

PRACTICA EMPRESARIAL

**RESIDENTE DE OBRA PARA LA CONSTRUCCIÓN, SUPERVISIÓN Y
ADMINISTRACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA QUE TIENE COMO OBJETO
LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE DRENAJE Y ESTABILIZACION VIA LA
RENTA – SAN VICENTE DE CHUCURI.**

MARIA PAULA MC.CORMICK RUEDA



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
BUCARAMANGA**

2007

PRACTICA EMPRESARIAL

RESIDENTE DE OBRA PARA LA CONSTRUCCIÓN, SUPERVISIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA QUE TIENE COMO OBJETO LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE DRENAJE Y ESTABILIZACION VIA LA RENTA – SAN VICENTE DE CHUCURI.

MARIA PAULA MC.CORMICK RUEDA

Práctica Empresarial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniera Civil

**Director
EDUARDO CASTAÑEDA**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
BUCARAMANGA
2007**

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y amigos por su acompañamiento en toda la etapa de formación profesional.

A Valco Constructores y Consultores Ltda. por el apoyo recibido y el suministro de la información necesaria para la elaboración del proyecto.

A los diferentes Municipios, a MPI y a Corasfaltos por suministrarme la información necesaria para el desarrollo del proyecto.

Al Ingeniero Eduardo Castañeda por su acompañamiento, orientación profesional, interés y dedicada colaboración para ser posible el desarrollo del proyecto.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron a la exitosa culminación del presente proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO	2
1.1 TITULO:	2
1.2 DIRECTOR DEL PROYECTO:	2
1.3 TUTOR:	2
1.4 AUTOR:	2
1.5 MODALIDAD:	2
2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	3
2.1 RESEÑA HISTORICA:	3
2.2 MISIÓN DE LA EMPRESA:	3
2.3 VISIÓN:	4
3. PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO	4
3.1 OBJETIVO GENERAL:	5
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:	5
3.3 METODOLOGÍA Y EJECUCIÓN DE LA OBRA:	5
3.3.1 OBRAS DE DRENAJE:	6
3.3.2 OBRAS DE CONTENCIÓN:	10
3.3.3 ESTABILIZACIÓN DE LA VIA K9+700 AL K12+200:	13
4. EVALUACIÓN DE VÍAS PAVIMENTADAS CON BASES ESTABILIZADAS CON CAL Y MORTERO ASFÁLTICO:	18
4.1 CARACTERISTICAS GENERALES:	18
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:	49

BIBLIOGRAFIA

53

ANEXOS

54

LISTA DE FIGURAS

FIGURA NO 1 CONSTRUCCIÓN ALCANTARILLA DE SALIDA EN LA ABSCISA K28+650	7
FIGURA NO 2 ALCANTARILLA DE SALIDA EN LA ABSCISA K28+600	8
FIGURA NO 3 CONSTRUCCIÓN DEL FILTRO DE DRENAJE DE 50 MT.	9
FIGURA NO 4 TUBERÍA DE 36" EN LA SALIDA DE LA ALCANTARILLA DE LA ABSCISA K28+600.	10
FIGURA NO 5 FORMALETEADO DEL MURO CONSTRUIDO EN LA ABSCISA K21+100.	11
FIGURA NO 6 GAVIONES CONSTRUIDOS EN LA ABSCISA K28+600.	12
FIGURA NO 7 RELLENO ESTRUCTURAL REALIZADO PARA ESTABILIZAR EN LA ABSCISA K28+600.	13
FIGURA NO 8 CONFORMACIÓN DE LA BANCA EXISTENTE CON MOTONIVELADORA	14
FIGURA NO 9 AFIRMADO INICIAL EN LA ABSCISA K11+500.	14
FIGURA NO 10 AFIRMADO INICIAL EN LA ABSCISA K10+000.	15
FIGURA NO 11 ACTIVIDAD NO PREVISTA SUBBASE GRANULAR.	15
FIGURA NO 12 IMPRIMACIÓN DE EMULSIÓN ASFÁLTICA.	16
FIGURA NO 13 TRAMO COMPACTADO CON RODILLO Y NEUMÁTICO.	17
FIGURA NO 14 ESTADO INICIAL DE LA VÍA.	29
FIGURA NO 15 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.	30

FIGURA NO 16 NIVELACIÓN DEL EJE Y TOMA DE SECCIONES TRANSVERSALES.	30
FIGURA NO 17 EXPLOTACIÓN EN LA CANTERA PUERTA DEL LLANO.	30
FIGURA NO 18 CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL PÉTREO.	30
FIGURA NO 19 ESTABILIZACIÓN DE LA RASANTE CON EL MATERIAL SELECCIONADO.	31
FIGURA NO 20 MEZCLADO DE LA CAL VIVA.	31
FIGURA NO 21 MEZCLADO DE LA CAL VIVA CON EL MATERIAL DE CANTERA.	31
FIGURA NO 22 NIVELACIÓN DE LA RASANTE EXISTENTE.	31
FIGURA NO 23 COMPACTACIÓN DEL MATERIAL EXTENDIDO	32
FIGURA NO 24 TOMA DE MUESTRAS DE LAS DENSIDADES.	32
FIGURA NO 25 BASE ESTABILIZADA Y COMPACTADA.	32
FIGURA NO 26 IMPRIMACIÓN ENTRE LAS ABSCISAS K3+495 Y K3+930.	33
FIGURA NO 27 IMPRIMACIÓN ENTRE LAS ABSCISAS K3+000 Y K3+225.	33
FIGURA NO 28 REPARACIONES ANTES DE APLICAR EL SELLO ASFÁLTICO EN LA ABSCISA K1+900.	33
FIGURA NO 29 REPARACIONES EN LA ABSCISA K2+150.	33
FIGURA NO 30 APLICACIÓN DEL SELLO ASFÁLTICO ENTRE LAS ABSCISAS K2+260 Y K2+415.	33
FIGURA NO 31 APLICACIÓN DEL SELLO ENTRE LAS ABSCISAS K2+250 Y K2+530.	33

FIGURA NO 32 APLICACIÓN DEL SELLO ENTRE LAS ABSCISAS K3+540 Y K3+683.	34
FIGURA NO 33 ESTADO INICIAL.	35
FIGURA NO 34 COMPACTACIÓN DE LA BASE ESTABILIZADA.	35
FIGURA NO 35 APLICACIÓN DEL SELLO ASFÁLTICO.	36
FIGURA NO 36 APLICACIÓN DEL SELLO ASFÁLTICO	36
FIGURA NO 37 ESTADO FINAL DE LA VÍA.	36
FIGURA NO 38 ESTADO INICIAL.	37
FIGURA NO 39 COMPACTACIÓN UNIFORME DE LA BASE ESTABILIZADA.	37
FIGURA NO 40 IMPRIMACIÓN DE LA EMULSIÓN	38
FIGURA NO 41 BACHE.	39
FIGURA NO 42 CAÍDA DE LA BANCA EXISTENTE.	40
FIGURA NO 43 AGRIETAMIENTO ORIGINADO POR LA BANCA.	40
FIGURA NO 44 DESPRENDIMIENTOS DE LA EMULSIÓN ASFÁLTICA.	41
FIGURA NO 45 CONTINUOS DESPRENDIMIENTOS DEL TRATAMIENTO.	41
FIGURA NO 46 PÉRDIDA PARCIAL DEL AGREGADO DE LA BASE ESTABILIZADA.	42
FIGURA NO 47 INESTABILIDAD DE LA VÍA.	42
FIGURA NO 48 DESNIVEL EN LA CALZADA.	42
FIGURA NO 49 DESPRENDIMIENTOS PROFUNDOS	43
FIGURA NO 50 PRESENTADOS EN VARIOS TRAMOS.	43

FIGURA NO 51 PIEL DE COCODRILO.	44
FIGURA NO 52 AGRIETAMIENTOS POR FATIGA.	44
FIGURA NO 53 VARIOS DESPRENDIMIENTOS DEL SLURRY SEAL.	45
FIGURA NO 54 DESPRENDIMIENTOS CONTINUOS EN LA VÍA.	45
FIGURA NO 55 SURCOS O CÁRCAVAS EN EL HOMBRO DE LA CALZADA.	46
FIGURA NO 56 MAYORES DAÑOS DEBIDO A LA HUMEDAD.	46

LISTA DE TABLAS

TABLA NO 1 TPDS DE LA ESTACIÓN NO 145 CUROS – MÁLAGA.	19
---	----

RESUMEN

TÍTULO: RESIDENTE DE OBRA PARA LA CONSTRUCCIÓN, SUPERVISIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA QUE TIENE COMO OBJETO LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE DRENAJE Y ESTABILIZACION VIA LA RENTA – SAN VICENTE DE CHUCURI.*

AUTOR: MC.CORMICK RUEDA, Maria Paula. **

PALABRAS CLAVES: Especificaciones técnicas, Tratamiento Superficial, Bases Estabilizadas, Mortero Asfáltico.

DESCRIPCIÓN:

El objeto del proyecto de grado en la modalidad de Practica Empresarial realizado en Valco Constructores y Consultores Ltda. Comprende principalmente del control y seguimiento diario de obra, teniendo en cuenta las especificaciones técnicas, los métodos constructivos empleados, la programación de la obra con cada una de sus actividades correspondientes para su buen desarrollo, los recursos tantos físicos como humanos, todo este proceso se adelantó con la supervisión de la empresa interventora quien se encargó del cumplimiento de las normas respectivas y los tiempos correspondientes para su ejecución.

Como aporte especial de la Práctica Empresarial se evaluó el manejo y la aplicación del Tratamiento Superficial en las vías de bajo transito teniendo en cuenta la comparación de tres distintas vías como lo son: Vía San Andrés – Guaca, Vía Tona – Pamplona, Bucaramanga, Vía Encino – Charalá, pavimentadas con bases estabilizadas con Cal y Mortero Asfáltico. Para esta evaluación se revisaron cada uno de sus procesos constructivos teniendo en cuenta el manejo de las bases empleadas y cada una de las pruebas de laboratorio realizadas, de esta forma se observo el estado actual de cada una de las vías para finalmente concluir si dicho tratamiento superficial era factible o no de ser aplicado en cada una de estas vías de bajo transito.

* Proyecto de Grado – Modalidad de Práctica Empresarial.

** Facultad de Ingenieras Físico-Mecánicas. Ingeniería Civil. CASTAÑEDA, Eduardo.

SUMMARY

TITLE: WORK RESIDENT FOR THE CONSTRUCTION, SUPERVISION AND ADMINISTRATION OF THE WORK CONTRACT THAT HAS LIKE OBJECT THE CONSTRUCTION OF DRAINAGE WORKS AND STABILIZATION ROAD LA RENTA – SAN VICENTE DE CHUCURI. *

AUTHOR: MC.CORMICK RUEDA, Maria Paula **

KEY WORDS: Engineering specifications, Superficial Treatment, Stabilized Bases, Asphalt Mortar (Slurry Seal).

DESCRIPTION:

The object of the project of degree in the modality of Practices Enterprise made in Valco Constructores y Consultores Ltda. mainly Includes/understands of the control and daily work pursuit, considering the engineering specifications, the used constructive methods, the programming of the work, the resources so many physicists as human, all this process went ahead with the supervision of the company inspector that was in charge of the fulfillment of the respective norms.

As it contributes special of the Enterprise Practice evaluated the handling and the application of the Superficial Treatment in the routes of low I journey having the comparison of three different routes as they are: Road San Andrés - Guaca, Road Tona - Pamplona, Bucaramanga, Road Encino - Charalá, paved with bases stabilized with Lime and Asphalt Mortar.

* Project of Degree - Modality of Enterprise Practice.

** Ability of engineerings physique–mechanical. Civil engineering. CASTAÑEDA, Eduardo.

INTRODUCCIÓN

Esta práctica empresarial permitió participar de manera activa en el desarrollo de ideas dentro de una organización, promoviendo las relaciones entre estas y la Universidad Industrial de Santander, integrando así los conocimientos adquiridos a lo largo de la vida universitaria pero adicionalmente obteniendo experiencia en el campo profesional y laboral.

El objeto del proyecto de grado en la modalidad de práctica empresarial realizado en VALCO Constructores y Consultores Ltda. Comprende principalmente las siguientes actividades:

- ✧ Inspección de las especificaciones técnicas de la obra y métodos constructivos empleados en obra.
- ✧ Control de obra: programación, manejo de personal, materiales y maquinaria necesaria.
- ✧ Gestión de cortes de obra o actas correspondientes, según las respectivas cantidades ejecutadas.
- ✧ Preparación de informes del avance de obra y su respectivo archivo fotográfico.

Todo este proceso se adelantó con la supervisión de la empresa interventora, encargada del cumplimiento de las especificaciones técnicas.

1. ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

1.1 TITULO:

Residente de Obra para la construcción, supervisión y administración del contrato que tiene como objeto: Construcción de obras de drenaje y estabilización vía La Renta – San Vicente De Chucurí.

1.2 DIRECTOR DEL PROYECTO:

Ing. Eduardo Castañeda
Ingeniero Civil. P.H.D.
Profesor Titular Escuela de Ingeniería Civil – U.I.S

1.3 TUTOR:

Ing. Juan Manuel Alfonso Moreno
Tutor por parte de VALCO Constructores y Consultores Ltda.
Director de Proyectos y Contratación

1.4 AUTOR:

Maria Paula Mc.Cormick Rueda
Código: 2000612 – mapiamck_r@yahoo.com
Ingeniería Civil.

1.5 MODALIDAD:

Practica Empresarial.

2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

2.1 RESEÑA HISTORICA:

La empresa VALCO CONSTRUCTORES Y CONSULTORES LTDA, fue fundada el cinco (5) de Noviembre del 2004 bajo la escritura pública 3202 otorgada en la Notaria Primera de Bucaramanga, por un término de duración inicial de la Sociedad hasta el 05 de Noviembre del año 2014.

El objeto Social de la empresa es la construcción, diseño, consultoría de toda clase de obras civiles y proveedor de materiales para construcción en todos sus géneros.

Sus clientes han sido Entidades del sector público como: Gobernaciones, Alcaldías, Corporaciones regionales, entre ellos por mencionar algunos están: la Gobernación de Santander, alcaldías de Pto Wilches, Barranca, San Vicente, Corporación Regional de Santander, etc.

2.2 MISIÓN DE LA EMPRESA:

Proporcionar a sus clientes servicios integrales de construcción y consultoría, garantizando la satisfacción de sus necesidades y asignando los recursos apropiados que aseguren la calidad y cumplimiento en la ejecución de los proyectos.

Lograr que su capital humano se amolde al perfil de la organización e impulse sus objetivos mediante capacitación y mejoramiento continuo. Así mismo emplear herramientas científicas, técnicas y administrativas desarrolladas de una forma eficaz y eficiente con tecnología de punta que soporte los requerimientos de la

organización y de cada uno de sus clientes, comprometidos con el desarrollo social de la Región.

2.3 VISIÓN:

Posicionarnos dentro del grupo de empresas Contratistas de obras Civiles más competitivas, innovadoras y líderes del Territorio Nacional a Diciembre Del 2007 y como Constructora Privada a mediano plazo (10 años) en los campos de acción de la construcción y la consultoría, teniendo como primicia la conservación del medio ambiente, la calidad de nuestro trabajo y el beneficio de las comunidades objeto de nuestros proyectos.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

3.1 OBJETIVO GENERAL:

La residencia de obra que tiene como objeto la construcción de obras de drenaje y estabilización vía La Renta – San Vicente.

Abarca el control adecuado y su seguimiento diario, basándose en el cronograma planteado con antelación, analizando los recursos humanos, los físicos y los equipos pertinentes para la ejecución los ítems correspondientes a la obra.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, permitiendo la escogencia eficiente de los materiales y métodos constructivos necesarios en obra, cumpliendo además con las especificaciones exigidas por el cliente y teniendo en cuenta los patrones establecidos por el contratista.
- Cumplir con las expectativas del proyecto u objeto del contrato, teniendo en cuenta la administración de la obra y la gestión en el municipio, para así preservar el buen nombre de la parte contratista.

