | 198 | 234 | 270 | 306 | 342 | 378 | 414 | 450 | 486 | 522 | 558 | 544 | 630 | 720 | | 3,0 | 180 | |
| 24,0 | 0,40 | 30 | 45 | 75 | 105 | 135 | 165 | 195 | 225 | 255 | 285 | 315 | 345 | 375 | 405 | 435 | 465 | 495 | 525 | 600 | | 2,5 | 150 | |
| 30,0 | 0,50 | 24 | 36 | 60 | 84 | 108 | 132 | 156 | 180 | 204 | 228 | 252 | 276 | 300 | 324 | 348 | 372 | 396 | 420 | 480 | | 2,0 | 120 | |
| 35,0 | 0,58 | 20 | 31 | 51 | 71 | 92 | 112 | 133 | 153 | 173 | 194 | 214 | 235 | 255 | 275 | 296 | 316 | 337 | 357 | 408 | | 1,7 | 102 | |
| 40,0 | 0,67 | | | | | 81 | 99 | 177 | 135 | 153 | 171 | 189 | 207 | 225 | 243 | 261 | 279 | 297 | 315 | 360 | | 1,5 | 90 | |
| 45,0 | 0,75 | | | | | | | | | 133 | 148 | 164 | 179 | 195 | 211 | 226 | 242 | 257 | 273 | 312 | | 1,3 | 78 | |
| 50,0 | 0,83 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,2 | 72 | |

Tabla A- 28: Producción teórica excavadoras de cadena

Compactador vibratorio Cat CS 533D



Las tablas en esta sección indican los cálculos de producción suponiendo las siguientes condiciones:

Velocidad nominal de desplazamiento de la máquina: 6,4 km/h (4,0 mph)
 Ancho de superposición de compactación: 15,2 cm (6,0 pulgadas)

| Modelo | Ancho del tambor | | Espesor de la capa | | Pasadas necesarias | Cálculos de producción | | | |
|-----------------------------|------------------|------|--------------------|------|--------------------|--|--------------------------|------------------------------------|----------------|
| | cm | pulg | cm | pulg | | | Zanja de 3,7 m (12 pies) | Base de carretera 9,15 m (30 pies) | Areas abiertas |
| CS-323C | 127 | 50 | 10,2 | 4 | 6 | m ³ /hr yds ³ /hr | 80 104 | 111 145 | 122 159 |
| CS-431C, CS-433C | 167,6 | 66 | 10,2 | 4 | 4 | m ³ /hr yds ³ /hr | 159 209 | 249 326 | 249 326 |
| CS-531D, CS-533D CS-563D | 213,4 | 84 | 15,2 | 6 | 6 | m ³ /hr yds ³ /hr | 239 313 | 299 391 | 324 424 |
| CS-583D | 213,4 | 84 | 15,2 | 6 | 4 | m ³ /hr yds ³ /hr | — — | 448 587 | 486 636 |
| CP-323C | 127 | 50 | 15,2 | 6 | 6 | m ³ /hr yds ³ /hr | 120 156 | 133 174 | 183 239 |
| CP-433C | 167,6 | 66 | 15,2 | 6 | 6 | m ³ /hr yds ³ /hr | 159 209 | 199 261 | 249 326 |
| CP-533D, CP-563D | 213,4 | 84 | 30,5 | 12 | 6 | m ³ /hr yds ³ /hr | 478 626 | 478 626 | 647 847 |

