



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL.

AUTOR: CAPT.DE.E URBINA LLIVISACA RODRIGOJAVIER.

**TEMA: ESTUDIO, DISEÑO GEOMÉTRICO Y GEOTÉCNICO DE LA
VÍA QUE CONDUCE A LOS DEPÓSITOS CONJUNTOS DE
MUNICIONES " TAURA "**

DIRECTOR: Ing. ROMERO, PATRICIO

CODIRECTOR: Ing. ROJAS, FRANCO

SANGOLQUÍ, ENERO 2014

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. CAPT.DE.E URBINA LLIVISACA RODRIGO JAVIER como requerimiento parcial a la obtención del título de INGENIERO CIVIL.

03 de Enero del 2014

Ing. Patricio Romero .Msc

Docente de la Carrera de Ingeniería Civil

Director del Proyecto de Tesis

Ing. Franco Rojas .Msc

Docente de la Carrera de Ingeniería Civil

Codirector del Proyecto de Tesis

Ing. Patricio Romero .Msc

Director de la Carrera de Ingeniería Civil

AUTORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Sr. CAPT.DE.E URBINA LLIVISACA RODRIGO JAVIER, soy responsable de las ideas, doctrinas, resultados expuestos en la tesis, y todos los capítulos así como el patrimonio intelectual de la misma pertenece a la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe.

AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Yo, Sr. CAPT.DE.E URBINA LLIVISACA RODRIGO JAVIER, A través de este medio autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe para la publicación total del proyecto de tesis " ESTUDIO, DISEÑO GEOMÉTRICO Y GEOTECNICO DE LA VIA QUE CONDUCE A LOS DEPÓSITOS DE MUNICION CONJUNTA " TAURA "

DEDICATORIA

En primera instancia, Gracias por todo el amor, cariño y sacrificio brindado a mi esposa Laurita pilar fundamental de mi hogar ya que con su apoyo incondicional en los días y noches que tuve como alumno de la Carrera supo darme su apoyo incondicional para lograr este objetivo trazado, convirtiéndose en varias ocasiones padre y madre de mis hijas (Doménica y Mirelly).

A mis padres(Rosario y Medardo) y hermanos (Darwin, Andrés),familiares, amigos y compañeros de promoción que desde mi ingreso como cadete en la esmil han velado y estado pendientes de cada uno de mis pasos y avances dentro de mi vida.

Hoy al culminar mi formación en la Escuela Superior Politécnica del Ejército, no podía dejar de expresar mi gratitud y cariño a esta escuela que por medio de sus docentes me supieron impartir muchos conocimientos que serán de gran utilidad en mi vida profesional como oficial de este glorioso Ejército Ecuatoriano.

Este día al alcanzar mi título como Ingeniero Civil no puedo dejar de expresar mi respeto y agradecimiento a todas las personas que de una u otra forma son artífices de este nuevo logro profesional.

Capt.de.E. Rodrigo J. Urbina LL.

AGRADECIMIENTO

A Dios por concederme ese regalo tan preciado que es la vida, por darme cada uno de los seres que tengo a mi lado mi padre, mi madre mi esposa y mis hijas.

A cada uno de los docentes que durante mi formación dentro de la Carrera de Ingeniero Civil, supieron guiarme y transmitirme cada uno de sus conocimientos los cuales aplicare de hoy en adelante en el desarrollo de mi vida profesional dentro del Ejército Ecuatoriano.

Al Departamento de Ingeniería del CC.FF.AA, en la persona de mi Contralmirante Jaime Ayala Salcedo, Director, y a mi Capt. De. E Darwin Carrera que bajo su dirección y apoyo fue uno de los pilares para el desarrollo en primera instancia del perfil y luego de todo el proyecto de tesis. De igual forma mi eterno agradecimiento al Sr. Ing. Segundo Guanoliquín, gerente propietario de la empresa GEOSOIL, por su ayuda desinteresada en la ejecución de los estudios de suelos parte fundamental para el desarrollo del presente proyecto de tesis.

En la Espe, al Sr. Ing. Patricio Romero, Msc e Ing. Franco Rojas, Msc por su guía profesional en el desarrollo de todo el proyecto de tesis.

A todos mis compañeros y amigos en especial al Sr. Capt.de.Com. Nelson Prado; ya que durante los años que hemos compartido una amistad también se ha constituido en una pieza clave de este engranaje no solo durante mi permanencia como alumno en la Espe sino durante todas etapas de la carrera militar en las que hemos podido la oportunidad de militar.

Capt.de.E. Rodrigo J. Urbina LL.

INDICE GENERAL DE CONTENIDOS

<u>PORTADA</u>	<u>I</u>
<u>CERTIFICACIÓN</u>	<u>II</u>
<u>AUTORIA DE RESPONSABILIDAD</u>	<u>III</u>
<u>AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN</u>	<u>IV</u>
<u>DEDICATORIA</u>	<u>V</u>
<u>AGRADECIMIENTOS</u>	<u>VI</u>
<u>INDICE GENERAL DE CONTENIDOS</u>	<u>VII</u>
<u>INDICE DE TABLAS</u>	<u>XI</u>
<u>INDICE DE FIGURAS</u>	<u>XIII</u>
<u>RESUMEN</u>	<u>XVI</u>

CAPITULO I 2

INTRODUCCIÓN Y DATOS GENERALES DEL PROYECTO 2

1.1 ANTECEDENTES	2
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.	2
1.3 INTRODUCCIÓN AL PROYECTO.	4
1.4 FACTOR SOCIAL.	5
1.5 OBJETIVOS GENERALES	5
1.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
1.7 UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.	6

CAPITULO II

TOPOGRAFÍA GENERAL 8

2.1 CONSIDERACIONES BÁSICAS.	8
2.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.	9
2.2 INTRODUCCIÓN.	10
2.3 METODOLOGÍA DEL LEVANTAMIENTO.	12
2.4 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.	20

CAPÍTULO III 21

DISEÑO DE LA VIA 21

3.1 DEFINICIÓN DEL TRAZADO DE LA VÍA.	21
3.2 NORMAS DE DISEÑO GEOTÉCNICO A UTILIZARSE (NEVI-12).	22
3.3 ALINEAMIENTO HORIZONTAL.	24
3.3.1 VELOCIDAD DE DISEÑO.	25
3.3.2 RADIO MÍNIMO DE CURVATURA.	26
3.3.3 DISTANCIAS DE VISIBILIDAD DE PARADA Y DE DECISIÓN.	27
3.4 ALINEAMIENTO VERTICAL.	28
3.4.1 PENDIENTES.	29
3.4.2 CURVAS VERTICALES.	30
3.5 CÁLCULO DE CURVAS CIRCULARES.	34
3.6 TANGENTES INTERMEDIA MÍNIMAS ENTRE CURVAS CIRCULARES .	38

CAPÍTULO IV 41

ESTUDIOS DE SUELOS Y DISEÑO DE PAVIMENTOS 41

4.1 PROCESO DE TOMA Y TRANSPORTE DE MUESTRAS HACIA EL LABORATORIO.	41
4.1.1 GENERALIDADES.	41
4.1.2 TOMA DE MUESTRAS	42
4.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS SUELOS MEDIANTE ENSAYOS.	45
4.2.1 ENSAYOS DE GRANULOMETRÍA.	45
4.2.2 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE PLÁSTICO Y LIMITE LÍQUIDO.	48
4.2.3 CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS.	56
4.2.4 ENSAYO DE COMPACTACIÓN	58
4.2.5 ENSAYO CBR.	60
4.3 IDENTIFICAR LOS MATERIALES PARA LAS DIFERENTES CAPAS DEL PAVIMENTO.	70
4.3.1 SUB-BASE DE AGREGADOS	70
4.3.2 BASE DE AGREGADOS.	72
4.3.3 CARPETA ASFÁLTICA.	74
4.4 DISEÑO DEL PAVIMENTO.	74
4.4.1 TIPOS DE PAVIMENTOS.	75
4.4.2 CARGAS DE TRÁNSITO EN PAVIMENTOS	76
4.4.3 DATOS DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO REQUERIDOS EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS.	77
4.4.4 CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS	79
4.4.5 MATERIALES PARA CAPAS DEL PAVIMENTO	80
4.5 PAVIMENTOS FLEXIBLES.	80
4.6 PAVIMENTOS RÍGIDO.	108

CAPÍTULO V 137

ANÁLISIS DE PRECIOS REFERENCIAL Y VOLUMENES DE OBRA 137

6.1 DESCRIPCIÓN DE RUBROS.	137
6.2 PRESUPUESTO REFERENCIAL.	137

CAPÍTULO VI 139**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 139**

6.1 CONCLUSIONES	139
6.2 RECOMENDACIONES	140
MATERIALES DE REFERENCIA	141
BIBLIOGRAFÍA	141
ANEXOS	143
ANEXO " A " CÁLCULOS DE CURVAS VERTICALES Y VOLUMENES DE CORTE Y RELLENO.	144
ANEXO " B " CÁLCULOS DE CURVAS CIRCULARES.	155
ANEXO " C " TANGENTES INTERMEDIAS MÍNIMAS.	162
ANEXO " D " ENSAYOS DE GRANULOMETRÍA , LÍMITES PLÁSTICOS Y LÍMITES LÍQUIDOS.	163
ANEXO " E " ENSAYOS DE COMPACTACIÓN.	13
ANEXO " F " ENSAYOS CBR CALCULADOS	186
ANEXO " G " ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS	200

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 : PROCESO PARA LA EJECUCIÓN DE LA TOPOGRAFIA.....	9
Tabla 2 : Carta Topográfica del IGM Utilizadas como base de la Información.....	11
Tabla 3 : Tabla 2.A.202-01 Clasificación funcional de las vías en base al TPDA.....	22
Tabla 4 : Tasa de sobre elevación recomendada por la AASHTO.	25
Tabla 5 : Velocidades de Diseño y Radios de Curvatura.....	27
Tabla 6 : Distancias de visibilidad de parada y de decisión.....	28
Tabla 7 : Pendientes Máximas	29
Tabla 8 : Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa.	30
Tabla 9 : Índice para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava.	31
Tabla 10 : Cálculo de Curva Horizontal del Pc al Cc.....	36
Tabla 11 : Cálculo de Curva Horizontal del Pt al Cc.....	37
Tabla 12 : Valores de L y X para el Cálculo de la Tangente Intermedia Mínima.	39
Tabla 13 : Distribución Granulométrica	47
Tabla 14 : Tabulación de datos de la calicata Dm 300,00	55
Tabla 15 : Símbolos de grupo (SUCS)	57
Tabla 16 : Tipología de suelos (SUCS)	57
Tabla 17 : Datos para el cálculo de la densidad máxima y humedad óptima	59
Tabla 18 : Ensayo CBR Dm 300,00.....	67
Tabla 19 : Detalle de los Esponjamientos medidos en el CBR Dm 300,00.....	68
Tabla 20 : Granulometría de las Sub-bases Granulares.	71
Tabla 21 : Recomendaciones para uso de material de base.	73
Tabla 22 : Peso que pasa por tamices de malla cuadrada para Base Clase 3.....	73
Tabla 23 : Factor de Distribución por Carril.....	78
Tabla 24 : Resumen de los valores CBR obtenidos en el laboratorio en los ensayos....	83
Tabla 25 : Efecto de Sub-bases sin Tratar en el valor del módulo de reacción.	85
Tabla 26 : Correlación del CBR de laboratorio y CBR método PCA.....	86
Tabla 27 : Nacional de Pesos y Dimensiones: " Posibles combinaciones "	87
Tabla 28 : Tabla 6.4 Niveles de confiabilidad aconsejados por AASHTO.	88

Tabla 29 : Valores de Distribución de Trafico por sentido de Circulación.	93
Tabla 30 : Espesores y Módulos de Elasticidad para el Diseño de Pavimento Rígido.	102
Tabla 31 : Factor de esfuerzo para el modelo multicapa.	105
Tabla 32 : Hormigón - Clases y Usos.	111
Tabla 33 : Limitaciones- Agua para Hormigones	113
Tabla 34 : Materiales Pétreos- Graduación del Árido Grueso.....	115
Tabla 35 : Tasas y Factores de Crecimiento de Tráfico.....	119
Tabla 36 : MR Recomendados por la AASHTO.	121
Tabla 37 : Equivalent Stress- No Concrete Shoulder (Single Axie / Tandem Axie)..	122
Tabla 38 : Erosion Factors - Doweled Joints, No Concrete Shoulder (Single Axie / Tandem Axie).....	123
Tabla 39 : Equivalent Stress - Tridems (whitout Concrete Shoulder / whith Concrete Shoulder).....	123
Tabla 40 : Erosion Factors - Tridems - Doweled Joints.	124
Tabla 41 : Diseño de Pavimento Rígido.	132
Tabla 42 : Condiciones de Diseño de Pavimentos rígidos.....	133
Tabla 43 : Requisitos mínimos para pasadores en las juntas.	136

INDICE DE FIGURAS

Figura : 1 Ubicación de la Base Aérea de Taura (Tomada Google Earth)	6
Figura : 2 Esquema de la vía a diseñarse en el presente proyecto	7
Figura : 3 Vía existente en el límite de la Base Aérea de Taura	11
Figura : 4 Trazado Actual de la vía existente en la cual la imagen satelital muestra posibles acumulaciones de agua.....	12
Figura : 5 Detalle Fotográfico de la ejecución del Levantamiento Topográfico.....	15
Figura : 6 Descripción fotográfica y ubicación del GPS No 1	17
Figura : 7 Descripción fotográfica y ubicación del GPS No 2	18
Figura : 8 Descripción fotográfica y ubicación del GPS No 3	19
Figura : 9 Detalle topográfico obtenido.....	20
Figura : 10 Esquema de Camino Tipo C 2.....	23
Figura : 11 Esquema de curvas Verticales.....	31
Figura : 12 Esquema de una Curva Circular.....	35
Figura : 13 Esquema de la Tangente Intermedia Mínima.....	38
Figura : 14 Toma de muestra alterada en la abscisa Dm 300,00.	44
Figura : 15 Muestra inalterada tomada en la abscisa Dm 2.000,00.....	44
Figura : 16 Ensayos de granulometría de las muestras de suelo tomadas en Taura.	46
Figura : 17 Curva Granulométrica	48
Figura : 18 Paso No 1 para determinación del límite líquido.	50
Figura : 19 Paso No 2 para determinación del límite líquido.	51
Figura : 20 Paso No 3 para determinación del límite líquido.	51
Figura : 21 Paso No 4 para determinación del límite líquido.	52
Figura : 22 Paso No 6 para determinación del límite líquido.	52
Figura : 23 Paso No 1 para determinación del límite plástico.	53
Figura : 24 Paso No 2 para determinación del límite plástico.....	54
Figura : 25 Paso No 4 para determinación del límite plástico.....	55
Figura : 26 Determinación grafica del límite líquido	56
Figura : 27 Gráfico para la determinación de densidad máxima y humedad óptima	60

Figura : 28 Paso No 1 ensayo CBR	61
Figura : 29 Paso No 2 ensayo CBR	62
Figura : 30 Paso No 3 ensayo CBR	62
Figura : 31 Paso No 4 ensayo CBR	63
Figura : 32 Paso No 5 ensayo CBR	63
Figura : 33 Paso No 6 ensayo CBR	64
Figura : 34 Paso No 7 ensayo CBR	64
Figura : 35 Paso No 8 ensayo CBR	65
Figura : 36 Paso No 9 ensayo CBR	65
Figura : 37 Paso No 10 ensayo CBR	66
Figura : 38 Grafico presión vs penetración.....	69
Figura : 39 Grafico presión vs penetración.....	69
Figura : 40 Esquema de un pavimento flexible.	75
Figura : 41 Esquema de un pavimento rígido	75
Figura : 42 Figura Tránsito Fijo.....	76
Figura : 43 Tendido de Pavimento Flexible.....	80
Figura : 44 Ensayo Vial AASHTO.	82
Figura : 45 Grafico Módulo de reacción vs CBR	84
Figura : 46 Número de Ejes que se representan en planta del camión tipo de cálculo...92	
Figura : 47 Esquema de Diseño del Asfalto a Calcularse.....	95
Figura : 48 Cálculo del Número estructural propuesto por la AASHTO 93.	97
Figura : 49 Cálculo del Número Estructural de la Carpeta Asfáltica.	98
Figura : 50 Cálculo del Número Estructural de la Base.	98
Figura : 51 Cálculo del Número Estructural de la Base.	99
Figura : 52 Resultados de los cálculos efectuados.....	101
Figura : 53 Esquema de Cálculo del Modelo Boussinesq.	102
Figura : 54 Figura 7.10 Factor de esfuerzos de compresión vertical ZZ1.	103
Figura : 55 Figura 7.26 Factor de esfuerzos de compresión vertical ZZ2.	104
Figura : 56 Grafico de A vs σ_{r1}	106
Figura : 57 Pavimento Rígido.....	108
Figura : 58 Porcentaje de Fatiga para Eje Simple.....	126
Figura : 59 Porcentaje de Erosión para Eje Simple	127

Figura : 60 Porcentaje de Fatiga para Eje Tridem	128
Figura : 61 Porcentaje de Erosión para Eje Tridem.....	129
Figura : 62 Porcentaje de Fatiga para Eje Tandem.....	130
Figura : 63 Tipos de Juntas en Losas	134
Figura : 64 juntas Transversales de contracción.....	135
Figura : 65 Esquema de Diseño del Pavimento Rígido.	136

RESUMEN

El presente documento contiene el " ESTUDIO, DISEÑO GEOMÉTRICO Y GEOTÉCNICO DE LA VIA QUE CONDUCE AL DEPÓSITO CONJUNTO DE MUNICIONES " TAURA ", ubicado en las instalaciones de la Base Aérea de Taura, ubicado en la Provincia del Guayas, Cantón Naranjal de la Parroquia de Taura. Para satisfacer el requerimiento del COMANDO CONJUNTO DE LAS FUERZAS ARMADAS, se realizó un estudio de la funcionalidad que tendrá la mencionada vía tanto para el apoyo al desenvolvimiento normal de las labores en la Base Aérea de Taura, así como también en cuanto para su uso en Operaciones Militares. La red vial interna de la Base cuenta con diseños horizontales y verticales definitivos respetando las diferentes normas del M.T.O.P, lo cual nos permitió tomar como premisa los diseños ya existentes, los estudios de suelos realizados para poder tomar una decisión correcta y acorde con todos los requerimientos.

PALABRAS CLAVES:

- Flexible.
- Rígido.
- AASHTO.
- Presupuesto.
- normas.

ABSTRACT

This document contains the " STUDY, GEOMETRIC DESIGN AND GEOTECHNICAL WAY LEADING TO SET AMMUNITION DEPOT "TAURA", located on the premises of the Taura Air Base, located in the Guayas Province, Canton Naranjal of the Parish of Taura. To meet the requirement of COMMAND OF THE ARMED FORCES haw, a study of the functionality that the above procedure will both support the normal development of the work in the Taura Air Base, as well as for use in Military Operations.

The internal road network Base has horizontal and vertical designs definitive respecting different M.T.O.P standards, which allowed us to take as a premise the existing designs, soil studies conducted in order to make a correct decision and in accordance with all requirements.

KEYWORDS :

- Flexible.
- Rígid.
- AASHTO.
- Budget.
- standars.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN Y DATOS GENERALES DEL PROYECTO

1.1 Antecedentes

La vial interna actual de la Base de Taura cuenta con diseños horizontales y verticales definitivos, respetando las diferentes normas vigentes del MTOP, dentro de este contexto se toma como premisa este particular y en la actualidad el presente documento toma base la norma NEVI-12, propuesta por el Ministerio de Transportes y Obras Públicas en el año 2013.

Todas las longitudes que figuren en los documentos y planos de un Estudio Vial se expresan en metros (m), centímetros (cm) o milímetros (mm), según sea la especialidad de que se trate, debiendo cada cifra estar acompañada de la unidad que le corresponda, o bien si se trata de un plano, incluir una nota destacada que indique, por ejemplo, " DIMENSIONES EN MILÍMETROS(mm), SALVO INDICACION EXPRESA EN CONTRARIO".

En los documentos y planos relativos a trazados en planta y elevación, así como toda vez que deba hacer referencia a una cierta distancia acumulada referida a un cierto origen, a la cifra correspondiente se le antepondrá la sigla " Dm " (Abscisa), correspondiente al concepto " Distancia Acumulada en metros ".

Consecuentemente, se abandona a partir de la fecha de entrada en vigencia de este Volumen del NEVI-12, el concepto de Kilometraje y su unidad el Kilómetro, reemplazándolas por el concepto de Distancia Acumulada y su notación en los

diseños para vías en el Ecuador " Dm " (Abscisa), como se indica en el siguiente ejemplo: (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2012, Volumen 2, Libro A)

- ♣ Km 252,324,843 (Notación Antigua)
- ♣ **Dm 252.324,843 (Nueva Notación)**
- ♣ Km 252+324,843 (Abscisa)

Para satisfacer los requerimientos del Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas, se investiga la necesidad e importancia en la que radica la ejecución del estudio y diseño geométrico y geotécnico de la vía que conducirá a los Depósitos de Munición Conjunta " Taura " , como parte del "PROYECTO DE PROTECCIÓN A LA POBLACIÓN CIVIL EN EL ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE MUNICIONES Y EXPLOSIVOS DE LAS FUERZAS ARMADAS".

Se toma como premisa que la infraestructura vial incide mucho en la economía de un país y específicamente sí la vía en mención se constituye en un factor de importancia dentro de la Seguridad Nacional del Estado, por lo que se hace necesario se tomen en cuenta todos los parámetros que pueden incidir favorable o desfavorablemente en la ejecución del proyecto. Por otra parte se debe tomar en cuenta también el alto costo de inversión, construcción, mantenimiento y/o rehabilitación que demandaría el incorrecto estudio y diseño de la vía.

Dentro del contexto del diseño de pavimentos se acepta que el dimensionamiento de estas estructuras permite establecer las características de los materiales de las distintas capas del pavimento y sus respectivos espesores, de tal

forma que el pavimento mantenga un nivel de servicio aceptable durante la vida de servicio estimada.

En general se pueden anotar dos clases de estructuras de pavimento: flexibles y rígidos; la principal diferencia entre estos es la forma como se reparten las cargas. Desde el punto de vista de diseño, los pavimentos flexibles se forman de una serie de capas y la distribución de la carga está determinada por las características propias del sistema de capas.

Los pavimentos rígidos tienen un gran módulo de elasticidad y distribuyen las cargas sobre un área grande, la consideración más importante es la resistencia estructural del hormigón asfáltico y el material que lo conforman.

1.2 Justificación del Proyecto.

EL COMANDO CONJUNTO DE LAS FUERZAS ARMADAS, empeñado en la seguridad de la población civil se encuentra ejecutando el "PROYECTO DE PROTECCIÓN A LA POBLACIÓN CIVIL EN EL ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE MUNICIONES Y EXPLOSIVOS DE LAS FUERZAS ARMADAS", ya que si nos adentramos en la historia del país podemos citar dos de los acontecimientos más importantes que recuerda nuestro país en cuanto a lo que tiene que ver con la explosión de bodegas de armas de las unidades militares.

La primera es la ocurrida el 08 de Julio de 1997 en la parroquia Amaguaña, cantón Quito sector la Balvina cuando se produjo el estallido de la bodega de armamento y munición pertenecientes al Batallón de Ingenieros No 69

"CHIMBORAZO ", mismo hecho que dejó tres fallecidos y 190 heridos del extracto de la noticia se pudo rescatar que la explosión se produjo cuando un grupo de militares se encontraba llevando explosivos desde la bodega hasta un camión que se encontraba en las afueras de la bodega antes mencionada.(DIARIO " EL COMERCIO", 1997).

El segundo hecho importante que todavía se encuentra sin lugar a dudas en la retina de los ecuatorianos es la explosión que se suscitó en la Brigada de Caballería Blindada No 11 " Galápagos", ubicada en la ciudad de Riobamba que causó siete muertos y 650 heridos(DIARIO HOY, 2002). Por lo expuesto con anterioridad se ve claramente la necesidad de la construcción de Depósitos de Munición que se encuentren alejados de la población civil, tratando de minimizar los efectos que se puedan producir en el caso de que se llegue a presentar otro caso como los dos antes mencionados y dentro de este proyecto que ya se encuentra en ejecución se hace indispensable también la ejecución de estudios y diseño de las vías que conduzcan hasta los depósitos lo cual facilite la ejecución de las Operaciones Militares.

La Topografía del lugar designado para el proyecto resulta de vital importancia debido a que como es de conocimiento en nuestra costa ecuatoriana el principal problema que se tiene es el desborde de los ríos por efectos del invierno lo cual debe ser analizado minuciosamente antes de proponer el Diseño Final.

El proyecto en sí se dividirá en dos partes fundamentales, la primera es la elaboración de Estudios de suelos, Topografía, cauce de ríos del sector del proyecto, estudios pluviométricos, vías de acceso existentes, localización de

posibles minas para extracción u transporte de material pétreo con lo cual se reunirá todas las necesidades de la vía a diseñar en forma organizada y planificada, y la segunda es el diseño de la vial propiamente dicha la cual tiene que proporcionar la seguridad y confortabilidad a todos sus usuarios sean estos civiles o militares.

1.3 Introducción al Proyecto.

En el contexto del país, los conflictos armados primero en la década de los 40 hasta luego la guerra en el año 1995 con el vecino país del sur, y la defensa de la frontera norte de los Grupos Ilegales Armados, hacen factible la necesidad de seguir manteniendo a las Fuerzas Armadas perfectamente entrenadas; es por esto que se efectúa un esfuerzo administrativo, bélico, y logístico para suplir las necesidades de una guerra en el caso de presentarse cualquier tipo de conflicto.

Cada país, cada ciudadano y el desarrollo del mismo avanza de la mano con sus necesidades de defenderse de las amenazas que se le presentan, pero sin descuidar por ningún concepto a la población civil. Esta necesidad da paso para que el Gobierno tome en cuenta los acontecimientos de explosión ocurridos en la Balbina y en Riobamba y a través del COMANDO CONJUNTO DE LAS FUERZAS ARMADAS, construir los Depósitos Conjuntos de Munición y Explosivos de las Fuerzas Armadas con sus respectivas vías de acceso y aproximación.

1.4 Factor Social.

El Gobierno Constitucional tiene la preocupación constante de dar protección a la comunidad ecuatoriana ante las distintas amenazas sea esta proveniente de países vecinos o de grupos insurgentes, ya que también se constituye un problema el incremento del número de desplazados y refugiados.

La construcción de la vía objeto de la presente investigación se constituye en un aspecto social de vital importancia, ya que su diseño debe tomar en cuenta que satisfacer la seguridad militar como primer punto y paralelamente constituirse en lugares seguros y alejados para la población civil evitando los riesgos ocasionados por una explosión en el caso de que suceda.

1.5 Objetivos Generales

1. Ejecutar los estudios, análisis y diseño geométrico y geotécnico de la vía que conduzca a los depósitos de munición conjunta de las Fuerzas Armadas en la base Aérea de Taura.
2. Aportar al cumplimiento del "PROYECTO DE PROTECCIÓN A LA POBLACIÓN CIVIL EN EL ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE MUNICIONES Y EXPLOSIVOS DE LAS FUERZAS ARMADAS".

1.6 Objetivos Específicos

1. Realizar el Levantamiento Topográfico del terreno donde se ejecutará el proyecto.
2. Realizar el diseño Horizontal y Vertical de la red vial.
3. Realizar los estudios geotécnicos para el diseño de pavimento de la vía.
4. Realizar el diseño y recomendación sobre el pavimento a usarse.
5. Realizar el presupuesto referencial final del costo de construcción de la vía.

1.7 Ubicación y Localización del Proyecto.

El Proyecto en su fase de ejecución toma las instalaciones de la Base Aérea de Taura, ubicado en la Provincia del Guayas, Cantón Naranjal de la Parroquia de Taura.



**Figura :1 Ubicación de la Base Aérea de Taura (Tomada Google Earth)
Elaborado por: Capt. Javier Urbina LL**

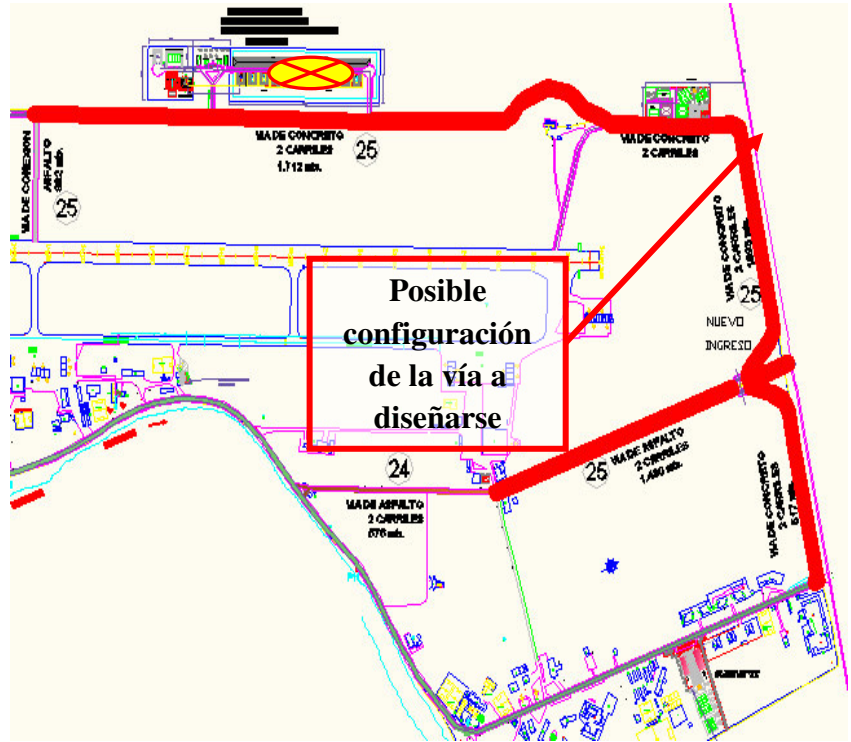


Figura :2 Esquema de la vía a diseñarse en el presente proyecto
Elaborado por: Capt. Javier Urbina LL

CAPITULO II

TOPOGRAFÍA GENERAL

2.1 Consideraciones Básicas.

En todo proyecto de ingeniería el levantamiento topográfico constituye el punto de partida antes de la ejecución de cualquier tipo de trabajo, ya que proporciona datos claros y reales del sitio de la ejecución del proyecto tanto en forma planimétrica como en elevación.

Para definir el trazado preliminar del camino se requiere de un levantamiento topográfico, ya que utilizando los medios convencionales terrestres o empleando aerofotogrametría y las computadoras electrónicas, método a cual se ha llamado aerofotogramétrico-electrónico. Para elegir el procedimiento a emplearse para un proyecto determinado se toma en cuenta como factores determinantes: la vegetación, el clima, la accesibilidad a la zona, el plazo de ejecución y los costos comparativos.(Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012,Volumen 1)

Por lo general en los trabajos de topografía de necesitan seguir los siguientes parámetros como base para garantizar que los resultados finales sean correctos:

Tabla 1 : PROCESO PARA LA EJECUCIÓN DE LA TOPOGRAFIA
Elaborado por: Capt Javier Urbina LL

TRABAJOS DE PLANIFICACION	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Equipo Topográfico a utilizarse (ESTACIÓN TOTAL SOKIA, con PRISMAS PARA TOMA DE DATOS). ❖ Personal para trabajo de campo(CADENEROS). ❖ Selección de material de Apoyo (CINTA METRICA, ESTACAS, PINTURA, CLAVOS, CHALECOS REFLECTIVOS, MACHETES). ❖ Disponibilidad de transporte. ❖ Visita de campo al sitio del proyecto.
TRABAJOS DE CAMPO	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Colocación de puntos de referencia. ❖ Medición de ancho de vía existente. ❖ Ubicación de estaciones. ❖ Levantamiento de la faja para la vía a diseñarse. ❖ Ubicación de puntos de referencia IGM.
TRABAJOS DE GABINETE	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Importar datos de la Estación Sokia. ❖ Procesamiento de datos con la ayuda de un computador y el software respectivo. ❖ Dibujo del plano en AUTOCAD con los datos obtenidos

2.1 Levantamiento Topográfico.

El levantamiento topográfico debe incluir aquellos trabajos de campo que comprendan el alineamiento y planimetría, necesarios para establecer una faja suficientemente ancha para permitir proyectar en la oficina la línea definitiva.(Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012,Volumen 1).

En términos generales todo levantamiento se hace con precisiones ya establecidas, aunque existen circunstancias que propiamente por las condiciones del lugar de empleo se suelen tomar decisiones con la finalidad de aligerar el trabajo pero sin alterar los resultados finales que se van a presentar ya que la precisión de los resultados son directamente proporcionales a la habilidad del operador.

2.2 Introducción.

Para llegar a definir cualquier intento de pre diseño de la posible configuración tanto horizontal como vertical de la vía, se debe tomar como base el levantamiento topográfico de la zona. Según los requerimientos del proyecto que se maneja en el interior de las Fuerzas Armadas, la idea principal es el aprovechamiento de una vía de segundo orden que existe al contorno de la malla que al momento constituye en el límite de la Base Área, por lo que dentro de la faja propuesta para el levantamiento se contempla esta vía. **(Ver¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Como material de apoyo en nuestro estudio se adquirieron y utilizaron las siguientes cartas topográficas en el Instituto Geográfico Militar (IGM):



**Figura :3 Vía existente en el límite de la Base Aérea de Taura.
Elaboradopor :Capt Javier Urbina LL**

Tabla 2 : Carta Topográfica del IGM Utilizadas como base de la Información.

Elaborado por: Capt Javier Urbina LL

ORD	NOMBRE	CÓDIGO	ESCALA
1	Pedro J. Montero	CT-NV-A4	1:50000

De la información inicial observada en las cartas se determina que la posible ubicación de la vía a diseñarse va a presentar inconvenientes, más por el sentido de la inundación que se puede presentar en el sector debido a que su topografía es plana según las curvas de nivel existentes en la carta y que por datos históricos el Rio BULUBULU, en época de lluvia puede salirse de su cauce,

ocasionado problemas en el uso de la vía si no se toman los correctivos necesarios durante la fase de diseño.



**Figura :4 Trazado Actual de la vía existente en la cual la imagen satelital muestra posibles acumulaciones de agua.
Elaborado por: Capt Javier Urbina LL**

2.3 Metodología del Levantamiento.

Como punto de partida en el sector de Taura se realiza a la inspección física de la vía existente y se toma en cuenta los planos de diseño de los polvorines proporcionados por el Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas, de los cuales se extrajo como información preponderante la ubicación exacta tanto de las bodegas de munición, áreas administrativas y talleres que funcionarán dentro del proyecto.

Si se toma como premisa lo anotado se procede al recorrido de las instalaciones en la cual se pudo constatar que la vía observada en la imagen satelital mostrada anteriormente se encuentra en funcionamiento con las siguientes

dimensiones : 3,20 mts de ancho y Dm 6250.000,00 de longitud aproximadamente (VeriError! No se encuentra el origen de la referencia.La vía en mención tiene una capa de material granular de relleno cuya profundidad se verificará una vez se ejecuten los estudios de suelos posteriores. Al momento esta vía es utilizada por el personal de seguridad física de la Base para la ejecución de patrullajes vehiculares.

Según lo observado y expuesto por el personal de Fuerza Aérea el objetivo principal es el mejoramiento y ampliación de la vía existente; ya que esto permite una comunicación directa rápida y segura con la ubicación actual de la Base Aérea de Taura y los polvorines que entrarán en funcionamiento posteriormente.

Inicialmente se toma como base del levantamiento topográfico con la configuración actual de la vía existente pero también se toma en cuenta que su faja debe ser ampliada para permitir el aumento de la vía como mínimo a dos carriles, ya que el uso principal de la vía será de camiones que transporten munición desde los polvorines hasta cualquier lugar de empleo en guerra y viceversa.

Para poder enlazar los datos tomados con la estación y dejarlos georeferenciados y continuar el trabajo se escoge una base de coordenadas conocidas y se realiza el enlace de las coordenadas U.T.M - WGS 84de la red universal con unGPS de precisión, por lo tanto, se utiliza un sistema de coordenadas planas como Norte, Este y Cota a partir de la base inicial, que se encuentra ubicada en la parte lateral de la Pista Aérea de Taurasiendo un Hito de control horizontal y vertical (HITO #2), con las coordenadas U.T.M. de la base se procedió a realizar el enlace de 3 puntos de control horizontal, vertical y altura ubicados en sitios estratégicos para

realizar la georeferenciación del levantamiento topográfico en la diferentes zonas de proyecto tales como zona administrativa, vía perimetral Dm 000,000 hasta Dm 6250,000.

Durante el proceso de toma de datos se ubica la estación en lugares en los cuales permita tomar la mayor cantidad de puntos, y luego se realizan cambios de estación a conveniencia de acuerdo a las circunstancias que se presenten durante el trabajo. Luego los datos se enlazaran mediante GPS, según se expone en el numeral 2A.301 " Ingeniería Básica para Estudios Viales-Aspectos Geodésicos y Topográficos", la referenciación de los estudios viales deberá estar ligada a un Vértice Geodésico GPS de la red materializada por el Instituto Geográfico Militar (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2013), estos puntos se encuentran ubicados tanto en la cabecera como al final de la pista de aterrizaje.

El detalle fotográfico de la ejecución de este procedimiento se muestra a continuación.



**Figura :5 Detalle Fotográfico de la ejecución del Levantamiento Topográfico.
Elaborado por: Capt Javier Urbina LL**

**COORDENADAS DE LA BASE DE CONTROL PARA ENLACE Y
COLOCACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL.**

MONOGRAFÍA DE CONTROL HORIZONTAL Y VERTICAL

HITO # 2

NORTE: 9'750145.435

ESTE: 647077.670

COTA: 10.465

LATITUD: 02°15'35.62"S

LONGITUD: 79°40'38.45"W

ZONA: 17



MONOGRAFÍA DE CONTROL HORIZONTAL Y VERTICAL

PROYECTO:

PUNTO DE CONTROL GEODÉSICO

PROVINCIA:	CANTÓN:	PARROQUIA:	SITIO:
GUAYAS	TAURA	VIRGEN DE FÁTIMA	

GridScale:	Conv: -	VÉRTICE:	FECHA:	ORDEN:
0.99987278	0 03 08.58789	GPS-1	29-ago-13	3

E:	648443.489	N:	9751394.949	LAT:	2° 14' 54.89652" S	LONG:	78° 39' 54.27347"
----	------------	----	-------------	------	-----------------------	-------	-------------------

PROY.:	UTM	DATUM:	WGS84	COORD:	OBSERVADA	ALTURA:	11.832	0
--------	-----	--------	-------	--------	-----------	---------	--------	---

FOTOGRAFÍAS

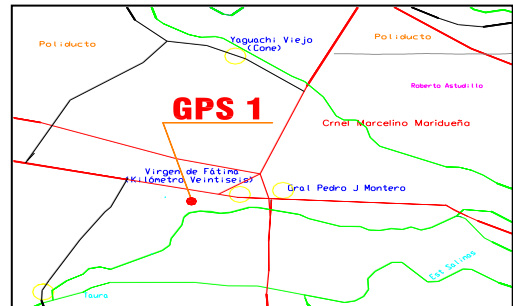


Figura :6 Descripción fotográfica y ubicación del GPS No 1
Elaborado por: Capt. Javier Urbina LL.

OBSERVACIONES:

SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS) EQUIPO ASHTECH LOCUS (SOKKIA)

MONOGRAFÍA DE CONTROL HORIZONTAL Y VERTICAL

PROYECTO:

PUNTO DE CONTROL GEODÉSICO

PROVINCIA :	CANTÓN :	PARROQUIA :	SITIO:
GUAYAS	TAURA	VIRGEN DE FÁTIMA	

GridScale:	Conv: -	VÉRTICE:	FECHA :	ORDEN :
0.99986814	0 03 06.79019	GPS-2	29-ago-13	3

E:	647176.39 9	N:	9751645.346	LAT:	2° 14' 46.78087" S	LONG:	78° 40' 35.29435" W
-----------	----------------	-----------	-------------	-------------	--------------------	--------------	---------------------------

PROY.:	UTM	DATUM:	WGS84	COORD :	OBSERVADA	ALTURA :	9.690 0
---------------	-----	---------------	-------	-------------------	-----------	--------------------	---------

FOTOGRAFÍA

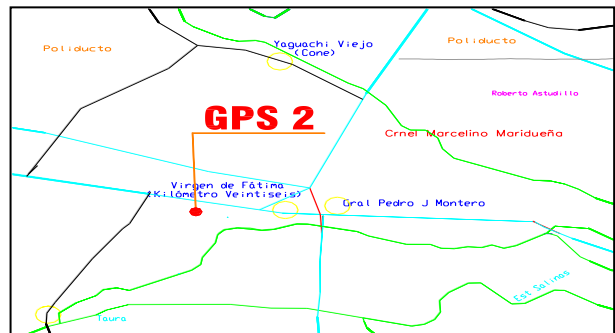


Figura :7 Descripción fotográfica y ubicación del GPS No 2

Elaborado por: Capt. Javier Urbina LL.

OBSERVACIONES:SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS) EQUIPO ASHTECH LOCUS (SOKKIA)

MONOGRAFÍA DE CONTROL HORIZONTAL Y VERTICAL

PROYECTO:

PUNTO DE CONTROL GEODÉSICO

PROVINCIA :	CANTÓN :	PARROQUIA :	SITIO:
GUAYAS	TAURA	VIRGEN DE FÁTIMA	

GridScale:	Conv: -	VÉRTICE:	FECHA :	ORDEN :
0.9998658	0 03 08.60748	GPS-3	29-ago-13	3

E:	646532.47 2	N:	9748131.090	LAT:	2° 16' 41.22802" S	LONG:	78° 40' 56.03391" W
-----------	----------------	-----------	-------------	-------------	-----------------------	--------------	---------------------------

PROY.:	UTM	DATUM:	WGS84	COORD :	OBSERVADA	ALTURA :	9.306
---------------	-----	---------------	-------	-------------------	-----------	--------------------	-------

DESCRIPCIÓN FOTOGRAFÍCA

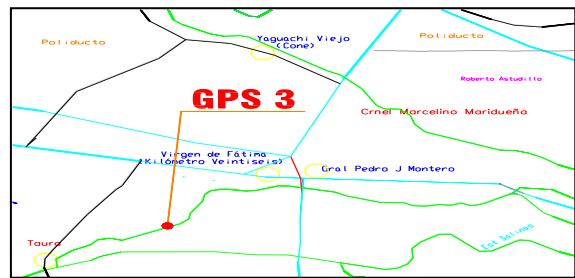


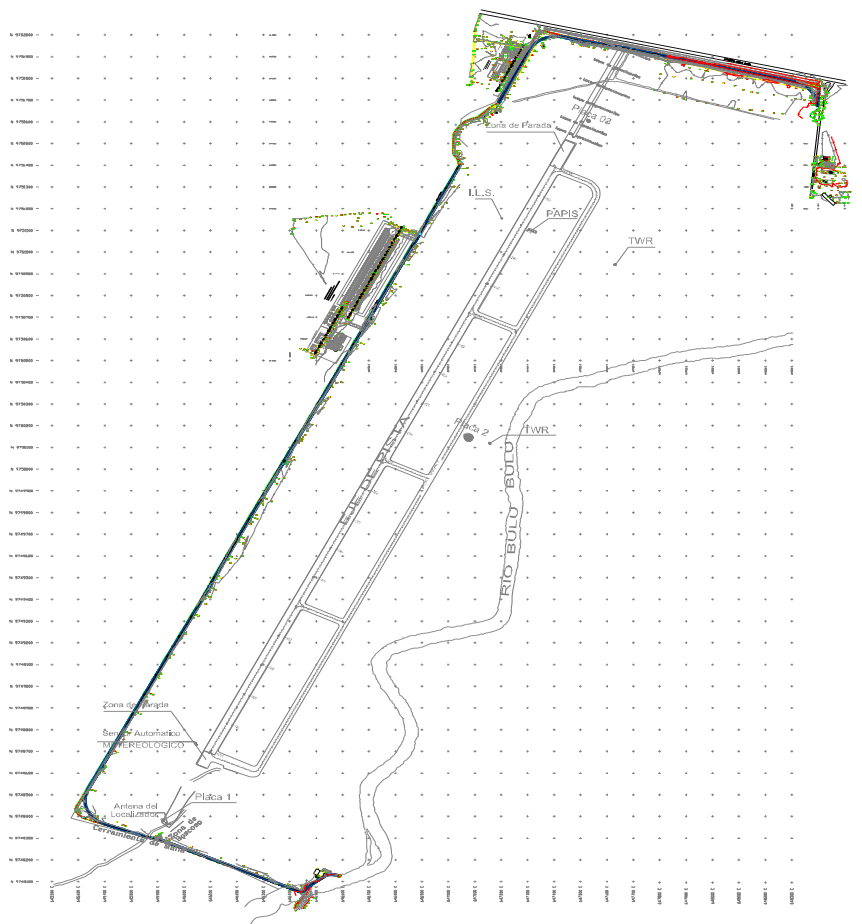
Figura :8 Descripción fotográfica y ubicación del GPS No 3
Elaborado por: Capt. Javier Urbina LL.

OBSERVACIONES:

SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS) EQUIPO ASHTECH LOCUS (SOKKIA)

2.4 Procesamiento de la Información.

Una vez concluida la fase de campo y con la ayuda de dos programas de computación LAND DESKTOP Y AUTOCAD, se ejecutó la modelación y edición del modelo tridimensional del terreno levantado a fin de obtener el dibujo final de la faja topográfica requerida así como de los principales puntos referenciales y características que se puedan identificar.



**Figura :9 Detalle topográfico obtenido.
Elaborado por: Capt Javier Urbina LL**

CAPÍTULO III

DISEÑO DE LA VIA

3.1 Definición del Trazado de la Vía.

Antes de cualquier diseño vial, se deben tomar en cuenta las políticas, criterios, procedimientos y métodos para el desarrollo de los estudios para proyectos viales con una base de información amplia y confiable, referente a los diversos temas técnicos y criterios viales que conforman la realidad geopolítica de la zona de cruce del proyecto, para establecer la ruta y el trazado más conveniente para el desarrollo zonal y nacional, relacionado con aspectos tales como : facilidades de movilidad, el riesgo sísmico local, la seguridad vial, estabilidad de taludes y la clasificación y tipología de la ruta. La aplicabilidad de la NEVI-12, deberá ser observada por proyectistas, constructores y por cualquier persona o entidad que desarrolle estudios y trabajos para el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO).

En el diseño de las carreteras se deben tener en cuenta también las características de operación de los vehículos, que son diferentes según los diversos tamaños y pesos de los mismos, y permiten formar con ellos varias clases. La cantidad relativa de las diferentes clases de vehículos en el tránsito total es lo que se llama composición del tránsito.(Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2013).

3.2 Normas de Diseño geotécnico a Utilizarse (NEVI-12).

Según se expone en el numeral 2 A.301 " Ingeniería Básica para estudios Viales Aspectos Geodésicos y Topográficos", la referenciación de los estudios viales deberá estar ligada a un Vértice Geodésico GPS de la red materializada por el Instituto Geográfico Militar, lo cual se da estricto cumplimiento según detalle presentado en la Capitulo II del presente documento.

Para normalizar, la estructura de la red vial del país de este siglo, se ha clasificado a las carreteras de acuerdo al volumen de tráfico que procesa o que se estima procesará en el año horizonte o de diseño. La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Tabla 3 : Tabla 2.A.202-01 Clasificación funcional de las vías en base al TPDA.