3.3 METODOLOGÍA Y EJECUCIÓN DE LA OBRA:

Este proyecto se hizo basándose en un contrato de obra No 045 del 2006, el cual tiene como objeto: CONSTRUCCIÓN OBRAS DE DRENAJE Y ESTABILIZACIÓN VÍA LA RENTA – SAN VICENTE PR9+700 A PR12+200, PR21+100; PR21+500 Y PR28+800. El valor de este contrato es doscientos millones doscientos treinta y dos mil ochocientos cincuenta pesos mcte. (\$200.232.850).

La parte Contratante es el Municipio de San Vicente de Chucurí, el Contratista es el Consorcio la Renta – San Vicente y la Interventoría fue desempeñada por el Ing. Wilson Peñuela Beltrán.

La fecha de inicio de este proyecto fue el 28 de Agosto de 2006 y la de terminación el 12 de Diciembre de 2006.

Para ejecutar dicho proyecto fue necesario requerir obreros de la región, adicionalmente el maestro y los oficiales se trasladaron de Bucaramanga para el sitio de la obra.

Los materiales se cotizaron y se compraron en Bucaramanga, el material pétreo se explotó en su mayoría de la región, teniendo en cuenta los requisitos establecidos por parte de la interventoría.

La maquinaria empleada para realizar los trabajos fueron: Retroexcavadora, volquetas, motoniveladora, vibrador, compactador de rodillo y de neumático y tanque para emulsión asfáltica.

El proyecto se divide en tres secciones; la primera que envuelve las obras de drenaje, la segunda las estructuras de contención y la tercera la estabilización de un tramo de la vía

3.3.1 OBRAS DE DRENAJE:

Se realizaron tres tipos de obras de drenaje; alcantarillas, filtros y tuberías de 36 pulg. Las cuales se diseñaron con base en la norma establecida por INVIAS (art. 600, 610, 661, 673, 820 y 830), por lo cual se desarrollaron con esta misma metodología.

- **ALCANTARILLAS:**

- Se fabricaron concretos de clase D y clase F, los primeros corresponden a cabezotes y aletas y los segundos a los solados necesarios en esta.
- Los materiales pétreos necesarios por estar cerca al sitio de la obra fueron de fácil acceso, económicos y por lo tanto solamente generaron el pago de transporte y el cargué de volquetas.
- Se empleó hierro según los planos entregados previamente, se usó formaleta en madera, herramienta menor para las excavaciones previas y vibrador para esparcir mejor el concreto.
- Se construyeron tres (3) alcantarillas que se localizaron así: en la abscisa K28+600 una (1) y en la abscisa K28+650 dos (2), además para su construcción se trabajo con una sola cuadrilla (grupo de trabajo) (1 X 3) (un oficial y tres ayudantes).
- En la alcantarilla de la abscisa K28+650 fue necesario la utilización de una retroexcavadora para completar los trabajos de excavación debido a las lluvias presentadas.



Figura No 1 Construcción alcantarilla de salida en la abscisa K28+650



Figura No 2 Alcantarilla de salida en la abscisa K28+600

- **FILTROS:**

- Estos filtros se utilizaron como subdrenajes para el manejo del agua proveniente de escorrentías, para su construcción se necesitó de dos (2) materiales básicos: el geotextil NT 1600 y la piedra, este último con un tamaño de tres (3) a cuatro (4) pulg. que se obtuvo al igual que los anteriores materiales pétreos en la región.
- Se construyeron dos (2) filtros; el primero se localizó entre las abscisas K28+600 y K28+650, para la armada de este filtro hubo la necesidad de hacer una excavación de material común y de roca, esta excavación sirvió de apoyo para el mismo y se cerró con ganchos y alambre teniendo en cuenta un traslape de 60 cm. El segundo filtro se armó en el muro de contención en la abscisa K21+100 de 27 mt. de largo, su armada fue más particular que el primero, debido a que se necesitó realizar un relleno estructural con anterioridad entre el muro y el talud para dar apoyo al mismo, además se implementaron tableros de madera que contribuyeron a su estabilidad.
- Se utilizaron cuadrillas distintas según las abscisas, en la abscisa K21+100 se requirió de una cuadrilla (0 X 2) debido al corte de los muros y en la abscisa

K28+600 a la K28+650 se recurrió a una cuadrilla (1 X 4) debido a que la excavación que redujo el rendimiento.



Figura No 3 Construcción del Filtro de drenaje de 50 mt.

- **TUBERÍAS DE 36 PULG.:**

- En esta actividad fue necesario alquilar una formaleta que cumpliera con las especificaciones de la norma de INVIAS (art. 661), se utilizaron materiales correspondientes para su refuerzo y para la elaboración del concreto de 4000 psi.
- La cuadrilla (1 X 1) fue la encargada para efectuar este ítem.
- Este tipo de tubería se instaló en las diferentes alcantarillas, en la K28+600 fue necesario prolongar una alcantarilla con cuatro (4) tubos adicionales debido a los derrumbes generados por lluvias, en la abscisa K28+650 se construyó una alcantarilla usando doce (12) tubos y finalmente en la abscisa K21+100 se colocaron cinco (5) tubos para el desagué del muro de contención.



Figura No 4 Tubería de 36" en la salida de la alcantarilla de la abscisa K28+600.

3.3.2 OBRAS DE CONTENCIÓN:

Dentro las actividades correspondientes a esta sección encontramos: un muro reforzado, gaviones y rellenos estructurales, construidos teniendo en cuenta la participación de la secretaria de planeación del municipio de San Vicente de Chucurí y de la interventoría.

- **MURO REFORZADO:**

- Esta actividad fue la más compleja dentro la obra debido a que se presentaron lluvias, provocando inundaciones y derrumbes retrasando así el rendimiento de las excavaciones y el resto de tareas correspondientes para fundir el muro.

- Inicialmente se planteó un muro de treinta (30) mts. corridos, pero al tomar las medidas teniendo en cuenta menor relleno estructural se dividió el muro en trece (13) y catorce (14) mts.
- Se fabricaron dos tipos de concretos: el clase D y el clase F, el primero para la zarpa, espuela y el muro, el segundo para la limpieza del muro como de los tubos.
- El material pétreo (arena y triturado 3/4) se sacó de la planta de Juan Manuel Sáenz ubicada en Sogamoso – Boyacá, cumpliendo con las especificaciones exigidas por la interventoría.3
- Se necesito de dos (2) cuadrillas: la primera de (1 X 6) encargada de la excavación y la segunda de (1 X 2) encargada del concreto de limpieza y de la armada del hierro (debido a que se compro el hierro en su mayoría figurado), para la fundir los 27 mts. de muro se necesito de las dos cuadrillas para incrementar el rendimiento de la fundida.



**Figura No 5 Formateado del muro
construido en la abscisa K21+100.**

- **GAVIONES:**

- Para la construcción de los gaviones se necesitaron dos (2) materiales: el primero grava natural de tamaño significativo explotado de la zona y el segundo que corresponde a mallas que generan 2 m³ de volumen.
- Para la armada de los gaviones fue necesario utilizar formaleta de madera y una cuadrilla de (1 X 2).
- Se construyeron cuatro (4) gaviones en la abscisa K28+600 para estabilizar la calzada. Los cuatro gaviones siguientes se construyeron en la abscisa K28+650 para prevenir que fallé el talud y taponé la alcantarilla construida. Por último entre los dos muros de la abscisa K21+100 se colocaron 15 gaviones para prevenir que entre éstos también fallé el talud.



Figura No 6 Gaviones contruidos en la abscisa K28+600.

- **RELLENO ESTRUCTURAL:**

- En las abscisas K28+600, K28+650 y K21+100 esta actividad fue fundamental para el acabado de las siguientes obras: el relleno de las alcantarillas, el tramo de 50 mts. vía San Vicente y la estabilidad del talud ubicado en la orilla de la vía.
- Para este relleno se necesitó de una retroexcavadora y volquetas para explotar el material utilizado, además fue necesario un vibró compactadores para compactar dicho material.

- Se necesita de una sola cuadrilla de (0 X 2) para desarrollar esta actividad.



Figura No 7 Relleno estructural realizado para estabilizar en la Abscisa K28+600.

3.3.3 ESTABILIZACIÓN DE LA VIA K9+700 AL K12+200:

Esta actividad encierra varios ítems: la conformación de la banca existente, la construcción de la subBase granular y por último la aplicación de la emulsión asfáltica.

Se realizaron varios replanteos: El primero fue la construcción de la subbase granular debido al análisis del material de la banca existente ya que se encontraron sobre tamaños. El segundo la reducción en longitud del tramo a estabilizar por consecuencia al nuevo alcance, ya que se recalcularon las cantidades del contrato y se ejecutaron en este caso un (1) kilómetro de la vía de la abscisa K11+200 a la K12+200.

Cabe entender que para la ejecución de los trabajos en este capítulo se utilizaron maquinarias pesadas y no hubo la necesidad de requerir cuadrillas (Anexo No 1).

- **CONFORMACIÓN DE LA BANCA EXISTENTE:**

- Se tenía planteado inicialmente la escarificación, conformación y renivelación de 7 cm. de la subrasante existente, pero debido a los tamaños del material que la

conforman mayores a 3 pulg., la buena estabilidad de la subrasante y las condiciones climáticas actuales , se realizó una conformación sencilla de la banca.

- La motoniveladora fue la maquinaria empleada en la conformación de la banca existente y no se requirieron cuadrillas de personas para esta actividad.



Figura No 8 Conformación de la banca existente con Motoniveladora

- **AFIRMADO:**

- Este ítem se planteo inicialmente cumpliendo con las especificaciones de la norma establecida por el INVIAS (art. 311), con una capa de un poco más de 3 cm., este espesor se estableció por parte de la interventoría, que permitiera nivelar la banca existente para darle un mejor terminado a los trabajos.
- Debido a los sobre tamaños observados en la conformación de la banca se reevaluó el proyecto y se planteó un nuevo ítem (SubBase granular)



Figura No 9 Afirmado inicial en la abscisa K11+500.



- **CONSTRUCCIÓN DE LA SUBBASE GRANULAR:**

- Este ítem fue planteado como una actividad no prevista dentro la obra, consistió en el suministro de material granular seleccionado, para lograr una capa de 7cm. homogénea sin sobre tamaños.
- El material utilizado fue seleccionado de acuerdo a las especificaciones de la interventoría.



- **APLICACIÓN DE LA EMULSIÓN ASFÁLTICA:**

- Esta actividad se planteó inicialmente escarificando el material de la banca existente, realizando un afirmado que mezclara los materiales para luego adicionar la emulsión, homogenizarla y conformarla con un espesor de 7cm. y finalmente compactarla. Pero al empezar a realizar la escarificación de la banca existente se observó los sobre tamaños y la buena consolidación de está, por lo que fue necesario la construcción de una SubBase con material seleccionado cumpliendo con las especificaciones de la interventoría.
- Estas tareas consisten en: adicionar la emulsión diseñada al material ya acordonado por medio de un tanque, mezclar y extender una capa de 7 cm. con una motoniveladora, y finalmente compactarlo usando compactador de rodillo y de neumático.



Figura No 12 Imprimación de emulsión asfáltica.



Figura No 13 Tramo compactado con rodillo y neumático.

4. EVALUACIÓN DE VÍAS PAVIMENTADAS CON BASES ESTABILIZADAS CON CAL Y MORTERO ASFÁLTICO:

Como un aporte especial de la práctica empresarial se evalúa el manejo y aplicación de emulsiones para el tratamiento superficial en las vías de bajo tránsito teniendo en cuenta la comparación de las distintas vías como son: Vía Tona – Pamplona, Bucaramanga, Vía San Andrés – Guaca y Vía Encino – Charala.

4.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES:

Este procedimiento constructivo que Corasfaltos en convenio con la Gobernación de Santander ha planteado para la estabilización de distintas vías, busca disminuir principalmente costos, mediante la estabilización de suelos arcillosos por adición de agentes químicos.

El pavimento consta de una base estabilizada con cal y silicato y adicionalmente de una capa de rodadura en mortero asfáltico (slurry seal), que busca proteger la capa estabilizada de los efectos degradativos del medio ambiente.

A continuación se evaluarán cada uno de los tramos diseñados y construidos, teniendo en cuenta varios factores importantes para cada una de las vías, el tránsito, la caracterización de la subrasante para la base estabilizada y por último la caracterización y diseño de la lechada asfáltica, empleando tratamientos superficiales muy similares.

- **VIA SAN ANDRES – GUACA DEL K0+000 AL K11+360:**

- **TRANSITO:**

La estimación de esta variable es quizás una de las más importantes en el diseño de un proyecto vial, por lo tanto sobre la vía que comunica las municipalidades de San Andrés y Guaca se tuvieron en cuenta los conteos realizados por el Ministerio

de obras públicas y transporte MOPT y en los últimos años por la subdirección de conservación de carreteras del INVIAS (Instituto Nacional de Vías).

Para determinar el Número de ejes equivalentes (N) en el carril de diseño se tomó un porcentaje de buses y camiones de 52% (%VC), por ser el mayor volumen de vehículos pesados.

AÑO	TPD	AUTOS	BUSES	CAMIONES
1992	139	47%	15%	38%
1993	229	47%	12%	41%
1994	141	47%	18%	35%
1995	186	45%	12%	43%
1996	197	45%	13%	42%
1997	138	35%	17%	48%
1998	236	75%	5%	20%
1999	246	63%	9%	28%
2000	137	51%	18%	31%
2001	187	48%	17%	35%
2002	192	48%	16%	36%

Tabla No 1 TPDS de la estación No 145 Curos – Málaga.

Para este caso de pavimento construido con capas tratadas con cal empleada en la estabilización de la subrasante, el factor de daño o factor equivalente asumido por CORASFALTOS (anexo tabla No 2 y tabla No 3) en este tipo de tratamiento, se determino como un factor de daño global ($F_{ci} = \sum(F_{ci} \times \%) / \sum \%$), en esta vía el F_{ci} para los camiones fue de 4.96.

Tomando un factor carril de 1, una tasa de crecimiento (r) del 3% y número de años (n) de 15, se determina el TPD_{2007} igual a 226 vehículos ($TPD = TPDo \times (e^{rn})$).

El Número de ejes equivalentes para el 2007 correspondiente a la estación de estudio ($N_i = 365 (TPD \times \% VC \times F_{ci}) \times F_d \times F_{ca}$), donde:

F_d : Factor de distribución de tránsito, $F_d = 0.50$.

F_{ca} : Factor Carril, $F_{ca} = 1$.

Para un nivel de confianza 1 adoptado por el INVIAS (Instituto Nacional de Vías), para vías con bajos volúmenes de tránsito fue de $N_i = 106380$ ejes equivalentes de 8.2 ton.

El Numero de ejes equivalentes para un 85% de nivel de confianza se determina con $N' = 1.159 N$, donde N es el numero de ejes equivalentes para el periodo de diseño igual a:

$$N = (N_o - N_c) \times \left[\frac{(1+r)^n - 1}{r} \right] + N_c$$

Para este caso se tiene en cuenta el valor de $n = 1$.

Donde:

N_o : Numero de ejes equivalentes en el año que inicio el proyecto

($N_o = (N_i + N_a + N_g) + N_c$), $N_o = 119018$ ejes equivalentes de 8.2 ton. Que para esté caso es igual a N .

N_a y N_g : Numero de ejes equivalentes atraído y generado como porcentaje de N_i respectivamente

($N_a = N_g = 0.05 \times N_i$) $N_a = N_g = 5319$ ejes equivalentes de 8.2 ton.

N_c : Numero de ejes equivalentes durante la construcción, en este caso se toman 2000 ejes de 8.2 ton.

Teniendo en cuenta lo anterior el número de ejes equivalentes para el diseño con un 85% de nivel de confianza es de $N' = 137942$ ejes equivalentes de 8.2 ton.

- **ESTABILIZACIÓN DE LA BASE:**

Para el porcentaje de Cal y Silicato requerido para estabilizar la base, se realizó de la caracterización de la subrasante y el material de préstamo (hecha por Corasfaltos), dividiendo el sector en dos tramos según la ubicación de las canteras:

PRIMER TRAMO: del K0+000 al K4+500 que correspondió a la mezcla de dos materiales, 33.3% de material de la cantera puerta del llano y 66.6% de material de subrasante, esta muestra indicó un suelo tipo GM – GC (Grava Mal Gradada – Grava Arcillosa) según su clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), con un índice de plasticidad de 5 y CBR de 25%.