Tabla A- 29: Producción de Compactadoras vibratorias

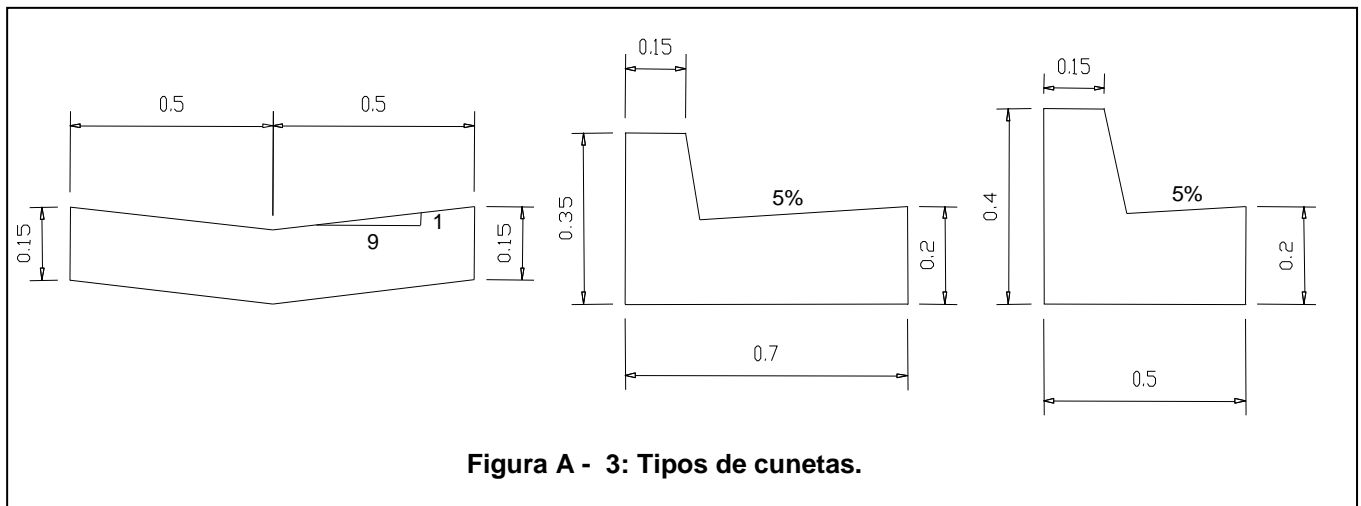
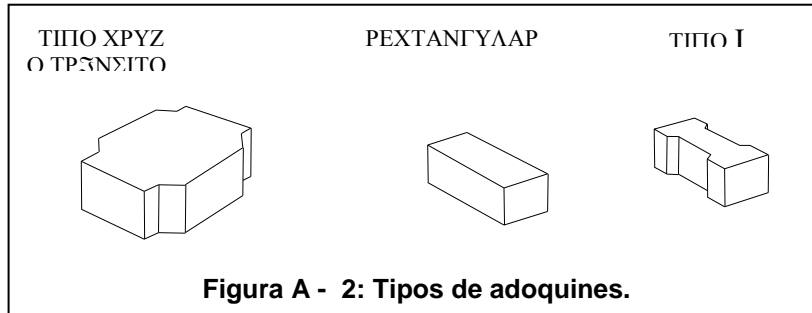
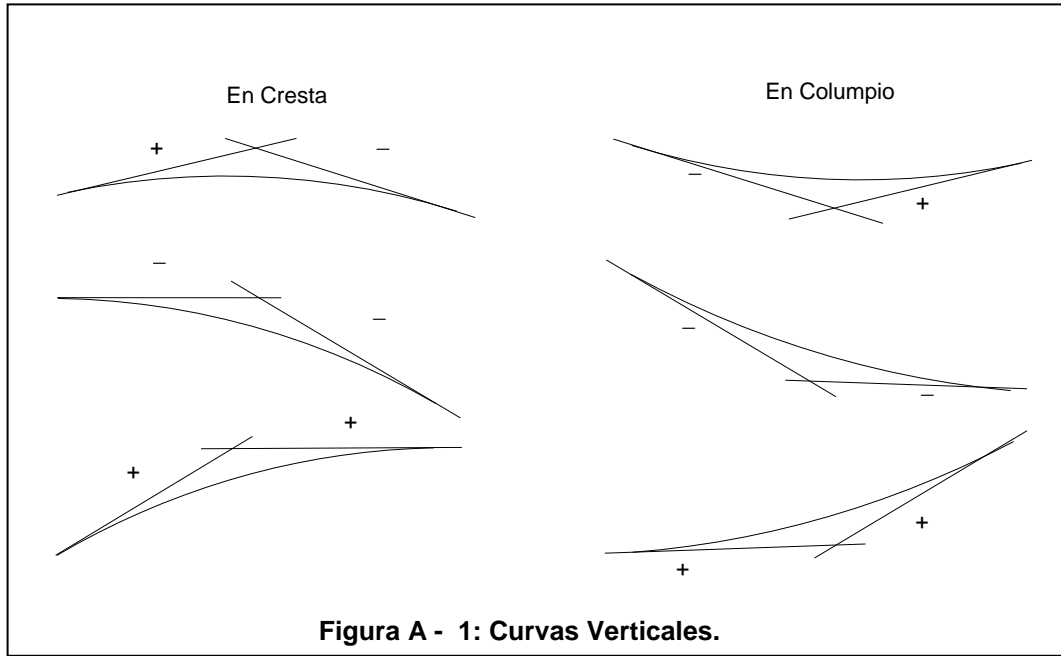