Elaborado por: Tomado de Norma para Diseño Vial, Volumen 2 Libro A, Quito 2013, pp. 64

CLASIFICACION FUNCIONAL DE LAS VIAS EN BASE AL TPDA d			
Descripción	Clasificación Funcional	Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA d) al año de horizonte.	
Autopista	AP2	80000	120000
	AP1	50000	80000
Autovía o Carretera Multicarril	AV2	26000	50000
	AV1	8000	26000
Carretera de 2 Carriles	C1	1000	8000
	C2	500	1000
	C3	0	500

- ♣ C_1 = Equivale a carretera de mediana capacidad.
- ♣ C_2 = Equivale a carretera convencional básica y camino básico.
- ♣ C_3 = Camino agrícola / forestal.

Se define como años de operación (n); al tiempo comprendido desde la inauguración del proyecto hasta el término de su vida útil, teniendo las siguientes consideraciones:

- | | | | |
|---|---|---|----------|
| ♣ Proyectos de rehabilitación y mejoras | n | = | 20 años. |
| ♣ Proyectos especiales de nuevas vías | n | = | 30 años. |
| ♣ Mega Proyectos Nacionales | n | = | 50 años. |

Por lo expuesto y tomando en cuenta la funcionalidad de las vías y su uso para este caso se tomará una carretera equivalente a carretera convencional básica y camino básico tipo C_2 según la figura que se presenta a continuación(**NORMA PARA ESTUDIOS Y DISEÑO VIAL**, Volumen 2 Libro A , Quito 2013, pp 68) :

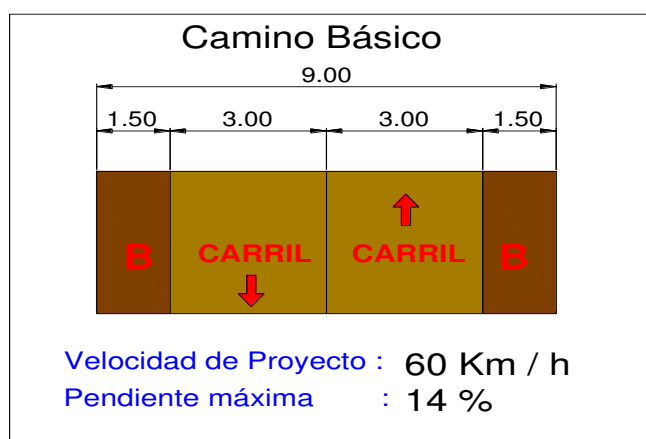


Figura :10 Esquema de Camino Tipo C 2
Elaborado por: Tomado de Norma para Diseño Vial, Volumen 2 Libro A.

3.3 Alineamiento Horizontal.

En el diseño de curvas horizontales se deben considerar dos casos:

- ♣ **Tangente seguida por una curva vertical.-** Las fuerza centrífugas actúan en contra de la operación segura de los vehículos cuando entran y circulan por la curva.
- ♣ **Alineamiento compuesto de tangente y curva horizontal y vertical.-** Gobiernan el diseño factores como el efecto de las fuerzas centrípetas y centrífugas, el movimiento lento de los vehículos pesados cuando ascienden las pendientes y las altas velocidades cuando bajan. Con el objeto de que los diseños estén acordes a las situaciones de tráfico y uso para lo que fueron creadas se han introducido factores como el radio mínimo de curva, la tasa de sobre elevación, factores de fricción y las longitudes de transición mínima cuando se pasa de una tangente a un curva (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2013).

La ecuación que representa los parámetros indicados es la siguiente:

$$e + f = V^2 / 127 R$$

Donde:

- **e** = Tasa de sobre elevación en fracción decimal.
- **f** = Fricción lateral, que es la fuerza de fricción dividida por la masa perpendicular al pavimento.
- **V** = Velocidad de diseño, en Kilómetros por hora.
- **R** = Radio de curva, en metros.

Factor Máximo de Fricción Lateral y Tasa de Sobre elevación o Peralte.

El valor que se debe adoptar como factor de fricción lateral con valores **entre 0.17 y 0.10** en función inversa de la velocidad para todo tipo de carreteras urbanas y rurales con velocidades comprendidas entre 30 y 100 km por hora.

Dado que las condiciones meteorológicas y topográficas imponen condiciones particulares en los diseños, se recomienda para el diseño el uso de los siguientes factores de acuerdo a la ubicación del proyecto:

**Tabla 4 : Tasa de sobre elevación recomendada por la AASHTO.
Elaborado por: Tomado de Norma para Diseño Vial,
Volumen 2 Libro A.**

Tasa de Sobreelevación " e " en (%)	Tipo de Área
10	Rural Montañosa
8	Rural plana
6	Suburbana
4	Urbana

3.3.1 Velocidad de Diseño.

La selección de la velocidad de diseño será una consecuencia de un análisis técnico económico de alternativas de trazado que deberían tener en cuenta la orografía del territorio. En territorios planos como el sector de la Base Aérea de Taura, se pueden aceptar altas velocidades a bajo costo de construcción, pero en territorios muy accidentados será muy costoso mantener una velocidad alta de diseño, porque se debería que ejecutar obras muy costosas para mantener un trazo seguro (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2008, 1era Edición) Para el

caso particular de este diseño se optará el valor recomendado en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** para el caso de un camino básico que es de **60 Km/h.**

3.3.2 Radio Mínimo de Curvatura.

Una vez establecido el máximo factor de sobre elevación (e), los radios mínimos de curvatura horizontal se pueden calcular utilizando la fórmula presentada anteriormente de la cual despejando y tomando en cuenta que la velocidad de diseño de proyecto será 60 Km / h, se va proceder a calcular el radio mínimo que se debe evidenciar en el proyecto de a cuerdo a la siguiente ecuación:

$$R = V^2 / 127 (e + f)$$

$$e = 0.17$$

$$f = 8 \%$$

$$V = 60 \text{ Km / h.}$$

$$R = ?$$

$$R = (60 \text{ km/h})^2 / 127 (0.15 + (\frac{8}{100})) = 113.38 \text{ m} \cong \mathbf{115 \text{ m}}$$

El grado de curvatura (Gc) es el ángulo sustentado en el centro de un círculo de radio R por un arco de 100 pies o de 20 metros, según el sistema de medidas utilizado. Para nuestro país, se utilizara a siguiente expresión de cálculo:

$$Gc = 1145.92 / R$$

$$Gc = 1145.92 / 115 = \mathbf{9^{\circ}58'52''}$$

Los valores calculados del radio y grado de curvatura se pueden comprobar según la siguiente tabla que se presenta:

Tabla 5: Velocidades de Diseño y Radios de Curvatura.
Elaborado por: Tomado de Norma para Diseño Vial, Volumen 2 Libro A, pp. 134

Velocidad de Diseño (Km /h)	Factor de Fricción Máxima	Peralte máximo 10 %		
		Radio (m)		Grado de Curvatura
		Calculado	Recomendado	
30	0,17	26,2	25	45 ° 50 ´
40	0,17	46,7	45	25 ° 28 ´
50	0,16	75,7	75	17 ° 17 ´
60	0,15	113,4	115	9 ° 58 ´
70	0,14	160,8	160	7 ° 10 ´
80	0,14	210	210	5 ° 27 ´
90	0,13	277,3	275	4 ° 10 ´
100	0,12	357,9	350	3 ° 11 ´
110	0,11	453,7	455	2 ° 31 ´
120	0,09	596,8	595	1 ° 56 ´

3.3.3 Distancias de visibilidad de parada y de decisión.

Se ha preparado la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** en la cual se muestran las distancias de visibilidad de parada para terreno plano, que se deben aplicar en el presente diseño.

Tabla 6 : Tabla 2A.204-01 Distancias de visibilidad de parada y de decisión.

Elaborado por: Tomado de Norma para Diseño Vial, Volumen 2 Libro A, pp. 127

Velocidad de Diseño	Velocidad de Marcha	Tiempo de Percepción y Reacción	Coefficiente de Fricción	Distancia de Frenado	Distancia de Parada
Km / h	Km / h	Tiempo (s)	f	(m)	(m)
30	30 - 30	2,5	0,40	8,8 - 8,8	30 - 30
40	40 - 40	2,5	0,38	16,6 - 16,6	45 - 45
50	47 - 50	2,5	0,35	24,8 - 28,1	57 - 63
60	55 - 60	2,5	0,33	36,1 - 42,9	74 - 85
70	67 - 70	2,5	0,31	50,4 - 62,2	94 - 111
80	70 - 80	2,5	0,30	64,2 - 83,9	113 - 139
90	77 - 90	2,5	0,30	77,7 - 106,2	131 - 169
100	85 - 110	2,5	0,29	98,0 - 135,6	157 - 205
110	91 - 110	2,5	0,28	116,3 - 170,0	180 - 246

3.4 Alineamiento Vertical.

El diseño vertical, el perfil longitudinal conforma la rasante que está constituida por una serie de rectas enlazadas por arcos verticales parabólicos a los cuales dichas rectas son tangentes. Las curvas verticales entre dos pendientes sucesivas permiten conformar una transición entre pendientes de distinta magnitud, eliminando el quiebre brusco de la rasante.

Al llegar a definir el perfil longitudinal se deben considerar muy importantes las características funcionales de seguridad y comodidad que se deriven de la visibilidad disponible.

3.4.1 Pendientes.

En los tramos en corte se evitará preferiblemente el empleo de pendientes menores a 0.5%. Podrá hacerse uso de rasantes horizontales en los casos en las que las cunetas adyacentes puedan ser dotadas de la pendiente necesaria para garantizar el drenaje y la calzada cuente con un bombeo igual o superior a 2 %.

Por lo expuesto se debe cumplir las pendientes propuestas en la siguiente tabla:

Tabla 7 : Tabla 2A.204-12 Pendientes Máximas
Elaborado por: Tomado de Norma para Diseño Vial, Volumen 2 Libro A, pp. 145

Orografía	Terreno Plano	Terreno Ondulado	Terreno Montañoso	Terreno Escarpado
Velocidad (km / h)				
20	8	9	10	12
30	8	9	10	12
40	8	9	10	10
50	8	8	8	8
60	8	8	8	8
70	7	7	7	7
80	7	7	7	7
90	6	6	6	6
100	6	5	5	5
110	5	5	5	5

3.4.2 Curvas Verticales.

Los tramos consecutivos de rasante serán enlazados con curvas verticales parabólicas cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea mayor a 1% para carreteras pavimentadas. Las curvas verticales serán proyectadas de modo que permitan, cuando menos, la visibilidad en una distancia igual a la de visibilidad mínima de parada, y cuando sea razonable una visibilidad mayor a la distancia de visibilidad de paso. Para la determinación de la longitud de las curvas verticales se seleccionara el Índice de Curvatura K. La longitud de la curva vertical será igual al Índice K multiplicado por el valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes (A). $L = K * A$

Tabla 8 :Tabla 2A.204-10 Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa.

Elaborado por: Tomado de Norma para Diseño Vial, Volumen 2 Libro A, pp. 144

Velocidad (km / h)	Longitud Controlada por Visibilidad de Frenado		Longitud Controlada por Visibilidad de Adelantamiento	
	Distancia de visibilidad de frenado (m)	Índice de Curvatura K	Distancia de visibilidad de adelantamiento (m)	Índice de Curvatura K
20	20	0,6		
30	35	1,9	200	46
40	50	3,8	270	84
50	65	6,4	345	138
60	85	11	410	195
70	105	17	485	272
80	130	26	540	338
90	160	39	615	438

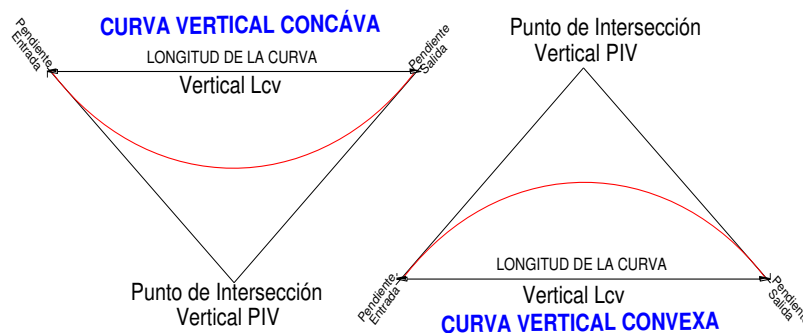
El índice de curvatura es la Longitud (L) de la curva de las pendientes (A) $K = L / A$
por el porcentaje de la diferencia algebraica

Tabla 9: Índice para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava.

Elaborado por: Tomado de Norma para Diseño Vial, Volumen 2 Libro A, pp. 144

Velocidad (km / h)	Distancia de visibilidad de frenado (m)	Índice de Curvatura K
20	20	3
30	35	6
40	50	9
50	65	13
60	85	18
70	105	23
80	130	30
90	160	38

A continuación se presenta la justificación de los cálculos efectuados para el diseño vertical, se debe tomar que solo si la diferencia algebraica entre pendientes es mayor al 1% , ya que de ser menor el cambio es tan pequeño que se corrige durante la construcción.

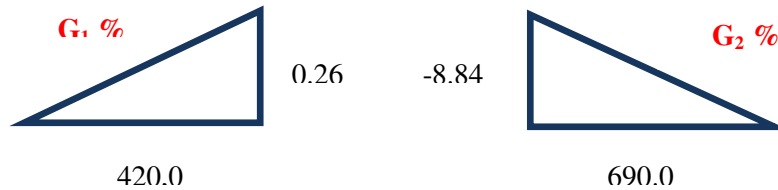


**Figura :11 Esquema de curvas Verticales.
Elaborado por :Capt. Javier Urbina LL**

PRIMERA CURVA VERTICAL CONVEXA

Abcisa Inicial : Dm 000,00.

Abcisa Final : Dm 420,00.



$$G_1 = \frac{Y}{X} * 100 \% = \frac{0.26}{420} * 100 \% = -0.0626 \%$$

$$G_2 = \frac{Y}{X} * 100 \% = \frac{-8.84}{690} * 100 \% = -1.281 \%$$

$$A = |G_1 - G_2| = |-0.062 \% - (-1.21)| = 1.34$$

Como A es mayor que 1% se tiene :

$$L_{vmin} = 11 * 1.34 = 14.78$$

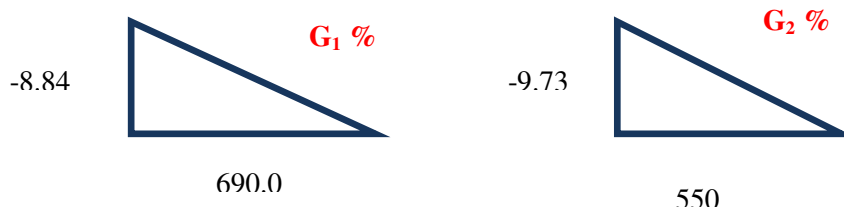
$$L_{vasumido} = 30$$

$$M = \frac{A * L_{vasumido}}{800} = \frac{1.34 * 30}{800} = 0.05$$

SEGUNDA CURVA VERTICAL CONCAVA

Abcisa Inicial : Dm 000,00.

Abcisa Final : Dm 420,00.



$$G_1 = \frac{Y}{X} * 100 \% = \frac{-8.84}{690} * 100 \% = -1.218 \%$$

$$G_2 = \frac{Y}{X} * 100 \% = \frac{-9.73}{550} * 100 \% = -1.76 \%$$

$$A = |G_1 - G_2| = |-1.21 \% - (-1.76)| = 0.49$$

Como A es menor que 1% no se requiere curva vertical.

La demostración del cálculo de las demás curvas verticales se presentan como anexo. ANEXO " A " (CÁLCULO DE CURVAS VERTICALES Y VOLUMENES DE CORTE Y RELLENO).

Al sumar los volúmenes de corte y relleno en el anexo B se puede notar que los valores son casi similares, lo cual es bastante importante en el proceso constructivo ya que casi la cantidad de material que sale es igual a la que entra en otros sectores.

$$\sum \text{Corte} = 68.076 \quad ; \quad \sum \text{Relleno} = 65.508$$

$$\% (\text{Diferencia}) = \frac{65.508}{68.076} * 100 \% = 96.22\%$$

Si se resta del 100% la diferencia entre cortes y rellenos da un valor de 3.77 %.

3.5 Cálculo de Curvas Circulares.

A lo largo del diseño de la configuración de la vía se han diseñado varias curvas verticales y horizontales de los cuales a continuación se presenta como ejemplo de cálculo a detalle de la primera curva con todos sus elementos y esquema.

Datos :

R	=	115 m.
α	=	$78^{\circ}38'53''$
Abscisa	=	Dm 000,00

Transformar a decimales de grado el ángulo α que se ingresa como dato en las fórmulas, adicional se debe tomar en cuenta que si se desea usar una base datos del programa Excel los ángulos a ingresarse deben estar en radianes como se presenta a continuación, los demás resultados y cálculos se deben verificar en el **ANEXO " B " (CÁLCULO DE CURVAS CIRCULARES)**.

ELEMENTOS DE LA CURVA CIRCULAR

$$\clubsuit \quad 78^{\circ}38'53'' = \frac{53''}{3600} + \frac{38'}{60} + 78^{\circ} = 78.648^{\circ}$$

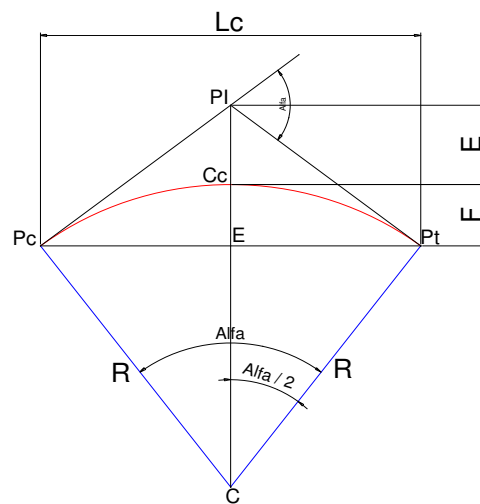
$$\clubsuit \quad 78.648^{\circ} \times \frac{3.1416}{180} = 1.3726$$

$$\clubsuit \quad \textit{Tangente} (T) = R * \textit{Tang} \left(\frac{\alpha}{2} \right) = 115 \text{ m} * \textit{Tang} \left(\frac{1.3726}{2} \right) = 94.21 \text{ m}$$

$$\clubsuit \quad \textit{Cuerda} (C) = 2 * R * \textit{Sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right) = 2 * 115 \text{ m} * \textit{Sen} \left(\frac{1.3726}{2} \right) = 145.75 \text{ m}$$

$$\clubsuit \quad \textit{Flecha} (F) = R * \left[1 - \textit{Cos} \left(\frac{\alpha}{2} \right) \right] = 115 \text{ m} * \left[1 - \textit{Cos} \left(\frac{1.3726}{2} \right) \right] = 26.04 \text{ m}$$

- ♣ **External (E)** = $R * \left[\frac{1}{\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)} - 1 \right] = 115 \text{ m} * \left[\frac{1}{\cos\left(\frac{1.3726}{2}\right)} - 1 \right] = 33.66 \text{ m}$
- ♣ **Longitud de la Cuerda (Lc)** = $R * \alpha = 115 \text{ m} * 1.3726 = 157.86 \text{ m}$
- ♣ **Punto de Inicio de la curva (Pc)** = = 000,00 m
- ♣ **Punto de Fin de la curva (Pt)** = $Pc + Lc = 000,00 \text{ m} + 157.86 \text{ m} = 157.86 \text{ m}$
- ♣ **Centro de la curva (Cc)** = $Pc + \frac{Pt}{2} = 000,00 \text{ m} + \frac{157.86 \text{ m}}{2} = 78.93 \text{ m}$



**Figura :12 Esquema de una Curva Circular.
Elaborado por :Capt. Javier Urbina LL**

CALCULO DEL ABCISADO Y TABLA DE REPLANTEO DE LA CURVA.

Se presenta el cálculo a detalle de la primera y segunda filas de la tabla adjunta que se presenta como resumen a fin de visualizar claramente la correcta ejecución de los cálculos efectuados en gabinete. Cabe recalcar que el abscisado que se presenta se encuentra ejecutado cada 10 metros por o que cada vez que se

calcule una fila más en la tabla esta cantidad se debe ir acumulando hasta llegar al valor de Cc que es el centro de la curva:

Primera Fila

$$\clubsuit L_1 \left(\frac{\text{Cuerda}}{\text{Curva}} \right) = 10 - Pc = 10,00 - 000,00 = 10,00.$$

$$\clubsuit \gamma_1 (\text{Ang. Sub}) = \frac{180 * L_1}{R * \pi} = \frac{180 * 10,00}{115 m * 3.1416} = 4,98$$

$$\clubsuit X = R * \text{Sen} \left[\gamma_1 * \frac{\pi}{180} \right] = 115 m * \text{Sen} \left[4,98 * \frac{\pi}{180} \right] = 9,99$$

$$\clubsuit Y = R * \left\{ 1 - \text{Cos} \left[\gamma_1 * \frac{\pi}{180} \right] \right\} = 115 m * \left\{ 1 - \text{Cos} \left[4,98 * \frac{\pi}{180} \right] \right\} = 0,43$$

Segunda Fila

$$\clubsuit L_2 \left(\frac{\text{Cuerda}}{\text{Curva}} \right) = 20 - Pc = 20,00 - 000,00 = 20,00.$$

$$\clubsuit \gamma_2 (\text{Ang. Sub}) = \frac{180 * L_2}{R * \pi} = \frac{180 * 20,00}{115 m * 3.1416} = 9,96$$

$$\clubsuit X = R * \text{Sen} \left[\gamma_2 * \frac{\pi}{180} \right] = 115 m * \text{Sen} \left[9,96 * \frac{\pi}{180} \right] = 19,90$$

$$\clubsuit Y = R * \left\{ 1 - \text{Cos} \left[\gamma_2 * \frac{\pi}{180} \right] \right\} = 115 m * \left\{ 1 - \text{Cos} \left[9,96 * \frac{\pi}{180} \right] \right\} = 1,73$$

Tabla 10 : Cálculo de Curva Horizontal del Pc al Cc.
Elaborado por :Capt. Javier Urbina LL

		Estación	l(cuerda/curva)	g(Ang. Sub.)	X	Y
Pc	Dm	000,00				
	Dm	010,00	10,00	4,98	9,99	0,43
	Dm	020,00	20,00	9,96	19,90	1,73
	Dm	030,00	30,00	14,95	29,66	3,89
	Dm	040,00	40,00	19,93	39,20	6,89
	Dm	050,00	50,00	24,91	48,44	10,70
	Dm	060,00	60,00	29,89	57,31	15,30
	Dm	070,00	70,00	34,88	65,76	20,65
Cc	Dm	078,93	0,00	0,00	0,00	0,00
Cc	Dm	078,93	0,00	0,00	0,00	0,00
Cc	Dm	078,93	0,00	0,00	0,00	0,00

**Tabla 11 : Cálculo de Curva Horizontal del Pt al Cc.
Elaborado por :Capt. Javier Urbina LL**

		Estación	l(cuerda/curva)	g(Ang. Sub.)	X	Y
Pt	Dm	157,86				
	Dm	150,00	7,86	3,91	7,85	0,27
	Dm	140,00	17,86	8,90	17,79	1,38
	Dm	130,00	27,86	13,88	27,59	3,36
	Dm	120,00	37,86	18,86	37,18	6,17
	Dm	110,00	47,86	23,84	46,49	9,81
	Dm	100,00	57,86	28,83	55,45	14,25
	Dm	090,00	67,86	33,81	63,99	19,45
	Dm	080,00	77,86	38,79	72,04	25,36
Cc	Dm	078,93	78,93	39,32	72,88	26,04
Cc	Dm	078,93	0,00	0,00	0,00	0,00

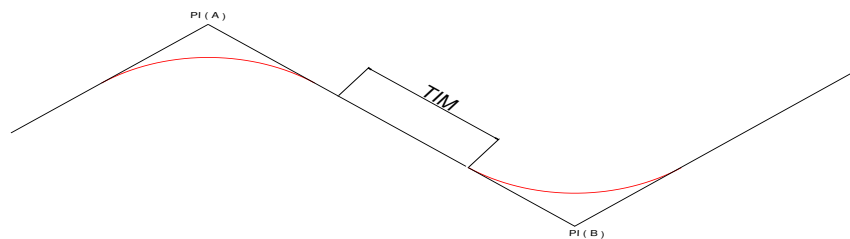
Cabe recalcar que dentro del proyecto existen dos curvas circulares la primera ubicada en la abscisa Dm 5.985,89 y la otra en la abscisa Dm 6.129,35 en la cuales no se puede aplicar la norma de ubicar en la curva circular un radio mínimo de 155° , en vista de que si se coloca este radio en la curva afecta directamente a ciertas instalaciones, por lo que se propuso esta alternativa al Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas y por ende a la Fuerza Aérea Ecuatoriana y como esa parte de la vía solo se usará para el tránsito administrativos de vehículos tipo camioneta o similares se acepta que se coloque un radio menor, aceptando la responsabilidad que conlleve el no cumplimiento de la norma.

3.6 Tangentes Intermedia Mínimas entre curvas Circulares .

Para cualquier ingeniero que ejecute un diseño vial, el principal objetivo será darle seguridad y confortabilidad al usuario de cualquier tipo de vía. La solución para unir dos curvas consecutivas se lo hace por intermedio de la tangente intermedia mínima con lo cual se permite el desarrollo el peralte en las dos curvas. Cabe recalcar que en el nuevo libro de la norma NEVI-12, no se le ha dedicado tanto espacio para la explicación del cálculo de este parámetro, en vista de lo anotado se ha recurrido solo para este punto a las normas de diseño geométrico del MTOP que fueron derogadas recientemente.

Para ejecutar de este cálculo se debe usar la siguiente ecuación :

$$TIM = \frac{4}{3} * L + 2 * x$$



**Figura :13 Esquema de la Tangente Intermedia Mínima.
Elaborado por :Capt. Javier Urbina LL.**

Los valores de L y x se obtienen de la siguiente tabla :

Tabla 12 : Valores de L y X para el Cálculo de la Tangente Intermedia Mínima.

Elaborado por : Tomado de Normas geométricas de diseño MTOP.

Velocidad de Diseño (Km / h)	X (m)		L (m)	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Hasta 59	10	10	22	35
60 - 79	10	13	34	44
80 - 100	16	16	45	50

A continuación se muestra el cálculo de la curva No3 Y No 4 los demás resultados se presentan como anexo. **Ver ANEXO " C " (TANGENTES INTERMEDIAS MÍNIMAS).**

Datos :

$$R = 115^{\circ}.$$

$$V = 60 \text{ Km / h.}$$

$$PI-A = 1491.36 \quad ; \quad \alpha = 17^{\circ} 14' 13''$$

$$PI-B = 1667.22 \quad ; \quad \alpha = 36^{\circ} 32' 29''$$

$$\clubsuit \quad 17^{\circ} 14' 13'' = \frac{13''}{3600} + \frac{14'}{60} + 17^{\circ} = 17,2369^{\circ}$$

$$\clubsuit \quad 36^{\circ} 32' 29'' = \frac{29''}{3600} + \frac{32'}{60} + 36^{\circ} = 36,5413^{\circ}$$

$$\clubsuit \quad \text{Distancia entre PI (m)} = |PIA - PIB| = |1491,36 - 1667,22| = 175,86$$

$$\clubsuit \quad TIM_{IDEAL} = \frac{4}{3} * L + 2 * x = \frac{4}{3} * 44 + 2 * 13 = 84,67$$

$$\begin{aligned}
\clubsuit \quad \mathbf{TIM}_{M\acute{I}NIMO} &= \frac{4}{3} * L + 2 * x = \frac{4}{3} * 34 + 2 * 10 = 65,33 \\
\clubsuit \quad \mathbf{T1}_{C\ M\acute{I}nimo} &= R * \mathit{Tan} \left[\frac{\infty}{2} * \frac{\pi}{180} \right] = 115\ m * \mathit{Tan} \left[\frac{17,2369^{\circ}}{2} * \frac{\pi}{180} \right] = 17,43 \\
\clubsuit \quad \mathbf{TIM}_{C\ M\acute{I}nimo} &= \frac{4}{3} * L + 2 * x = \frac{4}{3} * 34 + 2 * 10 = 65,33 \\
\clubsuit \quad \mathbf{T2}_{C\ M\acute{I}nimo} &= R * \mathit{Tan} \left[\frac{\infty}{2} * \frac{\pi}{180} \right] = 115\ m * \mathit{Tan} \left[\frac{36,5413^{\circ}}{2} * \frac{\pi}{180} \right] = 37,97 \\
\clubsuit \quad \mathbf{RESULTADO}_{minimo} &= \mathbf{T1}_{C\ M\acute{I}nimo} + \mathbf{TIM}_{C\ M\acute{I}nimo} + \mathbf{T2}_{C\ M\acute{I}nimo} = \\
&= 17,43 + 65,33 + 37,99 = \mathbf{120,73} \\
\clubsuit \quad \mathbf{T1}_{C\ Ideal} &= R * \mathit{Tan} \left[\frac{\infty}{2} * \frac{\pi}{180} \right] = 115\ m * \mathit{Tan} \left[\frac{17,2369^{\circ}}{2} * \frac{\pi}{180} \right] = 17,43 \\
\clubsuit \quad \mathbf{TIM}_{C\ Ideal} &= \frac{4}{3} * L + 2 * x = \frac{4}{3} * 44 + 2 * 13 = 84,67 \\
\clubsuit \quad \mathbf{T2}_{C\ Ideal} &= R * \mathit{Tan} \left[\frac{\infty}{2} * \frac{\pi}{180} \right] = 115\ m * \mathit{Tan} \left[\frac{36,5413^{\circ}}{2} * \frac{\pi}{180} \right] = 37,97 \\
\clubsuit \quad \mathbf{RESULTADO}_{Ideal} &= \mathbf{T1}_{C\ Ideal} + \mathbf{TIM}_{C\ Ideal} + \mathbf{T2}_{C\ Ideal} = \\
&= 17,43 + 84,67 + 37,99 = \mathbf{140,06}
\end{aligned}$$

SiDistanciaentrePI(m) \geq **RESULTADO**_{minimo} " CUMPLE "

175,86 \geq 120,73 " CUMPLE CON LA TANGENTE INTERMEDIA MÍNIMA "

SiDistanciaentrePI(m) \geq **RESULTADO**_{Ideal} " CUMPLE "

175,86 \geq 140,06 " CUMPLE CON LA TANGENTE INTERMEDIA MÍNIMA "

CAPÍTULO IV

ESTUDIOS DE SUELOS Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

4.1 Proceso de Toma y Transporte de Muestras hacia el Laboratorio.

4.1.1 Generalidades.

La exploración del suelo al igual que los estudios de topografía se ejecutan previo a la construcción de cualquier en vista de que siendo el suelo el espacio físico de cimentación de los pavimentos influye directamente en los cálculos para la determinación del espesor de las capas de la estructura así como en el costo de las mismas. La exploración del suelo se debe realizar en dos etapas la primera durante la elección de la ruta del camino y la segunda después de terminado todos los estudios geotécnicos.

Primera Etapa.- Una vez elegida la ruta se deben ejecutar perforaciones paralelas al posible eje escogido, para este caso se han efectuado 7 perforaciones en las abscisas Dm 300,00; Dm 900,00; Dm 2.800,00; Dm 4.500,00 y Dm 6.200,00 ,estas perforaciones nos permiten deducir aproximadamente la clase de suelo por la cual está prevista la construcción de la carretera.

Si los datos obtenidos en esta etapa son favorables, el problema básicamente se queda concretado a la ruta elegida; pero si resulta lo contrario se deben buscar alternativas que permitan la construcción de la carretera de las mejores características de sustentación sea de igual o menor costo inicial que la

ruta rechazada (**JARAMILLO G**, Curso Post Universitario de Fiscalización en la Construcción de Carreteras, 1991, 1era Edición.)

Para el caso de la vía que conduce a los Depósitos de Munición Conjunta de las Fuerzas Armadas que se constituye en el motivo de análisis del presente documento el suelo encontrado en los ensayos son **LIMOS ORGÁNICOS DE PLASTICIDAD ALTA Y BAJA** en todo el sector donde se encuentra prevista la ubicación de la vía.

Segunda Etapa.- Una vez establecida la ruta definitiva, puede darse inicio a esta fase en la cual los estudios se ejecutan a detalle, tomando en cuenta los datos de la fase inicial pero complementándolas adecuadamente con muestras de suelo para ser ensayadas en el laboratorio(Jaramillo Gustavo, 1991),

4.1.2 Toma de Muestras

Para efectos de ensayos en el laboratorio se procede a tomar muestras por lo menos dos por cada metro de longitud de la vía;en calicatas ubicadas al costado de la vía existente en el perímetro de la Base de Taura.

Consiste en la obtención de una porción del material con el que se pretende construir una estructura o bien del material que ya forma parte de la misma, de tal manera que las características de la porción de suelo obtenida se constituyan en un elemento representativo. La fase de muestreo además incluye las operaciones de envasado en fundas, identificación y transporte de las muestras.

Muestras Alteradas .- Son aquellas que están constituidas por el material disgregado o fragmentado, en las que no se toman precauciones especiales para

conservar las características de estructura y humedad; no obstante, en algunas ocasiones conviene conocer el contenido de agua original del suelo, para lo cual las muestras se envasan y transportan de forma adecuada que conserve sus propiedades originales.

Las muestras pueden obtenerse con un proceso de excavación, de un frente, ya sea de corte o de un banco o bien de perforaciones llevadas a profundidad con herramientas especiales. Las muestras deben ser representativas de cada capa que atraviese, hasta llegar a una profundidad que puede corresponder al nivel más bajo de explotación.

El espaciamiento de los estudios y el número de muestras que se tomen deben estar de acuerdo con la homogeneidad del suelo y el tipo de estudio de suelo de que se trate y el equipo para la extracción de este tipo de muestras es el siguiente:(Jaramillo Gustavo, 1991)

- ♣ Picos.
- ♣ Palas.
- ♣ Barretas.
- ♣ Pateadoras.
- ♣ Barrenas Helicoidales.
- ♣ Tubos galvanizados para extensiones.
- ♣ Sacos o costales.
- ♣ Fundas plásticas.
- ♣ Hojas para identificación.



**Figura :14 Toma de muestra alterada en la abscisa Dm 300,00.
Elaborado por: Capt Javier Urbina LL**

Muestras Inalteradas.- Son aquellas en las que se conserva la estructura y la humedad que tiene el suelo en el lugar donde se obtenga la muestra. Las muestras inalteradas se obtienen de suelos finos que puedan moldearse sin que se disgreguen (Jaramillo Gustavo, 1991)



**Figura :15 Muestra inalterada tomada en la abscisa Dm 2.000,00.
Elaborado por: Capt Javier Urbina LL**

4.2 Identificación de los suelos mediante ensayos.

La mecánica de suelos se basa en investigaciones de campo para obtener las condiciones reales del suelo y definir las situaciones más óptimas para el funcionamiento de la obra que se desea diseñar. Se debe definir una metodología en campo a fin de determinar las características de los suelos y establecer los parámetros geotécnicos para el diseño definitivo de los componentes estructurales que tengan contacto con el suelo. Para el caso específico de vías el realizar ensayos de suelos con estudios específicos proporcionan las propiedades mecánicas de los elementos que intervienen en la vía para su funcionamiento(Juan, 2002).

4.2.1 Ensayos de Granulometría.

Es un proceso mecánico mediante el cual se separan las partículas de un suelo con sus diferentes tamaños, como indica la norma (ASTM D 422, ASSHTO T 88) ,denominando a las partículas pasantes del (Tamiz No 200), como limos y arcillas.

El proceso se lleva a cabo pesando una cantidad de suelo que luego va ha ser colocado en tamices colocados en orden decreciente los cuales se pueden tomar fácilmente con las manos y agitarlos y finalmente se procede a pesar la cantidad de material retenido en cada tamiz y este valor se lo resta del peso total de la muestra.

Un suelo de acuerdo a la granulometría presentada se clasifica así :

- ♣ **Agregado Grueso.-** Material retenido en el tamiz de 4,75 mm (No 4).

- ♣ **Agregado Fino.-** Material que pasa por el tamiz de 4,75 mm (No 4).
- ♣ **Relleno Mineral.-** Fracciones de Agregado fino que pasa el tamiz de 0,60 mm (No 30).
- ♣ **Polvo Mineral.** Fracciones de Agregado fino que pasa el tamiz de 0,075 mm (No 200)

Tomado de(Carlos, 1976-1980).



**Figura :16 Ensayos de granulometría de las muestras de suelo tomadas enTaura.
Elaborado por :Capt Javier Urbina LL**

A continuación se presentan los resultados del ensayo de la abscisa D_m 300,00 como ejemplo los resultados tabulados, las demás calicatas y sus respectivos cálculos se presentarán como anexo al final del presente documento (VER ANEXO "D" ENSAYOS DE GRANULOMETRÍA, LÍMITES PLÁSTICOS Y LÍMITES LÍQUIDOS).

PROYECTO : ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOFÍSICO DE LA VÍA QUE CONDUCE A LOS DEPÓSITOS DE MUNICIÓN CONJUNTA DE LAS FUERZAS ARMADAS.

UBICACIÓN : Guayaquil - Taura.

CALICATA : Vía - ABSISA Dm 300,00

PROFUNDIDAD : 1,20 m - 1,40 m.

FECHA : Septiembre / 2013.

REALIZADO POR : Capt. Javier Urbina LL.

Tabla 13 : Distribución Granulométrica
Elaborado por : Capt Javier Urbina

TAMIZ	DIAMETRO DE TAMICES	PESO	PESO	%	%	%PASA
No.	(mm)	Reten (Par)	Reten (Acum)	RETENIDO	PASA	ESPECIF
No. 4	4,750	0	0	0%	100%	
10	2,000	0	0	0%	100%	
20	0,850	0	0	0%	100%	
40	0,600	1	1	0%	100%	
60	0,300	0	1	0%	100%	
100	0,150	0	1	0%	100%	
200	0,075	109	110	43%	57%	
PASA 200		147	147		57	
PESO TOTAL		257				

Peso Retenido (Par) = Peso que se obtiene de pesar el material retenido en cada tamiz.

Peso Retenido (Acum) = Peso que se obtiene de pesar la cantidad de material decada tamiz mas la cantidad de muestra retenida en el tamiz anterior de mayor dimensión.

% Retenido = $(\text{Peso Reten (Acum)} / \text{Peso Total}) * 100$.

% Pasa = $100 \% - \% \text{ retenido en cada tamiz}$.

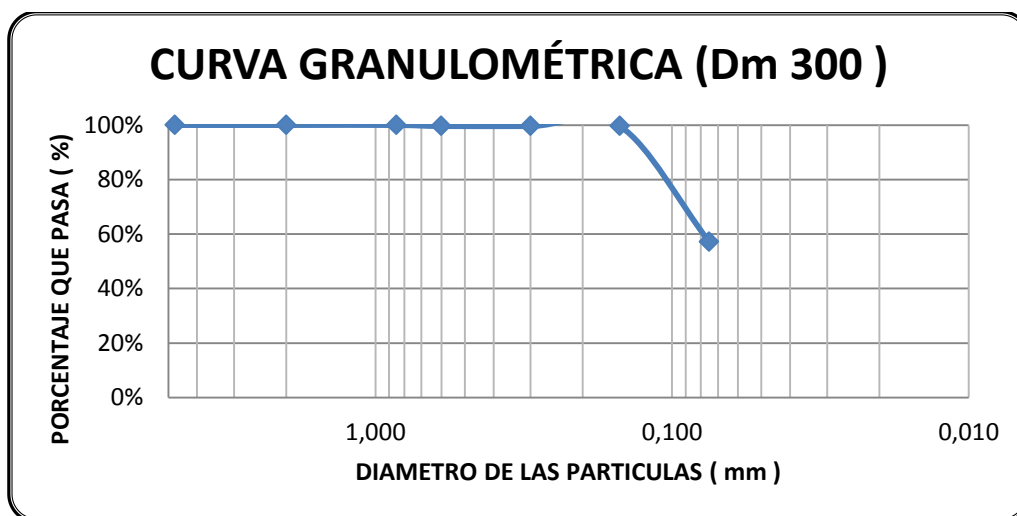


Figura :17Curva Granulométrica
Elaborado por: Capt Javier Urbina

La tabla y gráfico de la distribución granulométrica presentada nos ayuda a la clasificación de suelos en función del tamaño de sus partículas en el caso de la abscisa Dm 300,00 , la mayor cantidad de suelo de la muestra de suelo corresponde a LIMO/ARCILLA al 57 %.

4.2.2 Determinación del Índice Plástico y Limite Líquido.

Se basan en el concepto de que en un suelo de grano fino solo pueden existir 4 estados de consistencia según su humedad. Así, un suelo se encuentra en estado sólido, cuando está seco. Al agregársele agua poco a poco va pasando sucesivamente a los estados de semisólido, plástico, y finalmente líquido. Los contenidos de humedad en los puntos de transición de un estado al otro.

Límite líquido:

Cuando el suelo pasa de un estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse, para la determinación de este límite se utiliza la cuchara de Casagrande.

Esta propiedad se mide en laboratorio mediante un procedimiento normalizado en que una mezcla de suelo y agua, capaz de ser moldeada, se deposita en la Cuchara de Casagrande, y se golpea consecutivamente contra la base de la máquina, haciendo girar la manivela, hasta que la zanja que previamente se ha recortado, se cierra en una longitud de 12 mm (1/2"). Si el número de golpes para que se cierre la zanja es 25, la humedad del suelo (razón agua/peso de suelo seco) corresponde al límite líquido.

Límite plástico:

Es cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe. Este ensayo se ejecuta en el laboratorio mediante un procedimiento normalizado pero sencillo consistente en medir el contenido de humedad para el cual no es posible moldear un cilindro de suelo, con un diámetro de 3 mm (Carlos, 1976-1980).

EQUIPOS Y MATERIALES :

1. Tamiz No 40.
2. Dispositivo mecánico Aparato de Casagrande.
3. Acanalador
4. Horno de secado, temperatura constante 110 °C.
5. Balanza de precisión, aproximación 0.01 g.
6. Recipientes metálicos.

7. Porta recipientes.
8. Equipo para determinar el contenido de agua.
9. Pera de caucho.
10. Espátula.
11. Franela.
12. Esponja.
13. Hojas de papel periódico.

PROCEDIMIENTO:

a) Para límite líquido

1. - Tamizar 3000 gr de muestra de suelo pasantes del Tamiz No 40.



**Figura :18 Paso No 1 para determinación del límite líquido.
Elaborado por : Capt Javier Urbina**

2.-Mezclar completamente el suelo en el recipiente metálico usando la espátula hasta obtener una pasta homogénea y densa que pueda moldearse fácilmente con los dedos.



**Figura :19 Paso No 2 para determinación del límite líquido.
Elaborado por: Capt Javier Urbina**

3.- Colocar una porción de esta pasta en la copa, sobre la parte que descansa en la base, extendiéndola rápida y cuidadosamente con la espátula, cuidando que no queden atrapadas burbujas de aire; con la ayuda de la espátula enrasar la superficie del suelo de tal manera que tenga una profundidad de 1cm en la sección de espesor máximo, el suelo sobrante se debe regresar al recipiente metálico.



**Figura :20 Paso No 3 para determinación del límite líquido.
Elaborado por: Capt Javier Urbina**

4.-Con el acanalador realizar un canal en el suelo, que se encuentra colocado en la copa de casa grande .



**Figura :21 Paso No 4 para determinación del límite líquido.
Elaborado por: Capt Javier Urbina**

5.-Encender la máquina de Casagrande y contar el número de golpes que se requieren hasta que el espacio abierto con el acanalador se una entre sí en el fondo de la cuchara de muestra.

6.- Colocar una porción de muestra en dos taras pesadas previamente a fin de determinar el contenido de humedad.



**Figura :22 Paso No 6 para determinación del límite líquido.
Elaborado por: Capt Javier Urbina**

7.- Repetir los pasos 2 al 6 por lo menos cuatro veces, usando el mismo suelo con nuevos incrementos de agua, los cuales deben hacerse de tal manera que el número de golpes necesarios para cerrar el canal varíe de 45 a 5, de modo que dos ensayos estén bajo los 25 golpes y dos sobre los 25 golpes.

b) Límite plástico

1.- Repita el paso descrito en el paso No 2 para la determinación del límite líquido.

2.- Tomar una cierta cantidad de suelo preparado según el paso 1, moldearla entre los dedos, y luego amasar y rodar entre las palmas de las manos hasta que la humedad del suelo sea cercana al límite plástico. Si el suelo está muy húmedo, para secarlo rápidamente se recomienda colocar al suelo encima de un papel periódico y extenderlo con la espátula, luego recogerlo y repetir el proceso ya descrito.



**Figura :23 Paso No 1 para determinación del límite plástico.
Elaborado por: Capt Javier Urbina**

2.-Hacer rodar la muestra del suelo en forma ovoide entre las puntas de los dedos para formar con el suelo un rollo de 3mm de diámetro.



**Figura :24 Paso No 2 para determinación del límite plástico.
Elaborado por: Capt Javier Urbina**

3.- Si el rollo de suelo se desmenuza antes de alcanzar los 3mm de diámetro, añadir agua a toda la masa de suelo. Volver a mezclarlo en el recipiente metálico, amasarlo completamente y proceder como se indica en el paso 3. Si el rollo alcanza un diámetro menor de 3mm sin mostrar señales de agrietamiento, setiene una humedad mayor que el límite plástico. Volver a amasarlo completamente y repetir el proceso como se indica en el paso3. Cuando el rollo de suelo se agrieta y empieza a desmoronarse al llegar a los 3mm, sehabrá alcanzado el contenido de agua correspondiente al límite plástico, la que se medirá usando todos los pedazos del rollo.

4.- Recoger las porciones desmenuzadas del rollo de suelo en un recipiente adecuado y determinar el contenido de humedad.



**Figura :25 Paso No 4 para determinación del límite plástico.
Elaborado por: Capt Javier Urbina**

5.- Adicionalmente se usan dos porciones de muestra que se tratan como se indican en los pasos 3 al 4 de modo que se ejecuten por lo menos tres veces el ensayo.

A continuación se presentan los resultados del ensayo del abscisa Dm 300,00 como ejemplo los demás resultados se presentan como anexo al final del presente documento.

**Tabla 14 Tabulación de datos de la calicata Dm 300,00
Elaborado por : Capt. Javier Urbina.**

CAPSULA No.	# Golpes	PESO CAP. SUELO HUMEDO (g)	PESO CAP. SUELO SECO (g)	PESO CAP. (g)	CONT. AGUA (W %)	PROM. (W %)
2. HUMEDAD NATURAL						
5		76,76	69,09	17,72	14,93	
103		72,76	65,58	18,05	15,11	15,02
3. LÍMITE LÍQUIDO						
L-206	26	31,82	26,17	6,57	28,83	
L-214	21	25,68	21,29	6,60	29,88	
L-225	19	23,09	19,24	6,62	30,51	29,02
4. LÍMITE PLÁSTICO						
T-9		14,52	12,97	5,96	22,11	
M-210		18,42	16,73	9,10	22,15	22,13

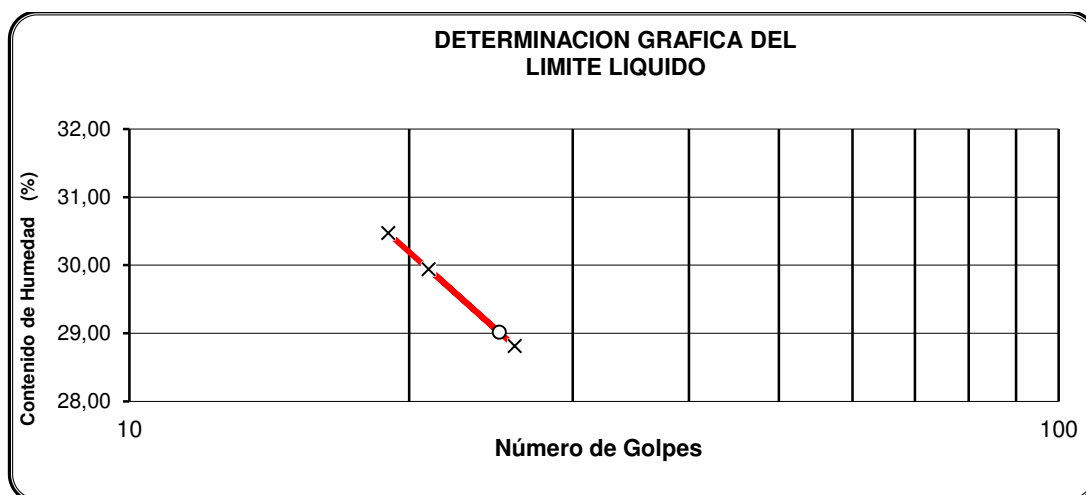


Figura :26 Determinación grafica del límite líquido
Elaborado por : Capt Javier Urbina

Como se puede observar tanto en las tablas como en la gráfica los valores resultantes del ensayo nos indican que el valor del límite líquido de la muestra es 29,0 %, el del límite plástico es de 22,1 % y el índice de plasticidad es de 6,9 %, con esta propiedad que se pudo determinar mediante este ensayo se procede a efectuar la clasificación de los suelos según la clasificación sus.

