



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

MONOGRAFIA

**“ELABORACION DE MANUAL DE PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS DE
ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO ASFALTICO”.**
“TRAMO: AMPLIACION CARRETERA MASAYA-GRANADA 1 KM”

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Luisa Amanda Vargas Herrera
Br. Michael Scottie Dávila Noguera

Tutor

Ing. Maritza Isabel Reyes Morales

Managua, Junio 2021

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud, ser manantial de vida y darme lo necesario para seguir adelante día a día y así lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi familia por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien y a todos aquellos que me ayudaron directa e indirectamente a realizar este documento.

A mi tutora y compañeros de trabajo por su gran apoyo y motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales.

En este libro de monografía se explica un proyecto que tuvo la dicha de ser ejecutado por un excelente maestro de obras, el cual garantizo firmemente con la calidad y tiempo de ejecución del proyecto, un saludo hasta el cielo mi amigo del alma Iván García Gutiérrez. Q.E.P.D

Br. Luisa Amanda Vargas Herrera.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mis padres, su gran fortaleza fue el motor que me permitió avanzar incluso en los momentos más difíciles. Gracias desde el fondo de mi corazón.

Finalmente, a todos aquellos que ayudaron directa o indirectamente a realizar este trabajo monográfico, mil gracias.

Br. Michael Scottie Dávila Noguera

AGRADECIMIENTO

Agradecemos en primer lugar a Dios por habernos permitido la culminación de este trabajo monográfico, a nuestros padres y a la Universidad Nacional de Ingeniería, así como a todas las personas que directa e indirectamente apoyaron este proyecto.

Br. Luisa Amanda Vargas Herrera.

Br. Michael Scottie Dávila Noguera

1 Contenido

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	ANTECEDENTES	3
2.1	Macro localización.....	5
2.2	Micro localización.....	5
3	OBJETIVOS:	6
3.1	Objetivo General:	6
3.2	Objetivos Específicos:	6
4	JUSTIFICACIÓN	7
5	MARCO TEÓRICO.....	8
5.1	Conceptos Generales.	8
5.2	Tipos de Pavimento.	8
5.2.1	Pavimentos Transitorios:	8
5.2.2	Pavimentos para bajo volumen de tránsito:	9
5.2.3	Pavimentos de concreto hidráulico:	9
5.2.4	Pavimento flexible:	9
5.3	Elementos de un Pavimento Vial.....	10
6	Asignación de trabajo.	12
6.1	Especificaciones técnicas.	12
6.1.1	Demolición de estructura existente:	12
6.1.2	Trabajos por Administración	15
6.1.3	Excavación en la Vía.	17
6.1.4	Excavación para Estructuras	21
6.1.5	Mampostería.....	23

6.1.6	Subbase de Grava Mejorada con Cemento	25
6.1.7	Materiales	26
6.1.8	Imprimación asfáltica	27
6.1.9	Revestimiento asfáltico en caliente.....	31
6.1.10	Bordillos de Concreto de 3000 Psi.....	36
6.1.11	Acero de refuerzo grado 40	37
6.1.12	Desalojo de material desechable.....	38
6.1.13	Revestimiento con Material Selecto (reposición capa de balasto). 39	
6.1.14	Sobre acarreo (sobre acarreo largo camino de todo tiempo).	39
6.1.15	Control de Calidad (Nic 2000).	39
6.1.16	Clasificación de Equipos de Construcción.	40
6.1.17	Productividad y eficiencia del equipo.....	41
6.2	Procedimiento Constructivo.	42
6.2.1	Subrasante:	42
6.2.2	Escarificación y homogenización de la subrasante:	42
6.2.3	Humectación del suelo de subrasante:	43
6.2.4	Aireación del suelo de subrasante:	43
6.2.5	Compactación de la subrasante:	43
6.2.6	Recepción de la capa de subrasante:	44
6.2.7	Capa de Sub-base:.....	45
6.2.8	Procedimiento constructivo:	45
6.2.9	Escarificación del material de protección de la subrasante:	45
6.2.10	Colocación del material de sub-base:.....	46
6.2.11	Distribución del material de sub-base:.....	46
6.2.12	Compactación de la capa de sub-base:.....	47

6.2.13	Recepción de la capa de sub-base.....	47
6.2.14	Protección de la capa recepcionada de sub-base:	48
6.2.15	Capa de Base.....	49
6.2.16	Proceso del Riego de la Imprimación:	50
6.2.17	Mezcla Asfáltica:	51
6.3	Control y calidad	53
6.3.1	Relación de humedad y densidad (Próctor Estándar y/o Próctor Modificado).....	55
6.4	CBR en laboratorio.....	56
6.5	Etapas en proceso de construcción	57
6.6	Granulometría por tamizado para agregados	57
6.7	Caracterización de agregados.....	57
6.8	Compactación in situ.....	58
6.9	Caracterización del cemento.....	58
6.10	Granulometría de la base estabilizada	59
6.11	Resistencia a la compresión en bases estabilizadas.....	59
6.12	Mezcla asfáltica en caliente diseñada mediante el método Marshall.....	59
6.13	Asfalto.....	60
6.14	Mezcla asfáltica (producción en planta).	61
6.15	Mezcla asfáltica (colocación in situ).	62
6.16	Tratamiento superficial	62
6.17	Emulsión	63
6.18	Mezcla asfáltica para tratamiento superficial	65
6.19	Pavimento terminado	65
7	Definición.....	83

7.1	Equipo de construcción para obras viales.	83
7.1.1	Clasificación de Equipos de Construcción	84
7.1.2	Equipos de Excavación y Movimiento de Tierras.....	84
7.1.3	Equipos de transporte horizontal de materiales.	85
7.1.4	Equipos de Compactación y Terminación.....	85
7.1.5	Productividad y eficiencia del equipo.	90
7.2	Plan de Trabajo.....	91
8	CONCLUSIONES.....	104
9	RECOMENDACIONES.....	106
10	BIBLIOGRAFÍA.	107
11	ANEXOS.	108

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto ampliación de carretera Masaya-Granada, consistió en la construcción de un segundo carril en los tramos km 33 Las Flores-Circunvalación a Masaya 0.4 km y Rotonda Jockey Club-Semáforos colegio María Auxiliadora 0.6 km, dichos tramos responden a la necesidad de dar mayor fluidez al tránsito que circula por esos tramos, en el tramo No.01 km 33 Las flores se construyó un carril de adelantamiento ya que era necesaria la liberación del tránsito en la intersección a la Circunvalación a Masaya, de igual manera se construyó un segundo carril en el tramo Rotonda Jockey Club-colegio María Auxiliadora, para aliviar los vehículos que se dirigen a las 5 intersecciones ubicadas a lo largo de los 600 mts , el contenido del presente manual se expresa en la estructura siguiente:

Capitulo I. Generalidades: En este capítulo se aborda una introducción que describe la importancia de la construcción de carreteras en el país, el cual incide en el crecimiento económico; En los antecedentes se describe la historia de la construcción de carreteras en Nicaragua y la modernización de la red vial a lo largo del tiempo; la justificación detalla lo importante que es la elaboración del manual de procedimiento constructivo, como un documento de consulta en vista a la escasez de bibliografía en lo referente a este tema y el objetivo general y específico que precisan el fin del presente documento.

Capitulo II. Descripción de Conceptos de Obras para la Construcción de un Pavimento Flexible. Explica, cada concepto de obra, utilizado para la ejecución del proyecto en mención, recopila la definición de cada actividad involucrada en la obra, como su forma de pago respectiva.

Capitulo III. Procedimiento Constructivo de la Estructura de Pavimento Flexible. En base a esto, es necesario que exista un documento apropiado, en donde se describan y expliquen los principales procedimientos constructivos, al menos de una obra horizontal determinada, de preferencia en ejecución, ya que la información obtenida sería teórica-práctica.

Capitulo IV. Control y Calidad en un Pavimento Flexible. Determina las características físico- mecánicas de los materiales necesarios para la construcción de la carretera Ampliación Masaya-Granada, este capítulo explica cada procedimiento de control y calidad para la aceptación de los materiales.

Capitulo V. Rendimiento de Equipos para Movimiento de Tierras. Este capítulo describe y clasifica los distintos equipos de construcción, según su función, encontrando así el rendimiento de este equipo, según las actividades del proyecto, como las distintas condiciones de trabajo a lo que ellos son expuestos.

1 INTRODUCCIÓN

La importancia de las carreteras se ha incrementado notablemente convirtiéndose en verdaderas vías que impulsan el desarrollo de la economía, la producción, el turismo y el desarrollo social.

La infraestructura vial incide mucho en la economía del país, para esto se necesitan mejores vías de comunicación entre los pueblos, que sean seguras, eficientes y resistentes, ya que de esta manera mejora el desarrollo socio-económico y la producción en los diferentes sectores de la economía nacional.

Debido a la gran demanda de proyectos de infraestructura vial para el desarrollo del país, es necesario adquirir y emplear conocimientos con respecto a los procesos constructivos para la ejecución de una obra horizontal, tanto en lo que se requiere a las capas (Terracería, Sub- base, Base y Superficie de Rodamiento), capas que conforman la estructura del pavimento así como las obras de drenaje requeridas en el proyecto, siendo este un documento monográfico necesario para la elaboración de un manual de procedimientos constructivos que sirva de gran apoyo a las futuras generaciones egresadas de la carrera de ingeniería civil y profesionales de la construcción.

El ingeniero civil tiene la responsabilidad de que todo proyecto u obra de construcción quede lo mejor construida, optimizando el tiempo de ejecución, siendo necesario tener un buen conocimiento, el cual puede ser obtenido en las aulas de clases, que a su vez será logrado con el material bibliográfico existente sobre el tema interesado, para que un procedimiento constructivo tenga éxito en su ejecución, es recomendable, conocer el equipo que se utiliza, así como tener en la obra el personal necesario, para llevarlo a cabo.

En la presente monografía, se explicarán los procesos constructivos de una carretera en ejecución, desde la excavación en la vía, hasta su última etapa de construcción de carpeta asfáltica en caliente, para el proyecto: REVESTIMIENTO DE CARRETERA MASAYA – GRANADA. También será detallado el personal y equipo necesario, así como el rendimiento de los mismos.

2 ANTECEDENTES

Es a inicios del siglo XX que se empieza a desarrollar la construcción de carreteras en Nicaragua. Específicamente en los años cuarenta se da inicio a la modernización de la red vial nicaragüense con un crecimiento constante hasta alcanzar a finales de los 60 una red vial considerables de 12,977Km predominando en los caminos de estación seca; es en este periodo que se aparecen los primeros tramos de carretera revestidas en el país.

La carretera Masaya- Granada es el tramo principal de acceso a la ruta entre estos dos departamentos, conectando así a varios destinos turísticos, comercio y culturales, propios de ambos departamentos, esta ruta cuenta con una vía alterna o circunvalación que conecta hacia el municipio de Nindirí, agilizando el tránsito que viaja de Managua hacia Granada, evitando ingresar a la zona urbana de Masaya, siendo de uso obligatorio para el tráfico de equipo pesado (cabezales).

Esta carretera es una vía pavimentada, sin embargo, en algunos sectores de su trayectoria presenta, saturaciones del tráfico siendo específicamente en los tramos Circunvalación a Masaya (parada Las Flores) y en el tramo de ingreso a la ciudad de Granada, comprendidos (rotonda jockey club hacia los semáforos) que dificultan la circulación fluida del tráfico.

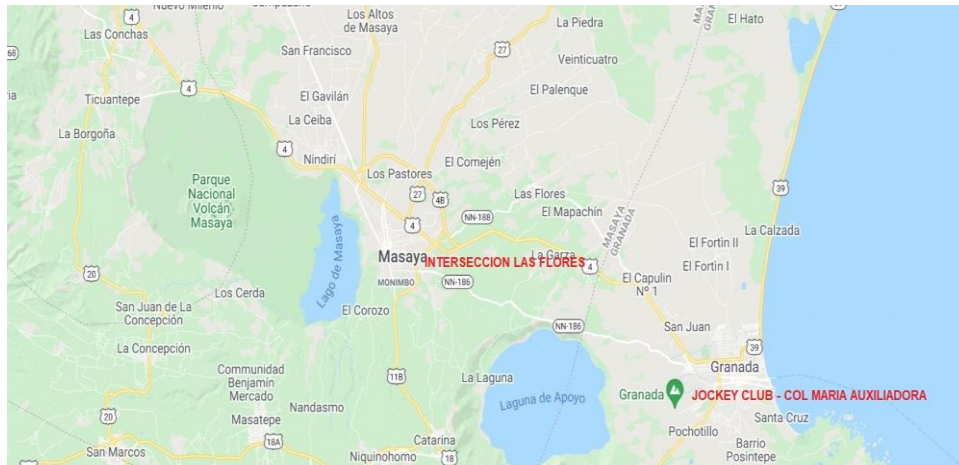
En el primer tramo (parada Las Flores), encontramos un cruce que dirige a Masaya (derecha) y a Granada (izquierda) proveniente de la circunvalación, este tramo es crítico, ya que los vehículos que van en dirección de Masaya- Granada, no cuentan con un carril alterno o manga de adelantamiento, viniendo de Granada hacia Masaya, para ingresar a la circunvalación, esta vía no cuenta con un carril o manga para ingresar.

Como se ha sabido la construcción de obras horizontales depende más de los equipos de movimiento de tierra que de los recursos humanos disponibles. Debido a esto los procedimientos constructivos han ido cambiando a través del tiempo a medida que las industrias modernizan el mercado de equipos de construcción para

la ejecución de carreteras, impulsando el desarrollo cada vez más la construcción de las mismas.

Actualmente la carretera ha sido ampliada en dos etapas o tramos para el alivio del tráfico que circula por la vía, en esos dos tramos de ampliación se realizaron obras de excavación en la vía, ajuste de terracería, subbase, base y carpeta asfáltica de rodamiento, siendo asignada y ejecutada por la Empresa Constructora Tres ECONS-3 actuando como superintendente de proyectos, adscrita a la Corporación de Empresas Regionales de la Construcción COERCO.

2.1 Macro localización



2.2 Micro localización

TRAMO No.01 INTERSECCION LAS FLORES



TRAMO No.02 JOCKEY CLUB – ESC. MARIA AUXILIADORA



3 OBJETIVOS:

3.1 Objetivo General:

Elaborar un manual de procedimientos constructivos de Estructura de Pavimento Flexible, utilizando como base, las actividades desarrolladas en el tramo de carretera. REVESTIMIENTO DE CARRETERA MASAYA – GRANADA. Tramo I: Intersección Las Flores Est.0+000-0+400, Tramo II Rotonda Jockey Club – Semáforos Colegio María Auxiliadora, Est. 0+000 – 0+600

3.2 Objetivos Específicos:

- a) Describir los principales conceptos de obras y las actividades que conllevan cada uno de éstos, en la construcción de pavimento Flexible utilizando Mezcla Asfáltica en Caliente.
- b) Detallar en un documento los conocimientos teóricos y prácticos básicos para el procedimiento constructivo de la estructura de Pavimento Flexible.
- c) Dar a conocer los Procedimientos de Control de Calidad que se lleva a cabo en un proyecto, acorde a las especificaciones constructivas de obras horizontales utilizadas en el país, plasmadas en la NIC-2000.
- d) Mostrar la metodología de cálculos de rendimientos de equipos utilizados en la construcción de los tramos de carreteras con el rendimiento teórico de los mismos.

4 JUSTIFICACIÓN

Cada uno de los proyectos que el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) aprueba dentro de su presupuesto, es ejecutado con previo conocimiento de las necesidades que el país presenta en infraestructura y respecto a la red vial.

El MTI, como ente regulador de infraestructura y la red vial, ha desarrollado proyectos estratégicos de revestimiento de carreteras, con el propósito de reducir los estancamientos o embotellamientos en vías de acceso a departamentos, tales como ampliaciones de un segundo carril como ampliaciones en acceso a circunvalaciones.

Todo proyecto vial pretende mejorar las condiciones existentes en la vía tanto su seguridad vial como su fluidez, llevar el bienestar social, económico, esto viene a dinamizar las condiciones de desarrollo turístico que se viene gestando en esa zona del pacífico del país. Por tanto, es importante conocer los distintos procedimientos constructivos para la ejecución de este tipo de obras, del cual requieren un estricto control de calidad como fluidez.

En la Universidad Nacional de Ingeniería, las asignaturas que comprenden el pensum de ingeniería civil, hasta hoy, no hay una clase definida que explique los procedimientos constructivos en obras horizontales utilizados en Nicaragua

La recopilación de dicha información, de procedimientos constructivos utilizados en el país, ayudara a comprender un poco más lo estudiado sobre los rendimientos de los equipos.

5 MARCO TEÓRICO

La presente monografía explica el procedimiento constructivo de tramos de carreteras en ejecución, para beneficio de las personas que de una u otra manera circulan para ingresar a un determinado departamento, describiendo el procedimiento en su totalidad realizado en base a un tramo de carretera construida en el 2016, ejecutada por la empresa ECONS-3.

El documento desglosará las actividades necesarias para la ejecución de la obra en mención el cual explica los procedimientos constructivos desde que se tienen los planos hasta que se pavimenta.

A continuación, se presenta algunas terminologías empleadas en el documento:

5.1 Conceptos Generales.

Definición de Pavimento:

Es el conjunto de subbase, base y superficie de rodamiento colocado sobre la subrasante, cuya función es la de soportar los esfuerzos que le imponen las cargas directas del tráfico, distribuirlos a la subrasante y, a la vez, resistir al desgaste y proveer una superficie que permita una circulación cómoda y segura. (NIC, 2000)

5.2 Tipos de Pavimento.

Existen varias clasificaciones de pavimento, generándose múltiples tipos, destacando los siguientes

5.2.1 Pavimentos Transitorios:

Son los que se hacen para una duración de poco tiempo, máximo tres años. Constituyen una solución transitoria a una necesidad como habilitar un camino no pavimentado poniéndolo funcional. Sus estructuras pueden diseñarse para ser reforzadas y utilizadas a futuro.

5.2.2 Pavimentos para bajo volumen de tránsito:

Estos se diseñan con una estructura fuerte, superior a las transitorias, aptas para ser modificadas y soportar el incremento del tránsito. Constituyen soluciones para lugares donde se requiere tener buenas vías, aunque el tráfico sea poco.

5.2.3 Pavimentos de concreto hidráulico:

Son muy resistentes, de larga vida; representan una adecuada alternativa debido a sus costos de construcción y de mantenimiento. Por su característica de rigidez, solamente suele necesitar como subbase, una capa de material granular. De esta forma se utiliza menos tiempo de trabajo y puede ahorrarse en materiales. Es muy fuerte, perdura de 20 a 40 años, está compuesto de losas de concreto hidráulico, su construcción inicial es costosa en relación al pavimento flexible. No exige mayor mantenimiento, el cual se realiza generalmente en las juntas de las losas. Estas son cortes longitudinales y transversales cuya función es provocar fisuras por contracción del concreto.

5.2.4 Pavimento flexible:

Tiene un lapso de vida que oscila entre 10 a 15 años demandando mantenimiento continuamente, el costo de la construcción inicial es económico. Lo conforma primordialmente una capa asfáltica y se construye principalmente donde hay cuantioso tráfico.



Fig. 1 Imagen de la izquierda, se aprecia Tramo finalizado de pavimento de concreto asfáltico (Estación: km 33+000-32+800, circunvalación Masaya), imagen de la derecha corresponde a pavimento de concreto hidráulico (Estación: km 0+395.40-0+321, circunvalación Masaya). Imagen, Fuente propia.

5.3 Elementos de un Pavimento Vial.

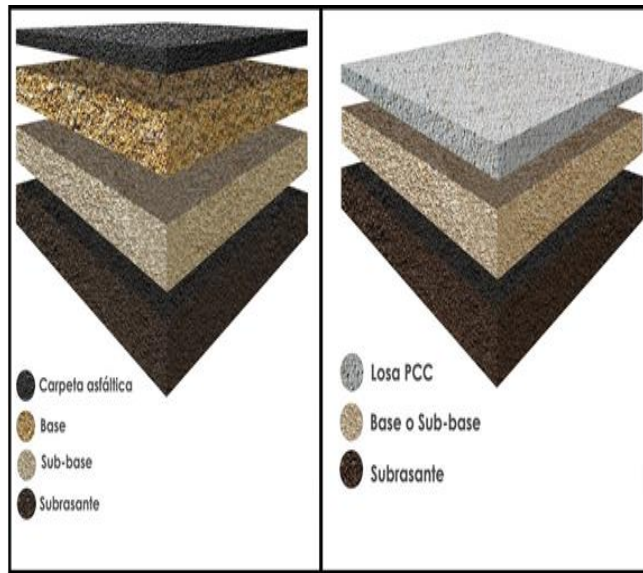


Fig. 2 Imagen de la izquierda, corresponde a estructura de pavimento asfáltico, imagen de la derecha corresponde a estructura de pavimento de concreto hidráulico.

