

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN – TACNA**

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica – Geotecnia

**Estudio Geotécnico de Suelos para Diseñar la Estructura del  
Pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave, Tramo  
Aricota – Quilahuani (km 146+500 – km 151+500)**

## **TESIS**

Presentado por:

**Bach. Marco Antonio Ochoa Calizaya**

Para optar el Título Profesional de:

**INGENIERO GEÓLOGO - GEOTÉCNICO**

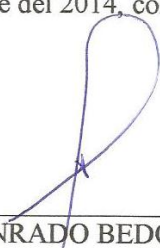
TACNA – PERÚ  
2014

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA  
ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA – GEOTECNIA

“Estudio Geotécnico de Suelos para Diseñar la Estructura del Pavimento en la  
Carretera Ticaco – Candarave, Tramo Aricota – Quilahuani  
(km 146+500 – km 151+500)”

Tesis sustentada y aprobada el 27 de noviembre del 2014, con el siguiente jurado:

PRESIDENTE

  
\_\_\_\_\_  
MSc. CONRADO BEDOYA JAEN

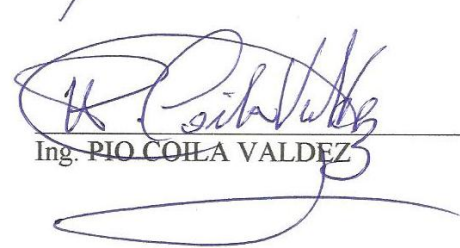
MIEMBRO – SECRETARIO

  
\_\_\_\_\_  
Ing. FREDY CABRERA OLIVERA

MIEMBRO

  
\_\_\_\_\_  
Ing. CARMEN ROMÁN ARCE

ASESOR DE TESIS

  
\_\_\_\_\_  
Ing. PIO COILA VALDEZ

## **DEDICATORIA**

*A mi querida e idolatrada madre,*

*Anrelina Calizaya.*

*A mi familia,*

*por su apoyo constante y confiar en mí.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a todos los docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - Tacna, por haber contribuido en mi formación profesional.

Agradezco a la Municipalidad Distrital de Quilahuani, en especial al Ing. Ruperto Villaca, gerente municipal, por haberme apoyado con el alojamiento durante los trabajos de campo.

Agradezco a la Municipalidad Provincial de Tacna, por haberme permitido realizar los ensayos de laboratorio, en especial al Ing. Peter Laquita Aduvire, Jefe del Área de Mecánica de Suelos de la Municipalidad Provincial de Tacna, por haberme brindado sus comentarios y recomendaciones durante el desarrollo de la tesis.

Finalmente agradezco al Ing. Pio Coila Valdez, por su asesoramiento en la conclusión de la presente tesis.

## CONTENIDO

RESUMEN

INTRODUCCIÓN 1

### **CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES**

1.1. UBICACIÓN DEL ÁREA 2

1.2. ACCESIBILIDAD AL ÁREA 3

1.3. ANTECEDENTES 4

1.4. OBJETIVOS 5

1.5. HIPÓTESIS 6

1.6. JUSTIFICACIÓN 6

### **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

2.1. GENERALIDADES 8

2.2. ASPECTOS DE GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA 9

2.2.1. GEOLOGÍA REGIONAL 9

2.2.2. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL 11

2.3. PAVIMENTO 12

2.3.1. TRATAMIENTOS SUPERFICIALES (TS) 14

2.3.2. MICROPAVIMENTO 14

2.4.	COMPONENTES ESTRUCTURALES DEL PAVIMENTO	
	FLEXIBLE	15
2.5.	SUELO DE FUNDACIÓN	16
	2.5.1. Metodología	16
	2.5.2. Ensayos CBR	17
	2.5.3. Sectores de características homogéneas	17
2.6.	OTRAS CONSIDERACIONES	25
2.7.	MÉTODO DE DISEÑO AASHTO 1993 PARA PAVIMENTOS	
	FLEXIBLES	26
	2.7.1. Parámetros de diseño	28
	2.7.2. Cálculo de los espesores de capa	33

### **CAPÍTULO III:    METODOLOGÍA DE TRABAJO**

3.1.	MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS	40
	3.1.1. Material cartográfico y plano base	40
	3.1.2. Equipo de laboratorio	41
	3.1.3. Equipo de campo y gabinete	41
3.2.	METODOLOGÍA DESARROLLADA	42
	3.2.1. Criterio Geológico y Geomorfológico	42
	3.2.2. Estudio Geotécnico de Suelos	42
3.3.	SELECCIÓN DEL TIPO DE PAVIMENTO	45

3.4. METODOLOGÍA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO	47
--	----

#### **CAPÍTULO IV:    GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO**

4.1. GENERALIDADES	48
4.2. UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS	49
4.2.1. Formación Toquepala (KTi-to)	49
4.2.2. Formación Huaylillas (Nm-hu)	50
4.2.3. Formación Capillune (Np-ca)	50
4.2.4. Depósitos de Talud de Escombros (Qpl-es)	51
4.2.5. Depósitos Aluviales (Qh-al)	52
4.2.6. Depósitos Fluviales (Qh-fl)	52
4.3. ASPECTOS ESTRUCTURALES	53
4.4. ASPECTOS GEODINÁMICOS	54
4.4.1. Geodinámica en la laguna Aricota	55
4.5. CONSIDERACIONES HIDROGEOLÓGICAS	58

#### **CAPÍTULO V:    GEOMORFOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO**

5.1. GENERALIDADES	60
5.2. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL	61
5.3. GEOMORFOLOGÍA LOCAL	61
5.3.1. Terraza baja (VT1)	62

5.3.2. Terraza alta (VT2)	63
5.4. DRENAJE Y PRECIPITACIÓN	63
5.4.1. Drenaje	63
5.4.2. Precipitación	63
5.5. CLIMA Y VEGETACIÓN	64
5.5.1. Clima	64
5.5.2. Vegetación	65

## **CAPÍTULO VI: ESTUDIO DE SUELOS**

6.1. GENERALIDADES	66
6.2. ESTUDIO DEL SUELO DE FUNDACIÓN	66
6.2.1. Trabajos de campo	66
6.2.2. Ensayos de laboratorio	67
6.2.3. Caracterización de los suelos	69
6.2.4. Suelo representativo	71
6.2.5. Valor del CBR de diseño	72
6.3. ESTUDIO DEL SUELO DE CANTERA	75
6.3.1. Exploración y prospección	76
6.3.2. Ensayos de laboratorio	77
6.3.3. Caracterización del suelo	82
6.3.4. Usos y tratamientos	82

## **CAPÍTULO VII: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO**

7.1. GENERALIDADES	84
7.2. ESTUDIO DE TRÁFICO	84
7.3. PARÁMETROS DE DISEÑO	86
7.3.1. Confiabilidad (R)	86
7.3.2. Desviación estándar ( $S_o$ )	88
7.3.3. Índice de durabilidad (PSI)	88
7.3.4. Módulo elástico del suelo de fundación ( $M_R$ )	89
7.3.5. Coeficientes estructurales ( $a_i$ )	89
7.3.6. Coeficientes de drenaje ( $m_i$ )	90
7.4. CÁLCULO DE LOS ESPESORES	92

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

CONCLUSIONES	96
RECOMENDACIONES	102
BIBLIOGRAFÍA	104
ANEXOS	

## **RELACIÓN DE FIGURAS**

Figura F-II-01. Esquema de la estructura del pavimento flexible	16
Figura F-II-02. Procedimiento para el análisis de diseño por capas	39

## **RELACIÓN DE CUADROS**

Cuadro C-I-01. Coordenadas del tramo Aricota – Quilahuani	03
Cuadro C-II-01. Categorías del suelo de fundación	17
Cuadro C-II-02. Tamaño de las partículas según el tipo de material	18
Cuadro C-II-03. Características del suelo según el IP	19
Cuadro C-II-04. Tipo del suelo de fundación según el IG	20
Cuadro C-II-05. Correlación de los sistemas de clasificación de suelos	22
Cuadro C-II-06. Factor de distribución por carril ( $D_L$ )	29
Cuadro C-II-07. Periodo de diseño (n)	29
Cuadro C-II-08. Niveles de Confiabilidad (R)	30
Cuadro C-II-09. Valores de desviación normal estándar ( $Z_R$ )	30
Cuadro C-II-10. Espesores mínimos AASHTO 1993 (pulg)	34
Cuadro C-II-11. Espesores mínimos MTC 2008	35
Cuadro C-II-12. Coeficiente estructural MTC 2008	36
Cuadro C-II-13. Definición de los niveles de drenaje	37
Cuadro C-II-14. Coeficientes de drenaje recomendados ( $m_i$ )	38
Cuadro C-III-01. Ventajas y desventajas relativas entre los pavimentos rígidos y flexibles	46
Cuadro C-V-01. Temperatura de la estación Candarave	65

Cuadro C-VI-01. Ensayos de laboratorio para el suelo de fundación	68
Cuadro C-VI-02. Cuadro resumen de clasificación de los suelos de fundación	70
Cuadro C-VI-03. Muestra de resistencia del suelo de fundación	73
Cuadro C-VI-04. Ensayos de laboratorio para el suelo de cantera	78
Cuadro C-VI-05. Requerimientos Granulométricos para Subbase Granular	79
Cuadro C-VI-06. Requerimientos de ensayos especiales	79
Cuadro C-VI-07. Requerimientos Granulométricos para base Granular	80
Cuadro C-VI-08. Características físicas, mecánicas y químicas	80
Cuadro C-VI-09. Requerimientos Agregado Grueso	81
Cuadro C-VI-10. Requerimientos Agregado Fino	81
Cuadro C-VII-01. Tránsito promedio diario anual (TPDA)	85
Cuadro C-VII-02. Tasa de crecimiento (r)	86
Cuadro C-VII-03. Propuesta para los espesores del pavimento flexible	94

## **MAPAS**

M-01 MAPA DE UBICACIÓN

M-02 MAPA TOPOGRÁFICO

M-03 MAPA GEOLÓGICO

M-04 CORTE GEOLÓGICO

M-05 MAPA GEOMORFOLÓGICO

M-06 MAPA DE UBICACIÓN DE CALICATAS

M-07 MAPA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

M-08 MAPA DE CBR DEL SUELO DE FUNDACIÓN

M-09 MAPA DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

M-10 MAPA DE UBICACIÓN CANTERA

## **TABLAS**

T-01 SISTEMA DE CLASIFICACIÓN SUCS

T-02 SISTEMA DE CLASIFICACIÓN AASHTO

## ANEXOS

- I MECÁNICA DE SUELOS
  - 1.1 CUADRO RESUMEN DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO
  - 1.2 ENSAYOS DE LABORATORIO SUELO DE FUNDACIÓN
  - 1.3 ENSAYOS DE LABORATORIO SUELO DE CANTERA
  - 1.4 PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE CALICATAS
  - 1.5 ESTUDIO DE TRÁFICO
  - 1.6 INSPECCIÓN DE CANTERA
- II REGISTRO DE PRECIPITACIÓN
- III GRÁFICOS DE CORRELACIÓN (a<sub>i</sub>) AASHTO
- IV FOTOS

## **RESUMEN**

El presente trabajo de tesis, presenta el estudio geotécnico del suelo de fundación y el suelo de cantera para diseñar la estructura del pavimento flexible.

En el capítulo I, se trata sobre los aspectos generales del proyecto como son: La ubicación, accesibilidad, etc., así también como los objetivos del presente trabajo de investigación.

En el capítulo II, se desarrolla la información básica para diseñar la estructura del pavimento flexible utilizando el método AASHTO 1993.

En el capítulo III, se describe los materiales y equipos empleados, además se describe la metodología de trabajo y la metodología de diseño del pavimento flexible.

En los capítulos IV y V, se describe la geología y geomorfología del área de estudio, indicando las unidades estratigráficas y geomorfológicas. Además se describe los aspectos estructurales, geodinámica, drenaje, precipitación y el clima.

El capítulo VI, comprende el estudio del suelo de fundación y el suelo de cantera, basados en trabajos de campo, laboratorio y gabinete, con el propósito de obtener las características físicas y mecánicas de los suelos para diseñar la estructura del pavimento flexible.

El capítulo VII, comprende el diseño estructural del pavimento flexible usando el método AASHTO 1993. Este método es recomendado por el “Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito - MTC del Perú, 2008”. Los requerimientos de la base granular y la sub-base granular se encuentran en las “Especificaciones Técnicas Generales para la construcción de carreteras EG-2013”.

En el diseño estructural del pavimento flexible, se presenta sólo una alternativa de diseño porque cumple los espesores mínimos recomendados por el “Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito - MTC del Perú, 2008”.

## **INTRODUCCIÓN**

El suelo es el soporte de la estructura del pavimento y representa uno de los problemas más complejos para la ejecución de obras viales. La calidad del suelo de fundación influye en la definición del trazo y los espesores de la estructura del pavimento, así como también los trabajos de mantenimiento que serán requeridos durante la vida útil del pavimento.

El suelo de fundación puede ser natural o transportado como es el caso de los rellenos, y conocer sus características físicas y mecánicas permitirá diseñar la estructura del pavimento.

## **CAPÍTULO I**

### **ASPECTOS GENERALES**

#### **1.1 UBICACIÓN DEL ÁREA**

El área de estudio está ubicada en la sierra sur del país, a 1298 km al sur de la ciudad de Lima se llega a la ciudad de Tacna, de donde se continúa 146 km por la carretera Tacna - Candarave, pasando por los pueblos de Estique Pampa, Tarucachi, Tarata, Ticaco y Challaguaya, para luego llegar al tramo de la carretera Aricota – Quilahuani.

Políticamente pertenece a la Región de Tacna, provincia de Candarave y el distrito de Quilahuani. (Ver **Mapa M-01**)

El tramo de la carretera tiene una extensión de 5 kilómetros, teniendo como punto de inicio el km 146+500 (Centro Poblado Aricota) y como punto final el km 151+500 (Distrito de Quilahuani). La altitud aproximada es de 2866 m.s.n.m. Geográficamente está comprendida dentro de las siguientes

coordenadas del Sistema Transversal Mercator, Datum WGS 84. (Ver **Mapa M-02**)

### **Cuadro C-I-01**

Coordenadas del tramo Aricota - Quilahuani

PUNTO	PROGRESIVA (km)	COORDENADAS	
		ESTE	NORTE
1	146+500	369 811,29	8 083 279,91
2	151+500	367 792,69	8 084 122,52

## **1.2 ACCESIBILIDAD AL ÁREA**

Las vías principales de acceso al área de estudio son:

- 1) Por la carretera Tacna - Candarave. Por el sur se halla unida con la ciudad de Tacna, por medio de una carretera afirmada de 54,50 km hasta el pueblo de Ticaco y asfaltada de 97 km hasta Tacna; y por el norte con el pueblo de Candarave, por medio de una carretera afirmada de 12,50 km .
- 2) Por la carretera Panamericana hasta el puente Locumba en una distancia de 12,71 km, para luego continuar por el valle del río Locumba y el río Curibaya por una carretera asfaltada hasta el pueblo de Chintari con una longitud de 48,90 km; luego se continúa por una carretera afirmada de 36,17 km de longitud atravesando el distrito de Curibaya, la laguna Aricota para finalmente llegar a la zona de estudio.

3) Otra vía de acceso es: Saliendo desde la ciudad de Tacna por la carretera Panamericana hasta el desvío que va a la quebrada Gallinazos en una longitud de 40,15 km, luego se continúa por una carretera asfaltada al pueblo de Ticapampa con una longitud de 10,50 km ubicada en la margen izquierda del río Curibaya y continuar hasta el pueblo de Chintari en una longitud de 18.11 km . Desde este punto hasta la zona de estudio la carretera es afirmada en una longitud de 36,07 km .

### **1.3 ANTECEDENTES**

El **GRT** (*Gobierno Regional de Tacna*) elaboró el expediente técnico del proyecto “Mejoramiento de la Carretera TA-109: Tramo Ticaco – Candarave, Tacna” en febrero de 2012.

En el año 1965, el **INGEMMET** (*Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico*) realizó el “Estudio Geológico del Cuadrángulo de Tarata”, donde se efectuó el levantamiento geológico y estructural del cuadrángulo antes nombrado.

La geomorfología en la zona norte del área de estudio se encuentra seccionada por quebradas y cortes del terreno por el trazo de la carretera afirmada. Por el sur se encuentra un valle montañoso en forma de *abanico*

*aluvial*, resultado de la geodinámica interna y externa. Además se encuentra seccionada por los ríos Salado y Callazas.

Se tiene afloramientos de rocas volcánicas pertenecientes a las formaciones Toquepala y Huaylillas del sistema Cretáceo Superior y Neógeno Medio respectivamente; sobre estas formaciones se encuentran los depósitos aluviales y fluviales del Cuaternario Holoceno.

En los flancos del tramo de la carretera en estudio está cubierto por terrenos de cultivo en forma de andenes y con plantas de tallo corto.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **a. Objetivos Generales**

- Realizar el estudio geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la carretera Ticaco – Candarave, tramo Aricota– Quilahuani (km 146+500 – km 151+500).

### **b. Objetivos Específicos**

- Obtener el título profesional de Ingeniero Geólogo – Geotécnico.

- Determinar las características físicas y mecánicas de los suelos presentes en el suelo de fundación del tramo Aricota – Quilahuani (km 146+500 – km 151+500).
- Determinar las características físicas y mecánicas del suelo de cantera para ser usado como material de sub-base y base en el tramo Aricota – Quilahuani (km 146+500 – km 151+500).

## **1.5 HIPÓTESIS**

La caracterización física y mecánica de los suelos permitirá determinar los parámetros necesarios para diseñar la estructura del pavimento en la carretera Ticaco – Candarave, tramo Aricota – Quilahuani (km 146+500 – km 151+500). Además permitirá garantizar la durabilidad de la vía.

## **1.6 JUSTIFICACIÓN**

Garantizar la calidad de la carretera Ticaco – Candarave, tramo Aricota – Quilahuani (km 146+500 – km 151+500).

Contribuir al desarrollo socio-económico de los pueblos de Aricota y Quilahuani pertenecientes a la provincia de Candarave y Región de Tacna.

No existen estudios geotécnicos de suelos en la carretera Ticaco – Candarave, tramo Aricota – Quilahuani (km 146+500 – km 151+500).

La ejecución del proyecto servirá para construir el pavimento de la carretera Ticaco – Candarave, tramo Aricota – Quilahuani (km 146+500 – km 151+500).

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 GENERALIDADES**

El marco teórico para diseñar la estructura del pavimento flexible en la carretera Aricota – Quilahuani, se obtuvo principalmente del “*Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito*”, aprobado y publicado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC) en el año 2008, y la Guía para el Diseño de Estructuras de Pavimentos, publicado por la AASHTO en 1993 (*Guide for Design of Pavement Structures, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., 1993*). También se consultó la siguiente bibliografía:

- JAÉN L. Hugo, (1965), “Geología del Cuadrángulo de Tarata”, Boletín N° 11, Hoja 35-v, INGEMMET, Lima – Perú.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES DEL PERÚ (MTC), (2000), “Manual de Ensayos de Materiales EM-2000”, Lima – Perú.

- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES DEL PERÚ (MTC), (2013), “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras EG-2013”, Lima – Perú.

## **2.2 ASPECTOS DE GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA**

Los estudios de geología y geomorfología consisten en el reconocimiento e investigación de campo siguiendo el trazo del eje de la carretera, para detectar la presencia o ausencia de problemas geológicos y de geodinámica externa e interna activos en el tramo vial materia de estudio, que pudieran en algún caso afectar las características del proyecto tales como problemas de inestabilidad de taludes, fallas geológicas localizadas, presencia de afloramientos de agua subterránea y otros problemas de geodinámica que ocasionen fallas en la plataforma y taludes de la carretera.

El estudio geológico debe ser de extensión y alcance local, y ha sido desarrollado sobre la información publicado por el INGEMMET.

### **2.2.1 GEOLOGÍA REGIONAL**

En el capítulo III del Boletín N° 11, “Geología del Cuadrángulo de Tarata”, Hoja 35-v, publicado por el INGEMMET en el año 1965, se tiene la siguiente geología a nivel regional:

### **a. Formación Toquepala**

En el cuadrángulo de Tarata, la formación se halla ampliamente expuesta en la porción suroccidental de la hoja 35-v. Buenas secciones de esta formación se observan en los flancos de los valles Ilabaya, Curibaya y Sama.

Litológicamente está compuesta por derrames y piroclásticos andesíticos, dacíticos y riolíticos, con algunas intercalaciones lenticulares de rocas sedimentarias de rocas sedimentarias.

### **b. Formación Huaylillas**

Está conformada por una serie de tufos dacíticos y riodacíticos que se encuentran ampliamente expuestos en los cuadrángulos de Palca y Huaylillas.

En el área de Tarata la formación aflora extensamente en la parte central del cuadrángulo, desde la quebrada Coltani en el NO hasta la quebrada Chujune que pasa a unos 3 km al SE de Chaspaya.

### **c. Formación Capillune**

Litológicamente consiste de una secuencia de tufos redepositados de colores blanquecino y salmón rosado, areniscas arcósicas y tufáceas de color gris verdoso, arcillas verdes y beige, y conglomerados finos a muy gruesos compuestos de rodados de andesita y traquiandesita en matriz areno-tufácea. En los afloramientos de la quebrada Chapoco (sector Noroeste de la hoja) se observan dentro de la litología general intercalaciones de capas de lapillis poco consolidados y finamente bandeados.

### **d. Depósitos aluviales**

Bajo esta denominación genérica se describen las terrazas fluviales, conos de deyección y las acumulaciones recientes de gravas, arenas y arcillas que se encuentran en el lecho de los ríos actuales.

## **2.2.2 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL**

En el capítulo II del Boletín N° 11, “Geología del Cuadrángulo de Tarata”, Hoja 35-v, publicado por el INGEMMET en el año 1965, se tiene la siguiente geomorfología a nivel regional:

#### **a. Flanco Occidental de los Andes**

Corresponde a la vertiente Pacífica de los Andes; dentro del cuadrángulo se extiende en la parte Sur ocupando aproximadamente el 50% de la superficie de la hoja 35-v, desarrollándose entre 1600 y 3600 m.s.n.m. Las máximas elevaciones se encuentran en las localidades Alto de Camilaca, Lomada de Antavilca y cerro Negro Sal, notándose desde estos puntos una sensible disminución de las altitudes hacia el Sur y Suroeste de la hoja.

En esta unidad se distinguen dos secciones bien marcadas: una de topografía muy quebrada en las partes bajas a la que se denomina “zona disectada” y otra suavemente ondulada situada hacia las partes altas a la que se denomina “zona de planicies”.

### **2.3 PAVIMENTO**

Un pavimento es un elemento estructural monocapa o multicapa, apoyado en toda su superficie, diseñado y construido para soportar cargas estáticas y/o móviles durante un periodo de tiempo predeterminado, durante el que necesariamente deberá recibir algún tipo de tratamiento para prolongar su “vida de servicio”. Las capas son de espesores y calidades diferentes, se construyen sucesivamente sobre el terreno en corte o relleno.

Por sus capas y superficie de rodadura pueden ser clasificados como sigue:

a. Pavimentos flexibles:

a.1 Con capas granulares (sub base y base drenantes) y una superficie bituminosa de espesor variable menor a 2,5 cm, como son los tratamientos superficiales **bicapa** y tricapa.

a.2 Con capas granulares (sub base y base drenantes) y una capa bituminosa de espesor variable mayor a 2,5 cm, como son las carpetas asfálticas en frío y en caliente.

b. Pavimentos semi rígidos: conformados por adoquines de concreto sobre una capa granular.

c. Pavimentos rígidos: conformado por losa de concreto hidráulico o cemento Pórtland sobre una capa granular.

Los materiales que conforman las capas granulares (sub base y base) tienen propiedades mecánicas y comportamiento conocido y están considerados en las *“Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras EG-2013”*.

Generalmente en el Perú, los pavimentos flexibles, son recomendables para el caso de carreteras principales y secundarias. Los pavimentos rígidos se

recomiendan para calles en zonas urbanas, aeropistas, plantas industriales, playas de estacionamiento, etc.

### **2.3.1 TRATAMIENTOS SUPERFICIALES (TS)**

Es una técnica de mantenimiento efectiva y económica para prolongar la vida de servicio del pavimento. Consiste en la aplicación de material asfáltico, cubierto con agregados pétreos, cuyo espesor final es generalmente inferior a 2,5 cm (1”).

### **2.3.2 MICROPAVIMENTO**

El micro-pavimento (micro-surfacing) es un sistema de pavimentación superficial por capas delgadas compuesto por emulsión asfáltica modificada con polímeros, agregados triturados, cemento portland y agua. Tiene 1 cm de espesor y se aplica como superficie de rodadura o superficies dañadas.