4.2.3 Clasificación de los suelos.

Es el ordenamiento de las diferentes muestras obtenidas en campo en grupos que posean propiedades semejantes, la determinación y cuantificación de las diferentes propiedades de un suelo se efectúan mediante ensayos. Una adecuada y rigurosa clasificación permite al ingeniero tener una primera idea acerca del comportamiento que se espera al momento de ejecutar cualquier tipo de construcción.

De las múltiples clasificaciones existentes, en este caso se utilizará la clasificación SUCS creada en el año de 1952, y fue adoptado por la ASTM como parte de sus métodos normalizados. Dicha clasificación se vale de símbolos de grupo, consistentes en un prefijo que designa la composición del suelo y un sufijo que matiza sus propiedades de acuerdo a las tablas que se indican a continuación (Blázquez, 1982)

Tabla 15 : Símbolos de grupo (SUCS)
Elaborado por : Luis Bañon Blázquez.

TIPO DE SUELO	PREFIJO	SUBGRUPO	SUFIJO
Grava	G	Bien graduado	W
Arena	S	Pobrementemente graduado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Límite líquido alto (>50)	L
Turba	Pt	Límite líquido bajo (<50)	H

Tabla 16 : Tipología de suelos (SUCS)
Elaborado por : Luis Bañon Blázquez.

SÍMBOLO	Características Generales		
GW	GRAVAS (> 50% en tamiz # 4 ASTM)	Limpias	Bien graduadas
GP		(Finos < 5%)	Pobrementemente graduadas
GM		Con finos	Componente limoso
GC		(Finos < 12%)	Componente arcilloso
SW	ARENAS (> 50% en tamiz # 4 ASTM)	Limpias	Bien graduadas
SP		(Finos < 5%)	Pobrementemente graduadas
SM		Con finos	Componente limoso
SC		(Finos < 12%)	Componente arcilloso
ML	LIMOS	Baja plasticidad (LL<50)	
MH		Alta plasticidad (LL>50)	
CL	ARCILLAS	Baja plasticidad (LL<50)	
CH		Alta plasticidad (LL>50)	
OL	SUELOS ORGÁNICOS	Baja plasticidad (LL<50)	
OH		Alta plasticidad (LL>50)	
Pt	TURBA	Suelos altamente orgánicos	

A continuación se presentan los resultados de la calicata Dm 300,00.en la cual la muestra corresponde a un LIMO ORGANICO DE PLASTICIDAD BAJA, DE TONALIDAD, CAFE OBSCURO ,los resultados de las demás calicatas y sus respectivos cálculos se presentarán como anexo al final del presente documento. (**VER ANEXO " D "**).

4.2.4 Ensayo de Compactación

También llamado proctor que tiene como finalidad obtener la humedad óptima de un suelo. La humedad óptima es aquella humedad para la cual la densidad del suelo es máxima. Para calcular este parámetro se deben realizar 4 ensayos con un mismo suelo (uno por saco de muestra preparada) pero con diferentes humedades de tal forma que después de haber realizado las compactaciones obtendremos 4 densidades de este suelo con sus respectivas humedades.

Es decir que situando los valores obtenidos en una gráfica Densidad respecto al porcentaje de agua se calculan 4 puntos que nos permiten trazar la curva, de manera que el punto más alto será el de mayor densidad y por tanto el de la humedad óptima (BARTOLOME J, LABORATORIO DE GEOTECNIA, Febrero 2000, recuperado de : www.epsh.unizar.es/serreta/documentos/ensayosgeotecnia.do)

A continuación se presentan los resultados de la calicata Dm 300,00 de igual forma que en los casos anteriores los demás resultados y sus respectivos cálculos se presentarán como anexo al final del presente documento. (**VER ANEXO "E" ENSAYOS DE COMPACTACIÓN**).

GOLPES POR CAPA	:	25.
DIAMETRO DEL MOLDE	:	4"
DENSIDAD MÁXIMA	:	1678
NUMERO DE CAPAS	:	5.
ALTURA DE CAIDA	:	18".
PESO DEL MARTILLO	:	10 Lbs.
VOLUMEN EN cm³	:	936.
HUMEDAD OPTIMA	:	17.60

Tabla 17 : Tabulación de datos para el cálculo de la densidad máxima y humedad óptima

Elaborado por : Capt Javier Urbina

CONTENIDO DE AGUA										
PUNTO N°		1	2	3	4					
TARRO N°		110	107	1000	P-60	6	122	129	S-4	
SUELO HUM. + TARRO	gr.	89,97	82,14	80,72	80,31	77,72	68,78	75,14	78,65	
SUELO SECO + TARRO	gr.	81,85	75,06	72,23	71,98	68,33	60,99	65,17	67,86	
PESO TARRO	gr.	18,19	18,27	18,44	18,51	18,73	17,96	17,71	17,97	
CONTENIDO DE AGUA	%	12,76	12,47	15,78	15,58	18,93	18,10	21,01	21,63	
CONT. PROMEDIO AGUA	%	12,61		15,68		18,52		21,32		
PUNTO N°		1	2	3	4					
PESO MOLDE + SUELO	gr.	5793		6010		6071		5988		
PESO MOLDE	gr.	4218		4218		4218		4218		
PESO SUELO	gr.	1575		1792		1853		1770		
VOLUMEN	cm ³	936		936		936		936		
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm ³	1,683		1,915		1,980		1,891		
CONT. PROMEDIO AGUA	%	12,61		15,68		18,52		21,32		
DENSIDAD SECA	gr/cm ³	1494		1655		1670		1559		

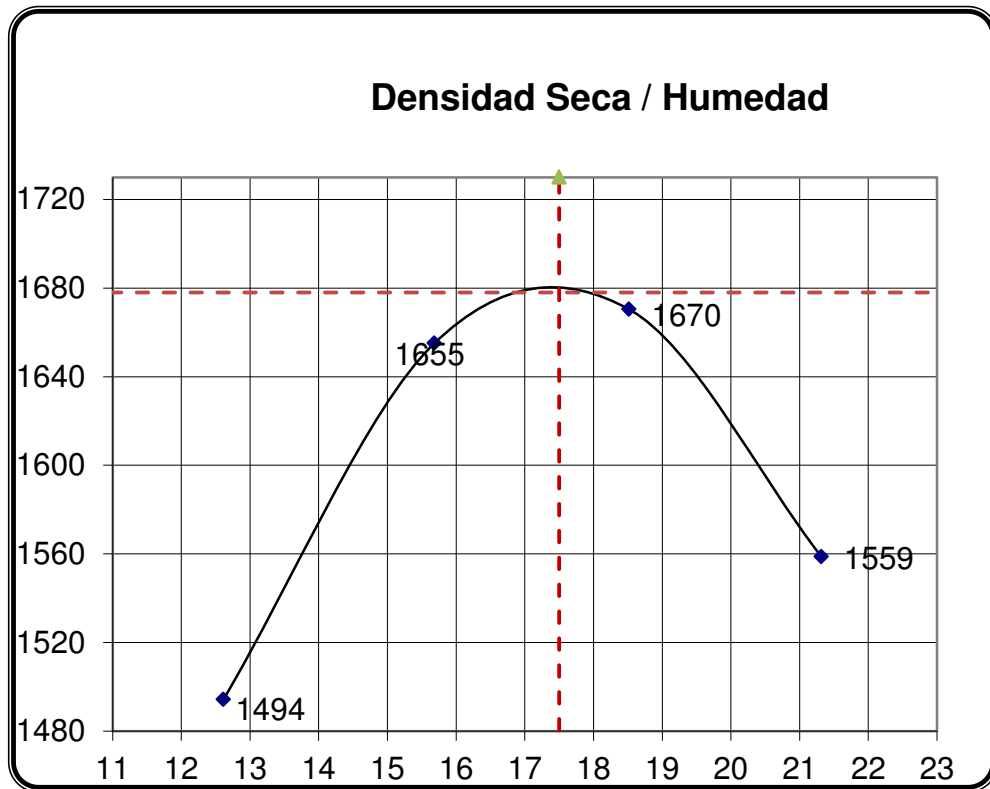


Figura :27 Gráfico para la determinación de densidad máxima y humedad óptima
Elaborado por: Capt Javier Urbina

Con los datos tabulados en el ensayo de compactación se determina la cantidad de agua que necesita la muestra para alcanzar su humedad óptima y en consecuencia es la cantidad de agua que hay que agregarle a la muestra para iniciar el moldeo de las muestras de CBR.

4.2.5 Ensayo CBR.

Consiste en comparar la presión necesaria para penetrar un pistón, en una muestra de suelo dada. El valor del CBR es la relación, expresada como un porcentaje, entre la presión necesaria para que el pistón penetre los primeros 2,5 mm y la presión necesaria para obtener la misma penetración en el material, los valores que se presentan pueden ser muy variables y van desde 2% a 3% para

arcillas plásticas hasta 70% en materiales granulares de buena calidad.(Highway, 1993).

El valor CBR que se obtenga en el laboratorio luego de los ensayos de las muestras nos da una relación inversa entre su valor y la capa del rodadura es decir a menor valor del CBR mayor será la capa u espesor del pavimento a diseñarse o viceversa.

PROCEDIMIENTO PARA EJECUCIÓN DEL ENSAYO CBR

1.- Pesar el molde del CBR que se va a utilizar y medir su diámetro.



Figura :28 Paso No 1 ensayo CBR
Elaborado por :Capt. Javier Urbina LL

2.- Pesar 15000 Kg de material que debe haber sido previamente tamizado por el No 4.



Figura :29 Paso No 2 ensayo CBR
Elaborado por :Capt. Javier Urbina LL

3.- Colocar la cantidad necesaria de agua de acuerdo al valor obtenido en la humedad óptima del ensayo de compactación que se ejecutó anteriormente, medido con una probeta graduada.



Figura :30 Paso No 3 ensayo CBR
Elaborado por :Capt. Javier Urbina LL

4.- Con la muestra ya mezclada con el agua agregada se debe moldear el CBR inicialmente en 3 capas.



Figura :31 Paso No 4 ensayo CBR
Elaborado por :Capt. Javier Urbina LL

5.- Una vez moldeada la muestra se debe enrasar el molde con la ayuda de la placa metálica.



Figura :32 Paso No 5 ensayo CBR
Elaborado por :Capt. Javier Urbina LL

6.- Luego se debe volver a pesar el molde pero ya con la muestra de suelo moldeada y colocando un filtro de papel periódico.



Figura :33 Paso No 6 ensayo CBR
Elaborado por :Capt. Javier Urbina LL

7.- Se procede a colocar la pesa falsa y el aparato para medir el esponjamiento que debe ser encendido antes de colocar la muestra moldeada en la piscina de agua.



Figura :34 Paso No 7 ensayo CBR
Elaborado por :Capt. Javier Urbina LL

8.- Colocar la muestra de CBR moldeada en la piscina.



**Figura :35 Paso No 8 ensayo CBR
Elaborado por :Capt. Javier Urbina LL**

9.- Medir los esponjamientos obtenidos dejando transcurrir 3 días y llevar el respectivo registro como se indica en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**



**Figura :36 Paso No 9 ensayo CBR
Elaborado por :Capt. Javier Urbina LL**

10.- Ejecución del ensayo CBR y registro de los datos.

**Figura :37 Paso No 10 ensayo CBR
Elaborado por :Capt. Javier Urbina LL**

Como se anoto anteriormente a continuación se presentan los resultados de los ensayos CBR obtenidos en la abscisa Dm 300,00 y los cálculos de los demás ensayos se presentan como anexos al presente documento. **(VER ANEXO "F". ENSAYOS CBR CALCULADOS).**

UBICACIÓN	:	AbscisaDm 300,00
LOCALIZACIÓN	:	1.20 - 1.40
MUESTRA	:	No 1
FECHA	:	Septiembre del 2013.
REALIZADO POR	:	Capt. Javier Urbina LL
SOLICITADO POR	:	Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas.

TABULACIÓN DE DATOS PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD

Tabla 18 : Ensayo CBR Dm 300,00

Elaborado por .Capt Javier Urbina

Molde No.	1		2		4	
Numero de capas	5		5		5	
# de golpes por capa	56		25		10	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
Peso muestra +molde Gr.	11881	11940	11452	11582	11314	11491
Peso molde Gr.	7301	7301	7120	7120	7188	7188
Peso muestra Gr.	4580	4639	4332	4462	4126	4303
Volumen muestra cm3	2317	2317	2317	2317	2317	2317
Densidad húmeda kg/m3	1,977	2,002	1,870	1,926	1,781	1,857
Densidad seca kg/m3	1,676	1,678	1,585	1,586	1,505	1,505
CONTENIDO DE AGUA						
Tarro No.	H-14	J-10	H-20	J-4	H-18	E-5
Peso húmedo + tarro (Gr)	151,41	156,45	148,53	190,15	160,52	232,16
Peso seco + tarro (Gr)	134,88	136,64	132,38	162,64	144,20	194,66
Peso tarro (Gr)	42,90	34,01	42,61	34,39	55,13	34,15
Peso agua (Gr)	16,53	19,81	16,15	27,51	16,32	37,50
Peso muestra seca (Gr.)	91,98	102,63	89,77	128,25	89,07	160,51
Contenido de humedad %	17,97	19,30	17,99	21,45	18,32	23,36
Promedio humedad %	17,97	19,30	17,99	21,45	18,32	23,36
Agua absorbida %	1,33		3,46		5,04	

MEDIDA DE LOS ESPONJAMIENTOS

Tabla 19 : Detalle de los Esponjamientos medidos en el CBR Dm 300,00

Elaborado por .Capt Javier Urbina

DIA Y MES	TIEMPO DIAS	MOLDE No 1				MOLDE No 2				MOLDE No 4			
		LECTURA DIAL	ALTURA MUESTRA	ESPONJAMIENTO	%	LECTURA DIAL	ALTURA MUESTRA	ESPONJAMIENTO	%	LECTURA DIAL	ALTURA MUESTRA	ESPONJAMIENTO	%
		pulg.	pulg.	pulg.	%	pulg.	pulg.	pulg.	%	pulg.	pulg.	pulg.	%
19-sep	0	0	5	0,000	0,00	0	5	0,000	0,00	0	5	0,000	0,00
20-sep	1	6	5	0,006	0,12	12	5	0,012	0,24	8	5	0,008	0,16
21-sep	2	8	5	0,008	0,16	15	5	0,015	0,30	10	5	0,010	0,20
22-sep	3	11	5	0,011	0,22	17	5	0,017	0,34	11	5	0,011	0,22

TABULACIÓN DE DATOS PRESIÓN VS PENETRACION

Tabla 20 Datos Obtenidos para el grafico presión vs penetración.

Elaborado por :Capt. Javier Urbina LL

PENETRACION	56 Golpes	25 Golpes	10 Golpes
0	-	-	-
25	33,9	21,1	12,9
50	64,4	39,8	25,8
75	89,0	57,4	39,8
100	110,0	73,7	51,5
150	141,6	105,3	76,1
200	167,4	133,4	97,1
250	194,3	161,5	118,2
300	217,7	187,3	138,1
400	257,5	236,4	176,7
500	295,0	276,2	209,5
MOLDE	1,0	2,0	4,0

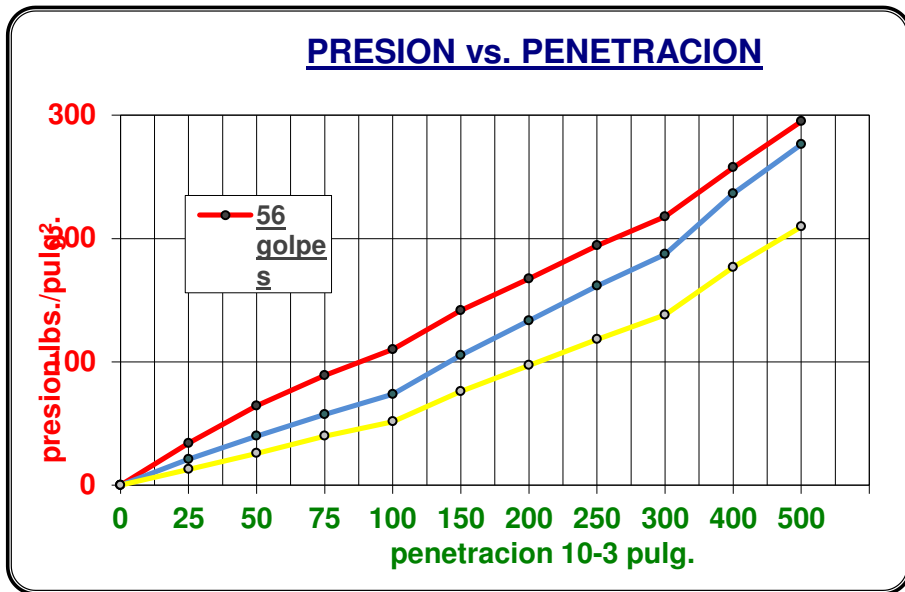


Figura :38 Grafico presión vs penetración.
Elaborado por :Capt. Javier Urbina LL

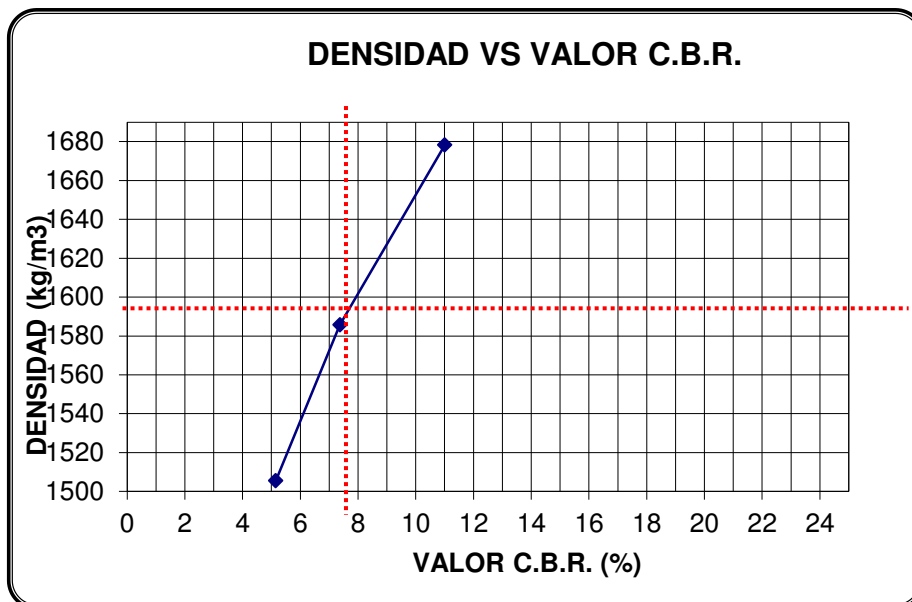


Figura :39 36 Grafico presión vs penetración.
Elaboradopor :Capt. Javier Urbina LL

Una vez moldeados los CBR y ejecutando su ensayo de acuerdo al procedimiento descrito anteriormente y con la tabulación de datos respectiva se obtiene la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** en la cual el valor C.B.R AL 95% es 7,6 %.

4.3 Identificar los materiales para las diferentes capas del pavimento.

Los materiales necesarios para este trabajo pueden ser explotados en fuentes fuera de los límites del proyecto, o pueden provenir de la excavación de la plataforma del camino. Los áridos no necesitan ser tratados, pero se los tamizará para separar las partículas gruesas que salgan de los límites granulométricos. Los agregados gruesos consistirán de partículas resistentes y durables que tengan un porcentaje de desgaste a la abrasión de 50 % como máximo. Las partículas finas consistirán de una mezcla de arena y arcilla o limo, y no deben contener material vegetal; el índice de plasticidad de la fracción que pasa por el tamiz No 40 será como máximo de 9 y su límite líquido no será mayor de 35; la fracción que pasa el tamiz No 200 no deben ser mayor que las dos terceras partes de la fracción que pasa el tamiz No 40 (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2013, Volumen 3).

4.3.1 Sub-base de Agregados

Descripción.- Este trabajo consiste en la provisión, mezclado, colocación, humedecido o aireación, extensión y conformación, compactación y terminado del

material de sub-base granular compuestas por agregados obtenidos de trituración o de cribado, y deberá cumplir los requerimientos especificados en la Sección 816.

Materiales.- Las sub-bases de agregados se clasifican como se indica a continuación, de acuerdo con los materiales a emplearse y al tipo de pavimento del cual forman parte.

La clase de sub-base que deba utilizarse en la obra estará especificada en los documentos contractuales. De todos modos, los agregados que se empleen deberán tener un coeficiente de desgaste máximo de 50%, de acuerdo con el ensayo de abrasión de los Ángeles y la porción que pase el tamiz N° 40 deberá tener un índice de plasticidad menor que 6 y un límite líquido máximo de 25. La capacidad de soporte corresponderá a un CBR igual o mayor del 30%. Las especificaciones que deben cumplir los agregados se especifican en la **Tabla 20**.

Tabla 20 Granulometría de las Sub-bases Granulares.
Elaborado por : Tomado de Especificaciones para la construcción de caminos y puentes NEVI-12 ,Volumen 3, pp. 341.

TAMIZ		SUBBASE CLASE I		SUBBASE CLASE II		SUBBASE CLASE III	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
3 "	76.2 mm						100,0
2 "	50.4 mm				100,0		
1 1/2 "	38.1 mm		100,0	70,0	100,0		
No 4	4.75 mm	30,0	70,0	30,0	70,0	30,0	70,0
No 40	0.425 mm	10,0	35,0	15,0	40,0		
No 200	0.075 mm	0,0	15,0	0,0	20,0	0,0	20,0

4.3.2 Base de Agregados.

Descripción.- Este trabajo consiste en la construcción de capas de base compuestas por agregados triturados total o parcialmente o cribados, estabilizados con agregado fino procedente de la trituración, o suelos finos seleccionados, o ambos. La capa de base se colocan sobre una sub-base terminada y aprobada, o en casos especiales sobre una subrasante previamente preparada y aprobada, y de acuerdo con los alineamientos, pendientes y sección transversal establecida en los planos o en las disposiciones especiales.

Materiales.- La clase y tipo de base que deba utilizarse en la obra estará especificada en los documentos contractuales, en concordancia con el tipo de vía y su utilización. A continuación se incluye en un cuadro con las recomendaciones para el uso de los diferentes tipos de material de base.

En todo caso, el límite líquido de la fracción que pase el tamiz N° 40 deberá ser menor de 25 y el índice de plasticidad menor de 6. El porcentaje de desgaste por abrasión de los agregados será menor del 40% y el valor de soporte de CBR deberá ser igual o mayor al 80%.(**ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS Y PUENTES**, Volumen 3, 1 era Edición , Quito 2013 , pp 373.)

Tabla 21 Recomendaciones para uso de material de base.
Elaborado por : Tomado de Especificaciones para la construcción de caminos y puentes NEVI-12, Volumen 3 , pp. 372

MATERIAL ESPECIFICADO	TIPO DE CARRETERA	No CARRILES	TPDA
BASE CLASE 1	Para uso principalmente en aeropuertos y carreteras con intenso nivel de tráfico.	8 a 12	> 50.000
BASE CLASE 2	Carreteras de 2 hasta 6 carriles con un ancho mínimo por carril de 3.65. Se incluye franja central desde 2 a 4 m	2 a 6	8000 - 50.000
BASE CLASE 3	Vías internas de urbanizaciones con bajo nivel de tráfico	2 a 4	1.000 - 8.000
BASE CLASE 4	Caminos vecinales	2	< 1.000

Los agregados son elementos limpios sólidos y resistentes, exentos de polvo, suciedad, arcilla u otras materias extrañas. Las especificaciones del material base clase 3 que se utiliza en el presente diseño se presentan a continuación:

Tabla 22 Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada para Base Clase 3.
Elaborado por : Tomado de Especificaciones para la construcción de caminos y puentes NEVI-12, Volumen 3 , pp. 374

	TAMIZ	BASE CLASE 3	
		Min	Máx.
2 "	50 mm		100,0
1 "	25 mm	70,0	100,0
3/4 "	19 mm	60,0	90,0
3/8 "	9.5 mm	40,0	75,0
No 4	4.75 mm	30,0	60,0
No 10	2 mm	15,0	45,0
No 40	0.425 mm	10,0	30,0
No 200	0.075 mm	0,0	15,0

4.3.3 Carpeta Asfáltica.

Descripción.- Este trabajo consiste en la colocación de una capa asfáltica bituminosa fabricada en caliente, y construida sobre una superficie debidamente preparada e imprimada, de acuerdo con la presente especificación (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2013, Volumen 3).

4.4 Diseño del Pavimento.

El diseño tanto en los pavimentos flexibles como en los pavimentos rígidos y semirrígidos en carreteras y aeropuertos requiere del estudio a detalle y preciso de los materiales empleados en las capas de terracerías, su comportamiento bajo cargas y bajo todas las condiciones climatológicas del sitio para el cual se desea el pavimento.

En ocasiones el diseño de pavimentos lleva consigo propuestas del uso de ciertos materiales y especificaciones para la construcción del pavimento como son:

- Diseño de la mezcla asfáltica.
- Del material de base o sub-base.
- Resistencia del material.
- Acomodo de capas.
- Acero de refuerzo.
- Localización de juntas.

4.4.1 Tipos de Pavimentos.

En algunos casos pueden existir soluciones intermedias a las cuales se les ha llamado pavimentos **Combinados o Semirrígidos**(YANEZ Gustavo , Nota de aula de diseño de pavimentos y carreteras, Septiembre 2013) .Históricamente los pavimentos se han dividido en dos tipos:**Flexibles** y **Rígidos**.

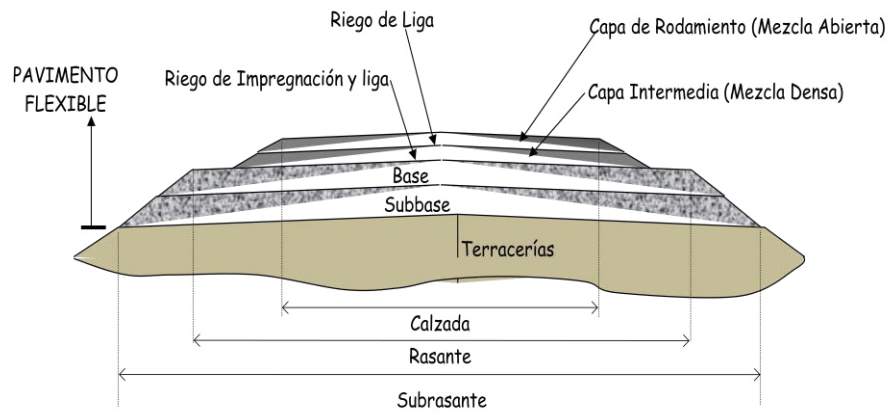


Figura :40 Esquema de un pavimento flexible.
Elaborado por : Ing. Gustavo Yáñez .

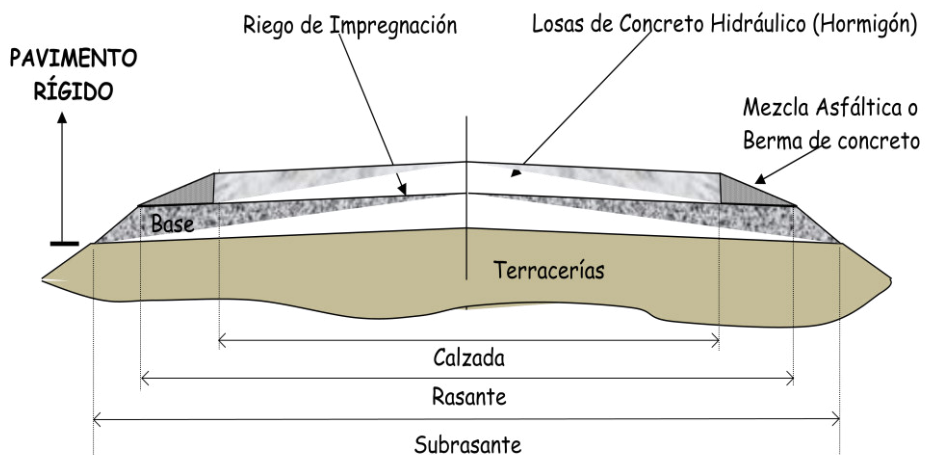


Figura :41 Esquema de un pavimento rígido
Elaborado por : Ing. Gustavo Yáñez .

4.4.2 Cargas de Tránsito en Pavimentos

Las cargas del tránsito sonlo más importante en el diseño de carreteras, pero no obstante no es el único que se debe tomar en cuenta.

Existen Tres formas de considerar el efecto que el tráfico y el vehículo tienen en el diseño de pavimentos, éstos son:

- ♣ Tránsito Fijo.
- ♣ Vehículo Fijo.
- ♣ Vehículo y Tráfico Variable.

4.4.2.1 Tránsito Fijo

El espesor del pavimento es gobernado por una carga de llanta-simple. Si el pavimento está sujeto a llantas-múltiples hay que convertir todas las cargas de llanta-simple-equivalente mediante el factor (ESWL), de tal forma que el método de diseño de llanta-simple sea aplicado.

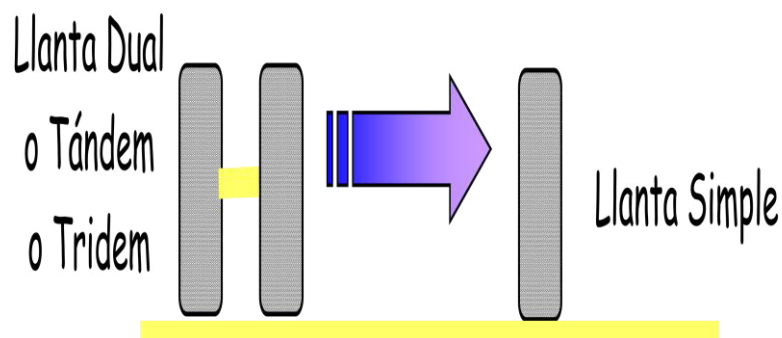


Figura :42 Figura Tránsito Fijo.
Elaborado por : Tomado de Manual de diseño de pavimentos de la
AASHTO 1993

4.4.2.2 Vehículo Fijo

El espesor del pavimento es regido por el número de repeticiones de un **Eje Estándar** de un vehículo de 8.2 toneladas (80 KN), $W_{8.2}$, lo que es igual al 18,000 libras, W_{18} .

4.4.2.3 Vehículo y Tráfico Variable.

Las cargas se dividen por número de grupos, y los esfuerzos, deformaciones unitarias y deflexiones de cada grupo pueden ser evaluadas con el fin de ser empleados en el diseño.

4.4.3 Datos de Ingeniería de Tránsito requeridos en el Diseño de Pavimentos.

1. El tránsito promedio diario anual, TPDA, vehículos/día.
2. La distribución vehicular por sentido de circulación.
3. La distribución vehicular por carriles, poniendo cuidado en el carril de proyecto.
4. La distribución vehicular por tipo de vehículo.
5. EL crecimiento vehicular a lo largo del período de análisis.

4.4.3.1 Tránsito Promedio Diario Anual, (TPDA).

Es el promedio del tránsito total diario (24 horas) que cruza por la sección transversal de una vía durante los 365 días del año. Este valor puede ser proporcionado por el Ministerio de Transportes. Para el caso de diseño de un camino nuevo, los valores de TPDA de tramos conocidos con características socioeconómicas similares, se toman como base de cálculo valores que vayan acorde con la realidad y uso.

4.4.3.2 Distribución Vehicular por Sentido de Circulación o Dirección Fd.

En períodos de tiempo cortos, de horas por ejemplo, en los caminos el tránsito no siempre es el mismo en los dos sentidos. Los flujos vehiculares mayores se dan en un sentido por la mañana y en el sentido contrario por la tarde.

4.4.3.3 Distribución Vehicular por Carriles ,Fc.

Cuando por sentido existen 2 o más carriles, uno de estos carriles es el que estará sujeto a mayores cargas y regularmente es el carril derecho o hacia el acotamiento de la sección. Los métodos de diseño consideran un factor de distribución por carril de diseño F_c , diferente con el cual se selecciona una fracción del volumen vehicular por sentido para ser considerado en el carril crítico o de diseño.

Tabla 23 Factor de Distribución por Carril.
Elaborado por : Tomado de Diseño estructural de caminos método AASHTO 93

No CARRILES EN CADA SENTIDO	PORCENTAJE DE W_{18} EN EL CARRIL DE DISEÑO
1	100
2	80 - 100
3	60 - 80
4 o más	50 -75

4.4.3.4 Distribución Vehicular por Tipo de Vehículo.

A continuación se presentan los tipos de vehículos de diseño que constan en la norma NEVI-12 y que se constituyen en la base para el cálculo del diseño del pavimento.

- ♣ Tipo A: Automóvil y Camioneta “Pick Up”.
- ♣ Tipo B: Autobuses.
- ♣ Tipo C: Camiones.
- ♣ Tipo TS: Tractocamión con Semirremolque.
- ♣ Tipo TSR: Tractocamión con Semirremolque y Remolque.

4.4.3.5 Crecimiento Vehicular a lo largo del Período de Análisis.

El objetivo es calcular el número acumulado de vehículos o ejes equivalentes que circulan por el carril de diseño, durante el período de análisis. Para cumplir con este objetivo se requiere básicamente conocer el tipo de crecimiento del tránsito vehicular, así como el ritmo o tasa de crecimiento.

4.4.4 Condiciones Climatológicas

Al emplearse diferentes materiales en la construcción del pavimento y de las terracerías, hay que tener en cuenta la presencia de agentes climatológicos que pueden influir en la durabilidad de los mismos. Se debe tener cuidado con la temperatura del aire, temperatura del pavimento y humedad de los materiales que son parámetros que influyen directamente en el diseño del pavimento y que deben ser tomados en cuenta por el Ingeniero.

4.4.5 MATERIALES PARA CAPAS DEL PAVIMENTO

El pavimento es una superficie que debe permitir la circulación del tránsito mixto, en condiciones de seguridad, confort y comodidad, bajo cualquier condición climática (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2013) por lo cual se deben cumplir con los requisitos para cada una de las partes que conforman la estructura del pavimento en cuanto a sus agregados.

4.5 Pavimentos Flexibles.

Son aquellos que tienden a deformarse y recuperarse después de sufrir deformación, transmitiendo la carga en forma lateral al suelo a través de sus capas. Está compuesto por una delgada capa de mezclas asfálticas, colocada sobre capas de base y sub-base, generalmente granulares.

En el pavimento flexible el esfuerzo de las ruedas es transmitido hacia las capas inferiores (Base, Sub-base y Sub-rasante).



Figura :43Tendido de Pavimento Flexible.
Elaborado por : Tomado de Página web del Cuerpo de Ingenieros del Ejército.

4.5.1 El Asfalto.

Es un material viscoso, pegajoso y de color negro; su consistencia es variable, está constituido mayoritariamente por una mezcla de hidrocarburos pesados. Se encuentra en yacimientos naturales o se obtiene por refinación del petróleo y es usado como aglomerante en mezclas asfálticas para la construcción de carreteras o autopistas.

También es utilizado en impermeabilizantes, material en forma de placa o lámina de distinta naturaleza (filtros asfálticos, materiales de polímeros sintéticos, membranas de fibras orgánicas, etc.), destinado a impedir el paso del agua en forma líquida a través de la instalación .que poner cuidado en materiales para diferenciando su uso ya sea estos para pavimentos flexibles o pavimentos rígidos(Miton, Febrero 2010).

4.5.3 Diseño Estructural.

Los pavimentos flexibles están conformados estructuralmente por capas de materiales granulares compactados y una superficie de rodadura la cual forma parte de la estructura del pavimento. La superficie de rodadura al tener menos rigidez se deforma más y se producen mayores tensiones en la sub-rasante .

4.5.3.1 Método AASHTO para Diseño de Pavimentos.

El procedimiento que se presenta a continuación, se encuentra basado en resultados obtenidos de una pista de prueba que tuvo lugar en Ottawa, Illinois cuando casi terminaban los años cincuenta. Las ecuaciones empíricas en las que se basa este método, fueron diseñadas para en lugar en la que se efectuó la prueba, pero sin embargo a través del tiempo han sido adaptadas para que su uso en primera instancia sea para los Estados Unidos y luego para el resto del mundo (Miton, Febrero 2010).

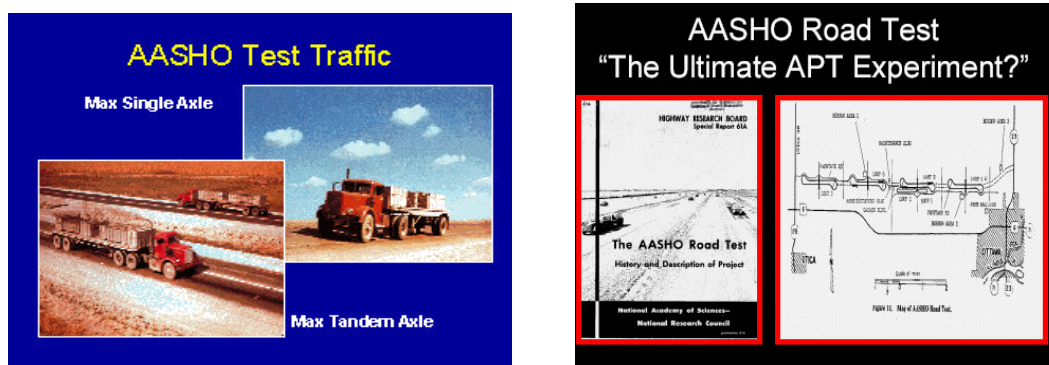


Figura :44 Ensayo Vial AASHTO.
Elaborado por : Manual de diseño AASHTO de pavimentos en 1993

Para el caso de la vía que se desea diseñar y observando los valores de CBR obtenidos en las pruebas de laboratorio (Ver **Tabla 24** Resumen de los valores CBR obtenidos en el laboratorio en los ensayos.); como se puede observar el suelo por tener las características de ser de Limo Arcilloso, el Índice de Soporte California es demasiado bajo, en toda la configuración del terreno donde se desea

asentar la vía. En tal virtud como en cualquier caso de diseño se debe hacer preponderar las condiciones más críticas por lo que se toma el valor de 1,7 % como base para los presentes cálculos que se van a efectuar.

Tabla 24 Resumen de los valores CBR obtenidos en el laboratorio en los ensayos.
Elaborado por :Capt. Javier Urbina LL

ORD	ABSISA	PORCENTAJE DEL ENSAYO	VALOR CBR OBTENIDO
1	Km 0+300	95 %	7.6 %
2	Km 0+900	95 %	1.9 %
3	Km 2+800	95 %	2.3 %
4	Km 4+500	95 %	2.4 %
5	Km 6+200	95 %	1.7 %

Si se ejecuta un análisis del valor 1,7 % que se obtuvo en los ensayos lo que debemos hacer es subir el valor K que se constituye en el Módulo de reacción de Westergard, que debe ser calculado por medio del ensayo de placa pero al ser muy costoso y demorado, puede ser estimado mediante el valor CBR.

El método de correlación CBR-K es bueno porque da una buena apreciación de K y cambios leves no afectan los valores de espesor requerido. El módulo de reacción (k) representa el soporte del terreno (natural o terraplén) y puede ser incrementado con la construcción de una capa de subbase o base (Yáñez, Septiembre 2013).

Por otra parte el tener 1,7 % de CBR que es el valor obtenido e ingresamos a la **Figura 42** no se puede obtener un valor de K que nos permita continuar con la aplicación del método AASHTO que se propone en el presente documento por lo tanto las opciones que se pueden tomar para subir el CBR básicamente son dos:

- ♣ Estabilización de Capas.

♣ Colocación de Material Granular.

La primera opción por ser demasiado costosa no será tomada en cuenta en consecuencia la colocación de material granular es la opción escogida para el presente trabajo. Según un estudio realizado por la Portland Cement Association, en cual se anota con un ejemplo, que si se tiene un CBR de 4 % y se ingresanuevamente en la **Figura42** se obtiene un valor de $K= 30$. Por otra parte si se coloca un material de sub-base sin tratar en un espesor de 300 mm, el K se mejora y sube a un valor de 52 con lo que se alcanza un valor CBR de 10 % aproximadamente como se muestra en la **Tabla 25** Efecto de Sub-bases sin Tratar en el valor del módulo de reacción.

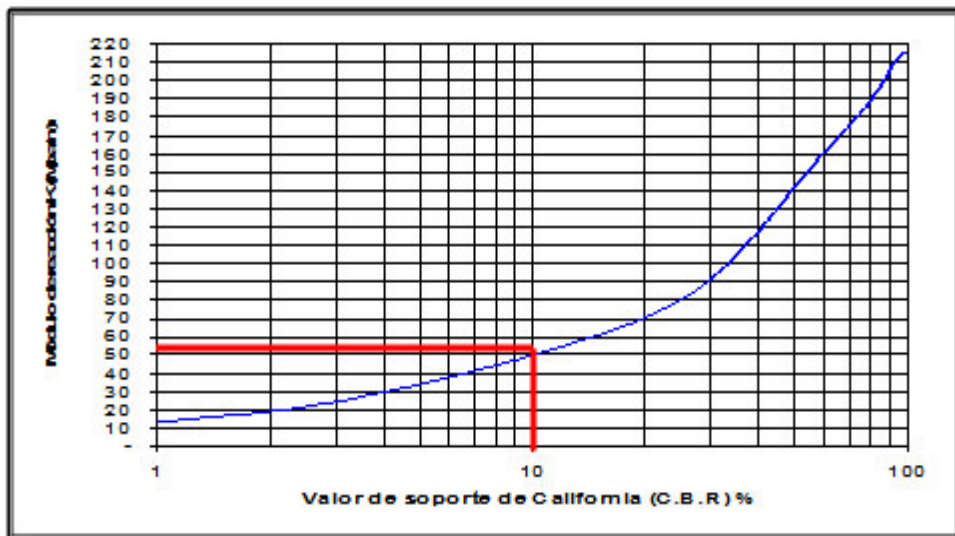


Figura :45 Grafico Módulo de reacción vs CBR
Elaborado por : Portland CementAssociation

Tabla 25 Efecto de Sub-bases sin Tratar en el valor del módulo de reacción.

Elaborado por : Tomado de Portland Cement Association.

Modulo K Subrasante		Módulo K de Subbase / Subrasante							
		100 mm		150mm		225 mm		300 mm	
Mpa / m	pci	Mpa / m	Pci	Mpa / m	pci	Mpa / m	Pci	Mpa / m	pci
20	73	23	85	26	96	32	117	38	140
30								52	
40	147	45	165	49	180	57	210	66	245
60	220	64	235	66	245	76	280	90	330
80	295	87	320	90	330	100	370	117	430

Si se calcula la diferencia entre el CBR obtenido en laboratorio y el CBR de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se obtiene :

$$DifCBR = CBR(PCA) - CBR (Laboratorio)$$

$$DifCBR = 10 \% - 1.7 \% = 8.3 \%$$

Con el cálculo efectuado anteriormente ahora debemos hacer la siguiente resta para obtener el valor real de aumento y se tiene :

$$CBR (Aumento) = Dif (CBR) - CBR (Lab)$$

$$CBR (Aumento) = 8.3 \% - 1.7 \% = 6.6 \%$$

Como podemos observar en la **Tabla 26** Correlación del CBR de laboratorio y CBR método PCA, 6.6 % se constituye en el segundo valor de nuestra tabla y en tal virtud a este último valor calculado se incrementará progresivamente el valor de 1.7 % hasta obtener un valor CBR con el cual poder continuar con el diseño del pavimento.

**Tabla 26 Correlación del CBR de laboratorio y CBR método PCA
Elaborado por :Capt. Javier Urbina LL**




ORD	VALOR CBR (Inicial)	CBR (Aumentado)	Espesor Material Granular
1	1.7 %		Valor inicial recomendado método PCA 300 mm
2		6.6 %	600 mm
3		8.3 %	900 mm
4		10.0 %	1200 mm
5		11.7 %	1500 mm

De los datos obtenidos se puede observar que con la fila No 5 ya se puede iniciar el diseño ya que con un valor CBR de 10 % ya se puede iniciar el diseño; pero como nuestro objetivo es darle mayor seguridad y tomando en cuenta que el uso de la vía será de vital importancia en el caso de suscitarse un conflicto bélico se va a utilizar el quinto valor de 11.7 % y 1500mm. Cabe recalcar que este valor es inicial ya que luego se efectuará un estudio de lluvias en el sector lo cual nos permitirá estimar el nivel de crecida de las aguas que son de vital importancia tomar en cuenta en las carreteras a fin de evitar inundaciones.

Como datos iniciales, se debe denotar que por ser una vía nueva y para uso exclusivo de las Fuerzas Armadas no se tiene datos acerca del conteo de tráfico para el valor de TPDA_o, inicial por lo que se tomará el valor de 100 vehículos tipo 3S3 que se muestra en la

Tabla 27 Tabla 2.A.106-03 Nacional de Pesos y Dimensiones: " Posibles combinaciones ", que se muestra a continuación publicada en el volumen N° 2 Libro A NORMAS PARA ESTUDIOS Y DISEÑOS VIALES de la NORMA VIAL NEVI-12

Tabla 27 Tabla 2.A.106-03 Nacional de Pesos y Dimensiones: " Posibles combinaciones "
Elaborado por : Tomado de Normas para estudios y diseños viales de la NORMA VIAL NEVI-12-MTOP.

TIPO	DISTRIBUCION MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCION	PESO BRUTO MÁXIMO PERMITIDO	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS
3 S3		 	TRACTO CAMION DE 3 EJES Y SEMIREMOLQUE DE 3 EJES 48 Ton	20.2 2. 4. 6 6 3

4.5.3.1.1 Confiabilidad

La selección del nivel apropiado de confiabilidad para el diseño de un pavimento está dictada por el uso esperado de ese pavimento. Un nivel de confiabilidad alto implica un pavimento más costoso y por lo tanto mayores costos iniciales, pero también pesa más tiempo hasta que ese pavimento necesite una reparación y por ende los costos de mantenimiento son menores (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 1998).

Con el concepto antes anotado se trata de integrar en el proceso de diseño cierto grado de certidumbre con la finalidad de asegurar que la alternativa de diseño escogida alcance el tiempo para el cual se proyecta su durabilidad.

Tabla 28 Tabla 6.4 Niveles de confiabilidad aconsejados por AASHTO. Elaborado por : Tomado de Diseño Estructural de caminos Método AASHTO 93.