FIG. 4.4 BAHÍA PARA AUTOBUSES, SIN SEPARADOR

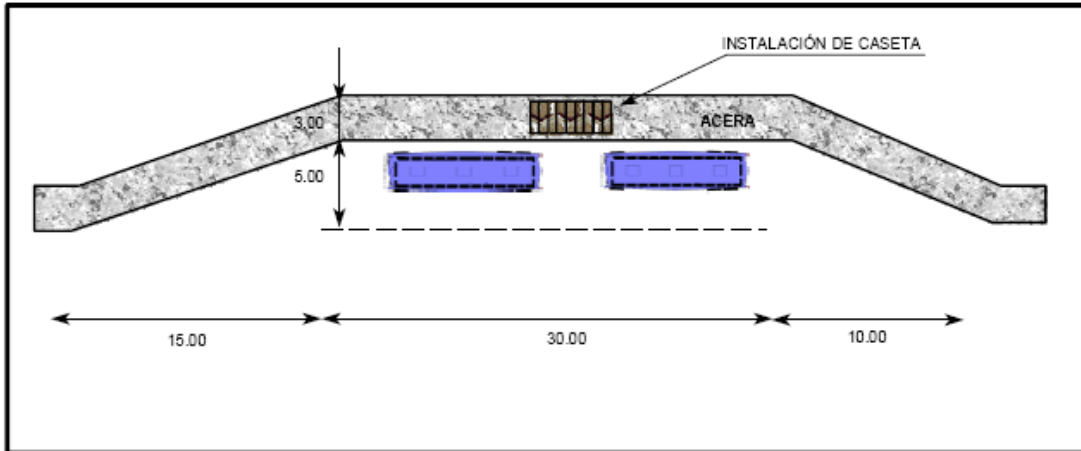


FIG. 4.5 BAHÍA PARA AUTOBUSES, CON SEPARADOR