SEGUNO TRAMO: del K4+500 al K11+360 en el cual se realizó la mezcla de material de subrasante y de préstamo (la cantera Guaca Colegio Agropecuario) en una relación 50% a 50%.

La caracterización mostró un suelo de tipo GW – GC (Grava Bien Gradada – Grava Arcillosa), con igual índice de plasticidad del 5 y CBR de 38%.

Se presentó para 7 días de curado un comportamiento adecuado de los materiales, analizando la plasticidad del material de muestras estabilizadas con cal al 1.5% y silicato 1%.

- **CARACTERIZACIÓN Y DISEÑO DE LECHADA ASFALTICA (SLURRY SEAL), PARA SU APLICACIÓN CON EMULSIONES SUPERESTABLES MODIFICADAS CON POLIMERO:**

Para la caracterización del material empleado se usó una muestra de la Trituradora Sánchez Construcciones ubicada en Pescadero, la granulometría (tabla No 4) cumplió con las especificaciones de dicho proceso constructivo (Norma LA -2) y encajo para la elaboración de la lechada asfáltica (slurry seal).

los resultados del estudio correspondiente a la muestra en cuestión fueron los siguientes:

- El equivalente de arena se encuentra por encima del mínimo exigido por la norma, por tanto, fue apto y presentó buen comportamiento frente a las emulsiones asfálticas cationicas de rompimiento superestable modificadas con polimero MPI-CRL-1hm (anexo No 2 y 3).
- La utilización de cemento portland elevó el porcentaje de llenante a valores alrededor del 6.2%, haciendo que la lechada quede más sellada e impermeable.
- El porcentaje de caras fracturadas se encontro por encima del 75% cumpliendo con el minimo exigido por la norma.
- Se recomendo clasificar el material por la malla de 3/8", para obtener mayor homogeneidad y acabado.
- El ensayo de abrasión (W.T.A.T.) (anexo No 4, 5, 6 y 7) fue del 8.5% y el de cohesión determino que la mezcla podia darse a un trafico a velocidad de 30 kph aproximadamente a los 52 minutos, se recomendo no hacerlo antes de 2 horas.
- La formula de trabajo recomendada por MPI (Manufacturas y Procesos Industriales Ltda.) basándose en las condiciones optimas de mezclado fueron las mostradas (anexo tabla No 5).

• TRES PRIMEROS KILOMETROS VÍA TONA – PAMPLONA, BUCARAMANGA:

○ TRANSITO:

Para el analisis del transito correspondiente a este tramo, se tubo como referencia el tipo de vehiculos observados en la visita a la vía, ademas del diseño realizado para la vía San andres – Guaca.

Teniendo en cuenta la poca transitabilidad en la vía comparada con la vía San Andres – Guaca, el TPD_{2007} se tomo como un porcentaje del 50% dando como resultado un $TPD_{2007} = 113$ vehículos.

El porcentaje asumido para esta vía correspecto a los vehículos pesados varia un poco teniendo en cuenta lo observado, en buses el porcentaje es de 10% y en camiones el porcentaje es de 45%, por lo tanto para determinar el Número de ejes equivalentes (N) en el carril de diseño se tomo el porcentaje de buses y camiones de 55% (%VC).

Tomando como patrón el factor de daño o factor equivalente para capas tratadas con ligante hidraulico (anexo tabla No 2) implementada en la vía San Andres - Guaca y tabla No 6) y teniendo en cuenta el porcentaje de vehículos pesados el Fci fue igual a 4.96 para pavimentos con materiales tratados con ligantes hidráulicos.

El Número de ejes equivalentes para el 2007 correspondiente a N_i es igual a 56259 ejes equivalentes de 8.2 ton.

El número de ejes equivalentes atraído y generado (N_a y N_g) es igual a 2813 ejes equivalentes de 8.2 ton.

El número de ejes equivalentes en el año de inicio de proyecto para este tramo es de $N_o = 63885$ ejes equivalentes de 8.2 ton.

El número de ejes equivalentes para el periodo de diseño es de $N = N_o$, por lo tanto para el diseño con un 85% de nivel de confianza es de $N' = 74043$ ejes equivalentes de 8.2 ton.

○ **ESTABILIZACIÓN DE LA BASE:**

La caracterización de la subrasante realizada para la estabilización de la base (hecha por Corasfaltos), entregó los siguientes resultados:

- La caracterización de campo mostró que la vía en el primer kilómetro tiene una deflexión característica de 0.82 mm y para el segundo kilómetro de 0.88 mm, considerando una confiabilidad de 87.5%
- Los valores correspondientes al ensayo de cono dinámico (CBR) para el primer y segundo kilómetro fueron de 3.7% y de 30.7%, con módulo resiliente comprendido entre 528 Kg/cm² y 1090 Kg/cm².
- La humedad natural en campo de la subrasante fue de 3.4 y 17.3%, utilizando el SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).
- Los materiales se clasifican entre SM (Arenas Limosas), SC (Arenas Arcillosas) y AW (Arenas Bien Gradadas).
- Los suelos presentan un índice de plasticidad variable entre NP (No Plástico) y 9% (Medianamente Plástico).
- El contenido de humedad óptimo del suelo corresponde a 6.3%.
- El ensayo CBR (Capacidad de Soporte) varía entre 6.2% y 25%, para el 95% de la densidad máxima seca del suelo.

el aditivo más eficaz y económico corresponde al ión de calcio con 75.8% de CaO (Carbonato de Calcio) en una dosificación del 1%.

○ **CARACTERIZACIÓN Y DISEÑO DE LECHADA ASFÁLTICA (SLURRY SEAL), PARA SU APLICACIÓN CON EMULSIONES SUPERESTABLES MODIFICADAS CON POLÍMERO:**

Para la caracterización de los materiales empleados en la lechada asfáltica se tomó una muestra del residuo de trituración de pescadero, la granulometría (tabla

No 7) se ajusta a las especificaciones requeridas (norma LA – 2).y con la elaboración de la lechada asfáltica.

El resumen de los resultados correspondientes a la diferentes pruebas son:

- El equivalente de arena se encuentra por encima del mínimo exigido por la norma, por tanto, fue apto y presentó buen comportamiento frente a las emulsiones asfálticas cationicas de rompimiento superestable modificadas con polímero MPI-CRL-1hm (anexo No 8 y 9).
- La utilización de cemento portland elevó el porcentaje de llenante a valores alrededor del 6.2%, haciendo que la lechada quede más sellada e impermeable.
- El porcentaje de caras fracturadas se encontro por encima del 75% cumpliendo con el minimo exigido por la norma.
- Se recomendo clasificar el material por la malla de 1/4", para obtener mayor homogeneidad y acabado.
- El ensayo de abrasión (W.T.AT.) (anexo No 10, 11 y 12) fue del 7.7% y el de cohesión determino que la mezcla podia darse a un trafico a velocidad de 30 kph aproximadamente a los 43 minutos, se recomendo no hacerlo antes de 2 horas.
- la formula de trabajo recomendada por MPI (Manufacturas y Procesos Industriales Ltda.) basandose en las condiciones optimas de mezclado fueron las mostradas (anexo tabla No 8).

- **CUATRO PRIMEROS KILOMETROS VÍA ENCINO – CHARALÁ:**

- **TRANSITO:**

Para el analisis del transito correspondiente a este tramo, se tubo como referencia el tipo de vehículos observados en la visita a la vía, ademas del diseño realizado para la vía San andres – Guaca.

Teniendo en cuenta que esta vía es la menos transitada comparada con las vías San Andres – Guaca y Tona – Pamplona, Bucaramanga, el TPD_{2007} para este tramo de vía se tomó como un porcentaje del 40% del TPD_{2007} de San andres – Guaca, dando como resultado un $TPD_{2007} = 90.4$ vehículos.

El porcentaje asumido para esta vía correspondiente a los vehículos pesados varía un poco teniendo en cuenta lo observado, en buses el porcentaje es de 5% y en camiones el porcentaje es de 45%, por lo tanto para determinar el Número de ejes equivalentes (N) en el carril de diseño se tomó el porcentaje de buses y camiones de 50% (%VC).

Tomando como patrón el factor de daño o factor equivalente para capas tratadas con ligante hidráulico (anexo tabla No 2 implementada en la vía San Andres - Guaca y tabla No 9) y teniendo en cuenta el porcentaje de vehículos pesados el Fci fue igual a 4.96 para pavimentos con materiales tratados con ligantes hidráulicos.

El Número de ejes equivalentes para el 2007 correspondiente a N_i es igual a 40915 ejes equivalentes de 8.2 ton.

El número de ejes equivalentes atraído y generado (N_a y N_g) es igual a 2046 ejes equivalentes de 8.2 ton.

El número de ejes equivalentes en el año de inicio de proyecto para este tramo es de $N_o = 47007$ ejes equivalentes de 8.2 ton.

El número de ejes equivalentes para el periodo de diseño es de $N = N_o$, por lo tanto para el diseño con un 85% de nivel de confianza es de $N' = 54481$ ejes equivalentes de 8.2 ton.

○ ESTABILIZACIÓN DE LA BASE:

De los ensayos realizados (hechos por Corasfaltos) al material de la subrasante con los aditivos a utilizar para la estabilización de la base se concluyo:

- El aditivo con base en ión calcio reportó 80.16% de CaO y el aditivo con base en ión silicio reportó 8.82% de Na₂O, por lo cual se ajustan y se aprueba su uso.
- Para el proceso constructivo se definió para cada m³ de suelo suelto a estabilizar, 1.01 bulto de 50 Kg de Cal viva y luego de 24 hrs se realizó la adición de 9.08 lts de Silicato.
- Se garantizó la compactación uniforme de la conformación de la capa estabilizada, las humedades y densidades de control dieron un promedio de 25 y 30% de humedad y 84% de compactación.
- Debido a que la humedad del material de prestamo está comprendida entre 25% y 30%, al manejarla este material se logró controlar hasta un 20%.
- La compactación mínima exigida de la base estabilizada por parte de la interventoría fue del 95% de la máxima obtenida con la prueba de Próctor Modificado (anexos 13 y 14, curvas de compactación del material de prestamo).
- el ensayo de viga benkelman mostró una deflexión característica de 0.64 mm calculada para una confiabilidad del 97%, mostrando un suelo consistente, aunque en las abscisas K2+450 y K2+900 se encontraron deflexiones del 1.22 mm. y 1.02 mm. respectivamente, debido a el exceso de humedad acumulado y la deficiente compactación. En general el comportamiento de los tramos fueron buenos.
- La caracterización de la subrasante realizada para la estabilización de la base (hecha por Universidad Pontificia Bolivariana y SECOIN Ltda), entregó los siguientes resultados: Humedad óptima del 17.2% al 21.20% y Peso unitario seco máximo de 1.72 al 1.733 (ton/m³) (anexo 15 y 16, informes de ensayos).

○ **CARACTERIZACIÓN Y DISEÑO DE LECHADA ASFÁLTICA (SLURRY SEAL), PARA SU APLICACIÓN CON EMULSIONES SUPERESTABLES MODIFICADAS CON POLIMERO:**

Para la caracterización de los materiales empleados en la lechada asfáltica se tomaron dos muestras: la primera del residuo de trituración de Emcovías y la segunda de Corvías – Emcovías, la segunda muestra del residuo de trituración de Corvías – Emcovías presentó un contenido de llenantes más alto, dificultando la compatibilidad con la lechada asfáltica.

La granulometría (anexo tabla No 10) obtenida del residuo de la trituradora de Emcovías se ajustó a las especificaciones requeridas (norma LA – 3) y su mostró los siguientes resultados:

- El equivalente de arena se encuentra por encima del 50% mínimo exigido por la norma, por tanto, fue apto y presentó buen comportamiento frente a las emulsiones asfálticas cationicas de rompimiento superestable modificadas con polimero MPI-CRL-1hm (anexo No 17 y 18).
- El porcentaje de caras fracturadas se encontro por encima del 66.6% cumpliendo con el minimo exigido por la norma.
- Se recomendo clasificar el material por la malla de 3/8", para obtener mayor homogeneidad y acabado.
- El contenido de asfalto residual óptimo determinado por el ensayo de abrasión (W.T.AT.) (anexo No 19, 20 y 21) fue del 8.5% y el de cohesión determino que la mezcla podia darse a un trafico a velocidad de 30 kph aproximadamente a los 120 minutos, se recomendo no hacerlo antes de 3 horas.
- la formula de trabajo recomendada por MPI (Manufacturas y Procesos Industriales Ltda.) basandose en las condiciones optimas de mezclado fueron las mostradas (anexo tabla No 11).

4.2. APLICACIÓN Y MANEJO DEL SLURRY SEAL:

Este trabajo consiste en el riego de una o más capas de material bituminoso sobre una superficie, seguido de la extensión de gravillas debidamente compactadas.

Para estos casos presentados a continuación se recurrió a un riego de imprimación con emulsión asfáltica de rotura lenta CRL-1 y posteriormente se extendió el sello asfáltico (slurry seal), para proveer una superficie de rodadura económica y duradera, teniendo en cuenta que son vías de tránsito mediano y bajo, además para prevenir la penetración superficial del agua en las bases o rasantes estabilizadas.

A continuación se presentará la aplicación y el manejo dado del tratamiento superficial para cada una de las vías.

- **VIA SAN ANDRES – GUACA:**

Estado inicial



Figura No 14 Estado inicial de la vía.



Figura No 15 Levantamiento topográfico.



Figura No 16 Nivelación del eje y toma de secciones transversales.



Figura No 17 Explotación en la cantera Puerta del Llano.



Figura No 18 Clasificación del material pétreo.

Mezclado y alistamiento del químico sólido (cal viva) con el material de cantera clasificado, para realizar la estabilización de la rasante existente.



Figura No 19 estabilización de la rasante con el material seleccionado.



Figura No 20 Mezclado de la Cal viva.

Escarificación, mezcla y nivelación de la rasante existente para realizar la estabilización con químico sólido.



Figura No 21 Mezclado de la Cal viva con el Material de cantera.



Figura No 22 Nivelación de la rasante Existente.



Figura No 23 Compactación del material extendido



Figura No 24 Toma de muestras de las densidades.

Base Estabilizada



Figura No 25 Base estabilizada y compactada.

Imprimación de distintos tramos.



Figura No 26 Imprimación entre las abscisas K3+495 Y K3+930.



Figura No 27 Imprimación entre las abscisas K3+000 y K3+225.



Figura No 28 Reparaciones antes de aplicar el Sello asfáltico en la abscisa K1+900.



Figura No 29 Reparaciones en la abscisa K2+150.



Figura No 30 Aplicación del sello asfáltico entre las abscisas K2+260 y K2+415.



Figura No 31 Aplicación del sello entre las abscisas K2+250 y K2+530.



- **VIA TONA – PAMPLONA – BUCARAMANGA:**

Estado inicial de la vía.



Figura No 33 Estado inicial.



Figura No 34 Compactación de la base estabilizada.



Figura No 35 Aplicación del sello asfáltico.



Figura No 36 Aplicación del sello asfáltico



Figura No 37 Estado Final de la vía.

- **VIA ENCINO – CHARALÁ:**

Estado inicial de la vía.



Figura No 38 Estado inicial.



Figura No 39 Compactación uniforme de la base estabilizada.



4.3. EVALUACIÓN DE LAS OBRAS:

Las diferentes cargas producen diferentes tensiones y deformaciones, al igual que los distintos espesores y materiales responden de diferentes maneras.

La subrasante o la subbase actúan como capa de drenaje protegiendo la estructura del pavimento, por lo tanto si no es la adecuada o su granulometría no cumple con las especificaciones establecidas, es posible que se presenten fallas en el pavimento.

La lechada asfáltica es una mezcla de agregados pétreos, emulsión asfáltica, agua y aditivos, que proporcionan una mezcla homogénea aplicándose en este caso sobre una base estabilizada como tratamiento de sellado para impermeabilizarla.