CLASIFICACION FUNCIONAL	NIVEL DE CONFIANZA RECOMENDADOS	
	URBANO	RURAL
Interestatal y Autopista	85 - 99.9	80 - 99.9
Arteria Principales	80 - 99	75 - 99
Calles Colectoras	80 - 95	75 - 95
Calles Locales	50 - 80	50 - 80

4.5.3.1.2 Desviación Normal (S_o) y Estándar (Z_r).

Los valores recomendados según el método AASHTO se presentan a continuación :

Tabla 30 Desviación Estándar.

Elaborado por : Tomado de Diseño Estructural de caminos Método AASHTO 93.

Valores de Desviación Normal Estándar (Z_r)	VALORES DE ERROR ESTÁNDAR		
	SIN ERRORES DE TRÁNSITO	CON ERRORES DE TRÁNSITO	
90	-1,282	0,44 $<S_o < 0,34$	0,49 $<S_o < 0,39$
95	-1,645		
98	-2,054		

Como se indicó anteriormente en los datos iniciales para el diseño de esta vía no se conoce el valor del $TPDA_0$, por lo tanto el valor de desviación estándar a tomarse deberá ser el que fluctúa entre **0.49 y 0.39**.

4.5.3.1.3 Período de Vida.

Es el tiempo que existe entre la condición inicial de la estructura del pavimento hasta el instante en que ésta necesita de rehabilitación (Yáñez, Septiembre 2013).

También se puede definir como el tiempo entre:

- ♣ **Serviciabilidad inicial (PSI)** (entre 4.2 y 4.5) y la;
- ♣ **Serviciabilidad final (Pt):**
- ♣ Para autopistas $Pt = 3.0$
- ♣ Para carreteras de importancia media $Pt = 2.5$
- ♣ Para carreteras de importancia baja $Pt = 2.0$

Como dato de recomendación en la literatura del modelo de cálculo de la AASHTO 93 indica que se deben tomar 4.2 como PSI inicial y 2.5 como PSI final. Los datos antes anotados fueron tomados del libro (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 1998).

4.5.3.1.4 Período de Análisis.

Tiempo que se tiene como estrategia de diseño del pavimento, el cual puede ser igual al período de vida ya definido. Este período puede ser en muchas ocasiones mayor al período de vida ya que existen variables en los procesos de selección de materiales, los procedimientos de construcción o condiciones climáticas difíciles de considerar en el diseño y que pueden hacer que la duración de los pavimentos sea menor que el período de análisis considerado (Yáñez, Septiembre 2013).

Tabla 31 Recomendaciones AASHTO para el período de Análisis.
Elaborado por : Tomado de Diseño Estructural de caminos Método AASHTO 93.

Condiciones del Camino	Período de Análisis (años)
Alto Volumen Urbano	30 – 50
Alto Volumen Rural	20 – 50
Bajo Volumen Pavimentado	15 - 25
Bajo Volumen Revestido	10 - 20

4.5.3.1.5 Procedimiento de Cálculo para el Diseño.

Una vez analizados los datos se procederá al cálculo de las capas de pavimento flexible tomando en cuenta las normas y parámetros del método AASHTO 1993.

Datos :

Periodo de Diseño = 20 años.

Desviación Estándar = 0.49

Confiabilidad = 90%

CÁLCULO DEL TPDA FINAL (TPDA_f).

Se debe aplicar la siguiente fórmula que es la misma que se aplica en matemática financiera para ver el incremento de dinero en el tiempo:

$$\mathbf{TPDA_f} = \mathbf{TPDA_o} * (1 + i) ^n$$

Donde

TPDA_f	=	Tráfico Promedio Diario Anual Final.
TPDA_o	=	Tráfico Promedio Diario Anual Inicial.
i	=	Tasa de incremento.
n	=	Período de Diseño en Años.

Cabe recalcar que para el Ecuador en el caso de la tasa de incremento utilizada varía entre (4.0 % y 4.5%), por lo que se toma un promedio entre estos valores que es de 4.3% y reemplazando valores se obtiene:

$$\mathbf{TPDA_f} = 100 * (1 + \left(\frac{4.3}{100} \right))^{20} = 232.11 \text{ Vehículos}$$

FACTOR DE CARGA EQUIVALENTE.

Para los ejes simples y tándem (dobles y triples) son los derivados empíricamente en el Ensayo Vial AASHO en función no solo de la magnitud de la carga y la configuración del eje que la transmite al pavimento, sino también del tipo de pavimento (flexible o rígido), del espesor del pavimento y de la condición final de calidad de rodaje del pavimento para el momento final del periodo de diseño y obedecen, en una forma muy simplificada, a la relación exponencial siguiente(**Corredor Gustavo**, Maestría en Vías Terrestres Módulo II, Managua Agosto 2010, pp 2-22) :

A continuación se presentará un esquema en el cual se observará los datos a ser empleados al aplicar las ecuaciones sugeridas para el diseño AASHTO.

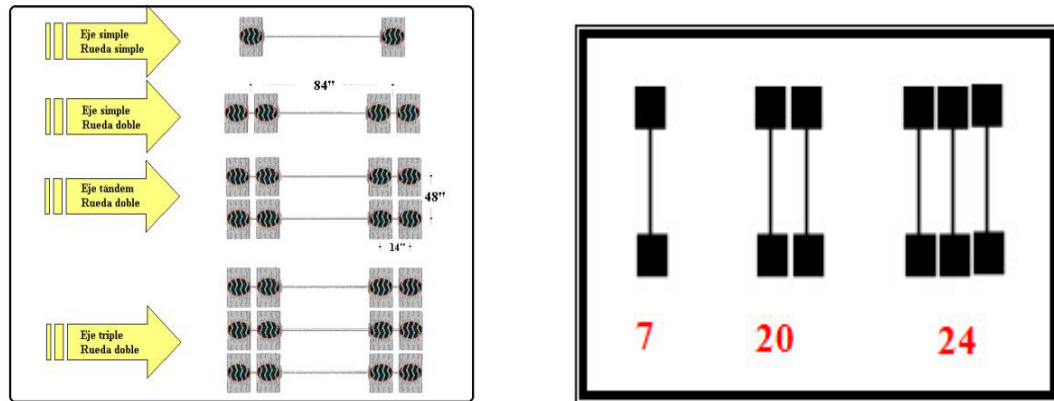


Figura :46 Número de Ejes que se representan en planta del camión tipo de cálculo.

Elaborado por: Capt. Javier Urbina LL

$$F_{ss} = \left[\frac{L_{ss}}{6.6} \right]^4 = \left[\frac{7}{6.6} \right]^4 = 1.265 \quad (\text{FQE para Eje Simple llanta simple})$$

$$F_{st} = \left[\frac{L_t}{15} \right]^4 = \left[\frac{20}{15} \right]^4 = 3.160 \quad (\text{FQE para Eje Tándem ruedadoble})$$

$$F_{tr} = \left[\frac{L_{tr}}{23} \right]^4 = \left[\frac{24}{23} \right]^4 = 1.186 \quad (\text{FQE para Eje Triple ruedadoble})$$

$$FQE = F_{ss} + F_{st} + F_{tr} \text{Factor de Carga Equivalente Total}$$

$$FQE = 1.265 + 3.160 + 1.186 = 5.611$$

DISTRIBUCIÓN DE TRÁFICO.

El factor de distribución por sentido (DDT) permite cuantificar la fracción del total del tránsito que circulará en el sentido de diseño, y sus valores son los que se indican en la siguiente tabla y tiene mucho que ver el modo de medición del tránsito(**Corredor Gustavo**, Maestría en Vías Terrestres Módulo II, Managua Agosto 2010, pp 2-22).

Tabla 29 Valores de Distribución de Trafico por sentido de Circulación.

Elaborado por: Tomado de Maestría en Vías Terrestres Módulo II

Modo de Medición	Dt
En Ambos Sentidos	0.50
Por sentido de circulación	1.00

NUMERO DE EJES TOTALES DE 8,2 Ton.

Sin lugar a dudas el método más efectivo para obtener las características del tránsito real respecto al eje sencillo de 8,2 Ton sería el pesaje del vehículo pero esto demandaría costos elevados, en tal virtud se va a proceder a realizar su cálculo según la siguiente ecuación tomada de la nota de aula del Ingeniero Gustavo Yanes

:

$$N_{8,2} = \left[\frac{TPDA_f + TPDA_o}{2} \right] * n * 365 * Dt * FQE$$

Donde:

TPDA_f	=	Tráfico Promedio Diario Anual Final.
TPDA_o	=	Tráfico Promedio Diario Anual Inicial.
Dt	=	Distribución de Tráfico.
n	=	Período de Diseño en Años.
FQE	=	Factor de Carga Equivalente.

Sustituyendo valores se obtiene:

$$N_{8,2} = \left[\frac{100 + 232.11}{2} \right] * 20 * 365 * 1.00 * 5.611 = \mathbf{6802121.71}$$

MÓDULOS RESILIENTES DE BASES, SUBBASES Y SUBRASANTES.

Dado a que no siempre se cuenta con el equipo necesario para el ejecución del ensayo del módulo resiliente, por lo que resulta conveniente relacionarlo con otras variables como por ejemplo el valor del CBR que se obtiene en el laboratorio de lo cual se obtienen las siguientes ecuaciones:

- ♣ $M_R = 10.3 * CBR$; (*Mpa*)
- ♣ $M_R = 1900 * CBR(CBR < 7)$; (*Psi*)
- ♣ $M_R = 2555 * CBR^{0.64}(CBR > 7)$; (*Psi*)

De acuerdo a lo anotado en la **Tabla 24** Resumen de los valores CBR obtenidos en el laboratorio en los ensayos, para este documento se utilizará como dato de diseño 11.7% valor CBR y reemplazando valores en la ecuación se obtiene :

$$M_R = 2555 * (11.7)^{0.64} = \mathbf{12331.89 (Psi)}$$

COEFICIENTES DE DRENAJE.

Los coeficientes de drenaje recomendados por el método se pueden obtener de la siguiente tabla, en la cual se deben tomar en cuenta los datos proporcionados por el INHAMI, que para el caso del sector de Tauray si consideramos un drenaje Bueno con períodos de evacuación de agua de 1 día y además se calcula función de

porcentaje los índices de lluvia que se presentan el valor es mayor al 25% ya que de los doce meses del año al menos llueven 5; por lo tanto $m=1$.

Tabla 33 Coeficientes de Drenaje.

Elaborado por: Tomado de Nota de aula de diseño de pavimentos y carreteras, Septiembre 2013, Ing., Yáñez Gustavo.

Condición	Extracción del agua	Porcentajes del tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad cercana a saturación			
		Menor que 1 %	1 % - 5 %	5 % -25 %	Mayor que 25 %
Excelente	2 horas	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1 día	1.25 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1 Semana	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80
Malo	1 Mes	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy malo	No Drena	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Una vez ejecutados los cálculos anteriores simplemente nos resta por determinar los números estructurales SN de cada una de las capas que conforman el pavimento ya diseñado para las cargas y sollicitaciones del proyecto. A continuación se presenta un esquema de cálculo con la finalidad de identificar las variables que intervienen.

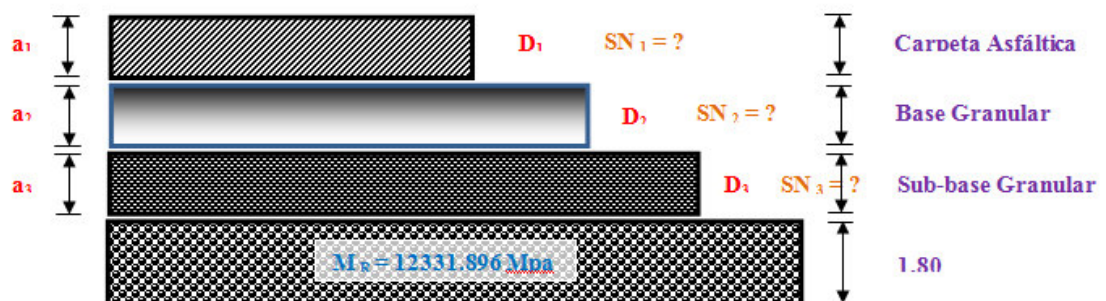


Figura :47 Esquema de Diseño del Asfalto a Calcularse.
Elaborado por :Capt. Javier Urbina LL

Al tomar en cuenta las especificaciones de los materiales anotadas anteriormente se ha podido determinar las siguientes características que son las más óptimas para un pavimento y dejando un detalle de cada una de sus capas, se tiene:

Carpeta Asfáltica

- ♣ Módulo resiliente = 400,000 psi (2,760 Mpa)
- ♣ $a_1 = 0.173$
- ♣ $m_1 = 1.0$

Base Granular

- ♣ CBR > 100.0%
- ♣ Módulo resiliente = 30,000 psi (206 Mpa)
- ♣ $a_2 = 0.056$
- ♣ $m_2 = 1.0$

Subbase Granular

- ♣ CBR > 30.0%
- ♣ Módulo resiliente = 15,000 psi (103 Mpa)
- ♣ $a_3 = 0.043$
- ♣ $m_3 = 1.0$

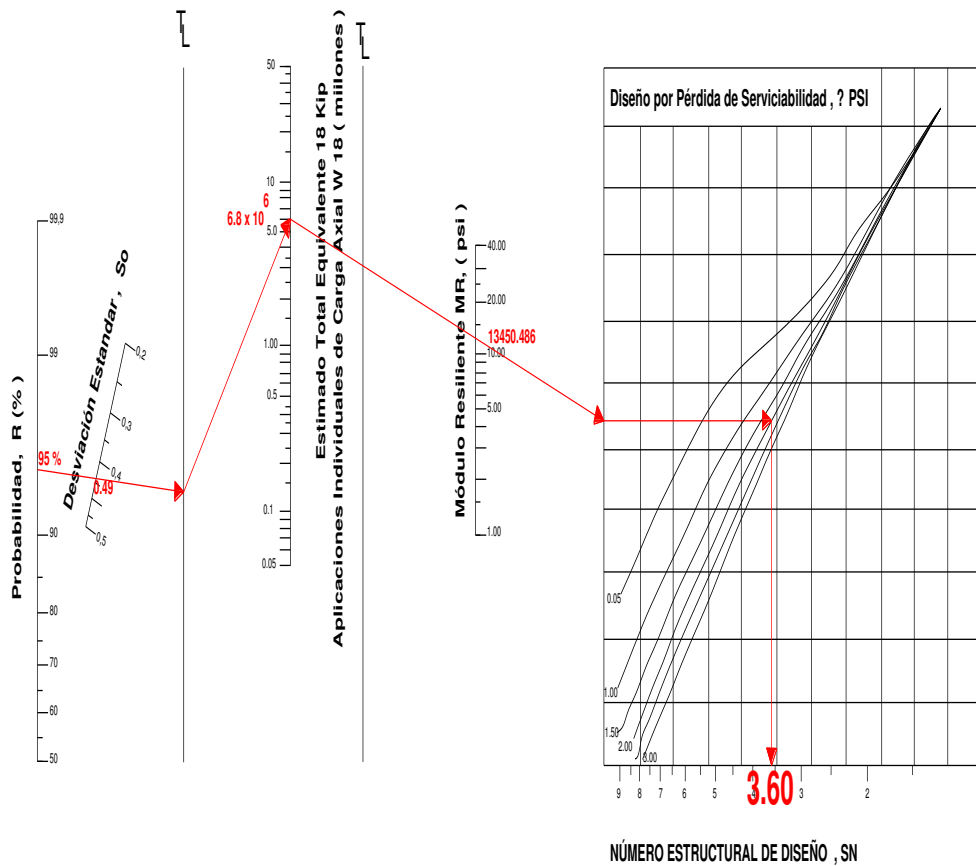
Subrasante

- ♣ CBR = 11.7%
- ♣ Módulo resiliente = 13450.486 psi (92.73Mpa).

Con los datos ya conocidos se va a proceder al cálculo del número estructural de cada una de las capas con la ayuda del programa desarrollado por el

Sr. Ing. Luis Ricardo Vásquez en el año 2004, en el cual se debe empezar calculado el SN_1 , y luego en orden hasta llegar a SN_3 (YANEZ Gustavo , Nota de aula de diseño de pavimentos y carreteras, Septiembre 2013) .

$$\clubsuit \Delta Psi = 4.2 - 2.5 = 1.7 \cong 2.0$$



**Figura :48 Método de Cálculo del Número estructural propuesto por la AASHTO 93.
Elaborado por: Capt. Javier Urbina LL.**

En la

se ejecuta la comprobación de cálculo del número estructural a3 con la finalidad de comprobar los valores calculados con el programa y como se puede observar del valor calculado al valor obtenido gráficamente existe una diferencia de 0.28.

Cálculo del Número Estructural para Carpeta Asfáltica (a1).

Ecuación AASHTO 93

CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)

Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004.

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
 90 % Zr=-1.282 So 0.49

Serviciabilidad inicial y final
 PSI inicial 4.2 PSI final 2.5

Módulo resiliente de la subrasante
 Mr 30000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos
 Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)
 Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)
 Coeficiente de transmisión de carga - (J)
 Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis
 Calcular SN **W18 = 6802121.71**
 Calcular W18

Número Estructural
SN = 2.86

Observaciones

Calcular Salir

**Figura :49 Cálculo del Número Estructural de la Carpeta Asfáltica.
 Elaborado por: Capt. Javier Urbina LL.**

Cálculo del Número Estructural para Base Granular(a2).

CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)
Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004.

Tipo de Pavimento:
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):
 90 % $Z_r = -1.282$ So = 0.49

Serviciabilidad inicial y final:
 PSI inicial = 4.2 PSI final = 2.5

Módulo resiliente de la subrasante:
 Mr = 15000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:
 Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)
 Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)
 Coeficiente de transmisión de carga - (J)
 Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis:
 Calcular SN Calcular W18

Número Estructural:
 SN = 3.73

W18 = 6802121.71

Observaciones:

Calcular Salir

**Figura :50 Cálculo del Número Estructural de la Base.
 Elaborado por: Capt. Javier Urbina LL.**

Cálculo del Número Estructural para Sub-base Granular(a3).

CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)
Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004.

Tipo de Pavimento:
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):
 90 % $Z_r = -1.282$ So = 0.49

Serviciabilidad inicial y final:
 PSI inicial = 4.2 PSI final = 2.5

Módulo resiliente de la subrasante:
 Mr = 13450.486 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:
 Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)
 Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)
 Coeficiente de transmisión de carga - (J)
 Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis:
 Calcular SN Calcular W18

Número Estructural:
 SN = 3.88

W18 = 6802121.71

Observaciones:

Calcular Salir

**Figura :51 Cálculo del Número Estructural de la Base.
 Elaborado por: Capt. Javier Urbina LL.**

Paso No 1.- Con el valor de $SN_1 = 2.86$ se procede aplicar la ecuación para el cálculo del espesor de a_1 con lo que se obtendrá lo siguiente.

$$D_1 = \frac{SN_1}{a_1 * m_1} D_1 = \frac{2.86}{0.173 * 1.00} = 16.53 \text{ cm}$$

$$\cong 17 \text{ cm de Carpeta Asfáltica.}$$

Con el valor de D_1 asumido se debe re calcular el valor de SN_1 :

$$SN_{1 \text{ real}} = D_1 * a_1$$

$$SN_{1 \text{ real}} = 17 \text{ cm} * 0.173 = 2.941$$

Paso No 2.- Con el valor de $SN_2 = 3.73$ se procede aplicar la ecuación para el cálculo del espesor de a_1 con lo que se obtendrá lo siguiente.

$$D_2 = \frac{(SN_2 - a_1 * D_1)}{a_2 * m_2}$$

$$D_2 = \frac{(3.73 - 2.941)}{0.056 * 1.00} = 14.089 \cong 15.00 \text{ cm}$$

Con el valor de D_2 asumido se debe re calcular el valor de SN_2 :

$$SN_{2 \text{ real}} = D_2 * a_2$$

$$SN_{2 \text{ real}} = 15.00 \text{ cm} * 0.056 = 0.84$$

Paso No 3.- Con el valor de $SN_3 = 3.88$ se procede aplicar la ecuación para el cálculo del espesor de a_1 con lo que se obtendrá lo siguiente.

$$D_2 = \frac{(SN_3 - a_1 * D_1 - D_2 * a_2 * m_2)}{a_3 * m_3} D_2 = \frac{(3.88 - 2.941 - 0.840)}{0.043 * 1.00} = 2.30$$

$$\cong 15.00 \text{ cm}$$

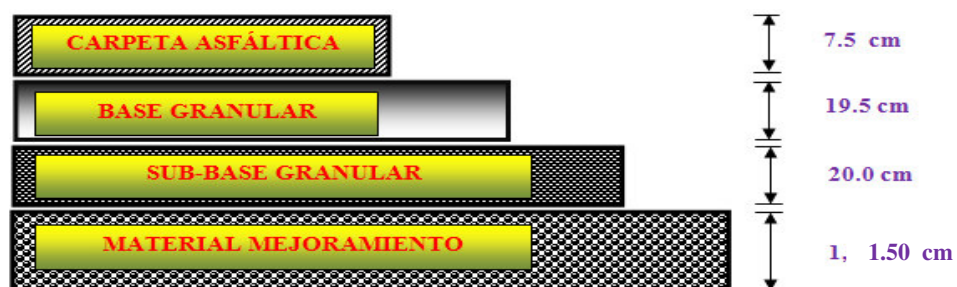
El número de $SN_{\text{Subrasante}} = 3.23$ (NÚMERO ESTRUCTURAL DE LA SUBRASANTE), deberá cumplir con la siguiente condición:

$$\sum NE \geq SN_{\text{Subrasante}}$$

$$0.173 * 17 + 0.156 * 15 + 0.043 * 15 \geq 3.23$$

$$4.426 \geq 3.23 \text{ OK}$$

Según los cálculos efectuados la sección típica de pavimento debería tener un espesor $D_1 = 17 \text{ cm}$ (Carpeta Asfáltica) , $D_2 = 15 \text{ cm}$ (Base Granular) , $D_3 = 15 \text{ cm}$ (Sub-base Granular) , pero recalcar que luego de cualquier diseño también es importante tomar en cuenta la etapa de construcción, y en consecuencia se procederá a aumentar el espesor de la base y sub-base de tal forma que sea mucho más rápido y eficiente su tendido y compactación, por lo tanto la intención será mantener el espesor calculado de 47 cm, pero variando las capas mencionadas y comprobando y luego sus espesores soportan esfuerzos a tracción como a compresión. Para comprobar los espesores propuestos se utilizará el Método de Boussinesq (multicapa) , que se fue propuesto por el francés J.Boussinesq en el libro Manual de Pavimentos del Ing. Milton Torres mediante una expresión que permite calcular la distribución de esfuerzos inducidos por carga superficial concentrada, a través de una masa de suelo homogénea e isotópica de dimensiones semi-infinitas en la cual se consideran valores como la presión de inflado de la llantas para los vehículos de 8,2 ton cuyo valor $Q = 6 \text{ Kg/cm}^2$, así como el valor de carga por llanta que corresponde a $P = 2.05 \text{ Ton}$.



**Figura :52 Resultados de los cálculos efectuados.
Elaborado por: Capt. Javier Urbina LL**

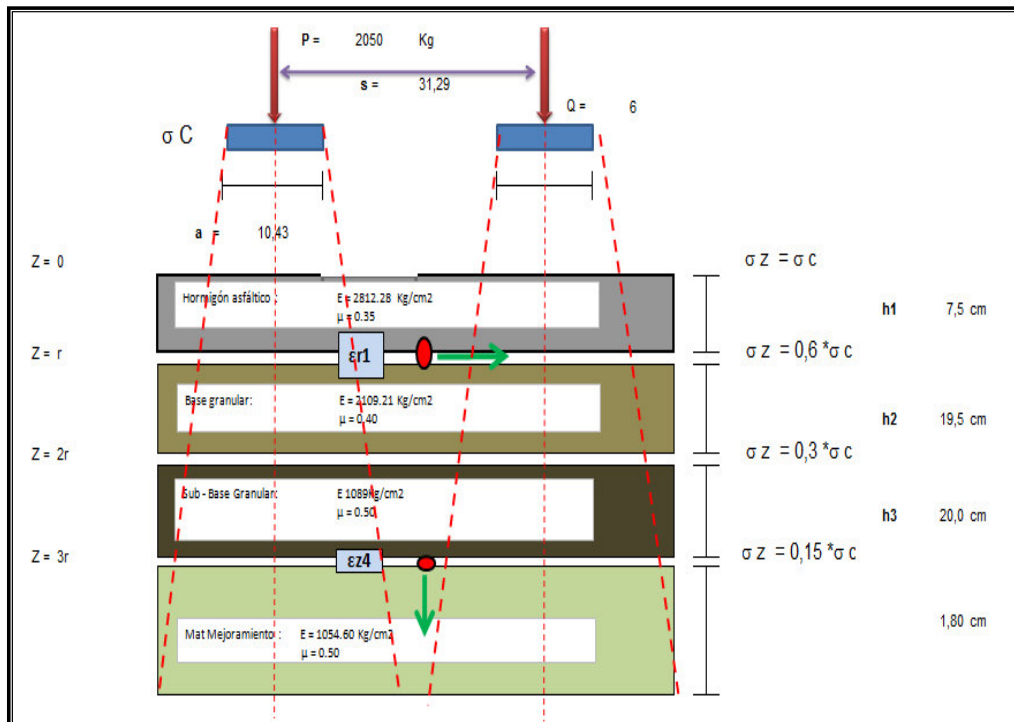
$$\text{Radio de carga } (a) = \sqrt{\frac{2050}{\pi * 6}} = \sqrt{\frac{2050}{3.1416 * 6}} = 10.43 \text{ cm}$$

$$\text{Separación de llantas } (s) = 3 * a = 3 * 31.29 \text{ cm}$$

Los valores admisibles que se van a calcular tanto para ϵr_1 y ϵz_4 aplicando las siguientes ecuaciones son:

$$\epsilon r_1 = \sqrt[3.291]{\frac{0.0796}{N * (E * 14.22)^{0.854}}} = \sqrt[3.291]{\frac{0.0796}{6802121.71 * (400000 * 14.22)^{0.854}}} = 1.37 * 10^{-4}$$

$$\epsilon z_3 = \sqrt[4.477]{\frac{1.365 * 10^{-9}}{N}} = \sqrt[4.477]{\frac{1.365 * 10^{-9}}{6802121.71}} = 3.12 * 10^{-4}$$



**Figura :53 Esquema de Cálculo del Modelo Boussinesq.
Elaborado por: Capt. Javier Urbina LI.**

**Tabla 30 Detalle de Espesores y Módulos de Elasticidad para el Diseño de Pavimento Rígido.
Elaborado por :Capt. Javier Urbina LL**

ORD	DESCRIPCION	MODULO DE ELASTICIDAD (psi)	ESPEORES (mm)
-----	-------------	----------------------------------	--------------------

1	CARPETA ASFÁLTICA	400.000,00	75
2	BASE	30.000,00	395
2	SUB - RASANTE	13.451,00	18

Cálculos Iniciales de Parámetros Básicos

$$K_1 = \frac{E_1}{E_2} = \frac{400.000,00}{30.000,00} = 13 ; K_2 = \frac{E_2}{E_3} = \frac{30.000,00}{13.451,00} = 2 ; A = \frac{a}{h_2} = \frac{1043 \text{ mm}}{395 \text{ mm}} = 0.26$$

$$H = \frac{h_1}{h_2} = \frac{75 \text{ mm}}{395 \text{ mm}} = 0.19 ; \rho = \frac{P}{\pi * a^2} = \frac{2050 \text{ Kg}}{\pi * (10.43 \text{ cm})^2} = 6 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

Se puede observar que los valores dados de K1, K2 y H no existen en las figuras ni tablas propuestas por el Instituto Colombiano de Productores de Cemento-IPC en su anexo por lo tanto para encontrar los valores de ZZ1, ZZ2, ZZ3, se usarán las figuras que se proponen a continuación con valores de K1 = 20; K2 = 2.0 que son lo que más se apegan a los cálculos efectuados.

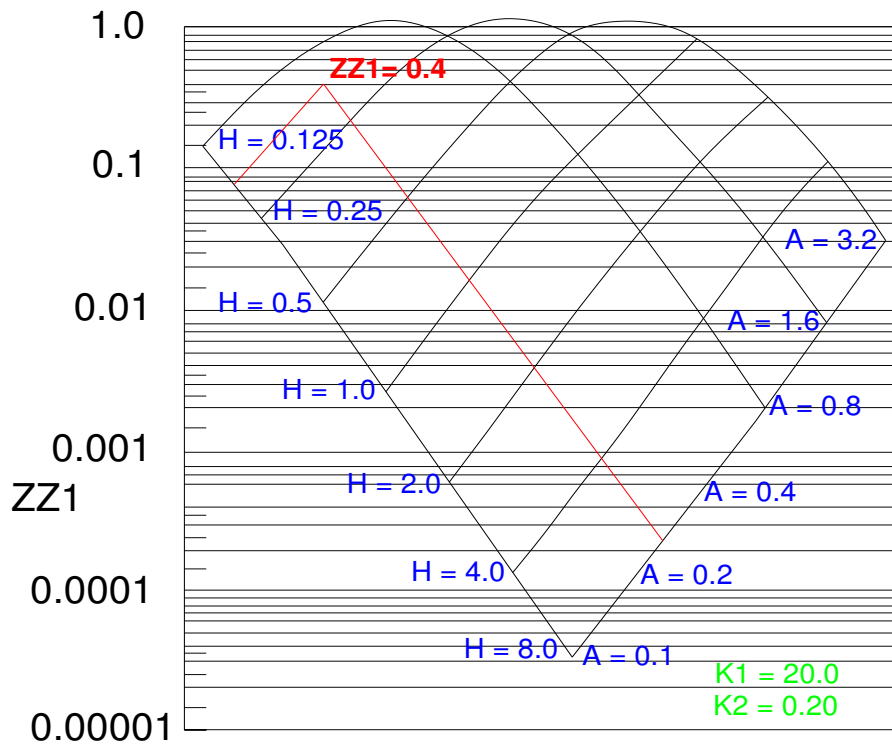


Figura :54 Figura 7.10 Factor de esfuerzos de compresión vertical $ZZ1$.

Elaborado por: Tomado de Instituto Colombiano de Productores de Cemento-IPC, 1era Edición, pp. 23

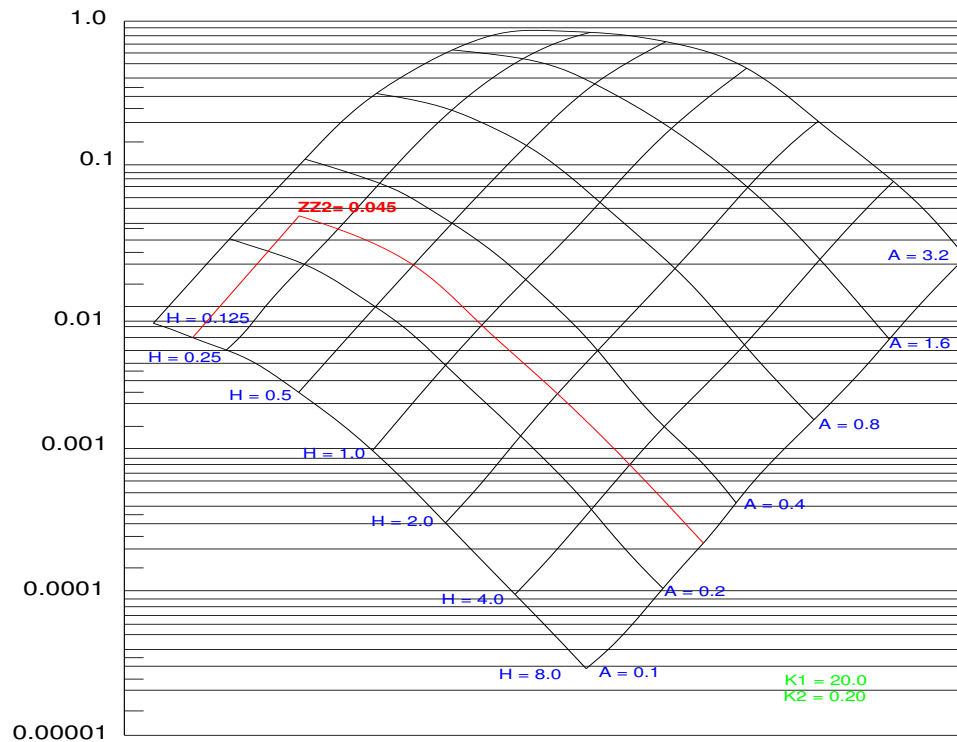


Figura :55 Figura 7.26 Factor de esfuerzos de compresión vertical ZZ2.

Elaborado por: Tomado de Instituto Colombiano de Productores de Cemento-IPC, 1era Edición, pp. 27

Cálculo del esfuerzo σ_{z1}

Para los parámetros básicos el diagrama que se ajusta para el cálculo de ZZ1 es la [Error! No se encuentra el origen de la referencia.](#), en la cual interpolo para su valor con $A = 0.26$ y el valor que se obtuvo es 0.4.

$$\sigma_{z1} = \rho * (ZZ1) = 6 \frac{Kg}{cm^2} * 0.4 = 2.4 \frac{Kg}{cm^2} ; 0.2568 Mpa.$$

Cálculo del esfuerzo σ_{z2}

De forma análoga el diagrama que se ajusta para el cálculo de ZZ2 es la [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.](#), en la cual interpolo para su valor con A = 0.26 y el valor que se obtuvo es 0.045.

$$\sigma_{z2} = \rho * (ZZ2) = 6 \frac{Kg}{cm^2} * 0.045 = 0.27 \frac{Kg}{cm^2} ; 0.0289 Mpa.$$

Cálculo de los esfuerzos $\sigma_{r1}, \sigma_{r2}, \sigma_{r3}$,

Como el nomogramas presentados por el autor el factor de esfuerzos horizontales de la **Tabla 31** Factor de esfuerzo para el modelo multicapa.no se ha tomado en cuenta para el valor de A=0.26 es necesario ejecutar una grafica que se obtiene al poner en el eje de las x el valor de A y en el eje y σ_{r1} .

Tabla 31 Factor de esfuerzo para el modelo multicapa.

Elaborado por: Tomado de Instituto Colombiano de Productores de Cemento-IPC, 1era Edición, pp. 30

A	(ZZ1-RR1)	(ZZ2-RR2)	(ZZ2-RR3)
0,1	0,6321	0,00962	0,00481
0,2	1,83766	0,03781	0,01891
0,4	3,86779	0,14159	0,07079
0,8	5,50796	0,4471	0,22355
1,6	4,24281	0,90115	0,45058
3,2	1,97494	0,93254	0,46627

Para iniciar los cálculos se toma en cuenta las siguientes ecuaciones que se muestran a continuación y reemplazado los valores se obtiene la **Tabla 36**.

$$\sigma_{r1} = \rho (ZZ1 - RR1) + \sigma_{z1}$$

$$\sigma_{r2} = \rho (ZZ2 - RR2) + \sigma_{z2}$$

$$\sigma_{r3} = \rho (ZZ3 - RR3) + \sigma_{z3}$$

Tabla 36 Cálculos de valores sigma.
Elaborado por:Capt. Javier Urbina LL.

A	σ_{r1}	σ_{r2}	σ_{r3}
0,1	-0,13926	0,021228	-0,722886
0,2	-0,8626	0,004314	-0,731346
0,4	-2,08067	-0,057954	-0,762474
0,8	-3,06478	-0,24126	-0,85413
1,6	-2,30569	-0,51369	-0,990348
3,2	-0,94496	-0,532524	-0,999762

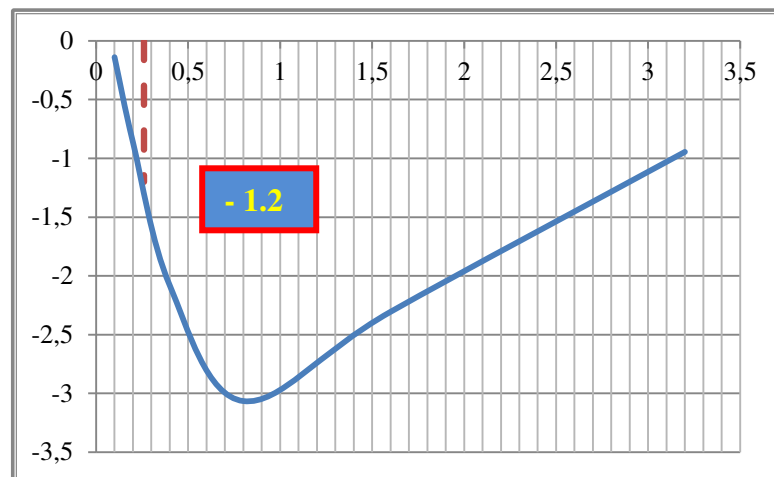


Figura :56Gráfico de A vs σ_{r1}
Elaborado por: Capt. Javier Urbina LL.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** el valor de $A=0,26$ se obtiene el valor de $ZZ3 = -1,2$ y aplicando la siguiente ecuación se calcula σ_{z3} y con el resultado obtenido se presentan los resultados de la tercera columna de la **Tabla 36.**

$$\sigma_{z3} = \rho * (ZZ2) = 6 \frac{Kg}{cm^2} * -1.2 = -7.2 \frac{Kg}{cm^2} ; -0.7704 Mpa.$$

Interpolando valores en la **Tabla 36** se llega a obtener los cálculos finales de $\sigma_{r1}, \sigma_{r2}, \sigma_{r3}$, los mismos que se presentan a continuación :

$$\sigma_{r1} = -1.38 Mpa ; \sigma_{r2} = -0.034 Mpa ; \sigma_{r3} = 0.271 Mpa$$

Finalmente se procede a calcular las deformaciones en las capas aplicando las siguientes ecuaciones y comprobando con los valores admisibles se puede verificar si cumple o no las condiciones de Tracción y Compresión.

$$\epsilon_{r1} = \frac{1}{2 * E_1} * (\sigma_{r1} - \sigma_{z1}) = \frac{1}{2 * 400000} * (1.38 - 0.2568) = 1.732 * 10^{-4}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_{z3} &= \frac{1}{E_3} * (\sigma_{z2} - \sigma_{r3}) = \frac{1}{13.451,00} * (-0.0341 - (-0.7704)) \\ &= 2.8637 * 10^{-5} \end{aligned}$$

Si ϵ_{r1} admisible < ϵ_{r1} calculado

$$1.37 * 10^{-4} < 1.732 * 10^{-4} \text{ CUMPLE POR TRACCIÓN}$$

Si ϵ_{z3} admisible > ϵ_{z3} calculado

$$3.12 * 10^{-4} > 2.86 * 10^{-5} \text{ CUMPLE POR COMPRESIÓN}$$

Por lo tanto comprobando nuevamente los espesores de las capas propuestas en la siguiente ecuación se obtiene:

$$\sum NE \geq SN_{Subrasante}$$

$$0.173 * 7.5 + 0.156 * 19.5 + 0.043 * 20 \geq 3.23$$

$$3.2495 \geq 3.23 \text{ OK}$$

4.6 Pavimentos Rígido.

Son aquellos formados por una losa de concreto Portland sobre una base, o directamente sobre la sub-rasante. Transmite directamente los esfuerzos al suelo en una forma minimizada, es auto-resistente, y la cantidad de concreto debe ser controlada. El pavimento rígido, el concreto absorbe gran parte de los esfuerzos que las ruedas de los vehículos ejercen sobre el pavimento.



Figura :57 Pavimento Rígido.

Elaborado por: Tomado de Página web del Cuerpo de Ingenieros del Ejército.

4.6.1 Hormigón.

El hormigón de cemento Portland será de clase “A” y deberá cumplir con las exigencias de la sección 801 de las especificaciones generales del MTOP, salvo que en los documentos contractuales se especifique otra clase de hormigón, en cuyo caso deberá cumplir con los requisitos establecidos para la clase especificada(**Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes NEVI-12, Volumen 3, 1 era Edición , pp 826).**

El Hormigón con cemento Portland podrá ser tipo I o II y deberá cumplir con los requisitos correspondientes establecidos en la sección 802 de las especificaciones generales del MTOP en la norma NEVI-12.

CEMENTO PORTLAND

Las normas establecidas por la norma NEVI-12 bajo los lineamientos de la norma INEN regirán para todos los procesos constructivos y cuando se requiere alguna especificación no contemplada en esta norma se deberá considerar los requerimientos del AASHTO M 85 “PORTLAND CEMENT”.

Definiciones específicas.- Cemento Portland es el producto que se obtiene de la pulverización del clinker, el cual está constituido esencialmente por silicatos de calcio hidratado, adicionado con agua o sulfato de calcio o los dos materiales, en proporciones tales que cumplan los requisitos químicos relativos a las cantidades máximas de anhídrido sulfúrico y pérdidas por calcinación.

Tipos de cemento.- El cemento Portland se clasifica en 5 tipos que, de acuerdo con la norma INEN 152, son los siguientes:

- ♣ **TIPO I** Cemento de uso general, al que no se exigen propiedades especiales.
- ♣ **TIPO II** Para uso en construcciones de hormigón expuestas a la acción moderada de sulfatos o cuando se requiere de moderado calor de hidratación.
- ♣ **TIPO III** Para usarse en construcciones de hormigón, cuando se requiere de alta resistencia inicial. **TIPO IV** .Para usarse en construcciones de hormigón, cuando se requiere bajo calor de hidratación.
- ♣ **TIPO V** Para usarse en construcciones de hormigón, cuando se requiere de alta resistencia a la acción de los sulfatos.

Los cementos de los Tipo IV y V no se hallan comúnmente en el mercado, por lo que su fabricación será sobre pedido, con la debida anticipación. Los cementos Tipo I, II y III pueden utilizarse con incorporadores de aire, de acuerdo a las especificaciones generales del MTOP. Sí en los planos o documentos contractuales no se indicare el tipo de cemento a usarse en una obra, se entenderá que debe emplearse el cemento Portland del Tipo I. En cualquier estructura o pavimento se utilizará un solo Tipo de cemento, si de otro modo no se indica en los planos(**Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes NEVI-12** ,Volumen 3, 1 era Edición , pp 827).La presente especificación tiene por objeto establecer los requisitos que debe cumplir el hormigón de cemento Portland, para su utilización en la construcción de piezas estructurales de este material, incluyendo los pavimentos rígidos.

- ♣ **Clases de hormigón.-** Con la finalidad de establecer una guía en el uso de las diferentes clases de hormigón, cuando no se indican en los planos, se recomienda usar la **Tabla 32** Hormigón - Clases y Usos.
- ♣ **Almacenamiento de agregados.-** El manipuleo y almacenamiento de agregados para hormigones se hará en forma tal que se evite la segregación de los tamaños componentes o la mezcla con materiales extraños. El Contratista debe efectuar el almacenamiento separado de los agregados en silos o plataformas especiales, convenientemente localizadas. Los acopios se prepararán en capas aproximadamente horizontales, de un espesor no mayor de 1,0 metro.

Los agregados que provengan de diferentes fuentes de origen no deben almacenarse juntos, y cada tamaño o fracción de agregado deberá almacenarse separadamente.

Tabla 32 Hormigón - Clases y Usos.

Elaborado por: Tomado de Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes del MTOP (MOP-001-F-2002) Tabla 804-3-1

CLASE	TIPO DE HORMIGON	RESISTENCIA ESPECIFICADA A COMPRESIÓN f'cMpa	RESISTENCIA ESPECIFICADA A TRACCIÓN MR Mpa	A / C	USO GENERAL (Solamente Información)
A	Estructura Especial	> 28	N / A	0.44	Obras de gran envergadura Puentes. Losa superior de alcantarillas de tráfico directo. Elementos prefabricados. Tanques y reservorios
B	Estructural	Entre 21 y 28	N / A	0.58	Losas, vigas, viguetas, columnas, nervaduras de acero, alcantarillas de cajón, estribos, muros, zapatas armadas
C	Para elementos trabajando a tracción	N / A	> 2.5	0.46	Pavimentos rígidos, tanques y reservorios cilíndricos o cónicos
D	Para compactar con rodillo o con pavimentadora	N / A	> 3.5	0.36	Pavimentos, presas de gravedad.
E	No estructural	Entre 14 y 18	N / A	0.65	Zapatas sin armar, replantillos, bordillos, contrapisos.
F	Ciclópeo	> 12	N / A	0.7	Muros, estribos y plintos no estructurales
G	Relleno Fluido	Entre 0.5 y 8	N / A		Rellenos para nivelación, bases de pavimentos, rellenos de zanjas y excavaciones

4.6.2 Agua.

No es necesario que el agua para la mezcla sea potable. Sólo tiene que ser agua limpia, no contaminada químicamente, sin elementos extraños ni suciedad evidente. Para ello, se puede utilizar las aguas de un estero, río, lago o vertiente(**Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes NEVI-12** ,Volumen 3, 1 era Edición , pp 205).

- ♣ **Alcance y limitaciones.-** Esta especificación se aplica para el agua que se va a emplear en cualquier tipo de construcción y que se mezclará con cemento Portland en el proceso.
- ♣ **Requisitos.-** El agua que se emplea en hormigones y morteros debese aprobada por el **Fiscalizador**; será limpia, libre de impurezas, y carecerá de aceites, álcalis, ácidos, sales, azúcar y materia orgánica. El agua potable será considerada satisfactoria para emplearla en la fabricación de morteros y hormigones.
- ♣ **Ensayos y Tolerancias.-** El agua para la fabricación de morteros y hormigones podrá contener como máximo las siguientes impurezas en porcentajes, que se presentan.

Tabla 38 Impurezas - Agua para Hormigones

Elaborado por: Tomado de Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes NEVI-12, Volumen 3, pp. 482

IMPUREZAS	%
Acidez y alcalinidad calculadas en términos de carbonato de calcio	0.05
Sólidos orgánicos total	0.05
Sólidos inorgánicos total	0.05

El agua para mezcla de hormigones y morteros, no debe tener sustancias nocivas tales como las que se presentan a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 33 Limitaciones- Agua para Hormigones
Elaborado por: Tomado de Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes NEVI-12, Volumen 3, pp. 482

DETERMINACIÓN	LIMITACION
PH	Mayor o igual a 5
Sustancias disueltas	Menor o igual 15 gr / litro
Sulfatos	Menor o igual 1 gr / litro
Sustancias orgánicas solubles en éter	Menor o igual 15 gr / litro
Ión cloro	Menor o igual 6 gr / litro
Hidratos de carbono	No deben contener

Es más perjudicial para el hormigón utilizar aguas no adecuadas para su curado que su amasado. Si el Fiscalizador lo solicita, se somete el agua a un ensayo de comparación con agua destilada. La comparación se realizará mediante ensayos de durabilidad, tiempo de fraguado y resistencia del mortero según las normas INEN correspondientes. Cualquier indicio de falta de durabilidad, cambio en el tiempo de fraguado en más de 30 minutos, o reducción de más del 10% en la resistencia del mortero, será causa suficiente para el rechazo del agua sometida a comparación (Publicas, 2013).

4.6.3 Materiales Pétreos.

Los agregados que se utilizan en la preparación del hormigón tipo “A” para el pavimento, deberán cumplir con los requerimientos de la sección 803 de las especificaciones generales de la norma NEVI-12, y su granulometría se determina en el contrato en base a los límites establecidos en la misma sección.

AGREGADOS PARA HORMIGÓN

El objetivo de esta especificación es determinar los requisitos que deben cumplir los áridos para ser utilizados en la preparación de hormigón de cemento Portland.