## 2.4 COMPONENTES ESTRUCTURALES DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

**Suelo de fundación**, es el terreno natural conformado por suelo o roca y puede ser de corte o relleno; sirve de soporte al pavimento.

**Sub-rasante**, es la parte superior del suelo de fundación, que ha sido nivelado, perfilado, compactado y que servirá de apoyo a las diferentes capas del pavimento.

**Sub-base**: Capa inferior del pavimento. Su función principal es de protección (drenante y anticontaminante) de la base del pavimento y una función secundaria de resistencia.

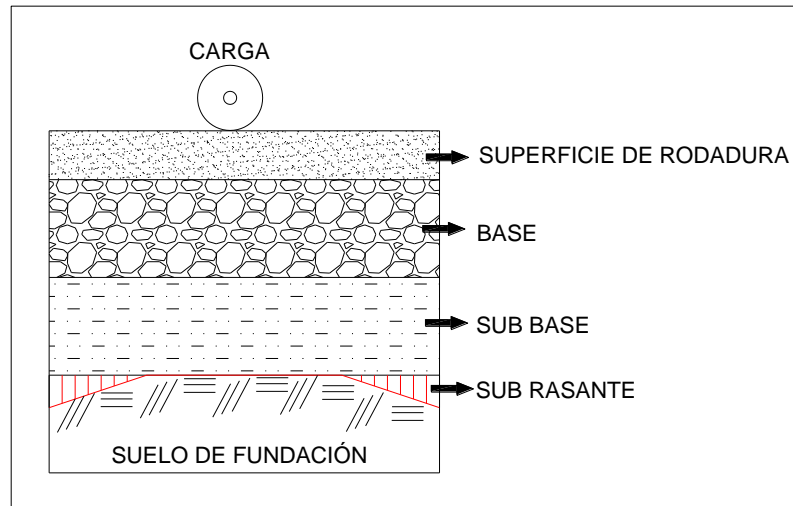
**Base**: Es el principal elemento estructural en el pavimento.

**Superficie de rodadura**: Es la capa superficial que está en contacto con las cargas y tiene como función principal proporcionar una superficie suave al deslizamiento y resistente al desgaste.

*Fuente: VIVAR R. Germán, (1995), “Diseño y Construcción de Pavimentos”, 2da Edición, Colegio de Ingenieros del Perú, Lima – Perú.*

**Figura F-II-01**

**Esquema de la estructura del pavimento flexible**



*Fuente: Elaboración propia.*

## **2.5 SUELO DE FUNDACIÓN**

La caracterización del suelo de fundación se basa en los siguientes aspectos:

### **2.5.1 Metodología**

La metodología comprende básicamente en la investigación de campo a lo largo de la vía, mediante la ejecución de pozos exploratorios (calicatas), con obtención de muestras representativas en número y cantidades suficientes para su posterior análisis en ensayos de laboratorio y finalmente, con los datos obtenidos en ambas fases se pasará a la fase de gabinete, para consignar en forma gráfica y escrita los resultados obtenidos.

### 2.5.2 Ensayos CBR

Para determinar el CBR de los suelos, se estudiarán las capas del terreno natural constituida por los últimos **1,50 m** de profundidad. El suelo de fundación será clasificada en función al CBR de diseño, en una de las cinco categorías siguientes:

**Cuadro C-II-01**  
**Categorías del suelo de fundación**

<b>Clasificación</b>	<b>CBR de diseño</b>
Suelo de fundación muy pobre	< 3%
Suelo de fundación pobre	3 - 5%
Suelo de fundación regular	6 – 10%
Suelo de fundación buena	11 – 20%
Suelo de fundación muy buena	>20%

*Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, MTC del Perú, 2008.*

### 2.5.3 Sectores de características homogéneas

Para efectos del diseño de la estructura del pavimento se definirán sectores homogéneos donde las características del material del suelo de fundación se identifiquen como uniforme. La uniformidad se establecerá sobre la base de

las características físico-mecánicas de los suelos (clasificación y plasticidad). Las propiedades fundamentales a tomar en cuenta son:

**a. Granulometría**

El análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función de su tamaño. De acuerdo al tamaño de las partículas de suelo, se definen los siguientes términos:

**Cuadro C-II-02**  
**Tamaño de las partículas según el tipo de material**

<b>Tipo de material</b>	<b>Tamaño de las partículas</b>
Grava	75 mm – 2 mm
Arena	Arena gruesa: 2 mm – 0,2 mm
	Arena fina: 0,2 mm – 0,05 mm
Limo	0,05 mm – 0,005 mm
Arcilla	Menor a 0,005 mm

*Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, MTC del Perú, 2008.*

### **b. La plasticidad de un suelo**

Este método define los límites correspondientes a los tres estados en los cuales puede presentarse un suelo: líquido, plástico o sólido. Estos límites son: el límite líquido (LL), el límite plástico (LP) y el límite de contracción (LC). Además una característica a obtener es el *índice de plasticidad* (IP) que se define como la diferencia entre LL y LP. ( $IP = LL - LP$ )

El índice de plasticidad permite clasificar bastante bien un suelo. De acuerdo al IP se definen las siguientes características:

**Cuadro C-II-03**  
**Características del suelo según el IP**

<b>Índice de plasticidad</b>	<b>Características</b>
IP > 20	Suelo muy arcilloso
20 > IP > 10	Suelo arcilloso
10 > IP > 4	Suelo poco arcilloso
IP = 0	Suelo exento de arcilla

*Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, MTC del Perú, 2008.*

Se debe tener en cuenta que la arcilla presente en un suelo, es el elemento más peligroso de una carretera.

**c. Índice de grupo**

Es un índice adoptado por AASHTO de uso corriente para clasificar suelos, está basado en gran parte en los límites de Atterberg. El índice de grupo de un suelo se define mediante la fórmula:

$$IG = 0,2(a)+0,005(ac)+0,01(bd)$$

Dónde:

a = F-35; F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200). Expresado por un número comprendido entre 1 y 40.

b = F - 15

c = LL – 40. Expresado por un número comprendido entre 0 y 20.

d = IP – 10. Expresado por un número comprendido entre 0 y 20 o más.

El índice de grupo es un valor entero positivo, comprendido entre 0 y 20 o más. Cuando un IG calculado es negativo, se reporta como cero.

**Cuadro C-II-04**  
**Tipo del suelo de fundación según el IG**

<b>Índice de grupo</b>	<b>Suelo de fundación</b>
IG > 9	Muy pobre
IG está entre 4 y 9	Pobre
IG está entre 2 y 4	Regular

IG está entre 1 - 2	Bueno
IG está entre 0 - 1	Muy bueno

*Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, MTC del Perú, 2008.*

#### **d. Humedad natural**

La determinación de la humedad natural permitirá comparar con la humedad óptima que se obtendrá en el ensayo Proctor Modificado, para obtener el CBR del suelo. Si la humedad natural resulta igual o inferior a la humedad óptima, el proyectista propondrá la compactación normal del suelo y el aporte conveniente de agua. Si la humedad natural es superior a la humedad óptima y según la saturación del suelo, se propondrá, aumentar la energía de compactación, airear el suelo o reemplazar el material saturado.

#### **e. Clasificación de los suelos**

Determinadas las características de los suelos, según la granulometría, plasticidad e índice de grupo, se podrán clasificar los suelos.

La clasificación de los suelos se efectuará bajo los sistemas de clasificación SUCS y AASHTO, mostrados en los Anexos **Tablas T-01 y T-02**, que contribuirá a delimitar los sectores homogéneos.

A continuación se presenta una correlación de los dos sistemas de clasificación más difundido, AASHTO y SUCS.

**Cuadro C-II-05**  
**Correlación de los sistemas de clasificación de suelos**

Clasificación de suelos AASHTO	Clasificación de suelos SUCS
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GC, SM, SC
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

*Fuente: US Army Corps of Engineers.*

**f. Ensayo de compactación (Proctor modificado)**

Se entiende por compactación todo proceso que aumenta el peso volumétrico de un suelo. En general es conveniente compactar un suelo para incrementar su resistencia al esfuerzo cortante, reducir su compresibilidad y hacerlo más impermeable.

Para efectos del control de la compactación durante la construcción, es necesario efectuar pruebas que permitan conocer la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad de los diferentes tipos de suelos.

- Máxima densidad seca: Es el máximo peso seco, obtenido cuando el material se mezcla con diferentes porcentajes de agua y se compacta de una manera normal preestablecida.
- Óptimo contenido de humedad: Es el porcentaje de agua con el cual se obtiene la máxima densidad seca para el esfuerzo de compactación especificado.

#### **g. CBR de diseño**

Una vez clasificado los suelos, se elaborará un **perfil estratigráfico** para cada sector homogéneo o tramo en estudio, a partir del cual se determinará los suelos que controlarán el diseño y el programa de ensayos CBR que es el valor soporte o resistencia del suelo, **referido al 95% de la MDS (Máxima Densidad Seca) y a una penetración de carga de 2,54 mm (0,1")**.

Para calcular la resistencia del suelo de fundación, se efectuarán ensayos de California Bearing Ratio (CBR) para cada tipo de suelo y de control cada 2 km de espaciamiento como máximo.

Para obtener el valor CBR de diseño, se debe de considerar lo siguiente:

1. Cuando existan 6 o más valores de CBR por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, determinar el valor CBR de diseño en base al **percentil 75%**.

2. Cuando existan menos de 6 valores de CBR por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, considerar lo siguiente:

- Si los valores son parecidos o similares, tomar el valor promedio.

- Si los valores no son parecidos o no son similares, tomar el valor crítico (más bajo).

3. Una vez definido el valor del CBR de diseño, para cada sector de características homogéneas, se clasificará a qué categoría de suelo de fundación pertenece el sector o sub-tramo.

## **2.6 OTRAS CONSIDERACIONES**

En caso el suelo de fundación sea clasificada como pobre ( $\text{CBR} < 6\%$ ), se procederá a eliminar el material inadecuado y se colocará un material granular con CBR mayor a 10%, en los espesores definidos por el Mejoramiento del suelo de fundación.

En caso de encontrarse suelos saturados o blandos, o napa freática alta (cercana al nivel de sub-rasante), el proyectista definirá las medidas de estabilización (cambio de material, adición de roca, pedraplén, etc.), especificando material relativamente permeable y diseñando los elementos de drenaje y/o sub-drenaje que permitan drenar el agua.

En zonas sobre los 3 000 m.s.n.m. se evaluará la acción de las heladas en los suelos, en general la acción de congelamiento está asociada con la profundidad de la napa freática y la susceptibilidad del suelo al congelamiento. Si la profundidad de la napa freática es mayor a 1,50 m, la acción del congelamiento no llegará a la capa superior de la subrasante. En el caso de presentarse en la capa superior de la subrasante (últimos 0,60 m) suelos susceptibles al congelamiento, se reemplazará este suelo en el espesor comprometido o se levantará la rasante, con relleno granular adecuado, hasta el nivel necesario.

## 2.7 MÉTODO DE DISEÑO AASHTO 1993 PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES

El método original de la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) 1993 está en idioma inglés, por lo tanto en el marco teórico se ha considerado éste idioma porque en la bibliografía existente, los autores lo traducen de diferente manera.

Este método de diseño es aplicable para vías con tránsito superior a  $0,05 \times 10^6$  ejes equivalentes acumulados de 8,2 toneladas para el periodo de diseño seleccionado. La ecuación general de diseño que contiene la guía AASHTO 1993 para calcular el número estructural SN es:

$$\log_{10}W_{18} = Z_R S_0 + 9,36 \log_{10}(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4,2-1,5} \right]}{0,40 + \frac{1,094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,32 \log_{10} M_R - 8,07$$

Dónde:

$W_{18}$  = número pronosticado de aplicaciones de carga con ejes equivalentes simples de 18 000 lb. *Predicted number of 18-kip equivalent single axle load applications.*

$Z_R$  = desviación normal estándar para determinada confiabilidad.  
*Standard normal deviate.*

$S_0$  = desviación estándar general. *Overall standard deviation.*

$\Delta PSI$  = Diferencia entre el índice de serviciabilidad inicial ( $p_0$ ) y el índice de serviciabilidad final ( $p_t$ ). *Difference between the initial design serviceability index,  $p_0$ , and the design terminal serviceability index,  $p_t$ .*

$M_R$  = Módulo de resiliencia ( $\text{lb/pulg}^2$ ). *Resilient modulus (psi).*

SN es igual al número estructural indicativo del espesor total requerido del pavimento:

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

Dónde:

$a_1, a_2, a_3$  = coeficientes de las capas superficial, base y sub-base, respectivamente.  *$i^{\text{th}}$  layer coefficient.*

$D_1, D_2, D_3$  = espesores de las capas superficial, base y sub-base, respectivamente (pulg).  *$i^{\text{th}}$  layer thickness (inches).*

$m_2, m_3$  = coeficientes de drenaje de las capas base y sub-base, respectivamente.  *$i^{\text{th}}$  layer drainage coefficient.*

### 2.7.1 Parámetros de diseño

#### a) Tránsito ( $W_{18}$ ). *Traffic*

Es el número total de ejes equivalentes de 18 000 lb ó 8,2 ton para un período de diseño. Para el cálculo del tránsito, el método AASHTO, utiliza las siguientes ecuaciones y tablas.

$$W_{18} = D_D * D_L * ESAL_i$$

$$ESAL_i = TPDA * \text{Factor de crecimiento} * FEC * 365$$

$$\text{Factor de crecimiento} = \frac{[(1 + r)^n - 1]}{r}; r = \frac{\text{tasa}}{100}$$

Dónde:

TPDA = Tránsito promedio diario anual.

$D_D$  = Factor de distribución direccional; se recomienda 0,5 (50%).

$D_L$  = Factor de distribución por carril.

$ESAL_i$  = Número de ejes equivalentes de 8,2 ton en el periodo de diseño.

FEC = Factores de equivalencia de carga.

$r$  = Tasa de crecimiento anual (%)

$n$  = Periodo de diseño (años)

**Cuadro C-II-06**  
**Factor de distribución por carril ( $D_L$ )**

<b>N° de carriles en cada sentido</b>	<b>Porcentaje de <math>W_{18}</math> en el carril de diseño</b>
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
4	50 - 75

*Fuente: Guide for Design of Pavement Structures, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., 1993.*

**Cuadro C-II-07**  
**Periodo de diseño (n)**

<b>Condiciones de la carretera</b>	<b>Periodo de diseño (años)</b>
Urbana con alto volumen	30 – 50
Rural con alto volumen	20 – 50
Pavimentada con bajo volumen	15 – 25
Revestida con bajo volumen	10 – 20

*Fuente: Guide for Design of Pavement Structures, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., 1993.*

**b) Confiabilidad (R). Reliability**

Este parámetro está dado en porcentaje y determina el nivel de seguridad o probabilidad del pavimento diseñado para que un tipo de carretera funcione bien. Consiste en determinar la desviación normal estándar ( $Z_R$ ) para un nivel confiabilidad (R), utilizando las siguientes tablas.

**Cuadro C-II-08**  
**Niveles de Confiabilidad (R)**

Clasificación	Nivel de confiabilidad recomendado (%)	
	Urbana	Rural
Interestatal y otras autopistas	85 – 99,9	80 – 99,9
Arterias principales	80 – 99	75 – 95
Colectoras de tránsito	80 – 95	75 – 95
Carreteras locales	50 – 80	50 - 80

*Fuente: Guide for Design of Pavement Structures, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., 1993.*

**Cuadro C-II-09**  
**Valores de desviación normal estándar ( $Z_R$ )**

Confiabilidad (R%)	Desviación normal Estándar, $Z_R$	Confiabilidad (R%)	Desviación normal Estándar, $Z_R$
50	-0,000	93	-1,476
60	-0,253	94	-1,555
70	-0,524	95	-1,645
75	-0,674	96	-1,751

Confiabilidad (R%)	Desviación normal Estándar, $Z_R$	Confiabilidad (R%)	Desviación normal Estándar, $Z_R$
80	-0,841	97	-1,881
85	-1,037	98	-2,054
90	-1,282	99	-2,327
91	-1,340	99,9	-3,090
92	-1,405	99,99	-3,750

*Fuente: Guide for Design of Pavement Structures, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., 1993.*

**c) Desviación estándar general ( $S_0$ ).** *Overall standard deviation.*

Valor representativo de las condiciones locales particulares, que considera posibles variaciones en el comportamiento del pavimento y en la predicción del tránsito. El valor recomendado por la AASHTO para pavimentos flexibles es 0,45.

El rango de  $S_0$  es: 0,40 - 0,50

**d) Módulo Resiliente del suelo de fundación ( $M_R$ ).** *Roadbed soil resilient modulus.*

Es la base para la caracterización de los materiales del suelo de fundación. La guía establece un método para determinar el módulo resiliente efectivo del suelo de fundación, en función de las variaciones

climáticas estacionales. Sin embargo, ante la ausencia de este equipo y el tiempo para la ejecución de este ensayo, la guía AASHTO 1993 recomienda ecuaciones de correlación entre los valores CBR y  $M_R$  para obtener el valor requerido en el diseño de pavimentos flexibles.

Para suelos finos:

$$M_R \text{ (psi)} = 1500 \times \text{CBR}; \text{ aceptable con valores de } \text{CBR} \leq 10\%.$$

Para suelos granulares:

$$M_R \text{ (psi)} = 4326 \times \ln \text{CBR} + 241$$

e) **Índice de serviciabilidad (PSI).** *Present Serviceability index*

El método de diseño usa dos índices de durabilidad: el índice de durabilidad inicial ( $p_i$ ), determinado después de construir el pavimento, y el índice de durabilidad terminal ( $p_t$ ), valor mínimo aceptable antes de que sea necesario el mantenimiento.

$$\Delta PSI = p_i - p_t$$

Dónde:

$\Delta PSI$  = Pérdida del índice de durabilidad

$p_i$  = es 4,2 en pavimentos flexibles. Sin embargo, la AASHTO recomienda que cada agencia determine valores más seguros basados en sus propias condiciones.

$p_t$  = es 2,5 o 3,0 para carreteras principales y 2,0 para carreteras secundarias. Para casos en condiciones económicas restringidas se puede tomar el valor 1,5.

### **2.7.2 Cálculo de los espesores de capa**

Para calcular los espesores adecuados de capa, se utiliza la siguiente ecuación:

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$

Se pueden obtener varios valores de D1, D2, D3 con los que satisfaga el valor SN. Sin embargo, la AASHTO recomienda espesores mínimos para la carpeta asfáltica y base de agregado.

**Cuadro C-II-10**  
**Espesores mínimos AASHTO 1993 (pulg)**

TRÁNSITO, ESAL	CARPETA ASFÁLTICA	BASE DE AGREGADO
Menor que 50 000	1,0 (o tratamiento superficial)	4
50 001 – 150 000	2,0	4
150 001 – 500 000	2,5	4
500 001 – 2 000 000	3,0	6
2 000 001 – 7 000 000	3,5	6
Mayor que 7 000 000	4,0	6

*Fuente: Guide for Design of Pavement Structures, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., 1993.*

Según el “Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito - MTC del Perú 2008”, los **espesores mínimos** según el tipo de superficie de rodadura será de acuerdo al **Cuadro C-II-11**, en cambio para las capas de base granular y sub-base granular, el espesor mínimo de cada capa será de 15 cm . En tramos con Tratamiento Superficial Bicapa (TSB), que presenten sectores con pendientes mayores a 7% o que presenten sectores muy sinuosos, en vez del TSB se colocará una carpeta asfáltica en frío con asfalto emulsionado, de espesor mínimo 3,0 cm u otra solución adecuada.

**Cuadro C-II-11**  
**Espesores mínimos MTC 2008**

Número de repeticiones de EE de 8.2 t	Superficie de rodadura deseable
50,000 < Rep. EE ≤ 150,000	Tratamiento Superficial Bicapa (TSB)
150,000 < Rep. EE ≤ 300,000	Carpeta Asfáltica en frío, con asfalto emulsionado. Espesor min. 5 cm. (o 2 capas de 2.5 cm)
300,000 < Rep. EE ≤ 600,000	Carpeta asfáltica en caliente Espesor min. 6 cm.
600,000 < Rep. EE ≤ 1'000,000	Carpeta asfáltica en caliente Espesor min. 7.5 cm.

*Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito - MTC del Perú, 2008.*

### **2.7.2.1 Coeficientes de capa ( $a_i$ ). Layer coefficients**

Representan la capacidad estructural del material. Se usan para convertir el espesor real de la capa en un SN equivalente. El método ha desarrollado gráficas para correlacionar los coeficientes de capa con diversas propiedades técnicas de suelos. Los gráficos de correlación para estimar los coeficientes de la carpeta asfáltica ( $a_1$ ), capa base granular ( $a_2$ ) y capa sub-base granular ( $a_3$ ) se muestran en el **Anexo III**.

Debido a las distintas condiciones de ambiente, tránsito y construcción, cada autoridad de diseño debe establecer coeficientes de capa, adecuados a las condiciones que existan en su medio ambiente.

De acuerdo al “Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito - MTC del Perú 2008”, el aporte estructural de las capas componentes del pavimento son:

**Cuadro C-II-12**  
**Coefficiente estructural MTC 2008**

Capa del pavimento	Aporte estructural
<b>Capa 1 – Superficie de rodadura</b>	
Carpeta concreto asfáltico tipo superior – Alta estabilidad	0.170/cm
Mezcla asfáltica en frío, con asfalto emulsionado	0.100/cm
Tratamientos superficiales	----
<b>Capa 2 – Bases</b>	
Base granular, CBR 80% compactada al 100% de los MDS	0.052/cm
Base granular, CBR 100% compactada al 100% de la MDS	0.056/cm
Base granular tratada con asfalto	0.135/cm
Base granular tratada con cemento	0.120/cm
Base granular tratada con cal	0.060 – 0.120/cm
<b>Capa 3 – Sub bases</b>	
Sub Base granular, CBR 25% compactada al 100% de la MDS	0.039/cm
Sub Base granular, CBR 30% compactada al 100% de la MDS	0.043/cm
Sub Base granular, CBR 40% compactada al 100% de la MDS	0.047/cm
Sub Base granular, CBR 60% compactada al 100% de la MDS	0.050/cm

Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito  
- MTC del Perú, 2008.

### 2.7.2.2 Coeficientes de drenaje ( $m_i$ ). *Drainage*

El efecto del drenaje se toma en cuenta sobre el funcionamiento de los pavimentos flexibles, respecto al efecto que tiene el agua sobre la resistencia del material de base y la sub-base. Los coeficientes se basan tanto en el porcentaje de tiempo durante el cual la estructura del pavimento esté casi saturada, como en la calidad del drenaje, que a su vez depende del tiempo que tarda en drenarse la capa de base hasta el 50% de la saturación.

**Cuadro C-II-13**  
**Definición de los niveles de drenaje**

Calidad de drenaje	Agua removida
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Malo	Agua no drena

*Fuente: Guide for Design of Pavement Structures, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., 1993.*

**Cuadro C-II-14**  
**Coefficientes de drenaje recomendados ( $m_i$ )**

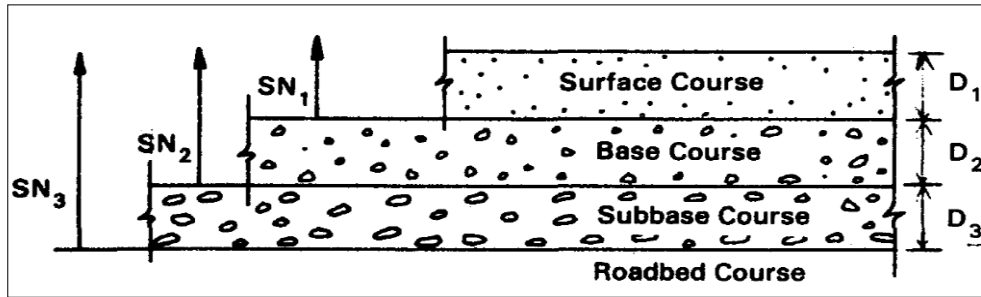
% de tiempo anual en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación				
Calidad de drenaje	Menos que 1%	1-5%	5-25%	Mayor que 25%
Excelente	1,40-1,35	1,35-1,30	1,30-1,20	1,20
Bueno	1,35-1,25	1,25-1,15	1,15-1,00	1,00
Regular	1,25-1,15	1,15-1,05	1,00-0,80	0,80
Pobre	1,15-1,05	1,05-0,80	0,80-0,60	0,60
Muy pobre	1,05-0,95	0,95-0,75	0,75-0,40	0,40

*Fuente: Guide for Design of Pavement Structures, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., 1993.*

### 2.7.2.3 Análisis de diseño por capas ( $D_i$ )

Tomando en cuenta que una estructura de pavimento flexible es un sistema estratificado, la determinación de los espesores se debe hacer como se indica en la Figura F-II-2. Primero se determina el SN requerido sobre la sub-rasante y después se determinan los SN requeridos sobre las capas de base y sub-base, usando la resistencia (CBR) correspondiente de cada capa. El espesor mínimo admisible de cada capa se puede determinar entonces usando las diferencias de los SN calculados.