El pavimento debe tener algunos elementos indispensables para cumplir cabalmente su función de proporcionar una superficie de rodamiento al tránsito, distribuyendo las diversas cargas generadas. Ellos son:

- ❖ **Subrasante:** Esta capa tiene como finalidad soportar las cargas de la base o subbase haciendo que se distribuyan debidamente a las capas de pavimento subsecuentes. Es muy importante porque le otorga soporte.
- ❖ **Sub-base:** Es la capa que se encarga fundamentalmente de soportar, transmitir y distribuir uniformemente las cargas aplicadas a la superficie de rodadura. Se coloca entre la subrasante y la capa de base.
- ❖ **Base:** Es la parte estructural más importante, por ende, deben utilizarse los mejores materiales. Su función principal es distribuir y transmitir a la sub-base las cargas que generan el tránsito y mediante ella a la subrasante.

- ❖ **Capa de rodadura:** Es la capa superior del pavimento, la conforman mezclas bituminosas. Aguanta de forma directa al tráfico. Requiere de ciertas cualidades para su máxima funcionalidad tales como: Regularidad superficial lo que implica inexistencia de desnivelaciones u ondulaciones longitudinales y transversales. Textura superficial que permite garantizar la resistencia al deslizamiento. Impermeabilidad, necesaria para evitar la entrada del agua a las capas inferiores y daños significativos.

6 Asignación de trabajo.

El Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), bajo sus facultades conferidas de ley y acuerdos ministeriales, según el presupuesto general de la república de Nicaragua, asigna el presupuesto para las obras que serán ejecutadas por la Corporación de Empresas Regionales de la construcción (COERCO), la cual se regirá de acuerdo a los contenidos, especificaciones técnicas generales, particulares y sus anexos.

6.1 Especificaciones técnicas.

Las Especificaciones Técnicas tienen como objeto, definir la calidad de los materiales; equipos; algunos métodos constructivos generales y especiales; métodos de prueba y evaluación cualitativa general para establecer las normas técnicas aplicables en cada proyecto.

Las Especificaciones Técnicas son parte integrante del Contrato. El contratista está obligado a cumplir con lo aquí indicado, el Supervisor decidirá las condiciones aplicables, a menos que específicamente se señale lo contrario.

6.1.1 Demolición de estructura existente:

a) Descripción:

Este trabajo consiste en la eliminación total o parcial de cualquier estructura menor o mayor que este contemplado en las Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC-2000 (sección 202, pag 105).

Dentro de las especificaciones tenemos la demolición y Remoción de Puentes, Alcantarillas y otras obras de drenaje. Los trabajos que se realizaron en este proyecto incluyeron, la Remoción de Cercas, Alcantarillas, Cabezales, Aletones y Tragantes como Partes de Puentes según pliego de licitación propuesta, las

estructuras específicas que serán demolidas están indicadas en los planos, esquemas y tablas de los documentos de Licitación.

La remoción de alcantarillas incluirá: Las excavaciones necesarias (50 cm a cada lado del diámetro exterior del tubo), la remoción de los tubos, independientemente de su largo, tipo y cantidad; la demolición de los cabezales, aletones, zampeados y obras de defensa, así como la limpieza y desecho de todos los materiales producto de la remoción a una distancia no mayor de 2 km. en sitio autorizado por el Ingeniero. También incluirá la remoción de cabezales, aletones y tragantes que se efectúen en aquellas alcantarillas existentes que serán ampliadas o modificadas siendo este el alcance del concepto de pago 202 (2A) Remoción de Alcantarillas y el licitante deberá suministrar un precio ponderado por las remociones, ya sean totales o parciales, es decir que el pago incluirá la remoción de cabezales, obras de encauzamiento y tuberías sin importar su diámetro y longitud.

Demolición de hombro de carretera y cunetas tipo V de mampostería



Fuente propia

La tubería que se encuentre en buen estado, deberá ser removida cuidadosamente para evitarle mayores daños, la misma será acopiada en el lugar que el Ingeniero de campo ordene para disponerla a la orden de dueño quien es su propietario.

Cuando en los planos se indique que se removerá toda la alcantarilla, el trabajo incluirá la excavación de remoción, la demolición de las estructuras de entrada y salida y la remoción de la tubería.

Cuando en los planos se indique que la remoción únicamente será en los aletones y cabezales y tragantes, el contratista deberá proteger la tubería existente, misma que será parte de la nueva obra.

- Demolición de viga de asiento de concreto reforzado, superestructuras y parapetos existentes: Este trabajo será utilizado en la demolición de los puentes e incluirá la demolición con martillo vibratorio y chorro de agua, de las losas existentes en los puentes, la demolición de las vigas de asiento de los puentes y la remoción de los parapetos en las cajas del proyecto, retiro de escombros y acero de refuerzo, transporte y acomodo al botadero más cercano, con una distancia de acarreo que no supere los 2.00 km.
- Demolición de Mampostería y Aletones Existentes: Este trabajo será realizado en la demolición de los Puentes e incluirá la remoción con martillo vibratorio y chorro de agua, de las partes de los Estribos de Mampostería que serán necesarios retirar de las estructuras existentes, para dar sitio a las nuevas obras de mampostería. También incluirá el retiro de los escombros, transporte y acomodo al botadero más cercano, con una distancia de acarreo que no supere los 2.00 km. El concepto también incluirá la remoción de los aletones en las cajas, conforme al diseño mostrado en los planos y retiro de los escombros a una distancia no mayor de 2.0 km.

b) Bases para Pago

El pago correspondiente por la demolición y remoción de las estructuras será efectuado según los conceptos que están agregados en este pago a continuación:

Cuadro 1

Concepto de Pago	Unidad de Medida
Demolición de estructura existente	Metro cubico (m3)

Fuente: Especificaciones técnicas proyecto: Revestimiento de Carreteras Masaya-Granada DEP70-010-2016

6.1.2 Trabajos por Administración

a) Descripción:

Si en el contrato está prevista una suma para llevar a cabo ciertos trabajos por el sistema de administración, cuando lo ordene el supervisor, el contratista estará obligado a ejecutar dichos trabajos cuya compensación estará basada en el costo más un porcentaje, de conformidad a las disposiciones establecidas en el presente artículo.

Este sistema de trabajo y de pago se limitará:

- A trabajos contingentes no cubiertos por precios unitarios respecto a los cuales las partes contratantes no logren ponerse de acuerdo acerca de la compensación por medio de una suma global o de precios unitarios negociados.
- A trabajos cubiertos por una "Orden de Cambio", en los que no se logre acuerdo en la negociación de precios unitarios.

- A trabajos efectuados por cambios en las condiciones, según se describan en las CGC (Consultoría de Gestor al Consumidor), en los que no se llegue a un acuerdo satisfactorio sobre una compensación basada en precios unitarios.

En los casos antes mencionados, la compensación a que tendrá derecho el contratista será determinada en la forma siguiente:

- ✓ Mano de Obra: en trabajos por administración efectuados de acuerdo por este artículo, se pagará al costo efectivo de la mano de obra, el costo de las prestaciones sociales que la ley concede a los trabajadores. El contratista obtendrá, además, un monto igual al 20% del total determinado para mano de obra, en concepto de costo indirecto más utilidad.
- ✓ Materiales: por los materiales aceptados por el supervisor y utilizados en la obra, el contratista recibirá el costo efectivo de tales materiales entregados en la obra, incluyendo los gastos de transporte, excluyendo los costos de alquiler de maquinaria, según lo expuesto más adelante, a cuyo costo se añadirá un 12% por costo indirecto más utilidad.
- ✓ Tarifa de Alquiler de la maquinaria: la tarifa de alquiler de la maquinaria que sea usada en cualquier trabajo, de acuerdo con este artículo, serán las aceptadas en la oferta al precio horario que el contratista ha cotizado. El pago por el uso de la maquinaria se hará por las horas efectivamente trabajadas y autorizadas por el supervisor. Para calcular la tarifa horaria de equipo no incluida en la oferta, el contratista someterá al supervisor los documentos de soportes necesarios para su autorización.

b) Bases para Pago

El pago correspondiente por los gastos de administración será efectuado según los conceptos que están agregados en este pago a continuación

Cuadro 2

Concepto de Pago	Unidad de Medida
Trabajos por Administración.	Global (Gbl)

Fuente: Especificaciones técnicas proyecto: Revestimiento de Carreteras Masaya-Granada
DEP70-010-2016

6.1.3 Excavación en la Vía.

a) Descripción

La excavación en la vía será realizada en aquellos sitios que el ingeniero estime conveniente e incluye lo siguiente:

- Excavación de los materiales en la línea y su uso en la construcción de terraplenes y bermas laterales, si su calidad lo permite, o su desperdicio cuando sea el caso.
- La excavación en la vía será pagada por metro cúbico medido en su posición original. El pago incluirá el acarreo libre, la conformación, riego y compactación requeridos para la construcción de terraplenes, relleno en sub-excavaciones y bermas laterales. La cual será recibida al 100% Próctor Estándar.
- Los materiales excavados deberán ser esparcidos en los lugares autorizados por el ingeniero para la construcción de terraplenes, para rellenar sub-excavaciones en el área de construcción del camino, para rellenar sub-excavaciones en el asiento de alcantarillas, para rellenar alcantarillas y/o almacenarlos para el uso posterior.
- El Contratista al efectuar la Excavación no deberá sobrepasar los niveles de corte indicados por el ingeniero, pues no se hará pago por el material de préstamo que fuese necesario para ajustar el nivel de sub-rasante a menos que el ingeniero hubiese ordenado una sub-excavación. En la ejecución de las excavaciones y en

la construcción de los terraplenes, el contratista deberá adoptar las medidas necesarias para mantener la superficie permanentemente drenada de forma que no se acumule agua en la misma. No se pagará por la extracción de materiales sobresaturados por falta de drenaje ni por la reposición de los mismos, cuando la situación sea generada por negligencia del contratista.

- El contratista deberá ponderar dentro del costo unitario para la Excavación en la Vía, los volúmenes de los diferentes materiales que la componen, pues las excavaciones se pagarán únicamente a los precios unitarios de los conceptos incluidos en el Pliego de Cantidades, y no se hará compensación adicional por la clasificación de otros materiales excavados.

- Los taludes o bermas en relleno, desde el límite de la calzada hasta el fondo de la cuneta natural (en tierra), serán debidamente compactados. El material para el reforzamiento de hombros, en caso que lo hubiera, debe ser de buena calidad libre de rocas o escombros mayores de 10.00cm., de basuras, troncos y suelos en estado de descomposición. Para su colocación deberán ser humectados y aceptablemente conformados y compactados hasta ajustarse a lo especificado en la sección típica de construcción del proyecto.

- Este trabajo se realizará con materiales provenientes de la excavación en la vía si el ingeniero lo dispone así, o de bancos aprobados por el ingeniero, cuando el material no sea adecuado.

- El trabajo de excavación en la vía incluirá también que el contratista prepare las condiciones naturales existentes del camino a fin de garantizar la sección típica de construcción. Dicha preparación se entiende que el contratista deberá escarificar una capa de 10 a 15 cm del nivel de subrasante o material del camino existente y la deberá compactar, hasta obtener una densidad de 100 por ciento Proctor Estándar. Hasta que se haya ejecutado esta actividad se podrá colocar el material de préstamo selecto para la formación de la estructura de pavimento.

- Si el trabajo ejecutado demandó desviación temporal del tráfico, tanto el señalamiento como el desvío deben de ser adecuados y aprobados por el ingeniero.

- Los ensayos de densidad en los sitios y cantidades especificadas deberán cumplir como mínimo con el 100% del peso volumétrico seco máximo fijado por la prueba AASHTO T-99, método C. (Proctor Estándar).
- Que el material de sub-rasante en tramos de corte haya sido escarificado hasta una profundidad de 10 a 15 cm y compactado hasta el 100% del peso volumétrico seco máximo fijado por la prueba AASHTO T-99, método C. (Próctor Estándar).

b) Método de Medición

La medición se hará por el método convencional de secciones transversales. Las secciones transversales originales, tomadas en conjunto con el contratista serán la base del cálculo. La sección final podrá ser la sección de diseño siempre que el ingeniero compruebe que el trabajo ha sido efectuado en conformidad razonable con ésta y con la rasante ordenada por él. Cuando el material de la excavación haya sido utilizado para construir parcialmente un relleno, al concluir el uso del material de la excavación, se deberán tomar secciones transversales del relleno conjuntamente con el contratista para medir con exactitud el volumen de excavación en préstamo que va a ser usado para completar el relleno.

c) Base para el Pago

Se pagará por metro cúbico de material aceptablemente excavado y el precio incluirá, el corte, el transporte del material excavado, acarreo, la humectación o aireación, el procesamiento, la nivelación y la compactación. El agua (incluido su acarreo) y su integración al material excavado para obtener la humedad óptima de compactación será subsidiaria de este concepto.

Cuadro 3

Concepto de Pago	Unidad de Medida
Excavación en la Vía.	Metro cubico (m ³)

Fuente: Especificaciones técnicas proyecto: Revestimiento de Carreteras Masaya-Granada DEP70-010-2016

Excavación en la vía Ampliación de Carril (B/D) acceso granada (rotonda Jockey Club – Semáforos Colegio María Auxiliadora)



Fuente propia



Fuente propia

6.1.4 Excavación para Estructuras

a) Descripción:

Sera la excavación necesaria para las cimentaciones de puentes, alcantarillas, cajas, sub-drenes y otras obras, que no estén estipuladas de otro modo en las especificaciones. Exceptuando lo proveído para las alcantarillas tubulares, el relleno de las excavaciones terminadas y la remoción de todo el material excavado.

En dependencia de la clasificación de los distintos tipos de materiales que fuesen encontrados en la excavación se clasifican en dos conceptos tales como Excavación para estructura de drenaje menor y Excavación para estructuras drenaje mayor.

➤ Excavación para estructuras para drenaje Menor:

Incluye excavaciones para: tuberías, cabezales, aletones, dentellones, zampeado, vertederos, disipadores, tragantes, zanjas para filtros, muros de mampostería con mortero o secos, lechos de alcantarillas, bordillos, etc. Las NIC-2000 serán aplicables sin modificaciones en lo que sea pertinente.

La zanja para la instalación de las alcantarillas deberá excavarse hasta un ancho que no exceda el diámetro externo de la tubería más 45 centímetro a cada lado.

Otro aspecto fundamental ante lo mencionado es la limpieza antes de comenzar la operación de excavación en cualquier área determinada para la sección transversal.

En el caso de la excavación de zanjas para subdrenes, las dimensiones de la misma será la indicada en los planos y no se harán pagos adicionales, ya que la zanja referida deberá rellenarse con material de filtro, que haya sido calculado en función de las dimensiones referidas.

➤ General de todas las excavaciones: El contratista deberá notificar al ingeniero, con suficiente anticipación del comienzo de cualquier excavación para que se puedan tomar las elevaciones y medidas de las secciones transversales del terreno original.

- **Excavación para estructuras de drenaje Mayor:** Es la excavación necesaria para las cimentaciones de puentes y otras obras que no estén estipuladas de otro modo en las especificaciones técnicas del proyecto. Este trabajo también incluye las obras temporales que sean necesarias para proteger las excavaciones, tales como ademes y ataguías, así como el suministro de los materiales, equipos y mano de obras para la ejecución de tales obras y también la subsiguiente remoción de las mismas.

b) Base para el Pago

Para efectos de pago, se utilizarán los conceptos siguientes:

Cuadro 4:

Concepto de Pago	Unidad de Medida
Excavación para Estructuras Drenaje Menor.	Metro cubico (m ³)

Fuente: Especificaciones técnicas proyecto: Revestimiento de Carreteras Masaya-Granada DEP70-010-2016

Excavación para estructura en construcción de cunetas revestidas en Ampliación de Carril circunvalación Masaya-Granada.



Fuente propia

6.1.5 Mampostería

a) Descripción:

Comprende los trabajos necesarios para reparar los cabezales de alcantarillas, los delantales de alcantarillas, vados y muros de retención. Incluye eliminación de mampostería vieja, preparación del lecho (si fuese necesario) y la colocación de mampostería.

b) Requisitos para la construcción:

Para garantizar que los trabajos de reparaciones de mampostería queden bien hechos, se necesita realizar lo siguiente:

- Eliminar toda la mampostería suelta y la que no tenga una buena fundación en el lecho y esto incluirá la limpieza del lecho.
- En los sitios en los que se presente el problema de la erosión es necesario, rellenar y compactar el material colocado, el material que será compactado debe humedecerse adecuadamente primero y después compactarse, el objetivo es para lograr la máxima densidad del material.
- Al colocarse el material del lecho se deberá hacer sobre una capa de arena de por lo menos 5 centímetros compactos.
- La colocación de piedra bolón se realizará a mano.
- La mezcla de mortero a colocarse se hará de tal forma que llene todas las juntas e intersticios en los bolones y a su vez tendrá un espesor de por lo menos 5 centímetros sobre los bolones y la última capa deberá ser alisada o llaneada.

Método de medición y pago:

La unidad de medida es el metro cúbico. La forma de pago de la mampostería es la cantidad de metros cúbicos colocados.

c) Base para el pago:

La cantidad de mampostería será la aceptada por el Supervisor de acuerdo a las disposiciones que anteceden.

El precio incluido en la lista de cantidades de obras, será la compensación total por la mano de obra, materiales, equipos, herramientas e imprevistos aquí no mencionados que sean necesarios para ejecutar y completar el trabajo especificado en esta sección.

Cuadro 5:

Concepto de Pago	Unidad de Medida
Mampostería.	Metro cubico (m ³)

Fuente: Especificaciones técnicas proyecto: Revestimiento de Carreteras Masaya-Granada DEP70-010-2016.

Imagen (construcción de vado acceso hospital sermesa) en ampliación de carril derecho (acceso Granada).



Construcción de zampeado, bajante peatonal y acceso vehicular. Entrada hacia las vivienda

Fuente propia.

6.1.6 Subbase de Grava Mejorada con Cemento

a) Descripción:

Este trabajo consiste en la construcción de una capa constituida por material granular estabilizado con cemento Portland, de acuerdo con lo indicado en los documentos del proyecto, ajustándose a los alineamientos horizontal y vertical y a las secciones transversales típicas, dentro de las tolerancias estipuladas y de conformidad con todos los requisitos de la presente Sección 304, pag 147 NIC-2000.

La mezcla de material granular, cemento, agua y aditivos (si es el caso) se producirá en planta o en el sitio, según se indique en el respectivo Pliego de Condiciones.

Se definen cuatro de capas de material granular estabilizado con cemento, que se denominan Clase A (GEC_A), Clase B (GEC_B), Clase C (GEC_C) y Clase D (GEC_D). Las clases (A, B, C ó D) de capas de material granular estabilizado con cemento se definirán en los documentos técnicos del proyecto, en función de la importancia de la vía, del nivel de tránsito, del tipo de subrasante, del tipo de pavimento y de la posición de la capa dentro de la estructura del pavimento.

[Sub-Base de Grava mejorada con Cemento en la Ampliación del Carril \(Intersección circunvalación las flores- Masaya-Granada\).](#)



Fuente propia.

Imagen Colocación y tendido de material de su-base, según niveles terminados.



Fuente propia.

6.1.7 Materiales

a) Materiales granulares.

Las capas que se construyan deberán estar constituidas por materiales de tipo granular en estado natural o por mezclas de agregados naturales con agregados provenientes de trituración de piedra de cantera o de grava natural. Todos los materiales granulares, independientemente de su procedencia, deberán encontrarse exentos de materias vegetales, basura, terrones de arcilla u otras sustancias incorporadas que puedan resultar ambientalmente nocivas o inconvenientes para el buen desempeño de la capa estabilizada.

Las características de los agregados pétreos que se empleen en la construcción de una capa granular estabilizada con cemento, deberán cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 420.2 en esta sección. En el caso de la estabilización de materiales granulares del sitio, las características de éstos serán las indicadas en los documentos técnicos y/o especificaciones particulares del proyecto.

El Constructor es el responsable de los materiales que suministre para la ejecución de los trabajos y deberá realizar todos los ensayos que sean necesarios, en adición de los que taxativamente se exigen, para garantizarle al Instituto de Desarrollo Urbano la calidad e inalterabilidad de los agregados por utilizar.

b) Cemento

Los documentos del proyecto indicarán el tipo de cemento por emplear en la construcción de capas granulares estabilizadas con cemento. El cemento para la estabilización será del tipo Pórtland (I, II ó III), el cual deberá cumplir lo especificado en las normas NTC 121 y NTC 321; los documentos técnicos del proyecto indicarán el tipo de cemento que se debe emplear en el proyecto. Cuando existan cantidades peligrosas de sulfatos en los materiales por estabilizar, se deberá emplear un cemento resistente a ellos.

c) Agua

El agua deberá ser limpia y estará libre de materia orgánica, álcalis y otras sustancias deletéreas. Su pH, medido según norma ASTM D-1293, deberá estar comprendido entre cinco y medio y ocho (5.5 - 8.0) y el contenido de sulfatos, expresado como SO₄= y determinado según la norma ASTM D-516, no podrá ser superior a un gramo por litro (1 g/l). Se aceptará agua potable.

d) Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

El Constructor definirá una “fórmula de trabajo” que deberá cumplir todas las exigencias establecidas. El Constructor elaborará un informe detallado para aprobación del Interventor, en el cual presentará y sustentará la mezcla que pretende colocar en la obra, incluyendo la evaluación de los agregados, del cemento y de la fórmula de trabajo.