- ♣ **Alcance y limitaciones.-** Esta especificación comprende los áridos naturales y los obtenidos por trituración de grava o piedra naturales.
- ♣ **Definiciones específicas.-** Tamaño máximo del agregado: Es la menordimensión nominal de la abertura del tamiz INEN a través del cual pasa toda la cantidad del árido (INEN 694).
- ♣ **Árido:** Material granular que resulta de la disgregación y desgaste de las rocas, o que se obtiene mediante la trituración de ellas.
- ♣ **Árido grueso:** Árido cuyas partículas son retenidas por el tamiz INEN 4,75 mm. (Nº 4).
- ♣ **Árido fino:** Árido cuyas partículas atraviesan el tamiz INEN 4,75 mm. y son retenidas en el tamiz INEN 75 mm. (Nº 200).

i. Árido Grueso.

Los agregados gruesos para el hormigón de cemento Portland estarán formados por grava, roca triturada o una mezcla de éstas que cumpla con los requisitos de la norma INEN 872. Los agregados se compondrán de partículas o fragmentos resistentes y duros, libres de material vegetal, arcilla u otro material inconveniente, sin exceso de partículas alargadas o planas.

**Tabla 34 : Materiales Pétreos- Graduación del Árido Grueso.
Elaborado por: Tomado de Especificaciones Generales para la
Construcción de Caminos y Puentes NEVI-12, Volumen 3, pp. 838.**

Número de tamizado	Tamaño nominal (Tamices con aberturas cuadradas) (mm)	Tamaño nominal (mm)													
		100	90	75	63	50	37.5	25.0	19.0	12.5	9.5	4.75	2.36	1.18	300
1	de 90 a 37.5	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5						
2	de 63 a 37.5			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5						
3	de 50 a 25.0				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
357	de 50 a 4.75				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5			
4	de 37.5 a 19.0					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5				
467	de 37.5 a 4.75					100	95 a 100	40 a 85	35 a 70		10 a 30	0 a 5			
5	de 25.0 a 12.5						100		20 a 55	0 a 10	0 a 5				
56	de 25.0 a 9.5						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5			
57	de 25.0 a 4.75						100	90 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5		
6	de 19.0 a 9.5							100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5			
67	de 19.0 a 4.75								90 a 100	40 a 70	20 a 55	0 a 10	0 a 5		
7	de 12.5 a 4.75								100	85 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5		
8	de 9.5 a 2.36								100	90 a 100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	
89	de 9.5 a 1.18									100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	5 a 30	0 a 5
9. A	de 4.75 a 1.18										100	85 a 100	10 a 40	10 a 40	0 a 5

Los áridos gruesos que presenten resultados de ensayos que excedan los límites especificados en el cuadro anterior, pueden aceptarse, siempre que el hormigón de propiedades comparables, hecho de árido similar proveniente de la misma fuente, haya mostrado un servicio satisfactorio al estar expuesto a una condición similar, a la cual va a estar sometido el hormigón por elaborarse con dicho árido grueso; o, en ausencia de un

registro de servicio, siempre que mezclas de prueba preparadas con dicho árido grueso presenten características satisfactorias, al ser ensayadas en el laboratorio.

ii. Árido Fino.

Los agregados finos para hormigón de cemento Portland están formados por arena natural, arena de trituración o una mezcla de ambas. Los agregados finos se compondrán de partículas resistentes y duras, libres de material vegetal u otro material inconveniente.

Los agregados finos provenientes de diferentes minas o fuentes de origen no pueden ser almacenados conjuntamente; se los coloca en depósitos separados, a distancias suficientes, para evitar posibles mezclas entre los materiales de diferentes depósitos. Los agregados finos obtenidos de diferentes fuentes de origen, no pueden ser utilizados en forma alternada en la misma obra que se está construyendo, sin contar con permiso escrito del Fiscalizador (Publicas, 2013) .

Entre dos tamices cualesquiera consecutivos, no debe quedar retenido más del 45% del árido fino, y su módulo de finura no debe ser menor de 2,3 ni mayor de 3,1.

4.6.4 Diseño Estructural.

Hace tiempo atrás, se pensaba que construir un pavimento rígido, implicaba largos tiempos de ejecución, estructuras de carpetas esbeltas, grandes cantidades de acero de refuerzo y superficies de rodamiento, que con el paso de los años, podrían causar derrapamiento de los vehículos.

Cabe recalcar que al contrario de lo que se pensaba, el diseño de un pavimento rígido nos ofrece características como la velocidad en su construcción, mayor vida útil con alto índice de servicio, mantenimiento mínimo, no se deforma ni deteriora con el tiempo, requiere menor estructura de soporte.

4.6.4.1 Método PCA para Diseño de Pavimentos Rígidos.

En el diseño de **Pavimentos Rígidos**, los métodos mecanicistas involucran falla por fatiga, la cual ha sido correlacionada muy bien con esfuerzos en la losa, por lo tanto hay que estudiar qué tipos de esfuerzos se dan en la losa y cuál es la condición crítica de trabajo. En los pavimentos rígidos hay que considerar que las acciones que inducen esfuerzos en las losas son: Cargas del tránsito y Condiciones climáticas.

Por lo expuesto anteriormente, hay que conocer bien las causas y efectos que rigen el comportamiento de una losa o pavimento, con la finalidad de implementar mejoras al mismo con la idea de minimizar los esfuerzos o acciones. En 1984 la PCA publicó su última versión “Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements”, cuyo objetivo es obtener el espesor mínimo que tendrá el menor costo anual, tanto en el costo inicial como en el costo de rehabilitación.

Este procedimiento evalúa el pavimento usando dos modelos de falla:

- ♣ **Fatiga**
- ♣ **Erosión**

El diseño o método se basa en un análisis mecanístico del pavimento evaluando esfuerzos y deflexiones en las juntas, esquinas y bordes mediante un programa de elementos finitos conocido como JSLAB (Tayabji and Colley 1984).

4.6.4.1.1 Análisis por Fatiga

Supone que la condición más crítica ocurre cuando la llanta del camión está colocada en el borde longitudinal a la mitad entre dos juntas transversales. El espacio entre juntas y tipo de junta que tienen mecanismos de transferencia de carga son ignorados en el análisis de fatiga por su mínimo efecto en el espesor del pavimento. Sin embargo, la magnitud de los esfuerzos críticos se ven reducidos, cuando se usa acotamiento de concreto hidráulico. En resumen se realiza un análisis por fatiga para proteger al pavimento contra la acción de los esfuerzos por la acción repetida de las cargas.

4.6.4.1.2 Análisis por Erosión

La deflexión crítica para pavimentos con juntas ocurre en la esquina de losa cuando hay una carga cerca de la esquina. En resumen el análisis por erosión sirve para limitar los efectos de la deflexión del pavimento en los bordes de las losas, juntas, esquinas y controlar así la erosión de la fundación y de los materiales de las bermas.

4.6.4.1.3 Subrasante

El valor de k = Módulo de reacción de Westergard, se calcula por medio del ensayo de la placa, pero al ser este costoso y tardado, puede ser estimado mediante el CBR o valor R . El método de correlación CBR- K es bueno porque da una buena apreciación de K y cambios leves no afectan los valores de espesor requerido (Ver **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). El módulo de reacción (k) representa el soporte del terreno (natural o terraplén) y puede ser incrementado con

la construcción de una capa de subbase o base. Al existir varios valores de k tomados a lo largo del camino, AASHTO recomienda utilizar el promedio de ellos para el diseño del pavimento (Yanez Gustavo, Nota de aula de diseño de pavimentos y carreteras, Septiembre 2013.)

4.6.4.1.4 Período de Diseño.

Se deben tomar en cuenta básicamente la vida del pavimento, el período de análisis del tránsito, normalmente el período de diseño es de 20 años y para autopistas varía de 30 a 35 años, en este caso se tomara como período de diseño 20 años ya que si al final del presente documento se requiere ejecutar un análisis comparativo de los diseños rígido como flexible se deben tomara variables similares para la ejecución de los procedimientos de cálculo.

Tabla 35 : Tasas y Factores de Crecimiento de Tráfico.
Elaborado por: Tomado de Nota de aula de diseño de pavimentos y carreteras, Septiembre 2013, Ing., Yánez Gustavo.

Tasas de crecimiento del tráfico (%)	Factor de proyección 20 años	Factor de proyección 40 años
1	1.1	1.2
1 ½	1.2	1.3
2	1.2	1.5
2 ½	1.3	1.6
3	1.3	1.8
3 ½	1.4	2
4	1.5	2.2
4 ½	1.6	2.4
5	1.6	2.7
5 1/2	1.7	2.9
6	1.8	3.2

4.6.4.1.5 Factores de Seguridad de Carga.

Los ejes de carga considerados o evaluados en los puntos anteriores se multiplican por factores de seguridad (Yáñez Gustavo , Nota de aula de diseño de pavimentos y carreteras, Septiembre 2013) .

- ♣ FS = 1.2 ;Autopistas con flujo continuo, alto contenido de vehículo pesado, multicarriles.
- ♣ FS = 1.1 ;Autopistas o arterias con moderado volumen de tráfico pesado.
- ♣ FS = 1.0 ;Caminos y calles residenciales con bajos volúmenes de tráfico.

4.6.4.1.6 Propiedades del Concreto Hidráulico.

Dentro del las variables que influyen en el diseño están relacionadas con la calidad del concreto hidráulico (hormigón), y al influir en la durabilidad del mismo, influirá por lo tanto en el comportamiento del pavimento en su vida útil.

Resistencia a tensión por flexión, (S'_c) o módulo de ruptura, (MR). Los valores del Módulo de Ruptura, MR, varían entre 41 y 50 kg/cm² (583 y 711 psi), pero hay valores recomendados.

Tabla 36 : MR Recomendados por la AASHTO.

Elaborado por: Tomado de Nota de aula de diseño de pavimentos y carreteras, Septiembre 2013, Ing., Yánez Gustavo.

Tipo de Pavimento	MR recomendados	
	Kg/cm ²	psi
Autopista	48.0	682.7
Carreteras	48.0	682.7
Zonas Industriales	45.0	640.1
Urbanas Principales	45.0	640.1
Urbanas Secundarias	42.0	597.4

4.6.2.1.7 Cálculos Efectuados.

Datos de Entrada.

- Resistencia Flexural : 45 Kg / cm² = 4,4 Mpa** , aprox 310 -320 Kg / cm².

** Resistencia flexural ≥ 4 Mpa aprox : 40.8 Kg / cm².

** Resistencia a la Compresión ≥ 28 Mpa aprox : 285.6 Kg / cm².

- CBR = 11.7 %** Tomando 1,5 cm de mejoramiento.

K = 90

Período de Diseño

♣ n = 20 Años.

- Estimación del Tráfico.**

Se debe tomar como punto de partida el valor a tomarse en cuenta en que la tasa de crecimiento vehicular en el Ecuador es de 4 % por lo tanto para veinte años se usará el valor de 1.5.

TPDA_o = 100 vehículos tipo 3s3.

Eje Simple = 7 * 9.8 KN = 68.6 KN.

♣ **Eje Tandem** = 20 * 9.8 KN = 196.0 KN.

♣ **Eje Tridem** = 24 * 9.8 KN = 235.2 KN

TPDA_f = nx 365 x TPDA_o x Factor de Proyección.

TPDA_f = 20 x 365 x 100 x 1.5 = 1095000.

- Datos que deben asumirse para una primera iteración.**

♣ Espesor de Tanteo	=	300 mm.
♣ K Combinado	=	90
♣ Módulo de Rotura	=	4.4 Mpa.
♣ FSC	=	1.2.
♣ Juntas con Pasadores	=	No.
♣ Berma	=	No

Para el caso de la determinación de Esfuerzo Equivalente se debe usar la *Error! No se encuentra el origen de la referencia.* y para el Factor de Erosión la *Tabla 38* que se presentan a continuación:

Tabla37 : Equivalent Stress- No Concrete Shoulder (SingleAxie / Tandem Axie)

Elaborado por: Tomado de Nota de aula de diseño de pavimentos y carreteras, Septiembre 2013, Ing., Yánez Gustavo.

Slab thickness (mm)	k of subgrade-subbase (Mpa/m)							
	40		60		80		140	
220	1,57	/ 1,41	1,46	/ 1,27	1,46	/ 1,18	1,26	/ 1,03
230	1,48	/ 1,34	1,38	/ 1,21	1,38	/ 1,12	1,18	/ 0,98
240	1,39	/ 1,28	1,30	/ 1,15	1,30	/ 1,06	1,11	/ 0,93
250	1,32	/ 1,22	1,22	/ 1,09	1,22	/ 1,01	1,05	/ 0,88
260	1,25	/ 1,17	1,16	/ 1,05	1,16	/ 0,97	0,99	/ 0,84
270	1,18	/ 1,12	1,10	/ 1,00	1,10	/ 0,93	0,94	/ 0,80
280	1,12	/ 1,07	1,04	/ 0,96	1,04	/ 0,89	0,89	/ 0,77
290	1,07	/ 1,03	0,99	/ 0,92	0,99	/ 0,85	0,89	/ 0,74
300	1,02	/ 0,99	0,95	/ 0,89	0,95	/ 0,82	0,81	/ 0,71
310	0,97	/ 0,96	0,90	/ 0,86	0,90	/ 0,79	0,77	/ 0,68
320	0,93	/ 0,92	0,85	/ 0,83	0,86	/ 0,76	0,74	/ 0,66
330	0,89	/ 0,89	0,83	/ 0,80	0,83	/ 0,74	0,71	/ 0,63
340	0,85	/ 0,86	0,79	/ 0,77	0,79	/ 0,71	0,68	/ 0,61
350	0,82	/ 0,84	0,76	/ 0,75	0,76	/ 0,69	0,65	/ 0,59

Tabla38 : Erosion Factors - Doweled Joints, No Concrete Shoulder (SingleAxie / Tandem Axie)

Elaborado por : Tomado de Nota de aula de diseño de pavimentos y carreteras, Septiembre 2013, Ing, Yánez Gustavo.

Slab thickness (mm)	k of subgrade-subbase (Mpa/m)											
	40		60		80		140					
220	2,71	/	2,87	2,69	/	2,83	2,69	/	2,80	2,67	/	2,76
230	2,65	/	2,82	2,64	/	2,78	2,63	/	2,75	2,61	/	2,70
240	2,60	/	2,78	2,58	/	2,73	2,57	/	2,71	2,55	/	2,66
250	2,54	/	2,73	2,53	/	2,69	2,52	/	2,66	2,50	/	2,61
260	2,49	/	2,69	2,48	/	2,65	2,47	/	2,62	2,45	/	2,56
270	2,44	/	2,65	2,43	/	2,61	2,42	/	2,58	2,40	/	2,52
280	2,40	/	2,62	2,38	/	2,57	2,37	/	2,54	2,35	/	2,48
290	2,35	/	2,58	2,34	/	2,53	2,33	/	2,50	2,31	/	2,44
300	2,31	/	2,55	2,30	/	2,50	2,29	/	2,46	2,26	/	2,41
310	2,27	/	2,51	2,25	/	2,46	2,24	/	2,43	2,22	/	2,37
320	2,23	/	2,48	2,21	/	2,43	2,20	/	2,40	2,18	/	2,33
330	2,19	/	2,45	2,17	/	2,40	2,16	/	2,36	2,14	/	2,30
340	2,15	/	2,42	2,14	/	2,37	2,12	/	2,33	2,10	/	2,27
350	2,11	/	2,39	2,10	/	2,34	2,09	/	2,30	2,07	/	2,24

Como en este caso tenemos Eje Tandem, debemos usar también las tablas que se presentan a continuación para la determinación de los factores antes anotados.

Tabla39 : Equivalent Stress - Tridems(whitout Concrete Shoulder / whith Concrete Shoulder)

Elaborado por : Tomado de Nota de aula de diseño de pavimentos y carreteras, Septiembre 2013, Ing, Yánez Gustavo.

Slab thickness (mm)	k of subgrade-subbase (Mpa/m)											
	40		60		80		140					
220	1,07	/	0,86	0,95	/	0,80	0,66	/	0,76	0,78	/	0,71
230	1,02	/	0,81	0,91	/	0,75	0,84	/	0,72	0,73	/	0,67
240	0,97	/	0,77	0,87	/	0,71	0,80	/	0,68	0,69	/	0,63
250	0,93	/	0,73	0,83	/	0,58	0,76	/	0,64	0,66	/	0,59
260	0,89	/	0,70	0,79	/	0,64	0,73	/	0,61	0,63	/	0,56

270	0,86	/	0,66	0,75	/	0,61	0,70	/	0,58	0,60	/	0,53
280	0,82	/	0,63	0,73	/	0,59	0,67	/	0,56	0,58	/	0,51
290	0,79	/	0,60	0,71	/	0,56	0,65	/	0,53	0,55	/	0,49
300	0,76	/	0,58	0,68	/	0,54	0,63	/	0,51	0,53	/	0,45
310	0,73	/	0,55	0,66	/	0,51	0,60	/	0,49	0,51	/	0,44
320	0,70	/	0,53	0,63	/	0,49	0,58	/	0,47	0,50	/	0,43
330	0,68	/	0,51	0,61	/	0,47	0,56	/	0,45	0,48	/	0,41
340	0,65	/	0,49	0,59	/	0,45	0,55	/	0,43	0,46	/	0,39
350	0,63	/	0,47	0,57	/	0,44	0,53	/	0,42	0,45	/	0,38

Tabla40 : Erosion Factors - Tridems - Doweled Joints.

Elaborado por : Tomado de Nota de aula de diseño de pavimentos y carreteras, Septiembre 2013, Ing, Yánez Gustavo.

Slab thickness (mm)	k of subgrade-subbase (Mpa/m)											
	40		60		80		140					
220	3,12	/	2,53	2,94	/	2,43	2,90	/	2,37	2,82	/	2,25
230	3,08	/	2,49	2,90	/	2,40	2,86	/	2,34	2,77	/	2,21
240	3,05	/	2,46	2,58	/	2,37	2,62	/	2,31	2,73	/	2,18
250	3,01	/	2,44	2,83	/	2,34	2,78	/	2,28	2,69	/	2,15
260	2,98	/	2,41	2,79	/	2,32	2,74	/	2,25	2,66	/	2,12
270	2,94	/	2,38	2,76	/	2,29	2,71	/	2,22	2,62	/	2,10
280	2,91	/	2,36	2,72	/	2,26	2,58	/	2,20	2,59	/	2,07
290	2,68	/	2,33	2,69	/	2,24	2,65	/	2,17	2,55	/	2,04
300	2,65	/	2,31	2,68	/	2,22	2,62	/	2,15	2,52	/	2,02
310	2,82	/	2,29	2,63	/	2,19	2,59	/	2,13	2,49	/	2,00
320	2,80	/	2,26	2,61	/	2,17	2,56	/	2,10	2,46	/	1,97
330	2,77	/	2,24	2,58	/	2,15	2,53	/	2,06	2,44	/	1,95
340	2,74	/	2,22	2,55	/	2,13	2,50	/	2,06	2,41	/	1,93
350	2,72	/	2,20	2,53	/	2,11	2,48	/	2,04	2,38	/	1,91

Una vez extraídos los datos de las tablas antes anotadas tomando en cuenta que como el valor de K combinado es 90 los valores son interpolados y con estos valores se debe ingresar en las gráficas para continuar el diseño como se indica en las figuras adjuntas a cada uno de los cálculos presentados:

EJEMPLO DE CÁLCULO DE INTEPROLACIÓN

$$\clubsuit \text{ Valor Mayor}_{80\text{Mpa}} = 0.9$$

$$\clubsuit \text{ Valor Menor}_{140\text{ Mpa}} = 0.81$$

$$\clubsuit \text{ Diferencia} = 0.9 - 0.81 = 0.09$$

$$\clubsuit \text{ No de espacios} = 140 - 80 = 6$$

$$\clubsuit \text{ Valor calculado} = \frac{0.09}{6} = 0.015$$

$$\clubsuit \text{ Esfuerzo Equivalente} = \text{Valor Mayor} - \text{Valor calculado} =$$

$$= 0.9 - 0.015 = \mathbf{0.885}$$

De forma análoga se ejecuta para el factor de erosión para todos los cálculos efectuados.

EJE SIMPLE

$$\clubsuit \text{ Esfuerzo Equivalente} = 0.885$$

$$\clubsuit \text{ Relación de Esfuerzo} \left(\frac{Efs}{MR} \right) = \frac{0.885}{4.4} = 0.201$$

$$\clubsuit \text{ Factor de Erosión} = 2.285$$

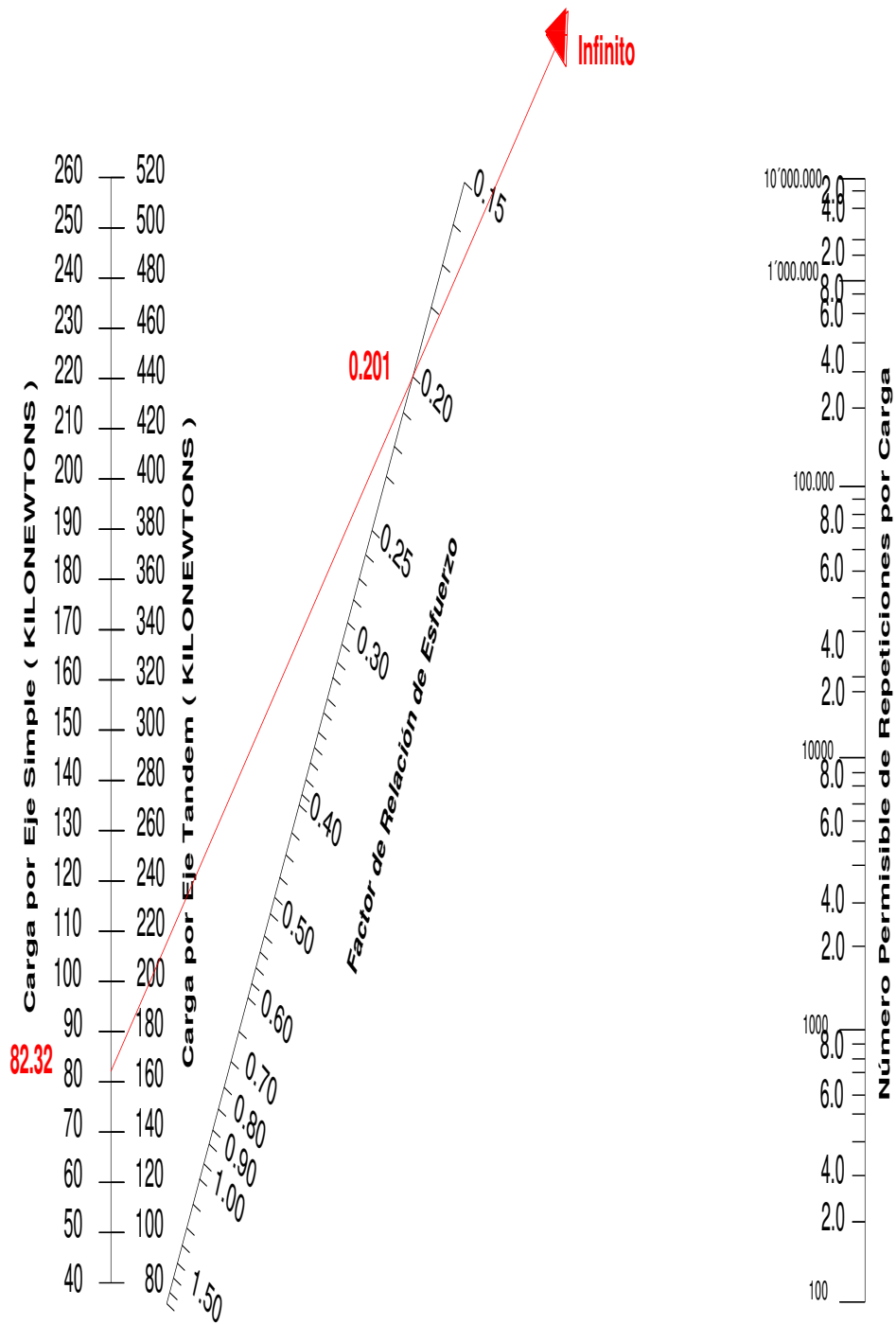


Figura :58 Porcentaje de Fatiga para Eje Simple
Elaborado por: Capt. Javier Urbina LL

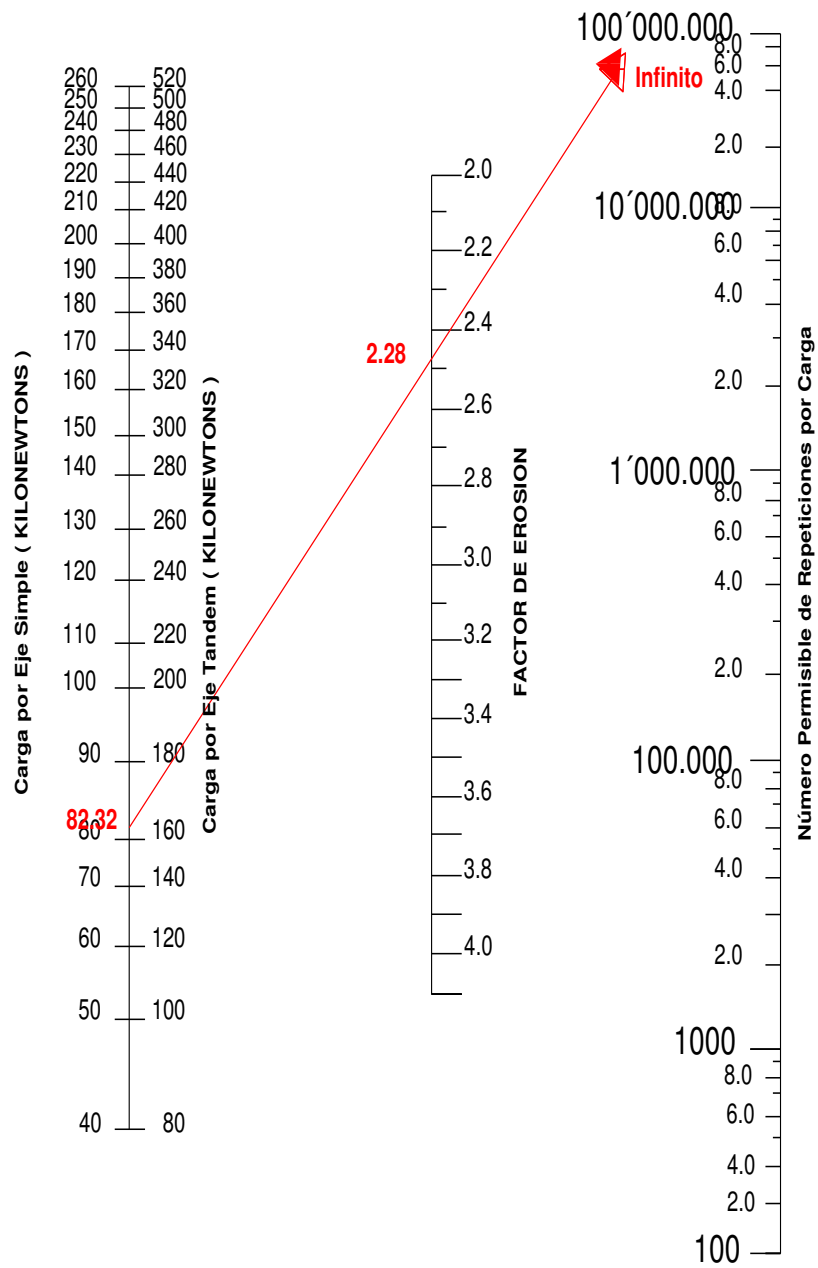


Figura :59 Porcentaje de Erosión para Eje Simple
Elaborado por: Capt. Javier Urbina LL

EJE TRIDEM

- ♣ *Esfuerzo Equivalente* = 0.802
- ♣ *Relación de Esfuerzo* $\left(\frac{Efs}{MR}\right) = \frac{0.802}{4.4} = 0.182$
- ♣ *Factor de Erosión* = 2.452

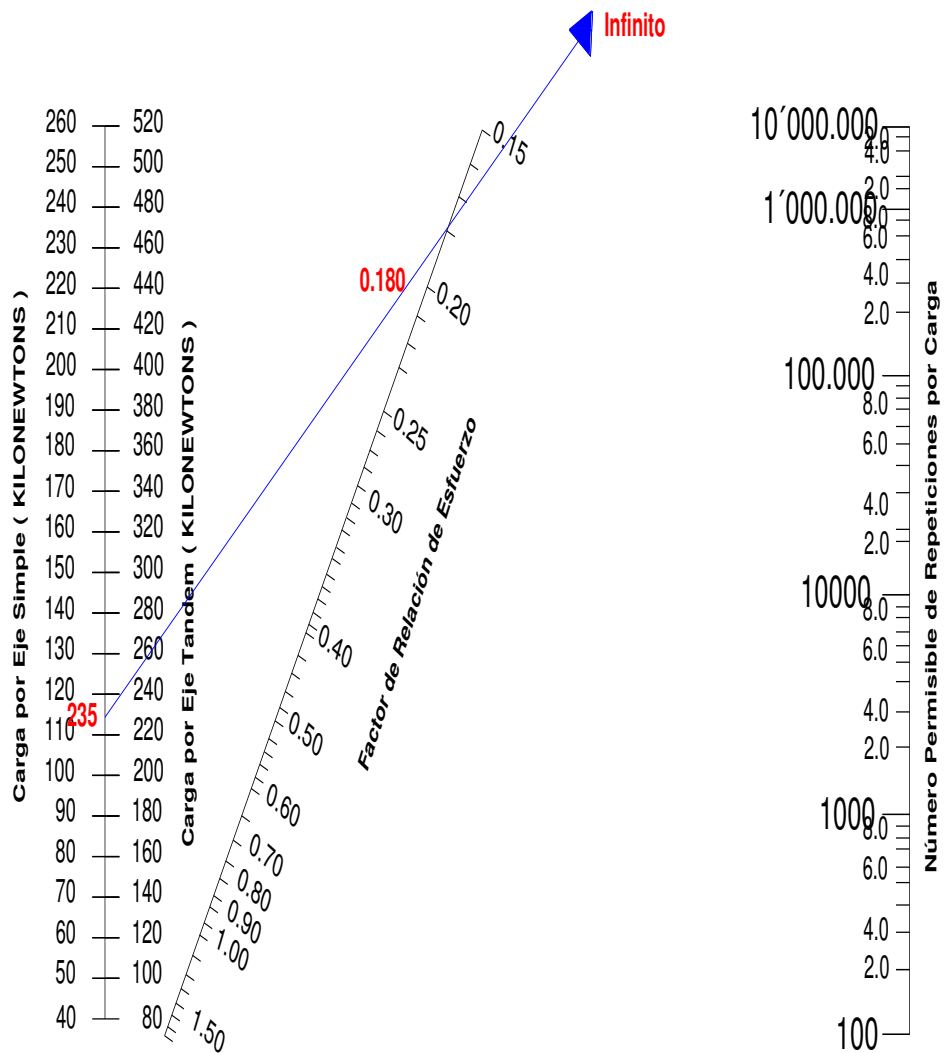
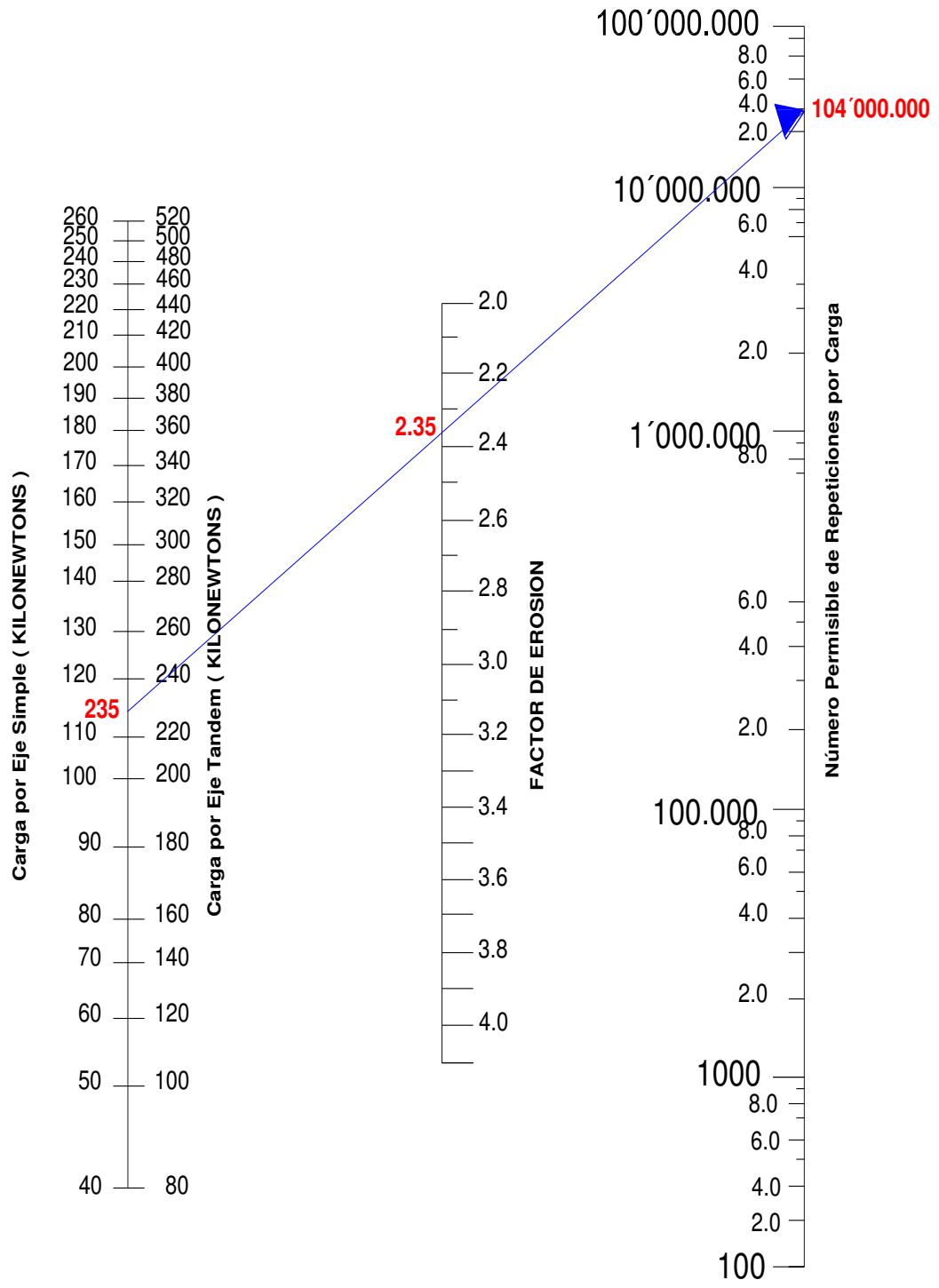


Figura :60 Porcentaje de Fatiga para Eje Tridem
Elaborado por: Capt. Javier Urbina LL



**Figura :61 Porcentaje de Erosión para Eje Tridem
Elaborado por: Capt. Javier Urbina LL**

EJE TANDEM

- ♣ **Esfuerzo Equivalente** = 0.613
- ♣ **Relación de Esfuerzo** $\left(\frac{Efs}{MR}\right) = \frac{0.613}{4.4} = 0.139$
- ♣ **Factor de Erosión** = 2.603

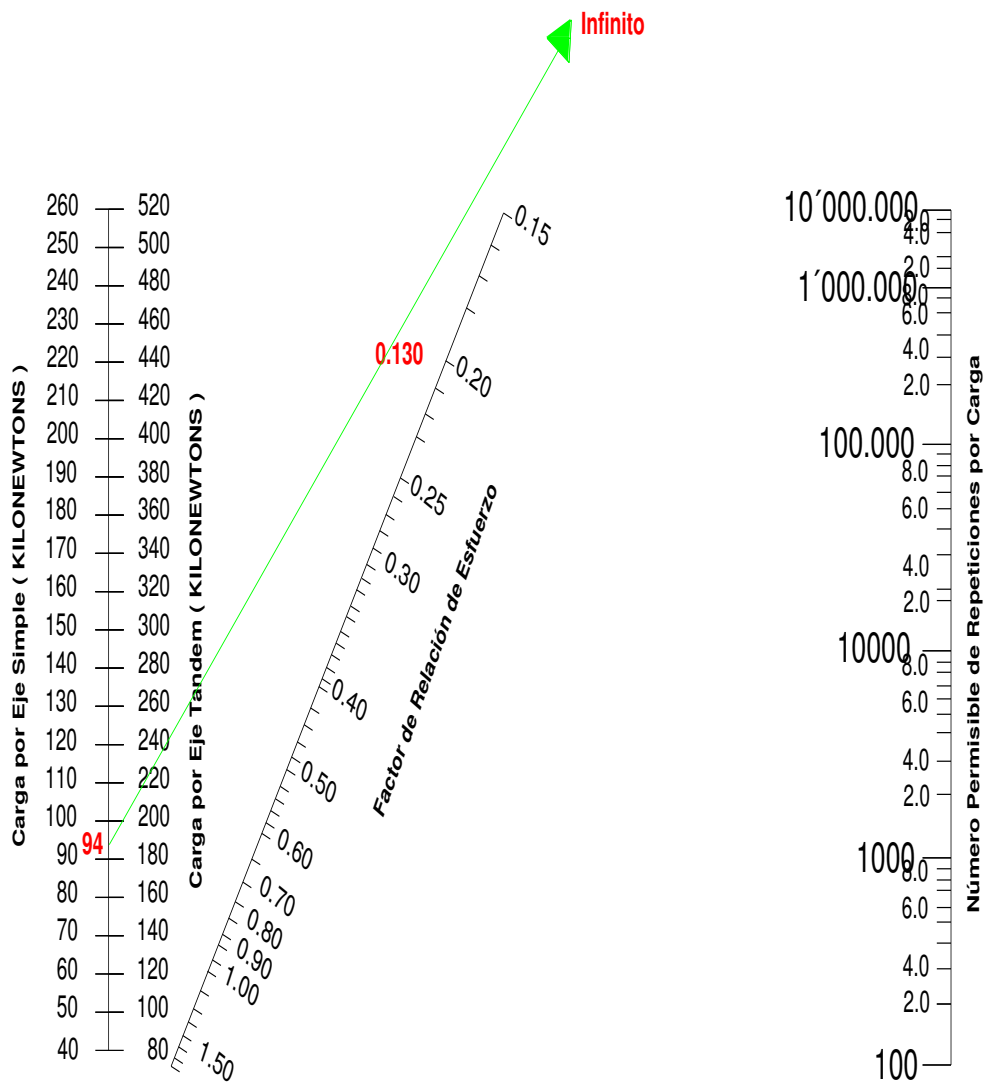


Figura :62 Porcentaje de Fatiga para Eje Tandem
Elaborado por: Capt. Javier Urbina LL

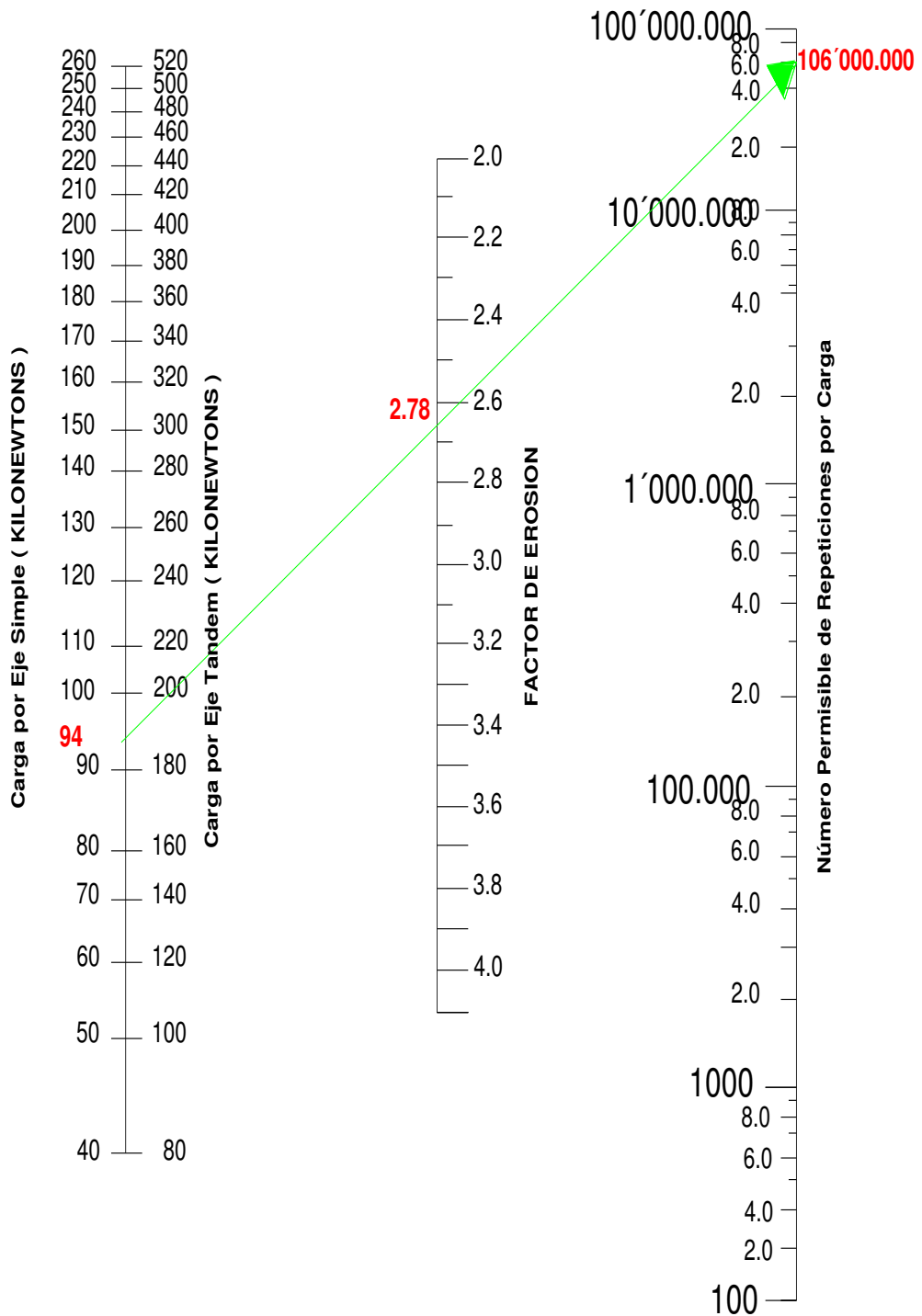


Figura 60 Porcentaje de Erosión para Eje Tridem
Elaborado por:Capt. Javier Urbina LL

Tabla 41 : Diseño de Pavimento Rígido.
Elaborado por: Capt. Javier Urbina LL

Carga KN	Carga Seguridad	Repeticiones Esperadas	ANÁLISIS POR FATIGA		ANÁLISIS EROSIÓN	
			Rep. Adm.	% Fatiga	Rep. Adm.	% Fatiga
EJES SIMPLES						
	(Tab 6a, 6b)	Esfuerzo Equivalente	=	0,885		
	(Esf / MR)	Relación de Esfuerzo	=	0,201		
		Factor de Erosión	=	2,285		
68,6	82,32	1095000	Infinito	0	Infinito	0
Carga KN	Carga Seguridad	Repeticiones Esperadas	ANÁLISIS POR FATIGA		ANÁLISIS EROSIÓN	
			Rep. Adm.	% Fatiga	Rep. Adm.	% Fatiga
EJES TANDEM						
	(Tab 6a, 6b)	Esfuerzo Equivalente	=	0,802		
	(Esf / MR)	Relación de Esfuerzo	=	0,182		
		Factor de Erosión	=	2,452		
196	235,2	1095000	Infinito	0	10400000	10,53
Carga KN	Carga Seguridad	Repeticiones Esperadas	ANÁLISIS POR FATIGA		ANÁLISIS EROSIÓN	
			Rep. Adm.	% Fatiga	Rep. Adm.	% Fatiga
EJES TRIDEM						
	(Tab 6a, 6b)	Esfuerzo Equivalente	=	0,613		
	(Esf / MR)	Relación de Esfuerzo	=	0,139		
		Factor de Erosión	=	2,603		
235,2	282,24	1095000	Infinito	0	10600000	10,33
			TOTAL FATIGA	0	TOTAL EROSION	20,86

5. Comprobación y validación de Datos.

Se deben cumplir las siguientes condiciones para que se acepte o no un diseño:

Tabla 42 : Condiciones de Diseño de Pavimentos rígidos
Elaborado por: Tomado de Nota de aula de diseño de pavimentos y carreteras, Septiembre 2013, Ing., Yánez Gustavo.

Condición	Análisis por Fatiga	Análisis por Erosión	Conclusión
Si	0 %	0 %	Sobredimensionado
Si	100 %	0 %	Falta subir Dimensiones
Si	0 %	100 %	Falta subir Dimensiones
Si	(35 % - 85 %)	(35 % - 85 %)	Diseño Optimo

Como se puede ver en la

el factor de erosión total tiene un valor de 20.86 % por lo tanto se acepta el diseño, no es el óptimo pero considerando que para llegar a estos valores se ha debido aumentar 1,50 cm y no es necesario realizar otra iteración.

4.6.2.1.8 Juntas en Pavimentos Rígidos.

Son discontinuidades en el pavimento rígido, dispuestas tanto en el sentido longitudinal como en el transversal; tienen por objeto controlar agrietamientos que

se producen por efectos de temperatura (retracción, expansión y alabeo) y racionalizar la construcción.

❖ **Juntas Longitudinal de Contracción.**

Juntas que dividen los carriles en el sentido de circulación y con ellas se controlan la grieta de dos o más carriles colados en una sola franja.

❖ **Juntas Longitudinal de Construcción.**

Son juntas que unen a carriles adyacentes cuando serán colados en tiempos diferentes.

❖ **Juntas Transversal de Expansión/Aislamiento.**

Juntas que se colocan para permitir el movimiento de las losas del pavimento sin que esto ocasione daño a las estructuras adyacentes.

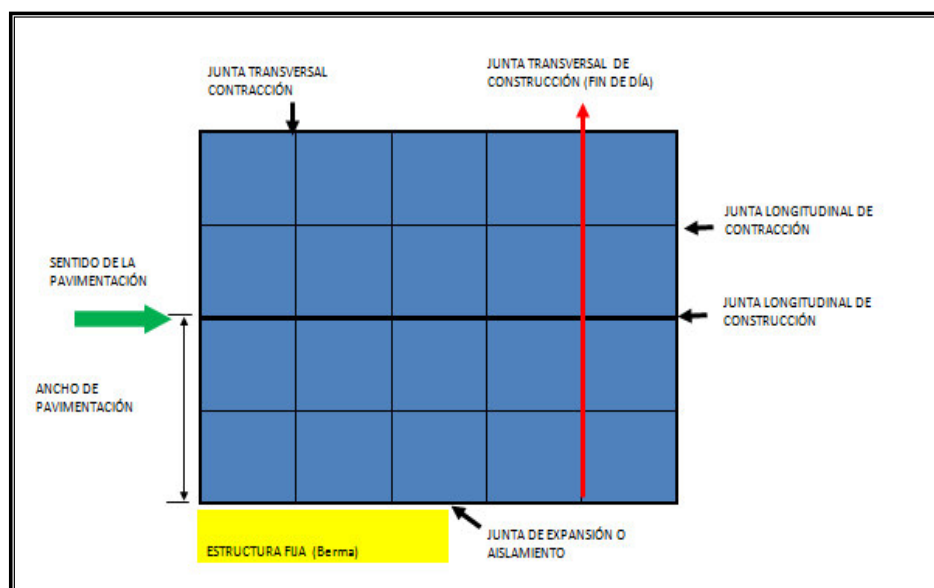


Figura :63 Tipos de Juntas en Losas

Elaborado por: Tomado de Nota de aula de diseño de pavimentos y carreteras, Septiembre 2013, Ing., Yánez Gustavo.