El siguiente diagnostico se basó en la visualización actual de las vías con tratamiento superficial, esta visualización sirvió como indicador de desempeño, estudiando así las fallas presentadas.

- **VIA SAN ANDRES – GUACA:**

Este tramo de vía fue construido a finales del 2004 y principios del 2005, en la evaluación visual de dicho tramo se observaron baches, fallas producidas en la superficie de rodadura por desintegración local o desprendimiento de la última capa (lechada asfáltica ó slurry seal), provocado por diferentes causas nombradas a continuación:

- Limpiezas insuficientes de la subrasante, previas al tratamiento superficial.
- Dosificación, extendida o compactación ineficiente o inadecuada del asfalto.
- Mala dosificación del material pétreo incumpliendo con las especificaciones.
- Fraguado incompleto.



También se observaron agrietamientos, fallas originadas por:

- la caída de la banca en el margen izquierdo debido a la carga excesiva del talud produciendo que se fuera gran parte de la estructura de la vía.



Figura No 42 Caída de la banca existente.



Figura No 43 Agrietamiento originado por la banca.

Se presentaron desprendimientos, ya que no solo se desprende la capa de lechada asfáltica (slurry seal), si no además se observa una pérdida parcial de agregado, las posibles causas de este tipo de falla son:

- Extendida irregular del la lechada asfáltica (slurry seal).
- Material pétreo o emulsión asfáltica que no cumple con las especificaciones correspondientes.
- Se presentaron lluvias durante la extendida del tratamiento y no se cumplió con el tiempo de fraguado.



Figura No 44 Desprendimientos de la emulsión asfáltica.



Figura No 45 Continuos desprendimientos del tratamiento.



Figura No 46 Pérdida parcial del agregado de la base estabilizada.

Se observó inestabilidad de la banca, presentada por poca compactación de la base estabilizada hacia un hombro de la vía ó por el asentamiento del suelo debido al acomodamiento de las placas tectónicas.



Figura No 47 Inestabilidad de la vía.



Figura No 48 Desnivel en la calzada.

Después de dos años de construido este pavimento (aproximadamente 137942 ejes equivalentes de 8.2 ton), el comportamiento observado no es el ideal para este tipo de tratamiento superficiales, ya que se presentó un área de daños del orden del 10%.

- **VIA TONA – PAMPLONA – BUCARAMANGA**

Este tramo se construyo a finales del 2003 y principios del 2004, en la evaluación visual se observaron baches en la capa del tratamiento superficial, en algunos casos convirtiéndose en desprendimientos, ya que se hacen más profundos y se pierde parte del material de la base estabilizada.



Figura No 49 Desprendimientos profundos



Figura No 50 presentados en varios tramos.

Se observan agrietamientos por fatiga, comunes por el paso de carga sobre la superficie formando grietas conectadas entre si, este tipo de falla es conocida como piel de cocodrilo.



Figura No 51 Piel de cocodrilo.

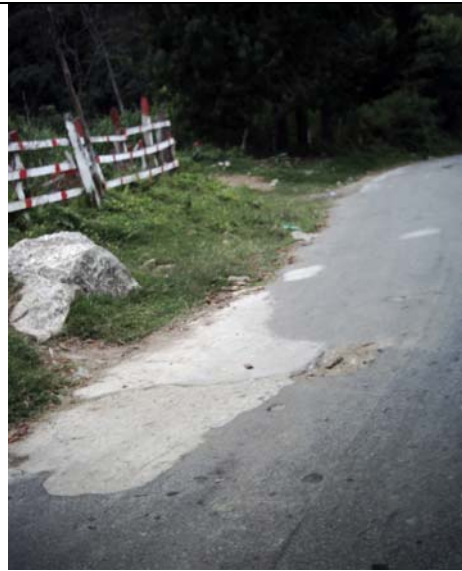


Figura No 52 Agrietamientos por fatiga.

En esta vía después de tres años de construido el pavimento (aproximadamente 74043 ejes equivalentes de 8.2 ton), se observa un área de daños del orden del 5%, el comportamiento en este tramo es bueno en comparación los dos tramos más.

- **VIA ENCINO – CHARALA:**

Este tramo de vía se construyo a mediados del 2005, en su evaluación se observaron repetidos desprendimientos del material en la ultima capa en este caso en la capa del tratamiento superficial.



Figura No 53 Varios desprendimientos del Slurry Seal.



Figura No 54 Desprendimientos continuos en la vía.

En este caso también se observó desprendimientos o deterioro de la superficie de rodadura, que por su forma son llamados también surcos, aquí se observa una pérdida parcial de agregado, dejando expuesta la base estabilizada.



Figura No 55 Surcos o Cárcavas en el hombro de la calzada.

En esta foto observamos el deterioro de los dos hombros de la vía, esta falla en forma de surcos o cárcavas, se presentan por mala conformación en esta zona, además al momento de extender el slurry llovió, permitiendo un flujo de agua que arrastró el material de la base estabilizada.



Figura No 56 Mayores daños debido a la humedad.

En este tipo de vía de un año y medio de construido el pavimento (aproximadamente 54481 ejes equivalentes de 8.2 ton), el comportamiento presentado es el más regular con un 80% en el área de daños .

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

- **CONCLUSIONES:**

De los trabajos desarrollados en la práctica se concluyó:

- En la vía Bucaramanga – San Vicente donde se realizaron las obras de arte, fue primordial modificar las cantidades iniciales aumentándolas para asegurar la estabilidad en las abscisas correspondientes.

De la evaluación de los tramos se concluyó:

- En el caso de la vía San Andres – Guaca, el tratamiento superficial se ve con mayores daños debido a varios factores:
 - Es una vía con mayor atracción de tráfico gracias al acceso de Bucaramanga con Málaga.
 - Mayor humedad por los distintos afloramientos de agua observados, haciendo necesarias más obras de arte.
 - Mala conformación de la base en algunos sectores, debido a que el material pétreo observado en la falla se encuentra con sobretamaños.
- En el caso de la vía Tona – Pamplona – Bucaramanga, el tratamiento superficial presenta mejor estado con respecto al anterior, las fallas comunes se presenta en su mayoría por:
 - La carga sobrepasa los límites del diseño, esto fue concluido por la abscisa K0+050 en donde se presentaba la mayoría de fallas, esta zona es la entrada de una finca ganadera.

- En el caso de la vía Encino – Charalá se presenta mayores daños que en los otros dos tramos, estos daños tienen diferentes razones:
- En esta vía se presenta mayor humedad que en las otras, causando filtraciones y socavaciones en las capas subyacentes, debilitando así la estructura del pavimento.
 - Carece de las suficientes obras de arte que permitan un mejor paso de aguas por escorrentía.
 - Se encuentran formaciones rocosas del material subyacente, desmejorando la capa estabilizada.
 - La compactación realizada no respeto en ocasiones la humedad optima, realizandose con mayor humedad y presentando fisuras en el momento de la construcción.
 - Se presentaron lluvias al momento del fraguado, acelerando el deterioro de la estructura conformada antes de colocar la capa del slurry seal.
- En las tres vías se presento desprendimiento de la ultima capa o del tratamiento superficial, esto se debio a que el sello asfáltico no trabaja estructuralmente, sino que proporciona una superficie asfaltada apta para el desplazamiento y ofreciendo una textura microrugosa e impermeable, protegiendo así únicamente la base estabilizada e impidiendo que el invierno disgregue el material estabilizado.

- **RECOMENDACIONES:**

De la práctica:

- Es adecuado planificar con tiempo las actividades que se deben desarrollar en la obra, para lo cual se realiza previamente la programación de la misma.
- Es importante llevar un registro fotográfico de la obra y además una bitácora donde se inscriban los cambios y observaciones de la obra.

De la evaluación de los tramos:

- Es muy importante realizar un buen manejo de los materiales, de tal forma que después de clasificados no presenten sobretamaños que afecten el acabado del tratamiento.
- En caso de contaminación del material de la mezcla, se recomienda clasificar todo el volumen a emplear en la obra, por lo tanto la clasificación y el manejo del material debe realizarse en zonas limpias.
- En obra se deben realizar diariamente controles de granulometría, porcentaje de asfalto residual y compatibilidad con emulsión asfáltica, para reportar cualquier cambio en la calidad del material.
- En algunas áreas se presentaron diferentes tipos de daños al mismo tiempo, por lo que la solución que se establezca para eliminarlos debe estar regida por el daño más frecuente dentro de la superficie analizada, pero considerando los demás daños.
- Es primordial para evitar fallas grandes en la vía tratar de corregir los factores de inestabilidad y de humedad, ya sea reemplazando la subrasante y/o construyendo obras de arte, así no se reflejaran fallas como medias lunas o depresiones.
- En los baches o descascamientos observados en las vías visitadas es necesario la reconstrucción de la capa afectada, reemplazar la lechada asfáltica en esta zona o realizar el parcheo, esto previene que la falla se pronuncie más deteriorando aun más la vida útil de la vía.
- En las fallas presentadas como surcos, se corrigen mediante lechada asfáltica y/o tratamiento superficial, todo esto para evitar mayores daños a la vía.

- En el caso tal que se presenten lluvias al momento constructivo del slurry, es mejor retirar el material saturado, reemplazarlo por material estabilizado y compactarlo nuevamente, de esta forma no se verán fallas posteriores.
- Al comparar los tres tramos construidos con este tipo de tratamiento superficial, se recomienda que este pavimento sea construido para el caso de tramos cortos, debido a que los pavimentos de prueba tan largos implican un gasto mayor e ineficiente para el municipio.

BIBLIOGRAFIA

ESPECIFICACIONES GENERALES CONSTRUCCION DE CARRETERAS, Ministerio de Transporte, Instituto Nacional de Vías, libro de actualización de normas, agosto de 2002.

MANUAL DE UTILIZACIÓN DE EMULSIONES ASFALTICAS EN CARRETERAS, Ministerio de Obras Públicas y Transporte, Secretaría Técnica, Dirección de Carreteras, Bogotá, Octubre de 1986.

MANUAL DE EMULSIONES, serie No 19, tercera edición.

CORASFALTOS, Corporación para la Investigación y Desarrollo en Asfaltos en el Sector Transporte e Industrial.

MPI, Manufacturas y Procesos Industriales Ltda.

MANUAL CENTROAMERICANOPARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS, Agencia de los estados Unidos para el desarrollo Internacional, Secretaría de Integración Económica Centroamericana, Noviembre de 2002.

ANEXOS

ANEXO 1

***ADMINISTRACION PÚBLICA MUNICIPAL SAN VICENTE DE
CHUCURI***

SECRETARIA DE PLANEACION E INFRAESTRUCTURA

LICITACIÓN PÚBLICA No. 005 - 2006

**CONSTRUCCIÓN OBRAS DE DRENAJE Y ESTABILIZACIÓN VIA LA RENTA
SAN VICENTE PR9+700 A PR12+20Q, PR21+100; PR21+5G0 Y PR28+800**

REFERENCIA:

DISEÑO PRELIMINAR, MÉTODO DE ILLINOIS PARA LA APLICACIÓN DE UNA
BASE ESTABILIZADA BEE-1.3, EMPLEANDO EMULSIONES CATIONICAS DE
ROMPIMIENTO LENTO (CRL-1) Y UNA MEZCLA DE MATERIAL NATURAL
DEL RJO CHUCURJ TOTUMOS + MATERIAL DE LA VIA (RECEBO
GRANULAR).

SAN VICENTE DE CHUCURI, AGOSTO DE 2006

MÉTODO PROPUESTO DE ILLIONIS PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS PARA BASES ESTABILIZADAS EMULSIÓN-AGREGADOS

1. GENERALIDADES

1.1 APLICABILIDAD

Este método de diseño de mezclas con emulsión asfáltica-agregado esta basado en una investigación adelantada de la universidad de Illinois usando el método de diseño de mezclas, Marsahlh modificado y el ensayo de durabilidad húmeda. El método y el ensayo recomendados son aplicables a mezclas para capas de base de pavimentos con bajos volúmenes de tráfico y que contengan cualquier grado de emulsión *asfáltica* y agregado mineral *con gradación densa y tamaños máximos* de una pulgada (25 mm) o menos. Se recomienda este diseño para mezclas en vía o mezclas en planta preparadas a la temperatura ambiente. El procedimiento intenta simular lo más aproximadamente posibles las condiciones reales del campo.

1.2 BOSQUEJO DEL MÉTODO

El procedimiento del diseño comprende las siguientes partes principales:

- 1 Ensayos de calidad del agregado. Se realizan ensayos para determinar las propiedades del agregado y su conveniencia para el uso en mezclas con emulsiones asfálticas.
- 2 Ensayos de calidad de las emulsiones asfálticas. Se realizan ensayos para determinar las propiedades y calidad de emulsión.
- 3 Tipo y cantidad aproximada de emulsión. Se usa un procedimiento indicado para estimar el contenido tentativo de asfalto residual para un agregado dado. Usando el contenido de asfalto tentativo se realizan ensayos de recubrimiento para determinar la conveniencia y tipo de emulsión cantidad de emulsión y agua requerida en la premezcla.
- 4 Humedad de compactación. Usando un contenido de asfalto residual tentativo y el agua requerida en la mezcla, se preparan mezcla y se airean a varios contenidos de humedad, la mezcla de compacta entonces dentro de moldes Marshall para luego ser curadas en seco durante un día y ensayadas en estabilidad Marshall modificado.
- 5 Variación del contenido de asfalto residual. Usando el contenido de agua requerido en la mezcla y la humedad de compactación óptima se preparan mezclan variando el contenido de asfalto residual. Si el contenido de agua óptimo de compactación es menor que el mínimo contenido de agua de mezcla requerido antes de la compactación, se requiere aireación. Las mezclas se compactan *entonces dentro* de moldes Marshall y se *curan* al

**FORMULA DE TRABAJO A EMPLEAR EN OBRA ÓPTIMA PARA 1 M3 DE
MEZCLA SUELTA**

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD
EMULSIÓN CRL-1	GALONES	34
ARENA DE RIO SOGAMOSO	M3	0.3
RECEBO DE LA VIA	M3	0.7
AGUA PREENVUELTA	GALONES	39

aire durante tres días. Las muestras se ensayan para determinar densidad bulk, estabilidad Marshall modificado y flujo. Se evalúa la susceptibilidad de la mezcla a los cambios de humedad sometiendo una serie de muestras a un ensayo especial de inmersión durante cuatro días.

Selección del contenido óptimo de asfalto. Se elige el contenido óptimo de *asfalto* como el *porcentaje de emulsión a la cual la mezcla de asfalto* satisface de la mejor manera todos los criterios de diseño.

2. FORMULA DE TRABAJO A EMPLEAR EN OBRA

2.1 DISEÑO

◆ PARÁMETROS DE MEZCLADO Y COMPACTACION

MEZCLA: EMULSIÓN CRL-1 CON LA MEZCLA DE 47% DE ARENA DE RIO SOGAMOSO + 53% DE RECEBO GRANULAR DE LA VIA

% ASFALTO RESIDUAL ÓPTIMO	5.0
% EMULSIÓN ÓPTIMA AL 58% DE ASFALTO	8.6

♦ **PARÁMETROS DE HUMEDAD EN LA MEZCLA**

Del ensayo de cobertura se obtiene:

% HUMEDAD TOTAL DE MEZCLADO	13.6
------------------------------------	-------------

La humedad total de mezclado esta conformada por la humedad natural en el agregado, la humedad añadida y la aportada por la emulsión.

% HUMEDAD DE PREENVUELTA	10
---------------------------------	-----------

La humedad de preenvuelta y mezclado es la humedad mínima que debe tener el *agregado antes de la Incorporación de la emulsión asfáltica*, incluye: la humedad natural y la humedad añadida.

% HUMEDAD ÓPTIMA EN LA MEZCLA ANTES DE LA COMPACTACIÓN	9.4
---	------------

La humedad óptima antes de la compactación es la humedad en la cual se *obtienen las máximas estabilidades y las máximas densidades iniciales en la mezcla compactada*.