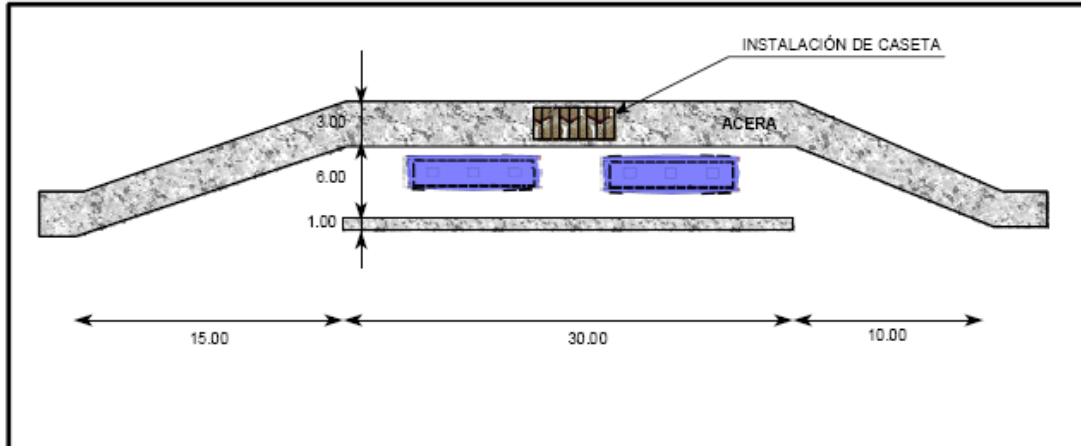
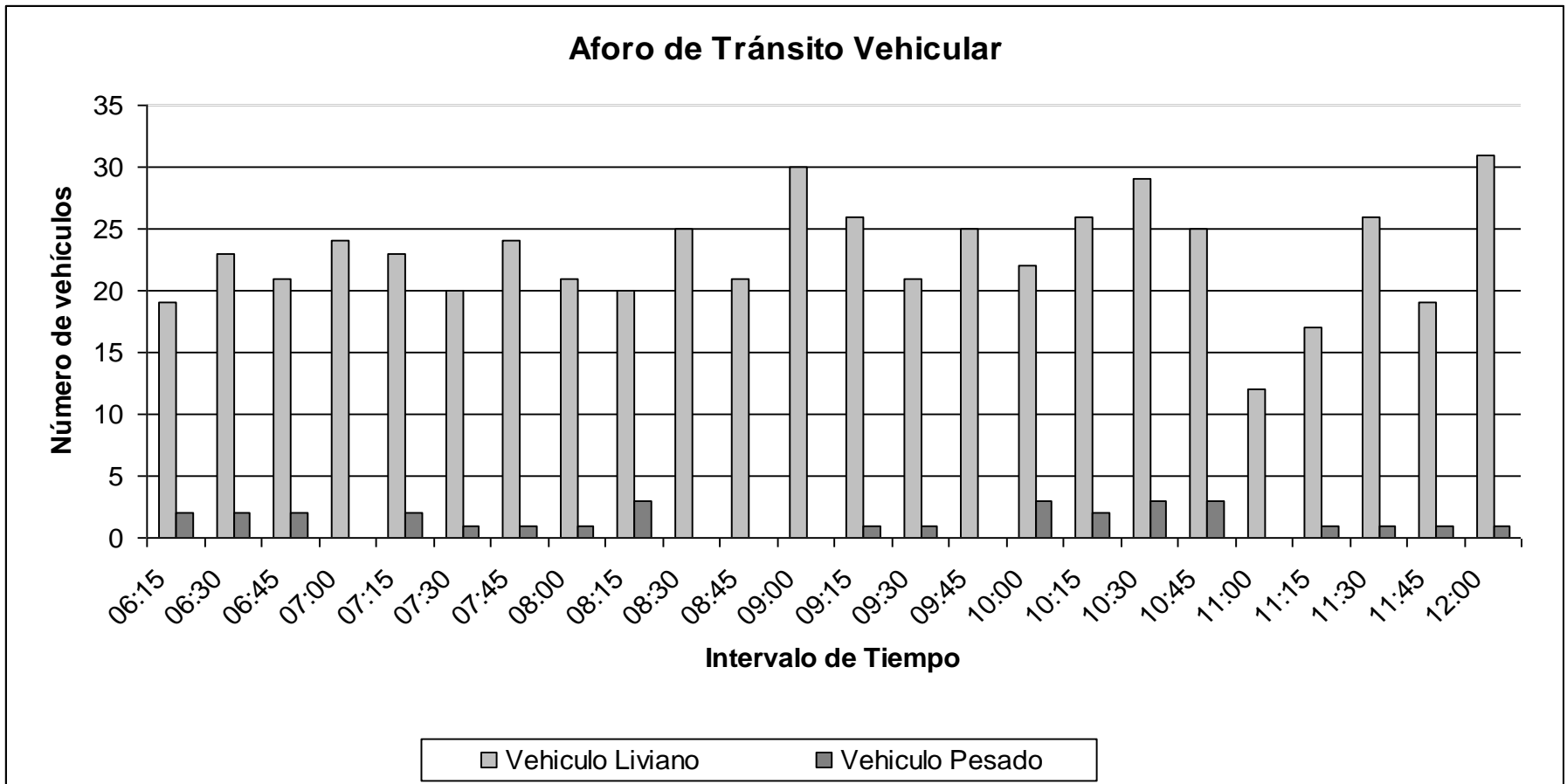
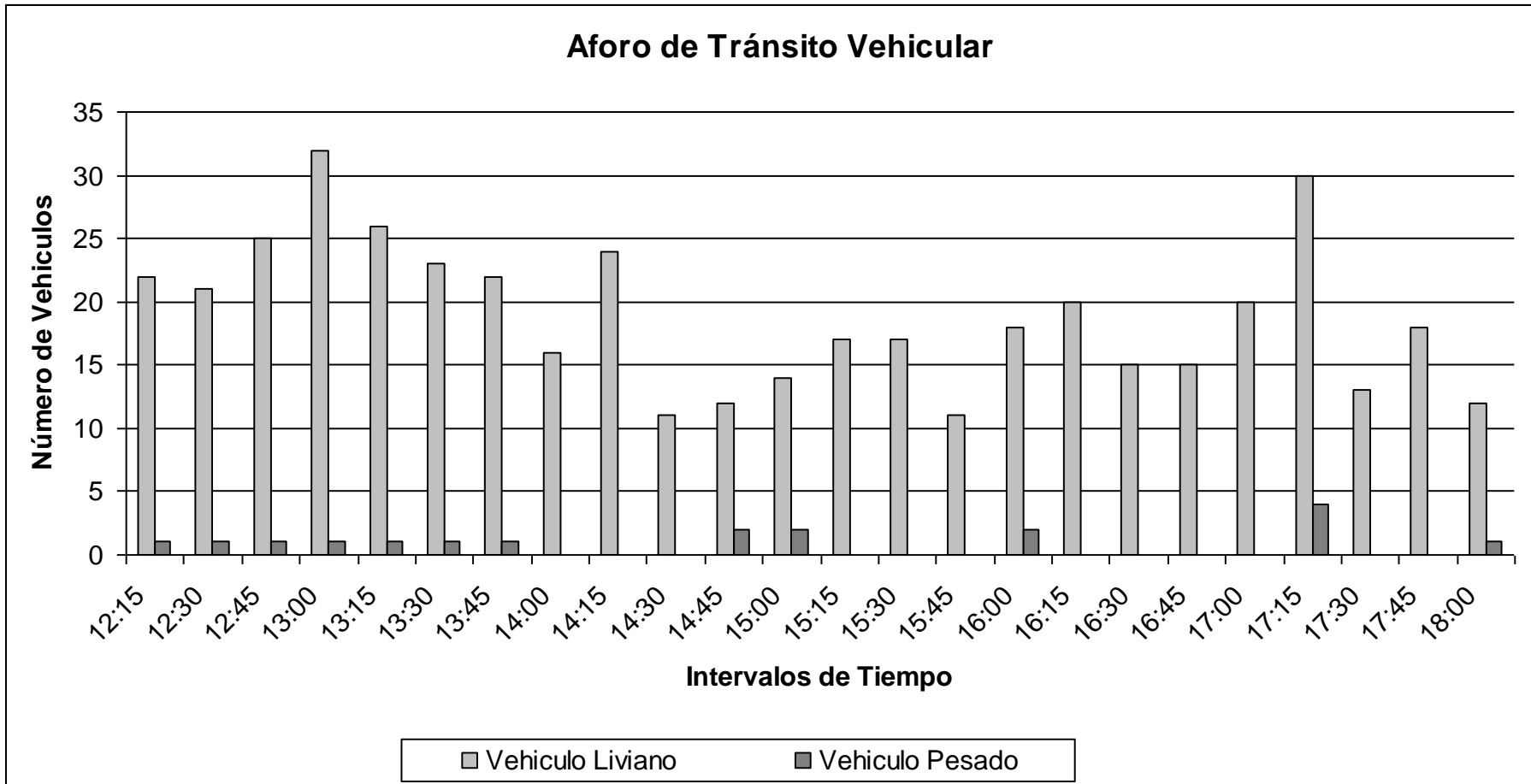