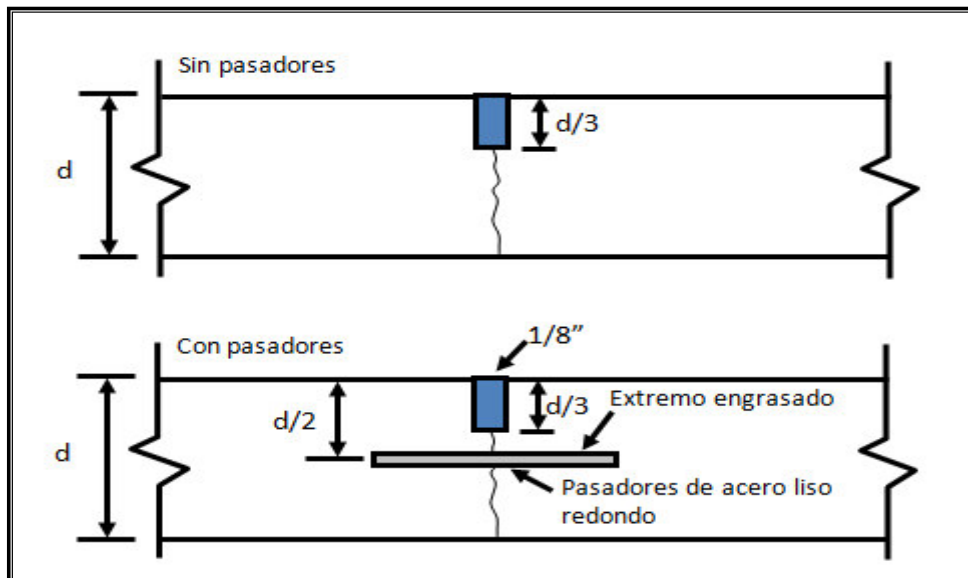


Figura :64 juntas Transversales de contracción
 Elaborado por: Tomado de Nota de aula de diseño de pavimentos y carreteras, Septiembre 2013, Ing., Yánez Gustavo.

♣ **Espaciamiento entre Juntas**

• **Junta Longitudinal**

El espacio entre junta y junta longitudinal es igual al ancho del carril que tiene un valor de 3,6 m.

• **Junta Transversal**

El espacio entre junta y junta transversal es igual:

$$L \text{ (Pulg)} \leq 24 * h \text{ (espesor de la losa)}$$

♣ Requisitos mínimos para pasadores de acero en juntas de pavimentos

Tabla 43 : Requisitos mínimos para pasadores en las juntas.

Elaborado por: Tomado de Nota de aula de diseño de pavimentos y carreteras, Septiembre 2013, Ing., Yáñez Gustavo.

Espesor Pavimento (cm)	Diámetro del pasador (Pulg)	Longitud Total (cm)	Separación (cm)
10	1/2	25	30
11 – 13	5/8	30	30
14 – 15	3/4	35	30
16 – 18	7/8	35	30
19 – 20	1	35	30
21 – 23	1 1/8	40	30
24 – 25	1 1/4	45	30
26 – 28	1 3/8	45	30
29 - 30	1 1/2	50	30

Por lo antes expuesto el esquema final de diseño será el siguiente:

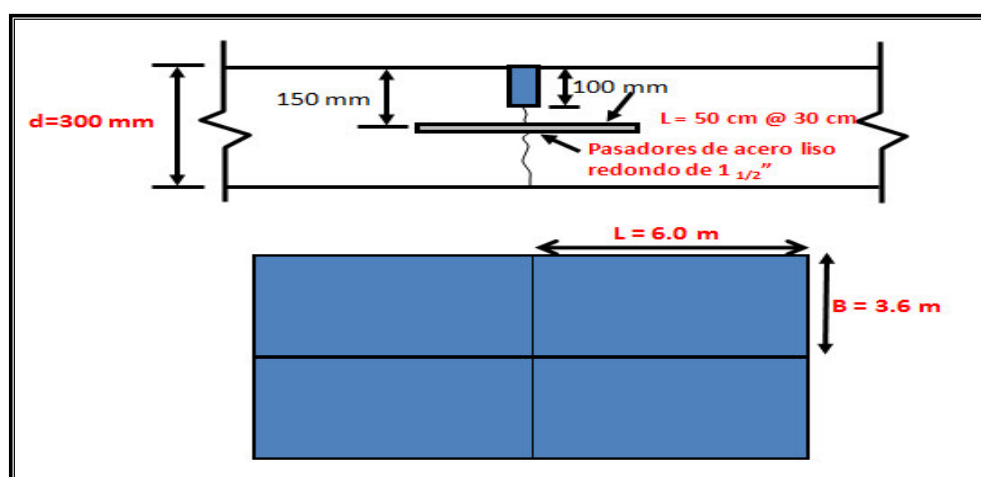


Figura :65 Esquema de Diseño del Pavimento Rígido.
Elaborado por: Capt Javier Urbina LL

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE PRECIOS REFERENCIAL Y VOLUMENES DE OBRA

6.1 Descripción de Rubros.

A continuación como se presenta un análisis referencial de los rubros a ejecutarse en el proyecto pero desde un contexto macro, es decir solo es un presupuesto referencial de ya que una vez el proyecto entre en ejecución se deben tomar a detalle los planos que se presentan en el presente documento para la ejecución definitiva del proyecto en su base de ejecución. Cabe recalcar que no se han considerados la fase de estudios y diseño ya que estos rubros ya se efectuaron durante el proceso de desarrollo del proyecto de tesis.

6.2 Presupuesto Referencial.

PROYECTO: DISEÑO GEOMETRICO Y GEOTÉNICO DE LA VIA QUE CONDUCE A LOS DEPÓSITOS DE MUNICION CONJUNTA DE LAS FF.AA					
ELABORADO POR: CAPT . JAVIER URBINA LL					
UBICACION : BASE AEREA TAURA					
FECHA :29/Noviembre/2013					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL
DESCRIPCION DE RUBROS PAVIMENTO FLEXIBLE					
500004	LIMPIEZA Y DESBROCE	m2	37.083,06	1,67	61.928,71
506236	MEJORAMIENTO DE SUELO	m3	55.624,59	15,49	861.624,90
500352	SUBASE CLESE II	m3	11.124,92	16,41	182.559,90
500348	BASE CLASE 1	m3	10.846,80	19,81	214.875,01
500354	IMPRIMACION ASFALTICA	m2	55.624,59	4,09	227.504,57
500356	CARPETA ASFALTICA 3"	m2	4.171,84	13,19	55.026,57
TOTAL COSTO PAVIMENTO FLEXIBLE					1.603.519,67

PROYECTO: DISEÑO GEOMETRICO Y GEOTÉNICO DE LA VIA QUE CONDUCE A LOS DEPÓSITOS DE MUNICION CONJUNTA DE LAS FF.AA

ELABORADO POR: CAPT . JAVIER URBINA LL

UBICACION : BASE AEREA TAURA

FECHA :29/Noviembre/2013

	DESCRIPCION DE RUBROS PAVIMENTO RÍGIDO	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL
500004	LIMPIEZA Y DESBROCE	m2	37.083,06	1,67	61.928,71
506236	MEJORAMIENTO DE SUELO	m3	55.624,59	15,49	861.624,90
500348	BASE CLASE 1 e=40cm	m3	22.249,84	19,81	440.769,33
500266	PAVIMENTO RIGUIDO 320 Kg/cm2	m2	16.687,38	236,41	3.945.062,80
513983	CONECTORES DE CORTE d=1 1/2"	u	20.601,70	1,20	24.722,04
TOTAL COSTO PAVIMENTO RIGIDO					5.334.107,78

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Una vez analizados en primera instancia la topografía del sector en la cual se pudo confirmar los datos que fueron tomados como punto de partida de las herramientas tanto cartográficas así como también de las fotografías aéreas del googleearth en la cual claramente se determinaba que el sector correspondiente al sitio del proyecto era prácticamente plano por lo que el diseño iba a depender básicamente de el tipo de vía a diseñarse según su uso, niveles de lluvia y tipo de suelo que se encuentre luego de ejecutar los respectivos ensayos en el laboratorio.

De los estudios de suelos de granulometría, límites plástico , límite líquido, compactación, y cbr que fueron efectuados en ese orden se pudo determinar que el suelo sobre el cual se asentará la vía es de tipo LIMO ARCILLOSO DE BAJA PLASTICIDAD, y con un CBR bajo de 1,7 % , por lo cual se hace necesario según los cálculos efectuados y análisis de resultados colocar un relleno con material granular de 1.50 m de altura con lo cual se mejora el CBR para poder ejecutar el diseño de la vía cumpliendo todos los parámetros de la norma NEVIL-12.

Una vez ejecutados los diseños tanto para pavimento flexible como para pavimento rígido se pudo determinar que a pesar de que el presupuesto de construcción de un pavimento rígido excede en un 70% del pavimento flexible, se deben tomar en cuenta que los costos que se elevan al momento de construcción se

recompensan con los mantenimientos ya que la vida útil del pavimento rígido es mucho mayor que la del pavimento flexible.

Por otra parte también podemos anotar que como es una vía de uso militar y por encontrarse muy próxima a una pista de aterrizaje puede existir en algún momento un derrame de combustible con lo cual el pavimento flexible sufrirá daños considerables, pero si se tuviera un pavimento rígido únicamente ejecutaría el lavado de la vía.

6.2 Recomendaciones

Con todos los datos y parámetros establecidos en la parte de las conclusiones no debemos olvidar considerar y recomendar el uso de la norma NEVIL-12 para cualquier diseño vial dentro del territorio ecuatoriano.

MATERIALES DE REFERENCIA

Bibliografía

1. Blázquez, L. (1982). Mecánica de Suelos. En L. Blázquez, *Mecánica de Suelos y Cimentaciones* (págs. 20,21 , 2 da Edición). México: Dimsa.
2. Capt. Javier Urbina LL. (2013). Quito.
3. Carlos, C. (1976-1980). Suelos y Cimentaciones. En C. Carlos, *Mecánica de Suelos y Cimentaciones* (págs. 32,33 , 6 ta Edición). Mexico-Limusa: Lumisa.
4. Corredor, G. (Agosto 2010). Vías Terrestres. En G. Corredor, *Maestría en Vías Terrestres Módulo II* (págs. 2-22). Managua: Universidad de Managua.
5. Curso Post Universitario. (1991). Pavimentos Flexibles. En J. G, *Fiscalización de la Construcción* (págs. 25,26,27,28,29,30,31,32). Guayaquil.
6. DIARIO " EL COMERCIO". (8 de Julio de 1997). *EL COMERCIO*. Recuperado el 02 de Diciembre de 2013, de <http://www.elcomercio.com/pais/Balbina-explosion.html>
7. DIARIO HOY. (20 de Noviembre de 2002). *EL HOY*. Recuperado el 23 de Noviembre de 2013, de <http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador>
8. Highway, A. A. (1993). Guide for Design of Pavement Structures de 1993. En AASHTO, *Guide for Design of Pavement Structures de 1993*. Washington: Capitol Strett.
9. Jaramillo Gustavo. (1991). Curso Post Universitario de Fiscalización en la Contrucción de Carreteras. En J. Gustavo, *Curso Post Universitario de Fiscalización en la Contrucción de Carreteras* (págs. 7-38). Guayaquil: Universidad Católica.
10. Juan, M. (2002). Manual de Diseño de Carreteras. En M. Juan, *Diseño de Carreteras* (págs. 105,106,135,145). Quito.
11. Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2012,Volumen 1). *Procedimiento para proyectos viales*. Quito: Publicaciones MTOP.
12. Ministerio de Transportes y Obras Públicas. (2008). DISEÑO DE CARRETERAS PAVIMENTADAS. En MTOP, *MANUAL PARA EL*

DISEÑO DE CARRETERAS PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO (págs. 15,16). Quito, 1 era Edición: MTOP.

13. Ministerio de Transportes y Obras Públicas. (1998). Diseño Estructural de Caminos. En Mtop, *Método AASHTO 93* (pág. 123).
14. Ministerio de Transportes y Obras Públicas. (2008, 1era Edición). MANUAL PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO. En Mtop, *Transito de Carreteras* (págs. 85,86,87,88). Quito: Publicaciones Ecuador.
15. Ministerio de Transportes y Obras Públicas. (2012, Volumen 2, Libro A). *Procedimiento para proyectos viales*. Quito: Publicaciones MTOP.
16. Ministerio de Transportes y Obras Públicas. (2013). Construcción de Caminos y Puentes. En Mtop, *Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes* (págs. 338,373,418). Quito, 1 era Edición.
17. Ministerio de Transportes y Obras Públicas. (2013, Volumen 3). Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes. En Mtop, *Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes* (págs. 205,485,826,827,841). Quito: Mtop.
18. Ministerio de Transportes y Obras Públicas. (2012). NORMA PARA ESTUDIOS Y DISEÑOS VIAL. En MTOP, *NEVIL-12* (pág. 78). Quito: Volumen 2B, 1 era Edición.
19. Ministerio de Transportes y Obras Públicas. (2013). NORMA PARA ESTUDIOS Y DISEÑO VIAL. En MTOP, *NEVIL-12* (págs. 14,36,68,131). Quito: Volumen 2 Libro A.
20. Miton, T. (Febrero 2010). Manual de Pavimentos. En I. M. Torres, *Manual de Pavimentos* (págs. 135,141). Quito, 1 era Edición: Espe.
21. Publicas, M. d. (2013). Especificaciones Generales Para Caminos y Puentes. En Mtop, *Caminos y Puentes* (págs. 338,373,418). Quito: Publicaciones Ecuador.
22. Yáñez, G. (Septiembre 2013). Nota de Aula Diseño de Pavimentos. En G. Yáñez, *Nota de Aula Diseño de Pavimentos Rígidos y flexibles*. (págs. 12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23). Quito: Universidad Católica.

Anexos

Anexo " A " CÁLCULOS DE CURVAS VERTICALES Y VOLUMENES DE CORTE Y RELLENO.

PIV (Tercera Curva Vertical CONCAVA)			
		Tangente de Entrada	
		Distancia en X =	550,00 m G % = -1,7691%
		Distancia en Y =	-9,73 m
ABCISA Dm :		Tangente de Salida	
Final	Inicial	Distancia en X =	560,00 m G % = -0,0723%
2220,00	1660,00	Distancia en Y =	-0,405 m
		A = 1,696	

CURVA VERTICAL 3	
VELOCIDAD DE DISEÑO	60,00
FORMA CURVA	CONCAVA
K	11,00
GRADIENTE 1	(1,77)
GRADIENTE 2	(0,07)
A	1,70
Lvmin	18,66
Lv	80,00
M	0,17

PIV (Cuarta Curva Vertical CONVEXA)			
		Tangente de Entrada	
		Distancia en X =	560,00 m G % = -0,0723%
		Distancia en Y =	-0,405 m
ABCISA Dm :		Tangente de Salida	
Final	Inicial	Distancia en X =	360,00 m G % = 0,2906%
2580,00	2220,00	Distancia en Y =	1,046 m
		A = 0,362	

Como se observa A es menor que 1% por lo tanto no se requiere curva vertical.

PIV (Quinta Curva Vertical CONCAVA)

ABCISA Dm :		Tangente de Entrada			
Final	Inicial	Distancia en X =	360,00 m	G % =	0,2906%
3120,00	2580,00	Distancia en Y =	1,046 m		
ABCISA Dm :		Tangente de Salida			
Final	Inicial	Distancia en X =	540,00 m	G % =	-0,1937%
3120,00	2580,00	Distancia en Y =	-1,046 m		
					A = 0,484

Como se observa A es menor que 1% por lo tanto no se requiere curva vertical.

PIV (Sexta Curva Vertical CONVEXA)

		Tangente de Entrada			
		Distancia en X =	540,00 m	G % =	-0,1937%
		Distancia en Y =	-1,046 m		
ABCISA Dm :		Tangente de Salida			
Final	Inicial	Distancia en X =	400,00 m	G % =	0,3100%
3520,00	3120,00	Distancia en Y =	1,24 m		
					A = 0,503

Como se observa A es menor que 1% por lo tanto no se requiere curva vertical.

PIV (Séptima Curva Vertical CONCAVA)

		Tangente de Entrada			
		Distancia en X =	400,00 m	G % =	0,3100%
		Distancia en Y =	1,24 m		
ABCISA Dm :		Tangente de Salida			
Final	Inicial	Distancia en X =	520,00 m	G % =	-0,2385%
4040,00	3520,00	Distancia en Y =	-1,24 m		
					A = 0,548

Como se observa A es menor que 1% por lo tanto no se requiere curva vertical.

PIV (Octava Curva Vertical CONCAVA)

		Tangente de Entrada			
		Distancia en X =	520 m	G % =	-0,2385%

		Distancia en Y =	-1,24	m		
ABCISA Dm :				Tangente de Salida		
Final	Inicial	Distancia en X =	1080,00	m	G % =	0,0995%
5120,00	4040,00	Distancia en Y =	1,075	m		
					A =	0,337

Como se observa A es menor que 1% por lo tanto no se requiere curva vertical.

PIV (Novena Curva Vertical CONCAVA)						
				Tangente de Entrada		
		Distancia en X =	1080,00	m	G % =	0,0995%
		Distancia en Y =	1,075	m		
ABCISA Dm :				Tangente de Salida		
Final	Inicial	Distancia en X =	900,00	m	G % =	-0,0357%
6020,00	5120,00	Distancia en Y =	-0,321	m		
					A =	0,135

Como se observa A es menor que 1% por lo tanto no se requiere curva vertical.

PIV (Décima Curva Vertical CONVEXA)						
				Tangente de Entrada		
		Distancia en X =	900	m	G % =	-0,0357%
		Distancia en Y =	-0,321	m		
ABCISA Dm :				Tangente de Salida		
Final	Inicial	Distancia en X =	159,44	m	G % =	0,7702%
6179,44	6020,00	Distancia en Y =	1,228	m		
					A =	0,805

Como se observa A es menor que 1% por lo tanto no se requiere curva vertical.

VOLUMENES DE CORTE Y RELLENO

ORD	ABSICA	CORTE	RELLENO	COTA PROYECTO	
1	Dm	0.000,00	0,68	-	10,00
2	Dm	0.020,00	0,79	-	10,01
3	Dm	0.040,00	-	1,03	10,02
4	Dm	0.060,00	-	1,56	10,04
5	Dm	0.080,00	-	0,40	10,05
6	Dm	0.100,00	-	1,56	10,06
7	Dm	0.120,00	-	1,11	10,08
8	Dm	0.140,00	-	0,02	10,09
9	Dm	0.160,00	0,19	-	10,10
10	Dm	0.180,00	0,05	-	10,11
11	Dm	0.200,00	0,09	-	10,13
12	Dm	0.220,00	0,09	-	10,13
13	Dm	0.240,00	0,13	-	10,15
14	Dm	0.260,00	0,17	-	10,16
15	Dm	0.280,00	0,05	-	10,18
16	Dm	0.300,00	-	0,03	10,19
17	Dm	0.320,00	-	0,02	10,20
18	Dm	0.340,00	0,04	-	10,21
19	Dm	0.360,00	0,01	-	10,23
20	Dm	0.380,00	0,09	-	10,24
21	Dm	0.400,00	0,07	-	10,25
22	Dm	0.420,00	-	0,07	10,26
23	Dm	0.440,00	-	0,20	10,24
24	Dm	0.460,00	-	0,30	10,21
25	Dm	0.480,00	-	0,32	10,19
26	Dm	0.500,00	-	0,26	10,16
27	Dm	0.520,00	-	0,23	10,13
28	Dm	0.540,00	-	0,10	10,11
29	Dm	0.560,00	-	0,07	10,08
30	Dm	0.580,00	0,04	-	10,06
31	Dm	0.600,00	0,05	-	10,03
32	Dm	0.620,00	-	0,02	10,00
33	Dm	0.640,00	0,01	-	9,98
34	Dm	0.660,00	0,03	-	9,95
35	Dm	0.680,00	-	0,07	9,93
36	Dm	0.700,00	-	0,16	9,90
37	Dm	0.720,00	-	0,14	9,87
38	Dm	0.740,00	-	0,20	9,85
39	Dm	0.760,00	-	0,30	9,82
40	Dm	0.780,00	-	0,31	9,80

41	Dm	0.800,00	-	0,31	9,77
42	Dm	0.820,00	-	0,19	9,74
43	Dm	0.840,00	-	0,11	9,72
44	Dm	0.860,00	-	0,13	9,69
45	Dm	0.880,00	-	0,21	9,65
46	Dm	0.900,00	-	0,35	9,64
47	Dm	0.920,00	-	0,38	9,61
48	Dm	0.940,00	-	0,28	9,59
49	Dm	0.960,00	-	0,40	9,56
50	Dm	0.980,00	-	0,27	9,54
51	Dm	1.000,00	-	0,09	9,51
52	Dm	1.020,00	-	0,21	9,48
53	Dm	1.040,00	-	0,22	9,46
54	Dm	1.060,00	-	0,09	9,43
55	Dm	1.080,00	-	0,69	9,41
56	Dm	1.100,00	-	1,80	9,38
57	Dm	1.120,00	-	0,63	9,34
58	Dm	1.140,00	-	1,03	9,31
59	Dm	1.160,00	-	0,55	9,28
60	Dm	1.180,00	-	0,08	9,24
61	Dm	1.200,00	-	0,11	9,21
62	Dm	1.220,00	-	0,05	9,17
63	Dm	1.240,00	0,01	-	9,14
64	Dm	1.260,00	0,10	-	9,10
65	Dm	1.280,00	0,15	-	9,07
66	Dm	1.300,00	0,21	-	9,03
67	Dm	1.320,00	0,31	-	9,00
68	Dm	1.340,00	0,38	-	8,96
69	Dm	1.360,00	0,39	-	8,93
70	Dm	1.380,00	0,48	-	8,89
71	Dm	1.400,00	0,59	-	8,86
72	Dm	1.420,00	0,64	-	8,82
73	Dm	1.440,00	0,82	-	8,79
74	Dm	1.460,00	0,83	-	8,75
75	Dm	1.480,00	0,97	-	8,72
76	Dm	1.500,00	1,07	-	8,68
77	Dm	1.520,00	0,52	-	8,65
78	Dm	1.540,00	0,27	-	8,61
79	Dm	1.560,00	0,77	-	8,58
80	Dm	1.580,00	-	1,17	8,54
81	Dm	1.600,00	-	1,60	8,51
82	Dm	1.620,00	-	1,72	8,48
83	Dm	1.640,00	-	1,64	8,44
84	Dm	1.660,00	-	1,72	8,41

85	Dm	1.680,00	-	1,71	8,39
86	Dm	1.700,00	-	1,71	8,37
87	Dm	1.720,00	-	1,71	8,36
88	Dm	1.740,00	-	1,88	8,35
89	Dm	1.760,00	-	1,46	8,33
90	Dm	1.780,00	-	0,46	8,32
91	Dm	1.800,00	-	0,44	8,30
92	Dm	1.820,00	0,35	-	8,29
93	Dm	1.840,00	0,23	-	8,28
94	Dm	1.860,00	0,23	-	8,26
95	Dm	1.880,00	0,29	-	8,45
96	Dm	1.900,00	0,32	-	8,23
97	Dm	1.920,00	0,30	-	8,22
98	Dm	1.940,00	0,29	-	8,20
99	Dm	1.960,00	0,29	-	8,19
100	Dm	1.980,00	0,27	-	8,17
101	Dm	2.000,00	0,21	-	8,16
102	Dm	2.020,00	0,40	-	8,15
103	Dm	2.040,00	0,50	-	8,13
104	Dm	2.060,00	0,54	-	8,12
105	Dm	2.080,00	0,61	-	8,10
106	Dm	2.100,00	0,67	-	8,09
107	Dm	2.120,00	0,74	-	8,07
108	Dm	2.140,00	0,74	-	8,06
109	Dm	2.160,00	0,71	-	8,04
110	Dm	2.180,00	0,71	-	8,03
111	Dm	2.200,00	0,66	-	8,01
112	Dm	2.220,00	0,58	-	8,00
113	Dm	2.240,00	0,42	-	8,06
114	Dm	2.260,00	0,42	-	8,12
115	Dm	2.280,00	0,49	-	8,17
116	Dm	2.300,00	0,50	-	8,23
117	Dm	2.320,00	0,44	-	8,29
118	Dm	2.340,00	0,33	-	8,35
119	Dm	2.360,00	0,19	-	8,41
120	Dm	2.380,00	0,11	-	8,47
121	Dm	2.400,00	0,02	-	8,52
122	Dm	2.420,00	0,05	-	8,58
123	Dm	2.440,00	0,05	-	8,69
124	Dm	2.460,00	0,01	-	8,70
125	Dm	2.480,00	-	0,05	8,76
126	Dm	2.500,00	-	0,12	8,81
127	Dm	2.520,00	-	0,23	8,87
128	Dm	2.540,00	-	0,17	8,93

129	Dm	2.560,00	-	0,08	8,99
130	Dm	2.580,00	-	-	9,05
131	Dm	2.600,00	-	0,00	9,01
132	Dm	2.620,00	-	0,08	8,97
133	Dm	2.640,00	-	0,08	8,93
134	Dm	2.660,00	-	0,10	8,89
135	Dm	2.680,00	-	0,12	8,85
136	Dm	2.700,00	-	0,11	8,81
137	Dm	2.720,00	-	0,07	8,78
138	Dm	2.740,00	0,02	-	8,74
139	Dm	2.760,00	0,23	-	8,70
140	Dm	2.780,00	0,39	-	8,66
141	Dm	2.800,00	0,54	-	8,62
142	Dm	2.820,00	0,64	-	8,58
143	Dm	2.840,00	0,77	-	8,54
144	Dm	2.860,00	0,80	-	8,50
145	Dm	2.880,00	0,85	-	8,47
146	Dm	2.900,00	0,91	-	8,43
147	Dm	2.920,00	0,92	-	8,39
148	Dm	2.940,00	0,86	-	8,35
149	Dm	2.960,00	0,83	-	8,31
150	Dm	2.980,00	0,80	-	8,27
151	Dm	3.000,00	0,77	-	8,23
152	Dm	3.020,00	0,75	-	8,19
153	Dm	3.040,00	0,74	-	8,16
154	Dm	3.060,00	0,77	-	8,12
155	Dm	3.080,00	0,77	-	8,08
156	Dm	3.100,00	0,76	-	8,04
157	Dm	3.120,00	0,76	-	8,00
158	Dm	3.140,00	0,68	-	8,06
159	Dm	3.160,00	0,75	-	8,13
160	Dm	3.180,00	0,67	-	8,19
161	Dm	3.200,00	0,63	-	8,25
162	Dm	3.220,00	0,76	-	8,31
163	Dm	3.240,00	0,86	-	8,37
164	Dm	3.260,00	0,71	-	8,44
165	Dm	3.280,00	0,64	-	8,50
166	Dm	3.300,00	0,58	-	8,56
167	Dm	3.320,00	0,54	-	8,62
168	Dm	3.340,00	0,43	-	8,68
169	Dm	3.360,00	0,23	-	8,75
170	Dm	3.380,00	0,14	-	8,81
171	Dm	3.400,00	0,02	-	8,87
172	Dm	3.420,00	-	0,09	8,93

173	Dm	3.440,00	-	0,20	8,99
174	Dm	3.460,00	-	0,18	9,06
175	Dm	3.480,00	-	0,17	9,12
176	Dm	3.500,00	-	0,15	9,18
177	Dm	3.520,00	-	0,25	9,24
178	Dm	3.540,00	-	0,42	9,19
179	Dm	3.560,00	-	0,40	9,15
180	Dm	3.580,00	-	0,39	9,10
181	Dm	3.600,00	-	0,38	9,05
182	Dm	3.620,00	-	0,39	9,00
183	Dm	3.640,00	-	0,39	8,96
184	Dm	3.660,00	-	0,30	8,96
185	Dm	3.680,00	-	0,25	8,86
186	Dm	3.700,00	-	0,21	8,81
187	Dm	3.720,00	-	0,08	8,76
188	Dm	3.740,00	-	0,01	8,72
189	Dm	3.760,00	0,14	-	8,65
190	Dm	3.780,00	0,17	-	8,62
191	Dm	3.800,00	0,20	-	8,57
192	Dm	3.820,00	0,34	-	8,53
193	Dm	3.840,00	0,40	-	8,48
194	Dm	3.860,00	0,48	-	8,43
195	Dm	3.880,00	0,58	-	8,38
196	Dm	3.900,00	0,68	-	8,33
197	Dm	3.920,00	0,88	-	8,29
198	Dm	3.940,00	0,81	-	8,24
199	Dm	3.960,00	0,79	-	8,19
200	Dm	3.980,00	0,86	-	8,14
201	Dm	4.000,00	0,87	-	8,10
202	Dm	4.020,00	0,88	-	8,05
203	Dm	4.040,00	0,98	-	8,00
204	Dm	4.060,00	0,88	-	8,02
205	Dm	4.080,00	0,69	-	8,04
206	Dm	4.100,00	0,47	-	8,06
207	Dm	4.120,00	0,33	-	8,08
208	Dm	4.140,00	0,39	-	8,10
209	Dm	4.160,00	0,25	-	8,12
210	Dm	4.180,00	0,27	-	8,14
211	Dm	4.200,00	0,20	-	8,16
212	Dm	4.220,00	0,26	-	8,18
213	Dm	4.240,00	0,15	-	8,20
214	Dm	4.260,00	0,11	-	8,22
215	Dm	4.280,00	0,05	-	8,24
216	Dm	4.300,00	0,04	-	8,26

217	Dm	4.320,00	0,05	-	8,28
218	Dm	4.340,00	0,17	-	8,30
219	Dm	4.360,00	0,15	-	8,32
220	Dm	4.380,00	0,17	-	8,34
221	Dm	4.400,00	0,14	-	8,36
222	Dm	4.420,00	0,17	-	8,38
223	Dm	4.440,00	0,03	-	8,40
224	Dm	4.460,00	-	0,09	8,42
225	Dm	4.480,00	0,01	-	8,44
226	Dm	4.500,00	0,00	-	8,46
227	Dm	4.520,00	-	0,02	8,48
228	Dm	4.540,00	-	0,12	8,50
229	Dm	4.560,00	-	0,09	8,52
230	Dm	4.580,00	-	0,15	8,54
231	Dm	4.600,00	-	0,26	8,56
232	Dm	4.620,00	-	0,38	8,58
233	Dm	4.640,00	-	0,33	8,60
234	Dm	4.660,00	-	0,35	8,62
235	Dm	4.680,00	-	0,34	8,64
236	Dm	4.700,00	-	0,37	8,66
237	Dm	4.720,00	-	0,41	8,68
238	Dm	4.740,00	-	0,36	8,70
239	Dm	4.760,00	-	0,28	8,72
240	Dm	4.780,00	-	0,26	8,74
241	Dm	4.800,00	-	0,28	8,76
242	Dm	4.820,00	-	0,23	8,77
243	Dm	4.840,00	-	0,48	8,80
244	Dm	4.860,00	-	0,51	8,82
245	Dm	4.880,00	-	0,46	8,84
246	Dm	4.900,00	-	0,39	8,85
247	Dm	4.920,00	-	0,46	8,88
248	Dm	4.940,00	-	0,37	8,90
249	Dm	4.960,00	-	0,68	8,92
250	Dm	4.980,00	-	0,78	8,94
251	Dm	5.000,00	-	0,85	8,96
252	Dm	5.020,00	-	0,68	8,98
253	Dm	5.040,00	-	1,41	9,00
254	Dm	5.060,00	-	1,27	9,02
255	Dm	5.080,00	-	1,06	9,04
256	Dm	5.100,00	-	1,78	9,06
257	Dm	5.120,00	-	2,38	9,08
258	Dm	5.140,00	-	1,84	9,07
259	Dm	5.160,00	-	2,27	9,06
260	Dm	5.180,00	-	1,08	9,06

261	Dm	5.200,00	-	0,76	9,05
262	Dm	5.220,00	-	0,60	9,04
263	Dm	5.240,00	-	0,41	9,03
264	Dm	5.260,00	-	0,23	9,03
265	Dm	5.280,00	-	0,15	9,03
266	Dm	5.300,00	-	0,08	9,01
267	Dm	5.320,00	-	0,02	9,01
268	Dm	5.340,00	-	0,07	9,00
269	Dm	5.360,00	-	0,14	8,99
270	Dm	5.380,00	-	0,17	8,99
271	Dm	5.400,00	0,08	-	8,98
272	Dm	5.420,00	0,05	-	8,97
273	Dm	5.440,00	0,08	-	8,97
274	Dm	5.460,00	0,06	-	8,96
275	Dm	5.480,00	0,04	-	8,95
276	Dm	5.500,00	0,06	-	8,95
277	Dm	5.520,00	0,06	-	8,94
278	Dm	5.540,00	0,05	-	8,93
279	Dm	5.560,00	0,03	-	8,93
280	Dm	5.580,00	0,01	-	8,92
281	Dm	5.600,00	-	0,04	8,91
282	Dm	5.620,00	-	0,04	8,91
283	Dm	5.640,00	-	0,03	8,90
284	Dm	5.660,00	-	0,03	8,89
285	Dm	5.680,00	0,01	-	8,89
286	Dm	5.700,00	0,01	-	8,88
287	Dm	5.720,00	0,01	-	8,87
288	Dm	5.740,00	0,00	-	8,87
289	Dm	5.760,00	-	0,00	8,86
290	Dm	5.780,00	-	0,02	8,85
291	Dm	5.800,00	-	0,03	8,84
292	Dm	5.820,00	0,02	-	8,84
293	Dm	5.840,00	0,06	-	8,83
294	Dm	5.860,00	0,10	-	8,82
295	Dm	5.880,00	0,15	-	8,82
296	Dm	5.900,00	0,20	-	8,81
297	Dm	5.920,00	0,25	-	8,80
298	Dm	5.940,00	0,30	-	8,80
299	Dm	5.960,00	0,43	-	8,79
300	Dm	5.980,00	0,64	-	8,78
301	Dm	6.000,00	0,90	-	8,78
302	Dm	6.020,00	-	0,31	8,77
303	Dm	6.040,00	0,95	-	8,92
304	Dm	6.060,00	1,31	-	9,08

305	Dm	6.080,00	0,80	-	9,23
306	Dm	6.100,00	0,50	-	9,39
307	Dm	6.120,00	0,67	-	9,59
308	Dm	6.140,00	0,32	-	9,70
309	Dm	6.160,00	0,27	-	9,85
310	Dm	6.179,44	0,36	-	10,00

Anexo " B " CÁLCULOS DE CURVAS CIRCULARES.

Curva Circular No 2.

DATOS	°	'	"
Alfa	80	0	14
Radio	115		
Abscisa(m)	1.052,46		

Tangente(T)	96,50	Pc(m)	1052,46
Cuerda(C)	147,85	Pt(m)	1213,04
Flecha(f)	26,91	Cc(m)	1132,75
External	35,13	Resultados	
Longitud(L)	160,58		

	Estación	l(cuerda/curva)	g(Ang. Sub.)	X	Y
Pc	1.052,46				
	1.060,00	7,54	3,76	7,54	0,25
	1.070,00	17,54	8,74	17,48	1,34
	1.080,00	27,54	13,72	27,28	3,28
	1.090,00	37,54	18,70	36,88	6,07
	1.100,00	47,54	23,69	46,20	9,69
	1.110,00	57,54	28,67	55,17	14,10
	1.120,00	67,54	33,65	63,73	19,27
	1.130,00	77,54	38,63	71,80	25,17
Cc	1.132,75	0,00	0,00	0,00	0,00

	Estación	l(cuerda/curva)	g(Ang. Sub.)	X	Y
Pt	1.213,04				
	1.210,00	3,04	1,51	3,03	0,04
	1.200,00	13,04	6,49	13,01	0,74
	1.190,00	23,04	11,48	22,88	2,30
	1.180,00	33,04	16,46	32,58	4,71
	1.170,00	43,04	21,44	42,04	7,96
	1.160,00	53,04	26,42	51,18	12,01
	1.150,00	63,04	31,41	59,93	16,85
	1.140,00	73,04	36,39	68,22	22,42
Cc	1.132,75	80,29	40,00	73,92	26,91

Curva Circular No 3.

DATOS	°	'	"
Alfa	17	14	13
Radio	115		
Abscisa(m)	1.473,92		

Tangente(T)	17,43	Pc(m)	1473,92
Cuerda(C)	34,47	Pt(m)	1508,52
Flecha(f)	1,30	Cc(m)	1491,22
External	1,31	Resultados	
Longitud(L)	34,60		

	Estación	l(cuerda/curva)	g(Ang. Sub.)	X	Y
Pc	1.473,92				
	1.480,00	6,08	3,03	6,07	0,16
	1.490,00	16,08	8,01	16,02	1,12
Cc	1.491,22	0,00	0,00	0,00	0,00

	Estación	l(cuerda/curva)	g(Ang. Sub.)	X	Y
Pt	1.508,52				
	1.500,00	8,52	4,24	8,51	0,32
Cc	1.491,22	17,30	8,62	17,23	1,30
Cc	1.491,22	0,00	0,00	0,00	0,00

Curva Circular No 4.

DATOS	°	'	"
Alfa	36	32	29
Radio	115		
Abscisa(m)	1.629,25		

Tangente(T)	37,97	Pc(m)	1629,25
Cuerda(C)	72,11	Pt(m)	1702,59
Flecha(f)	5,80	Cc(m)	1665,92
External	6,11	Resultados	
Longitud(L)	73,34		

	Estación	l(cuerda/curva)	g(Ang. Sub.)	X	Y
Pc	1.629,25				
	1.630,00	0,75	0,37	0,75	0,00
	1.640,00	10,75	5,36	10,73	0,50
	1.650,00	20,75	10,34	20,64	1,87
	1.660,00	30,75	15,32	30,38	4,09
Cc	1.665,92	0,00	0,00	0,00	0,00
Cc	1.665,92	0,00	0,00	0,00	0,00

	Estación	l(cuerda/curva)	g(Ang. Sub.)	X	Y
Pt	1.702,59				
	1.700,00	2,59	1,29	2,59	0,03
	1.690,00	12,59	6,27	12,57	0,69
	1.680,00	22,59	11,26	22,45	2,21
	1.670,00	32,59	16,24	32,16	4,59
Cc	1.665,92	36,67	18,27	36,05	5,80
Cc	1.665,92	0,00	0,00	0,00	0,00

Curva Circular No 5

DATOS	°	'	"
Alfa	19	42	52
Radio	115		
Abscisa(m)	1.780,68		

Tangente(T)	19,98	Pc(m)	1780,68
Cuerda(C)	39,37	Pt(m)	1820,25
Flecha(f)	1,70	Cc(m)	1800,46
External	1,72	Resultados	
Longitud(L)	39,57		

	Estación	l(cuerda/curva)	g(Ang. Sub.)	X	Y
Pc	1.780,68				
	1.790,00	9,32	4,64	9,31	0,38
	1.800,00	19,32	9,63	19,23	1,62
Cc	1.800,46	0,00	0,00	0,00	0,00
Cc	1.800,46	0,00	0,00	0,00	0,00

	Estación	l(cuerda/curva)	g(Ang. Sub.)	X	Y
Pt	1.820,25				
	1.820,00	0,25	0,12	0,25	0,00
	1.810,00	10,25	5,11	10,23	0,46
Cc	1.800,46	19,78	9,86	19,69	1,70
Cc	1.800,46	0,00	0,00	0,00	0,00

Curva Circular No 6

DATOS			
Alfa	95	16	28
Radio	115		
Abscisa(m)	5.015,77		

Tangente(T)	126,11	Pc(m)	5015,77
Cuerda(C)	169,95	Pt(m)	5206,99
Flecha(f)	37,51	Cc(m)	5111,38
External	55,67	Resultados	
Longitud(L)	191,23		

	Estación	l(cuerda/curva)	g(Ang. Sub.)	X	Y
Pc	5.015,77				
	5.020,00	4,23	2,11	4,23	0,08
	5.030,00	14,23	7,09	14,20	0,88
	5.040,00	24,23	12,07	24,06	2,54
	5.050,00	34,23	17,06	33,73	5,06
	5.060,00	44,23	22,04	43,15	8,40
	5.070,00	54,23	27,02	52,25	12,55
	5.080,00	64,23	32,00	60,95	17,48
	5.090,00	74,23	36,99	69,18	23,14
	5.100,00	84,23	41,97	76,90	29,49
	5.110,00	94,23	46,95	84,04	36,50
Cc	5.111,38	0,00	0,00	0,00	0,00

	Estación	l(cuerda/curva)	g(Ang. Sub.)	X	Y
Pt	5.206,99				
	5.200,00	6,99	3,48	6,99	0,21
	5.190,00	16,99	8,47	16,93	1,25
	5.180,00	26,99	13,45	26,75	3,15
	5.170,00	36,99	18,43	36,36	5,90
	5.160,00	46,99	23,41	45,70	9,47
	5.150,00	56,99	28,40	54,69	13,84
	5.140,00	66,99	33,38	63,27	18,97
	5.130,00	76,99	38,36	71,37	24,83
	5.120,00	86,99	43,34	78,93	31,36
Cc	5.111,38	95,61	47,64	84,97	37,51
Cc	5.111,38	0,00	0,00	0,00	0,00

Curva Circular No 7

DATOS			
Alfa	61	2	23
Radio	40		
Abscisa(m)	5.985,89		

Tangente(T)	23,58	Pc(m)	5985,89
Cuerda(C)	40,63	Pt(m)	6028,51
Flecha(f)	5,54	Cc(m)	6007,20
External	6,43	Resultados	
Longitud(L)	42,61		

	Estación	l(cuerda/curva)	g(Ang. Sub.)	X	Y
Pc	5.985,89				
	5.990,00	4,11	5,88	4,10	0,21
	6.000,00	14,11	20,21	13,82	2,46
Cc	6.007,20	0,00	0,00	0,00	0,00
Cc	6.007,20	0,00	0,00	0,00	0,00

	Estación	l(cuerda/curva)	g(Ang. Sub.)	X	Y
Pt	6.028,51				
	6.020,00	8,51	12,19	8,44	0,90
	6.010,00	18,51	26,51	17,85	4,21
Cc	6.007,20	21,31	30,52	20,31	5,54
Cc	6.007,20	0,00	0,00	0,00	0,00

Curva Circular No 8

DATOS	°	'	"
Alfa	52	6	41
Radio	30		
Abscisa(m)	6.129,36		

Tangente(T)	14,67	Pc(m)	6129,36
Cuerda(C)	26,35	Pt(m)	6156,64
Flecha(f)	3,05	Cc(m)	6143,00
External	3,39	Resultados	
Longitud(L)	27,29		

	Estación	l(cuerda/curva)	g(Ang. Sub.)	X	Y
Pc	6.129,36				
	6.130,00	0,64	1,22	0,64	0,01
	6.140,00	10,64	20,32	10,42	1,87
Cc	6.143,00	0,00	0,00	0,00	0,00

	Estación	l(cuerda/curva)	g(Ang. Sub.)	X	Y
Pt	6.156,64				
	6.150,00	6,64	12,69	6,59	0,73
Cc	6.143,00	13,64	26,06	13,18	3,05
Cc	6.143,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Anexo " C " TANGENTES INTERMEDIAS MÍNIMAS.

Curva No 4 y Curva No 5

DATOS						
VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/H)		60				
RADIO (m).		115 m				
PI A	1667,22	α A	36	32	29	
PI B	1800,66	α B	19	42	52	
DISTANCIA ENTRE PI (m)						
133,44						

	MINIMO	IDEAL	INTERMEDIA
TIMc	65,33	84,67	0,00

MINIMO	T1c	TIMc	T2c	RESULTADO
DIST. PI	37,97	65,33	19,98	123,28
IDEAL	T1c	TIMc	T2c	RESULTADO
DIST. PI	37,97	84,67	19,98	142,62

CUADRO DE RESULTADOS

		DIST. ENTRE PI A Y B	IDEAL	MINIMO
1	OPCION	133,44	142,62	123,28

1	OPCION	IDEAL	NO CUMPLE
	C-C	MINIMO	SI CUMPLE CON LA TANGENTE INTERMEDIA MINIMA

A pesar de que con el valor en el rango ideal no cumple se acepta el diseño por cumplir por lo menos el parámetro mínimo de cálculo.

Curva No 7 y Curva No 8

DATOS	
VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/H)	60
RESULTADOS	
RADIO (m).	40

	o	'	"
PI A	6009,47	α A	61 2 23
PI B	6144,03	α B	52 6 41
DISTANCIA ENTRE PI (m)			
134,56			

	MINIMO	IDEAL	INTERMEDIA
TIMc	65,33	84,67	0,00

MINIMO	T1c	TIMc	T2c	RESULTADO
DIST. PI	23,58	65,33	19,56	108,47
IDEAL	T1c	TIMc	T2c	RESULTADO
DIST. PI	23,58	84,67	19,56	127,80

CUADRO DE RESULTADOS

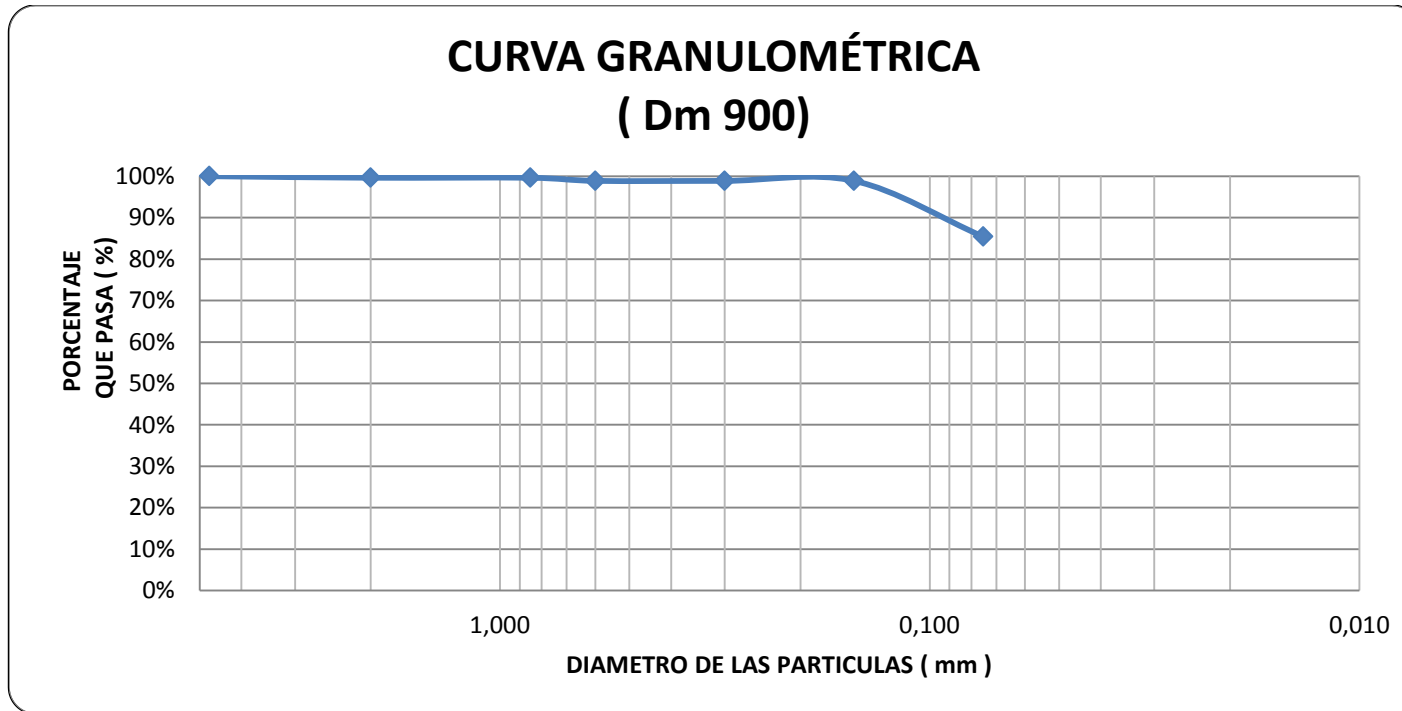
	DIST. ENTRE PI A Y B	IDEAL	MINIMO
1 OPCION	134,56	127,80	108,47

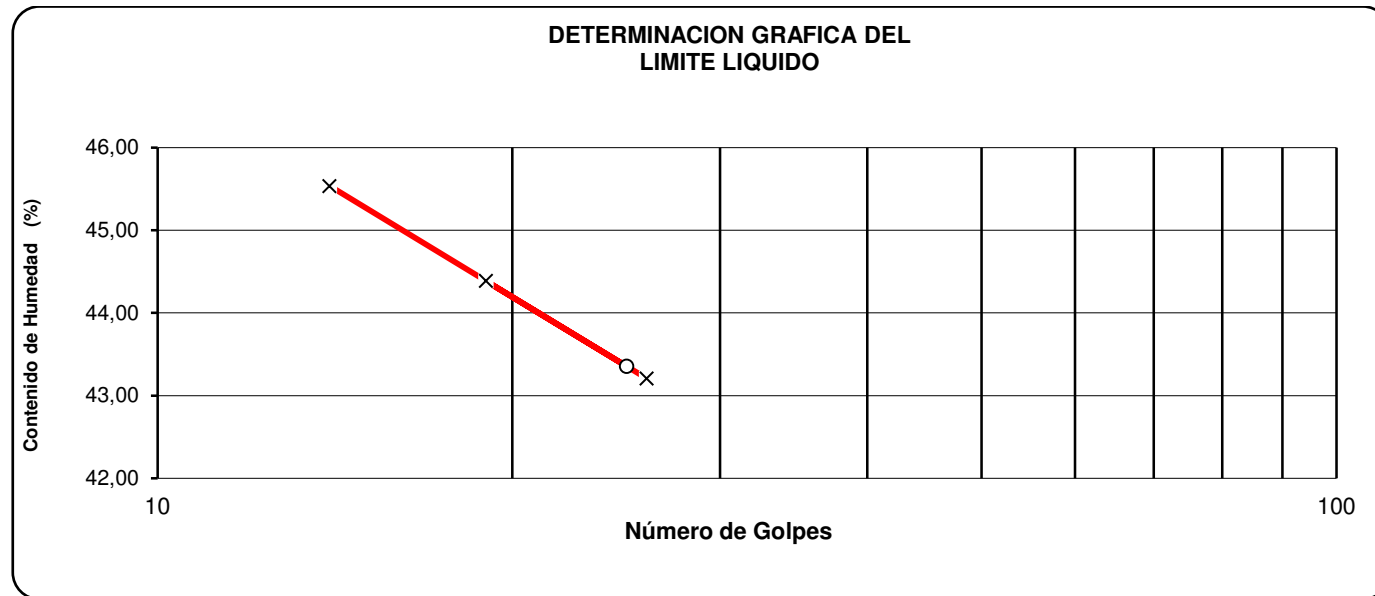
1	OPCION C-C	IDEAL	SI CUMPLE CON LA TANGENTE INTERMEDIA MINIMA
		MINIMO	SI CUMPLE CON LA TANGENTE INTERMEDIA MINIMA

Anexo " D " ENSAYOS DE GRANULOMETRÍA , LÍMITES PLÁSTICOS Y LÍMITES LÍQUIDOS.