♦ **DOSIFICACIÓN DE LA EMULSIÓN** **ÓPTIMO**

ASFALTO RESIDUAL POR PESO DE AGREGADO SECO	5.0
Rango de trabajo, 5.0%-6.0%	

EMULSIÓN ASFÁLTICA CATIONICA DE ROMPIMIENTO LENTO CRL-1 AL 58%
8.60

Rango de trabajo, 8.6%-10.0%

DOSIFICACIÓN: LITROPS DE EMULSIÓN POR METRO CUBICO SUELTO DE
MEZCLA: P.V.S.S. % E

Rango de trabajo (Lt/m3), 134.1-140.0

134.16

3. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MEZCLA Y RECOMENDACIONES

3.1 CRITERIOS DE DISEÑO

Los criterios de diseño exigidos por el método Marshall Modificado para MEZCLAS DENSAS (RODADURA) con emulsión son los siguientes:

NUMERO DE GOLPES POR CAPA	75 750
ESTABILIDAD AL VACIO A 22°C, Lb, mínimo	25 8-18 3-8 80
PERDIDA DE ESTABILIDAD, % , máxima	3.2 PROPIEDADES
FLUJO, Pulg/100	MECÁNICAS DE LA MEZCLA
VACÍOS TOTALES	Las propiedades mecánicas de la
COBERTURA DEL AGREGADO, % mínimo	mezcla de emulsión CRL-1 con arena

del río Sogamoso y recebo *granular*
de la vía son las siguientes:

▪ ABSORCIÓN, %	1.7
▪ GRAVEDAD ESPECIFICA	3.0
▪ COBERTURA DEL AGRAGADO. %	80

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

■ SUBBASES

La sub-base se conforman con materia! de préstamo deberá cumplir con las normas del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) ARTICULO 320, con un grado promedio de compactación comprendido entre el 98 - 100 % del proctor modificado.

- Durante el proceso constructivo se debe verificar la granulometría de la *mezcla* de materiales, de tal forma que se aseguren las mismas condiciones de calidad y granulométricas del diseño.

- También se debe controlar la humedad de preenvuelta y la humedad óptima antes de la compactación, ya que así se obtiene las máximas densidades y las máximas estabilidades iniciales en la mezcla compactada.

« Todos los porcentajes utilizados en este estudio como: % asfalto residual % humedad de preenvuelta, % humedad total, % humedad óptima antes de la compactación, etc., son dados con respecto al agregado seco.

- Los resultados obtenidos en el estudio, cumplen con todos los requerimientos exigidos en los criterios de diseño para mezclas densas, tipo rodadura.

- Dar un tráfico inicial con velocidad lenta durante 24 horas y no permitir algún tipo de estacionamiento en la vía.

- La resistencia conservada de la capa de rodadura depende en gran parte de los mantenimientos y construcción de las cunetas, alcantarillas, sumideros y las pendientes de drenaje, para no estancamiento de aguas; y el estado de la subbase.

- La resistencia conservada de la mezcla densa depende de la calidad de la emulsión.

RECOMENDACIONES GENERALES Y LIMITACIONES


Este estudio de suelos se efectuó utilizando las prácticas habituales de la ingeniería geotécnica. Si durante la construcción se presenta condiciones del terreno o circunstancias no previstas en este informe se deberá dar visto a u ingeniero asesor en suelos para establecer las recomendaciones o procedimientos más convenientes.



ING. LIBARDO MARTINEZ JEREZ

Secretario de Planeación e Infraestructura

ANEXO 2

PLANTA DE EMULSIONES ASFALTICAS			
REPORTE DE ENSAYO DE EMULSIONES ASFALTICAS			
Muestra de :	Emulsión MPI-CRL-1hm	Fecha :	Enero de 2005
Obra :	Slurry-Seal Carretera San Andrés Guaca, Santander	Enviada por :	M.P.I. LTDA.
	MPI-CRL-1hm	NORMA	CRL-1hm
MUESTRA No.	1		
TAMIZADO: RETENIDO EN MALLA No. 20, %	0.00064	INV-E765	max. 0.1
<u>VISCOSIDAD SAYBOLT-FUROL</u> a 25°C, Segundos a 50°C, Segundos	31	INV-E763	max. 100
CARGA DE PARTICULA	+ (pos.)	INV-E767	+ (pos.)
SEDIMENTACION A LOS 7 DIAS DIFERENCIA POR CIENTO	1.5	INV-E764	max. 5
RESIDUO DE LA DESTILACION HASTA 260°C, % del peso por dif.	61.4	INV-E762	min. 57
DISOLVENTE EN VOLUMEN, %	0.0	INV-E762	0.0
DISOLVENTE EN PESO, %	2.15	INV-E768	max. 6
<u>PRUEBAS AL RESIDUO DE LA EVAPORACION</u>			
PENETRACION, 25°C, 100 g, 5 Seg.(mm/10)	70	INV-E706	60-100
DUCTILIDAD @ 5°C, 5 cm/min., cm	23	INV-E702	min. 10
PUNTO DE ABLANDAMIENTO, °C	49.6	INV-E712	45 55
RECUPERACION ELASTICA POR TORSION @ 25°C (%)	15.5	INV-E727	min. 12
ING. LAB.			

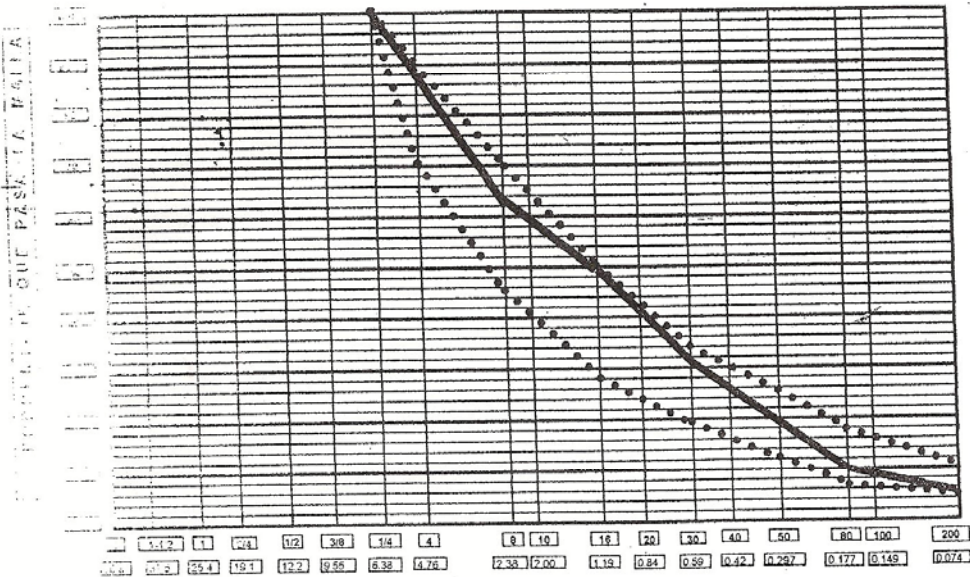
ANEXO 3



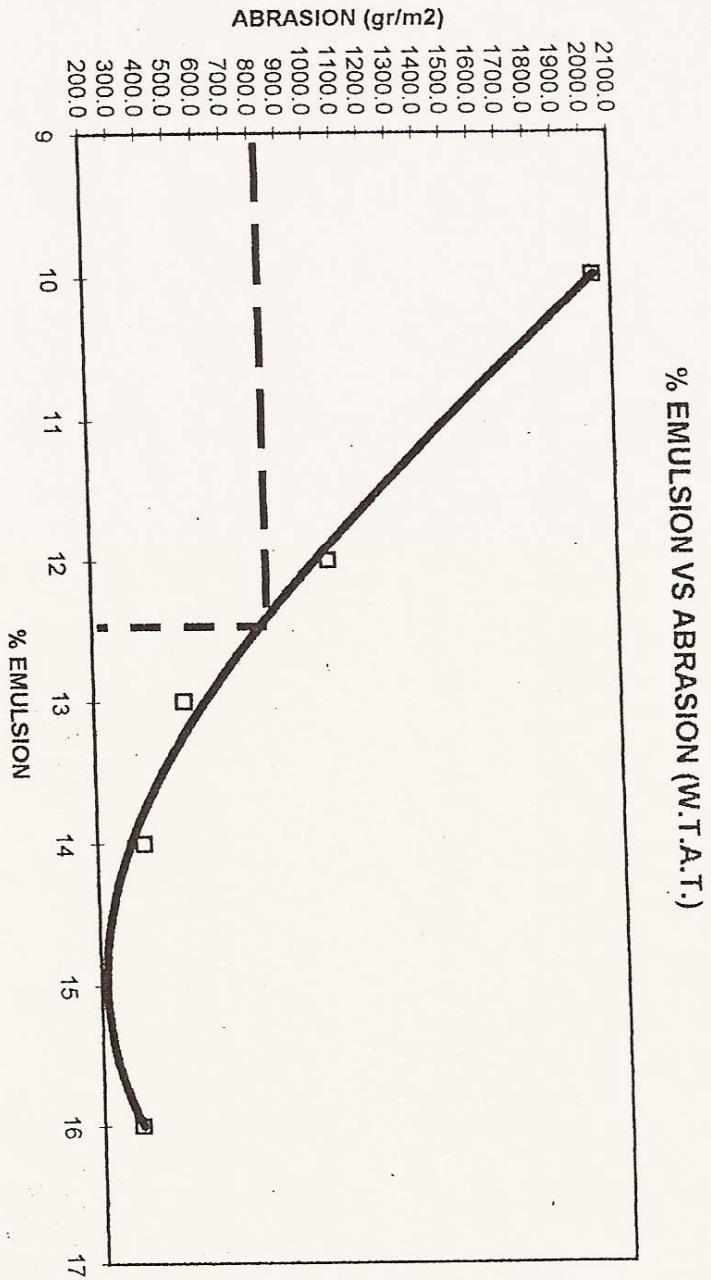
MANUFACTURAS Y PROCESOS INDUSTRIALES LTDA.

PLANTA DE EMULSIONES ASFALTICAS
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

GERA : SLURRY-SEAL CARRETERA SAN ANDRÉS-GUACA NORMA GRANULOMETRICA LA-2
DESCRIPCION: RESIDUO DE TRITURACION DE PESCADERO, TRITURADORA SANCHEZ CONSTRUCCIONES



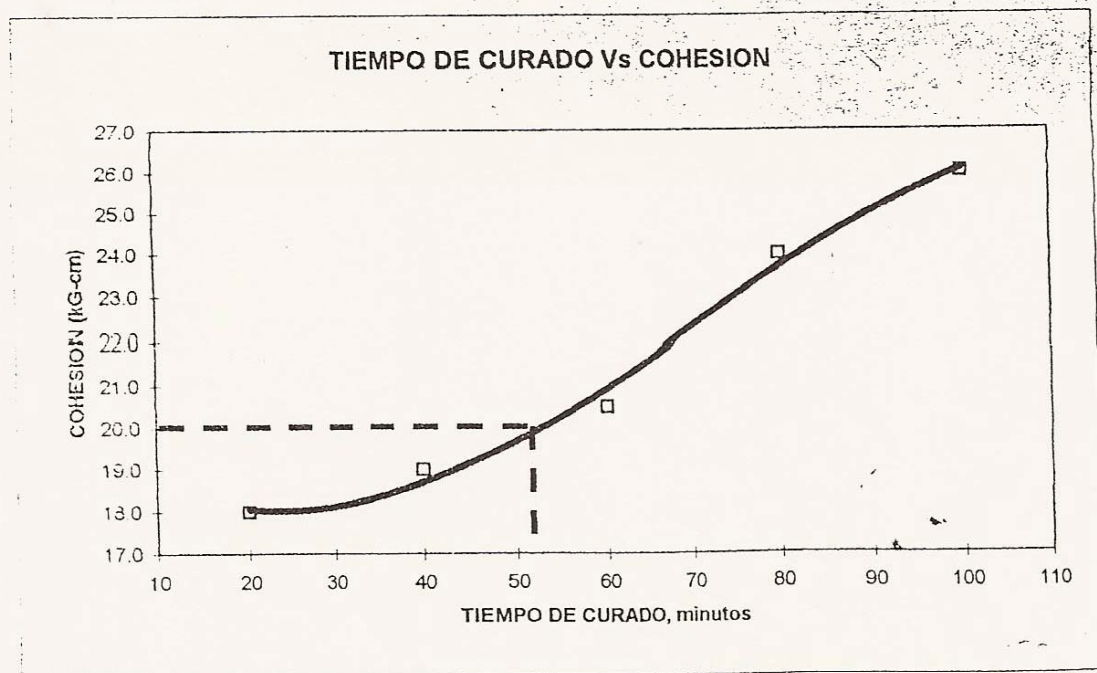
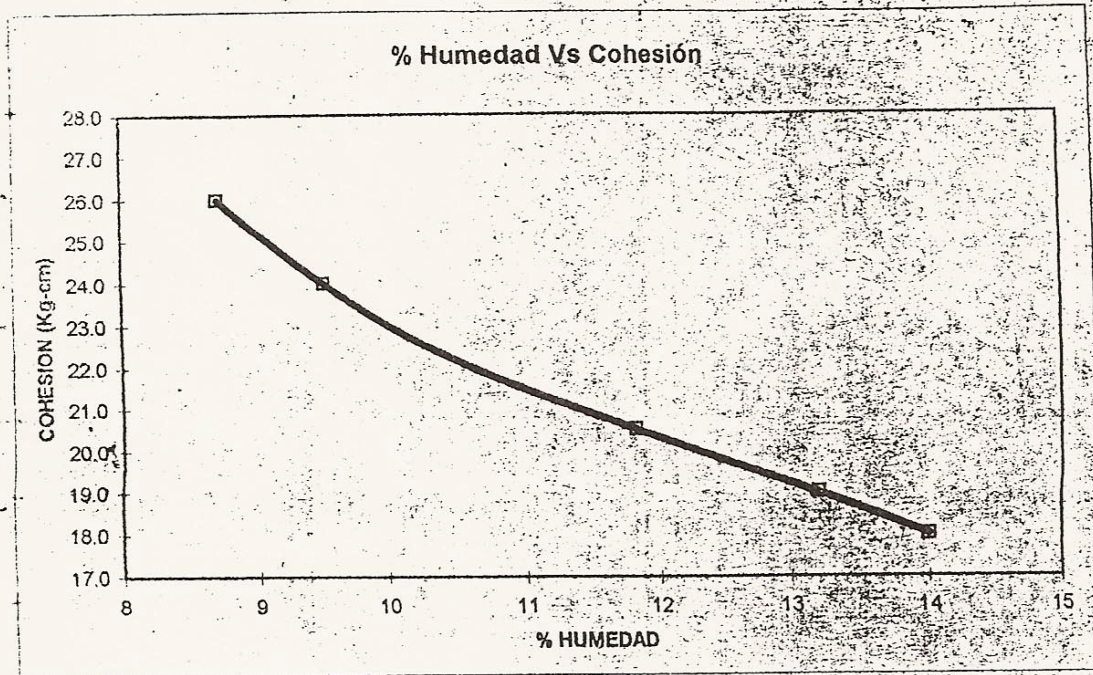
ANEXO 4



Concentración de asfalto en la emulsión
 Mínimo de emisión de acuerdo a gráfica (650 gr/m² de pérdida)
 Tolerancia admisible entre el mínimo (W.T.A.T.) y el máximo (L.W.T.)
 Óptimo de emisión estimado (12.4% + 1.5%)

61.00%
 12.40%
 3.00%
 13.90%

ANEXO 5



ANEXO 6

MANUFACTURAS Y PROCESOS INDUSTRIALES LTDA
PORCENTAJE DE ASFALTO RESIDUAL
METODO DEL FACTOR DE SUPERFICIE ESPECIFICA

FUENTE: TRITURADORA PESCADERO, SANCHEZ CONSTRUCCIONES

OBRA: CARRETERA SAN ANDRES-GUACA Tipo de Mezcla: SLURRY-SEAL

$$F.S.E = \frac{2.5}{(D * d)^{1/2}}$$

Donde :

D = DIAMETRO MAYOR (mm)
d = DIAMETRO MENOR (mm)