Figura A - 4: Dimensiones para el diseño de bahías de autobuses.



Cuadro A – 1: Aforo vehicular, Tránsito promedio diario.



Cuadro A – 2: Aforo vehicular, Tránsito promedio diario.

II. RESUMEN DE RESULTADOS

Tabla A- 30: Datos de curvas horizontales y verticales.

| Datos | Curva horizontal | |
|----------------------------------|------------------|------------|
| | 1 | 2 |
| Ubicación | TRAMO 1 | TRAMO 1 |
| Est. PC | 0 + 016.863 | 0 + 331 |
| Est. PT | 0 + 040.778 | 0 + 364.77 |
| Radio (R) | 79.623 | 53.435m |
| Ángulo de deflexión (Δ) | 17°12'31" | 36°12'20" |
| Grado de curvatura (G) | 14°23'30.56" | 21°26'42" |
| Tangente (T) | 12.048m | 17.468m |
| Desarrollo (D) | 23.915m | 33.766m |
| Cuerda máxima (CM) | 23.825m | 33.207m |
| Mediana (M) | 0.896m | 2.645m |
| Externa (E) | 0.906m | 2.783m |

| ID | EST INICIO | EST FIN | LONGITUD |
|---------|----------------------------|------------|----------|
| TRAMO 1 | 0+000 | 0+434.42 | 434.420 |
| TRAMO 2 | 0+424.42 | 0+800 | 375.580 |
| TRAMO 3 | 0+700 | 0+754.765 | 54.765 |
| TRAMO 4 | 0+722.54 | 0+1086.421 | 363.881 |
| TRAMO 5 | 0+564.14 | 0+757.441 | 193.301 |
| | Longitud total a adoquinar | | 1421.947 |