**Figura F-II-02**  
**Procedimiento para el análisis de diseño por capas**



*Fuente: Guide for Design of Pavement Structures, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., 1993.*

$$D_1^* \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$SN_1^* = a_1 D_1^* \geq SN_1$$

$$D_2^* \geq \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 m_2}$$

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2$$

$$D_3^* \geq \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 m_3}$$

- 1) a, D, m, y SN son los valores mínimos requeridos.
- 2) El asterisco que acompaña a D o SN indica el valor realmente usado, el cual debe ser igual o mayor que el valor requerido.

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y METODOLOGÍA DE TRABAJO**

#### **3.1 MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS**

##### **3.1.1 Material cartográfico y plano base**

Para la ejecución del presente estudio se utilizó el siguiente material cartográfico y plano base:

- Hoja topográfica 35-v de Tarata con curvas de nivel cada 50 m a escala 1:100 000 levantada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN).
- Mapa geológico del cuadrángulo de Tarata, actualizado al año 1998, hoja 35-v, a escala 1:100 000 levantado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).
- Plano base del proyecto: Plano Clave General de Centros Poblados de la Carretera Ticaco - Candarave km 97+500 - km 164+155, elaborado por la Sub gerencia de Estudios del Gobierno Regional Tacna (GRT) a escala 1:40 000 en febrero de 2012.

### **3.1.2 Equipo de laboratorio**

Para la ejecución del presente estudio se utilizaron los siguientes equipos de laboratorio:

- 01 Equipo de densidad in situ (cono de arena)
- 01 Juego de tamices ASTM de malla cuadrada
- 01 Equipo de límite líquido (Copa Casagrande)
- 01 Equipo de compactación (Próctor modificado)
- 01 Equipo de resistencia de los suelos (CBR)
- Equipos en general: estufa, balanzas electrónicas, recipientes y accesorios menores.

### **3.1.3 Equipo de campo y gabinete**

- 01 GPS para la lectura de coordenadas y elevación
- 01 cámara digital Panasonic Lumix
- 01 PC Intel core i3
- 01 impresora multifuncional HP Photosmart
- Software AutoCAD 2012 para elaborar mapas y planos
- Software Ecuación AASHTO 93 para calcular el número estructural SN
- Materiales para la excavación de calicatas

## **3.2 METODOLOGÍA DESARROLLADA**

### **3.2.1 Criterio Geológico y Geomorfológico**

Se estudió el Boletín N° 11 correspondiente a la geología del cuadrángulo de Tarata (hoja 35-v) y el Estudio Mapa de Peligros de la Ciudad de Candarave. Posteriormente se procedió al reconocimiento de campo, la cual consistió en la identificación de las unidades estratigráficas y geomorfológicas, estructuras geológicas y agentes geodinámicos que pudieran ocasionar fallas en el tramo de la carretera. La información obtenida de campo complementada con los documentos de consulta, están representadas en un mapa geológico y geomorfológico.

También a partir del reconocimiento de campo, se planificó la ubicación probable de las calicatas para el estudio geotécnico del suelo de fundación y el material de cantera.

### **3.2.2 Estudio Geotécnico de Suelos**

La metodología de investigación utilizada para el estudio geotécnico de suelos en el tramo de la carretera Aricota – Quilahuani (km 146+500 al km 151+500) consta de tres fases:

### **a) Trabajos de campo**

En esta primera fase, con el objeto de determinar las propiedades físico-mecánicas de los materiales del suelo de fundación, se llevó a cabo la ejecución de pozos exploratorios (calicatas) de 1,50 m de profundidad mínima (respecto al nivel de la sub-rasante), ubicadas a lo largo de la carretera, a cada 500 m de distancia aproximadamente y en forma alternada a ambos lados (izquierda-derecha) del eje del trazo.

De los estratos encontrados en cada una de las calicatas se obtuvieron muestras representativas debidamente descritas e identificadas y luego fueron trasladadas al laboratorio. Esta fase tuvo una duración de 01 semana.

Durante la ejecución de calicatas, se tomaron todas las medidas de seguridad necesarias para la prevención de accidentes. Finalmente se elaboró un registro fotográfico de todos los trabajos de campo. (**Ver Anexo Fotos**)

### **b) Trabajos de laboratorio**

Las muestras obtenidas de los trabajos de campo fueron sometidas al análisis físico y mecánico en el laboratorio de Mecánica de Suelos para determinar los parámetros geotécnicos del suelo de fundación en el tramo de

la carretera y el material de cantera. Esta fase tuvo una duración de 06 semanas. Las muestras obtenidas fueron sometidas a los siguientes ensayos de laboratorio:

- Humedad natural
- Análisis granulométrico por tamizado
- Límites de consistencia: límite líquido y límite plástico
- Próctor modificado
- CBR

Los ensayos de laboratorio fueron ejecutados de acuerdo al *Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras EM 2000*, la cual es concordante con la normatividad y exigencia establecida por las instituciones técnicas reconocidas internacionalmente como AASHTO, ASTM, Instituto del Asfalto, ACI, entre otras, así también con las condiciones propias y particulares de nuestro país.

### **c) Trabajos de gabinete**

En base a la información obtenida durante los trabajos de campo y los resultados de los ensayos de laboratorio, se efectuó la clasificación de los suelos utilizando los sistemas de clasificación SUCS y AASHTO. Los

suelos clasificados fueron representados en perfiles estratigráficos. Además los datos obtenidos fueron utilizados para diseñar la estructura del pavimento. Esta fase tuvo una duración de 06 semanas.

### **3.3 SELECCIÓN DEL TIPO DE PAVIMENTO**

Para el caso de pavimentos de carreteras en el Perú, existe exclusividad el uso de pavimentos flexibles sobre los pavimentos rígidos. Por ejemplo en toda la costa peruana los pavimentos son flexibles porque tienen la ventaja de ser más resistente al ataque de sulfatos; sin embargo en el caso de las estaciones de autoservicio se utiliza el pavimento rígido porque es más resistente a los combustibles.

En el siguiente cuadro se muestran algunas ventajas y desventajas relativas de cada tipo de pavimento. Allí es posible apreciar en términos relativos que antes de tomar la decisión final de usar un tipo de pavimento dependerá de las exigencias que se requiera.

**Cuadro C-III-01**  
**Ventajas y desventajas relativas entre los pavimentos rígidos y flexibles**

CONCEPTO	RÍGIDO	FLEXIBLE
Costo inicial	+	-
Costo de mantenimiento	-	+
Facilidad en la construcción	+	-
Resistencia al ataque por sulfatos	-	+
Resistencia a los combustibles	+	-
Requerimiento de espesores	-	+
Reflexión de la luz	+	-

*Fuente: Vivar Romero, Germán. "Diseño y construcción de pavimentos". Lima – Perú 1995.*

La selección del tipo de pavimento en el tramo de la carretera Aricota – Quilahuani (km 146+500 – km 151+500) será el de tipo flexible porque el costo inicial de construcción es menor que el de tipo rígido.

### 3.4 METODOLOGÍA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO

Para el diseño estructural del pavimento se aplicará la metodología de diseño con reconocimiento internacional **AASHTO 1993**, la cual es recomendada en el *“Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de bajo Volumen de Tránsito del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, MTC 2008”*.

Este diseño se fundamenta en dos parámetros básicos. La primera es la demanda del tránsito medida en número de ejes equivalentes para un período de diseño y la segunda es el tipo de suelo de fundación sobre el cual se asienta el pavimento.

## CAPÍTULO IV

### GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

#### 4.1 GENERALIDADES

El área de estudio, está conformada principalmente por unidades estratigráficas que corresponden a Depósitos Aluviales y Depósitos de Escombros del Cuaternario Holoceno y Pleistoceno respectivamente. Además está constituida por rocas volcánicas del Cretáceo Superior y Neógeno (Formaciones Toquepala, Huaylillas y Capillune). Los colores utilizados en el mapa geológico del presente estudio son los mismos que utiliza el INGEMMET en el mapa geológico del cuadrángulo de Tarata. Ver en el **Mapa M-03** y **Mapa M-04** el mapa geológico y el corte geológico respectivamente.

La información de este capítulo fue hecha en base al reconocimiento de campo y complementada con los estudios realizados por:

- El INGEMMET en el Boletín N° 11, Hoja 35-v, “Geología del Cuadrángulo de Tarata”, 1965.

- La UNJBG en el “Estudio del Mapa de Peligros de la Ciudad de Candarave”, 2002.

## **4.2 UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS**

### **4.2.1 Formación Toquepala (KTi-to)**

En el tramo de la carretera Aricota – Quilahuani, esta formación aflora al Oeste Centro Poblado Aricota, encontrándose en la parte inferior del Cerro Antavilca.

La Formación Toquepala es de origen volcánico y a nivel regional está compuesto por derrames y piroclastos de andesitas, dacitas y riolitas. En el tramo de la carretera Aricota – Quilahuani, se ha podido reconocer la roca volcánica de tipo **riolita**.

Esta roca presenta un color marrón rojizo de textura porfirítica. Contiene cristales bien desarrollados de cuarzo, ortosa, plagioclasa y horblenda con una matriz afanítica. Se caracteriza por su alta dureza y resistencia a la erosión. Estratigráficamente yace discordantemente sobre roca sedimentaria de tipo conglomerado de la Formación Chulluncane.

#### **4.2.2 Formación Huaylillas (Nm-hu)**

En el tramo de la carretera Aricota – Quilahuani, esta formación aflora al Nor-Este y Sur-Este del Centro Poblado Aricota, encontrándose en los Cerros Tancatacami y Yesera, respectivamente.

La Formación Huaylillas es de origen volcánico y a nivel regional está compuesta por piroclastos de tobas e ignimbritas. En el tramo de la carretera Aricota – Quilahuani sólo se ha podido reconocer piroclastos de **ignimbritas**.

Estas rocas presentan un color rosado rojizo, que es característico de las ignimbritas. Contiene un gran porcentaje de cristales bien desarrollados de cuarzo y en un menor porcentaje biotita, plagioclasa y pómez dentro de una matriz afanítica. Estratigráficamente yace discordantemente sobre volcánicos de la Formación Toquepala.

#### **4.2.3 Formación Capillune (Np-ca)**

En el tramo de la carretera Aricota – Quilahuani, esta formación aflora al Este del Centro Poblado de Aricota, encontrándose en el Cerro Inchupalla Chico y además el eje de la carretera corta esta formación entre el km 147+200 y el km 147+400.

La Formación Capillune es de origen sedimentario-volcánico y está compuesta por una secuencia de **gravas, arenas y tufos** de color blanco grisáceo. Esta secuencia se observa en el km 146+500 de la carretera Aricota – Quilahuani, lugar donde la formación es erosionada por el río Salado. Estratigráficamente yace discordantemente sobre la Formación Huaylillas.

#### **4.2.4 Depósitos de Talud de Escombros (Qpl-es)**

Estos depósitos cuaternarios ocupan la segunda mitad del área de estudio y afloran en la base de una escarpa. Consiste en material transportado por la acción de la gravedad y algunas veces por acción de las corrientes de agua superficial. También existen evidencias de un antiguo proceso de deslizamientos de grandes dimensiones, el cual ha afectado a las ignimbritas de la Formación Huaylillas y a las riolitas de la Formación Toquepala.

Afloran al Nor-Oeste del Centro Poblado de Aricota, encontrándose en la parte inferior del Cerro Alto Quilahuani.

En el tramo de la carretera alcanza un espesor máximo de 1,40 m y están compuestos por **gravas angulosas, arenas gruesas y arenas limosas**. La

meteorización de estos depósitos, ha formado un suelo superficial que es ocupado por terrenos de cultivo.

#### **4.2.5 Depósitos Aluviales (Qh-al)**

Estos depósitos cuaternarios ocupan la primera mitad del área de estudio y tiene una profundidad que va desde los 6 a 20 metros. Afloran en los flancos de los ríos Callazas y Salado, la misma que es utilizada como terreno de cultivo y se extiende con dirección NE –SO hasta el abanico aluvial del valle de Aricota.

En el tramo de estudio ocupa una extensión de más de 2 km de longitud. Estos depósitos están compuestos por una intercalación de gravas subredondeadas, arenas gruesas, arenas limosas y gravas arcillosas.

El origen de estos depósitos fue por la erosión en las rocas de las formaciones Huaylillas y Capillune. Estratigráficamente es suprayacente a los Depósitos de Talud de Escombros.

#### **4.2.6 Depósitos Fluviales (Qh-fl)**

En el tramo de la Carretera Aricota- Quilahuani, esta formación aflora en el lecho de los ríos Salado y Callazas, observándose que el eje de la carretera

corta estos depósitos en el cruce del río Salado (km 146+516 - km 146+531) y en el cruce del río Callazas (km 147+631 - km 147+760).

Estos depósitos cuaternarios están conformados por fragmentos rocosos como arenas, cantos y bloques subredondeados transportados por la corriente del río a grandes distancias en el fondo de los valles y depositados en forma de terrazas o playas.

El curso de los ríos Salado y Callazas, define dos tipos de Depósitos Fluviales: De canal y de llanura de inundación.

### **4.3 ASPECTOS ESTRUCTURALES**

El tramo de la carretera Aricota –Quilahuani (km 146+500 – km 151+500) no presenta rasgos ni evidencias estructurales de importancia que manifiesten la presencia de estructuras de deformación como fallas geológicas, pliegues, cuerpos intrusivos y deslizamientos gravitacionales.

Cabe mencionar que en el pueblo de Pallata, tramo de la carretera (km 159+340 – km 159+800), es una zona que no corresponde al área de estudio pero que presenta evidencia estructural de importancia y se pudo observar

que es un área de deslizamiento gravitacional activo resultado de un sistema de fracturas producidas en las ignimbritas de la Formación Huaylillas.

Las ignimbritas del área de estudio fueron generadas por la colada de nube de piroclastos. La nube de piroclastos fue generado por la erupción del magma viscoso a través de la chimenea del volcán Yucamani.

#### **4.4 ASPECTOS DE GEODINÁMICOS**

Se entiende por geodinámica a los esfuerzos o fenómenos geológicos que modifican la corteza terrestre y determina la forma del relieve actual. La geodinámica se divide en geodinámica interna y geodinámica externa.

Los sismos representan uno de los esfuerzos de la geodinámica interna, al ubicarse el área de estudio dentro de una región con ocurrencia frecuente de movimientos sísmicos que afectan directamente la estructura de la vía.

El agua (ríos y lluvia), el viento, cambio de temperatura y la gravedad son los principales agentes erosivos de la geodinámica externa presentes en el área de estudio. Estos agentes están en contacto directo con la estructura del pavimento y es de interés del diseñador conocer las propiedades físicas y mecánicas de los suelos en el suelo de fundación y en el material de cantera antes de construir el pavimento.

#### 4.4.1 Geodinámica en la laguna Aricota

La presencia de la laguna Aricota, originada por el colapso de miles de toneladas de roca extremadamente fracturada originó un nivel de base de carácter local. El nivel máximo alcanzado por laguna Aricota llegó a la cota 2855 m.s.n.m., determinado ello porque se han encontrado niveles de diatomitas, limos y arenas limosas dispuestas horizontalmente en este nivel. La cola de la laguna Aricota, inundó hasta aguas arriba de la actual terraza aluvial donde se encuentra asentado el centro poblado de Aricota.

**Figura F-IV-01**

**Vista panorámica de la laguna Aricota.**



*Fuente: Imagen satelital. La línea punteada roja corresponde al nivel máximo original de la laguna.*

En el año 1967, cuando se inician las operaciones de las Centrales Hidroeléctricas de Aricota 1 y 2, el volumen de la laguna Aricota era de 805,93 MMC, luego empezó a disminuir alcanzando en el año 1970 el nivel mínimo en la cota 2 743,71 m.s.n.m. con un volumen total de 86 MMC.  
(Fuente: Proyecto Especial Tacna PET)

La disminución de 112 m de altura con respecto al nivel original, originó la erosión regresiva con la consiguiente profundización de los ríos Callazas y Salado, formándose como consecuencia de ello, una serie de terrazas aluviales. Por lo tanto la geodinámica en la ribera de los ríos Callazas y Salado, durante los 47 años, desde que fue alterado el nivel original de la laguna, se ha creado una zona de inestabilidad, lo cual se puede observar en la serie de derrumbes que se han producido en las terrazas aluviales, a pesar de haber emplazado una serie de defensas ribereñas. Por ejemplo, se ha observado que los gaviones han quedado “colgados” debido a la profundización del río Callazas, ocasionado por la variabilidad del nivel de base que depende del volumen almacenado en la laguna Aricota.

**Figura F-IV-02**

**Vista panorámica de los gaviones colgados en el río Callazas**



*Fuente: Elaboración propia.*

A enero del 2012, la laguna tiene un nivel de embalse que se ubica en la cota 2 776,21 m.s.n.m. lo que quiere decir que se ha recuperado en 32,50 m con respecto al nivel original.

La precipitación del año 2012, la más intensa de los últimos 40 años, han incrementado los caudales de los ríos, llegando a discurrir hasta más de 40 m<sup>3</sup>/s en cada uno de los ríos. En los puntos de interés, donde se construirá los dos puentes, los ingresos excepcionales de caudales agua con lodo, erosionaron las riberas de los ríos Salado y Callazas, ampliando en gran

medida los cauces de avenida. Es por ello que se recomienda para la construcción de los dos puentes: 1) Utilizar cimentaciones profundas tipo pilotes de concreto a una profundidad que alcance el basamento rocoso. Esta estructura geotécnica es utilizada para cimentaciones en suelos blandos (cohesivos y granulares) y evitará que queden colgados debido a la profundización de los ríos. 2) Cambiar el trazo del eje de la vía por la carretera afirmada que pasa por los pueblos de Mullini y Totorá hasta llegar al pueblo de Candarave, en donde la longitud de los puentes son más angostos y para su construcción son más económicos.

#### **4.5 CONSIDERACIONES HIDROGEOLÓGICAS**

Actualmente no se conoce la existencia de agua subterránea en el área de estudio porque a la fecha ninguna entidad pública o privada ha realizado estudios hidrogeológicos. Para ello se hizo la consulta en la oficina descentralizada de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en Tacna, en donde indicaron que no existían estudios hidrogeológicos en el valle de Aricota.

Durante los estudios de campo en la carretera Ticaco – Candarave tramo Aricota – Quilahuani (km 146+500 – km 151+500), no se ha encontrado el

nivel freático superficial que pueda afectar la estabilidad de la estructura del pavimento.

## CAPÍTULO V

### GEOMORFOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

#### 5.1 GENERALIDADES

El tramo de la carretera Aricota –Quilahuani (km 146+500 – km 151+500) se encuentra dentro de la unidad geomorfológica conocido regionalmente como Flanco Occidental de los Andes, la cual se divide en dos subunidades geomorfológicas conocidos como la zona Disectada y la zona de Planicies. Nuestra área de estudio se ubica dentro de la zona Disectada.

Los procesos tectónicos y la geodinámica externa han sido los principales agentes que han dado forma al relieve que actualmente se observa en el área de estudio. Ver en el **Mapa M-05** el mapa geomorfológico.

La información de este capítulo fue hecha en base al reconocimiento de campo y complementada con los estudios realizados por el INGEMMET en el boletín N° 11, “Geología del Cuadrángulo de Tarata”, 1965.

## **5.2 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL**

El área de estudio se encuentra en la unidad geomorfológica conocida regionalmente como Flanco Occidental de los Andes. Consiste en una cadena de montañas desarrolladas entre los 1600 y 4000 m.s.n.m. cortadas por los ríos Callazas y Salado con dirección suroeste. Estos discurren por un valle estrecho y forman un pequeño abanico aluvial en la cabecera de la laguna Aricota. La montaña más alta del sector se ubica en el Cerro Alto Quilahuani que alcanza una altitud de 4000 m.s.n.m.

A nivel regional se distinguen dos subunidades geomorfológicas: una de morfología muy quebrada en las partes bajas conocida como zona Disectada y otra suavemente ondulada en las partes altas conocida como zona de Planicies. Nuestra área de estudio se ubica dentro de la zona Disectada.

## **5.3 GEOMORFOLOGÍA LOCAL**

La zona de estudio ubicada regionalmente en el Flanco Occidental de los Andes y en la denominada Zona Disectada (ZD1) actualmente está representada por los cerros Antavilca, Tancatacami y Alto Quilahuani, los cuales son utilizados como terrenos de cultivo en forma de andenes, esta actividad facilita la filtración del agua y el incremento de la meteorización de las rocas en las Formaciones Toquepala y Huaylillas. También está

representada por los cerros Inchupalla Chico y Yesera los cuales no son utilizados por la actividad agrícola. A nivel regional se desarrolla entre los 1600 y 3600 m.s.n.m. El área de estudio se desarrolla entre los 2860 y 2950 m.s.n.m.

Cabe mencionar que en la parte baja de esta subunidad geomorfológica se puede apreciar el valle de Aricota. Este valle se ha formado por el descenso del nivel de agua en la laguna Aricota y se presenta como terrazas aluviales, resultado de la erosión regresiva de los ríos y profundización del valle. El valle de Aricota está actualmente modelado por dos terrazas aluviales cortadas por los ríos Callazas y Salado.

Por las características del valle y la amplitud de las áreas interfluviales pobremente drenadas, se trata de un valle en desarrollo juvenil.

### **5.3.1 Terraza baja (VT1)**

La terraza baja está modelada por el cauce de los ríos Callazas y Salado sobre depósitos fluviales. Actualmente en esta terraza discurren los ríos antes mencionados y son de poca profundidad.

### **5.3.2 Terraza alta (VT2)**

La terraza alta esta modelada por el valle Aricota sobre depósitos aluviales. Tiene un espesor que varía de 6 a 20 m . Sobre esta terraza se encuentra el Centro Poblado de Aricota y además es aprovechada como terreno de cultivo.

## **5.4 DRENAJE Y PRECIPITACIÓN**

### **5.4.1 Drenaje**

Los ríos Salado y Callazas constituyen los principales cursos de agua que drenan el área de estudio y son los principales colectores de la pluviosidad. Estos se encuentran atravesando el tramo de la carretera, aproximadamente en los kilómetros 146+500 y 147+700. El tipo de drenaje es subparalelo y sigue una orientación NE – SO a lo largo del valle, hasta desembocar en la laguna Aricota.

### **5.4.2 Precipitación**

Hidrográficamente el territorio peruano se divide en tres vertientes: la vertiente del océano Pacífico con un área de 283 600 km<sup>2</sup> (22%), la vertiente del Amazonas con 952 800 km<sup>2</sup> (74%), y la vertiente del lago Titicaca con 48 800 km<sup>2</sup> (4%). La vertiente del Amazonas es la más

húmeda, presenta precipitaciones que fluctúan entre 1 500 mm/año y 4 000 mm/año. Fuente: **SENAMHI**, 1996.

Hidrológicamente el tramo de estudio se encuentra en la cuenca Locumba y en la sub cuenca Callazas – Candarave. Los datos de precipitación han sido tomados de la Estación pluviométrica “CO – Aricota” por estar más próximo al tramo de estudio. Según los datos de precipitación en el **Anexo II** se observa que son mayores a 100 mm/año, el cual es un indicador que se genera escorrentía superficial siendo favorable su aporte al caudal de los ríos Salado y Callazas.

Según la información de la estación pluviométrica “CO – Aricota” se verifica que la precipitación en el área de estudio es regular y se presenta con mayor frecuencia desde el mes de diciembre hasta el mes de marzo, tal como se observa en el registro de precipitación pluvial (**Anexo II**).

## **5.5 CLIMA Y VEGETACIÓN**

### **5.5.1 Clima**

El clima en el área de estudio es frío, árido y con amplitud térmica moderada. La temperatura media mensual es de 9,7 °C en promedio; la temperatura máxima mensual promedio es de 15,9 °C principalmente en los

meses de enero y febrero; la temperatura mínima mensual promedio es de 3,5 °C que por lo general se dan en los meses de junio, julio y agosto.