CALICATA		: VIA - ABSCISA Dm 900				
PROFUNDIDAD		: 1.00 - 1.70 m.				
1. DISTRIBUCION GRANULOMETRICA						
TAMIZ	DIAMETRO DE TAMICES	PESO	PESO	%	%	%PASA
No.	(mm)	Reten (Par)	Reten (Acum)	RETENIDO	PASA	ESPECIF
No. 4	4,750	0	0	0%	100%	
10	2,000	1	1	0%	100%	
20	0,850	0	1	0%	100%	
40	0,600	2	3	1%	99%	
60	0,300	0	3	1%	99%	
100	0,150	0	3	1%	99%	
200	0,075	36	39	15%	85%	
PASA 200		228	228		85	
PESO TOTAL		267				
CAPSULA	Número	PESO CAP.	PESO CAP.	PESO	CONTEN.	PROMEDIO
No.	de	SUELO HUMEDO	SUELO SECO	CAPSULA	AGUA	
	Golpes	(g)	(g)	(g)	(W %)	(W %)
2. HUMEDAD NATURAL						
E-7		124,72	103,69	24,66	26,61	
E-4		101,61	84,23	19,69	26,93	26,77
3. LÍMITE LÍQUIDO						
L-208	26	27,24	21,12	6,96	43,22	
L-216	19	27,10	20,81	6,63	44,36	

L-212	14	26,76	20,57	6,98	45,55	43,35
4. LÍMITE PLÁSTICO						
20		11,74	10,35	5,08	26,38	
5		11,20	9,82	4,53	26,09	26,23





5. RESUMEN

GRAVA	0%	LL =	43,4%
ARENA	0%	LP =	26,2%
LIMO/ARCILLA	1%	IP =	17,1%

SUCS: **OL** AASHTO: **I. G.**

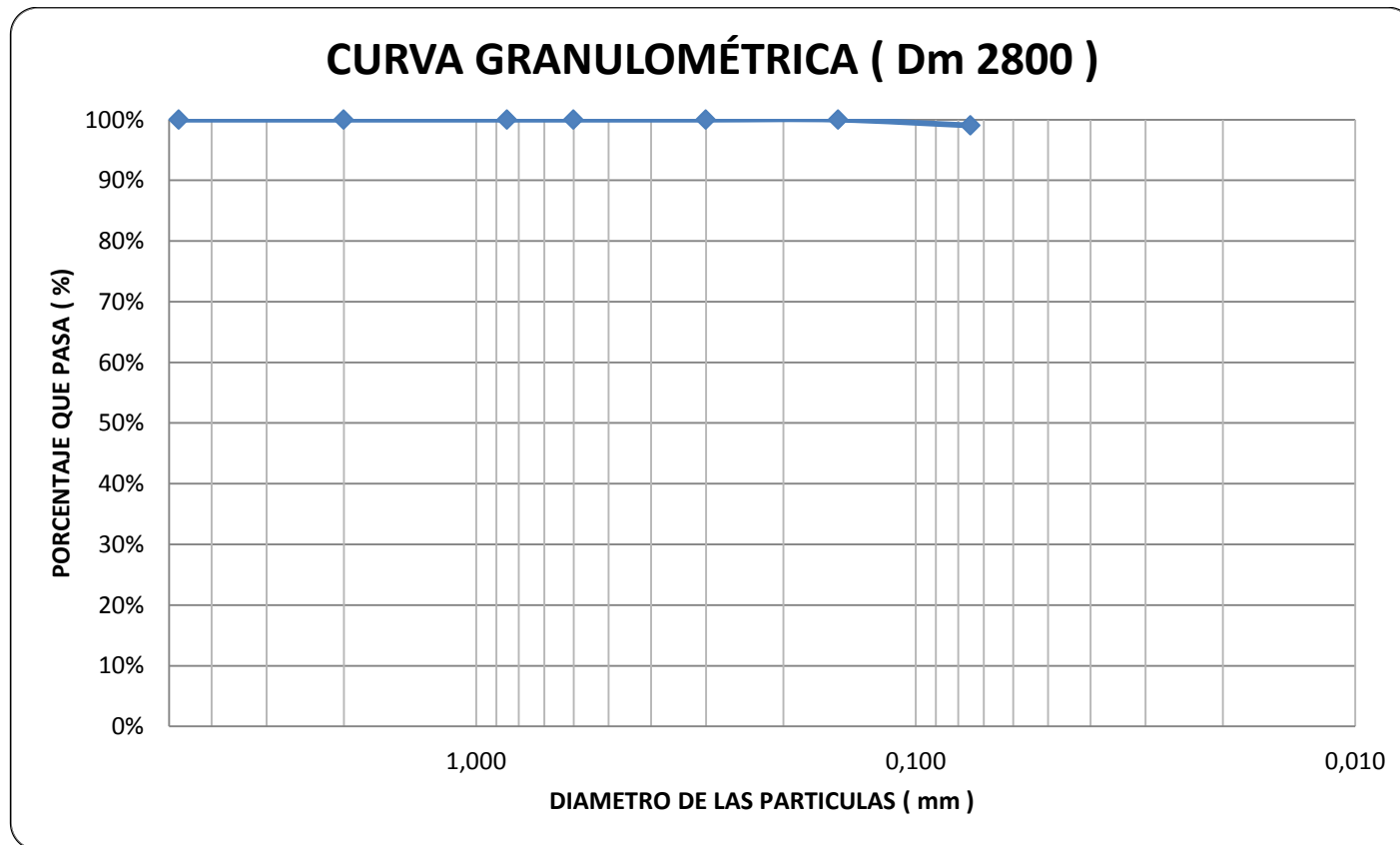
6. OBSERVACIONES: LIMO ARCILLOSO, DE TONALIDAD CAFÉ OSCURO,
DE MEDIANA
PLASTICIDAD.

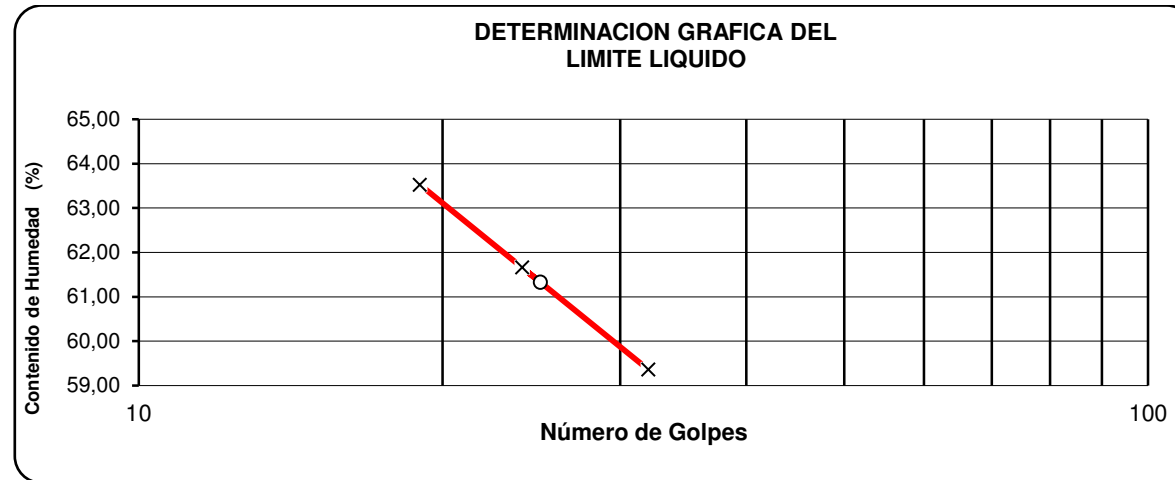
CALICATA		: VIA - ABSCISA Dm 2800				
PROFUNDIDAD		: 1,00 - 1,50 m.				
1. DISTRIBUCION GRANULOMETRICA						
TAMIZ	DIAMETRO DE TAMICES	PESO	PESO	%	%	%PASA
No.	(mm)	Reten (Par)	Reten (Acum)	RETENIDO	PASA	ESPECIF
No. 4	4,750	0	0	0%	100%	
10	2,000	0	0	0%	100%	
20	0,850	0	0	0%	100%	
40	0,600	0	0	0%	100%	
60	0,300	0	0	0%	100%	
100	0,150	0	0	0%	100%	
200	0,075	2	2	1%	99%	
PASA 200		208	208		99	
PESO TOTAL		210				

CAPSULA	Número	PESO CAP.	PESO CAP.	PESO	CONTEN.	PROMEDIO
No.	de	SUELO HUMEDO	SUELO SECO	CAPSULA	AGUA	
	Golpes	(g)	(g)	(g)	(W %)	(W %)
2. HUMEDAD NATURAL						
118		67,80	54,98	18,04	34,70	
E-500		60,56	48,00	11,08	34,02	34,36
3. LÍMITE LÍQUIDO						
M-206	32	27,34	20,55	9,12	59,41	
5	24	28,56	21,15	9,11	61,54	
T-23	19	24,98	17,63	6,07	63,58	61,33

4. LÍMITE PLÁSTICO

L-207	12,29	10,80	6,53	34,89	
S-9	15,20	13,63	9,09	34,58	34,74



**5. RESUMEN**

GRAVA	0%	LL =	61,3%
ARENA	0%	LP =	34,7%
LIMO/ARCILLA	1%	IP =	26,6%

SUCS: **OH** AASHTO: I. G.

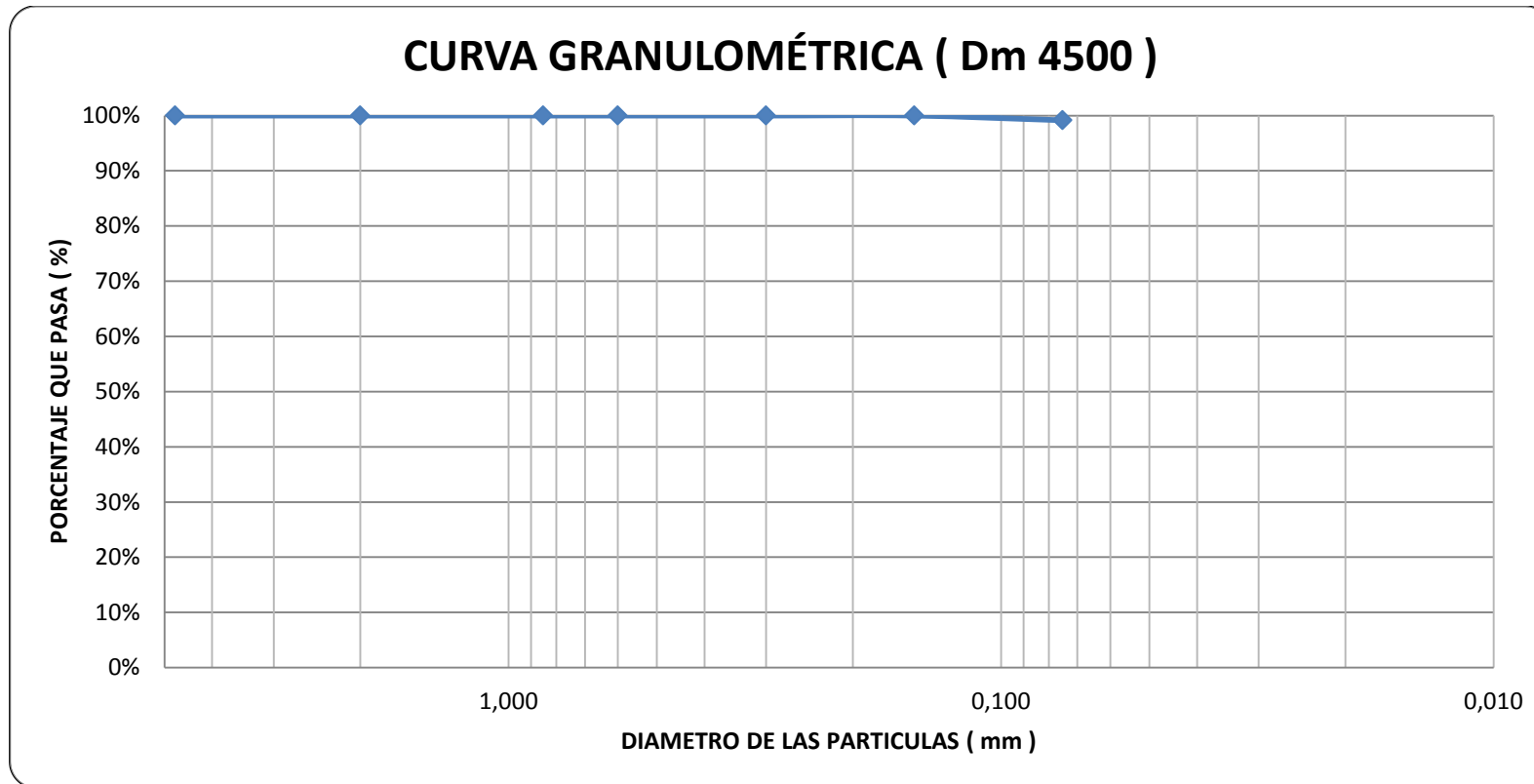
6. OBSERVACIONES:

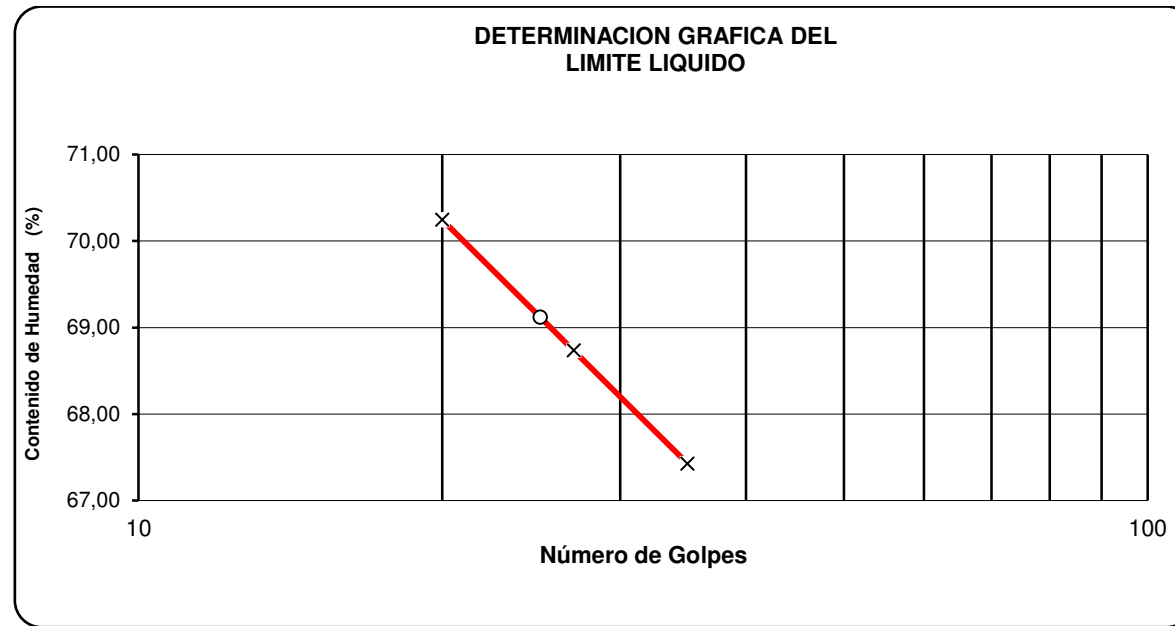
ARCILLA ORGÁNICA, DE PLASTICIDAD ALTA,
DE TONALIDAD VERDE
OBSCURO.

CALICATA	: VIA - ABSCISA Dm 4500					
PROFUNDIDAD	: 1,00 - 1,50 m.					
1. DISTRIBUCION GRANULOMETRICA						
TAMIZ	DIAMETRO DE TAMICES	PESO	PESO	%	%	%PASA
No.	(mm)	Reten (Par)	Reten (Acum)	RETENIDO	PASA	ESPECIF
No. 4	4,750	0	0	0%	100%	
10	2,000	0	0	0%	100%	
20	0,850	0	0	0%	100%	
40	0,600	0	0	0%	100%	
60	0,300	0	0	0%	100%	
100	0,150	0	0	0%	100%	
200	0,075	2	2	1%	99%	
PASA 200		235	235		99%	
PESO TOTAL		237				

CAPSULA	Número	PESO CAP.	PESO CAP.	PESO	CONTEN.	PROMEDIO
No.	de	SUELO HUMEDO	SUELO SECO	CAPSULA	AGUA	
	Golpes	(g)	(g)	(g)	(W %)	(W %)
2. HUMEDAD NATURAL						
13		69,57	55,03	17,44	38,68	
127		65,13	52,14	18,29	38,38	38,53
3. LÍMITE LÍQUIDO						
18	35	20,40	14,57	5,93	67,48	
S-1	27	22,70	16,31	7,00	68,64	

L-222	20	20,64	14,56	5,91	70,29	69,12
4. LÍMITE PLÁSTICO						
M-176		14,76	13,31	9,21	35,37	
T-35		12,07	10,52	6,03	34,52	34,94





5. RESUMEN

GRAVA	0%	LL =	69,1%
ARENA	0%	LP =	34,9%
LIMO/ARCILLA	1%	IP =	34,2%
SUCS:	OH	AASHTO:	I. G.

6. OBSERVACIONES:

ARCILLA ORGANICA, DE PLASTICIDAD ELEVADA,

DE TONALIDAD VERDE
OBSCURO.

CALICATA : VIA - ABSCISA Dm 6200

PROFUNDIDAD : 1,00 - 1,50 m.

1. DISTRIBUCION GRANULOMETRICA

TAMIZ	DIAMETRO DE TAMICES	PESO	PESO	%	%	%PASA
No.	(mm)	Reten (Par)	Reten (Acum)	RETENIDO	PASA	ESPECIF
No. 4	4,750	0	0	0%	100%	
10	2,000	0	0	0%	100%	
20	0,850	0	0	0%	100%	
40	0,600	0	0	0%	100%	
60	0,300	0	0	0%	100%	
100	0,150	0	0	0%	100%	
200	0,075	24	24	9%	91%	
PASA 200		242	242		91%	
PESO TOTAL		266				

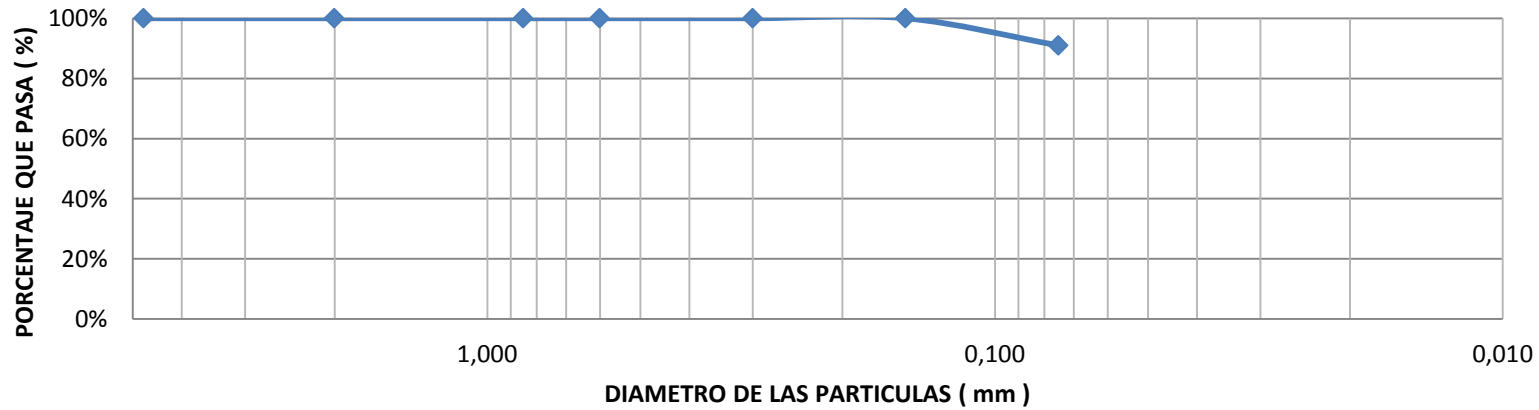
CAPSULA	Número	PESO CAP.	PESO CAP.	PESO	CONTEN.	PROMEDIO
No.	de	SUELO HUMEDO	SUELO SECO	CAPSULA	AGUA	
	Golpes	(g)	(g)	(g)	(W %)	(W %)
2. HUMEDAD NATURAL						
E-6		78,78	64,14	20,06	33,21	
100		74,33	60,33	18,66	33,60	33,40

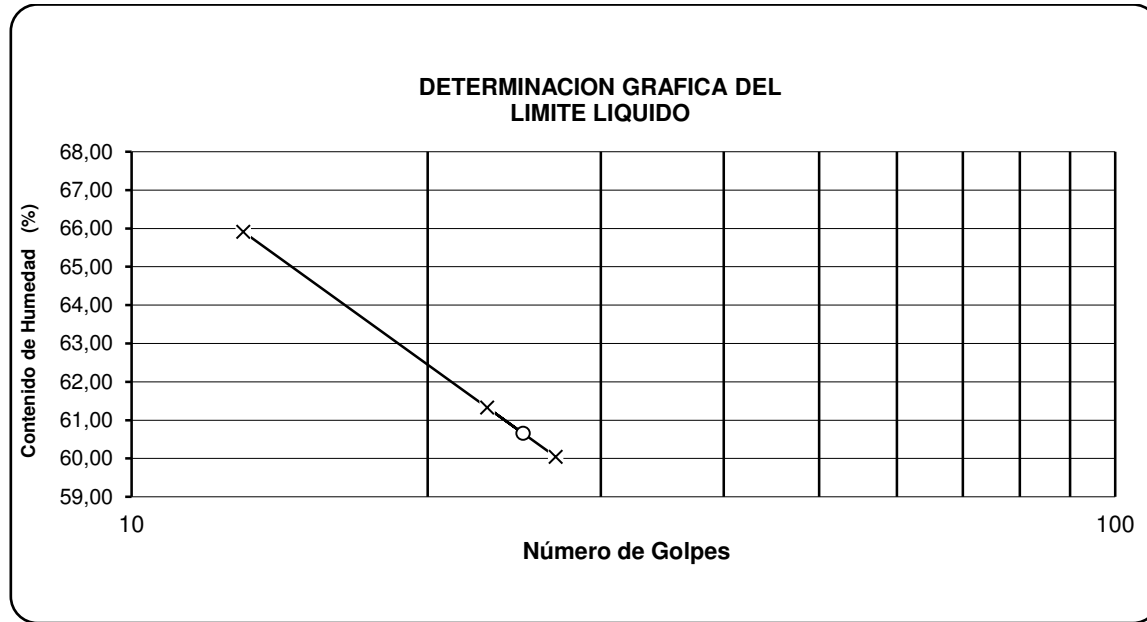
3. LÍMITE LÍQUIDO

3	27	27,04	20,35	9,20	60,00	
8	23	27,89	20,77	9,17	61,38	
M-213	13	28,64	20,95	9,28	65,90	60,66

4. LÍMITE PLÁSTICO

L-201		11,73	10,51	6,99	34,66	
2003		14,22	12,96	9,31	34,52	34,59

CURVA GRANULOMÉTRICA (Dm 6200)



5. RESUMEN

GRAVA	0%	LL =	60,7%
ARENA	0%	LP =	34,6%
LIMO/ARCILLA	1%	IP =	26,1%

SUCS:	OH	AASHTO:	I.G.
-------	----	---------	------

6. OBSERVACIONES: ARCILLA ORGANICA, DE TONALIDAD CAFÉ OSCURO A VERDOSO, DE ALTA PLASTICIDAD.

Anexo " E " ENSAYOS DE COMPACTACIÓN.

MUESTRA	: CALICATA en ABCISA Dm 900			
PROFUNDIDAD	: 1.00 - 1.70 m.			
GOLPES POR CAPA	25	NUMERO DE CAPAS:	5	PESO DE MARTILLO : 10 Lbs
DIAMETRO MOLDE	4"	ALTURA DE CAIDA :	18"	VOLUMEN cm ³ 936
DENSIDAD MAXIMA	1645	Kg/m ³		OPTIMA HUMEDAD % : 20,80

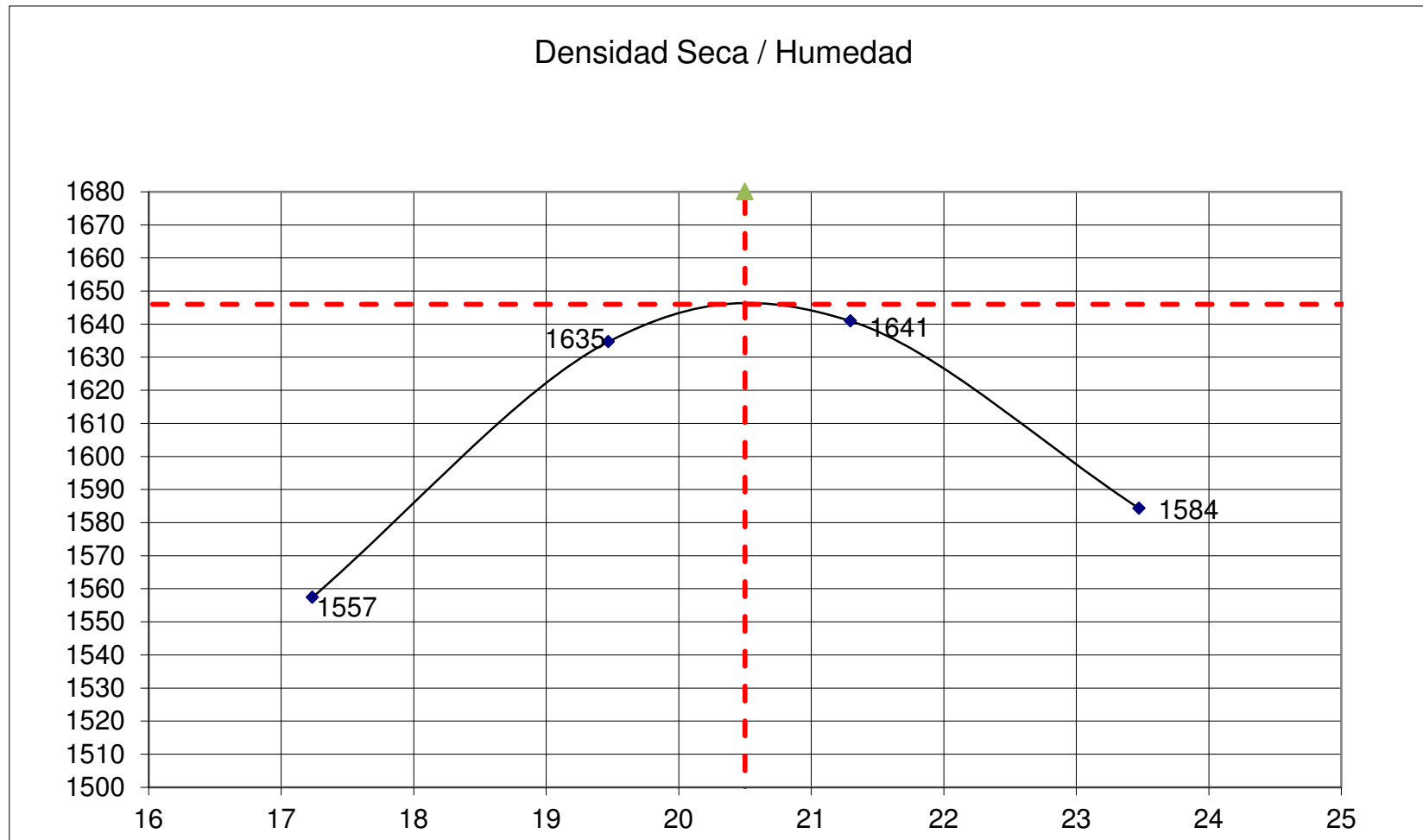
CONTENIDO DE AGUA

PUNTO N°		1	2	3	4				
TARRO N°		28	1020	19 S-3	128	22	S-1	S-2	
SUELO HUM. + TARRO	gr.	75,33	85,54	81,96	80,17	74,51	73,11	81,18	76,53
SUELO SECO + TARRO	gr.	67,03	75,51	71,59	69,99	64,63	63,46	69,04	65,39
PESO TARRO	gr.	18,29	18,01	18,05	17,98	17,84	18,53	17,75	17,54
CONTENIDO DE AGUA	%	17,03	17,44	19,37	19,57	21,12	21,48	23,67	23,28
CONT. PROMEDIO AGUA	%	17,24		19,47		21,30		23,48	

DATOS DE LA CURVA

PUNTO N°		1	2	3	4
PESO MOLDE + SUELO	gr.	5927	6046	6081	6049
PESO MOLDE	gr.	4218	4218	4218	4218
PESO SUELO	gr.	1709	1828	1863	1831
VOLUMEN	cm ³	936	936	936	936
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm ³	1,826	1,953	1,990	1,956
CONT. PROMEDIO AGUA	%	17,24	19,47	21,30	23,48
DENSIDAD SECA	gr/cm ³	1557	1635	1641	1584

CURVA DE COMPACTACIÓN



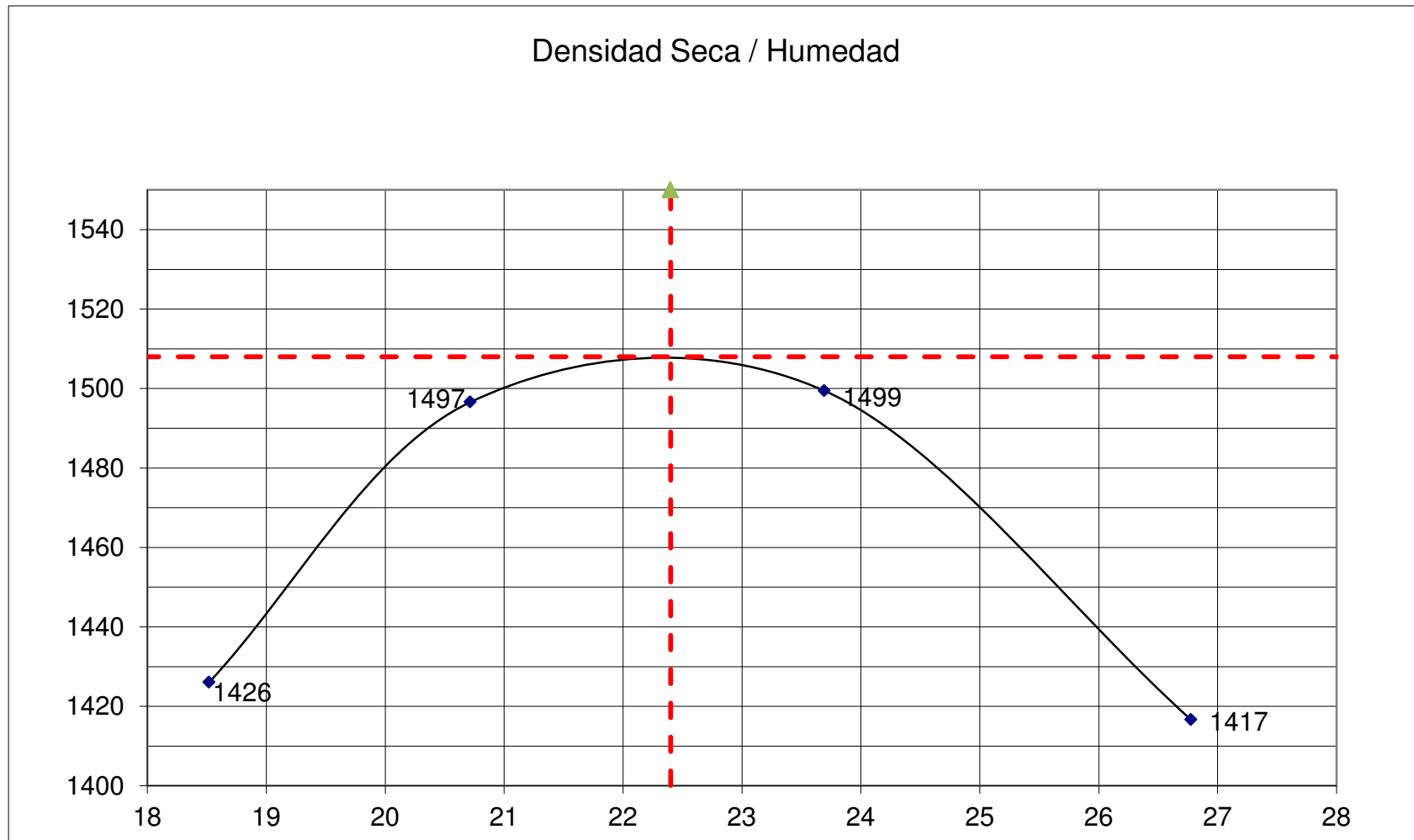
MUESTRA	: CALICATA en ABSCISA Dm 2800			
PROFUNDIDAD	: 1.20 - 1.40 m.			
GOLPES POR CAPA :	25	NUMERO DE CAPAS:	5	PESO DE MARTILLO : 10 Lbs
DIAMETRO MOLDE :	4"	ALTURA DE CAIDA :	18"	VOLUMEN cm³ 936
DENSIDAD MAXIMA :	1508	Kg/m³	OPTIMA HUMEDAD % :	22,20

CONTENIDO DE AGUA

PUNTO N°		1	2	3	4				
TARRO N°		116	126	131	D-121 29	10	8	133	
SUELO HUM. + TARRO	gr.	78,41	81,90	79,03	75,82	85,06	88,78	80,79	75,51
SUELO SECO + TARRO	gr.	69,10	71,78	68,65	65,92	72,05	75,11	67,37	63,40
PESO TARRO	gr.	17,67	18,34	18,13	18,52	16,95	17,61	17,55	17,90
CONTENIDO DE AGUA	%	18,10	18,94	20,55	20,89	23,61	23,77	26,94	26,62
CONT. PROMEDIO AGUA	%	18,52		20,72		23,69		26,78	

DATOS DE LA CURVA

PUNTO N°		1	2	3	4
PESO MOLDE + SUELO	gr.	5800	5909	5954	5899
PESO MOLDE	gr.	4218	4218	4218	4218
PESO SUELO	gr.	1582	1691	1736	1681
VOLUMEN	cm ³	936	936	936	936
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm ³	1,690	1,807	1,855	1,796
CONT. PROMEDIO AGUA	%	18,52	20,72	23,69	26,78
DENSIDAD SECA	gr/cm ³	1426	1497	1499	1417

CURVA DE COMPACTACIÓN

MUESTRA	: CALICATA en ABSCISA Dm 4200			
PROFUNDIDAD	: 1.00 - 1.50 m.			

GOLPES POR CAPA	25	NUMERO DE CAPAS:	5	PESO DE MARTILLO	: 10 Lbs
DIAMETRO MOLDE	4"	ALTURA DE CAIDA	18"	VOLUMEN	cm ³ 936
DENSIDAD MAXIMA	1609	Kg/m³		OPTIMA HUMEDAD	% : 22,80

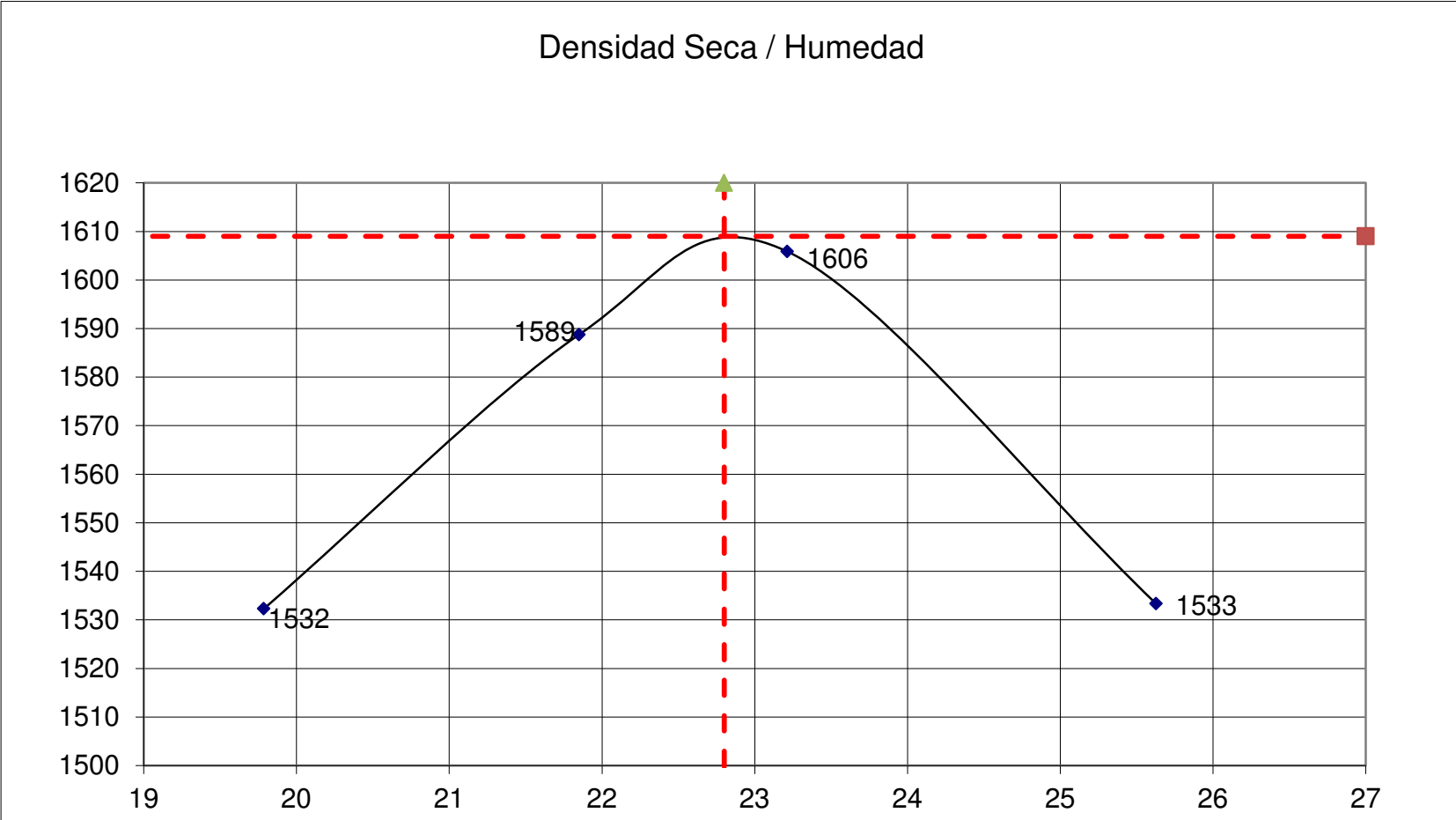
CONTENIDO DE AGUA

PUNTO N°		1	2	3	4				
TARRO N°		106	20	117	1009	109	S-5	S-10	007
SUELO HUM. + TARRO	gr.	80,38	81,26	79,46	71,17	77,86	79,33	80,85	79,91
SUELO SECO + TARRO	gr.	70,12	70,76	68,37	61,59	66,47	67,71	67,96	67,29
PESO TARRO	gr.	18,24	17,72	17,69	17,68	17,62	17,43	17,94	17,77
CONTENIDO DE AGUA	%	19,78	19,80	21,88	21,82	23,32	23,11	25,77	25,48
CONT. PROMEDIO AGUA	%	19,79		21,85		23,21		25,63	

DATOS DE LA CURVA

PUNTO N°		1	2	3	4
PESO MOLDE + SUELO	gr.	5936	6030	6070	6021
PESO MOLDE	gr.	4218	4218	4218	4218
PESO SUELO	gr.	1718	1812	1852	1803
VOLUMEN	cm ³	936	936	936	936
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm ³	1,835	1,936	1,979	1,926
CONT. PROMEDIO AGUA	%	19,79	21,85	23,21	25,63
DENSIDAD SECA	gr/cm ³	1532	1589	1606	1533

CURVA DE COMPACTACIÓN



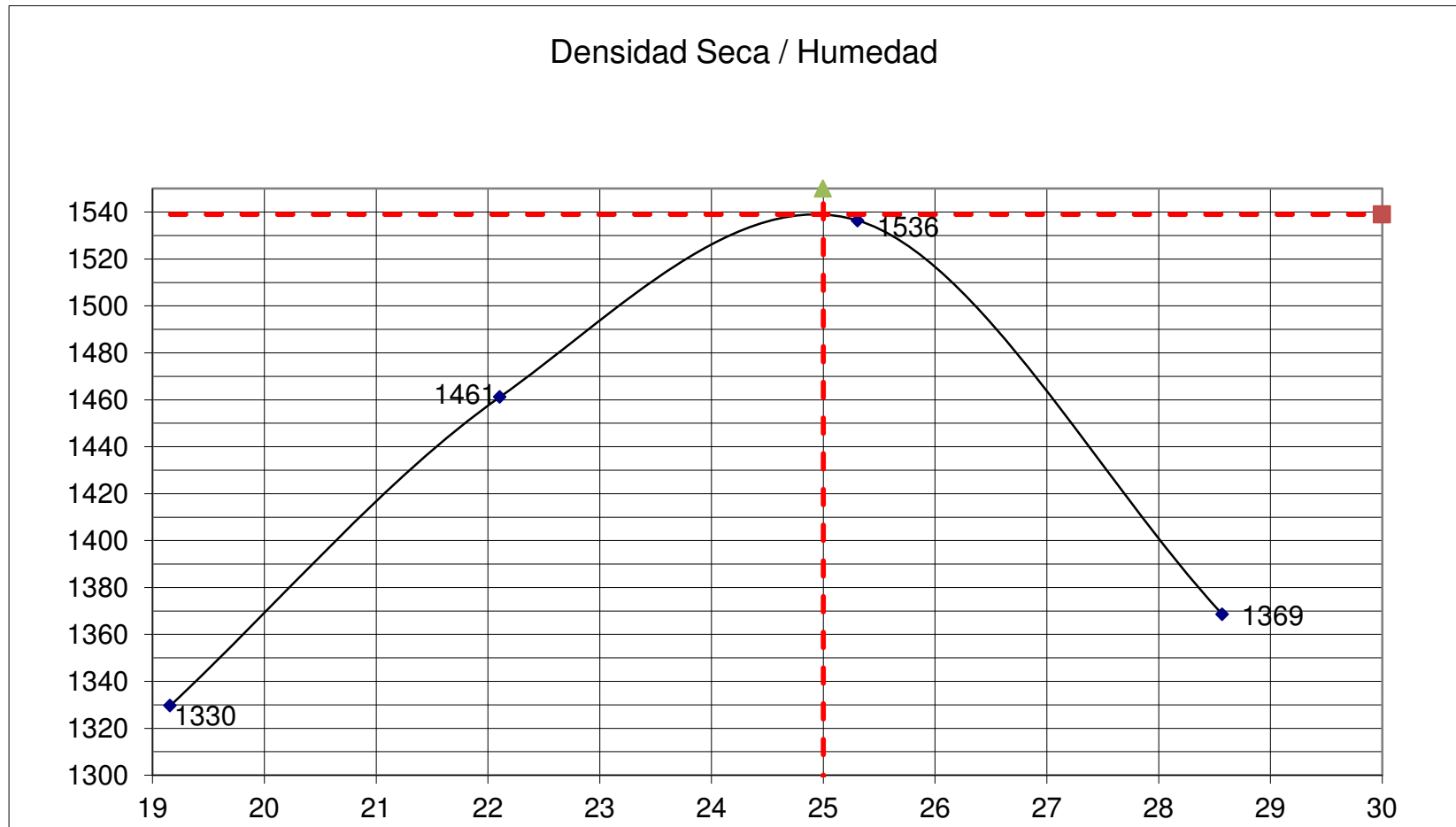
MUESTRA	: CALICATA en ABCISA Dm 6200			
PROFUNDIDAD	: 1.00 - 1.50 m.			
GOLPES POR CAPA	25	NUMERO DE CAPAS:	5	PESO DE MARTILLO : 10 Lbs
DIAMETRO MOLDE	4"	ALTURA DE CAIDA :	18"	VOLUMEN cm³ 936
DENSIDAD MAXIMA	1539	Kg/m³		OPTIMA HUMEDAD 24,80 % :