F.S.E.=Factor de Superficie Especifica

TAMIZ	F.S.E.	% RET PARCIA	F.S.E. * % RET	TIPO DE MEZCLA	NORMA	VALOR DE K
1-1/2"				LECHADA	LA-1	4.0-4.3
1"					LA-2	4.3-4.5
3/4"					LA-3	4.5-4.8
1/2"					LA-4	4.9-5.1
3/8"					LA-5	5.1-5.4
1/4"						
No. 4	0.454	11.9	5.399	BASE ESTABILIZAD	BEE-1....3	3.2
No. 8	0.743	24.8	18.420	ABIERTA	RODADURA	3.5 - 3.7
No. 16	1.486	13.7	20.352	MAF-1.....3	OTROS	2.5 - 2.7
No.30	2.984	18.9	56.390			
No. 50	5.972	12.5	74.653	DENSA	MDF-1....3	3.7
No. 80	7.736	8.1	62.663			
No. 200	21.844	4.9	107.037			
P 200	130	5.2	676.000			
		100				
SUMATORIA / 100 (S)			10.20913			

$$\% L = K * (S * A)^{(1 / 5)}$$

DONDE :

K : COEFICIENTE O MODULO DE RIQUEZA

A : FACTOR DE CORRECCION POR DENSIDAD

S : SUPERFICIE ESPECIFICA DEL CONJUNTO DE AGREGADOS

4.40

1.02

= 10.20913

El factor A es función del peso específico del material pétreo y viene dado por la siguiente fórm

$$A = 1.98857 - 0.37143 * P$$

Donde P : Peso Esp. Bulk del Material Pe 2.605

$$\% \text{ ASFALTO RESIDUAL, } \% (L) =$$

7.0

$$\text{CONTENIDO DE ASFALTO EN LA EMULSION, } \% (\text{C.E.}) =$$

61.00


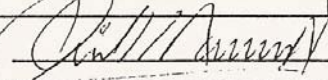
$$\% \text{ EMULSION} = L / \% \text{ C.E.}$$

$$\% \text{ EMULSION } (\% \text{ E}) =$$

11.5



NOTA: El factor A es utilizado únicamente para mezclas abiertas y lechadas asfálticas, para demás mezclas A toma el valor de 1.0

ANEXO 7

R DT 10 N.R: 1		PLANTA DE EMULSIONES ASFALTICAS REPORTE DE ENSAYO DE EMULSIONES ASFALTICAS MODIFICADAS CON POLIMEROS					
Tipo de emulsión: <u>MPI CRL-1hm</u>		Fecha despacho: <u>18/04/05</u>		Despacho N° <u>12369</u>			
Cliente: <u>CONS SAN ANDRES</u>		Fecha Informe: <u>20/04/05</u>					
O b r a : <u>GUACA</u>		Cochada No: <u>223</u>					
PROPIEDAD	Norma Referencia	Especificación		Reporte de control de calidad	Frecuencia de ensayo	Fecha último ensayo	Responsable ensayo
		MIN	MAX				
VISCOSIDAD: SAYBOLT-FUROL a 25°C, (s) a 50°C, (s)	INV E-763	—	100	42	COCHADA	20/04/05	MPI
SEDIMENTACION A LOS 7 DIAS DIFERENCIA POR CIENTO (1)	INV E-764	—	5	N.A	COCHADA	N.A	MPI
DESTILACION - Contenido de Asfalto, % - Contenido de Disolvente (% en peso)	INV E-762	57	—	61.6	COCHADA	20/04/05	MPI
EVAPORACION - Contenido de Asfalto, %	—	57	—	61.8		20/04/05	
TAMIZADO: RETENIDO EN TAMIZ No. 20, (%)	INV E-765	—	0.1	0.00228	COCHADA	20/04/05	MPI
CARGA DE LA PARTICULA	INV E-767			Positiva	SEMESTRAL	13/12/04	CORASFALTOS
p.H	INV E-768	—	6	2.35	COCHADA	20/04/05	MPI
ENSAYOS AL RESIDUO DE LA EVAPORACION							
PENETRACION @ 25°C, 100 g, 5s (mm/10)	INV E-706	60	100	75	COCHADA	20/04/05	MPI
DUCTILIDAD @ 5°C, 5cm/min (cm)	INV E-702	10	—	19	SEMESTRAL	15/12/04	CORASFALTOS
RECUPERACION ELASTICA POR TORSION @25°C (%)	INV E-727	12	—	15.5	SEMESTRAL	18/12/04	CORASFALTOS
PUNTO DE ABLANDAMIENTO (°C)	INV E-712	55	—	53	COCHADA	20/04/05	MPI
ING. LAB. 							

(1). La sedimentación se considera no aplicable (N.A) cuando el producto empieza a ser usado antes de 36 horas de almacenamiento (Según la International Slurry Surfacing Association, documento Recommended Performance Guidelines for Micro-Surfacing de Mayo de 2003). En caso contrario, para almacenamientos prolongados (>7 días) se recomienda recircular la emulsión en el tanque quincenalmente.

ANEXO 8

 PLANTA DE EMULSIONES ASFALTICAS REPORTE DE ENSAYO DE EMULSIONES ASFALTICAS			
Muestra de :	Emulsión MPI-CRL-1hm	Fecha :	Enero de 2004
O b r a :	Slurry-Seal Tona, Santander	Enviada por :	M.P.I. LTDA.
	MPI-CRL-1hm	NORMA	CRL-1hm
MUESTRA No.	1		
TAMIZADO: RETENIDO EN MALLA No. 20, %	0,00064	INV-E765	max. 0.1
VISCOSIDAD SAYBOLT-FUROL		INV-E763	
a 25°C, Segundos	31		max. 100
a 50°C, Segundos			
CARGA DE PARTICULA	+ (pos.)	INV-E767	+ (pos.)
SEDIMENTACION A LOS 7 DIAS DIFERENCIA POR CIENTO	1,5	INV-E764	max. 5
RESIDUO DE LA DESTILACION HASTA 260°C, % del peso por dif.	61,4	INV-E762	min. 57
DISOLVENTE EN VOLUMEN, %		INV-E762	
DISOLVENTE EN PESO, %	0,0		0,0
P.H.	2,15	INV-E768	max. 6
PRUEBAS AL RESIDUO DE LA EVAPORACION			
PENETRACION, 25°C, 100 g, 5 Seg.(mm/10)	70	INV-E706	60-100
DUCTILIDAD @ 5°C, 5 cm/min., cm	23	INV-E702	min. 10
PUNTO DE ABLANDAMIENTO, °C	----	INV-E712	45
	49,6		55
RECUPERACION ELASTICA POR TORSION @ 25°C (%)	15,5	INV-E727	min. 12
ING. LAB.			

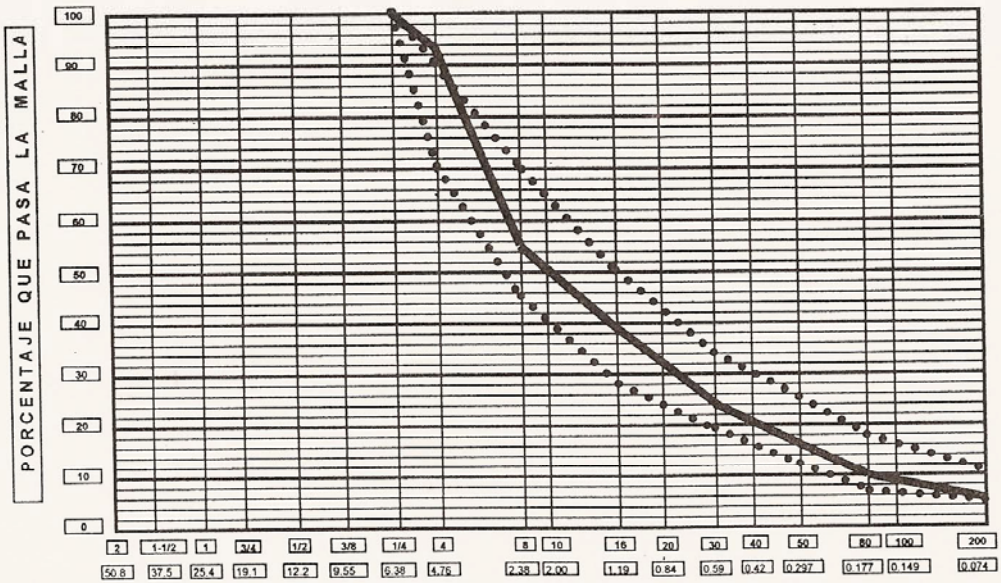
ANEXO 9



MANUFACTURAS Y PROCESOS INDUSTRIALES LTDA.

PLANTA DE EMULSIONES ASFALTICAS
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBRA : SLURRY-SEAL CARRETERA DE ACCESO A TONA NORMA GRANULOMETRICA LA-2
DESCRIPCION: RESIDUO DE TRITURACION DE PESCADERO

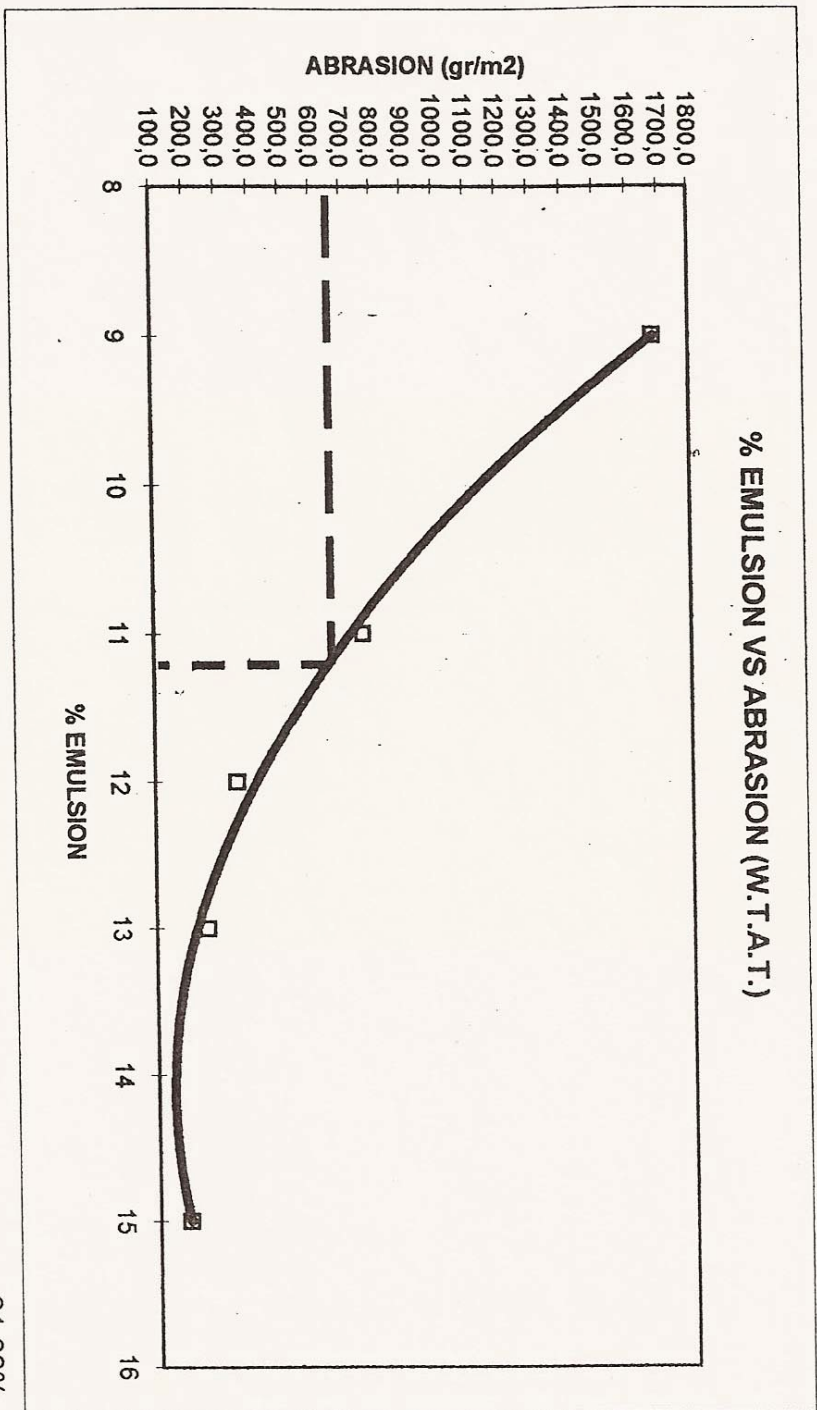


TAMICES ESTÁNDAR U.S.A.
DIAMETRO DE PARTICULAS EN mm.

ABSORCION, %	1,993	DENSIDAD	2,621	EQUIVALENTE DE ARENA, %	88,9
PESO VOLUMETRICO SUELTO Y SECO, Kg/m³	1594	TIPO DE EMULSION RECOMENDADA	MPI-CRL-1hm		
ASFALTO RESIDUAL, %	7,7	EMULSION, %	12,6	DOSIFICACION l/m³ suelto y seco	201,2

OBSERVACIONES : ●●●●●●●● NORMA LA-2
 _____ Curva Granulométrica de los Materiales

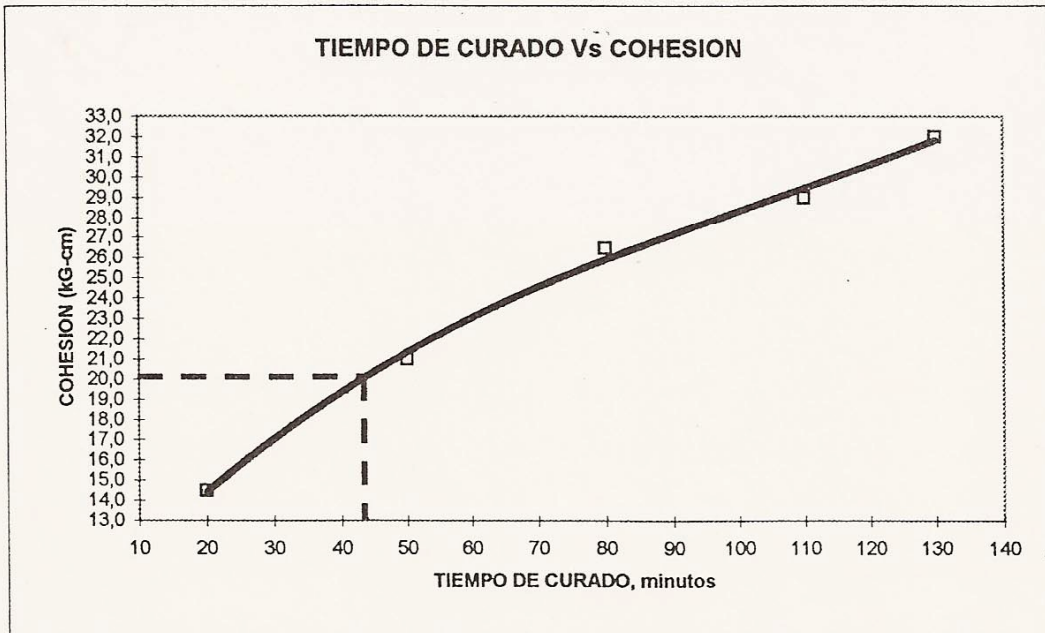
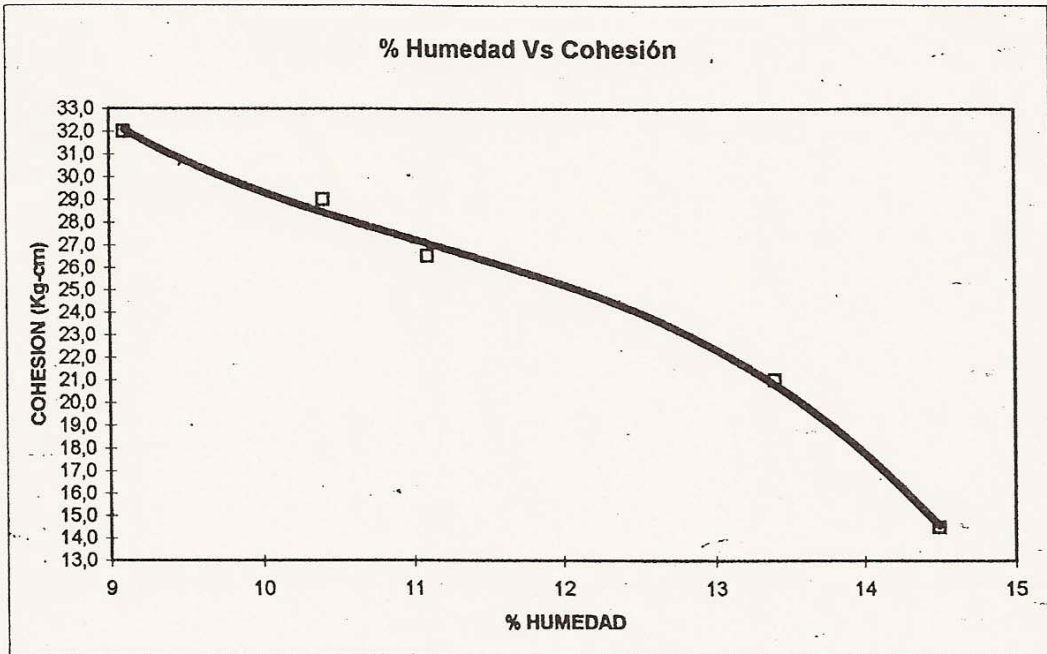
ANEXO 10