**Cuadro C-V-01**  
**Temperatura de la estación Candarave**

Temperatura	Media mensual (°C)	Máxima mensual (°C)	Mínima mensual (°C)
Promedio :	9,7	15,9	3,5
Máxima :	13,0	20,0	7,4
Mínima :	6,0	12,6	-2,1

*Fuente: SENAMHI Tacna.*

### **5.5.2 Vegetación**

Las principales actividades en el área de estudio son la agricultura y la ganadería. Los cultivos principales son la papa, el haba, el maíz y la alfalfa, los mismos que son comercializados dentro del ámbito regional. La agricultura se desarrollada en andenes y dispone de reservorios para aprovechar el agua durante el regadío. *Fuente: Municipalidad Provincial de Candarave.*

## **CAPÍTULO VI**

### **ESTUDIO DE SUELOS**

#### **6.1 GENERALIDADES**

Este capítulo desarrolla los procedimientos preestablecidos para el estudio del suelo de fundación y el suelo de cantera, las cuales serán necesarias para el diseño estructural del pavimento flexible. El trabajo está dividido principalmente en tres etapas: trabajos de campo, ensayos de laboratorio y gabinete.

#### **6.2 ESTUDIO DEL SUELO DE FUNDACIÓN**

##### **6.2.1 Trabajos de campo**

Los trabajos de campo se realizaron a lo largo del tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 – km 151+500) mediante la ejecución de calicatas a una profundidad de 1,50 m desde el nivel de la sub-rasante, tomándose luego una muestra representativa de la misma, con el objetivo de conocer los diferentes horizontes del suelo de fundación y poder hacer su

clasificación en el laboratorio como un material aceptable o inaceptable para su uso como suelo de fundación. En el **Mapa M-06** se observa la ubicación de las calicatas ejecutadas a lo largo de los 5 kilómetros de estudio.

Fueron ejecutadas un total de 10 calicatas espaciadas cada 500 m aproximadamente. En cada calicata, se registró el espesor de los estratos y la identificación de los materiales conformantes, así como su posición geográfica. La cantidad de la muestra representativa fue de 40 kg por cada calicata. En el **Cuadro C-VI-02** y en el **Anexo 1.4** se observa el espesor medido de cada estrato y el tipo de material.

Finalmente se realizaron los ensayos de densidad in situ y se tomaron 2,3 kg en promedio de muestra de suelo para determinar el contenido de humedad en el laboratorio. Ver en el **Anexo IV**, fotografías de los trabajos de campo.

### **6.2.2 Ensayos de laboratorio**

Finalizado los trabajos de campo, se llevaron las muestras de suelo obtenidas del tramo de la carretera en estudio al Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Municipalidad Provincial de Tacna, para determinar sus propiedades físicas y mecánicas de cada suelo muestreado.

Fueron estudiadas un total de diez (10) muestras a lo largo de todo el tramo (km 146+500 – km 151+500) y cada una con un peso promedio de 40 kg.

Las muestras del suelo de fundación fueron sometidas a los siguientes ensayos:

**Cuadro C-VI-01**  
**Ensayos de laboratorio para el suelo de fundación**

<b>Ensayo de laboratorio</b>	<b>Norma</b>
Contenido de humedad de un suelo.	MTC E 108-2000; ASTM D 2216
Análisis granulométrico de suelos por tamizado.	MTC E 107-2000; ASTM D 422
Límite líquido de los suelos.	MTC E 110-2000; ASTM D 4318
Límite plástico de los suelos.	MTC E 111-2000; ASTM D 4318
Compactación modificada de suelos (Próctor modificado).	MTC E 115-2000; ASTM D 1557
CBR de suelos.	MTC E 132-2000; ASTM D 1883

*Fuente: Manual de ensayos de materiales para carreteras EM-2000.*

En el **Anexo 1.1** se observa el cuadro resumen de los ensayos de laboratorio para el suelo de fundación y en el **Anexo 1.2** los ensayos de laboratorio indicados en el **Cuadro C-VI-01**.

### 6.2.3 Caracterización de los suelos

Con la información obtenida de los trabajos de campo y los resultados de los ensayos de laboratorio (granulometría y límites de consistencia), del tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 – km 151+500), se procedió a la clasificación de los suelos de fundación según los Sistemas de Clasificación SUCS y AASHTO. Luego de la clasificación se procedió a correlacionar los suelos de acuerdo a sus características homogéneas, las cuales se observan en los perfiles estratigráficos de las calicatas. Ver en el **Mapa M-07** el mapa de clasificación de suelos.

**Cuadro C-VI-02**  
**Cuadro resumen de clasificación de los suelos de fundación**

Calicata	Progresiva (km)	Lado	Estrato	Profundidad (m)	Clasificación	
					SUCS	AASHTO
C-01	146+500	Izquierdo	E-01	0,0 - 0,1	GP	A1-a (0)
			E-02	0,1 - 1,5	GC	A2-6 (0)
C-03	147+230	Izquierdo	E-01	0,0 - 0,1	GP	A1-a (0)
			E-02	0,1 - 1,5	SP	A1-b (0)
C-05	147+900	Izquierdo	E-01	0,0 - 0,3	GP	A1-a (0)
			E-02	0,3 - 0,8	SP	A1-b (0)
			E-03	0,8 - 1,4	GP	A1-a (0)
C-07	148+430	Izquierdo	E-01	0,0 - 0,5	GP	A1-a (0)
			E-02	0,5 - 0,9	SM	A1-b (0)
			E-03	0,9 - 1,5	GP	A1-a (0)
C-09	148+930	Izquierdo	E-01	0,0 - 0,2	GP	A1-a (0)

Calicata	Progresiva (km)	Lado	Estrato	Profundidad (m)	Clasificación	
					SUCS	AASHTO
			E-02	0,2 - 0,8	SP	A2-6 (1)
			E-03	0,8 - 1,4	GP	A1-a (0)
C-11	149+440	Izquierdo	E-01	0,0 - 0,6	GP	A1-a (0)
			E-02	0,6 - 1,6	SP	A2-6 (1)
C-15	150+550	Derecho	E-01	0,0 - 0,9	GW-GM	A2-4 (0)
C-16	150+900	Derecho	E-01	0,0 - 0,3	GW-GM	A2-4 (0)
			E-02	0,3 - 1,4	SP	A2-6 (1)
C-18	151+280	Izquierdo	E-01	0,0 - 0,6	GW-GM	A2-4 (0)
			E-02	0,6 - 1,2	SP SM	A1-b (0)
C-19	151+500	Derecho	E-01	0,0 - 0,2	GW-GM	A2-4 (0)
			E-02	0,2 - 1,4	SP SM	A1-b (0)

*Fuente: Datos obtenidos del estudio de suelos en el tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 – km 151+500).*

Del cuadro resumen de clasificación de los suelos de fundación **Cuadro C-VI-02** y el perfil estratigráfico de calicatas **Anexo 1.4**, se aprecia de forma variable, que el suelo de fundación en el tramo de estudio está conformado principalmente por grava sub-redondeada con arena gruesa pobremente gradada, clasificada por el sistema SUCS como GP y según el sistema AASHTO como A1-a. También está conformado por arena gruesa con grava sub-redondeada pobremente gradada, clasificada por el sistema SUCS como SP y según el sistema AASHTO como A1-b y A2-6. Finalmente se observa suelos conformados por grava angulosa bien gradada semicompacta con limos, clasificada por el sistema SUCS como GW-GM y según el sistema AASHTO como A2-4.

Existe una zona puntual como en la progresiva 146+500 donde el suelo está conformado por grava arcillosa con clastos angulosos, clasificada por el sistema SUCS como GC y según el sistema AASHTO como A2-6, el cual presenta un ligero cambio de volumen entre el estado seco y húmedo.

#### **6.2.4 Suelo representativo**

El nivel de la sub-rasante actual en el tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 – km 151+500) será utilizada como soporte a la estructura del pavimento flexible y no necesita rellenos. Sólo será necesario cortes del terreno natural para ampliar en ancho del pavimento.

Correlacionando los suelos en los perfiles estratigráficos de las calicatas (**Anexo 1.4**) y considerando los suelos con características homogéneas en el suelo de fundación, se determinaron dos tipos de suelos representativos: Suelo representativo GP en las calicatas C-1; C-3; C-5; C-7; C-9 y C-11. Finalmente el suelo representativo SP-SM en las calicatas C-15; C-16; C-18 y C-19.

### 6.2.5 Valor del CBR de diseño

Los resultados obtenidos de CBR se muestran en el **Anexo 1.1** y en el **Mapa M-08**. Para hallar el CBR de diseño se tomó en cuenta los procedimientos del *Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito - MTC del Perú, 2008*. En el tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 – km 151+500) se tiene dos tipos de suelos representativos GP y SP-SM, por lo tanto se tendrá dos valores CBR de diseño.

#### **Suelo representativo GP**

Como el suelo representativo GP tiene seis valores CBR, entonces se ha calculado el percentil 75%. Datos de CBR: 18; 25; 24; 37; 31 y 29.

$$\text{Amplitud (C): } C = \frac{R}{K} \quad C = \frac{19}{4} = 4,75$$

$$\text{Dónde: } R = Y_{max} - Y_{min} = 37 - 18 = 19$$

$$K = 1 + 3,32 \log(n) = 1 + 3,32 \log(6) = 4$$

**Cuadro C-VI-03**

**Muestra de resistencia del suelo de fundación en la carretera Ticaco – Candarave tramo Aricota – Quilahuani (km 146+500 – km 151+500) según el CBR en octubre de 2012.**

$[ Y_{i-1} \quad Y_i >$	$f_i$	$F_i$
$[ 18 \quad 22,75 >$	1	1
$[ 22,75 \quad 27,5 >$	2	3
$[ 27,5 \quad 32,25 >$	2	5
$[ 32,25 \quad 37 ]$	1	6
Total	n=6	

*Fuente: Datos obtenidos en el laboratorio de Mecánica de suelos de la Municipalidad Provincial de Tacna MPT.*

Ecuación para calcular el Percentil:

$$P_i(Y_i) = Y_K + \frac{[i(\frac{n}{100}) - F_{K-1}]}{f_K} \cdot C_K, i= 1; \dots ;99$$

$$i\left(\frac{n}{100}\right) = 75\left(\frac{6}{100}\right) = 4,5$$

$$Y_K = 27,5$$

$$F_{K-1} = 3$$

$$f_K = 2$$

$$C_K = 4,75$$

$$P_{75} = 27,5 + \frac{[4,5 - 3]}{2} \times 4,75 = 31$$

De la ecuación anterior tenemos:

$$CBR_{diseño\ 1} = 31\%$$

Otra forma para obtener el percentil 75% es utilizando la función “percentil” en la hoja de cálculo EXCEL, de la siguiente manera:

	A	B	C
1	CBR del suelo representativo GP :		
2	18		
3	25		
4	24		
5	37		
6	31		
7	29		
8	Percentil 75% =	30,5	
9			

La función para calcular el Percentil es: =PERCENTIL(A2:A7;0,75)

### **Suelo representativo SP-SM**

Como el suelo representativo SP-SM tiene menos de seis valores CBR y no son parecidos, entonces se toma el valor crítico.

Datos: 47; 33; 64 y 81.

$$CBR_{diseño\ 2} = 33\%$$

Los valores de CBR de diseño obtenidos en los suelos representativos GP y SP-SM son parecidos, por lo tanto se calcula el promedio de los dos valores.

Según el **Cuadro C-II-01**, el CBR de diseño 32% se clasifica como suelo de fundación muy buena (CBR>20%).

CBR<sub>diseño final</sub> = 32%

### **6.3 ESTUDIO DEL SUELO DE CANTERA**

El estudio del suelo de cantera tiene como propósito comprobar que los materiales que van a ser utilizados como sub-base y base granular del pavimento cumplan los requerimientos de granulometría y calidad que se detallan en el manual de carreteras “*Especificaciones Técnicas Generales para construcción EG-2013*”, el cual es establecido por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado por D.S. N° 034-2008-MTC y constituye uno de los documentos técnicos de carácter normativo, que rige a nivel nacional y es de cumplimiento obligatorio por los órganos responsables de la gestión de la infraestructura vial de los tres niveles de gobierno: Nacional, Regional y Local.

### **6.3.1 Inspección y prospección**

Para la inspección y prospección de la cantera, se tomaron cinco aspectos muy importantes como: caminos de acceso, geología, topografía, situación legal y volumen explotable, los cuales están directamente relacionados al costo mínimo por m<sup>3</sup> de explotación.

La cantera “Aricota” se encuentra ubicada a 2350 m del desvío de la carretera Ticaco – Candarave que va hacia el distrito de Curibaya. El desvío se encuentra en el km 149+300 de la carretera Ticaco – Candarave. El área de la cantera es de propiedad de la Municipalidad Distrital de Quilahuani, la misma que es explotada por el Gobierno Regional de Tacna (GRT) para usarlo como material de sub-base y base en la carretera Ticaco – Candarave.

El suelo de la cantera está conformado por depósitos aluviales y dos estratos que tienen un buzamiento de 34° hacia la laguna Aricota y depositada sobre riolitas de la Formación Toquepala. El estrato inferior tiene un espesor de **8 m** y está conformado por gravas angulosas, arena limosa de color marrón claro y bloques angulosos con un diámetro máximo de 0,86 m . El estrato superior tiene un espesor de **5 m** y está conformada por gravas angulosas, arena limosa y bloques angulosos con un diámetro máximo de 0,30 m . En

el **Anexo 1.6** se presenta un cuadro de la inspección de cantera en el cual se indica la potencia aprovechable.

Para la prospección, no fue necesario realizar calicatas porque existían cortes del talud realizados por la maquinaria pesada del GRT y sólo fue necesario realizar el ensayo de densidad in situ y la toma de una muestra representativa para los ensayos de laboratorio. La cantidad de la muestra representativa fue de 40 kg . En el **Mapa M-10** se observa el croquis y el acceso a la cantera.

### **6.3.2 Ensayos de laboratorio**

Una vez obtenido la muestra representativa del suelo de cantera, fue llevado al Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Municipalidad Provincial de Tacna, para determinar sus propiedades físicas y mecánicas. La muestra representativa del suelo de cantera fue sometida a los siguientes ensayos:

**Cuadro C-VI-04**  
**Ensayos de laboratorio para el suelo de cantera**

Ensayo de laboratorio	Norma
Contenido de humedad de un suelo.	MTC E 108-2000; ASTM D 2216
Análisis granulométrico.	MTC E 107-2000; ASTM D 422
Límite líquido de los suelos.	MTC E 110-2000; ASTM D 4318
Límite plástico de los suelos.	MTC E 111-2000; ASTM D 4318
Compactación (Próctor modificado).	MTC E 115-2000; ASTM D 1557
CBR de suelos.	MTC E 132-2000; ASTM D 1883
Abrasión – Los Ángeles	MTC E 207-2000; ASTM C 131
Durabilidad – Sulfato de sodio	MTC E 209-2000; ASTM C 88
Sales solubles en agregados	MTC E 219-2000; LNY -8 (CHILE)

*Fuente: Manual de ensayos de materiales para carreteras EM-2000.*

Según el manual de carreteras “*Especificaciones Técnicas Generales para construcción EG-2013*”, los materiales para subbase granular deberán ajustarse a una de las franjas granulométricas indicadas en el **Cuadro C-VI-05** y los requisitos de calidad indicado en el **Cuadro C-VI-06**.

**Cuadro C-VI-05**  
**Requerimientos Granulométricos para Subbase Granular**

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A (1)	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm. (2")	100	100	-	-
25 mm. (1")	-	75-95	100	100
9,5 mm. ( $\frac{3}{8}$ ")	30-65	40-75	50-85	60-100
4,75 mm. (N.º 4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2,0 mm. (N.º 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm. (N.º 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm. (N.º 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

*Fuente: ASTM D 1241*

**Cuadro C-VI-06**  
**Requerimientos de ensayos especiales**

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimiento	
				< 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	50 % máx.	50 % máx.
CBR (1)	MTC E 132	D 1883	T 193	40 % mín.	40 % mín.
Límite Líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	25% máx.	25% máx.
Índice de Plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 90	6% máx.	4% máx.
Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	25% mín.	35% mín.
Sales Solubles	MTC E 219	.-	.-	1% máx.	1% máx.
Partículas Chatas y Alargadas	.-	D 4791	.-	20% máx.	20% máx.

*Fuente: "Especificaciones Técnicas Generales para construcción EG-2013"*

Los materiales para base granular deberán ajustarse a una de las franjas granulométricas indicadas en el **Cuadro C-VI-07** y los requisitos de calidad indicado los **Cuadros C-VI-08, C-VI-09 y C-VI-10**.

**Cuadro C-VI-07**  
**Requerimientos Granulométricos para base Granular**

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm. (2")	100	100		
25 mm. (1")		75-95	100	100
9,5 mm. ( $\frac{3}{8}$ ")	30-65	40-75	50-85	60-100
4,75 mm. (N.º 4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2,0 mm. (N.º 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm. (N.º 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm. (N.º 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

*Fuente: ASTM D 1241*

**Cuadro C-VI-08**  
**Características físicas, mecánicas y químicas**

Valor Relativo de Soporte, CBR (1)	Tráfico en ejes equivalentes ( $<10^6$ )	Mín. 80%
	Tráfico en ejes equivalentes ( $\geq 10^6$ )	Mín. 100%

*Fuente: "Especificaciones Técnicas Generales para construcción EG-2013"*

**Cuadro C-VI-09**  
**Requerimientos Agregado Grueso**

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimientos Altitud	
				< 3.000 msnm	≥ 3.000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80% mín.	80% mín.
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	D 5821		40% mín.	50% mín.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% máx.	40% máx.
Partículas chatas y alargadas (1)		D 4791		15% máx.	15% máx.
Sales solubles totales	MTC E 219	D 1888		0,5% máx.	0,5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	C 88	T 104		18% máx.

*Fuente: "Especificaciones Técnicas Generales para construcción EG-2013"*

**Cuadro C-VI-10**  
**Requerimientos Agregado Fino**

Ensayo	Norma	Requerimientos Altitud	
		<3.000 msnm	≥3.000 msnm
Índice plástico	MTC E 111	4% máx.	2% mín.
Equivalente de arena	MTC E 114	35% mín.	45% mín.
Sales solubles	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	-----	15%

*Fuente: "Especificaciones Técnicas Generales para construcción EG-2013"*

En el **Anexo 1.3** se observa los ensayos de laboratorio para el suelo de cantera.

### **6.3.3 Caracterización del suelo**

De los ensayos efectuados sobre la muestra extraída de la prospección, tenemos que la granulometría cumple la gradación B, se clasifica por el sistema SUCS como GW y según el sistema AASHTO como A1-a. El porcentaje de resistencia del agregado (CBR al 100%) obtenido es 100%, cumple la norma EG-2013, para subbase granular (Mín. 40%) y para base granular (Mín. 80%), de manera que es apto para ser utilizado como subbase y base.

El desgaste por abrasión del agregado es inferior a 22%, encontrándose dentro de los límites permisibles por la norma EG-2013 para conformar las capas subbase (máx. 50%) y base (máx. 40%). La durabilidad del ataque por sulfato de sodio que presenta el agregado es inferior al 10%, cumple la norma EG-2013 (máx. 18%) y presenta una resistencia moderadamente alta a la desintegración por soluciones saturadas de sulfatos.

### **6.3.4 Usos y tratamientos**

El agregado de la cantera “Aricota”, cumple con la gradación B de los requisitos de granulometría, presenta un buen peso específico, buena resistencia al desgaste por abrasión y durabilidad al ataque por sulfatos, por lo tanto puede ser utilizado como material de subbase y base para la vía del

proyecto. En el **Anexo 1.1** se observa el cuadro resumen de los ensayos de laboratorio para el suelo de cantera.

Para la conformación del agregado para la carpeta asfáltica, esta tendrá que ser zarandeado y chancado para cumplir con las especificaciones técnicas exigidas por la norma EG-2013.

## **CAPÍTULO VII**

### **DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO**

#### **7.1 GENERALIDADES**

La tesis trata el diseño estructural del pavimento flexible (capa sub-base, capa base y superficie de rodadura) y no desarrolla el diseño geométrico del trazo de la carretera.

Para el cálculo de los espesores del pavimento flexible se utilizó el método americano AASHTO 1993 adaptado a la realidad peruana, según se detalla en el Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito - MTC del Perú.

#### **7.2 ESTUDIO DE TRÁFICO**

Para calcular el tráfico de diseño en la carretera Ticaco – Candarave tramo Aricota – Quilahuani (km 146+500 – km 151+500), se ha visto por conveniente realizar el censo vehicular en el ingreso del pueblo de Tarata.

La ubicación de la estación para el conteo de vehículos en el pueblo de Tarata se hizo porque se estima que el tránsito vehicular en el tramo Aricota – Quilahuani (km 146+500 – km 151+500) será la misma por su cercanía y su similitud en la actividad agrícola.

El conteo de vehículos se hizo tomando como rango un periodo de 07 días (lunes a domingo) en octubre de 2012 y la proyección para 20 años.

**Cuadro C-VII-01**  
**Tránsito promedio diario anual (TPDA)**

VEHÍCULO	TIPO	TPDA	PORCENTAJE
<b>Autos y camionetas</b>	<b>A2</b>	<b>240</b>	<b>90</b>
<b>Buses</b>	<b>B2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>
<b>Camión 2E</b>	<b>C2</b>	<b>13</b>	<b>5</b>
<b>Camión 3E</b>	<b>C3</b>	<b>11</b>	<b>4</b>
<b>Total</b>		<b>268</b>	<b>100</b>

*Fuente: Datos obtenidos en el pueblo de Tarata, octubre de 2012.*

*Elaboración: Propia*

La tasa de crecimiento (r) se obtuvo aplicando los valores de elasticidad e indicadores macroeconómicos de población, per-cápita y PBI propuestos en el Estudio intermodal de transportes 2004 – 2023.

**Cuadro C-VII-02**  
**Tasa de crecimiento (r)**

Período 2010 -2031		
VEHÍCULO	TIPO	r
<b>Autos y camionetas</b>	<b>A2</b>	<b>3,9</b>
<b>Buses</b>	<b>B2</b>	<b>4,4</b>
<b>Camión 2E</b>	<b>C2</b>	<b>5,3</b>
<b>Camión 3E</b>	<b>C3</b>	<b>5,3</b>

*Fuente: Estudio de tráfico en el tramo Ticaco - Candarave, mayo de 2010.*

*Elaboración: Propia.*

De los cálculos realizados en el **Anexo 1.5**, se muestra el Tránsito de ejes equivalentes de 8,2 ton ( $W_{18}$ ) para un periodo de diseño  $n=10$  años y dos carriles de circulación, las mismas que son utilizadas en el departamento de Tacna.

$$W_{18} = 1,0 \times 10^5$$

### 7.3 PARÁMETROS DE DISEÑO

#### 7.3.1 Confiabilidad (R)

El método AASHTO recomienda para vías rurales de bajo volumen de tránsito un nivel de confiabilidad en el rango de 50 - 80%. En el Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito - MTC del Perú, considera niveles de confiabilidad según el tipo de tráfico.

Tipos de tráfico y sus rangos en número de repeticiones de ejes equivalentes:

T1: 50 000 a 150 000 EE

T2: 150 000 a 300 000 EE

T3: 300 000 a 600 000 EE

T4: 600 000 a 1 000 000 EE

Niveles de confiabilidad según el tipo de tráfico:

Para tráfico T1: confiabilidad 60% ( $Z_R = - 0,253$ )

Para tráfico T2: confiabilidad 70% ( $Z_R = - 0,524$ )

Para tráfico T3: confiabilidad 75% ( $Z_R = - 0,674$ )

Para tráfico T4: confiabilidad 80% ( $Z_R = - 0,841$ )

Para un  $W_{18} = 100\ 000$ , la confiabilidad en la carretera Ticaco – Candarave tramo Aricota – Quilahuani (km 146+500 – km 151+500) es:

**Confiabilidad 60% ( $Z_R = - 0,253$ )**

### 7.3.2 Desviación estándar (So)

El valor recomendado por la AASHTO para pavimentos flexibles es 0,45.

El Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito - MTC del Perú considera la desviación estándar igual a 0,45.

$$(S_o = 0,45)$$

### 7.3.3 Índice de durabilidad (PSI)

Según la AASHTO, para calcular la pérdida del índice de durabilidad utiliza la siguiente ecuación y recomienda los siguientes valores:

$$\Delta PSI = p_i - p_t$$

Donde:

$\Delta PSI$  = Pérdida del índice de durabilidad

$p_i$  = es 4,2 en pavimentos flexibles. Sin embargo, la AASHTO recomienda que cada agencia determine valores más seguros basados en sus propias condiciones.