6.1.8 Imprimación asfáltica

a) Descripción:

Esta actividad consistirá en la aplicación de riego por aspersion, de un producto asfáltico rebajado, de curado medio, sobre una base preparada, según sea necesario y cuando así haya sido ordenado por el Supervisor.

Eventualmente este riego de imprimación podrá ejecutarse también en el área de los hombros.

b) Materiales.

El material bituminoso, será asfalto líquido MC-70 o emulsión asfáltica (SS-1; CSS-1; MS-1) que debe cumplir con los requisitos establecidos en las especificaciones M 81, M 82 o M 140 de AASHTO.

c) Requisitos para la Construcción.

El equipo mecánico necesario para ejecutar esta actividad, comprende: barredora, equipo de calentamiento, distribuidor de asfalto. La temperatura atmosférica mínima admisible para los trabajos de imprimación es quince grados centígrados (15°C) no se puede realizar imprimación cuando existan condiciones de lluvia.

La superficie por imprimir debe ser cuidadosamente barrida con equipo mecánico, de forma tal que limpie todo material suelto; tales operaciones deben complementarse mediante el barrido con cepillo de mano o soplado con fuelle mecánico. El Supervisor podrá autorizar una rociada con agua a la superficie por imprimir, si así lo estima conveniente.

Todo daño ocurrido con posterioridad a la aceptación debe ser reparado por cuenta del Contratista a entera satisfacción del Supervisor.

El período de curado dependerá del material bituminoso utilizado.

Todos los tanques de almacenamiento, tubería, calentadores y distribuidores usados para almacenar o manejar el producto bituminoso, deben conservarse limpios y en buenas condiciones de servicio en todo momento y deben ser operados de modo que no haya contaminación del producto Asfáltico con materiales extraños.

No se comenzará a regar el material bituminoso, en cada nueva jornada de trabajo, sin antes haber comprobado la uniformidad del riego. Si fuera necesario,

se calentarán las boquillas o picos antes de cada descargue y se limpiará la bomba y barras de distribución con kerosén al final de cada jornada de trabajo.

Cuando el asfalto se aplique en dos o más fajas se proveerá un traslape no menor de 15 centímetros, a lo largo de los bordes contiguos. Antes de colocar la superficie asfáltica de rodadura sobre la base imprimada se dejará transcurrir el tiempo necesario para que cure completamente el riego de imprimación.

No se permitirá tránsito sobre la superficie imprimada, hasta que lo autorice por escrito el Supervisor. Tampoco se permitirá dejar estacionado el equipo del Contratista sobre las áreas imprimadas.

Todo daño a la superficie imprimada, debe ser reparado a entera satisfacción del Supervisor antes de iniciar trabajos finales de pavimentación. Así mismo, debe remover todo exceso de asfalto aparecido en la superficie.

d) Método de Medición.

Este trabajo se medirá por metro cuadrado.

e) Base para el Pago.

El pago de este concepto será al precio unitario por el metro cuadrado de superficie imprimada, precio que incluirá todo el equipo, suministro, transporte, materiales, mano de obra, herramienta, señalamiento y demás imprevistos para ejecutar correctamente este trabajo.

Las cantidades aceptadas, medidas según lo prescrito anteriormente, serán pagadas al precio contractual por unidad de medida para los conceptos de pago en listados más adelante que aparezcan en la Oferta.

El pago será efectuado bajo el siguiente concepto:

Cuadro 6:

Concepto de Pago	Unidad de Medida
Imprimación Asfáltica	Metro cuadrado m ²

Fuente: Especificaciones técnicas proyecto: Revestimiento de Carreteras Masaya-Granada DEP70-010-2016.

Imagen Imprimación Asfáltica en la Ampliación del Carril (Intersección circunvalación las flores-Masaya-Granada).



Imagen Imprimación Asfáltica en la Ampliación del Carril derecho (Rotonda Jockey club-semáforos Colegio María Auxiliadora) Acceso Granada.



Fuente propia

6.1.9 Revestimiento asfáltico en caliente.

a) Descripción:

Consiste en la colocación de mezcla asfáltica en caliente, en espesor no menor de 5 cm, sobre la carpeta de rodadura existente, con características de calidad uniformes, que se puede tender y compactar de inmediato en la carretera, en una o en varias capas debidamente compactadas, para proporcionar las características de resistencia y textura a las capas de soporte o de superficie, a fin de rehabilitar zonas con problemas de muchos baches o con superficies con daños severos, brindando una cómoda transpirabilidad al usuario.

b) Materiales:

El concreto asfáltico en frío está compuesto de agregados minerales gruesos, agregados finos y material bituminoso.

c) Requisito para la Construcción. Para la correcta colocación del concreto asfáltico en caliente, el equipo mínimo debe comprender: barredora, equipo de calentamiento y distribuidor de asfalto, terminadora de asfalto (Finisher), cilindro metálico vibratorio, compactadora de llantas neumáticas y camiones de volteo.

Si durante la ejecución de los trabajos, se observan deficiencias o mal funcionamiento de los equipos utilizados, especialmente la terminadora de asfalto, el Supervisor podrá ordenar su reemplazo, reparación o la suspensión de los trabajos, si así lo estima necesario, para garantizar el cumplimiento de las especificaciones, buena calidad y acabado de las obras.

No se permitirá el estacionamiento de equipo, en áreas donde se hayan aplicado materiales asfálticos y la capa aún no haya sido compactada.

Veinticuatro (24) horas antes de iniciar la colocación de la carpeta en un tramo, la superficie imprimada debe encontrarse seca y en perfecto estado. Si la superficie imprimada ha estado expuesta excesivamente al tránsito o la lluvia y según criterio

del Supervisor su mantenimiento no ha sido adecuado, se deben efectuar las pruebas necesarias para comprobar que no se ha afectado la estabilidad de las capas inferiores. Las áreas deterioradas, destruidas de la imprimación o de pavimentos existentes, deben ser previamente reparadas a entera satisfacción del Supervisor y de acuerdo con procedimientos establecidos.

El concreto asfáltico debe ser transportado en equipos de acarreo, los cuales deben tener fondos de metal herméticos, limpios y lisos, que estén ligeramente pintados con material aprobado para evitar que la mezcla se adhiera a dichos fondos, evitando emplear diésel u otro derivado del petróleo. Cada camión debe estar provisto de su correspondiente cubierta de lona impermeable, de tamaño tal, que proteja la mezcla contra la intemperie. Para evitar la segregación, los camiones serán cargados uniformemente.

La mezcla se extenderá uniformemente con máquina terminadora y sin dejar sobresaltos, de acuerdo con los alineamientos, anchos y espesores señalados por el Supervisor. La máquina debe poder colocar espesores desde 1.5 a 7.5 cm y en anchos desde 2.4 hasta 4.0 metros o más. En las áreas de obstáculos inevitables y sobre anchos, que no permitan el uso de la terminadora, se podrán extender la mezcla a mano con la aprobación del Supervisor.

Inmediatamente después de que la mezcla haya sido extendida, se harán mediciones y se corregirá cualquier defecto. Luego se efectuará una cuidadosa compactación en forma continua hasta la terminación del trabajo. Se debe disponer permanentemente y como mínimo, de un cilindro metálico, vibratorio, para el compactado inicial y final, y de un compactador neumático para el compactado intermedio, ambos autopropulsados.

Para la compactación inicial se usará un cilindro de aproximadamente 10 toneladas o menos, tipo vibratorio. El compactado debe empezar por los bordes y avanzando gradualmente hacia el centro; excepto en las curvas peraltadas, en donde el cilindro avanzará del borde inferior hacia el superior, paralelamente al eje de la

vía y traslapando a cada paso en la forma fijada por el Supervisor y hasta que la superficie total haya sido compactada.

Para prevenir desplazamientos ocurridos, como consecuencia del retroceso del cilindro o por causas similares, se corregirá inmediatamente mediante el uso de rastrillos y la adición de mezcla fresca. Se tendrá cuidado en el compactado, para no desplazar los bordes de la mezcla extendida, formando más bien en estos chaflanes ligeros.

Cuando el espesor final obligue a colocar la mezcla por capas, habrá que ligar entre capas.

La carpeta solamente será puesta en servicio, cuando haya sido compactada adecuadamente y en ningún caso, antes de seis (6) horas de haberse completado la compactación.

Las juntas de construcción deben ser verticales. Antes de colocar mezcla nueva el borde (vertical) del pavimento adyacente, debe aplicarse una capa de liga de curado rápido.

La densidad del concreto asfáltico colocado y compactado, debe ser mayor o igual al noventa y dos por ciento (92%) de la densidad específica máxima de la mezcla asfáltica determinada en laboratorio. La carpeta terminada debe ser impermeable.

Durante la ejecución del riego de liga y de la colocación y compactación del concreto asfáltico: el Contratista será responsable de todos los daños que causen sus operaciones y en consecuencia los trabajos de reparación y limpieza necesarios serán a su exclusivo cargo.

Todos los defectos del pavimento no advertidos durante la colocación y compactación, tales como partes altas, juntas irregulares, segregaciones encontradas en la mezcla (localizadas o generalizadas), depresiones y huecos, deben ser corregidos de acuerdo con las instrucciones del Supervisor.

Las tolerancias admisibles para la aceptación del pavimento de concreto asfáltico, serán: La distancia entre el eje central de la carretera y el borde de la carpeta, sin incluir los hombros, no debe diferir en más de 2 centímetros que lo ordenado por el Supervisor.

La carpeta asfáltica terminada debe ser impermeable, las áreas excesivamente permeables localizadas o generalizadas, así como los defectos de calidad, construcción o acabado, con respecto a lo especificado, tales como: áreas inestables por exceso de asfalto, pavimento suelto, agrietado o mezclado con polvo, gradaciones o mezclas fuera de las tolerancias indicadas o deficiencias de espesor mayores que las admisibles, el Contratista debe remover el tramo afectado, o debe colocar una capa de rodadura adicional a opción del Supervisor y de acuerdo con procedimientos aprobados por éste. Estas reparaciones se harán por cuenta del Contratista y sin pago alguno.

d) Método de medición

La medición del revestimiento asfáltico se efectuará en metros cúbicos compactos, para ese fin se medirá geométricamente la sección terminada.

e) Base para el pago

Se pagará la cantidad medida conforme el método de medición por el precio unitario de la actividad que tenga estipulado en el contrato, siendo la compensación total por los suministros y acarreos de la mezcla asfáltica en caliente, limpieza, suministro y riego de liga, colocación y compactación de la mezcla. En general incluirá todos los costos de fabricación de la mezcla asfáltica en caliente, de equipos, herramientas, combustibles, lubricantes, materiales, mano de obra y todo lo requerido para la correcta ejecución de este trabajo.

El pago será efectuado bajo el siguiente concepto:

Cuadro 7

Concepto de Pago	Unidad de Medida
Revestimiento Asfáltico	Metro cubico(m ³) compacto

Fuente: Especificaciones técnicas proyecto: Revestimiento de Carreteras Masaya-Granada DEP70-010-2016.

Imagen Revestimiento asfáltico en la Ampliación del Carril derecho (Rotonda Jockey club- semáforos Colegio María Auxiliadora) Acceso Granada.



Fuente propia.

6.1.10 Bordillos de Concreto de 3000 Psi

a) Descripción:

Este trabajo consiste en la construcción o remoción y reubicación de bordillos, cunetas o topa ruedas de acuerdo con las líneas, niveles y dimensiones mostrados en los planos u ordenados por el Ingeniero.

El Concreto de los Bordillos será Clase "D", $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días de edad, según lo establece la Sección 602 de la NIC-2000 y el Acero de Refuerzo ASTM Grado 40, según lo establece la Sección 604 de las mismas normas. El costo del acero de refuerzo para los bordillos será subsidiario del Concepto 905.04, pag. 425 NIC-2000.

b) Base para el Pago

Cuadro 8:

Concepto de Pago	Unidad de Medida
905(4) Bordillo de Concreto para Bahías de Buses ($f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$)	Metro
905(4A) Bordillo de Concreto para Drenaje ($f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$)	Metro
905(4B) Bordillo de Concreto para Ciclo vía ($f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$)	Metro
905(4C) Bordillo de Concreto para Anden Peatonal ($f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$)	Metro

Fuente: Especificaciones técnicas proyecto: Revestimiento de Carreteras Masaya-Granada DEP70-010-2016.

Imagen Construcción de bordillos de concretos y andenes en la Ampliación del Carril derecho (Rotonda Jockey club-semáforos Colegio María Auxiliadora) Acceso Granada.



Fuente propia.

6.1.11 Acero de refuerzo grado 40

a) Descripción:

Este Trabajo consistirá en el suministro armado y colocación de Acero de Refuerzo de acuerdo con estas Especificaciones y de conformidad con los esquemas constructivos ordenados por el supervisor. Este acero de refuerzo es necesario para la elaboración de losas de concreto para acceso a viviendas y acceso a vehículos.

b) Base para el pago:

Las cantidades aceptadas, medidas de acuerdo con lo estipulado en el artículo precedente, serán pagadas al precio de contrato por unidad de medida para los conceptos de pago.

No se pagará adicionalmente por los traslapes, las grampas, alambre, silletas de apoyo, colgadores u otros materiales o dispositivos usados para amarrar y fijar el refuerzo en su lugar.

Los pagos serán hechos de acuerdo con el siguiente concepto y unidad.

Cuadro 9:

Concepto de Pago	Unidad de Medida
Acero de Refuerzo G-40	Kilogramo (kg)

Fuente: Especificaciones técnicas proyecto: Revestimiento de Carreteras Masaya-Granada DEP70-010-2016.

6.1.12 Desalojo de material desechable.

Los materiales inadecuados existentes a la orilla del camino producto de los trabajos puntuales de restauración de la estructura de vías no pavimentados u otros, incluyendo el cuerpo del Terraplén donde se ha asentado por la presencia de suelos blandos serán desechados legalmente fuera del proyecto.

Desalojo de material desechable en construcción andenes en la Ampliación del Carril derecho (Rotonda Jockey club-semáforos Colegio María Auxiliadora) acceso Granada y circunvalación las flores Masaya.



Fuente propia

6.1.13 Revestimiento con Material Selecto (reposición capa de balasto).

Consiste en el suministro, transporte hasta 7.50 kms en una dirección y 15 kms en el ciclo de acarreo libre, colocación del material de préstamo con la humedad requerida; conformación y compactación, de acuerdo con el espesor que se indique en el Supervisor. El trabajo incluye la obtención, explotación, acarreo, escarificación de la superficie donde se colocará, homogenizará o mezclará el material de préstamo, incluye además el proceso de conformación, humedecimiento, compactación y afinamiento de la superficie proporcionada de acuerdo a la sección típica definida. El material de revestimiento se colocará en todos aquellos tramos donde se haya perdido la capa con que fue construido originalmente, o en aquellos tramos que a criterio del Supervisor se encuentran en estado crítico con espesores deficientes, y que representen problemas para la adecuada transpirabilidad.

6.1.14 Sobre acarreo (sobre acarreo largo camino de todo tiempo).

El sobre acarreo consistirá en el transporte autorizado de materiales de préstamo más allá de la distancia de acarreo libre. La distancia de acarreo libre es la distancia especificada del material de préstamo para la actividad de revestimiento con material selecto que deberá ser transportado sin compensación adicional. La distancia de acarreo libre en una dirección será de 7.50 kms y el ciclo de 15 kms.

6.1.15 Control de Calidad (Nic 2000).

El Contratista suministrará la brigada de topografía para efectuar, bajo la supervisión del Ingeniero, las mediciones que sean necesarias para determinar las cantidades de obra realizadas y, con base en ellas, determinar el monto de los pagos parciales o el pago final, serán hechas por la brigada del Contratista, supervisada por el Ingeniero o el delegado que éste designe; el contratista entregará al Ingeniero copias al carbón de cada hoja de las libretas de campo; rubricadas por los representantes del Ingeniero y del Contratista con las anotaciones de las mediciones. Dichas libretas serán suministradas por el Contratista sin costo adicional para el Contratante. En ningún caso el Contratista dejará de integrar la brigada de topografía o suministrar las libretas requeridas, sin

embargo, si esto llega a ocurrir, las mediciones que efectúe el ingeniero, serán concluyentes y las únicas que se tomarán en cuenta para el pago.

6.1.16 Clasificación de Equipos de Construcción.

Existen básicamente dos clases de equipos o maquinarias para la construcción:

- **Equipo o maquinaria estándar:** es aquel tipo de maquinaria especializada que se fabrica en serie, de la cual existe en el mercado variedad de modelos, tamaños y formas de trabajo, las que se adecuan a diversas labores, tienen la ventaja adicional de que para ellas normalmente existen repuestos y sus operaciones relativamente estándar.
- **Equipos o maquinaria especial:** son aquellos que se fabrican para ser usados en una sola obra de características especiales o para un tipo de operación específica.

Otra forma de clasificar los equipos de construcción, es atendiendo a la actividad que desempeñan en el desarrollo de la obra, por lo que se dividen en:

- **Equipos de excavación y movimiento de tierras:** los equipos de excavación y movimiento de tierras en su mayoría componen la familia de palas, y excavadoras, las que desarrollan a partir de la creación de una maquina mecánica que duplica el movimiento y efectividad del trabajo de un hombre cavando con una pala de mano. Entre ellos tenemos: tractor, cargador frontal, excavadoras.

Otras formas de clasificar los equipos de construcción, es atendiendo a la actividad que desempeñan en el desarrollo de la obra, por lo que se dividen en:

- **Equipos de compactación y terminación.**

La compactación es el proceso de incrementar la densidad de un suelo mediante la aplicación de fuerzas mecánicas. Las cuatro fuerzas que se usan para compactar son: carga estática, vibración, impacto y amasado.

Como equipos de compactación se incluyen los siguiente: Placas compactadoras vibratorias y compactadores neumáticos, Rodillos lisos, Rodillos neumáticos, Rodillos pata de cabra.

- **Equipos de producción de hormigón.**

Entre estos equipos podemos mencionar a: Plantas mezcladoras, Botoneras, Camiones mixer, Bombas, Vibradores.

- **Otros equipos y herramientas.**

Son los equipos que sirven como accesorios para los equipos, para que estos puedan desempeñar otras funciones, entre ellos tenemos: Compresores de aire (Estacionaria, Móvil o Portátil), Bombas de agua, Martinetes, Perforadores. Una empresa que tenga un módulo como el detallada anteriormente, sería ideal para ejecutar cualquier obra vial, sin embargo, en Nicaragua no se cuenta con empresas que presten estas condiciones. Detallaremos un poco más acerca de las máquinas que comúnmente son utilizadas en Nicaragua para la ejecución de obras viales

6.1.17 Productividad y eficiencia del equipo.

La productividad del equipo de construcción es una base primordial para su selección al planear una operación. Es la expresión empleada para asignar el rendimiento del equipo en una unidad de tiempo (normalmente una hora), donde la cantidad de tiempo depende principalmente de las condiciones del trabajo y de la dirección del mismo, así como de la destreza del operador, y de la coordinación con las demás fuerzas de construcción.

6.2 Procedimiento Constructivo.

El procedimiento que se describe a continuación, explica los pasos efectuados en la construcción de una vía nueva de pavimento flexible de la carretera, la cual la conforman la estructura del pavimento en el orden ascendente como se describen a continuación.

6.2.1 Subrasante:

La preparación del suelo que hará la función de la subrasante, consiste en una serie de operaciones previas, cuya ejecución es necesaria y muy importante para cimentar la colocación de la capa de sub-base sobre la subrasante.

6.2.2 Escarificación y homogenización de la subrasante:

El procedimiento consiste en disgregar la superficie del suelo a lo largo y ancho de lo que será la calzada en una profundidad especificada, permitiendo que adquiera una condición suelta. Este procedimiento se realiza con tractor de orugas, o bien mediante escarificadores de gradas o discos. Para la eliminación de los elementos gruesos se emplean rastrillos extractores de piedras compuestos por varios dientes curvos insertados en un bastidor horizontal arrastrado por una motoniveladora. Generalmente la extracción se realiza en dos pasadas, en la primera con 7 a 9 dientes, se extraen los elementos más gruesos de 100 mm. a 250 mm y en la segunda con 15 a 18 dientes, se extraen las gravas medias mayores a 50 mm.

Motoniveladora, escarificando tramo previo a colocar el revestimiento de material selecto.



6.2.3 Humectación del suelo de subrasante:

Después de la escarificación y la homogeneización del material, si el suelo estuviese muy seco de acuerdo a la humedad especificada del material a compactar, éste puede humedecerse mediante los sistemas de riego tradicionales hasta llevarlo a una condición de $\pm 2\%$ con respecto a la humedad óptima de compactación, obtenida en el laboratorio por medio del ensayo Proctor.

Camión cisterna de agua (capacidad: 2000 galones) realizando humectación de material selecto.



Fuente Propia

6.2.4 Aireación del suelo de subrasante:

Si la humedad natural es mayor que la óptima, se deberá airear el suelo removiéndolo de un lado a otro por medio de una motoniveladora ó compactar y escarificar el suelo en varias pasadas, hasta llevarlo a una condición de $\pm 2\%$ de la humedad óptima de compactación, según las especificaciones del ensayo Proctor.