Concentración de asfalto en la emulsión
 Mínimo de emulsión de acuerdo a gráfica (650 gr/m² de pérdida)
 Tolerancia admisible entre el mínimo (W.T.A.T.) y el máximo (L.W.T.)
 Óptimo de emulsión estimado (11.1% + 1.5%)

61,00%
 11,10%
 3,00%
 12,60%

ANEXO 11



ANEXO 12



MANUFACTURAS Y PROCESOS INDUSTRIALES LTDA

PORCENTAJE DE ASFALTO RESIDUAL METODO DEL FACTOR DE SUPERFICIE ESPECIFICA

FUENTE: TRITURADORA PESCADERO

OBRA: CARRETERA A TONA

Tipo de Mezcla: SLURRY-SEAL

$$F.S.E = \frac{2,5}{(D * d)^{1/2}}$$

Donde :

D = DIAMETRO MAYOR (mm)

d = DIAMETRO MENOR (mm)

F.S.E.=Factor de Superficie Especifica

TAMIZ	F.S.E.	% RET PARCIAL	F.S.E. * % RET	TIPO DE MEZCLA	NORMA	VALOR DE K
1-1/2"				LECHADA	LA-1	4.0-4.3
1"					LA-2	4.3-4.5
3/4"					LA-3	4.5-4.8
1/2"					LA-4	4.9-5.1
3/8"					LA-5	5.1-5.4
1/4"	0,320			BASE ESTABILIZADA	BEE-1....3	3,2
No. 4	0,454	7,5	3,402		ABIERTA	RODADURA
No. 8	0,743	37,0	27,482	MAF-1.....3	OTROS	2.5 - 2.7
No. 16	1,486	16,1	23,917			
No.30	2,984	15,2	45,351			
No. 50	5,972			DENSA	MDF-1....3	3,7
No. 80	7,736	14,2	109,854			
No. 200	21,844	4,8	104,852			
P 200	130	5,2	676,000			
		100				
SUMATORIA / 100 (S) =			9,90859			

$$\% L = K * (S * A)^{(1/5)}$$

DONDE :

K : COEFICIENTE O MODULO DE RIQUEZA

= 4,57

A : FACTOR DE CORRECCION POR DENSIDAD

= 1,03

S : SUPERFICIE ESPECIFICA DEL CONJUNTO DE AGREGADOS

= 9,90859

El factor A es función del peso específico del material pétreo y viene dado por la siguiente fórmula:

$$A = 1.98857 - 0.37143 * P$$

Donde P : Peso Esp. Bulk del Material Petreo =

2,574

$$\% \text{ ASFALTO RESIDUAL, } \% (L) =$$

7,5

$$\text{CONTENIDO DE ASFALTO EN LA EMULSION, } \% (\text{C.E.}) =$$

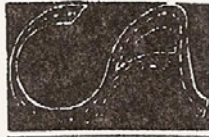
61,00

$$\% \text{ EMULSION} = L / \% \text{ C.E.}$$

$$\% \text{ EMULSION (\% E)} =$$

12,3

NOTA: El factor A es utilizado únicamente para mezclas abiertas y lechadas asfálticas, para las demás mezclas A toma el valor de 1.0



Corporación para la Investigación y Desarrollo en Asfaltos
en el Sector Transporte e Industrial

CORASFALTOS

ANEXO 13

RESULTADOS

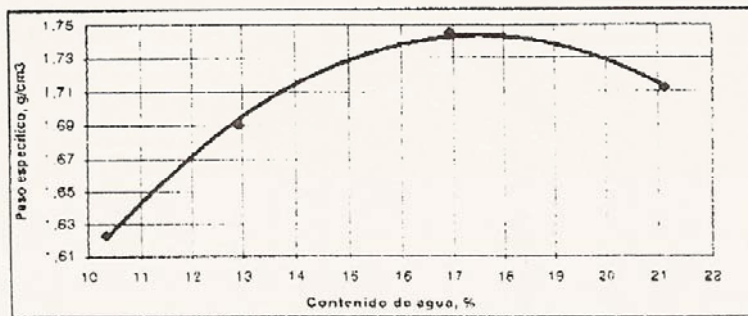
**RELACIONES DE PESO UNITARIO-HUMEDAD EN LOS SUELOS
EQUIPO MODIFICADO (Proctor Modificado)
NORMA INV E-142**

CLIENTE: Proyecto Estabilización de Arcillas - ENCINO - LA CANTERA
MUESTRA: Mtra 1 Suelo con oal + silicato (K1+210)
CÓDIGO: G-157-04
FECHA DE RECIBO: Octubre 2/04 FECHA DE ENSAYO: 04.10.04

Molde No.	1
Altura, cm	11.7
Diámetro, cm	15.2
Volumen, cm	2122.0

Peso molde, g	6560
Peso martillo, g	4540
No. Capas	6
No. Golpes/capa	55

PRUEBA	1	2	3	4	5	6
Wm+sh, gr	10360.00	10610.00	10990.00	10960.00		
Wm, gr	6560.00	6560.00	6560.00	6560.00		
Wsh, gr	3800.00	4050.00	4330.00	4400.00		
Wesp. Sh, gr/cm ³	1.79	1.91	2.04	2.07		
No Tara	46	81	72	30		
Wt, gr	7.20	7.10	7.10	7.00		
Wt+sh, gr	54.20	56.90	52.70	61.50		
Wt+ss, gr	49.80	51.20	46.10	52.00		
Wagua, gr	4.40	5.70	6.60	9.50		
Wss, gr	42.50	44.10	39.00	45.00		
H, %	10.3	12.9	18.9	21.1		
Wesp. Ss, gr/cm ³	1.623	1.690	1.745	1.712		



H_{OPTIMA} = 17.5

Dens. Máx, g/cm³ = 1.74



Fecha: 5/10/04 | Reporte No. R-G-04-184 | Página 3 de 4 | Realizado por: Ing. Leonel Hernández Especialista en Asfaltos y Pavimentos | Firma:

Km 2 Vía al Refugio - Sede UIS Guatiquara - Telefax: 7-6550806 - 7-6551399 - 7 - 6542444 Piedecuesta - Colombia



Corporación para la Investigación y Desarrollo en Asfaltos
en el Sector Transporte e Industrial

CORASFALTOS

ANEXO 14

RELACIONES DE PESO UNITARIO-HUMEDAD EN LOS SUELOS
EQUIPO MODIFICADO (Proctor Modificado)
NORMA INV E-142

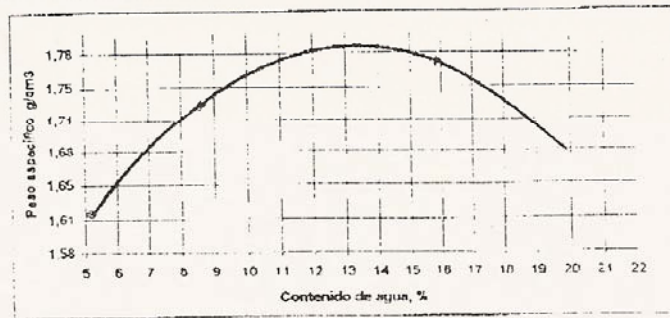
CLIENTE: Proyecto Estabilización Arcillas-ENCINO
MUESTRA: Material préstamo K1+980 Fca José Vera
CÓDIGO: G-081-04-3
FECHA DE RECIBO: 17/05/04 FECHA DE ENSAYO: 22/05/04



Molde No.	2
Altura, cm	
Diámetro, cm	
Volumen, cm ³	907,0

Peso molde, g	2960
Peso martillo, g	4540
No. Capas	5
No. Golpes /capa	55

PRUEBA	1	2	3	4	5	6
Wm+sh, gr	4508,00	4664,00	4822,00	4786,00		
Wm, gr	2960,00	2960,00	2960,00	2960,00		
Wsh, gr	1548,00	1704,00	1862,00	1826,00		
Wesp. Sh, gr/cm ³	1,70	1,88	2,06	2,01		
No. Tapa	1	2	3	4		
Wt, gr	7,00	7,20	7,30	7,10		
Wt+sh, gr	43,20	41,10	43,80	32,50		
Wt+ss, gr	41,40	38,40	38,80	28,30		
Wagua, gr	1,80	2,70	5,00	4,20		
Wes, gr	34,40	31,20	31,50	21,20		
H, %	6,2	8,7	15,9	19,8		
Wesp. Sc, gr/cm ³	1,620	1,729	1,772	1,880		



H_{OPTIMA} % = 13,5


Dens. Máx, g/cm³ = 1,79

OBSERVACIONES



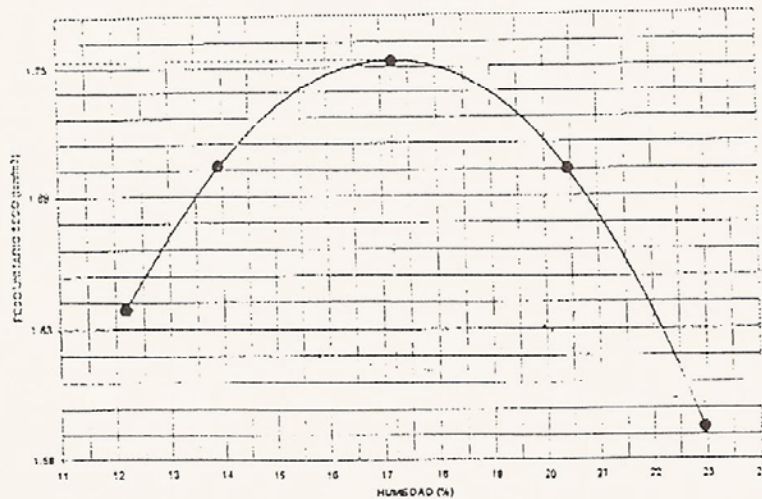
ANEXO 15

INFORME DE ENSAYO

 <p>Universidad Pontificia Bolivariana SPECIALIZADA EN INGENIERIA KM 7 VIA A PEDREGUETA</p> <p>PROCTOR MODIFICADO INVE - 142</p>	OBRA: MEJORAMIENTO VIA ENCINO - LA CANTERA	FECHA DE INFORME: 06/OCT/2004	
	SOLICITADO POR: ING. CARLOS BELTRAN	FECHA DE RECEPCION: 02/OCT/2004	
	SONDEO: _____	N° DE ENSAYOS: UNO	FECHA DE PRUEBA: 05/OCT/2004
	MUESTRA N°: 1	PROFUNDIDAD: _____	CALCULO: LUZ MARINA TORRADO GERARDO BAUTISTA G
	DESCRIPCION: MATERIAL DE SUB-RASANTE	OPERADOR: HELI RUEDA	PAGINA: 1 de 1
INFORME N: 774-01			

DETERMINACION	1	2	3	4	5
Peso molde y suelo húmedo (g)	8940	9140	9370	9380	9210
Peso molde (g)	4870	4870	4870	4870	4870
Peso suelo húmedo (g)	4070	4270	4500	4510	4340
Peso específico húmedo (ton/m ³)	1.84	1.93	2.03	2.04	1.96
HUMEDAD					
Cápsula N°	36	37	38	35	20
Peso cap. y s. húmedo (g)	150.9	139.2	132.9	148.6	138.7
Peso cap. y s. seco (g)	136.4	124.3	115.70	126.6	114.6
Peso agua (g)	14.50	14.90	17.20	22.00	24.10
Peso cap. (g)	17.40	17.30	15.80	19.00	9.60
Peso Suelo Seco (g)	119	107	99.9	107.6	105
Humedad (%)	12.18	13.93	17.22	20.45	22.95
PESO UNITARIO SECO					
Peso específico seco (ton/m ³)	1.64	1.69	1.73	1.69	1.59

PROCTOR MODIFICADO
RELACION PESO UNITARIO SECO-HUMEDAD



Observaciones: Humedad óptima = 17.2%, Peso unitario seco máximo = 1.733 (Ton/m³)

Fin de reporte

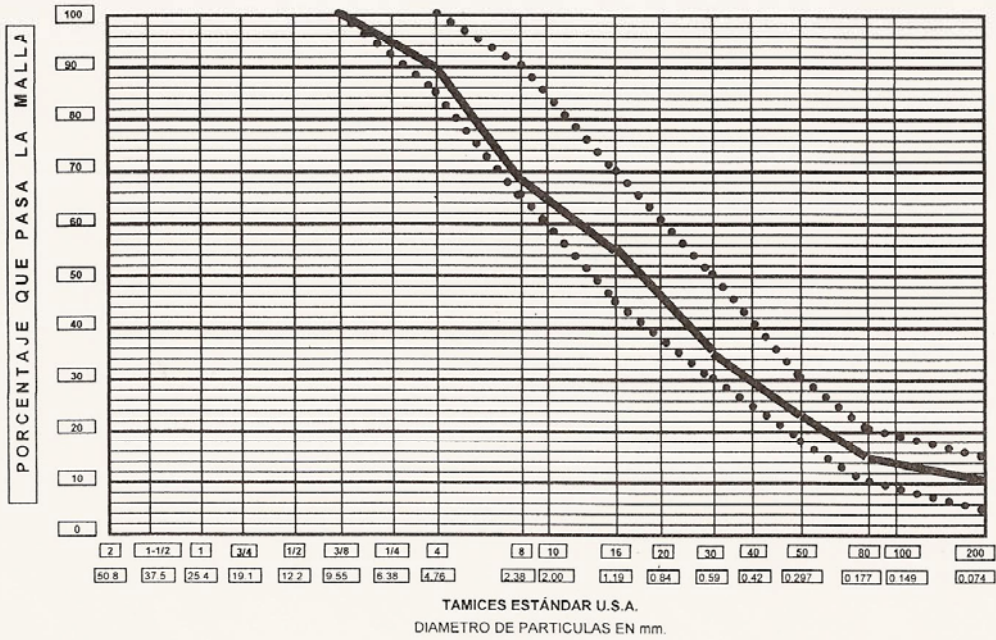
ANEXO 18



MANUFACTURAS Y PROCESOS INDUSTRIALES LTDA.