$p_t$  = es 2,5 o 3,0 para carreteras principales y 2,0 para carreteras secundarias. Para casos en condiciones económicas restringidas se puede tomar el valor 1,5.

El “Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito - MTC del Perú 2008”, considera el índice de servicio inicial  $p_i$  4,0 y el índice de servicio final  $p_f$  1,5.

$$\Delta PSI = 2,5$$

#### 7.3.4 Módulo resiliente del suelo de fundación ( $M_R$ )

Ante la ausencia de este equipo y el tiempo para la ejecución de este ensayo, la guía AASHTO 1993 recomienda ecuaciones de correlación para el diseño de pavimentos flexibles.

El CBR de diseño es 32% en la carretera Ticaco – Candarave tramo Aricota – Quilahuani (km 146+500 – km 151+500), para ello utilizaremos la siguiente ecuación de correlación:  $M_R$  (psi) = 4326 x ln CBR + 241

$$M_R = 15\,200 \text{ psi}$$

#### 7.3.5 Coeficientes estructurales ( $a_i$ )

Según el **Cuadro C-II-12**, se tiene los coeficientes estructurales ( $a_i$ ), la cual se basa en los valores de CBR para el material de base granular y sub-base granular. Por lo tanto los coeficientes estructurales ( $a_i$ ) en la carretera Ticaco

– Candarave tramo Aricota – Quilahuani (km 146+500 – km 151+500)  
serán:

- Superficie de rodadura: Tratamiento Superficial Bicapa (TBS),  $a_1=0/\text{cm}$   
(no tiene aporte estructural)
- Base granular: CBR 80%,  $a_2=0,052/\text{cm}$
- Sub-base granular: CBR 40%,  $a_3=0,047/\text{cm}$

$a_1=0/\text{cm}$
$a_2=0,052/\text{cm}$
$a_3=0,047/\text{cm}$

### 7.3.6 Coeficientes de drenaje ( $m_i$ )

Para identificar el nivel de la calidad de drenaje de la capa base y sub-base, así como el tiempo de exposición próximo a la saturación de los mismos, se tomaron las siguientes consideraciones:

**Profundidad de la napa freática:** Según el estudio del suelo de fundación no se encontró agua subterránea, por lo tanto no afectará a la estructura proyectada.

**Precipitación:** De acuerdo al registro de precipitación **Anexo II**, se tiene seis meses de lluvia en la zona de estudio.

$$\% \text{ tiempo} = \frac{\text{meses de lluvia}}{\text{meses del año}} \times 100 = \frac{6}{12} \times 100 = 50\%$$

**Propiedades de los materiales:** Según el estudio del material de cantera se tiene un porcentaje de 4% menor a la malla N°200 (0,074 mm) y de acuerdo a los requerimientos EG-2013 del MTC, establece como máximo 15%. Además se utilizará estructuras adicionales como cunetas y alcantarillas; entonces se considera la calidad de drenaje como buena.

Por las consideraciones expuestas se tendrá una calidad de drenaje buena y un porcentaje de exposición próximo a la saturación 50%. De acuerdo al **Cuadro C-II-13** y **Cuadro C-II-14**, se tendrá para base granular  $m_2=1$  y sub-base granular  $m_3=1$ .

$m_2=1$
$m_3=1$

## 7.4 CÁLCULO DE LOS ESPESORES

A continuación se presenta un resumen de los resultados obtenidos para el diseño estructural del pavimento flexible en la carretera Ticaco – Candarave tramo Aricota – Quilahuani (km 146+500 – km 151+500).

Datos para calcular el Número estructural (SN):

$$W_{18} = 100\ 000; \text{ para } n = 10$$

$$Z_R = -0,253; \text{ para } R = 60\%,$$

$$S_o = 0,45$$

$$\Delta PSI = 2,5$$

$$M_R = 15\ 200 \text{ psi}; \text{ para } CBR = 32\%$$

$$SN = 1,50 \text{ (requerido)}$$

Coefficientes estructurales:

$$a_1 = 0 / \text{cm}$$

$$a_2 = 0,052 / \text{cm}$$

$$a_3 = 0,047 / \text{cm}$$

$$m_2 = 1$$

$$m_3 = 1$$

Utilizando el valor SN requerido, los coeficientes estructurales y los espesores mínimos recomendados (**Cuadro C-II-11**), en la ecuación de la AASHTO 1993, se obtiene los espesores del pavimento flexible:

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$

$$SN = 0 (0) + 0,052 (15) (1) + 0,047 (15) (1)$$

$$SN = 1,49 \text{ (cumple el SN requerido)}$$

Según la AASHTO, la ecuación SN no tiene solución única. Modificando las combinaciones de los espesores de cada capa y respetando los espesores mínimos, puede obtenerse un mismo número estructural.

Por lo tanto, tomando en consideración todos los datos antes mencionados, se tendrá la siguiente estructura del pavimento flexible para un suelo de fundación con CBR de diseño = 32%.

### Cuadro C-VII-03

#### Propuesta para los espesores del pavimento flexible

ESTRUCTURA	ESPESORES	
	(pulgadas)	(centímetros)
Tratamiento Superficial Bicapa (TSB)	0	0
Base granular	6	15
Sub-base granular	6	15

*Fuente: Datos obtenidos del diseño del pavimento flexible en el tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 – km 151+500).*

El tramo de la carretera presenta una pendiente menor a 7%, por lo tanto no será necesario colocar una carpeta asfáltica en frío con asfalto emulsionado de espesor mínimo 3,0 cm .

El Tratamiento Superficial Bicapa (TSB) no tiene aporte estructural sobre la capa base granular y la capa sub-base granular. El TSB consiste en el roseado de una capa de imprimación, capa de arena, capa de imprimación y finalmente una capa de arena.

En el **Mapa M-09** se muestra el mapa del diseño estructural del pavimento adoptado para la carretera Ticaco – Candarave tramo Aricota – Quilahuani (km 146+500 – km 151+500). El diseño estructural del pavimento flexible

calculado será aplicado bajo la responsabilidad del contratista y la supervisión del proyecto.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

Para poder diseñar la estructura de un pavimento flexible se debe tener en cuenta cuatro factores fundamentales: estudio de tráfico, estudio de suelos, datos de precipitación y un método de diseño.

El diseño del pavimento va depender directamente según el tránsito proyectado para un período de diseño. El tránsito proyectado en la carretera Ticaco – Candarave tramo Aricota – Quilahuani (km 146+500 – km 151+500) para un período de 10 años es bajo ( $1,0 \times 10^5$ ) porque la mayoría de vehículos que transitan son de tipo A2 (autos y camionetas) y este tipo de vehículo es insignificante para obtener un tránsito alto. Sin embargo los vehículos de mayor interés que son los de tipo B2 (buses), C2 (camión de 2 ejes) y C3 (camión de 3 ejes) transitan con baja frecuencia. Por lo tanto según Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, para un tránsito bajo se utilizará una superficie de rodadura de tipo Tratamiento Superficial Bicapa.

En el tramo de la carretera estudiada, se observa cuatro tipos de suelos en el suelo de fundación, distribuido de la siguiente manera: Suelos GP y SP desde el km 146+500 hasta el km 150+000. Suelos GW-GM y SP-SM desde el km 150+000 hasta el km 151+500. Existe una zona puntual como en la progresiva 146+500 donde el suelo está conformado por un suelo GC que tiene un IP=18% (suelo arcilloso), en este caso se debe eliminar el material inadecuado y colocar un material de reemplazo con CBR mayor a 10% e IP menor a 10%.

Del perfil estratigráfico de calicatas, se observa que desde el km 150+550 hasta el km 151+500, a una profundidad de 0,85 m a 1,40 m se encuentra roca volcánica de tipo riolita perteneciente a la Formación Toquepala.

De los ensayos efectuados en el suelo de cantera, se tiene como resultado que: La granulometría cumple con la gradación B. El índice plástico IP no presenta, los requisitos son para subbase granular (6% máx.) y para base granular (4% máx.). El CBR es igual a 100%, los requisitos son para subbase granular (Mín. 40%) y para base granular (Mín. 80%). El desgaste por abrasión del agregado es inferior a 22%, los requisitos son para subbase (máx. 50%) y base (máx. 40%). La durabilidad del ataque por sulfato de sodio es inferior al 10%, el requisito es para base granular (máx. 18%). Las

sales solubles totales es menor a 0,02%, los requisitos son para subbase (1% máx.) y base (0,5% máx.); por lo tanto el suelo de cantera es apto para ser utilizado como subbase y base del pavimento flexible.

El tránsito pronosticado es 100 000 ejes equivalentes de 8,2 toneladas para un periodo de 10 años. Como el tránsito es menor a 1 000 000 entonces se utilizará el *“Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito - MTC del Perú”*. Caso contrario, si el tránsito sea mayor a 1 000 000 se utilizará la *“Guía para el Diseño de Estructuras de Pavimentos AASHTO 1993”*, para calcular los espesores de las capas del pavimento flexible.

El CBR de diseño en el suelo de fundación de la carretera Ticaco – Candarave tramo Aricota – Quilahuani (km 146+500 – km 151+500) es 32% y según el *“Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito - MTC del Perú”*, el suelo de fundación se clasifica como muy bueno (CBR>20%). En caso que el suelo de fundación sea de mala calidad (CBR < 6%), se procede a eliminar el material inadecuado y se coloca un material granular con CBR mayor a 10% e IP menor a 10%. También se puede estabilizar el suelo de fundación para mejorar su calidad. La estabilización del suelo de fundación se puede hacer

con cemento, cal, sal, asfalto y geotextil. La alternativa a elegir será determinada de acuerdo al análisis técnico – económico comparativo.

El diseño estructural del pavimento flexible en la carretera Ticaco – Candarave tramo Aricota – Quilahuani (km 146+500 – km 151+500) se hizo utilizando los parámetros establecidos por el “*Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito - MTC del Perú*”. Este manual utiliza el método americano AASHTO 1993, sin embargo este método se encuentra adaptado a la realidad peruana. Es por eso que algunos parámetros no coinciden con el método original, sobre todo los espesores mínimos recomendados para el diseño estructural del pavimento flexible.

El cumplimiento de los requerimientos de granulometría y valores mínimos de CBR para la capa base granular y la capa sub-base granular indicados por las “*Especificaciones Técnicas Generales para la construcción de carreteras EG-2013*”, y los espesores mínimos recomendados por el “*Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito - MTC del Perú*” garantizan la calidad de la estructura del pavimento flexible.

El número estructural SN del suelo de fundación es igual a 1,50. La estructura adoptada en esta tesis, presenta una sola alternativa de diseño como la más económica porque respetando los espesores mínimos se cumple el valor SN requerido. Para casos con tránsito de ejes equivalentes de 8,2 toneladas ( $W_{18}$ ) mayor a 150 000, se utilizará una superficie de rodadura de tipo: carpeta asfáltica en frío y carpeta asfáltica en caliente.

Los espesores de la estructura del pavimento flexible en la carretera Ticaco – Candarave tramo Aricota – Quilahuani (km 146+500 – km 151+500) para un CBR de diseño = 32% será de la siguiente manera: para la superficie de rodadura un espesor de 0 cm de tipo Tratamiento Superficial Bicapa (TSB), para la capa base granular un espesor de 15 cm y finalmente para la capa sub-base granular un espesor de 15 cm .

El tramo de la carretera en estudio presenta una pendiente menor a 7%, por lo tanto no será necesario colocar una carpeta asfáltica en frío con asfalto emulsionado de espesor mínimo 3,0 cm .

La diferencia que existe entre la estructura del pavimento propuesto por la tesis y del expediente técnico “Mejoramiento de la carretera TA-109: tramo Ticaco – Candarave” realizado por el Gobierno Regional de Tacna, es en el

espesor de la subbase granular. La tesis propone para la subbase granular un espesor de 15 cm y el expediente técnico propone un espesor de 20 cm . Además se observó que el expediente técnico no utilizó el percentil al 75% para calcular el CBR de diseño en el suelo de fundación y también no se utilizaron los coeficientes estructurales ( $a_1$ ,  $a_2$  y  $a_3$ ) establecidos para calcular los espesores de las capas del pavimento flexible, establecido en el *“Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito - MTC del Perú, 2008”*.

## RECOMENDACIONES

En el diseño de la estructura del pavimento flexible, se propone una superficie de rodadura de tipo Tratamiento Superficial Bicapa (TSB), el cual cumple con las normas indicadas en el “*Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de bajo Volumen de Tránsito, MTC del Perú, 2008*”. Sin embargo se recomienda utilizar micropavimentos, el cual es más durable y económico.

Para la construcción de los puentes en los ríos Salado y Callazas se recomienda: 1) Utilizar cimentaciones profundas tipo pilotes de concreto a una profundidad que alcance el basamento rocoso. Esta estructura geotécnica es utilizada para cimentaciones en suelos blandos (cohesivos y granulares) y evitará que queden colgados debido a la profundización de los ríos. 2) Cambiar el trazo del eje de la vía por la carretera afirmada que pasa por los pueblos de Mullini y Totorá hasta llegar al pueblo de Candarave, en donde la longitud de los puentes son más angostos y para su construcción son más económicos.

Durante los trabajos de campo en el suelo de fundación no se ha encontrado niveles freáticos superficiales que afecte la estabilidad de la estructura del

pavimento flexible en el tramo de estudio, en consecuencia no es necesaria la construcción de obras de sub-drenaje.

Es necesario seguir estrictamente el “*Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras EM-2000*” durante los ensayos de laboratorio, para evitar errores y garantizar la calidad de los datos y su correspondiente caracterización del suelo de fundación y el suelo de cantera.

## BIBLIOGRAFÍA

- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO) (1993), *“Guide for Design of Pavement Structures”*, Washington – USA.
- ACOSTA Harmuth, MAMANI Miriam, ALVÁN Aldo, OVIEDO Martín, RODRIGUEZ Juan, (2011), *“Geología de los cuadrángulos de Pachía y Palca”*, Boletín N° 139, Hojas 36-v y 36-x, INGEMMET, Lima – Perú.
- ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C., (2010), *“Estudios Geotécnicos y Diseño de Pavimento”*, Licitación Pública LP-003-2010, Bogotá – Colombia.
- BERRIOS F. Karina, (2001), *“Evaluación Geotécnica y Diseño del Pavimento del Tramo Imperial – Izcuchaca Dpto. Huancavelica”*, Tomo I y II, UPT, Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, Tacna - Perú.
- CARITA E. Jesús, (2004), *“Procedimientos Geotécnicos para el Diseño Estructural del Pavimento de la Carretera Costanera Sur, Tramo II (km 5+000 – km 10+000)”*, UNJBG, Tesis para optar el Título de Ingeniero Geólogo – Geotécnico, Tacna - Perú.

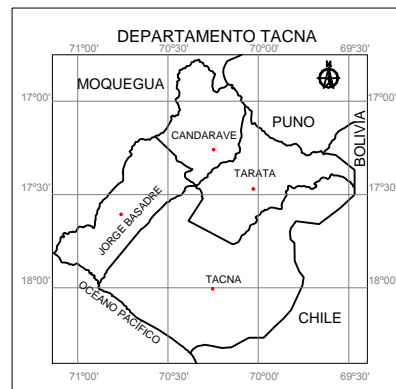
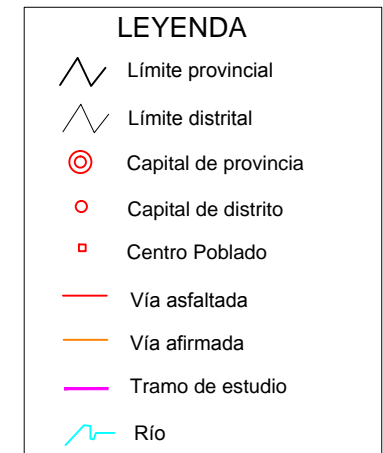
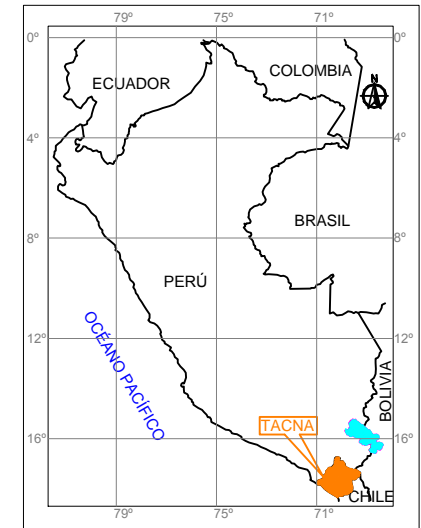
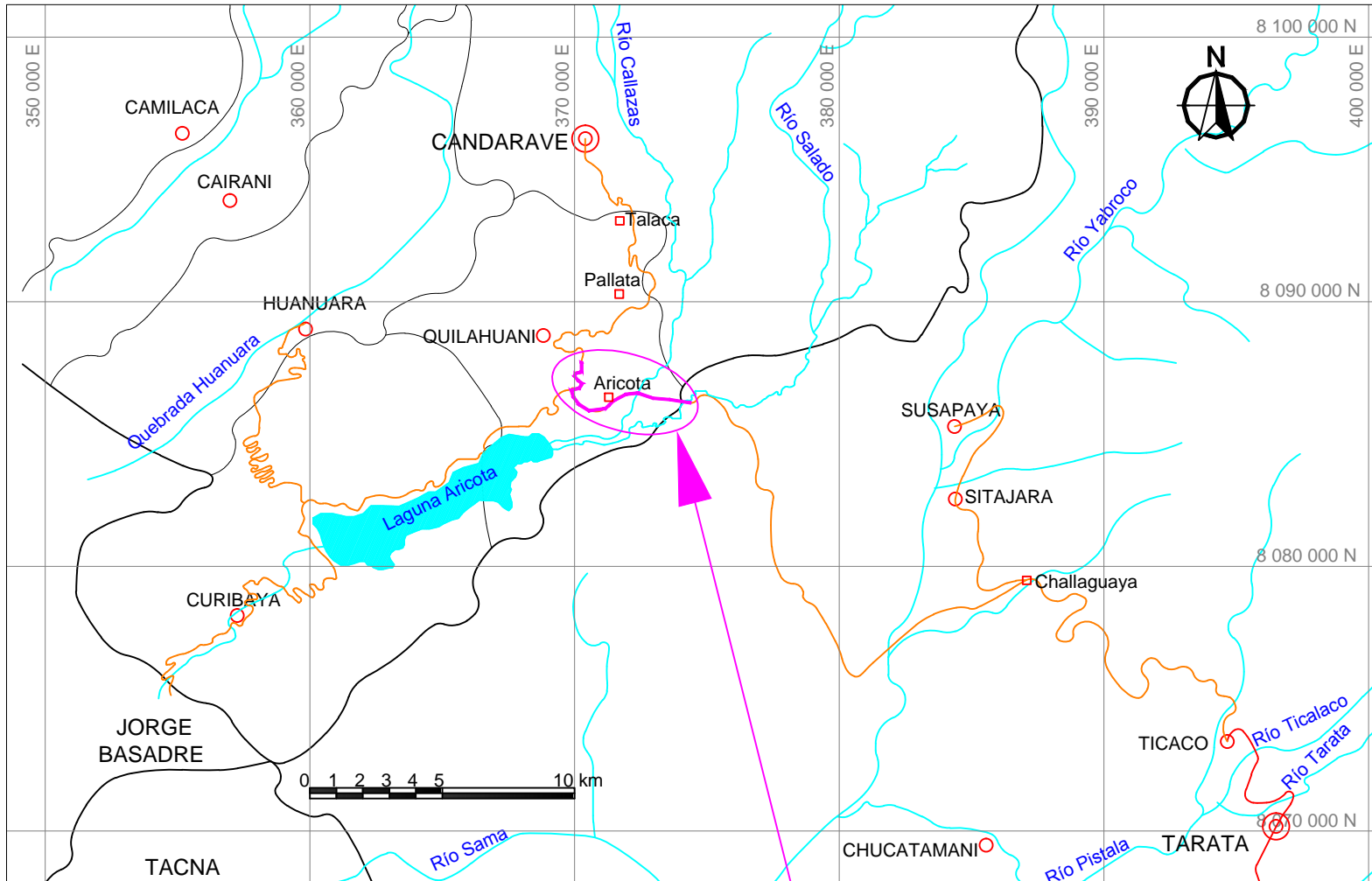
- CHANG A. Carlos, (2007), ***“Pavimentos, un enfoque al futuro”***, 2da Edición, Instituto de la Construcción y Gerencia ICG, Lima – Perú.
- DERRUAU Max, (1966), ***“Geomorfología”***, Ediciones Ariel, Barcelona – España.
- GARBER Nicholas, Hoel Lester, (2005), ***“Ingeniería de Tránsito y de Carreteras”***, 3ra Edición, Universidad de Virginia, Thomson Editores S.A. de C.V., México.
- GOBIERNO REGIONAL DE TACNA, (2012), ***“Mejoramiento de la Carretera TA-109 Tramo Ticaco – Candarave”***, Expediente Técnico (Estudio de Suelos, Canteras y Diseño de Pavimentos), Tacna – Perú.
- GOBIERNO REGIONAL DE TACNA, (2012), ***“Estudio de Geofísica realizado en el Río Salado, Río Callazas y en la Estructura de Colapso Pallata”***, Subgerencia de Estudios, Gerencia de Infraestructura, Tacna – Perú.
- JAÉN L. Hugo, (1965), ***“Geología del Cuadrángulo de Tarata”***, Boletín N° 11, Hoja 35-v, INGEMMET, Lima – Perú.
- KRAEMER Carlos, PARDILLO José, ROCCI Sandro, ROMANA Manuel, SÁNCHEZ B. Víctor, DEL VAL Miguel, (2004), ***“Ingeniería de Carreteras”***, Vol. II, McGRAW-HILL, Madrid – España.
- LUQUE T. Adriana, PEREZ A. Isaías, (1998), ***“Metodología de la Investigación Científica”***, ALQ Asesores Asociados, Tacna – Perú.

- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES DEL PERÚ (MTC), (2008), ***“Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito”***, Lima – Perú.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES DEL PERÚ (MTC), (2000), ***“Manual de Ensayos de Materiales EM-2000”***, Lima – Perú.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES DEL PERÚ (MTC), (2013), ***“Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras EG-2013”***, Lima – Perú.
- MONTEJO F. Alfonso, (2006), ***“Ingeniería de Pavimentos”***, 3ra Edición, Universidad Católica de Colombia, Bogotá D.C.
- MUNICIPALIDAD DISTRICTAL DE ILABAYA, (2003), ***“Mejoramiento de la Carretera Ilabaya Tramo Oconchay – Mesa Chica a Nivel de Asfaltado”***, Expediente Técnico Anexo A (Estudio de Suelos, Canteras, Fuentes de Agua y Diseño de Asfalto), Anexo B (Estudio Geotécnico y Simulación Hidráulica Fluvial), Tacna - Perú.
- MENÉNDEZ A. José, (2009), ***“Ingeniería de Pavimentos”***, 1ra Edición, Instituto de la Construcción y Gerencia ICG, Lima – Perú.
- PONCE P. Nora, ARCE Z. Patricia, (2003), ***“Estudio Geotécnico Carretera Puno – Moquegua Tramo Huacochullo – Titiri km 87+500”***

*al 104+000*”, UPT, Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, Tacna - Perú.

- RICO R. Alfonso, TÉLLEZ G. Rodolfo, GARNICA A. Paúl, (1998), *“Pavimentos Flexibles. Problemática, Metodologías de Diseño y Tendencias”*, Instituto Mexicano del Transporte, Publicación N° 104, México.
- UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN DE TACNA, (2002), *“Estudio Mapa de Peligros de la Ciudad de Candarave”*, convenio UNJBG - INDECI – Proyecto PNUD PER 98/018, Tacna – Perú.
- VIVAR R. Germán, (1995), *“Diseño y Construcción de Pavimentos”*, 2da Edición, Colegio de Ingenieros del Perú, Lima – Perú.