6.2.5 Compactación de la subrasante:

Al efectuarse la operación de compactación, después de realizar la nivelación con motoniveladora hasta la altura requerida de la capa de subrasante, mediante las

técnicas convencionales en el movimiento de tierras, se realiza una compactación con un rodillo compactador pata de cabra, y/o rodillo vibratorio dependiendo del tipo de material, con lo que se busca una densidad que cumpla con la del Proctor de diseño, para dar por finalizada esta operación, se debe cumplir con la verificación de la calidad del material que se ha controlado por el laboratorio y los niveles que deben ser controlados por la topografía. La superficie terminada del tramo de subrasante no deberá mostrar a simple vista deformaciones o altibajos, que en caso de existir deberán ser corregidos para que el tramo compactado pueda ser recibido como terminado al 98% de porcentaje de compactación.

Vibro compactadora, realizando trabajos de compactación en revestimiento de material selecto.



Fuente Propia

6.2.6 Recepción de la capa de subrasante:

Los parámetros a tomar en cuenta para la recepción del tramo de subrasante terminada, se hará conforme a lo dispuesto en las reglas establecidas por las especificaciones técnicas de construcción de carreteras o de acuerdo a lo establecido en el proyecto, que serán:

- El grado de compactación de la capa subrasante.
- El espesor de la capa subrasante compactada.

- La calidad del material que cumpla con las especificaciones técnicas, realizadas por el laboratorio.
- Verificación de niveles de la superficie de subrasante.

La capa llevará de forma anticipada su control de compactación y de manera posterior, la aprobación de la misma por la supervisión antes de que el contratista proceda a colocar la capa posterior y así sucesivamente hasta completar el espesor total de la subrasante mostrada en planos.

6.2.7 Capa de Sub-base:

Es la capa de la estructura del pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas en la superficie de rodadura del pavimento, y son transmitidas a la cimentación (subrasante). Para esta capa se utilizan agregados provenientes de bancos de materiales que cumplan con las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos Calles y Puentes NIC-2000.

6.2.8 Procedimiento constructivo:

Para el proceso de conformación de la capa sub-base, se realiza el suministro de agregados granulares para su colocación en conformidad con los alineamientos verticales, pendientes y dimensiones indicadas en los planos del proyecto o establecidos por el Ingeniero supervisor.

6.2.9 Escarificación del material de protección de la subrasante:

Se procederá a escarificar el material de protección colocado sobre la superficie de la subrasante, para ser mezclado y homogenizado con el nuevo material que

se colocará para conformar la capa de sub-base. La operación de escarificar se efectuará con motoniveladora o con cualquier otro equipo aprobado por la supervisión o el ingeniero residente. El escarificador deberá ser un modelo de dientes fijos, completos, de espesor y de largo suficiente para efectuar una escarificación total y uniforme.

6.2.10 Colocación del material de sub-base:

El material granular para sub-base, se colocará sobre la superficie de la subrasante evitando su segregación, comenzando en el sitio que indique el Ingeniero residente. En ningún caso se deberá colocar capas de material para sub-base mayores de 20 cm, ni menores a 10 cm, si se desea colocar un espesor mayor, el Ingeniero residente deberá ordenar al contratista la colocación del espesor total en varias capas.

6.2.11 Distribución del material de sub-base:

El material de sub-base en estado suelto, será esparcido con un contenido de humedad de $\pm 2\%$ con respecto a la humedad óptima, en un espesor necesario para que después de ser compactado, tenga el espesor de diseño. El esparcimiento se deberá hacer con el equipo adecuado, ya sea con una finisher o una motoniveladora para producir una capa de espesor uniforme en todo el ancho requerido, conforme a las secciones transversales mostradas en los planos. El Contratista está obligado a la colocación de tacos de nivel en los extremos de la calzada para el control de espesores durante la colocación, esparcimiento y compactación del material de sub-base.

6.2.12 Compactación de la capa de sub-base:

El procedimiento de compactación de la capa sub-base, se realiza por medio de compactadores mecánicos como rodillos lisos, rodillos con ruedas neumáticas o con otro equipo aprobado para compactación, que produzca los resultados exigidos por las especificaciones técnicas de construcción. La compactación deberá avanzar gradualmente, en las tangentes, desde los bordes hacia el centro y en las curvas desde el borde interior al exterior, paralelamente al eje de la carretera y traslapando uniformemente la mitad del ancho de la pasada anterior. El procedimiento se continuará alternadamente hasta lograr una densidad que cumpla con la del proctor, según la especificación, en todo el espesor de la capa.

6.2.13 Recepción de la capa de sub-base.

Los parámetros que se requerirán para la recepción del tramo de sub-base terminado, se hará conforme a los requisitos establecidos por las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos Calles y Puentes NIC-2000, o de acuerdo a lo establecido en el proyecto, que serán:

- El grado de compactación de la capa sub-base.
- El espesor de la capa sub-base compactada.
- La calidad del material que cumpla con las especificaciones técnicas, realizadas por el laboratorio.
- Verificación de niveles de la superficie de sub-base. La capa llevará su control de compactación previo y aprobación correspondiente por el Ingeniero residente antes que el contratista proceda a colocar la capa posterior y así sucesivamente hasta completar el espesor total de sub-base mostrado en planos.

6.2.14

Protección de la capa recepcionada de sub-base:

Al dar por terminada la conformación de la capa de sub-base y su recepción ha sido aprobada satisfactoriamente, se prepara la superficie de ésta para la colocación de una capa protectora, la cual consta de 10.0 cm de espesor compuesto por material selecto para base, que al terminar de ser tendida tiene que compactarse debidamente. El objetivo de este proceso es el de proteger la capa de sub-base de una posible lluvia o la circulación de algunos vehículos inesperadamente que puedan causar daño a dicha capa.

Colocación de base triturada Clase C, como colocación de capa sub-base según sección típica del tramo.



Fuente Propia

6.2.15 Capa de Base.

Es la capa del pavimento que tiene como función primordial, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito en la capa de rodadura a la base. El material a emplear deberá estar constituido por una combinación de grava de buena calidad, arena, y suelo en su estado natural, todos ellos previamente clasificados para ser colocados sobre la superficie de la sub-base.

Proceso constructivo: Para el proceso de conformación de la capa de base, se realiza el suministro de agregados granulares, que se colocarán de conformidad con los alineamientos verticales, pendientes y dimensiones indicadas en los planos del proyecto o establecidos por el Ingeniero supervisor.

El procedimiento de compactación de la capa base, se realiza por medio de compactadores mecánicas como: rodillos lisos, rodillos con ruedas neumáticas o con otro equipo aprobado para compactación que produzca los resultados exigidos. La compactación deberá avanzar gradualmente, en las tangentes, desde los bordes hacia el centro y en las curvas desde el borde interior al exterior, paralelamente al eje de la carretera y traslapando uniformemente la mitad del ancho de la pasada anterior. El procedimiento se continuará alternadamente hasta lograr una densidad que cumpla con la del proctor T-180 o T -99, según la especificación, en todo el espesor de la capa.

Los parámetros que se requerirán para la recepción del tramo de base terminada, se hará conforme a los requisitos establecidos por las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos Calles y Puentes NIC-2000, de acuerdo a lo establecido en el proyecto, que serán:

- El grado de compactación de la capa base.
- El espesor de la capa base compactada.
- La calidad del material que cumpla con las especificaciones técnicas, realizadas por el laboratorio.

- Verificación de niveles de la superficie de base.

La capa llevará de forma anticipada su control de compactación y de manera posterior, la aprobación de la misma por la supervisión antes de que el contratista proceda a colocar la capa posterior y así sucesivamente hasta completar el espesor total de base mostrado en planos.

6.2.16 Proceso del Riego de la Imprimación:

La función de la imprimación es proteger la superficie de la base una vez ha sido compactada, la cual consiste en el suministro y aplicación de un riego de material asfáltico, incluyendo la colocación del material secante, si se requiere, sobre dicha capa previamente preparada y aprobada, de acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto en conformidad con los planos o según indique el Ingeniero residente.

Los materiales empleados en la imprimación. El material asfáltico usado deberá ser del tipo rebajado, de curado medio (MC-70 o MC-250) de acuerdo con la textura de la superficie a imprimir y deberá cumplir con las especificaciones AASHTO M-82. El material asfáltico para el riego de imprimación deberá ser aplicado dentro de los siguientes límites de temperatura para obtener la penetración deseada: (MC-70) de 54°C a 88°C, (MC-250) de 79°C a 113°C, o lo que indiquen los resultados de pruebas de viscosidad, tomando como límites los valores de 60 segundos y 15 segundos. La tasa de aplicación o dosificación podrá variar de 1.00 a 1.75 litros por metro cuadrado, debiéndose adoptar la que es totalmente absorbida en 24 horas. El material secante deberá ser arena libre de materia orgánica y de sustancias perjudiciales.

6.2.17 Mezcla Asfáltica:

Las mezclas asfálticas como ya hemos visto anteriormente sirven para soportar directamente las acciones de los neumáticos y transmitir las cargas a las capas inferiores, proporcionando unas condiciones adecuadas de rodadura, cuando se emplean en capas superficiales; y como material con resistencia simplemente estructural o mecánica en las demás capas de los firmes. El comportamiento de la mezcla depende de circunstancias externas a ellas mismas, tales como son el tiempo de aplicación de la carga y de la temperatura. Por esta causa su caracterización y propiedades tienen que estar vinculadas a estos factores, temperatura y duración de la carga, lo que implica la necesidad del conocimiento de la geología del material. Las mezclas asfálticas se pueden fabricar en caliente o en frío, siendo más comunes las primeras, por lo que se enfocará el estudio hacia las mezclas asfálticas en caliente.

La fabricación de la mezcla asfáltica en caliente es un proceso industrial, realizado en plantas productoras de mezcla asfáltica. Estos son un conjunto de equipos mecánicos y electrónicos, en donde los agregados son combinados, calentados, secados y mezclados con cemento asfáltico para producir una mezcla asfáltica en la planta de elaboración de la mezcla puede ser continua (prácticamente en desuso), de mezcla en el tambor o discontinua y debe disponer de los dispositivos adecuados para calentar y dosificar los agregados y el cemento asfáltico caliente. Las operaciones principales de una planta de asfalto son: secado, cribado, proporcionado y mezclado.

Referente al transporte de la mezcla generalmente se emplean camiones del tipo volquete, los cuales efectúan el vaciado por el extremo posterior de la caja al ser levantada, en la superficie interna de la caja debe impregnarse con un producto que impida la adhesión de la mezcla, pero que no altere las propiedades de la mezcla asfáltica, durante el transporte, la mezcla se debe proteger con una lona, la cual debe estar bien asegurada para evitar que el aire frío se cuele hacia la

carga. Una vez llega a la obra, el ingeniero residente debe encargarse de verificar la temperatura de llegada en el volquete. Cuando se va a comenzar el proceso de colocación, se retira la lona y se deposita la mezcla en la tolva de la terminadora de mezcla asfáltica, conocida también como finisher.

Riego de imprimación con emulsión asfáltica CSS-1 y colocación de mezcla asfáltica en caliente.



Fuente Propia



Fuente: Blog de conceptos y aplicaciones de la tecnología RAMCODES, en suelo y mezcla asfáltica

6.3 Control y calidad

La búsqueda de un transporte eficiente de pasajeros, turismo y productos nos impulsa a llevar un mejor control de calidad sobre los materiales con los que se construyen los caminos por donde transitan millones de usuarios diariamente. Es por ello que en las obras viales durante todo su proceso constructivo es de suma importancia verificar las propiedades de cada uno de los materiales empleados y el desempeño de su combinación al conformar las distintas capas del pavimento.

La determinación de las propiedades y desempeño de los materiales se logra a partir de un conjunto de ensayos o pruebas establecidas precisamente para comprobar que dichos materiales funcionen correctamente de acuerdo a rangos, límites y/o valores estándares para condiciones similares o equivalentes. Por otro lado, la caracterización de dichos materiales se divide en dos campos de la ingeniería: infraestructura civil e infraestructura vial.

➤ Etapas de construcción de un pavimento asfáltico.

Inicialmente es fundamental entender en qué consiste un pavimento, para luego comprender en qué etapas constructivas puede dividirse éste. Quizá una forma sencilla de conceptualizar la conformación de un pavimento flexible o asfáltico es mediante el siguiente esquema, donde un pavimento típicamente está conformado usualmente por cuatro capas para resistir las cargas provenientes del paso de los vehículos; la subrasante o capa más interna que es la base del pavimento, encima de esta capa de espesor infinito se coloca una capa de material granular llamada subbase; superpuesta a esta capa, se dispone la base granular, que por lo general es de mejor calidad que la anterior, y finalmente se coloca la superficie de ruedo

que es la capa de pavimento superficial observada, tal como se aprecia en la figura

Diagrama de una estructura de pavimento y su respectiva distribución de esfuerzos.



Fuente: Guía de pruebas de laboratorio y muestreo en campo para la verificación de calidad en materiales de un pavimento asfáltico.

Ahora bien, las etapas constructivas del pavimento van acorde a la de conformación de las diferentes capas que lo constituyen. Por lo tanto, se diferencian tres etapas generales: etapa preliminar, etapa en proceso de construcción y pavimento terminado.

➤ **Etapas preliminar.**

Etapa preliminar En todo proyecto de ingeniería se requiere conocer primeramente ciertas características del proyecto para obtener el diseño preliminar, en el caso de proyectos de carreteras, caminos de lastre, parqueos, patios de maniobras o cualquier otro tipo de áreas en las que se desee construir algún tipo de pavimento, será necesario inicialmente conocer las propiedades de los materiales que se utilizarán en la obra. Preliminarmente en todo diseño de una estructura de pavimento se requiere el conocimiento básico de las características y resistencias o capacidades soportantes del suelo donde se llevará a cabo la construcción de este pavimento, de manera que pueda resistir los esfuerzos y deformaciones para un tránsito previsto, que de otro modo deberán analizarse opciones de mejoramiento o estabilización que lo hagan resistente. Por lo tanto, se describen

en este documento las pruebas más importantes que permiten obtener dicha información.

- **Granulometría por tamizado para suelos:** Este ensayo consiste en la clasificación del terreno natural para compararlo con la clasificación de materiales de suelos, de acuerdo con las normas ASTM D 422 / AASHTO T 88.
- **Límites de Atterber:** Estos ensayos junto con la granulometría por tamizado se requieren para la clasificación del suelo, en este caso su consistencia con respecto al contenido de humedad. A estos contenidos de humedad en los puntos de transición de un estado al otro son los denominados límites de Atterberg, de acuerdo con las normas ASTM D 4318/ AASHTO T 89:
 - Límite líquido: el suelo pasa de un estado semilíquido a un estado plástico y es posible moldearse.
 - Límite plástico: el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se produce el rompimiento.
 - Límite de retracción o contracción: estado en que el suelo pasa de un estado semisólido a un estado sólido y deja de contraerse al perder humedad, según ASTM D 427/ AASHTO T 92.

6.3.1 Relación de humedad y densidad (Próctor Estándar y/o Próctor Modificado).

Mediante esta prueba se puede determinar la compactación o densidad máxima de un suelo o agregado en relación con su contenido de humedad. Existen dos tipos de ensayo Próctor normalizados: Ensayo Próctor Estándar, de acuerdo con las normas ASTM D 698 / AASHTO T 99, método C y el Ensayo Próctor Modificado, de acuerdo con las normas ASTM D 1557 / AASHTO T 180, método

D. La diferencia entre ambos ensayos radica en la distinta energía utilizada, debido al mayor peso del pisón y mayor altura de caída en el Próctor Modificado.

6.4 CBR en laboratorio.

Determina la capacidad soportante del suelo (Relación de Soporte de California, por sus siglas en Ingles), de acuerdo con las normas ASTM D 1883 / AASHTO T 193, en el cual se mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo (subrasante), sub base y/o base granular de un pavimento, bajo condiciones controladas de humedad y densidad, CBR in situ o ensayo de Anillo de carga Realizado únicamente en la subrasante y sirve para correlacionarlo con el CBR en laboratorio, de acuerdo con la norma TB ENG 37 del Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos. Las solicitudes de estos ensayos se establecen de acuerdo con las especificaciones de cada proyecto (cartel de licitación), por lo general de los ensayos anteriormente descritos se requerirán al menos los establecidos para el análisis de la subrasante. Al diseñar un pavimento será necesario conocer las cargas del tránsito que soportará durante un periodo establecido de vida útil, y de esta forma determinar si los materiales escogidos y los espesores de diseño tendrán la capacidad estructural para soportar dichos esfuerzos.

Tabla 1 Resumen de ensayos requeridos en una subrasante para un proyecto nuevo.

Ensayo	Norma		Descripción	Cantidad mínima de material para el ensayo*	Especificación y/o Disposición
	ASTM	AASHTO			
Granulometría por tamizado	D 422 y D 1140	T 88	Clasificación del material por el tamaño de sus partículas	8 kg	No aplica
Límites de Atterberg	D 4318	T 89	Determinación de la consistencia para su clasificación	300 g para cada prueba	No aplica
Próctor Estándar	D 698	T 99, método C	Densidad en función del contenido de humedad	15 kg	No aplica
CBR	D 1883	T 193	Resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas	100 kg	No aplica

Fuente: Guía de pruebas de laboratorio y muestreo en campo para la verificación de calidad en materiales de un pavimento asfáltico.

6.5 Etapa en proceso de construcción

Dentro de la etapa constructiva se tienen tres categorías de acuerdo al tipo de pavimento: camino de bajo tránsito (lastre como capa de rodamiento), tratamiento superficial y carpeta de mezcla asfáltica. Una vez que se conocen las propiedades y características del suelo donde se pretende diseñar la estructura del pavimento, se procede a caracterizar y evaluar las propiedades de los materiales que conformaran la subbase y base, de modo que sean lo suficientemente resistentes a las deformaciones provocadas por las cargas del tránsito. Para determinar dichas resistencias o características físico mecánicas de la base granular y sub-base se deberán realizar los siguientes ensayos:

6.6 Granulometría por tamizado para agregados

Este método cubre la determinación de la distribución por tamaño de las partículas de agregado fino y grueso mediante tamizado. Esto con el fin de obtener la granulometría de diseño para las condiciones del proyecto. Para ello se toma una muestra de agregado seco de masa conocida y separada en una serie de tamices colocados progresivamente desde el más pequeño al más grande para determinar su distribución por tamaño, de acuerdo con las normas ASTM C 136 y C 117 / AASHTO T 27 y T 11.

6.7 Caracterización de agregados

Como parte de la etapa de diseño y dentro del control de calidad de los materiales en la etapa constructiva es de suma importancia la evaluación de las siguientes propiedades de los agregados utilizados tanto en la conformación de la subbase y base (granular o estabilizada) como en la producción de mezcla asfáltica:

- Abrasión de los ángeles, AASHTO T 96

- Disgregabilidad (sanidad) en sulfato de sodio (5 ciclos), AASHTO T 104
- Índice de durabilidad (agregado grueso), AASHTO T 210
- Índice de durabilidad (agregado fino), AASHTO T 210
- Caras fracturadas, ASTM D 5821
- Libre de materia orgánica, grumos o arcillas
- Índice de plasticidad, ASTM D 4318/ AASHTO T 89
- Límite líquido, ASTM D 4318/ AASHTO T 89

Relación de humedad y densidad (Próctor Estándar y/o Próctor Modificado)
 Determina la compactación o densidad máxima de un suelo o agregado en relación con su contenido de humedad, CBR en laboratorio, determinar la capacidad soportante del suelo.

6.8 Compactación in situ

Consiste en verificar la densidad y contenido de humedad en campo. Esto para obtener la mayor capacidad soportante posible, la mayor inalterabilidad volumétrica y la mayor resistencia a la deformación. Aun cuando la correlación densidad-resistencia se presenta con frecuencia, es necesario considerar la humedad y la porosidad in situ. De este modo se especifica una densidad en campo mayor o igual al 95% de la densidad máxima medida en el laboratorio, de acuerdo con la norma ASTM D 4429 / AASHTO T 310.

Cuando se trata de una base estabilizada in situ con cemento BE-25 o BE-35, en adición a los ensayos anteriormente mencionados se requerirán realizar también:

6.9 Caracterización del cemento

Consiste en seleccionar el tipo de cemento que mejor se ajuste al tipo de base o sub-base existente.

6.10 Granulometría de la base estabilizada

Verificar la compatibilidad de la base existente con el cemento a efectos de lograr con la estabilización una mejora en la resistencia mecánica de dicha base o sub-base y en especial su capacidad soportante frente a las cargas del tránsito
Relación de humedad y densidad (Próctor Modificado) en la base estabilizada.

Inicialmente se obtienen en laboratorio el contenido de humedad y la densidad óptimos, con el fin de contar con patrones de referencia para compararlo con la obtenida in situ. La verificación durante la construcción será mantener controlada la dosificación de agua para que no se baje la capacidad de soporte. Este ensayo se realiza de acuerdo con la norma D 1557 / AASHTO T 180, método D.

6.11 Resistencia a la compresión en bases estabilizadas

Este ensayo se realiza para la comprobación del aumento de la resistencia en la mezcla en función del tiempo y dosificación de cemento y agua, que permiten correlacionarlo con parámetros teóricos de cálculo, de acuerdo con la norma ASTM C 593.

6.12 Mezcla asfáltica en caliente diseñada mediante el método Marshall

La mezcla asfáltica está compuesta por agregados y asfalto, y deberán evaluarse primeramente cada uno de sus componentes por separado y posteriormente la mezcla como un todo, acorde con su diseño y al desempeño esperado.