CONTENIDO DE AGUA

PUNTO N°		1	2	3	4				
TARRO N°		111	2	14	30	15	9	P-50	119
SUELO HUM. + TARRO	gr.	75,38	69,11	82,30	84,07	77,00	74,89	76,25	81,25
SUELO SECO + TARRO	gr.	66,15	60,71	70,78	72,04	65,04	63,36	63,54	67,09
PESO TARRO	gr.	17,81	17,01	18,88	17,40	17,48	18,09	18,39	18,24
CONTENIDO DE AGUA	%	19,09	19,22	22,20	22,02	25,15	25,47	28,15	28,99
CONT. PROMEDIO AGUA	%	19,16		22,11		25,31		28,57	

DATOS DE LA CURVA

PUNTO N°		1	2	3	4
PESO MOLDE + SUELO	gr.	5701	5888	6020	5865
PESO MOLDE	gr.	4218	4218	4218	4218
PESO SUELO	gr.	1483	1670	1802	1647
VOLUMEN	cm ³	936	936	936	936
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm ³	1,584	1,784	1,925	1,760
CONT. PROMEDIO AGUA	%	19,16	22,11	25,31	28,57
DENSIDAD SECA	gr/cm ³	1330	1461	1536	1369

CURVA DE COMPACTACIÓN

Anexo " F " ENSAYOS CBR CALCULADOS

UBICACIÓN	: ABCSISA Dm 900					
LOCALIZACION	: 1.00 - 1.70 m.					
MUESTRA No.	: 1					
Molde No.	1		2		3	
Numero de capas	5		5		5	
# de golpes por capa	56		25		10	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
Peso muestra+molde Gr.	11898	12182	11434	11891	11195	11758
Peso molde Gr.	7287	7287	7120	7120	7194	7194
Peso muestra Gr.	4611	4895	4314	4771	4001	4564
Volumen muestra cm3	2317	2317	2317	2317	2317	2317
Densidad humeda kg/m3	1,990	2,113	1,862	2,059	1,727	1,970
Densidad seca kg/m3	1,645	1,648	1,540	1,554	1,431	1,440
CONTENIDO DE AGUA						
Tarro No.	23	119	19	7	9	6
Peso humedo + tarro (Gr)	234,23	83,74	234,23	107,35	214,14	118,23
Peso seco + tarro (Gr)	210,96	69,34	211,59	85,39	194,92	93,06
Peso tarro (Gr)	100,02	18,27	103,18	17,83	101,76	24,68
Peso agua (Gr)	23,27	14,40	22,64	21,96	19,22	25,17
Peso muestra seca (Gr.)	110,94	51,07	108,41	67,56	93,16	68,38
Contenido de humedad %	20,98	28,20	20,88	32,50	20,63	36,81
Promedio humedad %	20,98	28,20	20,88	32,50	20,63	36,81
Agua absorbida %	7,22		11,62		16,18	

ESPONJAMIENTO

DIA Y MES	TI E M P O D I A S	MOLDE 1				MOLDE 2				MOLDE 3			
		No		No		No		No		No		No	
		LECTURA	ALTURA	ESPONJAMIENTO		LECTURA	ALTURA	ESPONJAMIENTO		LECTURA	ALTURA	ESPONJAMIENTO	
		DIAL	MUESTRA	pulg.	%	DIAL	MUESTRA	pulg.	%	DIAL	MUESTRA	pulg.	%
19-sep	0	0	5	0,000	0,00	0	5	0,000	0,00	0	5	0,000	0,00
20-sep	1	146	5	0,146	2,92	216	5	0,216	4,32	165	5	0,165	3,30
21-sep	2	198	5	0,198	3,96	288	5	0,288	5,76	201	5	0,201	4,02
22-sep	3	220	5	0,220	4,40	332	5	0,332	6,64	254	5	0,254	5,08
23-sep	4	229	5	0,229	4,58	355	5	0,355	7,10	267	5	0,267	5,34

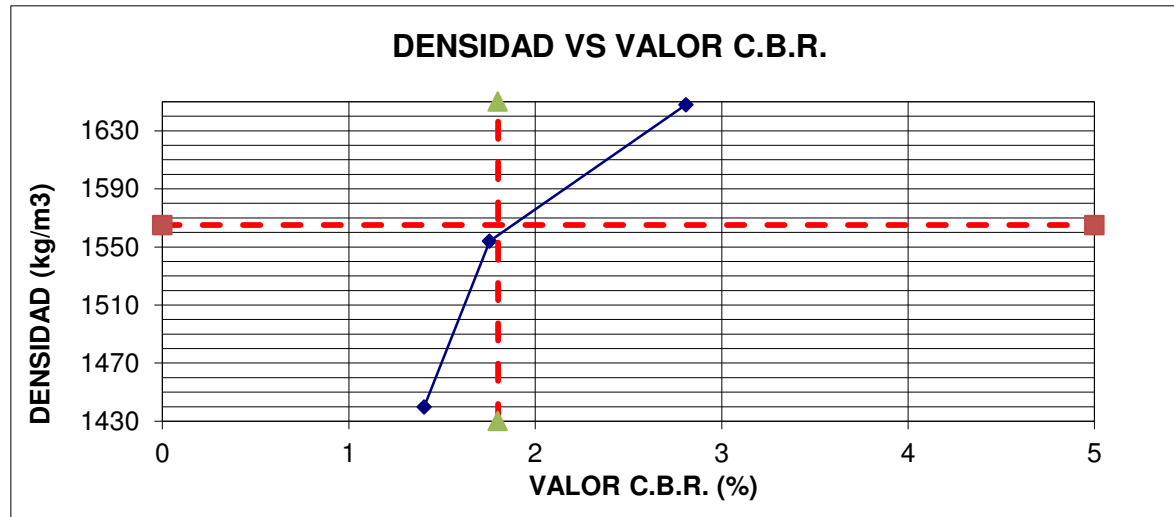
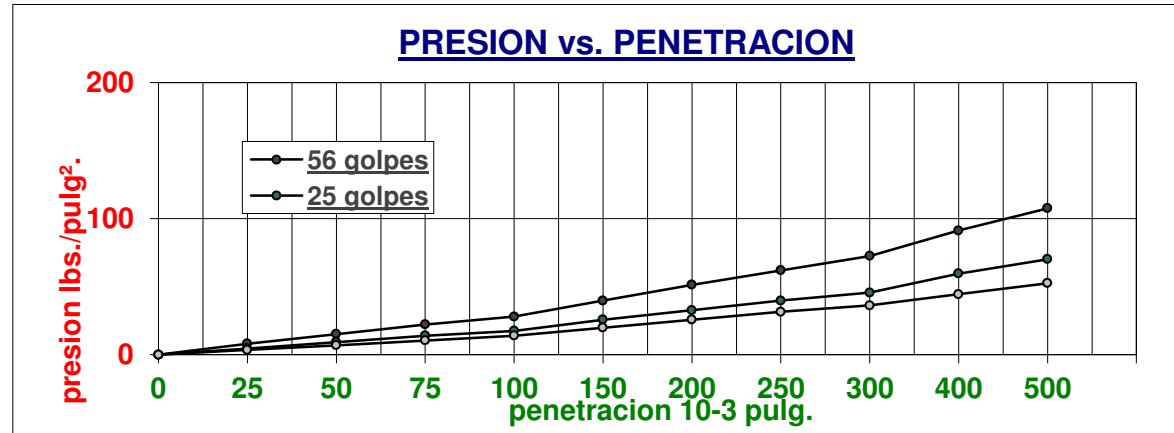
PENETRACION

ANILLO No 5829

CONSTANTE:		3,51 lbs															
		14		MOLDE 1				MOLDE 2					MOLDE 3				
TIEMPO	PENETRACION	No		No		No		No		No		No		No		No	
		CARGA	PRESION	PRESION CORREGIDA	PRESION ESTANDAR	VALOR CBR	CARGA	PRESION	PRESION CORREGIDA	PRESION ESTANDAR	VALOR CBR	CARGA	PRESION	PRESION CORREGIDA	PRESION ESTANDAR	VALOR CBR	
min	pulg	dial	lbs	lb/pulg	lb/pulg ²	lb/pulg ²	dial	lbs	lb/pulg	lb/pulg ²	lb/pulg ²	dial	lbs	lb/pulg	lb/pulg ²	lb/pulg ²	VALOR CBR
0,00	0	0	0	0			0	0	0			0	0	0			

0,30	25	7	25	8				4	14	5			3	11	4				
1,00	50	13	46	15				8	28	9			6	21	7				
1,30	75	19	67	22				12	42	14			9	32	11				
2,00	100	24	84	28	28	1000	2,8	15	53	18	18	1000	1,8	12	42	14	14	1000	1,4
3,00	150	34	119	40				22	77	26			17	60	20				
4,00	200	44	155	52	52	1500		28	98	33	33	1500		22	77	26	26	1500	
5,00	250	53	186	62				34	119	40			27	95	32				
6,00	300	62	218	73	73	1900		39	137	46	46	1900		31	109	36	36	1900	
8,00	400	78	274	91	91	2300		51	179	60	60	2300		38	133	44	44	2300	
10,00	500	92	323	108	108	2600		60	210,7	70	70	2600		45	158	53	53	2600	

PENETRACION	56 golpes	25 golpes	10golpes
0	0	0	0
25	8,2	4,7	3,5
50	15,2	9,4	7,0
75	22,2	14,0	10,5
100	28,1	17,6	14,0
150	39,8	25,8	19,9
200	51,5	32,8	25,8
250	62,0	39,8	31,6
300	72,6	45,6	36,3
400	91,3	59,7	44,5
500	107,7	70,2	52,7



VALOR C.B.R. AL 95% DE LA MAXIMA DENSIDAD = 1.8 %

UBICACIÓN	: ABSCISA Dm 2600					
LOCALIZACION	: 1.00 - 1.50 m.					
MUESTRA No.	:					
Molde No.	4		5		6	
Numero de capas	5		5		5	
# de golpes por capa	56		25		10	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
Peso muestra+molde Gr.	11492	11923	11255	11750	11061	11582
Peso molde Gr.	7190	7190	7228	7228	7243	7243
Peso muestra Gr.	4302	4733	4027	4522	3818	4339
Volumen muestra cm3	2318	2318	2318	2318	2318	2318
Densidad humeda kg/m3	1,856	2,042	1,737	1,951	1,647	1,872
Densidad seca kg/m3	1,508	1,513	1,411	1,414	1,338	1,333
CONTENIDO DE AGUA						
Tarro No.	15	10	35	124	26	113
Peso humedo + tarro (Gr)	215,11	94,11	195,76	91,34	188,66	89,89
Peso seco + tarro (Gr)	193,39	74,37	177,26	71,06	171,88	69,20
Peso tarro (Gr)	99,24	17,96	97,26	17,69	99,16	18,06
Peso agua (Gr)	21,72	19,74	18,50	20,28	16,78	20,69
Peso muestra seca (Gr.)	94,15	56,41	80,00	53,37	72,72	51,14
Contenido de humedad %	23,07	34,99	23,13	38,00	23,07	40,46
Promedio humedad %	23,07	34,99	23,13	38,00	23,07	40,46
Agua absorbida %	11,92		14,87		17,38	

ESPONJAMIENTO

DIA Y MES	T I E M P O D I A S	MOLDE 4				MOLDE 5				MOLDE 6			
		No		No		No		No					
		LECTURA	ALTURA	ESPONJAMIE NTO		LECTURA	ALTURA	ESPONJAMIE NTO		LECTURA	ALTURA	ESPONJAMIE NTO	
		DIAL	MUESTRA	pulg.	%	DIAL	MUESTRA	pulg.	%	DIAL	MUESTRA	Pulg	%
24-sep	0	0	5	0,000	0,00	0	5	0,000	0,00	0	5	0,000	0,00
25-sep	1	154	5	0,154	3,08	184	5	0,184	3,68	75	5	0,075	1,50
26-sep	2	201	5	0,201	4,02	214	5	0,214	4,28	101	5	0,101	2,02
27-sep	3	248	5	0,248	4,96	292	5	0,292	5,84	165	5	0,165	3,30
28-sep	4	278	5	0,278	5,56	313	5	0,313	6,26	187	5	0,187	3,74

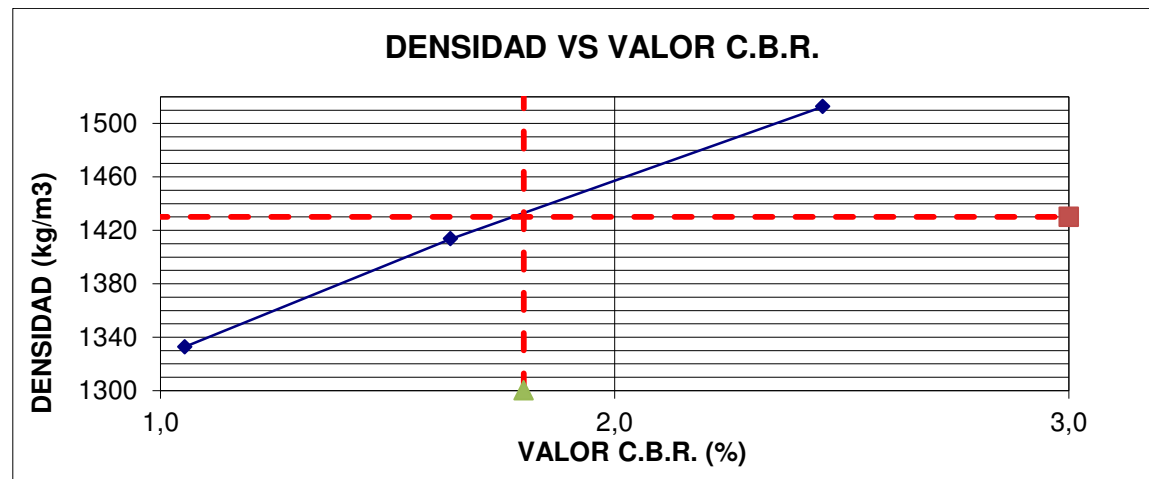
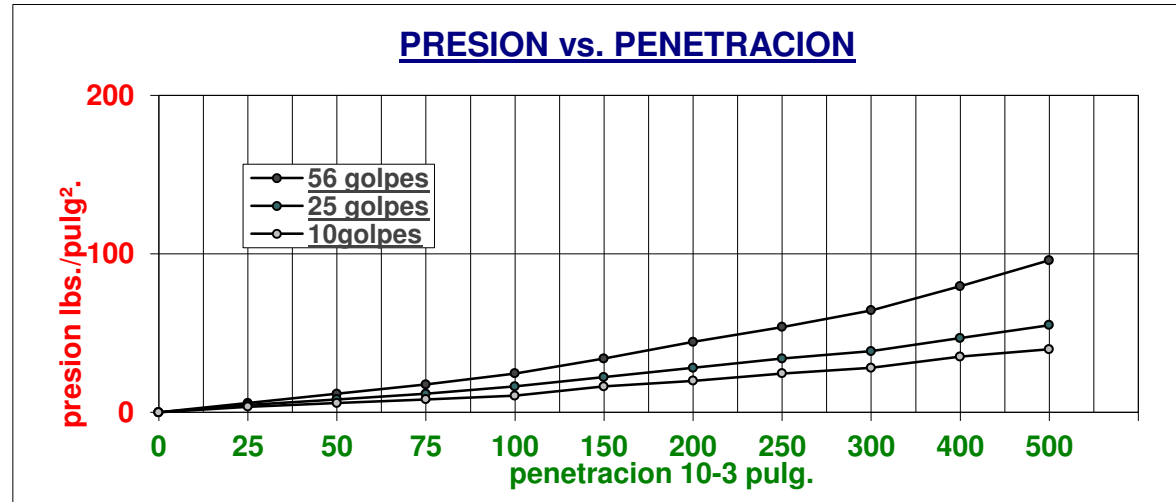
PENETRACION

ANILLO No 5829

CONSTANTE:		3,51 lbs		14		MOLDE 4				MOLDE 5				MOLDE 6					
TIEMPO	PENETRA CIÓN	No		No		No		No		No		No		No					
		CARGA	PRESI ON	PRESION CORREG IDA	PRESIO N ESTÁN DAR	VAL OR CBR	CARGA	PRESI ON	PRESION CORREG IDA	PRESIO N ESTÁN DAR	VAL OR CBR	CARGA	PRESI ON	PRESION CORREG IDA	PRESIO N ESTÁN DAR	VALO R CBR			
min	pulg	dial	lbs	lb/pulg ₂	lb/pulg ²	lb/pulg ²		dial	lbs	lb/pulg ₂	lb/pulg ²	lb/pulg ²		dial	lbs	lb/pulg ₂	lb/pulg ²	lb/pulg ²	
0,00	0	0	0	0				0	0	0				0	0	0			

0,30	25	5	18	6				4	14	5			3	11	4				
1,00	50	10	35	12				7	25	8			5	18	6				
1,30	75	15	53	18				10	35	12			7	25	8				
2,00	100	21	74	25	25	1000	2,5	14	49	16	16	1000	1,6	9	32	11	11	1000	1,1
3,00	150	29	102	34				19	67	22			14	49	16				
4,00	200	38	133	44	44	1500		24	84	28	28	1500		17	60	20	20	1500	
5,00	250	46	162	54				29	102	34			21	74	25				
6,00	300	55	193	64	64	1900		33	116	39	39	1900		24	84	28	28	1900	
8,00	400	68	239	80	80	2300		40	140	47	47	2300		30	105	35	35	2300	
10,00	500	82	288	96	96	2600		47	165	55	55	2600		34	119	40	40	2600	

PENETRACION	56 golpes	25 golpes	10golpes
0	0	0	0
25	5,9	4,7	3,5
50	11,7	8,2	5,9
75	17,6	11,7	8,2
100	24,6	16,4	10,5
150	33,9	22,2	16,4
200	44,5	28,1	19,9
250	53,8	33,9	24,6
300	64,4	38,6	28,1
400	79,6	46,8	35,1
500	96,0	55,0	39,8



VALOR C.B.R. AL 95% DE LA MAXIMA DENSIDAD = 1.8 %

UBICACIÓN	: ABSCISA Dm 4200					
LOCALIZACIÓN	: 1.00 - 1.50 m.					
Molde No.	7		8		9	
Numero de capas	5		5		5	
# de golpes por capa	56		25		10	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
Peso muestra+molde Gr.	11785	12114	11479	11904	11337	11808
Peso molde Gr.	7204	7204	7199	7199	7249	7249
Peso muestra Gr.	4581	4910	4280	4705	4088	4559
Volumen muestra cm³	2318	2318	2318	2318	2318	2318
Densidad humeda kg/m³	1,976	2,118	1,846	2,030	1,764	1,967
Densidad seca kg/m³	1,609	1,616	1,510	1,507	1,434	1,431
CONTENIDO DE AGUA						
Tarro No.	34	25	4	3	39	24
Peso humedo + tarro (Gr)	239,40	88,76	229,32	94,80	240,28	101,26
Peso seco + tarro (Gr)	213,62	71,86	205,69	75,03	214,00	78,64
Peso tarro (Gr)	100,81	17,46	99,71	18,01	99,47	18,25
Peso agua (Gr)	25,78	16,90	23,63	19,77	26,28	22,62
Peso muestra seca (Gr.)	112,81	54,40	105,98	57,02	114,53	60,39
Contenido de humedad %	22,85	31,07	22,30	34,67	22,95	37,46
Promedio humedad %	22,85	31,07	22,30	34,67	22,95	37,46
Agua absorbida %	8,21		12,38		14,51	

ESPONJAMIENTO

DIA Y MES	T I E M P O D I A S	MOLDE 7				MOLDE 8				MOLDE 9			
		No		No		No		No		No		No	
		LECTURA	ALTURA	ESPONJAMIE NTO		LECTURA	ALTURA	ESPONJAMIE NTO		LECTURA	ALTURA	ESPONJAMIE NTO	
		DIAL	MUESTRA	pulg.	%	DIAL	MUESTRA	pulg.	%	DIAL	MUESTRA	pulg.	%
24-sep	0	0	5	0,000	0,00	0	5	0,000	0,00	0	5	0,000	0,00
25-sep	1	165	5	0,165	3,30	178	5	0,178	3,56	192	5	0,192	3,84
26-sep	2	198	5	0,198	3,96	205	5	0,205	4,10	236	5	0,236	4,72
27-sep	3	241	5	0,241	4,82	262	5	0,262	5,24	270	5	0,270	5,40
28-sep	4	257	5	0,257	5,14	278	5	0,278	5,56	282	5	0,282	5,64

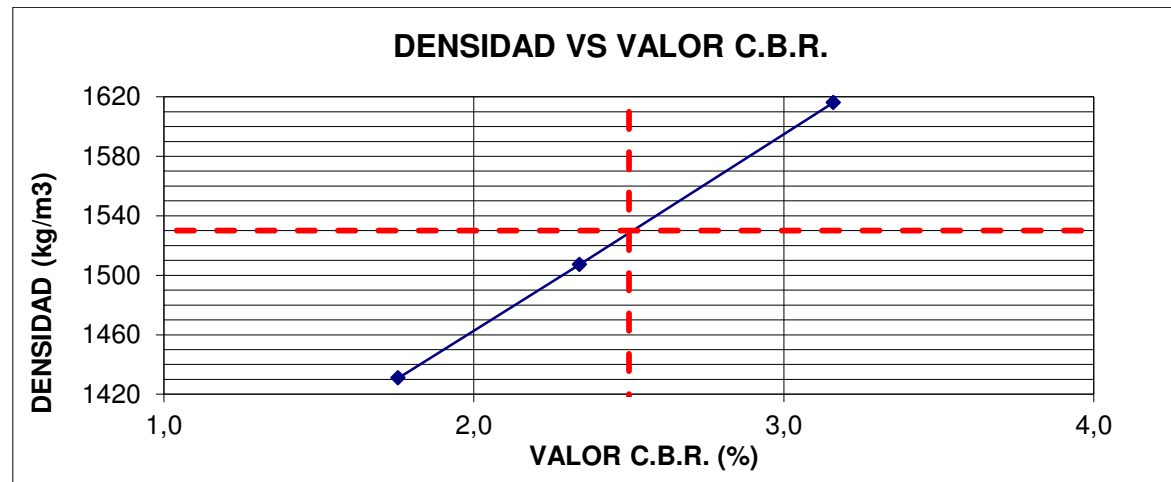
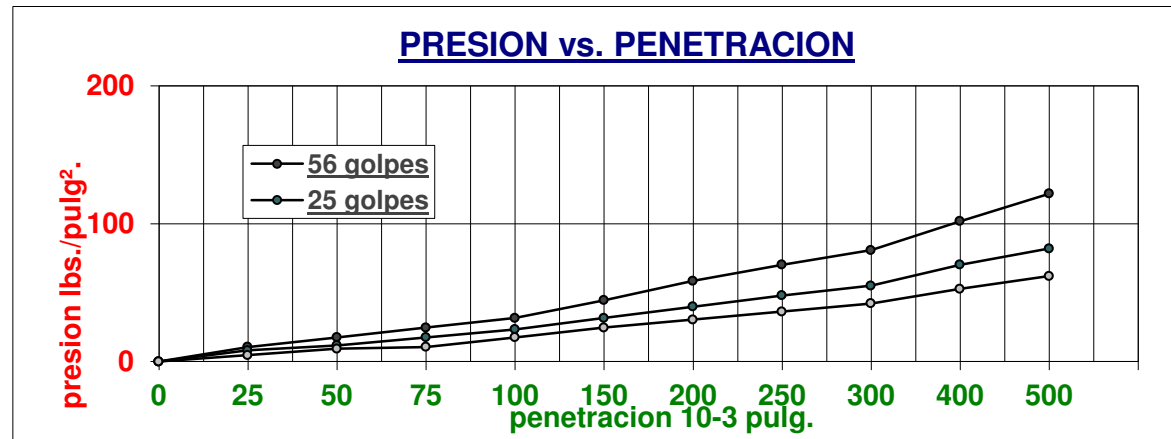
PENETRACION

ANILLO No 5829

CONSTANTE:		3,51 lbs		14		MOLDE 7				MOLDE 8				MOLDE 9			
TIEMPO	PENETRACION	No		No		No		No		No		No		No		No	
		CARGA	PRESION	PRESION CORREGIDA	PRESION ESTÁNDAR	VALOR CBR	CARGA	PRESION	PRESION CORREGIDA	PRESION ESTÁNDAR	VALOR CBR	CARGA	PRESION	PRESION CORREGIDA	PRESION ESTÁNDAR	VALOR CBR	
min	pulg	dial	lbs	lb/pulg ₂	lb/pulg ²	lb/pulg ²	dial	lbs	lb/pulg ₂	lb/pulg ²	lb/pulg ²	dial	lbs	lb/pulg ₂	lb/pulg ²	lb/pulg ²	lb/pulg ²
0,00	0	0	0	0			0	0	0			0	0	0			
0,30	25	9	32	11			7	25	8			4	14	5			

1,00	50	15	53	18				10	35	12			8	28	9				
1,30	75	21	74	25				15	53	18			9	32	11				
2,00	100	27	95	32	32	1000	3,2	20	70	23	23	1000	2,3	15	53	18	18	1000	1,8
3,00	150	38	133	44				27	95	32			21	74	25				
4,00	200	50	176	59	59	1500		34	119	40	40	1500		26	91	30	30	1500	
5,00	250	60	211	70				41	144	48			31	109	36				
6,00	300	69	242	81	81	1900		47	165	55	55	1900		36	126	42	42	1900	
8,00	400	87	305	102	102	2300		60	211	70	70	2300		45	158	53	53	2300	
10,00	500	104	365	122	122	2600		70	245,8	82	82	2600		53	186	62	62	2600	

PENETRACION	56 golpes	25 golpes	10golpes
0	0	0	0
25	10,5	8,2	4,7
50	17,6	11,7	9,4
75	24,6	17,6	10,5
100	31,6	23,4	17,6
150	44,5	31,6	24,6
200	58,5	39,8	30,4
250	70,2	48,0	36,3
300	80,8	55,0	42,1
400	101,8	70,2	52,7
500	121,7	81,9	62,0

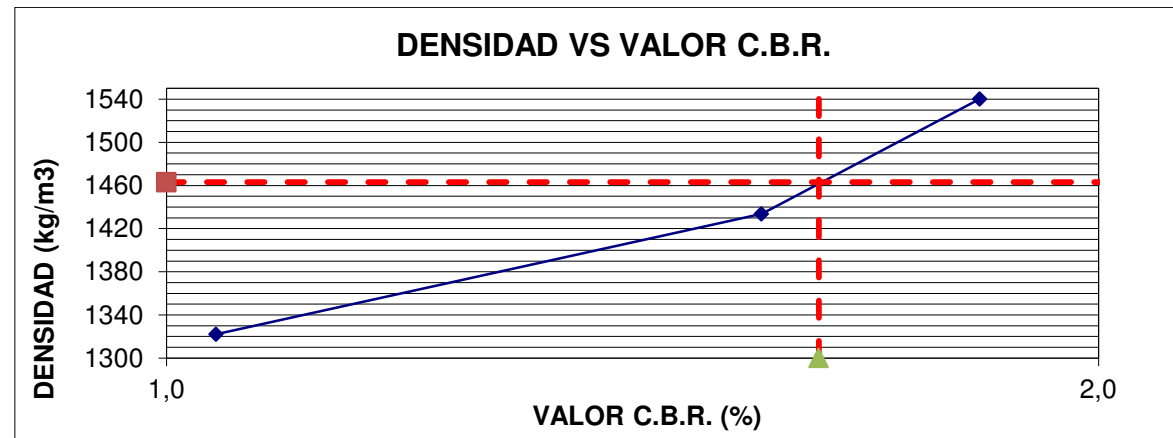
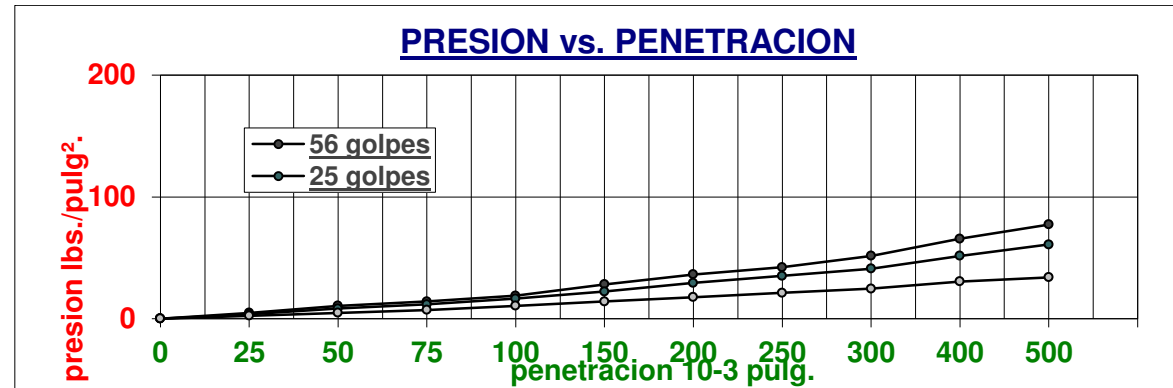


VALOR C.B.R. AL 95% DE LA MAXIMA DENSIDAD = 2.5 %

UBICACIÓN	: ABSCISA Dm 6200					
LOCALIZACIÓN	: 1.00 - 1.50 m.					
Molde No.	10		11		12	
Numero de capas	5		5		5	
# de golpes por capa	56		25		10	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
Peso muestra+molde Gr.	12658	12972	11903	12463	11982	12547
Peso molde Gr.	8200	8200	7762	7762	8159	8159
Peso muestra Gr.	4458	4772	4141	4701	3823	4388
Volumen muestra cm3	2318	2318	2318	2318	2318	2318
Densidad humeda kg/m3	1,923	2,059	1,786	2,028	1,649	1,893
Densidad seca kg/m3	1,539	1,540	1,430	1,434	1,321	1,322
CONTENIDO DE AGUA						
Tarro No.	117	4	21	111	S-2	100
Peso humedo + tarro (Gr)	69,52	82,71	82,21	85,54	81,61	96,14
Peso seco + tarro (Gr)	59,18	66,46	69,39	65,70	68,88	72,77
Peso tarro (Gr)	17,71	18,19	17,92	17,84	17,57	18,65
Peso agua (Gr)	10,34	16,25	12,82	19,84	12,73	23,37
Peso muestra seca (Gr.)	41,47	48,27	51,47	47,86	51,31	54,12
Contenido de humedad %	24,93	33,66	24,91	41,45	24,81	43,18
Promedio humedad %	24,93	33,66	24,91	41,45	24,81	43,18
Agua absorbida %	8,73		16,55		18,37	

0,00	0	0	0	0				0	0	0				0	0	0			
0,30	25	4	14	5				3	11	4				2	7	2			
1,00	50	9	32	11				7	25	8				4	14	5			
1,30	75	12	42	14				10	35	12				6	21	7			
2,00	100	16	56	19	19	1000	1,9	14	49	16	16	1000	1,6	9	32	11	11	1000	1,1
3,00	150	24	84	28				19	67	22				12	42	14			
4,00	200	31	109	36	36	1500		25	88	29	29	1500		15	53	18	18	1500	
5,00	250	36	126	42				30	105	35				18	63	21			
6,00	300	44	155	52	52	1900		35	123	41	41	1900		21	74	25	25	1900	
8,00	400	56	197	66	66	2300		44	155	52	52	2300		26	91	30	30	2300	
10,00	500	66	232	77	77	2600		52	182	61	61	2600		29	10	34	34	2600	
									,6						2				

PENETRACION	56 golpes	25 golpes	10golpes
0	0	0	0
25	4,7	3,5	2,3
50	10,5	8,2	4,7
75	14,0	11,7	7,0
100	18,7	16,4	10,5
150	28,1	22,2	14,0
200	36,3	29,3	17,6
250	42,1	35,1	21,1
300	51,5	41,0	24,6
400	65,5	51,5	30,4
00	77,3	60,9	33,9



VALOR C.B.R. AL 95% DE LA MAXIMA DENSIDAD = 1.7 %

Anexo " G" ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
DISEÑO GEOMETRICO Y GEOTÉCNICO DE LA VIA QUE CONDUCE A LOS DEPOSITOS DE MUNICION CONJUNTA DE LAS FF.AA					
PROYECTO:	TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO CIVIL				
				Hoja de 11	
RUBRO:	LIMPIEZA Y DESBROCE			UNIDAD:	m2
CODIGO:	500004			RENDIMIENTO:	
ESPECIFICACION:					
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor (5.00% M.O.)					0,07
SUBTOTAL M					0,07
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Peon (Estr.Oc E2)	1,00	2,56	2,56	0,2500	0,64
Albañil (Estr.Oc D2)	1,00	2,66	2,66	0,2500	0,67
Maestro de obra (Estr.Oc C2)	0,10	2,71	0,27	0,2500	0,07
SUBTOTAL					1,38
MATERIALES					
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO

SUBTOTAL					
TRANSPORTE					
	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P					
			TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		1,45
			INDIRECTOS Y UTILIDADES:		15,00% 0,22
29/Noviembre/2013			OTROS INDIRECTOS:		
			COSTO TOTAL DEL RUBRO:		1,67
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA					
CAPT . JAVIER URBINA LL					

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DISEÑO GEOMETRICO Y GEOTÉCNICO DE LA VIA QUE CONDUCE A LOS DEPOSITOS DE MUNICION CONJUNTA DE LAS FF.AA

PROYECTO: TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO CIVIL

Hoja de 11

RUBRO: MEJORAMIENTO DE SUELO

UNIDAD: m3

CODIGO: 506236

RENDIMIENTO:

ESPECIFICACION:

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Motoniveladora	1,00	43,75	43,75	0,0120	0,53
Rodillo	1,00	40,00	40,00	0,0120	0,48
Tanquero	1,00	35,00	35,00	0,0120	0,42
Volqueta 8m3	16,00	18,00	288,00	0,0120	3,46

SUBTOTAL M

4,89

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Operador eq. pesado 1 (Estr.Oc C1)	2,00	2,71	5,42	0,0120	0,07
Operador equipo pesado 2 (Estr.Oc C2)	1,00	2,66	2,66	0,0120	0,03
Chofer licencia "e" (Estr.Oc C1)	1,00	3,91	4,22	0,0120	0,05
Ayudante de operador (Estr.Oc C3)	1,00	2,56	2,56	0,0120	0,03

SUBTOTAL					0,18
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
Material de mejoramiento	M3	1,05	8,00	8,40	
SUBTOTAL					8,40
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
SUBTOTAL P					
29/Noviembre/2013	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			13,47	
	INDIRECTOS Y UTILIDADES:		15,00%	2,02	
	OTROS INDIRECTOS:				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO:			15,49	
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA					
CAPT . JAVIER URBINA LL					

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DISEÑO GEOMETRICO Y GEOTÉCNICO DE LA VIA QUE CONDUCE A LOS DEPOSITOS DE MUNICION CONJUNTA DE LAS FF.AA

PROYECTO: TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO CIVIL

Hoja de 11

RUBRO: SUBASE CLESE II **UNIDAD:** m3

CODIGO: 500352 **RENDIMIENTO:**

ESPECIFICACION:

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Motoniveladora	1,00	43,75	43,75	0,0150	0,66
Rodillo	1,00	40,00	40,00	0,0150	0,60
Tanquero	1,00	35,00	35,00	0,0150	0,53

SUBTOTAL M **1,79**

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Peon (Estr.Oc E2)	4,00	2,56	10,24	0,0150	0,15
Ayudante en general (Estr.Oc E2)	3,00	2,56	7,68	0,0150	0,12
Chofer licencia "d"	1,00	3,69	3,69	0,0150	0,06
Operador retroexcavadora (Estr.Oc C1)	1,00	2,71	2,71	0,0150	0,04

SUBTOTAL				0,37
MATERIALES				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
Sub-base clase 2	m3	1,05	11,53	12,11
SUBTOTAL				12,11
TRANSPORTE				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P				
29/Noviembre/2013	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			14,27
	INDIRECTOS Y UTILIDADES:			15,00% 2,14
	OTROS INDIRECTOS:			
	COSTO TOTAL DEL RUBRO:			16,41
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA				
CAPT . JAVIER URBINA LL				

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DISEÑO GEOMETRICO Y GEOTÉCNICO DE LA VIA QUE CONDUCE A LOS DEPOSITOS DE MUNICION CONJUNTA DE LAS FF.AA

PROYECTO: TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO CIVIL

Hoja de 11

RUBRO: BASE CLASE 1

UNIDAD: m3

CODIGO: 500348

RENDIMIENTO:

ESPECIFICACION: INCLUYE EL TRANSPORTE DEL MATERIAL

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Motoniveladora	1,00	43,75	43,75	0,0200	0,88
Rodillo compactador	1,00	43,75	43,75	0,0200	0,88
Tanquero	1,00	14,00	14,00	0,0200	0,28

SUBTOTAL M

2,04

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Operador de motoniveladora (Estr.Oc C1)	1,00	2,71	2,71	0,0200	0,05
Ayudante en general (Estr.Oc E2)	1,00	2,56	2,56	0,0200	0,05
Chofer licencia "d"	1,00	3,69	3,69	0,0200	0,07
Operador de rodillo autopropulsado (Estr.Oc C1)	1,00	2,71	2,71	0,0200	0,05

SUBTOTAL					0,22
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
Base clase 1	m3	1,10	13,61	14,97	
SUBTOTAL					14,97
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
SUBTOTAL P					
29/Noviembre/2013	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			17,23	
	INDIRECTOS Y UTILIDADES:		15,00%	2,58	
	OTROS INDIRECTOS:				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO:			19,81	
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA					
CAPT . JAVIER URBINA LL					

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DISEÑO GEOMETRICO Y GEOTÉCNICO DE LA VIA QUE CONDUCE A LOS DEPOSITOS DE MUNICION CONJUNTA DE LAS FF.AA

PROYECTO: TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO CIVIL

Hoja de 11

RUBRO: IMPRIMACION ASFALTICA UNIDAD: m2

CODIGO: 500354 RENDIMIENTO:

ESPECIFICACION:

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Distribuidor de asfalto	1,00	30,00	30,00	0,0100	0,30
Escoba mecanica	1,00	12,00	12,00	0,0100	0,12

SUBTOTAL M 0,42

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Operador (Estr.Oc C1)	1,00	2,71	2,71	0,0100	0,03
Ayudante de operador (Estr.Oc C3)	1,00	2,56	2,56	0,0100	0,03
Operador de distribuidor de asfalto (Estr.Oc C2)	1,00	2,66	2,66	0,0100	0,03

SUBTOTAL					0,09
-----------------	--	--	--	--	-------------

MATERIALES					
-------------------	--	--	--	--	--

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
Asfalto RC 250	gl	5,00	0,60	3,00	
Diesel	galon	0,05	1,00	0,05	

SUBTOTAL					3,05
-----------------	--	--	--	--	-------------

TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	

SUBTOTAL P					
-------------------	--	--	--	--	--

29/Noviembre/2013	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	3,56
--------------------------	--------------------------------------	-------------

INDIRECTOS Y UTILIDADES:	15,00%	0,53
---------------------------------	---------------	-------------

OTROS INDIRECTOS:		
--------------------------	--	--

COSTO TOTAL DEL RUBRO:	4,09
-------------------------------	-------------

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA

CAPT . JAVIER URBINA LL

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DISEÑO GEOMETRICO Y GEOTÉCNICO DE LA VIA QUE CONDUCE A LOS DEPOSITOS DE MUNICION CONJUNTA DE LAS FF.AA

PROYECTO: TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO CIVIL

Hoja de 11

RUBRO: CARPETA ASFALTICA 3"

UNIDAD: m2

CODIGO: 500356

RENDIMIENTO:

ESPECIFICACION:

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Distribuidor de asfalto	1,00	30,00	30,00	0,0110	0,33
Planta asfaltica	1,00	120,00	120,00	0,0110	1,32
Rodillo compactador	1,00	43,75	43,75	0,0110	0,48
Rodillo vibratorio	1,00	35,00	35,00	0,0110	0,39

SUBTOTAL M

2,52

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Peon (Estr.Oc E2)	4,00	2,56	10,24	0,0110	0,11
Ayudante de operador (Estr.Oc C3)	1,00	2,56	2,56	0,0110	0,03
Operador equipo pesado 2 (Estr.Oc C2)	4,00	2,66	10,64	0,0110	0,12

SUBTOTAL				0,26
MATERIALES				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
Material fino cribado	m3	0,09	14,50	1,31
Material granular	m3	0,12	14,80	1,78
SUBTOTAL				8,69
TRANSPORTE				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P				
29/Noviembre/2013	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			11,47
	INDIRECTOS Y UTILIDADES:		15,00%	1,72
	OTROS INDIRECTOS:			
	COSTO TOTAL DEL RUBRO:			13,19
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA				
CAPT . JAVIER URBINA LL				

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DISEÑO GEOMETRICO Y GEOTÉCNICO DE LA VIA QUE CONDUCE A LOS DEPOSITOS DE MUNICION CONJUNTA DE LAS FF.AA

PROYECTO: TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO CIVIL

Hoja de 11

RUBRO: LIMPIEZA Y DESBROCE

UNIDAD: m2

CODIGO: 500004

RENDIMIENTO:

ESPECIFICACION:

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor (5.00% M.O.)					0,07

SUBTOTAL M

0,07

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Peon (Estr.Oc E2)	1,00	2,56	2,56	0,2500	0,64
Albañil (Estr.Oc D2)	1,00	2,66	2,66	0,2500	0,67
Maestro de obra (Estr.Oc C2)	0,10	2,71	0,27	0,2500	0,07

SUBTOTAL					1,38
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
SUBTOTAL					
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
SUBTOTAL P					
29/Noviembre/2013	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			1,45	
	INDIRECTOS Y UTILIDADES:		15,00%	0,22	
	OTROS INDIRECTOS:				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO:			1,67	
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA					
CAPT . JAVIER URBINA LL					

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DISEÑO GEOMETRICO Y GEOTÉCNICO DE LA VIA QUE CONDUCE A LOS DEPOSITOS DE MUNICION CONJUNTA DE LAS FF.AA

PROYECTO: TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO CIVIL

Hoja de 11

RUBRO: MEJORAMIENTO DE SUELO

UNIDAD: m3

CODIGO: 506236

RENDIMIENTO:

ESPECIFICACION:

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Motoniveladora	1,00	43,75	43,75	0,0120	0,53
Rodillo	1,00	40,00	40,00	0,0120	0,48
Tanquero	1,00	35,00	35,00	0,0120	0,42
Volqueta 8m3	16,00	18,00	288,00	0,0120	3,46

SUBTOTAL M

4,89

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Operador eq. pesado 1 (Estr.Oc C1)	2,00	2,71	5,42	0,0120	0,07
Operador equipo pesado 2 (Estr.Oc C2)	1,00	2,66	2,66	0,0120	0,03
Chofer licencia "e" (Estr.Oc C1)	1,00	3,91	4,22	0,0120	0,05
Ayudante de operador (Estr.Oc C3)	1,00	2,56	2,56	0,0120	0,03

SUBTOTAL					0,18
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
Material de mejoramiento	M3	1,05	8,00	8,40	
SUBTOTAL					8,40
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
SUBTOTAL P					
29/Noviembre/2013	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			13,47	
	INDIRECTOS Y UTILIDADES:			15,00%	2,02
	OTROS INDIRECTOS:				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO:			15,49	
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA					
CAPT . JAVIER URBINA LL					

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DISEÑO GEOMETRICO Y GEOTÉCNICO DE LA VIA QUE CONDUCE A LOS DEPOSITOS DE MUNICION CONJUNTA DE LAS FF.AA

PROYECTO: TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO CIVIL

Hoja de 11

RUBRO: BASE CLASE 1 e=40cm **UNIDAD:** m3

CODIGO: 500348 **RENDIMIENTO:**

ESPECIFICACION: INCLUYE EL TRANSPORTE DEL MATERIAL

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Motoniveladora	1,00	43,75	43,75	0,0200	0,88
Rodillo compactador	1,00	43,75	43,75	0,0200	0,88
Tanquero	1,00	14,00	14,00	0,0200	0,28

SUBTOTAL M **2,04**

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Operador de motoniveladora (Estr.Oc C1)	1,00	2,71	2,71	0,0200	0,05
Ayudante en general (Estr.Oc E2)	1,00	2,56	2,56	0,0200	0,05
Chofer licencia "d"	1,00	3,69	3,69	0,0200	0,07
Operador de rodillo autopropulsado (Estr.Oc C1)	1,00	2,71	2,71	0,0200	0,05

SUBTOTAL					0,22
-----------------	--	--	--	--	-------------

MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
Base clase 1	m3	1,10	13,61	14,97	

SUBTOTAL					14,97
-----------------	--	--	--	--	--------------

TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	

SUBTOTAL P					
-------------------	--	--	--	--	--

29/Noviembre/2013

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		17,23
--------------------------------------	--	--------------

INDIRECTOS Y UTILIDADES:	15,00%	2,58
---------------------------------	---------------	-------------

OTROS INDIRECTOS:

COSTO TOTAL DEL RUBRO:		19,81
-------------------------------	--	--------------

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA

CAPT . JAVIER URBINA LL

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DISEÑO GEOMETRICO Y GEOTÉCNICO DE LA VIA QUE CONDUCE A LOS DEPOSITOS DE MUNICION CONJUNTA DE LAS FF.AA

PROYECTO: TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO CIVIL

Hoja de 11

RUBRO: PAVIMENTO RIGUIDO 320 Kg/cm2 **UNIDAD:** m2

CODIGO: 500266 **RENDIMIENTO:**

ESPECIFICACION: Espesor 0.30cm

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor (5.00% M.O.)					0,29
Distribuidor de agregados	1,00	55,00	55,00	0,2200	12,10
Vibrador	1,00	1,99	1,99	0,2200	0,44

SUBTOTAL M **12,83**

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Peon (Estr.Oc E2)	6,00	2,56	15,36	0,2200	3,38
Albañil (Estr.Oc D2)	2,00	2,66	5,32	0,2200	1,17
Maestro de obra (Estr.Oc C2)	1,00	2,71	2,71	0,2200	0,60
Operador equipo pesado 2 (Estr.Oc C2)	1,00	2,66	2,66	0,2200	0,59

SUBTOTAL				5,74
MATERIALES				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
Hormigon premezclado f'c=320 kg/cm2 rev 18 cm	m3	1,05	135,00	141,75
Tabla de encofrado 0,20m	m	10,00	4,50	45,00
SUBTOTAL				187,00
TRANSPORTE				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P				
29/Noviembre/2013	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			205,57
	INDIRECTOS Y UTILIDADES:			15,00% 30,84
	OTROS INDIRECTOS:			
	COSTO TOTAL DEL RUBRO:			236,41
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA				
CAPT . JAVIER URBINA LL				

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DISEÑO GEOMETRICO Y GEOTÉCNICO DE LA VIA QUE CONDUCE A LOS DEPOSITOS DE MUNICION CONJUNTA DE LAS FF.AA

PROYECTO: TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO CIVIL

Hoja de 11

RUBRO: CONECTORES DE CORTE d=1 1/2" UNIDAD: u

CODIGO: 513983 RENDIMIENTO:

ESPECIFICACION:

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor (5.00% M.O.)					0,03

SUBTOTAL M 0,03

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro de obra (Estr.Oc C2)	0,10	2,71	0,27	0,1000	0,03
Ayudante en general (Estr.Oc E2)	1,00	2,56	2,56	0,1000	0,26
Instalador	1,00	2,66	2,66	0,1000	0,27

SUBTOTAL				0,56
MATERIALES				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
Varilla lisa d=1 1/2"	u	0,10	4,50	0,45
SUBTOTAL				0,45
TRANSPORTE				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL P				
29/Noviembre/2013	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			1,04
	INDIRECTOS Y UTILIDADES:			15,00% 0,16
	OTROS INDIRECTOS:			
	COSTO TOTAL DEL RUBRO:			1,20
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA				
CAPT . JAVIER URBINA LL				