**MAPAS**



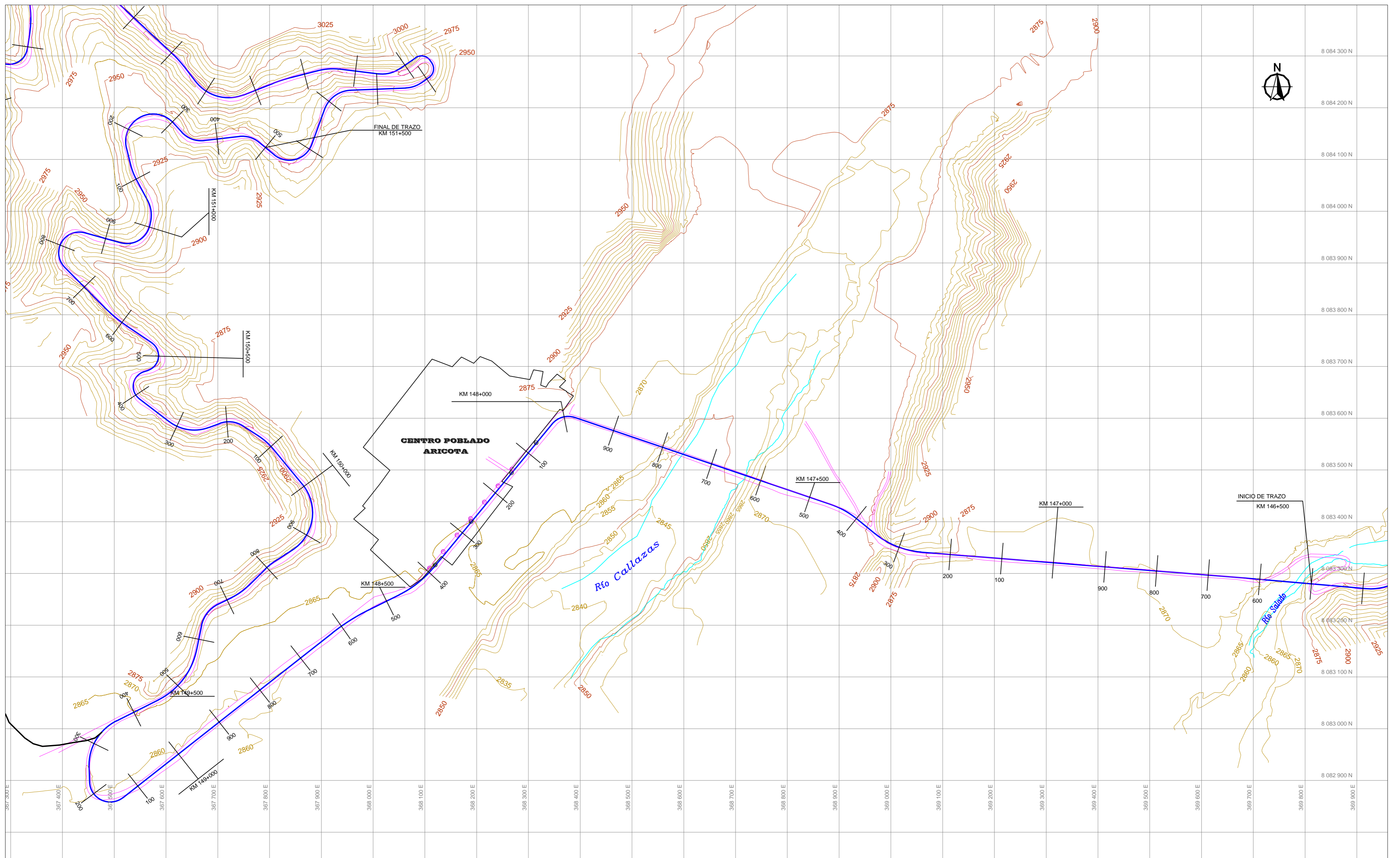
**AREA DE ESTUDIO**

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA**  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTECNIA

**ESTUDIO GEOTÉCNICO DE SUELOS PARA DISEÑAR LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EN LA CARRETERA TICACO - CANDARAVE, TRAMO ARICOTA - QUILAHUANI (km 146+500 - km 151+500)**

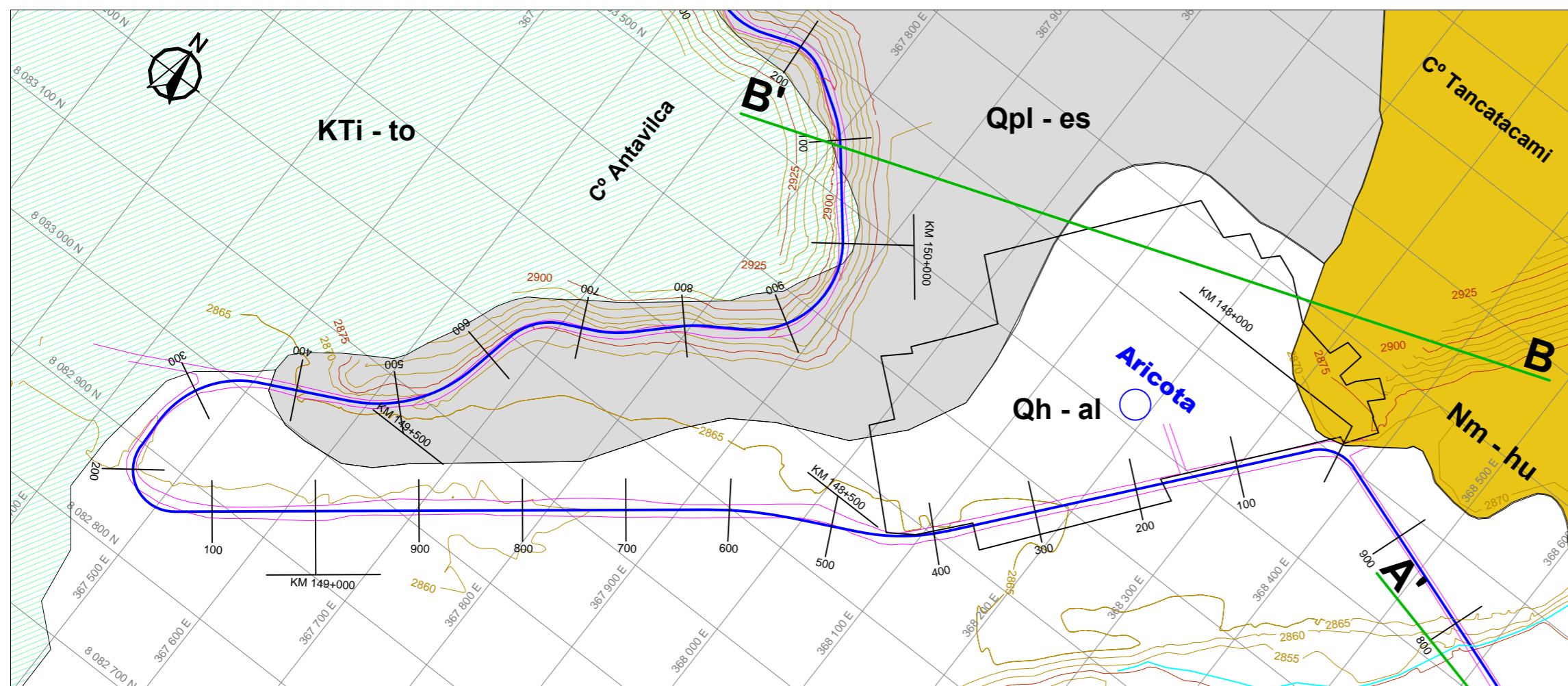
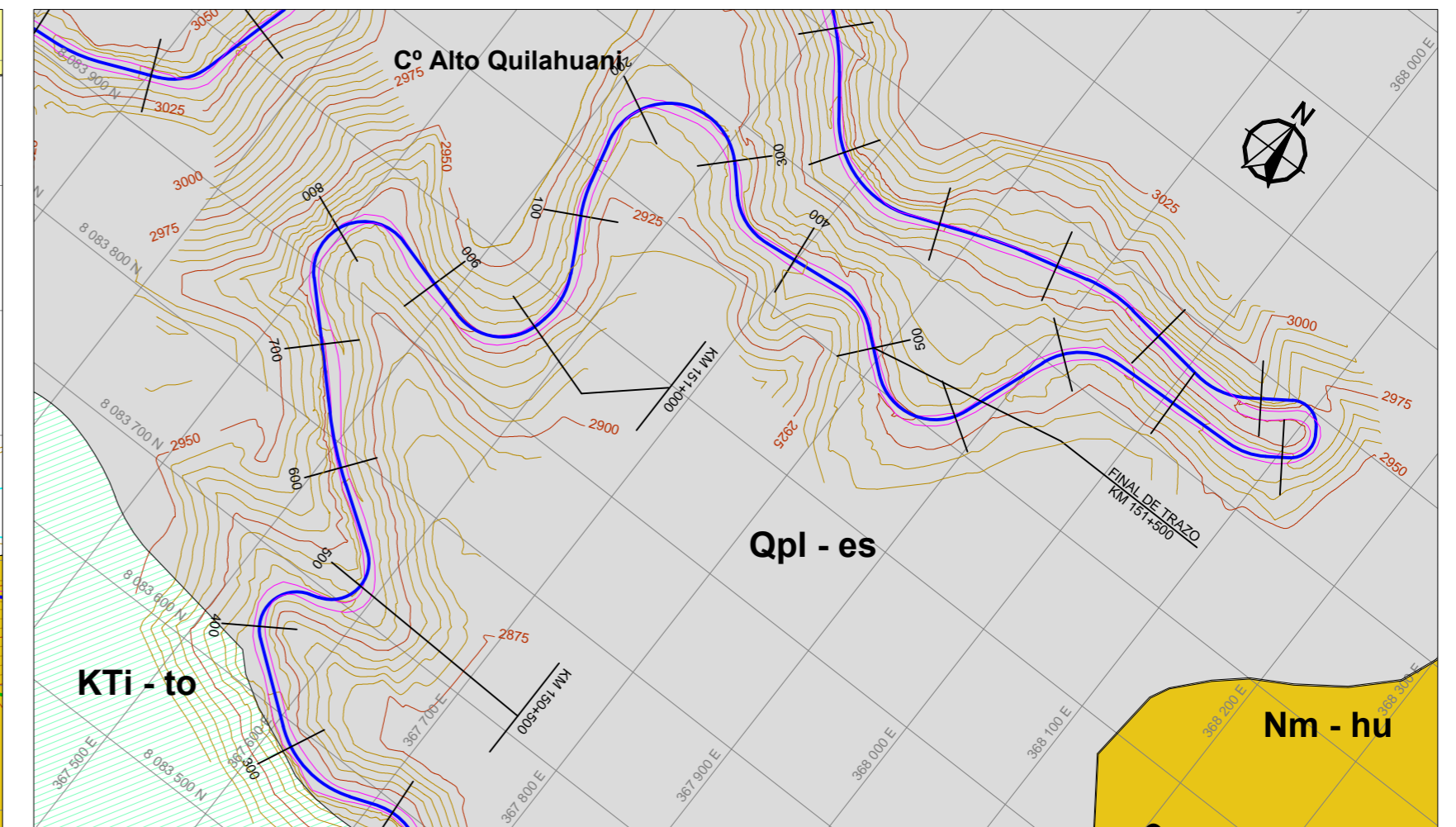
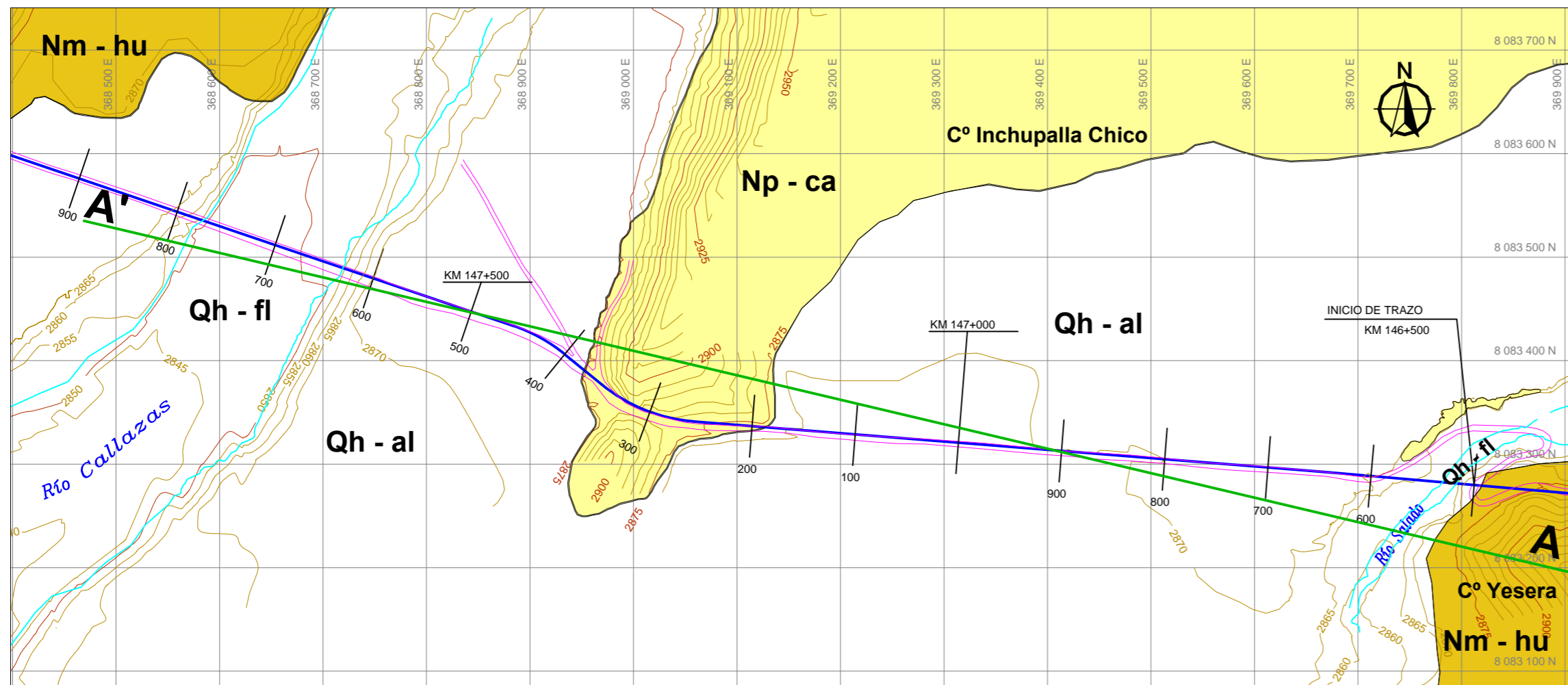
**MAPA DE UBICACIÓN**

ESCALA : 1:250 000	FECHA : 2012-08	DATUM : WGS 84	REALIZADO POR : BACH. MARCO ANTONIO OCHOA CALIZAYA	ILUSTRACIÓN Nº : <b>M - 01</b>
FUENTE : IGN 2000	DIBUJO : M.A.O.C.	ZONA : 19 SUR	PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO GEÓLOGO - GEOTÉCNICO	



LEYENDA	
	Curva de nivel
	Trocha actual
	Eje de vía
	Río

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA				
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTECNIA				
ESTUDIO GEOTÉCNICO DE SUELOS PARA DISEÑAR LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EN LA CARRETERA TICACO - CANDARAVE, TRAMO ARICOTA - QUILAHUANI (km 146+500 - km 151+500)				
<b>MAPA TOPOGRÁFICO</b>				
ESCALA: 1:5.000	FECHA: 2013-10	DATUM: WGS 84	REALIZADO POR: BACH. MARCO ANTONIO OCHOA CALIZAYA	ILUSTRACIÓN Nº: M - 02
FUENTE: GRT 2012	DIBUJO: M.A.O.C.	ZONA: 19 SUR	PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO GEÓLOGO - GEOTÉCNICO	



### LEYENDA

TIEMPO GEOLOGICO	UNIDADES CRONOESTRATIGRAFICAS	UNIDADES LITO-ESTRATIGRAFICAS	ROCAS SED. Y VOLC.	TIPO DE DEPÓSITO
0.01	CUATERNARIO	HOLOCENO	Depósitos Fluviales	Qh - fl Arenas, cantos y bloques.
		PLEISTOCENO	Depósitos Aluviales	Qh - al Gravas subredondeadas, arenas gruesas, arenas limosas y gravas arcillosas.
1.8	TERCIARIO	NEOGENO	Depósitos de Escombros	Qpl - es Gravas angulosas, arenas gruesas y arenas limosas.
		MIOCENO	Formación Capillune	Np - ca Roca volcánica - sedimentaria compuesta por gravas, arenas y tobas de color blanquecino.
22.5	CRETACEO	SUPERIOR	Formación Huayllillas	Nm - hu Roca volcánica compuesta por piroclastos de ignimbrita de color rozado rojizo.
			Formación Toquepala	KTi - to Roca volcánica compuesta por riolita de color marrón rojizo.

### SIMBOLOGÍA

	Curva de nivel
	Trocha actual
	Eje de vía
	Río

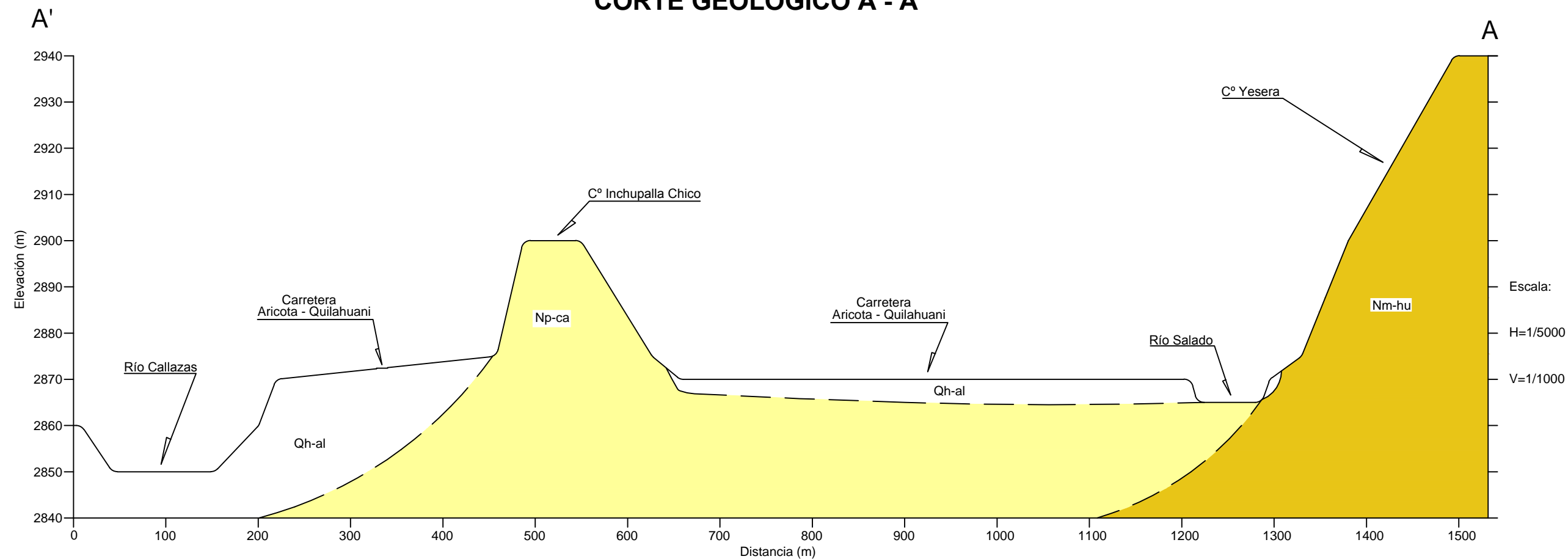
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA**  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTECNIA

**ESTUDIO GEOTÉCNICO DE SUELOS PARA DISEÑAR LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EN LA CARRETERA TICACCO - CANDARAVE, TRAMO ARICOTA - QUILAHUANI (km 146+500 - km 151+500)**

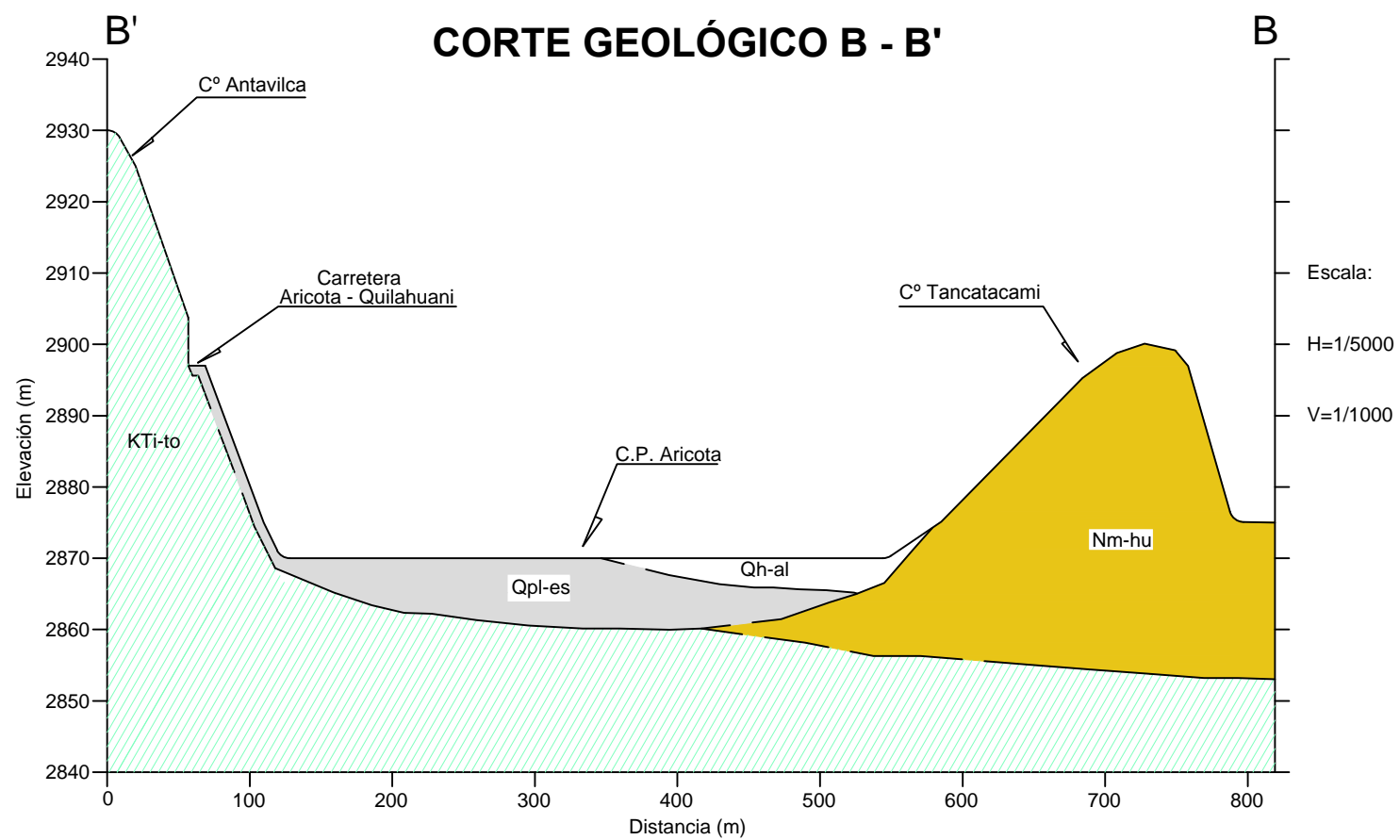
### MAPA GEOLÓGICO

ESCALA: 1:5 000	FECHA: 2013-08	DATUM: WGS 84	REALIZADO POR: BACH. MARCO ANTONIO OCHOA CALZAYA	ILUSTRACIÓN N°: M - 03
FUENTE: INGEMMET 1998	DIBUJO: M.A.O.C.	ZONA: 19 SUR	PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO GEÓLOGO - GEOTÉCNICO	