Agregados empleados en mezcla asfáltica para capa, caracterización de los agregados gruesos (retenidos en la malla de 4,75 mm):

- Abrasión de los ángulos, AASHTO T 96
- Disgregabilidad (sanidad) en sulfato de sodio (5 ciclos), AASHTO T 104
- Índice de durabilidad (agregado grueso), AASHTO T 210

- Caras fracturadas, ASTM D 5821

Caracterización de los agregados finos (pasando la malla de 4,75 mm):

- Índice de durabilidad (agregado fino), AASHTO T 210
- Equivalente de arena, AASHTO T 176

Granulometría de agregados mezclados:

- Granulometría, AASHTO T 11 y T 27
 - Grumos de arcilla y partículas friables, AASHTO T 112
 - Libre de materiales vegetales, basura, terrones de arcilla y sustancias deletéreas
- Caracterización de los agregados livianos (escorias): Escoria triturada de acuerdo con AASTHO M 195.

Caracterización de los agregados livianos (escorias):

- Escoria triturada de acuerdo con AASHTO M 195

6.13 Asfalto

Los ensayos utilizados para la caracterización de este material visco-elástico serán clasificados por viscosidad absoluta a 60°C o por penetración a 25°C, esto es establecido para cada proyecto por quien lo solicite de acuerdo con la norma RTCA 75.01.22:04.

Clasificados por viscosidad absoluta a 60°C

- Viscosidad absoluta a 60°C
- Viscosidad cinemática a 135°C
- Viscosidad cinemática a 125°C
- Viscosidad cinemática a 145°C
- Gravedad específica a 25°C
- Penetración a 25°C

- Punto de ignición en copa Cleveland
- Solubilidad en tricloroetileno
- Ensayos sobre el residuo de envejecimiento en película delgada TFOT
- Viscosidad absoluta a 60°C
- Ductilidad a 25°C

Clasificados por penetración a 25°C

- Penetración a 25°C
- Punto de encendido en copa abierta Cleveland
- Viscosidad cinemática a 125°C
- Viscosidad cinemática a 145°C
- Gravedad específica a 25°C
- Ductilidad a 25°C
- Solubilidad en tricloroetileno
- Ensayos sobre el residuo de envejecimiento en película delgada TFOT
- Penetración residual
- Ductilidad a 25°C

6.14 Mezcla asfáltica (producción en planta).

El propósito de la verificación de la mezcla asfáltica en planta es para controlar el contenido óptimo de asfalto para una combinación específica de agregados, de acuerdo al diseño de la mezcla y la fórmula de trabajo establecido para cada proyecto.

- Graduación de los agregados, mediante la extracción del asfalto por ignición, de acuerdo con las normas AASHTO T 30 y T 308
- Contenido de asfalto por ignición, AASHTO T 308
- Contenido de agua, ASTM D 95
- Densidad de la mezcla
- Gravedad específica bruta ASTM D 2726 / AASHTO T 166
- Gravedad específica máxima teórica ASTM D 2041 / AASHTO T 209

- Porcentaje de vacíos de aire
- Porcentaje de vacíos en el agregado mineral (VMA)
- Porcentaje de vacíos llenos con asfalto (VFA)
- Estabilidad y Flujo Marshall, ASTM D 6927 / AASHTO T 245
- Resistencia retenida a la tensión diametral, ASTM D 4123 / AASHTO T 283
- Relación polvo-asfalto

6.15 Mezcla asfáltica (colocación in situ).

La verificación de la mezcla asfáltica antes de ser colocada para su compactación es un control paralelo o equivalente de las mismas propiedades volumétricas del diseño y fórmula de trabajo determinadas para un proyecto dado evaluadas en planta. Por lo tanto, se realizan los mismos ensayos mencionados anteriormente.

6.16 Tratamiento superficial

A diferencia de las mezclas asfálticas convencionales utilizadas como capa para superficie de ruedo diseñadas para soportar elevadas cargas de tránsito, los tratamientos superficiales asfálticos son mezclas asfálticas destinadas habitualmente en carreteras de bajo volumen de tránsito sobre bases estabilizadas para proteger e impermeabilizar la superficie de rodamiento, aunque también funcionan como una técnica de conservación, brindando un mejoramiento a la capa de rodadura existente. Los tratamientos superficiales comprenden desde una simple y ligera aplicación de cemento asfáltico o emulsión bituminosa, a múltiples aplicaciones de materiales asfálticos sobre las que se distribuyen agregados pétreos. El objetivo principal de utilizar los tratamientos superficiales es sellar las superficies en las que se coloque y prolongar su vida útil a un bajo costo económico, por lo que estos se pueden clasificar de acuerdo a su aplicación y preparación.

Para tratamientos superficiales con aplicación de asfalto y distribución de agregados se dispone de tres tipos de tratamientos: simples, dobles o triples (TS-1, TS-2 y TS-3 respectivamente). Básicamente su diferencia entre cada uno radica en la cantidad de capas de agregado-emulsión que se coloquen. La mezcla asfáltica preparada en laboratorio para el diseño de las dosificaciones de emulsión y tamaños máximos de agregado requieren los siguientes ensayos, de acuerdo con lo propuesto por el Asphalt Institute de Estados Unidos.

Agregados empleados en tratamientos superficiales.

Agregados gruesos (retenidos en la malla de 4,75 mm):

- Abrasión de los ángulos, AASHTO T 96
- Pérdida por Disgregabilidad (sanidad) en sulfato de sodio (ácidos), AASHTO T 104
- Índice de durabilidad (agregado grueso), AASHTO T 210
- Caras fracturadas, ASTM D 5821

Agregados finos (pasando la malla de 4,75 mm):

- Índice de durabilidad (agregado fino), AASHTO T 210
- Equivalente de arena, AASHTO T 176

Granulometría de agregados mezclados:

- Granulometría (densa o abierta), AASHTO T 11 y T 27
- Grumos de arcilla y partículas friables, AASHTO T 112
- Libre de materiales vegetales, basura, terrones de arcilla y sustancias deletéreas.

6.17 Emulsión

Las emulsiones son dispersiones de asfalto en agua, en las que actúan agentes tensos activos especiales, llamados “emulsificantes” que mantienen estable la emulsión a temperaturas por debajo de los 100°C. Las emulsiones pueden

clasificarse de acuerdo con su aplicación o a la afinidad con el agregado con que se vayan a mezclar. Cuando se clasifiquen por su aplicación se tienen cuatro tipos de emulsiones: de rompimiento rápido, de rompimiento medio y de rompimiento lento y de rompimiento acelerado. En cuanto a su clasificación con respecto al agregado utilizado se tienen: catiónicas y aniónicas. El tipo de agregado utilizado con más frecuencia en las carreteras de nuestro país son afines a las emulsiones catiónicas, por lo que en su mayoría este es el tipo de emulsiones empleadas en la producción de mezclas asfálticas con emulsiones. Ahora bien, en la preparación de las mezclas asfálticas para tratamientos superficiales, se requiere una emulsión de rompimiento rápido, que permita una evaporación rápida del agua, dejando recubierto el agregado con el asfalto de dosificación. Los ensayos necesarios para la caracterización de la emulsión de rompimiento rápido, de tipo catiónica, de acuerdo con lo establecido en la norma ASTM D 2397 / AASHTO M 208 y el RTCA 75.01.22:04.

Reglamento Técnico Centroamericano, (Productos de petróleo. Asfalto. Especificaciones) son:

Pruebas sobre la emulsión

- Viscosidad, Saybolt Furol a 50°C
- Prueba de estabilidad en almacenamiento, 24h
- Desmulsibilidad, 35 mL, 0,8% sulfocianato de dioctil sodio

Habilidad de revestimiento y resistencia al agua

- Prueba de carga eléctrica de partículas
- Prueba de tamizado

Destilación

- Aceite destilado por volumen de emulsión
- Residuo

Pruebas sobre el Residuo de la destilación

- Penetración, 25°C, 100 g, 5 s
- Ductilidad, 25°C, 5 cm/min
- Solubilidad en tricloroetileno

6.18 Mezcla asfáltica para tratamiento superficial

En el caso de la mezcla asfáltica preparada en el laboratorio para el diseño o incluso durante su colocación (tomando una muestra del proceso constructivo) se deberá verificar el contenido óptimo de emulsión asfáltica por capa para tratamientos superficiales múltiples (TS-2 y TS-3) para cada combinación específica de agregados, así como los siguientes parámetros:

- Graduación de los agregados, mediante la extracción del asfalto por ignición, de acuerdo con las normas AASHTO T 30 y T 308
- Contenido de asfalto por ignición, AASHTO T 308
- Contenido de agua, ASTM D 95.
- Dosificación de emulsión-agregado.

6.19 Pavimento terminado

Un pavimento ya construido puede encontrarse recientemente o con mucho tiempo de haberse abierto al tránsito, sin embargo, en ambos casos son menos los ensayos de verificación de los materiales que pueden llevarse a cabo. Asimismo, es importante que quien los solicite considere que estos son ensayos destructivos, por lo que el muestreo del material requerirá la obtención de sondeos sobre el pavimento existente. Para cada capa estructural del pavimento se podrán realizar los siguientes ensayos, mediante la extracción de material (sondeos a cielo abierto): bloques y núcleos de mezcla asfáltica, núcleos de base estabilizada, material en sacos de Subrasante, Base granular y Sub-base.

Subrasante

- Granulometría por tamizado para suelos, ASTM D 422 / AASHTO T 88
- Relación de humedad y densidad (Próctor Estándar y/o Próctor Modificado), ASTM D 698 / AASHTO T 99, método C y/o ASTM D 1557 / AASHTO T 180, método D
- CBR en laboratorio, ASTM D 1883 / AASHTO T 193
- Límites de Atterberg, ASTM D 4318/ AASHTO T 89.

Base granular y/o Sub-base

- Granulometría por tamizado, ASTM C 136 y C 117 / AASHTO T 27 y T 11
- Relación de humedad y densidad (Próctor Estándar y/ o Próctor Modificado), ASTM D 698 / AASHTO T 99, método C y/o ASTM D 1557 / AASHTO T 180, método D
- CBR en laboratorio, ASTM D 1883 / AASHTO T 193.
- Límites de Atterberg, ASTM D 4318/ AASHTO T 89.

Base estabilizada

- Resistencia a la compresión, ASTM C 593 (cuando se pueda extraer en condiciones adecuadas los núcleos) y se requieren al menos 2 núcleos por punto de análisis. Calzada asfáltica.

Mezcla asfáltica en caliente

- Verificación de la graduación de los agregados, mediante la extracción del asfalto por ignición, de acuerdo con las normas AASHTO T 30 y T 308
- Contenido de asfalto por ignición, AASHTO T 308
- Contenido de agua, ASTM D 95 •Densidad en la mezcla •Gravedad específica bruta ASTM D 2726 / AASHTO T 166
- Gravedad específica máxima teórica ASTM D 2041 / AASHTO T 209
- Porcentaje de vacíos de aire
- Estabilidad y Flujo Marshall, ASTM D 6927 / AASHTO T 245

- Espesores de carpeta.

Tratamiento superficial asfáltico

- Graduación de los agregados, mediante la extracción del asfalto por ignición, de acuerdo con las normas AASHTO T 30 y T 308
- Contenido de asfalto por ignición, AASHTO T 308
- Contenido de agua, ASTM D 95

Recomendaciones y cuidados.

Como una consideración importante se debe proveer que la duración de los ensayos en especial cuando se trate de la verificación de las propiedades de la subrasante, bases granulares y sub-bases pueden tardar uno o dos días más de lo mencionado en este documento.

A continuación, se adjuntan el resumen de resultados de laboratorio realizados en el proyecto en mención, el cual detalla el cumplimiento de normas de calidad que garantizan el buen funcionamiento estructural de la vía, cabe señalar que estos resultados obedecen a la actividad "Control y Calidad", siendo ensayados por técnicos del área de Dirección General de Normas de la Construcción y Desarrollo Urbano, Dirección de Control y Calidad de Materiales.

Tabla 2. Control de calidad mezcla asfáltica en caliente			
Descripción	Resultado de la Muestra		Especificación del Proyecto
	0+268 - 0+430	0+000 - 0+200	
Densidad Promedio de la Mezcla Compacta:	2.384	2.449	
Densidad Promedio de la Mezcla Suelta:	2.494	2.54	
Vacíos Totales Promedio "Va":	4.4%	3.6%	3-5%
Vacíos en el Agregado Mineral promedio " VMA":	18.10%	16.3	mínimo: 15 %

Vacíos llenos de asfalto Promedio "VFA":	75.70%	78.1	65-75%
Estabilidad Marshall Promedio:	4080.0 lbf	4604.0 lbf	Mínimo: 1800 lbf
Flujo Marshall Promedio:	15.0 (1"/100)	12.0 (1"/100)	8-14 1"/100)

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura, Dirección de Normas de la Construcción y Desarrollo Urbano, Laboratorio de Suelos y Materiales.

En la **tabla 2** se muestran los resultados obtenidos de las pruebas de control de calidad para mezclas asfálticas en caliente, donde se puede apreciar que los valores obtenidos se mantienen en el rango de los valores esperados.

Determinación y análisis de la granulometría.

Tabla 3. Evaluación de las Propiedades de Base Triturada	
Proyector:	Circunvalación Granada- Masaya
Referencia:	ASTM C33
Peso Inicial Seco (gr)	14336.6
Peso después de lavado (gr)	13737.4
Agregado lavado menor de 0.075 mm, gr	599.20
Agregado tamizado menor de 0.075 mm, gr	0.2
Masa total de agregado menor de 0.075 mm, gr	599.40

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura, Dirección de Normas de la Construcción y Desarrollo Urbano, Laboratorio de Suelos y Materiales.

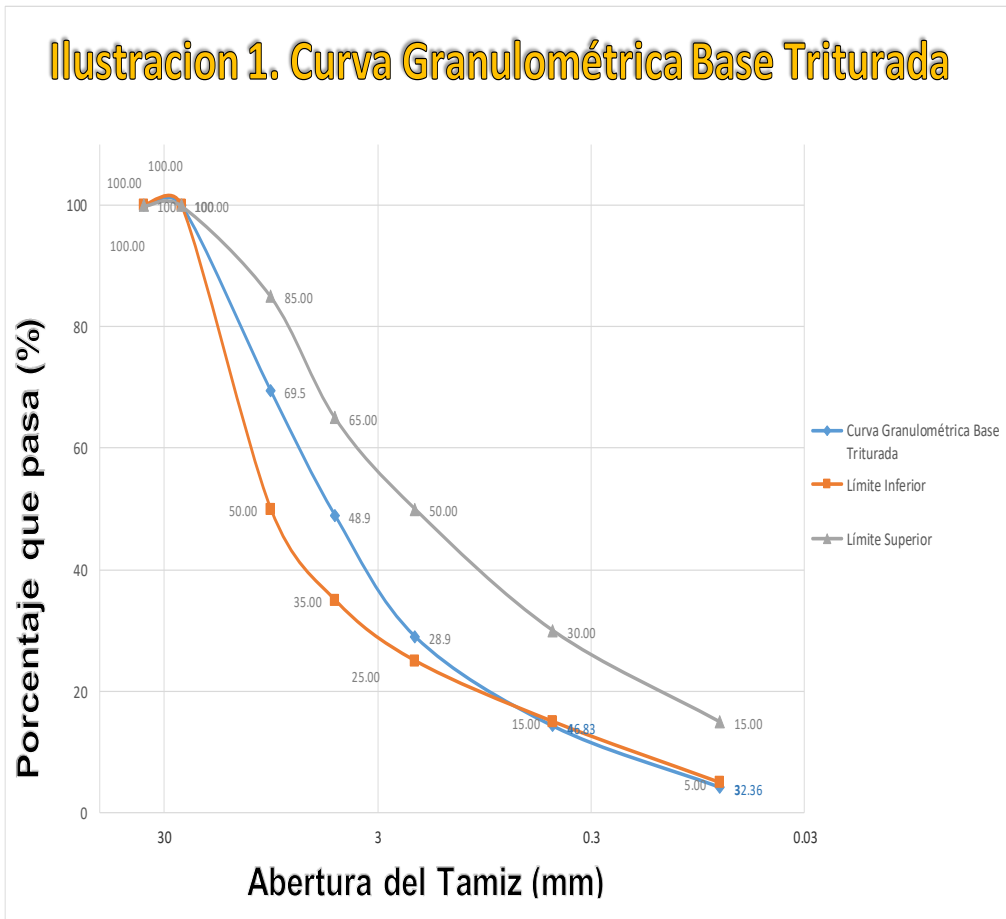
Tabla4. Análisis granulométrico Base Triturada							
			% Retenido				
Malla N°	Abertura en mm	Peso Retenido en cada Tamiz (gr)	Parcial	Acumulado	% que pasa	Límite Inferior %	Limite Superior %
1 1/2"	37.5	0	0	0	100	100.00	100.00
1"	25	0	0	0	100	100.00	100.00
3/8"	9.52	4379.3	30.5	30.5	69.5	50.00	85.00
N°4	4.75	2949.2	20.6	51.1	48.9	35.00	65.00
N°10	2	2858.4	19.9	71.1	28.9	25.00	50.00
N°40	0.452	2109.0	14.7	85.8	14.2	15.00	30.00
N°200	0.075	1441.5	10.1	95.8	4.2	5.00	15.00
Fondo		599.2	4.2	100.0	0.0		
Σ		14336.6					
MF		3.34					

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura, Dirección de Normas de la Construcción y Desarrollo Urbano, Laboratorio de Suelos y Materiales.

Como se puede observar en la **tabla 3 y 4** y en la **ilustración 1**, el agregado, cumplen satisfactoriamente con los requisitos establecidos en las normas, en el que se clasifican como agregados de tamaño 9.52 mm a 4,75 mm (3/8" a N° 4). A partir de la **tabla 4** se deduce que el tamaño máximo nominal del agregado es 9.52 mm (3/8").

De la **ilustración 1**, se puede apreciar que el agregado tiende a acercarse más al rango del límite inferior, lo que significa que el agregado es de una tendencia un poco gruesa, a excepción de los tamices 9.52 mm (3/8") y 4,75 mm (N° 4) en la granulometría del agregado se encuentra bastante equilibrada entre los límites inferior y superior. Se puede notar también que las curvas son suaves.

Ilustración 1. Curva Granulométrica Base Triturada



Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura, Dirección de Normas de la Construcción y Desarrollo Urbano, Laboratorio de Suelos y Materiales.

Tabla 5. Ensayo de Proctor Modificado			
Descripción	Banco La Veta	Proinco	Banco El Coyotepe
% Humedad Óptima	8.9	7.7	9.1
Densidad Máxima	1.885	2.14	1.787
Densidad Humedad	2053	2386	1949
Densidad Max. Corregida	1909	2228	1814
% Humedad Corregida	8.2	7.7	9.1

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura, Dirección de Normas de la Construcción y Desarrollo Urbano, Laboratorio de Suelos y Materiales.

En la **tabla 5** se muestran los resultados obtenidos de las pruebas de control de calidad para el material selecto obtenido de los bancos de préstamos, donde se puede apreciar que los valores obtenidos para obtener las características según las especificaciones técnicas.