| Datos | Curva vertical | | | |
|----------------------|----------------|-------------|------------|------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Ubicación | TRAMO 1 | TRAMO 1 | TRAMO 2 | TRAMO 4 |
| Est. PCV | 0 + 180 | 0 + 387.349 | 0+ 679.820 | 0 + 780 |
| Est. PIV | 0 + 210 | 0+ 405.830 | 0+ 699.82 | 0 + 804.74 |
| Est. PTV | 0 + 240 | 0 + 424.349 | 0+ 719.820 | 0 + 820 |
| Dif. Algb (A) | 1.283 | -3.813 | -1.308 | - 7.082 |
| Tipo | Columpio | Cresta | Cresta | Cresta |
| Longitud | 60.00m | 37.00m | 40.00m | 40.00m |
| Est. Pto.+ Bajo/Alto | 0+240 | 0+402.830 | 0+695.099 | 0 + 811.74 |
| Elv. Pto.+ Bajo/Alto | 94.875m | 93.828m | 95.068m | 97.987m |
| Elv. PCV | 95.736m | 93.705m | 95.030m | 97.087m |
| Elv. PTV | 94.875m | 93.590m | 94.968m | 97.889m |

Tabla A- 31: Aforo Vehicular.

| AFORO | Veh. Livianos | Veh. Pesados |
|--------------------------------|---------------|--------------|
| Aforo 1 | 1004 | 49 |
| Aforo 2 | 971 | 33 |
| Aforo 3 | 1042 | 63 |
| Total (veh.) | 3017 | 145 |
| Veh. Mixtos | 3162 | |
| Veh. Mixtos por carril (50/50) | 1581 | |
| TPD (Veh/día) | 527 | |

Tabla A- 32: Espesores de la estructura de pavimento.

| | | |
|---------|----------|-----------------------|
| Adoquín | 10c m | Tipo cruz, 49MPa |
| Arena | 5c m | Motastepe |
| Base | 26c m | Hormigón rojo. |
| TOTAL | 36c m | Espesor de estructura |

Tabla A- 33: Clasificación de suelos.

Sondeos manuales.

| Sondeo Nº | Muestra Nº | Profundidad (m) | Clasificación AASHTO | Calidad |
|----------------------|------------|-----------------|----------------------|-----------|
| Calle TRAMO 1 | | | | |
| Sm-1 | 1 | 0.00 – 0.20 | A – 1 – b (0) | Excelente |
| | 2 | 0.20 – 0.45 | A – 1 – a (0) | Excelente |
| | 3 | 0.45 – 1.40 | A – 2 – 4 (0) | Buena |
| Sm-2 | 1 | 0.00 – 0.18 | A – 4 (1) | Pobre |
| | 2 | 0.18 – 0.65 | A – 7 – 5 (15) | Mala |
| | 3 | 0.65 – 1.25 | A – 4 (0) | Pobre |
| | 4 | 1.25 – 1.38 | A – 7 – 5 (15) | Mala |
| Sm-3 | 1 | 0.00 – 0.45 | A – 4 (1) | Pobre |
| | 2 | 0.45 – 0.60 | A – 7 – 5 (15) | Mala |
| | 3 | 0.60 – 1.30 | A – 2 – 4 (0) | Buena |
| Calle TRAMO 2 | | | | |
| Sm-1 | 1 | 0.00 – 0.35 | A – 1 – b (0) | Excelente |
| | 2 | 0.35 – 1.10 | A – 2 – 4 (0) | Buena |
| | 3 | 1.10 – 1.40 | A – 7 – 5 (15) | Mala |
| Sm-2 | 1 | 0.00 – 0.18 | A – 1 – b (0) | Excelente |
| | 2 | 0.18 – 0.70 | A – 1 – b (0) | Excelente |
| | 3 | 0.70 – 1.05 | A – 2 – 4 (0) | Buena |
| Sm-3 | 1 | 0.00 – 0.40 | A – 2 – 4 (0) | Buena |
| | 2 | 0.40 – 1.45 | A – 4 (0) | Pobre |
| Calle TRAMO 4 | | | | |
| Sm-1 | 1 | 0.00 – 0.25 | A – 1 – b (0) | Excelente |
| | 2 | 0.25 – 1.30 | A – 7 – 5 (15) | Mala |
| Sm-2 | 1 | 0.00 – 0.18 | A – 4 (1) | Pobre |
| | 2 | 0.18 – 0.90 | A – 4 (0) | Pobre |
| | 3 | 0.90 – 1.05 | A – 2 – 4 (0) | Buena |
| Sm-3 | 1 | 0.00 – 0.45 | A – 4 (1) | Pobre |
| | 2 | 0.45 – 0.81 | A – 4 (0) | Pobre |
| | 3 | 0.81 – 1.30 | A – 2 – 4 (0) | Buena |
| Calle TRAMO 5 | | | | |
| Sm-1 | 1 | 0.00 – 0.20 | A – 1 – b (0) | Excelente |
| | 2 | 0.20 – 0.50 | A – 4 (0) | Pobre |
| | 3 | 0.50 – 1.08 | A – 7 – 5 (15) | Mala |
| | 4 | 1.08 – 1.39 | A – 1 – b (0) | Excelente |
| Sm-2 | 1 | 0.00 – 0.12 | A – 1 – b (0) | Excelente |
| | 2 | 0.12 – 1.20 | A – 2 – 4 (0) | Buena |