### CORTE GEOLÓGICO A - A'



### CORTE GEOLÓGICO B - B'



#### LEYENDA

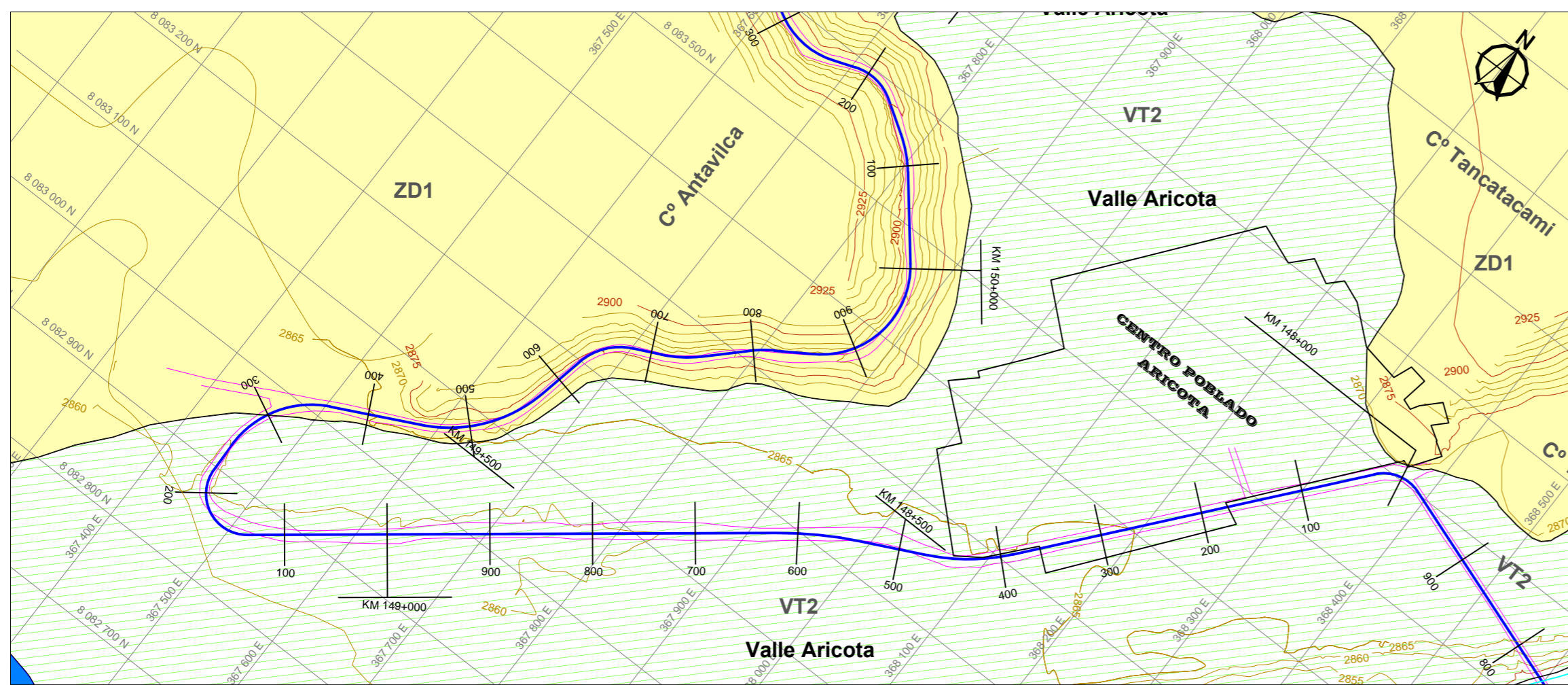
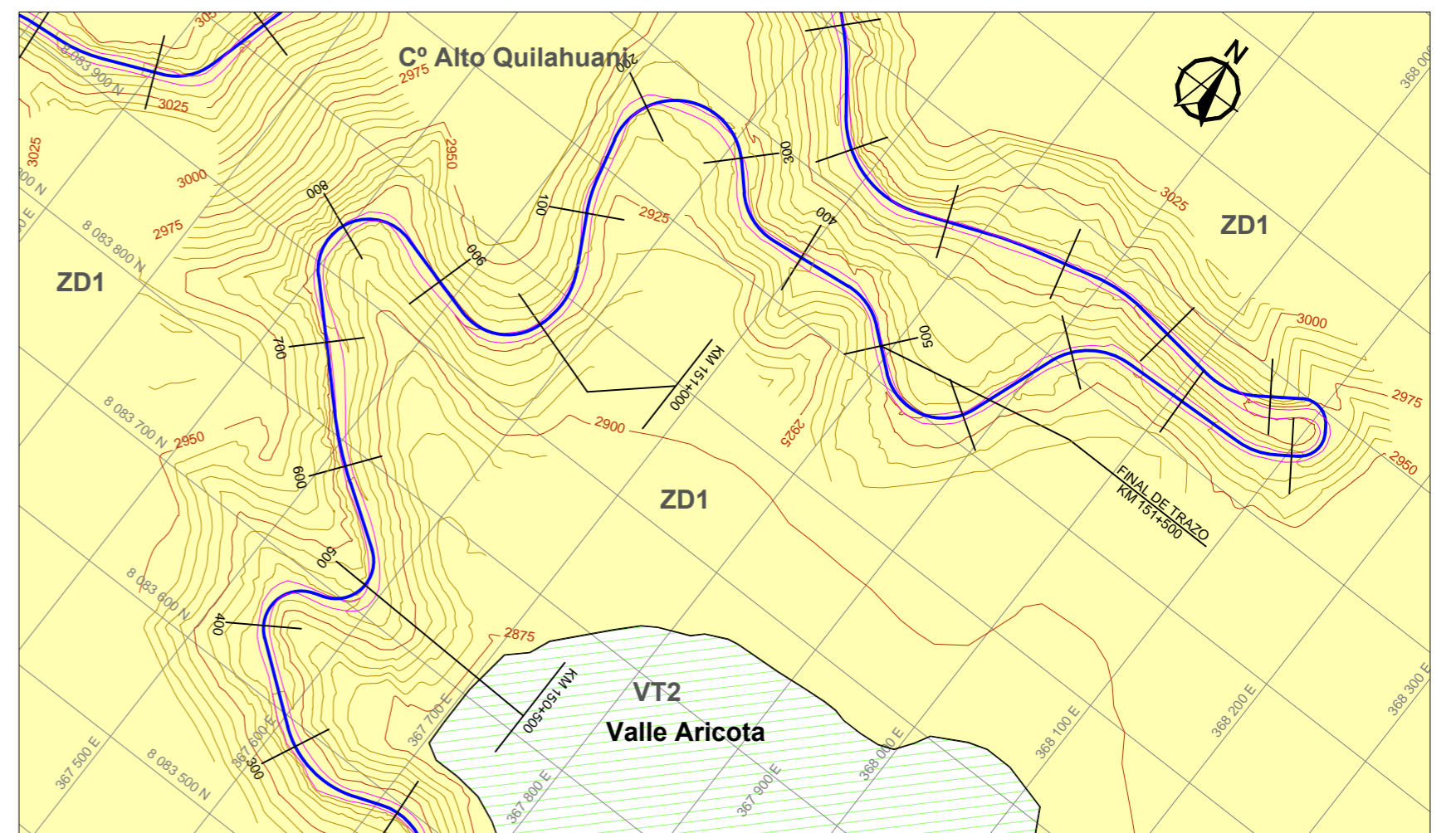
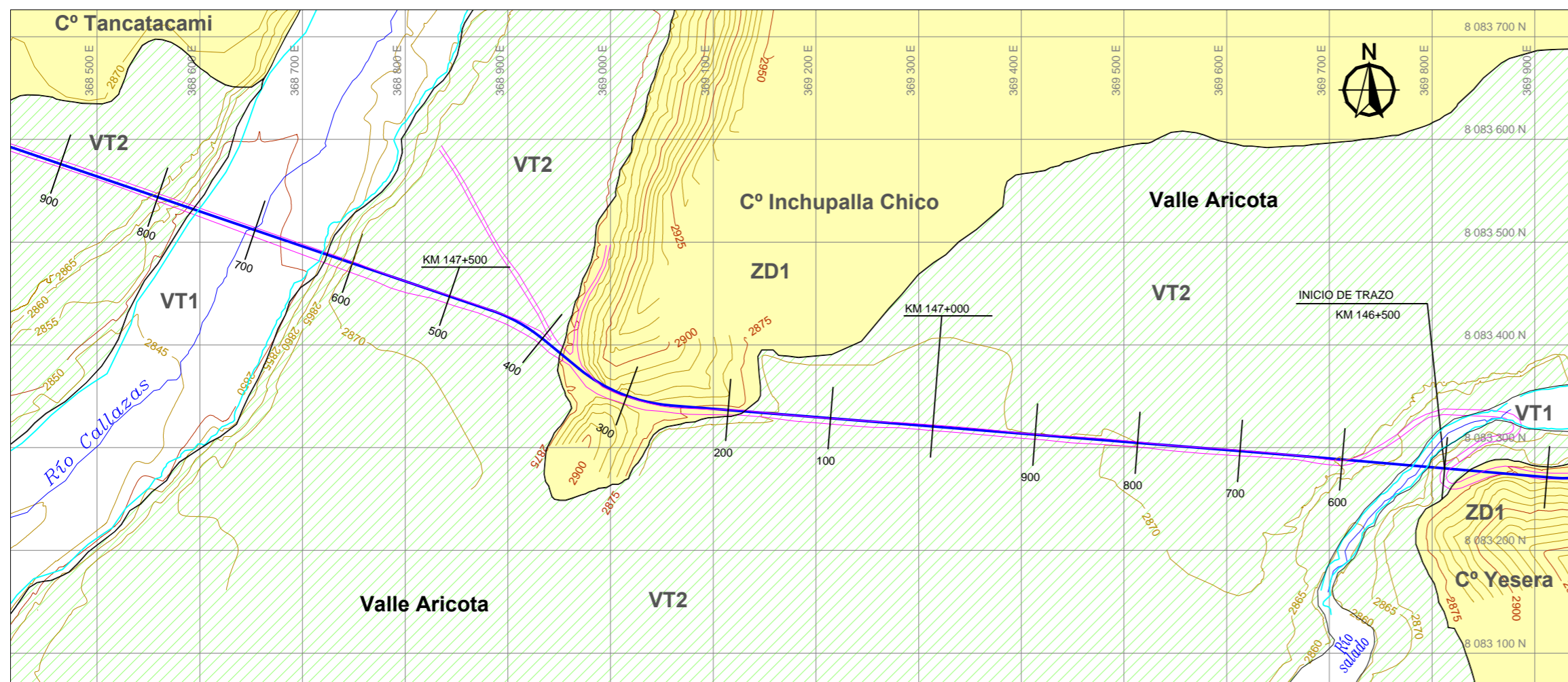
Depósitos aluviales	Qh - al
Depósitos de escombros	Qpl - es
Formación Capillune	Np - ca
Formación Huaylillas	Nm - hu
Formación Toquepala	KTi - to

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA**  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTECNIA

ESTUDIO GEOTÉCNICO DE SUELOS PARA DISEÑAR LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO  
 EN LA CARRETERA TICACO - CANDARAVE, TRAMO ARICOTA - QUILAHUANI  
 (km 146+500 - km 151+500)

#### CORTE GEOLÓGICO

ESCALA: H= 1 / 5000 V= 1 / 1000	FECHA: 2013-10	DATUM: WGS 84	REALIZADO POR: BACH. MARCO ANTONIO OCHOA CALIZAYA	ILUSTRACIÓN Nº: <b>M - 04</b>
FUENTE: GRT 2012	DIBUJO: M.A.O.C.	ZONA: 19 SUR	PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO GEÓLOGO - GEOTÉCNICO	



SIMBOLOGÍA	
	Curva de nivel
	Trocha actual
	Eje de vía
	Río

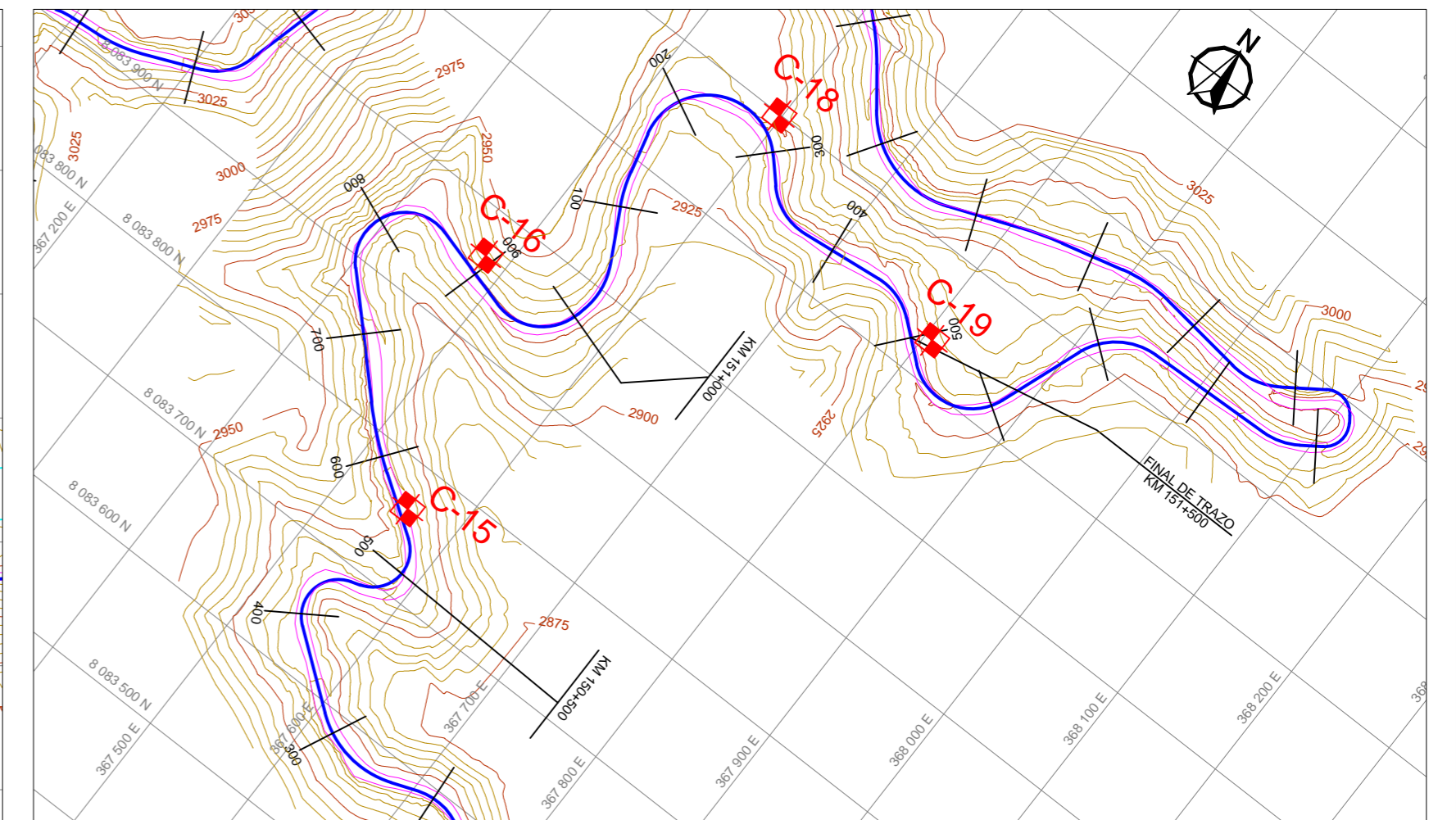
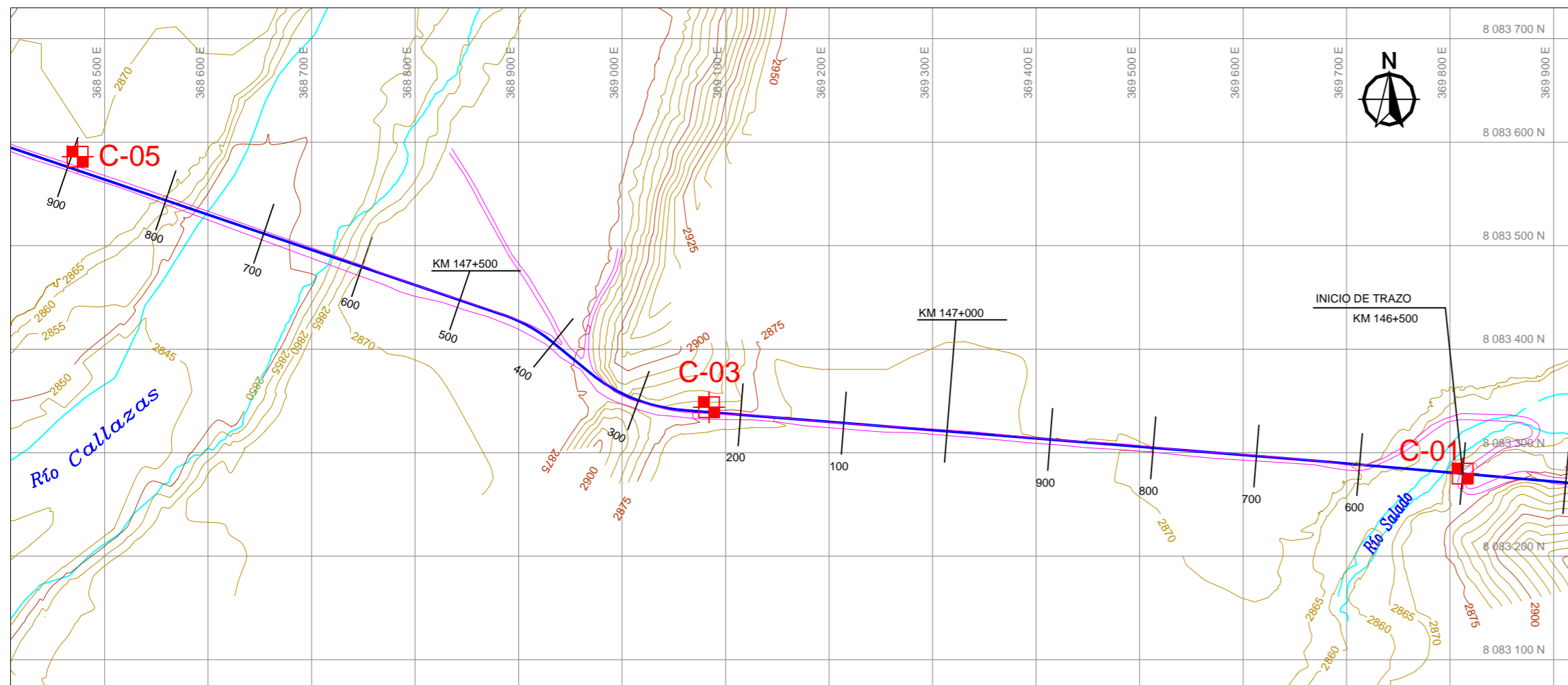
LEYENDA		
SUB UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
ZONA DISECTADA		ZD1 Cerros altos disectados. Algunos son utilizados como terrenos de cultivo en forma de andenes.
TERRAZA BAJA		VT1 Terraza baja en forma de quebradas. En estas quebradas se encuentran los ríos Callazas y Salado.
TERRAZA ALTA		VT2 Terraza alta en forma de valle. Es utilizado para la agricultura y áreas de viviendas.

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA**  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTECNIA

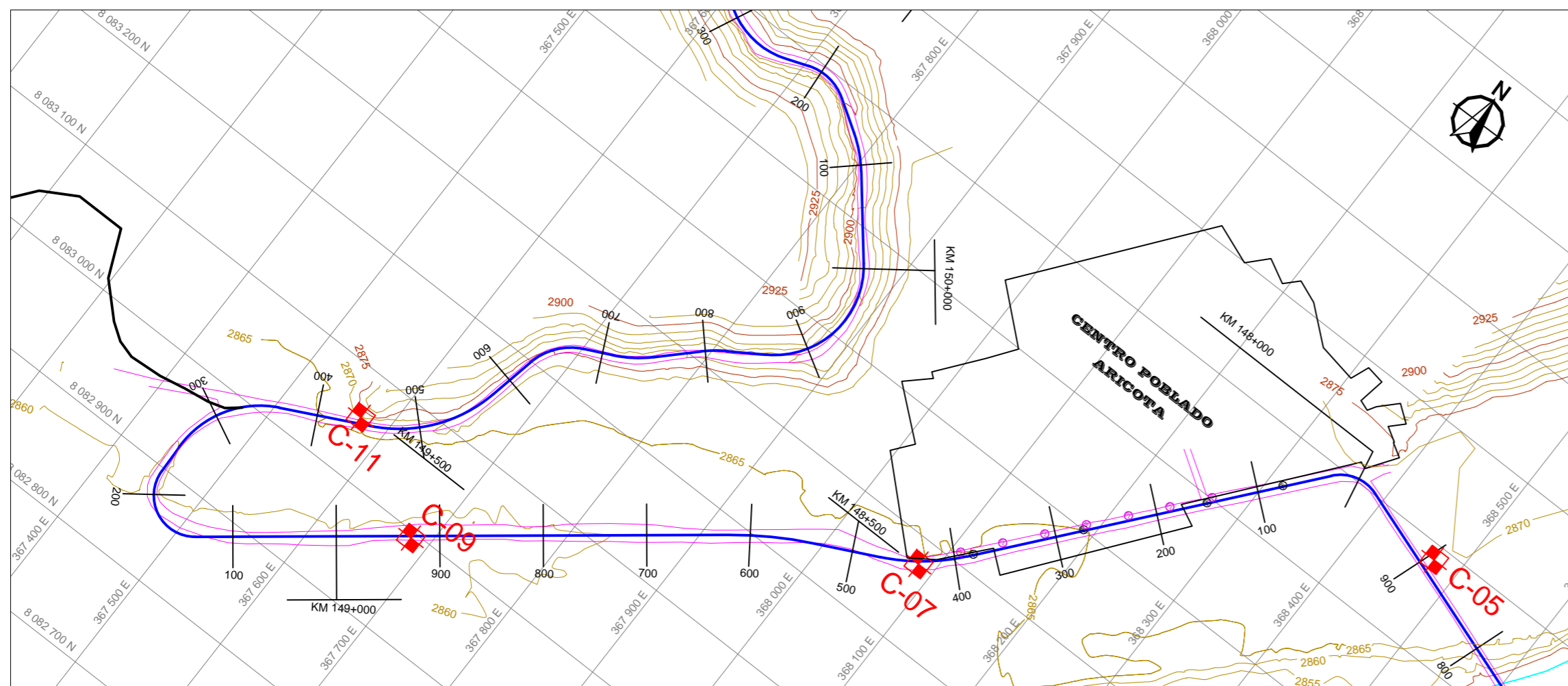
**ESTUDIO GEOTÉCNICO DE SUELOS PARA DISEÑAR LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EN LA CARRETERA TICACO - CANDARAVE, TRAMO ARICOTA - QUILAHUANI (km 146+500 - km 151+500)**

**MAPA GEOMORFOLÓGICO**

ESCALA: 1:5 000	FECHA: 2013-08	DATUM: WGS 84	REALIZADO POR: BACH. MARCO ANTONIO OCHOA CALZAYA	ILUSTRACIÓN N°: M - 05
FUENTE: INGEMMET 1998	DIBUJO: M.A.O.C.	ZONA: 19 SUR	PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO GEÓLOGO - GEOTÉCNICO	