Tabla 6. Prueba de Densidad Nuclear

Estación	Densidad Seca	Densidad Húmeda	Lts/m ³ Agua	% Humedad Natural	% Humedad Optima	Densidad Seca Máxima	% Compacción	Banda
32+973	2298.7	2332.4	36.7	1.6	7.5	2365	97.1	B/I
32+843	2363.8	2407.9	44.1	1.9	7.5	2365	99.9	B/I
0+530	1574	1850	276	17.5	25	1505	104.5	B/D
0+470	1626	1898	272	16.7	25	1505	108.3	B/D
0+440	1566	1814	248	15.8	25	1505	104.1	B/D
0+400	2406	2496	90	3.8	10.5	2366	101.7	B/D
0+460	2317	2489	172	7.4	10.5	2366	98.9	B/D
0+480	2351	2469	117	5	10.5	2366	99.4	B/D
0+280	1557	1843	286	18.4	25	1505	103.5	LC 1.0 mt BD
0+320	1582	1862	279.5	17.1	25	1505	105.1	LC
0+420	155	1862	107.2	19.8	25	1505	103.4	LC 1.0 mt BD
0+570	1600	1890	280	17.3	25	1505	106.3	B/D
0+600	1596	1910	277	17.8	25	1505	106.1	B/D
0+630	1585	1827	258	16	25	1505	105.3	B/D
0+440	2190	12297	106	4.9	8.3	2309	94.9	B/D
0+480	2139	2208	69	3.2	8.3	2309	92.7	B/D
0+530	2222	2292	70	3.1	8.3	2309	96.2	B/D
0+580	2157	2226	69	3.2	8.3	2309	93.4	B/D
0+450	2355	2455	10.1	4.3	8.3	2309	102	30 cm Homb ro B/D
0+480	2329	2446	117	5	8.3	2309	100.8	30 cm Homb ro B/D
0+480	2317	2420	103	4.5	8.3	2309	100.3	50 cm Homb ro B/I

0+510	2241	2336	95	4.2	8.3	2309	97.1	50 cm Hombro B/D
0+545	2322	2401	79	3.4	8.3	2309	100.6	LC
0+260	2357	2510.7	153.7	6.5	8.3	2309	102.1	LC 1.0 mt BI
0+340	2367.6	2528.1	160.5	6.8	8.3	2309	101.5	LC
0+420	2205.1	2309.7	104.6	4.7	8.3	2309	95.5	LC 1.0 mt BI
0+300	2290	2378	83	4.3	10.5	2366	96.8	LC 1.0 mt BD
Estación	Densidad Seca	Densidad Húmeda	Lts/m³ Agua	% Humedad Natural	% Humedad Optima	Densidad Seca Máxima	% Compacción	Banda
0+400	2372	2476	104	4	10.5	2368	100.3	LC 1.0 mt BI
0+200	1598	1858	260	16.2	25	1505	106.2	LC
0+140	1566	1800	2340	14.9	25	1505	104.4	60 cm Hombro Derecho
0+090	1504	1739	235	15.6	25	1505	100	40 cm Hombro Izquierdo
0+010	2274.8	2371.5	96.3	4.3	8.3	2309	98.6	B/D
Estación	Densidad Seca	Densidad Húmeda	Lts/m³ Agua	% Humedad Natural	% Humedad Optima	Densidad Seca Máxima	% Compacción	Banda
0+090	2272.1	2390	112.9	5	8.3	2309	98.7	B/D

0+000	2309	2365	56	2.4		2396	98	25 cm Hombro B/D
0+050	2335	2393	58	2.5		2396	98	25 cm Hombro B/D
0+000	2323	2384	62	2.7		2396	98	LC
0+080	1369	1869	301	19.2	250	1505	104.2	LC
0+040	1565	1814	258	15.6	250	1505	103.9	B/I 20 cm del Hombro
0+020	1545	1815	313	19.5	250	1505	102.6	B/D 20 cm del Hombro
0+110	2193.8	2300.2	106.4	4.8	8.3	2366	92.7	B/C
0+170	2188.5	2399.5	141	6.4	8.3	2366	92.5	B/D
Km 33	2338	2482	144	6.2	7.7	2365	98.8	B/D
Km 33	2354	2469	115	4.9	7.7	2365	99.5	B/C
Km 33	2317	2388	71	3.1	7.7	2365	98	B/C
Km 33	2309	2376	67	2.9	7.7	2365	97.6	B/D
32+800	1888	2044	156	8.3	8.9	1885	100	B/D
32+800	2051	2205	155	7.5	8.9	1885	100.8	B/D
32+800	2111	2249	138	6.6	8.9	1885	112	B/D
32+800	2116	2550	135	5.6	8.9	2365	102	B/C
32+850	2344	2428	84	3.6	8.9	2365	99.1	B/I
Estación	Densidad Seca	Densidad Húmeda	Lts/m³ Agua	% Humedad Natural	% Humedad Optima	Densidad Seca Máxima	% Compac tación	Banda
32+800	2035	2187	153	7.5	8.9	1885	107	B/C
32+800	2035	2187	153	7.5	8.9	1865	107	B/C Terra cería

32+800	2345	2466	121	5.1	8.9	2365	99.2	B/C Base
32+800	2408	2507	103	4.3	8.9	2365	101.7	B/I Base
Km 33	2012	2142	130	6.5	8.9	1885	106.5	B/C
Km 33	2004	2171	167	8.3	8.9	1885	106.3	B/D
0+235	2282	2379	97	4.3	8.1	2366	96.4	B/D 25 cm del Homb ro
0+200	2254	2331	77	3.4	8.1	2366	95.3	B/I 20 cm del Homb ro
0+150	2346	2443	97	4.1	8.1	2366	99.2	LC
0+100	2358	2454	96	4.1	8.1	2366	100	B/D 25 cm del Homb ro
0+080	1369	1869	301	19.2	250	1505	104.2	LC
0+040	1565	1814	258	15.6	250	1505	103.9	B/I 20 cm del Homb ro
0+020	1545	1815	313	19.5	250	1505	102.6	B/D 20 cm del Homb ro
0+450	2290	2339	50	2.2	8.3	2309	99.2	B/D
0+500	2239	2289	51	2.3	8.3	2309	97.2	B/D
0+550	2369	2452	83	3.5	8.3	2309	102.6	B/D

0+580	2213	2270	56	12.5	8.3	2309	96	B/D
0+630	2241	2303	62	2.8	8.3	2309	97.1	B/D
0+480	2139	2208	69	3.2	8.3	2309	92.7	B/D
0+530	2222	2292	70	3.1	8.3	2309	96.2	B/D
0+580	2157	2226	69	3.2	8.3	2309	93.4	B/D
0+510	2273	2391	119	5.2	10.5	2366	96.1	B/D
0+540	2414	2520	106	4.4	10.5	2366	102	B/D
0+630	2343	2455	112	4.8	10.5	2366	99.5	B/D
0+570	1600	1890	280	17.3	25	1505	106.3	B/D
Estación	Densidad Seca	Densidad Húmeda	Lts/m³ Agua	% Humedad Natural	% Humedad Optima	Densidad Seca Máxima	% Compac tación	Banda
0+600	1596	1910	277	17.8	25	1505	106.1	B/D
0+630	1585	1827	258	16	25	1505	105.3	B/D

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura, Dirección de Normas de la Construcción y Desarrollo Urbano, Laboratorio de Suelos y Materiales.

En la **tabla 6** se muestran los resultados obtenidos de las pruebas de control de calidad para la base estabilizada, donde se puede apreciar que los valores obtenidos para obtener las características según las especificaciones técnicas.

Tabla 7. Límites de Atterberg	
Descripción del Material	Banco El Coyotepe
% Grava	6.4
% Arena	60.7
% Limo o Arcilla	26.6
% LL	0
% IP	0
AASHTO	A-2-4
SUCS	SM
Descripción del Material	Material de Buena Calidad

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura, Dirección de Normas de la Construcción y Desarrollo Urbano, Laboratorio de Suelos y Materiales.

Tabla 8. Resistencia a la compresión (PSI)								
Diseño 3000 PSI			Obtenida (psi)					
			andenes (0+095 - 0+310) B/D		andenes(0+323 - 0+440) B/D		andenes (0+490 - 0+630) B/D	
Días	PSI	%	PSI	%	PSI	%	PSI	%
7	2250	75	1970	65.67	1944	64.8	4359	145.3
14	2700	90	2362	78.73	3072	102.4	3230	107.67
28	3000	100	2591	86.37	3011	100.37	2686	89.53

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura, Dirección de Normas de la Construcción y Desarrollo Urbano, Laboratorio de Suelos y Materiales.

En la **tabla 8** se muestran los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión de los cilindros ensayados a las diferentes edades de curado, se puede apreciar que los valores obtenidos varían mucho respecto a los valores esperados. Para los especímenes ensayados de las estaciones **(0+095 - 0+310)**

B/D no lograron superar las resistencias esperadas, sin embargo, para las estaciones **(0+323 - 0+440) B/D**, se logra superar las resistencias esperadas a partir de las edades de 14 días, pero presenta una ligera disminución a los 28 lográndose así superar la resistencia especificada.

Según los resultados registrados para las estaciones **(0+490 - 0+630) B/D** se registraron disminuciones en los resultados obtenidos de más a menos, resultando la evolución de la resistencia a los 28 días en un 89.53 % por lo que estas están muy por debajo de lo esperado.

En la ilustración 2 se presenta gráficamente la evolución de la resistencia requerida de 3000 PSI según la resistencia de diseño de 3000 PSI, donde se compara con la proyección teórica de la resistencia. Se observa que la curva real supera los resultados de la curva programada solo en las estaciones de **(0+323 - 0+440) B/D**, logrando a los 28 días de curado un valor bastante similar de lo esperado, lo que significa que a los 14 días ya se superaron la resistencia especificada fc de 3000 psi. Para las curvas de las estaciones **(0+095 - 0+310) B/D** y **(0+490 - 0+630) B/D** se registró un comportamiento muy contrario de lo esperado y atípico, por lo que se esperaba que la evolución fuese ascendente, en los casos siempre se registró un ascenso en todos los especímenes a diferentes edades.

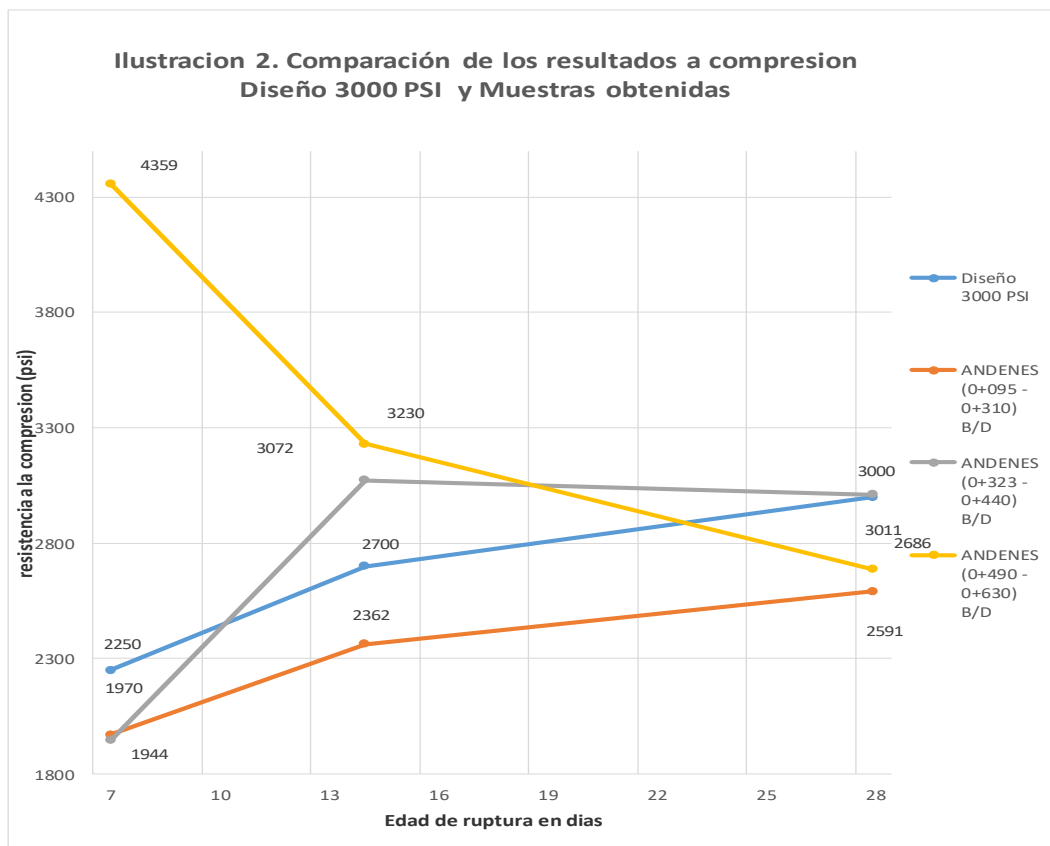


Tabla 9. Resistencia a la compresión (PSI)

Diseño 3000 PSI			ANDENES (31+900 - 32+960) B/I	
Días	PSI	%	PSI	%
7	2625	75	2574	73.54
14	3150	90	1977	56.49
28	3500	100	5097	145.63

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura, Dirección de Normas de la Construcción y Desarrollo Urbano, Laboratorio de Suelos y Materiales.

En la **tabla 9** se muestran los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión de los cilindros ensayados a las diferentes edades de curado, se puede apreciar que los valores obtenidos superan los valores esperados. Para los especímenes ensayados a los 7 días de curado se obtuvieron valores 2574 psi, sin embargo, están un poco por debajo de lo esperado, a los 14 días se ve una disminución de los valores esperados y para los 28 días de curado los especímenes ensayados indican una resistencia de 5,097.00 como valor promedio, los cuales están muy por encima de lo esperado.

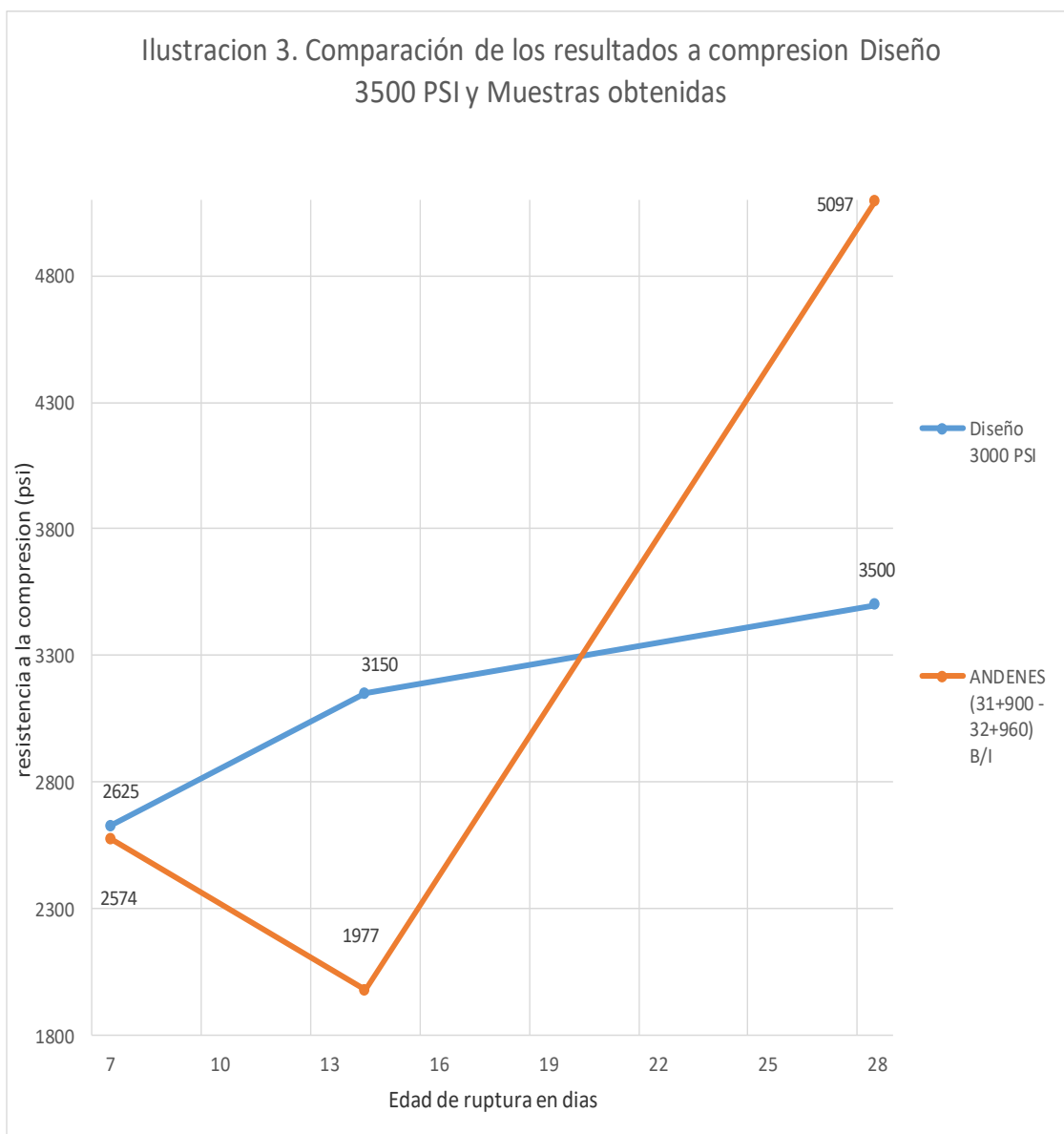


Tabla 10. Resistencia a la compresión Morteros (Kg/cm ²)										
Diseño 70 Kg/cm ²			Obtenida (Kg/cm ²)							
			Cuneta de Mampostería		Cabezal de Alcantarilla		Canal de Mampostería		Muro de Retención	
Días	Kg/cm ²	%	Kg/cm ²	%	Kg/cm ²	%	Kg/cm ²	%	Kg/cm ²	%
28	70	100	120	171.43	140	200.00	134	191.43	149	212.86

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura, Dirección de Normas de la Construcción y Desarrollo Urbano, Laboratorio de Suelos y Materiales.

Según la **Tabla 10**, todos los resultados a los 28 días de curado, están muy por encima del diseño de mortero de 70 Kg/cm², con promedios de hasta un 100% de lo esperado de igual manera se puede observar la **ilustración 4** donde se aprecia que todos los resultados arriba de los especificados.

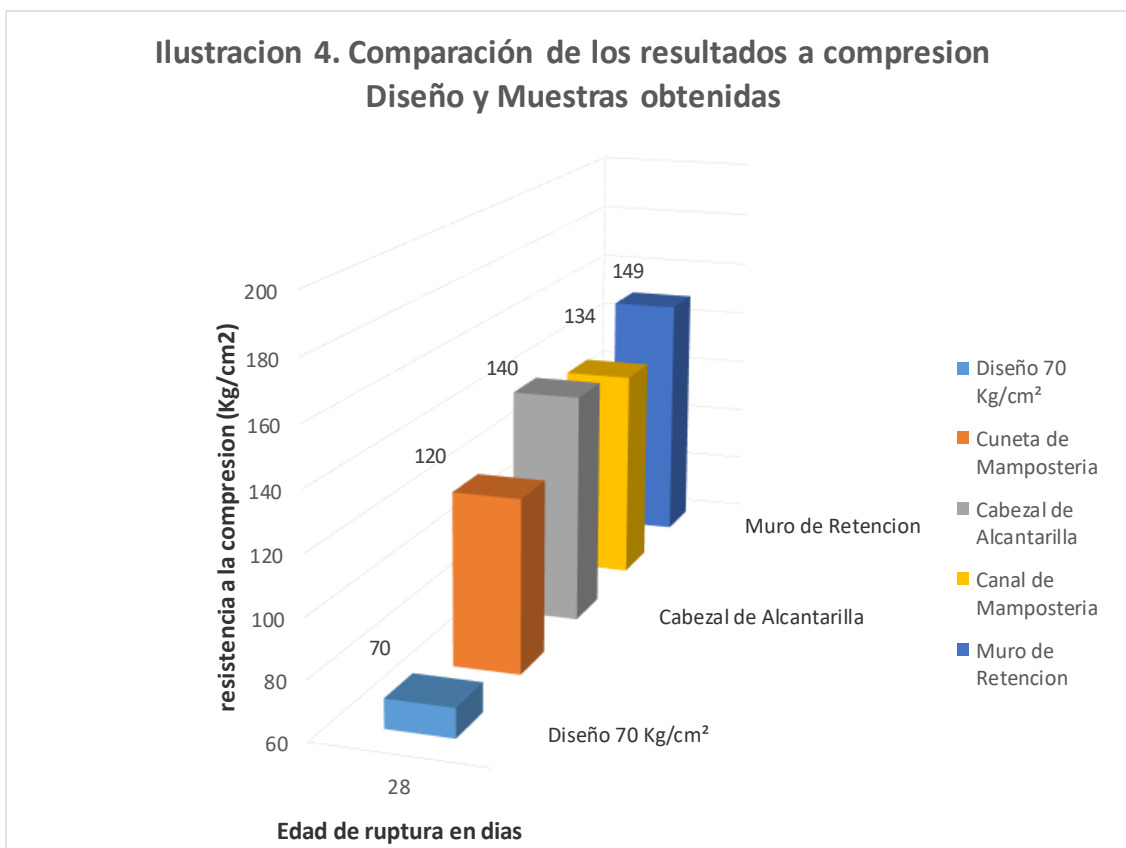
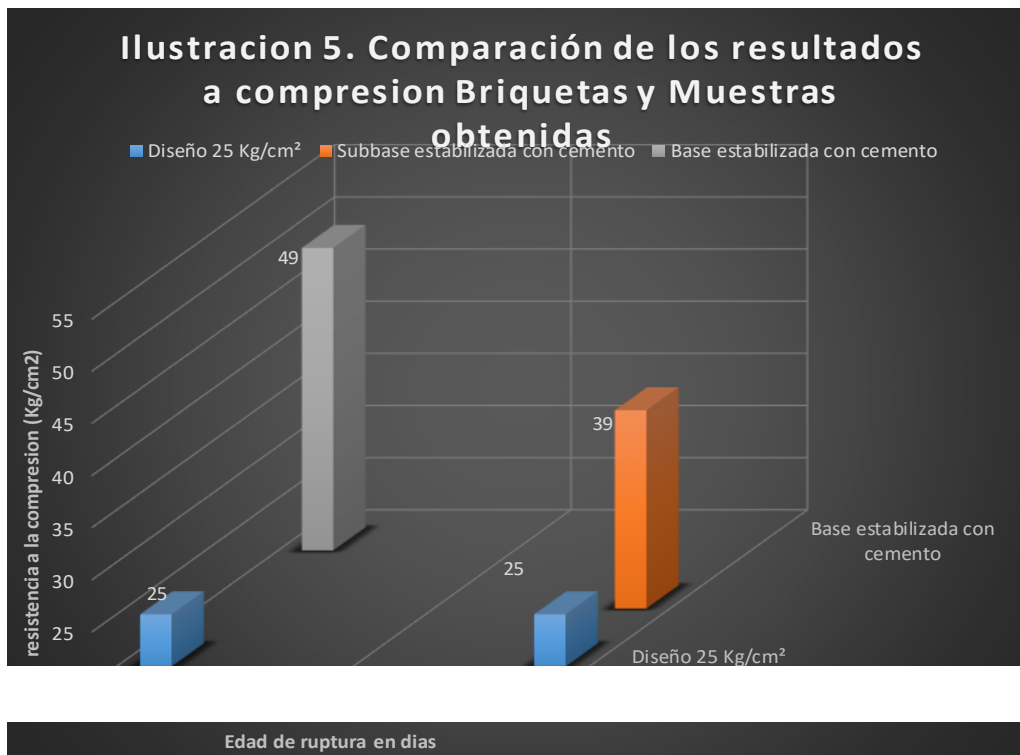


Tabla 11. Resistencia a la compresión Briquetas de Suelo cemento (Kg/cm ²)						
Diseño 25 Kg/cm ²			Obtenida (Kg/cm ²)			
			Subbase estabilizada con cemento		Base estabilizada con cemento	
Días	Kg/cm ²	%	Kg/cm ²	%	Kg/cm ²	%
7	25				49	196.00
12	25	100	39	156.00		

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura, Dirección de Normas de la Construcción y Desarrollo Urbano, Laboratorio de Suelos y Materiales.