Banco de materiales

| Banco | Clasificación AASHTO | Calidad |
|-------|----------------------|-----------|
| A | A-1-a (0) | Excelente |
| B | A-1-b (0) | Excelente |

Banco (A): Hormigón Rojo, La Barranca.

Banco (B): Pómez, Las Flores.

Tabla A- 34: Diseño hidráulico.

| Descripción | y | z |
|-------------|-------|---|
| Cuneta | 0.30m | 2 |
| Vados | 0.17m | 7 |

Tabla A- 35: Maquinaria a utilizar.

| Descripción | Cantidad | Horas |
|--|----------|-------|
| Camión Volquete DT 466E (International) | 4 | 27.95 |
| Tractor D7R LGP (Caterpillar) | 1 | 41.00 |
| Excavadora 318B L (Caterpillar) | 1 | 12.77 |
| Cargador frontal 928G (Caterpillar) | 1 | 24.45 |
| Motoniveladora 120H (Caterpillar) | 1 | 21.39 |
| Vibrocompactadora de rodillo CS 533D (Caterpillar) | 1 | 27.84 |
| Cisterna de 3000gln | 1 | 20.06 |

Tabla A- 36: Duración del proyecto por etapa.

| Etapa | Tramo | Inicia | Finaliza | Duración |
|---------------------|-------|-----------------|-----------------|----------------|
| I | 1 | 03/09/07 | 29/11/07 | 68.31d |
| II | 3 y 4 | 29/11/07 | 25/04/08 | 66.42d |
| III | 2 | 25/02/08 | 08/05/08 | 58.55d |
| IV | 5 | 08/05/08 | 19/06/08 | 33.83d |
| Toda la obra | | 03/09/07 | 19/06/08 | 227.10d |

Tabla A- 37: Costo total del proyecto por tramo.

| Tramo | Costo (C\$) |
|--------------|---------------------|
| 1 | 2, 314, 252.53 |
| 2 | 1, 532, 537.46 |
| 3 | 266, 099.17 |
| 4 | 1, 556, 961.80 |
| 5 | 951, 310.62 |
| TOTAL | 6,621,161.58 |

III. FOTOS



Parte asfaltada del tramo 1 (MEBASA - LA AGUJA) se puede observar en la grafica el mal estado que presentan la carpeta asfáltica. Al fondo se puede notar la Curva horizontal 1 Dirección Este - Oeste



Vista de curva horizontal 2 hacia MEBASA
Dirección Oeste -Este



Vista hacia las instalaciones de Nutrientos MEBASA sobre el tramo 1
Aquí está sobre la curva horizontal 1
Dirección O-E



Vista del tramo 4 desde su intersección con el
Tramo 1 (PI-7) Dirección N-S



Aquí se puede notar el mal estado de la calle.
Esta foto fue tomada desde el PI-7
Dirección E-O



Al fondo se puede ver la entrada La Aguja del Mercado Ernesto Fernández
A la izquierda se mejorará la Terminal de taxis.
Dirección E-O



Vista desde tramo 2 hacia Mercado Ernesto Fernández
Dirección S-N



Vista al cauce que está al final del tramo 5 (Estación 0+757), hacia depósito de basura del Mercado.
Dirección S-N

IV. PLANOS