PLANTA DE EMULSIONES ASFALTICAS
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

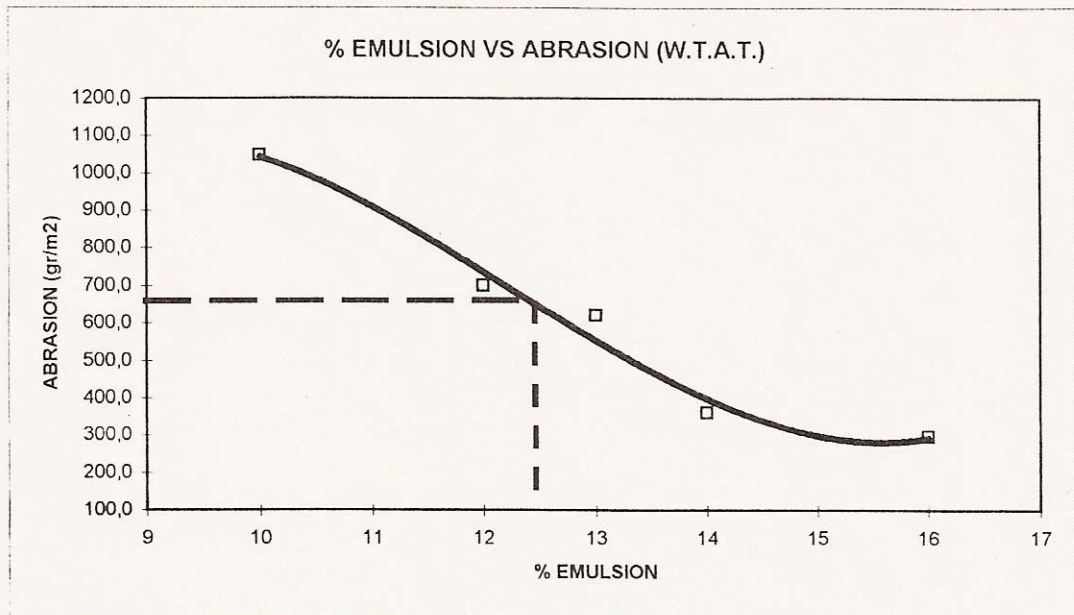
OBRA : SLURRY-SEAL CARRETERA ENCINO-LA CANTERA NORMA GRANULOMETRICA LA-3
DESCRIPCION : RESIDUO DE TRITURACION DE EMCOVIAS (RESIDUO #1)



ABSORCION, %	5,175	DENSIDAD	2,618	EQUIVALENTE DE ARENA, %	69,4
PESO VOLUMETRICO SUELTO Y SECO, Kg/m ³	1652	TIPO DE EMULSION RECOMENDADA	MPI-CRL-1hm		
ASFALTO RESIDUAL, %	8,5	EMULSION, %	13,9	DOSIFICACION l/m ³ suelto y seco	230,2

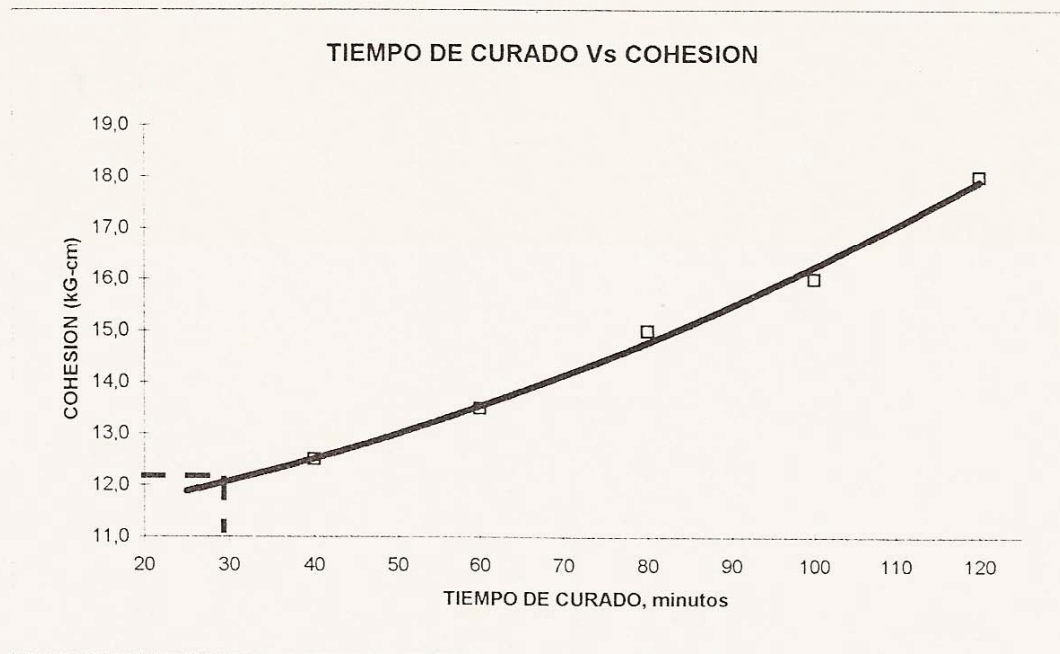
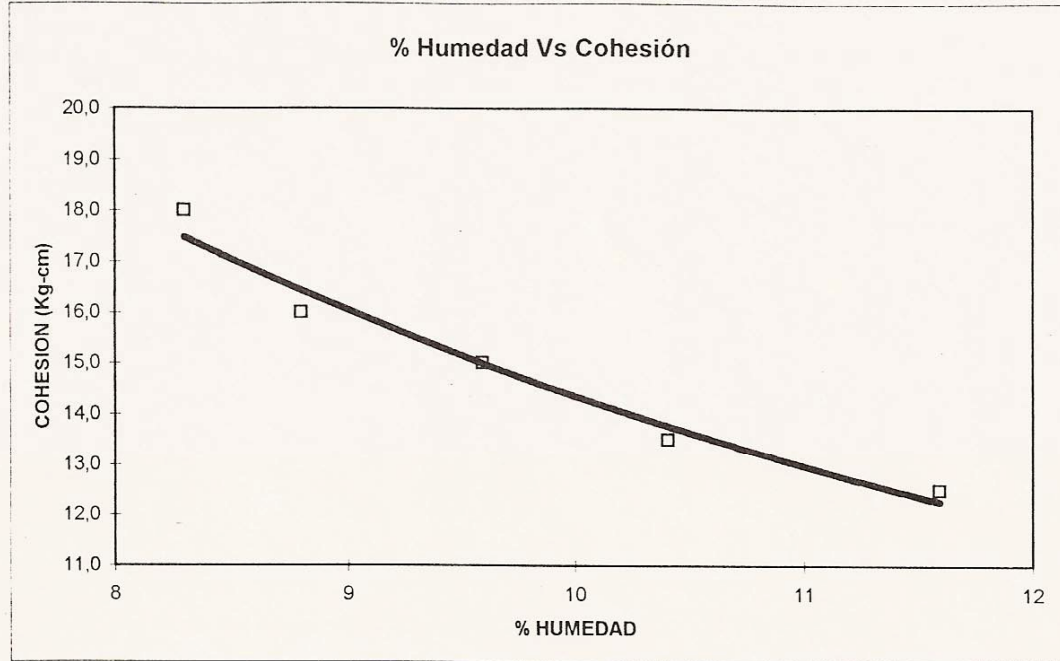
OBSERVACIONES : ●●●●●●●● NORMA LA-3
 ————— Curva Granulométrica de los Materiales

ANEXO 19



Concentración de asfalto en la emulsión	61,00%
Mínimo de emulsión de acuerdo a gráfica (650 gr/m ² de pérdida)	12,40%
Tolerancia admisible entre el mínimo (W.T.A.T.) y el máximo (L.W.T.)	3,00%
Óptimo de emulsión estimado (12,4% + 1.5%)	13,90%

ANEXO 20



ANEXO 21



MANUFACTURAS Y PROCESOS INDUSTRIALES LTDA
PORCENTAJE DE ASFALTO RESIDUAL
METODO DEL FACTOR DE SUPERFICIE ESPECIFICA

FUENTE: TRITURADORA CORVIAS-EMCOVIAS (RESIDUO DE TRITURACIÓN #1)
OBRA : CARRETERA ENCINO-LA CANTERA Tipo de Mezcla : SLURRY-SEAL
K0+000 A K3+200

F.S.E = $\frac{2,5}{(D * d)^{1/2}}$ Donde : D = DIAMETRO MAYOR (mm)
 d = DIAMETRO MENOR (mm)
 F.S.E.=Factor de Superficie Especifica

TAMIZ	F.S.E.	% RET PARCIAL	F.S.E. * % RET	TIPO DE MEZCLA	NORMA	VALOR DE K
1-1/2"				LECHADA	LA-1	4.0-4.3
1"					LA-2	4.3-4.5
3/4"					LA-3	4.5-4.8
1/2"					LA-4	4.9-5.1
3/8"					LA-5	5.1-5.4
1/4"						
No. 4	0,454	10,0	4,537	BASE ESTABILIZADA	BEE-1....3	3,2
No. 8	0,743	22,1	16,415	ABIERTA MAF-1.....3	RODADURA	3.5 - 3.7
No. 16	1,486	13,1	19,460		OTROS	2.5 - 2.7
No.30	2,984	19,8	59,075			
No. 50	5,972	12,2	72,861	DENSA	MDF-1....3	3,7
No. 80	10,904	7,5	81,778			
No. 200	21,844	4,9	107,037			
P 200	130	10,4	1352,000			
		100				
SUMATORIA / 100 (S)			17,13163			

$\% L = K * (S * A)^{(1 / 5)}$

DONDE :

K : COEFICIENTE O MODULO DE RIQUEZA 4,58
 A : FACTOR DE CORRECCION POR DENSIDAD 1,02
 S : SUPERFICIE ESPECIFICA DEL CONJUNTO DE AGREGADOS = 17,13163

El factor A es función del peso específico del material pétreo y viene dado por la siguiente fórmula

$A = 1.98857 - 0.37143 * P$ Donde P : Peso Esp. Bulk del Material P_e 2,611

% ASFALTO RESIDUAL, % (L) = 8,1

CONTENIDO DE ASFALTO EN LA EMULSION, % (C.E.) = 61,00

% EMULSION = L / % C.E.

% EMULSION (% E) = 13,3

NOTA: El factor A es utilizado únicamente para mezclas abiertas y lechadas asfálticas, para demás mezclas A toma el valor de 1.0

TABLA No 2

FACTORES DE DAÑO

FACTORES DE DAÑO EN LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA (1996)		Factor de Daño capas tratadas con ligante hidraulico (8.5)
Autos	0	
Buses	0,1	
Camiones	4,05	
C2P	1,14	1,32
C2G	3,41	13,56
C3 - C4	3,74	16,68
C5	4,39	19,54
>C5	4,69	26,68

TABLA No 3

COMPOSICIÓN DEL TRANSITO

TIPO DE VEHICULO	% DE DISTRIBUCIÓN	
Autos	48	
Buses	16	
Camiones	36	COMPOSICIÓN
C2P		56,20
C2G		42,80
C3 - C4		0,08
C5		0,02
>C5		

TABLA No 4 VIA SAN ANDRES - GUACA

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO

% PASA

MALLA	RESIDUO DE TRITURACIÓN DE PESCADERO	NORMA
1/4"	100	100
No 4	88,1	70/90
No 8	63,3	45/70
No 16	49,6	28/50
No 30	30,7	19/34
No 50	18,2	12,/25,
No 80	10,1	7,/18,
No 200	5,2	5,/11,

PESO VOLUMETRICO SECO Y SUELTO (Kg/m3)	1598,0
EQUIVALENTE DE ARENA %	86,4
GRAVEDAD ESPECIFICA	2,6
ABSORCIÓN %	1,4
CARAS FRACTURADAS %	85,0
RETENIDO EN 3/8" %	0,0

TABLA No 5 SAN ANDRES - GUACA

CONDICIONES ÓPTIMAS DE MEZCLADO	
EMULSIÓN A EMPLEAR	MPI-CRL-1hm
AGUA DE PREENVUELTA Y MEZCLADO %	10,1
CONTENIDO DE CEMENTO %	1,0
CONTENIDO DE EMULSIÓN OPTIMA AL 61% DE ASFALTO.	13,9
CONTENIDO DE ASFALTO OPTIMO %	8,5
HUMEDAD TOTAL DE MEZCLADO %	15,5
TIEMPO DE MEZCLADO Minutos	>3
MANEJABILIDAD	BUENA
DOSIFICACIÓN DE EMULSIÓN MPI - CRL - 1hm Lts/m3 suelto y seco	222,7
DOSIFICACIÓN DE EMULSIÓN MPI - CRL - 1hm Lts/m2 de 6 mm de espesor compacto	1,67

TABLA No 6

COMPOSICIÓN DEL TRANSITO

TIPO DE VEHICULO	% DE DISTRIBUCIÓN	
Autos	45	
Buses	10	
Camiones	45	COMPOSICIÓN
C2P		56,20
C2G		42,80
C3 - C4		0,08
C5		0,02
>C5		

TABLA No 7 VIA TONA - PAMPLONA, BUCARAMANGA

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO

% PASA

MALLA	RESIDUO DE TRITURACIÓN DE PESCADERO	NORMA
1/4"	100	100
No 4	92,5	70/90
No 8	55,5	45/70
No 16	39,4	28/50
No 30	24,2	19/34
No 50	16,5	12,/25,
No 80	10	7,/18,
No 200	5,2	5,/11,

PESO VOLUMETRICO SECO Y SUELTO (Kg/m3)	1594,0
EQUIVALENTE DE ARENA %	88,9
GRAVEDAD ESPECIFICA	2,621
ABSORCIÓN %	1,993
CARAS FRACTURADAS %	88,9
RETENIDO EN 3/8" %	2,2

TABLA No 8 TONA - PAMPLONA, CHARALÁ

CONDICIONES ÓPTIMAS DE MEZCLADO	
EMULSIÓN A EMPLEAR	MPI-CRL-1hm
AGUA DE PREENVUELTA Y MEZCLADO %	11,9
CONTENIDO DE CEMENTO %	1,0
CONTENIDO DE EMULSIÓN OPTIMA AL 61% DE ASFALTO.	12,6
CONTENIDO DE ASFALTO OPTIMO %	7,7
HUMEDAD TOTAL DE MEZCLADO %	16,8
TIEMPO DE MEZCLADO Minutos	>3
MANEJABILIDAD	BUENA
DOSIFICACIÓN DE EMULSIÓN MPI - CRL - 1hm Lts/m3 suelto y seco	201,2
DOSIFICACIÓN DE EMULSIÓN MPI - CRL - 1hm Lts/m2 de 6 mm de espesor compacto	1,51

TABLA No 9

COMPOSICIÓN DEL TRANSITO

TIPO DE VEHICULO	% DE DISTRIBUCIÓN	
Autos	50	
Buses	5	
Camiones	45	COMPOSICIÓN
C2P		56,20
C2G		42,80
C3 - C4		0,08
C5		0,02
>C5		

TABLA No 10 VIA ENCINO - CHARALÁ

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO

% PASA

MALLA	RESIDUO DE TRITURACIÓN DE EMCOVÍAS	NORMA
3/8"	100	100
No 4	90	85/100
No 8	67.9	65/90
No 16	54.8	45/70
No 30	35	30/50
No 50	22.8	18/30
No 80	15.3	10,/20,
No 200	10.4	5,/15,

PESO VOLUMETRICO SECO Y SUELTO (Kg/m3)	1652,0
EQUIVALENTE DE ARENA %	69.4
GRAVEDAD ESPECIFICA	2,6
ABSORCIÓN %	5,2
CARAS FRACTURADAS %	66,6
RETENIDO EN 3/8" %	19,9

TABLA No 11 VIA ENCINO - CHARALÁ

CONDICIONES ÓPTIMAS DE MEZCLADO	
EMULSIÓN A EMPLEAR	MPI-CRL-1hm
AGUA DE PREENVUELTA Y MEZCLADO %	9,8
CONTENIDO DE ADITIVO %	0,5
CONTENIDO DE EMULSIÓN OPTIMA AL 61% DE ASFALTO.	13,9
CONTENIDO DE ASFALTO OPTIMO %	8,5
HUMEDAD TOTAL DE MEZCLADO %	15,2
TIEMPO DE MEZCLADO Minutos	>3
MANEJABILIDAD	BUENA
DOSIFICACIÓN DE EMULSIÓN MPI - CRL - 1hm Lts/m3 suelto y seco	230,2
DOSIFICACIÓN DE EMULSIÓN MPI - CRL - 1hm Lts/m2 de 6 mm de espesor compacto	1,73