Según la **Tabla 11**, todos los resultados a los 7 y 12 días de curado, están muy por encima del diseño de mortero de 25 Kg/cm², con promedios de hasta un 50% de lo esperado de igual manera se puede observar la **ilustración 5** donde se aprecia que todos los resultados están arriba de los especificados.



7 Definición.

Los altos costos de la construcción de proyectos de obras horizontales, exigen que se tenga la mayor precisión en los cálculos de cantidades de obras, ya que el menor detalle puede afectar la aceptación o denegación de éstos.

Según los constructores y consultores de obras viales, de acuerdo a la experiencia, la actividad de movimiento de tierra en los proyectos horizontales, oscila cerca del 50% del costo total del mismo. Por lo anterior, tanto el supervisor, que representa al dueño del proyecto en la obra, así como el contratista que ejecuta la misma, deben tener sumo cuidado al momento de determinar los diferentes volúmenes que serán excavados, removidos, acarreados, compactados y hasta retirados de la obra, según sea el caso.

La ciencia de la ingeniería, ha determinado varios métodos para el cálculo de los volúmenes de tierra, siendo uno de los más aplicados el del Diagrama de Masa, que presenta muchas ventajas, siempre y cuando sea bien interpretado (uno de los objetivos de este método es reducir al máximo los movimientos de tierra, mediante la realización de compensación de volúmenes).

Otro aspecto de gran importancia al momento de ejecutar un proyecto carretero es la selección del equipo adecuado para la realización de las diferentes actividades, ya que, de no tomarse en cuenta, incrementa los costos (que afectan directamente la economía del constructor), además de provocar retrasos respecto al período de ejecución, no olvidemos que la mala distribución del equipo puede también, provocar una aceleración del deterioro del mismo.

7.1 Equipo de construcción para obras viales.

Las Máquinas de gran potencia sirven de apoyo en la ejecución de obra viales (carretera), mayormente en la preparación del terreno, excavación o terraza, estas actividades son: limpieza, corte, traslado de material, compactación, etc. Se recurre a las máquinas o equipos para la ejecución de movimiento de tierra

teniendo en cuenta todos los elementos del precio, recordemos que las labores de movimiento de tierra, constituyen el 50% del monto total de los proyectos, aproximadamente. Las máquinas se imponen también prescindiendo de las cuestiones económicas, cuando los volúmenes de obra diaria a realizar para satisfacer los programas, son altos. En los proyectos que se emprenden actualmente, las máquinas se imponen, teniendo en cuenta que el movimiento de tierra debe ser de una manera rápida y eficiente, así como la calidad de la terraza donde irán los cimientos de la obra.

7.1.1 Clasificación de Equipos de Construcción

Existen básicamente dos clases de equipos o maquinarias para la construcción:

- Equipo o maquinaria estándar: es aquel tipo de maquinaria especializada que se fabrica en serie, de la cual existe en el mercado variedad de modelos, tamaños y formas de trabajo, las que se adecúan a diversas labores, tienen la ventaja adicional de que para ellas normalmente existen repuestos y su operación es relativamente estándar.
- Equipos o maquinaria especial: son aquellos que se fabrican para ser usados en una sola obra de características especiales o para un tipo de operación específica, es decir, que su origen está en una necesidad puntual que es satisfecha mediante su diseño y construcción.

7.1.2 Equipos de Excavación y Movimiento de Tierras.

Los equipos de excavación y movimiento de tierra en su mayoría componen la familia de palas y excavadoras, las que se desarrollaron a partir de la creación de una máquina mecánica (alrededor de 1836) que duplicó el movimiento y efectividad del trabajo de un hombre cavando con una pala de mano. Entre ellos tenemos: Tractor, Buldózer, Cargador frontal, Pala Mecánica, Draga, Retroexcavadora, Zanjadora.

7.1.3 Equipos de transporte horizontal de materiales.

Se considera dentro de este grupo a todos aquellos equipos destinados al acarreo de material dentro de una obra. Entre estos se cuentan: Camiones, Vagones, Traillas, Cintas transportadoras, Trenes.

7.1.4 Equipos de Compactación y Terminación.

La compactación es el proceso de incrementar la densidad de un suelo mediante la aplicación de fuerzas mecánicas. Las cuatro fuerzas que se usan para compactar son: carga estática, vibración, impacto y amasado. Como equipos de compactación se incluyen los siguiente: Placas compactadoras vibratorias y compactadores neumáticos, Rodillos lisos, Rodillos neumáticos, Rodillos pata de cabra.

Detallaremos un poco más acerca de las máquinas que comúnmente son utilizadas en Nicaragua para la ejecución de obras viales, así sea para el movimiento de tierra, compactación, corte excavación u otra actividad, siendo los Siguientes:

- BULLDOZERS.
- MOTONIVELADORA
- EXCAVADORAS.
- RETROEXCAVADORA
- CARGADORES FRONTALES.
- VIBROCOMPACTADORAS.
- CAMIONES.

➤ **Bulldozers o Topadoras**

Es una máquina para movimiento de tierra con una gran potencia y robustez en su estructura, diseñada especialmente para el trabajo de corte (excavando) y al mismo tiempo empuje con la hoja (transporte). En esta máquina son montados diversos equipos para poder ejecutar su trabajo, además, debido a su gran potencia, tiene la posibilidad de empujar o apoyar a otras máquinas cuando éstas lo necesiten (Ej. una mototraílla). Estas máquinas se utilizan durante el proyecto de construcción en operaciones tales como: limpieza del terreno de árboles y maleza, apertura de brechas en terrenos rocosos, movimientos de tierra en estanques, cortes carreteros u otros, esparcimiento de rellenos de tierra y limpieza de escombros en sitios de construcción. Algunos modelos poseen un rúter o diente escarificador, que permite la remoción de roca o terrenos duros.

➤ **Motoniveladora**

Es una máquina muy versátil usada para mover tierra u otro material suelto. Su función principal es nivelar, modelar o dar la pendiente necesaria al material en que trabaja. Se considera como una máquina de terminación superficial. Su versatilidad está dada por los diferentes movimientos de la hoja, como por la serie de accesorios que puede tener.

Puede imitar todo el tipo de tractores, pero su diferencia radica en que la motoniveladora es más frágil, ya que no es capaz de aplicar la potencia de movimiento ni la de corte del tractor.

Debido a esto es más utilizada en tareas de acabado o trabajos de precisión donde la motoniveladora permite:

- Extender y nivelar materiales sueltos.
- Excavar las cunetas de una carretera, llevando los materiales extraídos hacia el eje de la carretera después de nivelarlos.
- Regularizar los taludes de una excavación, nivelando los materiales extraídos sobre el fondo.

- Conservar las pistas seguidas por las máquinas de movimiento de tierra.

➤ **Excavadoras**

Es una máquina autopropulsada sobre ruedas o cadenas con una superestructura capaz de efectuar una rotación de 360°, que excava, carga, eleva, gira y descarga materiales por la acción de una cuchara fijada a un conjunto de pluma y balance, sin que el chasis o la estructura portante se desplace. La definición anterior, precisa que si la máquina descrita no es capaz de girar su superestructura una vuelta completa (360°), no es considerada como excavadora. La precisión de los planos de trabajo, tales como pluma, balance, estructura portante que fija y unifica los criterios clasificadores.

➤ **Retroexcavadora.**

Es una máquina autopropulsada, la que se caracteriza por su versatilidad y la ventaja de trabajar en espacios reducidos. Esta máquina, se encuentra montada sobre ruedas con bastidor especialmente diseñado que porta a la vez, un equipo de carga frontal y otro de retro excavación trasero, de forma que pueden ser utilizados para trabajos de excavación y carga de material.

➤ **Cargadores Frontales.**

El cargador frontal es un equipo tractor, montado en orugas o en ruedas, que tiene un cucharón de gran tamaño en su extremo frontal. Los cargadores son equipos de carga, acarreo y eventualmente excavación en el caso de acarreo solo se recomienda realizarlo en distancias cortas.

El uso de cargadores da soluciones modernas a un problema de acarreo y carga de materiales, con la finalidad de reducir los costos y aumentar la producción. En el caso de excavaciones con explosivos, la buena movilidad de éste le permite moverse fuera del lugar de voladura rápidamente y con seguridad; y antes de que el polvo del explosivo se disipe, el cargador puede estar recogiendo la roca regada y preparándose para la entrega del material. Originalmente los tractores

cargadores sólo tenían movimiento de giro del cucharón y vertical a lo largo de un marco que le servía de guía al cucharón, que se colocaba en la parte delantera del tractor. Cuando el cucharón estaba a nivel de piso, el tractor avanzaba hacia adelante y éste se introducía en el material para cargar; después se subía a la base de cables y poleas accionadas por una toma de fuerza del motor del tractor, y con el cucharón en esta posición, el tractor se movía hasta colocarlo en la parte superior del vehículo, que se deseaba cargar y se dejaba que el cucharón girara por el peso del material, y del mismo, aflojando uno de los cables de control. El cucharón del cargador frontal varía en tamaño desde 0.19 m³ hasta modelos de 19.1 m³ de capacidad, colmado. El tamaño del cucharón está estrictamente relacionado con el tamaño de la máquina.

➤ **Compactadores y Vibrocompactadoras**

Las apisonadoras son máquinas autopropulsadas de 2 ó 3 rodillos, que se emplean en la compactación de tierras con espesores de 20 - 30 cm. Su peso varía de 5 a 15 t y la velocidad de trabajo entre 2 y 10 Km/h. La maquinaria vibrante puede ser apisonadoras autopropulsadas o rodillos vibrantes remolcados por tractor, pisonas manuales, planchas o bandejas vibrantes, etc. Puede compactar adecuadamente gravillas, arenas y, en general, terrenos con poco o ningún aglomerante, en espesores hasta 25 cm. No son aptos para terrenos arcillosos.

Los compactadores de neumáticos pueden ser autopropulsados o remolcados, con suspensión independiente en cada rueda, lo que asegura una buena compactación. Todos los neumáticos deben llevar la misma presión y su velocidad oscila entre 10 y 24 Km/h.

Los rodillos pata de cabra son máquinas remolcadas por tractores de pequeña o mediana potencia, que pueden ser normales o vibrantes, y que se utilizan para la compactación de terrenos con excepción de arenas, gravas y piedra partida. Disponen de depósitos para lastre, que pueden estar vacíos o llenos de agua o arena, lo que permite aumentar la presión que transmiten al terreno.

La importancia de las carreteras se ha incrementado notablemente convirtiéndose en verdaderas vías que impulsan la conectividad de la economía, turismo y desarrollo social por tanto es importante contar con una infraestructura de carreteras que garanticen una circulación segura, cómoda y fluida.

Está comprobado que la infraestructura vial incide mucho en la economía del país, por el gran valor de inversión que se tiene en ésta, para esto se necesitan vías de comunicación entre las poblaciones que sean seguras, eficientes y resistentes, ya que de esta manera mejora el desarrollo socio-económico y el aumento de la producción en los diferentes sectores de la economía nacional.

Debido a la gran demanda de proyectos de infraestructura vial para el desarrollo del país, es necesario adquirir conocimientos con respecto a los procesos constructivos para la ejecución de una obra horizontal, tanto en lo que se requiere a las capas (Terracería, Sub- base, Base y Superficie de rodamiento), que conforman la estructura del pavimento así como las obras de drenaje requeridas en el proyecto, siendo éste un documento necesario para la elaboración de un manual de procedimientos constructivos que sirvan de gran apoyo a las nuevas generaciones egresadas de la carrera de ingeniería Civil.

El ingeniero civil tiene la responsabilidad de que todo proyecto u obra de construcción quede lo mejor construida, optimizando el tiempo de ejecución, siendo necesario tener un buen conocimiento, el cual puede ser obtenido en las aulas de clases, que a su vez será logrado con el material bibliográfico existente sobre el tema interesado.

Para que un procedimiento constructivo tenga éxito en su ejecución, es recomendable, conocer el equipo que se utiliza, así como tener en la obra el personal necesario, para llevarlo a cabo.

El transporte de material excavado a vertedero o al lugar de empleo es muy usual en las obras. Esta operación comprende el transporte de tierras sobrantes de la

excavación a vertedero, o bien el transporte de las tierras necesarias para efectuar un terraplén o un relleno. En otras situaciones, es necesario transportar agua para realizar la construcción de obras de drenaje o para el riego en terracería, para lo que se hace uso de los camiones cisterna (de estos últimos, existen autopropulsados y remolcados; los hay con equipo de bombeo y otros que funcionan por gravedad).

Camiones: Vehículos de caja descubierta, destinados al transporte de cargas superiores a 500 Kg, siempre han de ser basculantes.

Dúmpfer: Vehículos de caja basculante muy reforzada (tara mayor o igual a la carga útil). Suelen tener varios ejes tractores y calzar neumáticos todo terreno. Se emplean para transportes cortos, fuera de carreteras o caminos y tienen capacidad de carga muy variable. Suelen tener una elevada capacidad de transporte, oscilando los pesos netos entre 30 y 40 toneladas con cargas útiles entre 40 y 60 toneladas.

7.1.5 Productividad y eficiencia del equipo.

La productividad del equipo de construcción es una base primordial para su selección al planear una operación. Es la expresión empleada para asignar el rendimiento del equipo en una unidad de tiempo (normalmente una hora), donde la cantidad de tiempo depende principalmente de las condiciones del trabajo y de la dirección del mismo, así como de la destreza del operador, y de la coordinación con las demás fuerzas de construcción. En este sentido es necesario manejar los siguientes conceptos:

1. Productividad Óptima (Q_p): es la mejor productividad que puede esperarse de un equipo, está regida por las limitaciones de diseño del equipo y su determinación se basa en la situación ideal de que el equipo trabaje los 60min. de cada hora.
2. Productividad Normal (Q_n): es la operación del equipo no automatizado con un régimen de producción un poco más bajo. Puede suponerse igual a la productividad óptima, durante 45 ó 50 min. de cada hora.

3. $Q_n = f_w * Q_p$.
4. Productividad real (Q_r): $Q_r = f_p * Q_n = f_w * f_p * Q_p = f_a * Q_p$.
5. Factor de eficiencia del trabajo (f_w): su promedio normal es 0.8 y su origen está en el porcentaje de trabajo de un equipo en una hora.
6. Factor de dirección del trabajo (f_p): toma en cuenta las interrupciones de operación del equipo relacionados con la organización del trabajo y de la dirección del mismo.
7. Factor de productividad real (f_a): es un factor de eficiencia general de operación que es el producto de $f_w * f_p$.

La presente monografía trata de explicar el método de cálculo se tomará como ejemplo todas las actividades a realizar para determinar el rendimiento del equipo, cabe señalar que se están tomando las actividades propias de la asignación, el cual se explica en el presente plan de trabajo, la ejecución de las actividades, siguiendo las necesidades de la obra y la disponibilidad de los materiales.

7.2 Plan de Trabajo.

El proyecto consiste en la ampliación a un carril adicional en el tramo rotonda Jockey Club- Semáforos de la estación de servicio Puma, el cual tiene una longitud de 600 mts, cabe señalar que durante la ejecución de la obra se encontraron varios obstáculos como andenes existentes, accesos a calles urbana, acceso a viviendas, acceso a hospital, posteria de media tensión, y rótulos publicitarios.

Se realizó recorrido en conjunto con la supervisión del MTI, para identificar cada obstáculo a remover para realizar las gestiones administrativas ante el área de Derecho de vial cual se realizó coordinaciones con la población para hacerles saber sobre la obra, los beneficios que esta conlleva y las posibles afectaciones a atender para la ejecución de la misma.

Paralelamente se realiza planificación estratégica del proyecto el cual define como será ejecutado, los equipos y personal involucrados en la obra, subcontratos y

demás, como primera gestión se solicitan los equipos necesarios al “Área de Departamento de Maquinaria”, el cual estipula las horas efectivas a requerir.

Los materiales requeridos para el movimiento de tierras son:

- Material selecto: proveniente del banco de materiales ubicado en la comunidad de Panaloya, a 20 km de distancia.
- Base triturada clase c: proveniente de **Agrenic**.
- Mezcla asfáltica en caliente: proveniente de **Pavinic**
- Emulsión asfáltica CSS-1: proveniente de Soltec. **S.A**

Los equipos que el departamento de proyectos trasladó para la ejecución de la obra son: motoniveladora Caterpillar 140 H, Tractor de orugas D6T, excavadora Caterpillar 320D, Vibro compactadora CS-533, cisterna de agua International de 2,000 galones, cisterna asfáltica de 1,500 galones International, compactadora doble rodo Sakai, Compactadora neumática Ingersollrand, 5 camiones volquetes Hino.

El tractor Caterpillar D6T, fue trasladado al banco de materiales ubicado a 20 km del 0+000 del proyecto, con el objetivo de realizar el corte de 800 m³ de material de préstamo como mejoramiento de subrasante, para posteriormente colocar la capa de base triturada estabilizada con cemento.

Como factores de corrección para un operador de tractor de orugas clase A es de 0.80, con una eficiencia del equipo de 0.85.

Se realiza cálculo de rendimiento de equipos necesarios según las actividades que por su característica requieran equipo de movimiento de tierras.

Las actividades para caso de ejemplo son:

1. Revestimiento con material selecto.
2. Excavación en la vía.
3. Subbase de grava mejorada con cemento.
4. Revestimiento asfáltico en caliente.

Revestimiento con Material Selecto

Corte de material selecto (Tractor de orugas)

Maniobra de acopiar material y cambio de velocidad =		20.00 seg
Ruteado y blandeado =		45.00 seg
Altura de cuchilla =		1.30 mt.
Tamaño de cuchilla =		3.50 mt.
Velocidad de Ida =		2.30 km/h
Velocidad de vuelta =		4.50 km/h
Empuje de cuchilla =		1.30 m ³ /m ²
Capacidad de cuchilla =	$1.30 \times 3.50 \times 1.30$	5.92 m ³

Si el equipo de corte trabaja cuesta arriba, el volumen comparado con el rendimiento trabajado a nivel, disminuye en 3% por cada 1% que suba la pendiente o aumenta un 6% por cada 1% que baje la pendiente.

% Cuesta Arriba	3%
% Cuesta abajo	6%
Capacidad=	5.92 m ³
Factor por aumento de pendiente	0.18
Factor por disminución de pendiente	0.36

Capacidad de la cuchilla cuando sube una pendiente de 1%	5.92-0.18	5.74 m³
Capacidad de la cuchilla cuando baja una pendiente de 1%	0.18-0.36	6.28 m³

$$\text{Rendimiento del tractor: } V = \frac{C \cdot E \cdot 60}{T} \times F \cdot A$$

Donde:

V = Rendimiento en m³/h de suelo suelto

C = Capacidad de la cuchilla en m³ suelto

E = Eficiencia del tractor : 0.85

60 = número de minutos en 1 hr

F.A = Factor de abundamiento = 1.30

Capacidad de la cuchilla

Considerando la pendiente en el tramo de corte Est 0+000-0+600 (Jockey club-semáforos Puma), 0+000-0+400 (km 33 Las Flores, Masaya)

Pendiente del terreno según plano planta perfil =

$$(94.80 - 82.25) / 600 \quad \underline{\quad 2.05\%}$$

Pendiente de subrasante = 1.2%

Pendiente de trabajo = $(2.05 + 1.2) / 2 = 1.62\%$

Cortando material y acopiando en una distancia de trabajo de 50 mts en banco de materiales

Ciclo T : (d trab/ v ida)+ (d trab/ v vuelta)+ maniobra + ruteado

$$T = (0.05 \text{ km} / 2.3 \text{ km.hr}) + (0.05 \text{ km} / 4.5 \text{ km.hr}) + (45 \text{ seg} / 3600) \quad \underline{\quad 3.054 \text{ min}}$$

$$V = (6.28 \text{ m}^3 * 0.85 * 60) / 3.054 \text{ min} \quad \underline{104.87 \text{ m}^3}$$

Factor de corrección: Operador Bueno : 0.80

$$V = 104.87 \text{ m}^3 * 0.80 \quad 83.90 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Volumen de material de préstamo a cortar} \quad \underline{800.00 \text{ m}^3}$$

$$\text{Tempe efectivo de corte} = \quad 9.54 \text{ hr}$$

Se trasladó al banco un cargador frontal Caterpillar 928G, requerido para la carga del material selecto ya cortado por el tractor de orugas CAT D6T

$$\text{Capacidad del cucharón :} \quad 1.98 \text{ m}^3$$

Tiempo de carga + tiempo de maniobras + tiempo de viaje + tiempo de descarga = 0.5 min ciclo

Rendimiento : vol cucharón $\text{m}^3 * 60 \text{ min.h} / \text{ciclo de carga}$

$$R = 1.98 \text{ m}^3 * 60 \text{ min.h} / 0.5$$

$$\text{min} \quad 237.60 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Factor de correction

$$\text{Eficiencia del operador :} \quad 0.85$$

$$\text{Eficiencia del equipo :} \quad 0.8$$

$$\text{Rendimiento} = \quad 237.60 \text{ m}^3/\text{hr} * 0.85 * 0.80 \quad 161.57 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Acarreo de material selecto, camiones volquetes

Camiones Volquetes Hino, se realiza cálculo para el traslado de material selecto en banco de materiales, base triturada proveniente de Agrenic y mezcla asfáltica en caliente

1- acarreo de material selecto en banco de préstamo ubicado en la comunidad de Panaloya

	12.00
Capacidad =	m3
	40.00
Tiempo de descarga =	seg
	1.50
Tiempo de acomodo y vuelta =	min
Tiempo de carga = # ciclos * ciclo del cargador	
	18.00
Velocidad cargado =	km/h
Velocidad	22.00
vacio=	km/h
	20.30
Distancia de acarreo = $20+000 + 0+600/2$	km
Ciclo del camión volquete = t carga + t descarga + t acomodo y vuelta + recorrido (ida y vuelta)	
Ciclo para cargar camión volquete = $12 \text{ m}^3 / 1.98\text{m}^3$ (vol cucharon de cargador f)	6
	ciclos
	3.00
Tiempo de carga = $6 * 0.5$	min

Ciclo del camión = $(3 \text{ min}/60) + (40/3600) + (1.5/60) + (20\text{km}/18 \text{ km.h}) + (20\text{km}/22\text{km.h})$

Ciclo del camión = 2.11 hr 126.38 min

Rendimiento = $12 \text{ m}^3 / 2.11 \text{ hr}$ 5.69 m³/hr

Factor de corrección :

Eficiencia del operador: 0.85

Eficiencia del equipo: 0.9

Rendimiento = $5.69 \text{ m}^3.\text{h} * 0.90 * 0.85$ 4.35 m³/hr

Motoniveladora Caterpillar 140 H

Tender material selecto

Terraplen Est 0+000-0+600

Factor de abundamiento: 1.3

Espesor de capa máxima 0.20 mt.

Ancho de cuchilla: 4.20 mt.

No de capas : Mayor Espesor del tramo / Espesor de capa
propuesto 0.70mts / 0.20mts : 3.5

Espesor de trabajo: 0.70 mts / 3.5 2.00 mt.

Ancho de rodamiento a ampliar 3.50 mt.

No de pasadas = Ancho de rodamiento / ancho
de cuchilla 1.0

Volumen a procesar 800.00 m³

Volumen abundado : Volumen a procesar * factor 1040.00

de abundamiento	m ³
Tiempo de manobra=	8.00 min
V1=	2.00 km/h
V2=	2.50 km/h
V3=	3.50 km/h
V4=	4.50 km/h

Ciclo= $N \cdot L/v$	16.90 min
----------------------	-----------

Ciclo = 25.34 min + 8 min (maniobras)	24.90 min
--	-----------

	41.78
Rendimiento = Volumen promedio / Ciclo :	m ³ /hr

Factor de correccion

Eficiencia del operador	0.9
Eficiencia del Equipo:	0.8

	30.08
Rendimiento : $R \cdot E_o \cdot E_e$	m ³ /hr

Una vez tendido el material se procede a homogenizar o humedecer el material para su debido proceso, el cual se estará usando una cisterna International con capacidad de 2,000.00 galones

	1750.00
Peso volumetrico seco maximo =	kg/cm ²
Humedad optima=	20.40%
Humedad del material en banco =	15.7%
Distancia de trabajo =	200.00 mt.

Espesor de capa = 0.20 mt.
 Velocidad de regado = 40.00 km/h
 Velocidad de cargado del tramo de riego a la fuente de
 captación de agua= 30.00 km/h
 Tiempo de manobra= 2.00 min

Humedad necesaria = Humedad optima -

Humedad del material = 20.40-15.70 4.7%

Estacion de captacion = 18+000.00

Distancia de recorrido = Estacion de captacion -
 inicio del tramo 18.00 km

Cantidad de agua necesaria = (1750 kg/m³ *
 0.047) 82.85
 kg/m³
 5442.18

Capacidad de la cisterna de agua = 1500 gal m³

Volumen de regado = 5442.18 kg/82.25 kg/m³ 66.17 m³

Ancho de regado = 2.7

Ancho promedio= 13.33

No de pasadas = 13.33m/2.70m 5.00 veces

Longitud de regado = volumen / ancho* espesor de capa
 66.17 m³/ 13.33 * 0.175 28 mt.

Ciclo = (Dist ida / v. ida) + T. llenado + (dist llenado / v regado) * No.

Pasadas + (dist vacio / v vacio) + Maneobras

$$\text{Ciclo} = (10\text{km}/ 30\text{km.h}) + (25 \text{ min}/60\text{min.h})+ (0.028 \text{ m}/ 15) *5 \text{ pasadas} + \\
 (10\text{km} / 40) + 2 \text{ min} / 6 \text{ min.h}$$

Tiempo en horas: 1.04 hr

Tiempo en minutos:	62.56 min
	63.94
Rendimiento = (66.67 m ³ / 62.56 min) * 60min	m ³ /hr
Factor de correccion	
Eficiencia del operador :	0.85
Eficiencia del equipo :	0.7
Rendimiento : 6.94 m ³ /hr x 0.85 x 0.70	38.05 m ³ /hr
Procesar y Nivelar	
Ancho de terreno =	4 mt.
Ancho de cuchilla=	4 mt.
Tiempo de maniobras =	2.00 min
Tiempo de despedrar =	10.00 min
	1040.00
Volumen promedio =	m ³
Velocidad de escarificado =	2.00 km/h
No de pasadas =	0.95
Distancia de trabajo= Est. 0+000-0+600 (tramo Jockey club); 0+000-0+400 (tramo las flores)	600 mt.

El proceso se realiza con el método de abanicado.

- 1- Se escarifica el material en todo el ancho y se despedra con 4 ayudantes.
- 2- Se abanica el material a un lado, a la mitad del ancho de la carretera. Se riega la superficie de abajo y se detiene el material pasando 6 veces para

tenderlo, a medida que se hace esto los ayudantes despiedran una vez más el material que haya hecho falta de despiedrar.

3- Se abanica la otra parte y se hace de igual forma que la primera.

4- Una vez conformado se plancha el material, con 3 pasadas por lo menos.

Ancho de plancha = 2.3 mt.

Numero de pasadas = $4 \text{ mts} / 2.30 \text{ mts}$ 2

5- Se riega para nivelar y afinar

Tiempo de escarificado = $[(\text{No de pasadas} * \text{ distancia}) / \text{Velocidad}] +$
(tiempo de maniobra / 60 min/h)

Despedrado = 10.00 min

0.56

1)- $T \text{ de } E = (2 * 0.8 \text{ km}) / 2 \text{ km.h} + (4/60) =$ 2.07 hr

124.00 min

2) y 3) Ciclo = $[(\text{No de pasadas} * \text{ distancia}) / \text{velocidad}] + (\text{tiempo de maniobra} / 60 \text{ min.h})] * C/\text{lado} + \text{ tiempo de despedrado} + \text{ tiempo de regado}$

Ciclo = $(2 * 0.8) / 2 + (2/60) =$ 2.03 hr

122.00 min

4) Numero de pasada de ida = Numero de pasada de vuelta = No de pasadas por cubrir el ancho * N de pasada

6.00 vuelta

Ciclo = $[(\text{No de pasada} * \text{ dist} / \text{veloc}) + (\text{Tiempo de maneobra})]$

+ tiempo de regado 1.40 hr

84.00 min

Ciclo total = $\Sigma 1) \text{ al } 5) 124 \text{ min} + 122 \text{ min} + 84 \text{ min}$ 330.00 min

800m³/330

Rendimiento = min) * 60 145.45 m³/hr

min.h

Factor de correccion

Eficiencia del operador= 0.9

Eficiencia del equipo= 0.8

Rendimiento = $121.83 \text{ m}^3/\text{hr} * 0.9 * 0.8$ 104.73 m³/hr

COMPACTACION DE TRAMO

Ancho de rodo= 2 mt.

Ancho de trabajo = 4 mt.

Tiempo de maneobras = 3.00 min

Velocidad de ida = 3.00 km/h

Velocidad de vuelta = 2.50 km/h

Longitud de trabajo = 1000 mt.

Volumen = 800.00 m³

No de pasadas = 6

No de pasadas para cubrir el ancho = $3.6\text{m}/2.30$ 2

Ciclo [(No pasada ida + No pasada vuelta + No de pasada en tramo * distancia)/velocidad de ida)] + [(No de pasada de vuelta * No de pasada en todo el ancho * distancia)/velocidad de vuelta)(t maniobra/60)

Ciclo : $[(6*6*0.8 / 3) + ((6*6*0.8/2.5)) + (3/60)]$ 21.17 hr

1270.20 min

Rendimiento = $(800 \text{ m}^3 / 1270.20 \text{ min})*(60 \text{ min.h})$ 37.79 m³/hr

Factor de correccion

Eficiencia del operador = 0.85

Eficiencia del equipo = 0.85

Rendimento

27.30 m³/hr

8 CONCLUSIONES.

En conclusión, estimamos que el documento cumple con los requisitos para el cual fue realizado: Explicar detalladamente los procedimientos constructivos específicos utilizados en el tramo: **Revestimiento de Carretera Masaya – Granada, (Longitud: 1 Km), Tramo I: Intersección Las Flores Est.0+000-0+400, Tramo II Rotonda Jockey Club – Semáforos Colegio María Auxiliadora, Est. 0+000 – 0+600**, además de especificar en forma práctica como obtener los rendimientos de los equipos desde los cálculos, reflejando las cantidades de obras hasta la maquinaria a utilizar según el material o tipo de obra y las condiciones de trabajo. Por lo que los rendimientos obtenidos son los específicos para las condiciones y material de trabajo en el proyecto, ya que estos cambian según la circunstancia del trabajo.

El estudiante debe ser capaz de relacionar todos los factores aquí expuestos para determinar los rendimientos de los equipos en otras actividades similares.

Los ensayos realizados a los materiales, demuestran que son aptos para su empleo como agregados en bases estabilizadas.

Los valores de resistencia a la compresión de cilindros sometidos a ruptura revelan que solo los concretos utilizados en estructuras de las estaciones **(0+323 - 0+440) B/D**, se logra superar las resistencias esperadas a partir de las edades de 14 días pero presenta una ligera disminución a los 28, aun así, se logra superar la resistencia especificada de 3000 PSI, en el caso de los diseños de 3500 PSI, el comportamiento es muy variado y se presenta un curva de desarrollo de resistencia a la compresión muy diferente a la esperada, con valores muy por encima a los 28 días. Una vez expuestos los resultados de este estudio monográfico, con los cuales se logran los objetivos, se llega a las siguientes conclusiones:

Los ensayos realizados para las mezclas de asfalto en caliente revelan que presentan valores normales de densidades y vacíos dentro de los parámetros esperados.

Los valores de resistencia a la compresión de cubos de morteros sometidos a ruptura revelan que todas las mezclas utilizadas para mampostería superaran los valores esperados.

Los valores de resistencia a la compresión de briquetas sometidos a ruptura revelan que todos superaran los valores esperados, por lo tanto, se logró estabilizar la subbase y base las cuales constituyeron la estructura de rodamiento del pavimento.

9 RECOMENDACIONES.

Finalmente recomendamos a los estudiantes de ingeniería civil, y todo lector interesado por el contenido de la monografía, que verifique y compare en el campo los procedimientos constructivos aquí descritos.

A los docentes que, en las aulas de clases, en una de las materias relacionadas al tema, mencionen a los estudiantes las especificaciones constructivas del NIC-2000, para que estos se familiaricen con los conceptos de obras horizontales.

Con respecto a los rendimientos de los equipos, comparar con otros manuales los rendimientos que aquí se obtuvieron además de verificar los equipos faltantes, considerando los mismos factores de operación y procedimiento de igual forma, según la actividad que se realiza.

A los estudiantes, que visiten las empresas constructoras de obras horizontales, para tener un enfoque de la parte organizativa de dicha compañía, ya que desde ahí se lleva a cabo la obra.

Cabe señalar que los procedimientos constructivos de las etapas y actividades aquí descritos, tienen la información obtenida directamente en campo, explicada por los maestros de obras e ingenieros de la empresa, de gran experiencia en el desempeño de sus cargos.

En caso de que la información del documento presente su limitante, queremos señalar que existe poca documentación relacionada con el procedimiento constructivo empleado en carreteras.

10 BIBLIOGRAFÍA.

- Alfonso Montejo Fonseca. Ingeniería de pavimentos para carreteras (2001)
- Ing. Jorge Coronado Iturbide. Manual centroamericano para diseño de pavimentos (2002).
- AASHTO, (2006). Guide for Design of Pavement Structures.
- Ministerio de Transporte e Infraestructura, Especificaciones Generales Para la construcción de calles, puentes y caminos. (NIC2000).
- Ministerio de Transporte e Infraestructura, DCV (2016) (Asignación de trabajo del proyecto: (REVESTIMIENTO DE CARRETERA MASAYA – GRANADA Tramo: (MASAYA - GRANADA), (Longitud: 1 Km), Tramo I: Intersección Las Flores Est.0+000-0+400, Tramo II Rotonda Jockey Club – Semáforos Colegio María Auxiliadora, Est. 0+000 – 0+600).
- NIC-2000. Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes.

11 ANEXOS.



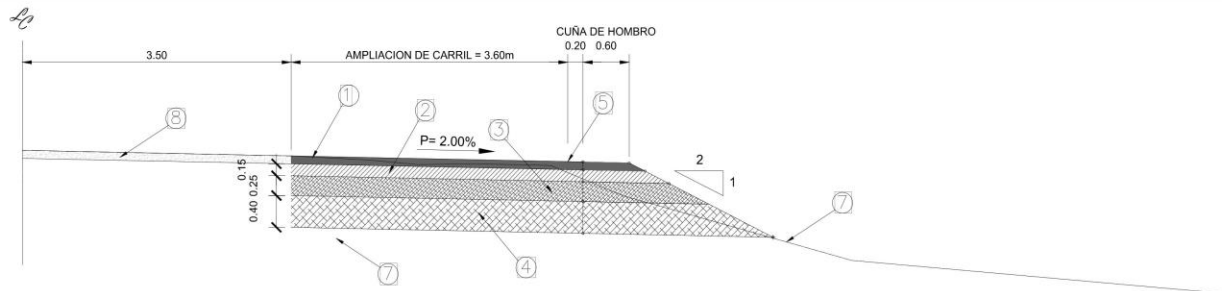


TABLA DE COSTO DE CONTROL Y CALIDAD.

PROYECTO: REVESTIMIENTO DE CARRETERA MASAYA
GRANADA ASIGNACION DE TRABAJO DEP 70-010-2016.

PROPUESTA INICIAL				
ENSAYES DE LABORATORIO	-	TOTAL PRUEBAS	PRECIOS UNITARIOS	PRECIO TOTAL
SUELOS				
TOMA DE MUESTRAS SONDEOS DE LINEA DE 1,5M DE PROFUNDIDAD	C/U	1	10.00 USD	10.00 USD
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	C/U	1	25.00 USD	25.00 USD
LÍMITE DE CONSISTENCIA	C/U	1	45.00 USD	45.00 USD
CLASIFICACIÓN HRB	C/U	1	10.00 USD	10.00 USD
HUMEDAD NATURAL	C/U	1	6.00 USD	6.00 USD
PROCTOR ESTANDAR	C/U	2	30.00 USD	60.00 USD
DENSIDADES CON DESIMETRO NUCLEAR	C/U	63	40.00 USD	2,520.00 USD
MUESTREO Y ELABORACION DE BRIQUETAS DE SUELO CEMENTO	C/U	6	25.00 USD	150.00 USD
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BRIQUETA SUELO CEMENTO	C/U	6	25.00 USD	150.00 USD

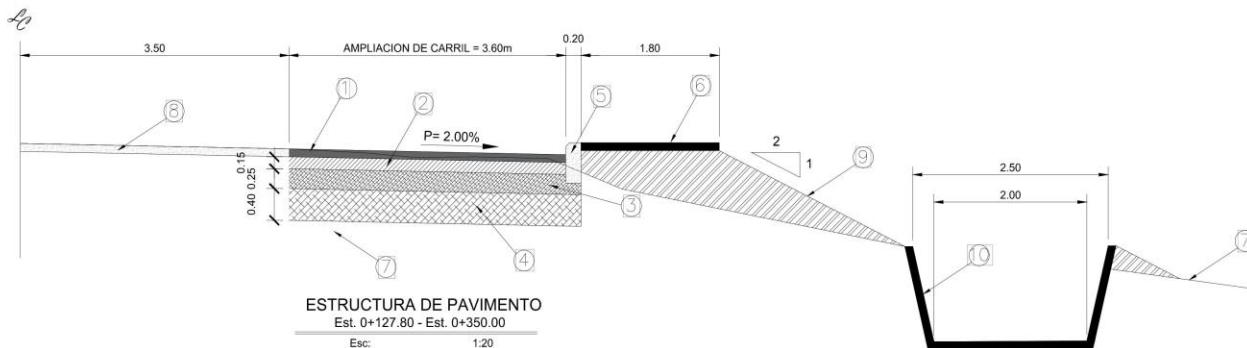
MORTERO				
PREPARACION DE MUESTRAS CUBICAS DE MORTERO	C/U	5	10.00 USD	50.00 USD
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CUBOS (50mm)	C/U	5	10.00 USD	50.00 USD
CONCRETO				
REVENIMIENTO DEL CONCRETO	C/U	9	4.00 USD	36.00 USD
MUESTREO Y ELABORACION	C/U	9	35.00 USD	315.00 USD
CURADO EN LABORATORIO	C/U	9	50.00 USD	450.00 USD
RESITENCIA A LA COMPRESION	C/U	9	20.00 USD	180.00 USD
ASFALTO EN CALIENTE				
MUESTREO DE MESCLA ASFALTICA	C/U	2	20.00 USD	40.00 USD
ELABORACION DE PASTILLA MARSHALL DE 4" (4 PASTILLAS)	C/U	2	45.00 USD	90.00 USD
ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL 4 ESPECIMENES DE 4"	C/U	2	100.00 USD	200.00 USD
			SUB TOTAL	4,057.00 USD
			IVA	608.55 USD
			TOTAL	4,665.55 USD



ESTRUCTURA DE PAVIMENTO
Est. 0+000.00 - Est. 0+127.80

Esc: 1:20

- ① Carpeta de Asfalto en Caliente e= 10 cm.
- ② Base de Agregados Triturados e= 15 cm.
- ③ Sub-Base de grava mejorado con cemento proporción 1:3 e= 25 cm.
- ④ Mejoramiento de Sub - Rasante con Material Selecto compactado al 100 % proctor standard e= 40cm.
- ⑤ Línea Blanca Continua de 15 cm de ancho.
- ⑥ Andén de Concreto de 3,000 psi, e=10cm.
- ⑦ Terreno Natural
- ⑧ Carpeta de rodamiento existente



ESTRUCTURA DE PAVIMENTO
Est. 0+127.80 - Est. 0+350.00

Esc: 1:20

- ① Carpeta de Asfalto en Caliente e= 10 cm.
- ② Base de Agregados Triturados e= 15 cm.
- ③ Sub-Base de grava mejorado con cemento proporción 1:3 e= 25 cm.
- ④ Mejoramiento de Sub - Rasante con Material Selecto compactado al 100 % proctor standard e= 40cm.
- ⑤ Bordillo de Concreto de 20 x 35 x 51 cm. resistencia 21 kg/cm²
- ⑥ Andén de Concreto de 3,000 psi, e=10cm.
- ⑦ Terreno Natural
- ⑧ Carpeta de rodamiento existente
- ⑨ Relleno de Material Selecto compactado al 100% Proctor.
- ⑩ Canal a Revestir con Mampostería Clase "A" Est. 0+143.531 - Est. 0+350.00



REPUBLICA DE NICARAGUA
MINISTERIO DE TRANSPORTE E
INFRAESTRUCTURA



PROYECTO: REVESTIMIENTO DE CARRETERA MASAYA - GRANADA
REVISADO POR: EMPRESA CONSTRUCTORA TRES



CONTENIDO: Plano de Sección Típica
Escala: Indicadas
FECHA: Mayo/2016

Levantó:
Revisó: Ing. William Pérez.
Aprobó:
Dibujo: Arq. Carlos Orozco.

HOJA
02
10