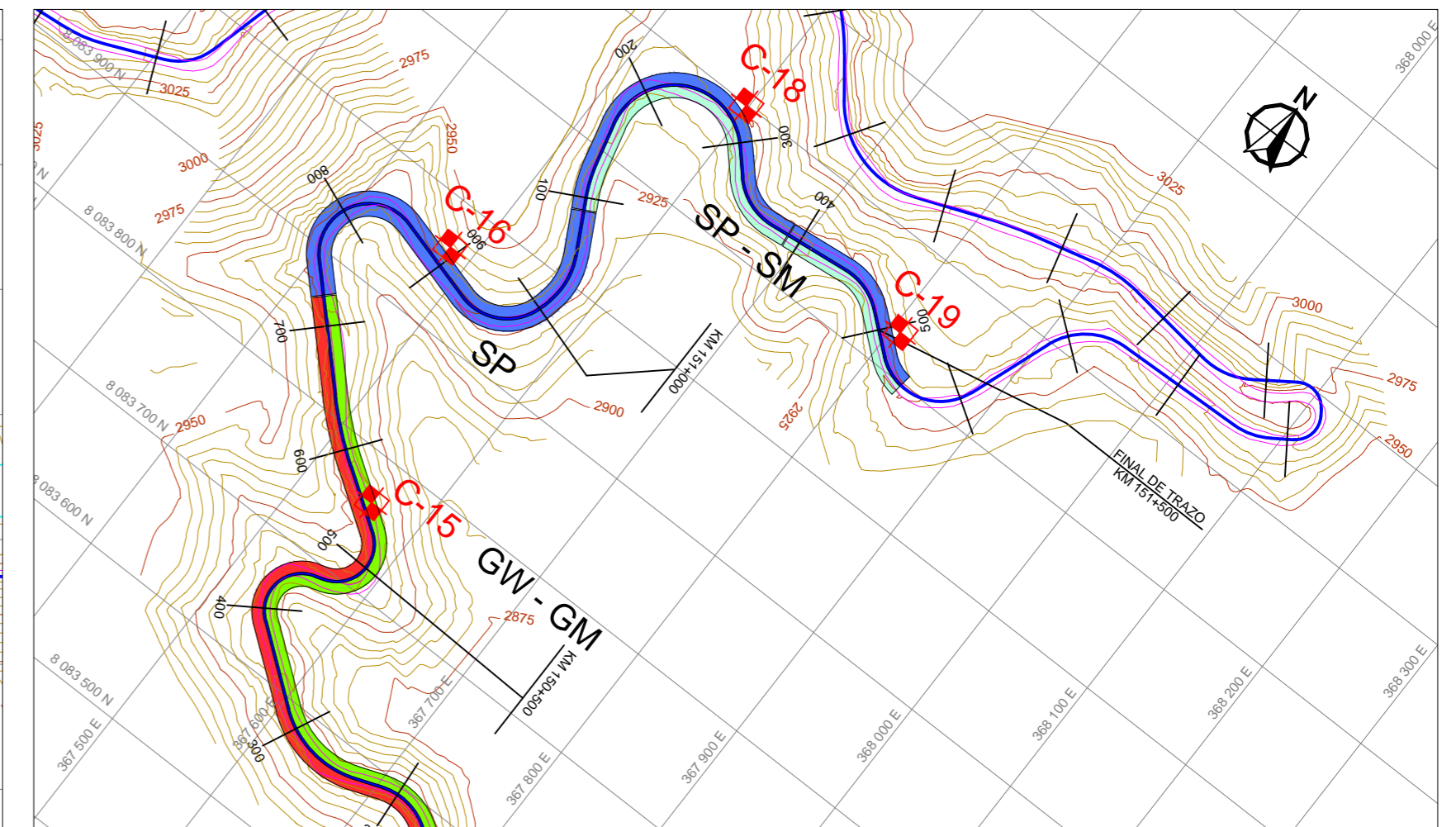
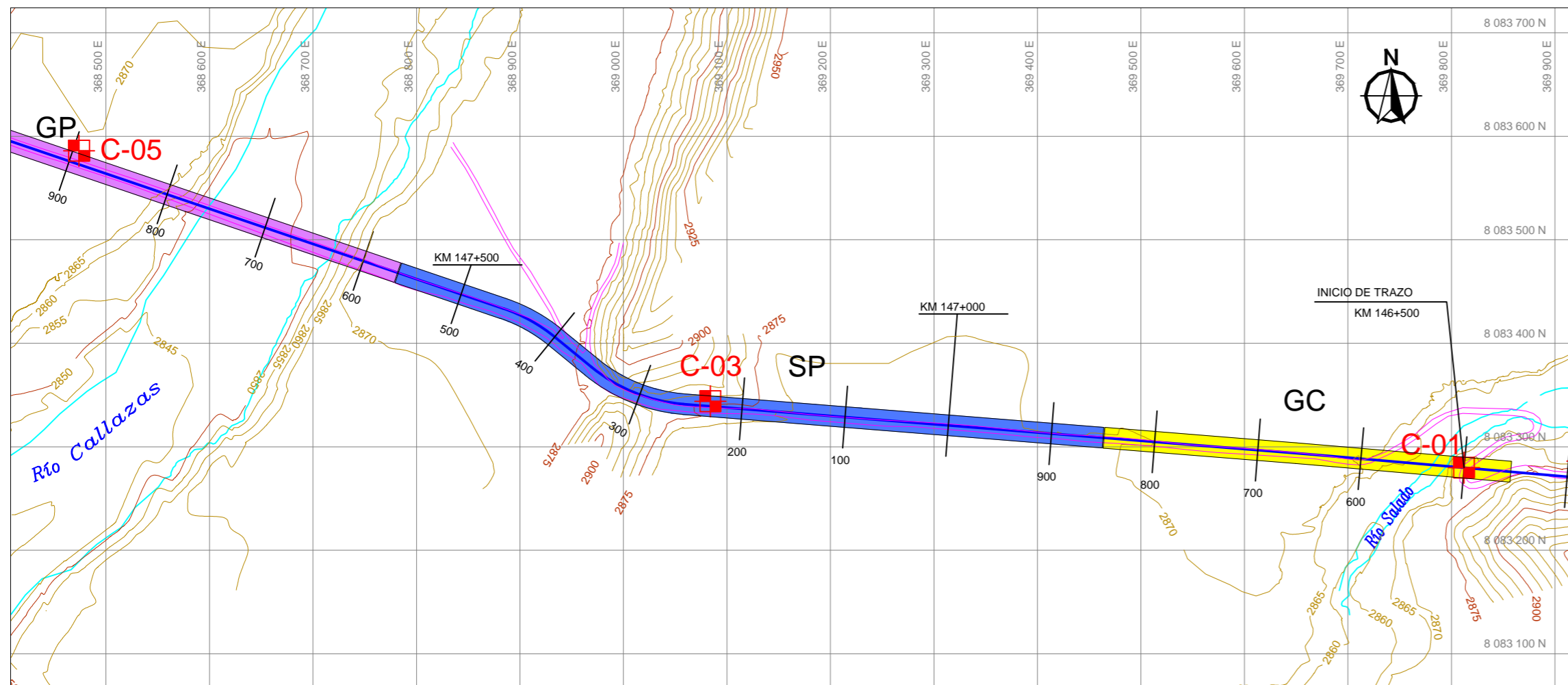
Equidistancia de curvas de nivel 5 metros



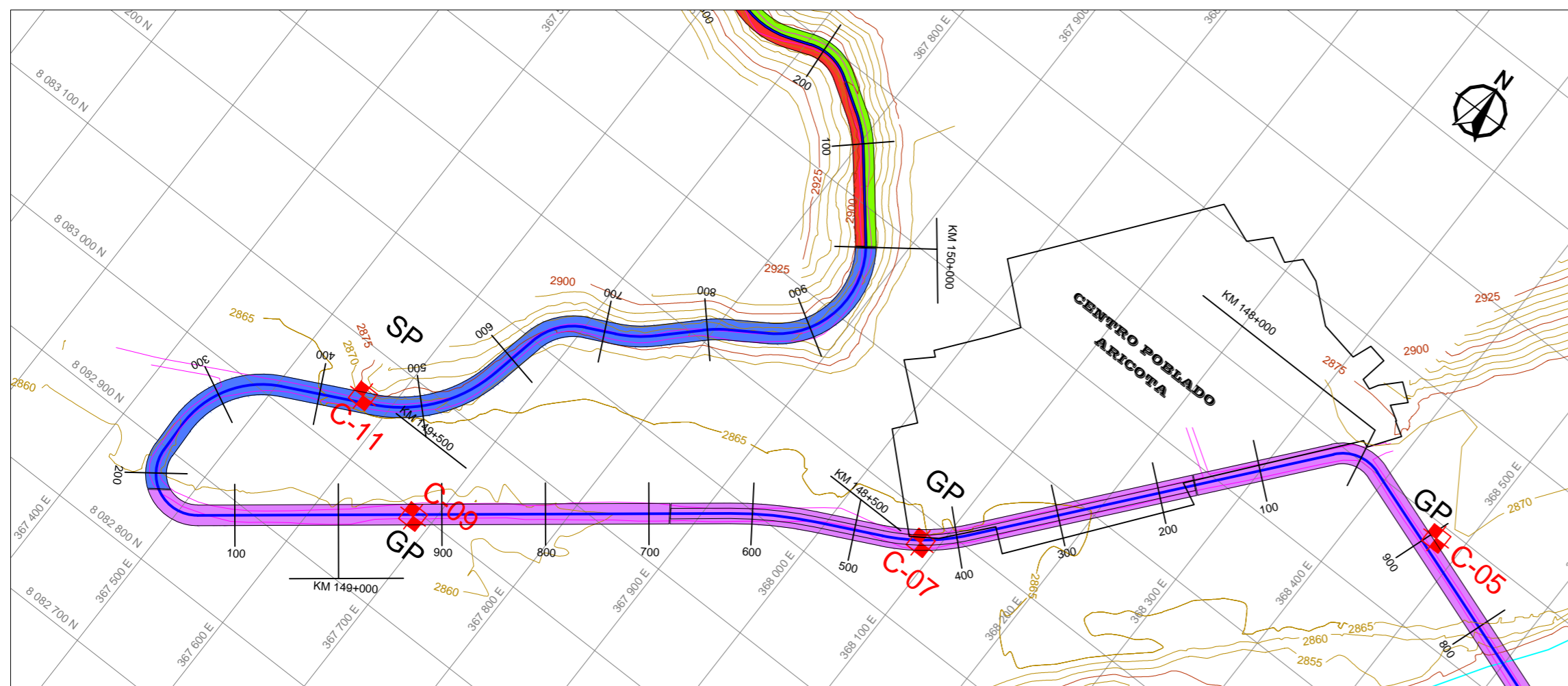
SIMBOLOGÍA	
	C-01 Calicata
	PL Poste de luz
	BZ Buzón

LEYENDA	
	Curva de nivel
	Trocha actual
	Eje de vía
	Rio

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA				ILUSTRACIÓN N°:	
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA				M - 06	
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTECNIA					
ESTUDIO GEOTÉCNICO DE SUELOS PARA DISEÑAR LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EN LA CARRETERA TICACO - CANDARAVE, TRAMO ARICOTA - QUILAHUANI (km 146+500 - km 151+500)					
<b>MAPA DE UBICACIÓN DE CALICATAS</b>					
ESCALA: 1:5 000	FECHA: 2013-08	DATUM: WGS 84	REALIZADO POR: BACH. MARCO ANTONIO OCHOA CALIZAYA		
FUENTE: GRT 2012	DIBUJO: M.A.O.C.	ZONA: 19 SUR	PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO GEÓLOGO - GEOTÉCNICO		



Equidistancia de curvas de nivel 5 metros



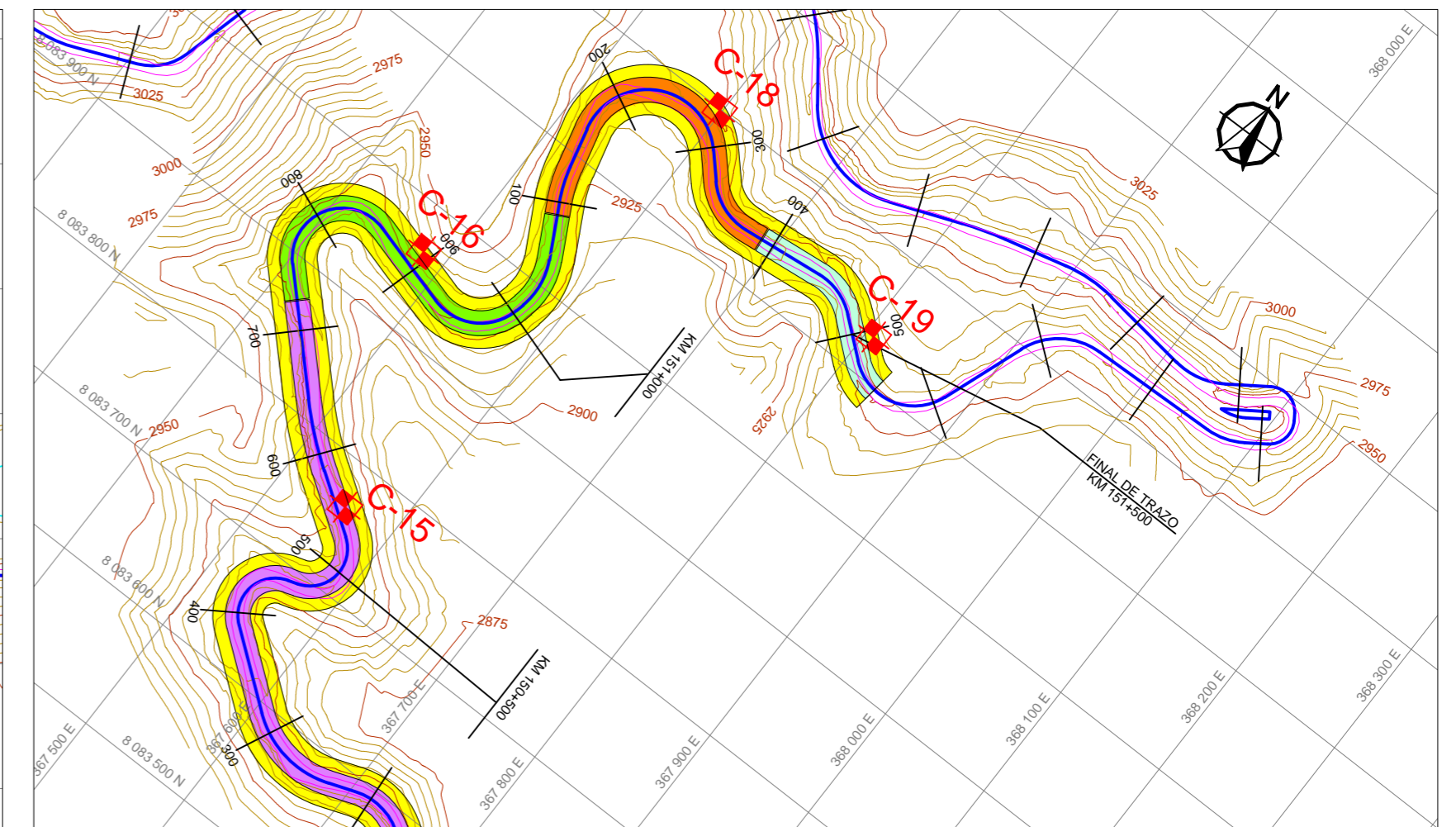
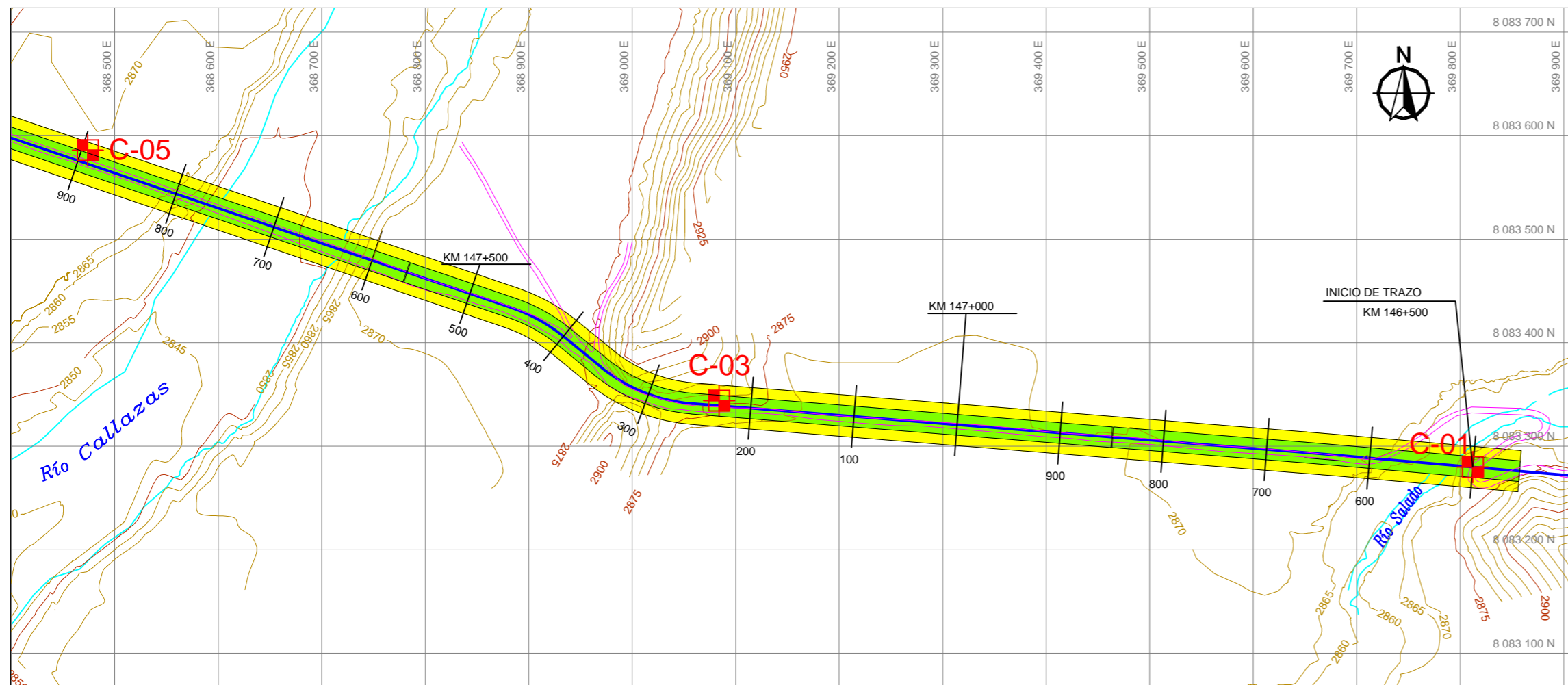
**LEYENDA**

GW	Grava bien graduada
GP	Grava mal graduada
GM	Grava limosa
GC	Grava arcillosa
SP	Arena mal graduada
SM	Arena limosa

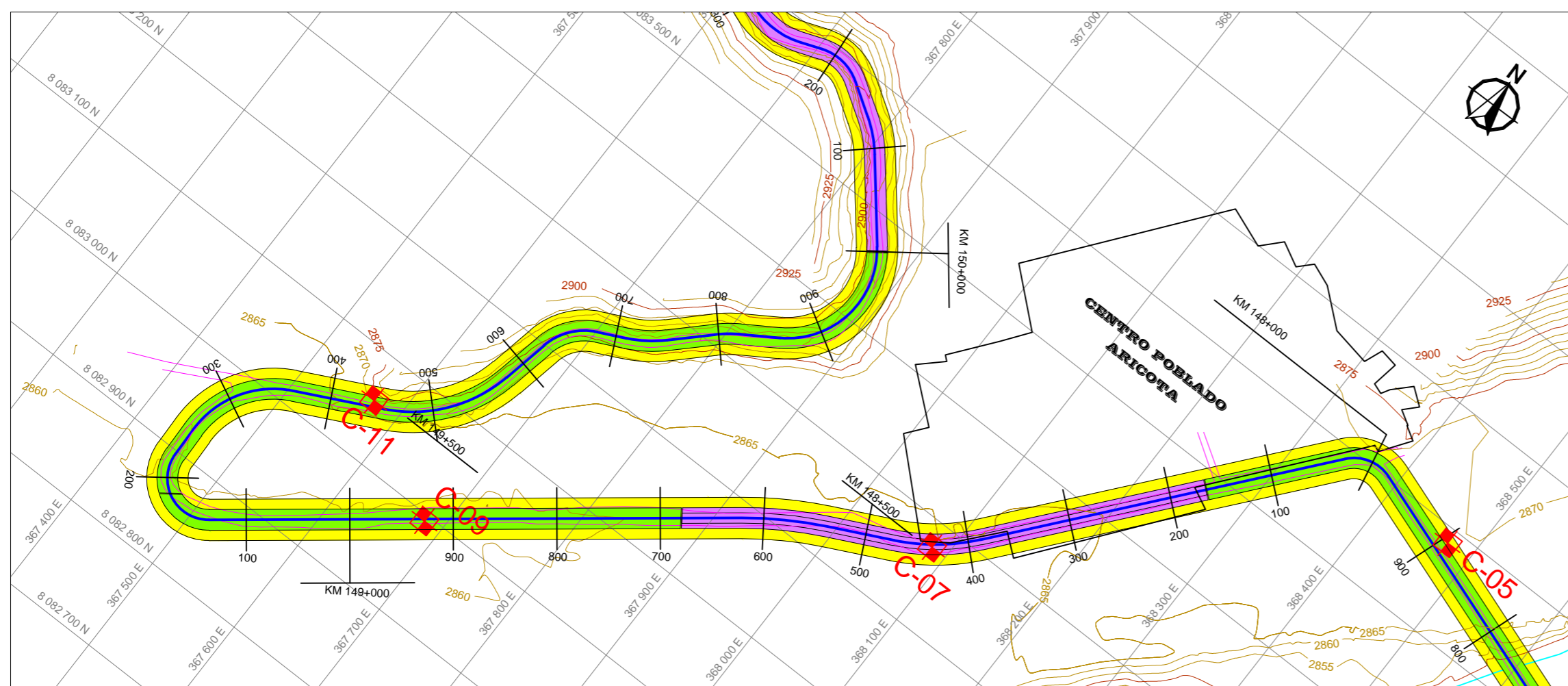
**SIMBOLOGÍA**

	Curva de nivel
	Trocha actual
	Eje de vía
	Río

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA				ILUSTRACIÓN N°:	
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA				M - 07	
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTECNIA					
ESTUDIO GEOTÉCNICO DE SUELOS PARA DISEÑAR LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EN LA CARRETERA TICACO - CANDARAVE, TRAMO ARICOTA - QUILAHUANI (km 146+500 - km 151+500)					
<b>MAPA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>					
ESCALA: 1:5 000	FECHA: 2013-08	DATUM: WGS 84	REALIZADO POR: BACH. MARCO ANTONIO OCHOA CALZAYA		
FUENTE: GRT 2012	DBUJO: M.A.O.C.	ZONA: 19 SUR	PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO GEÓLOGO - GEOTÉCNICO		



Equidistancia de curvas de nivel 5 metros



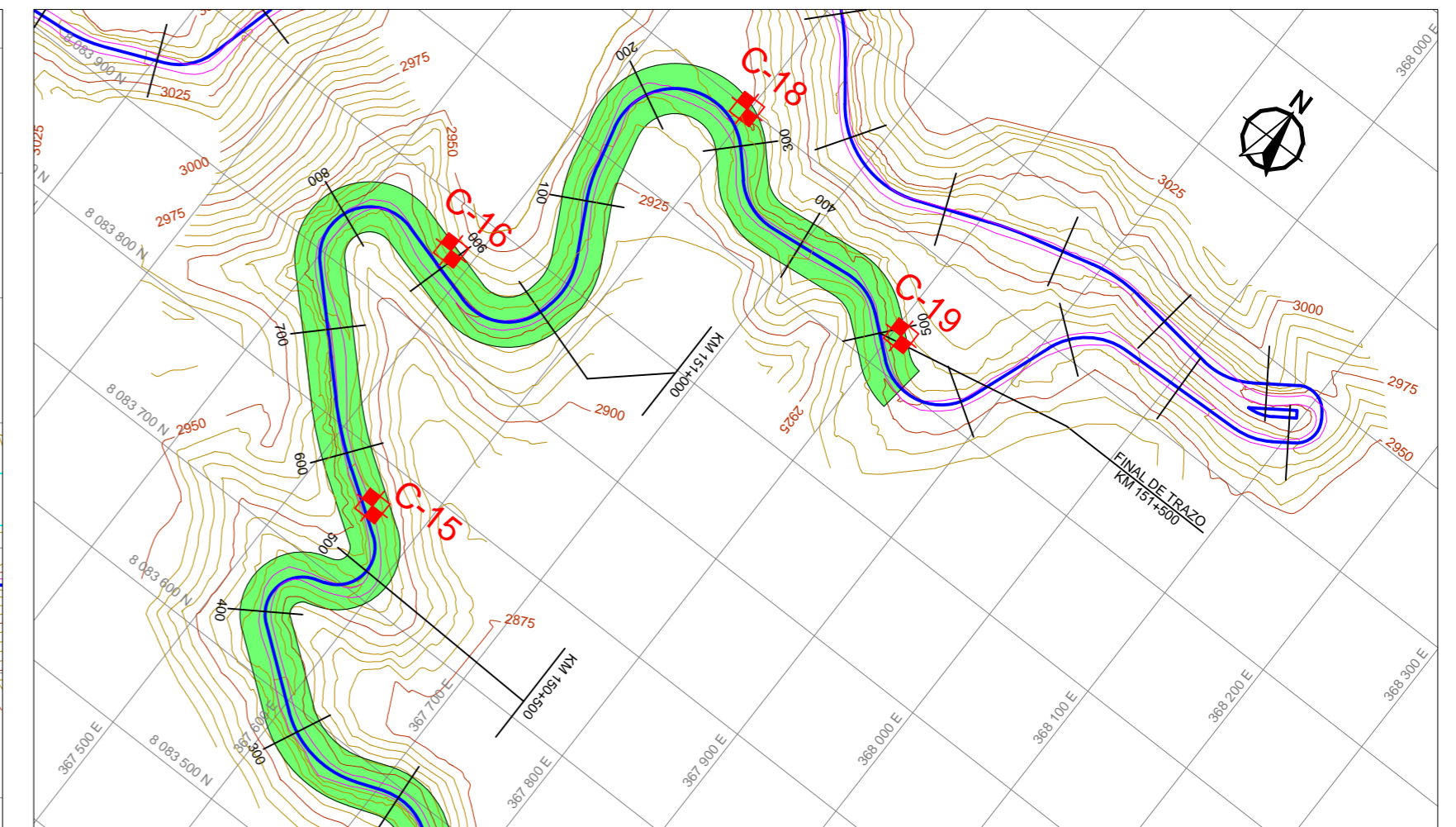
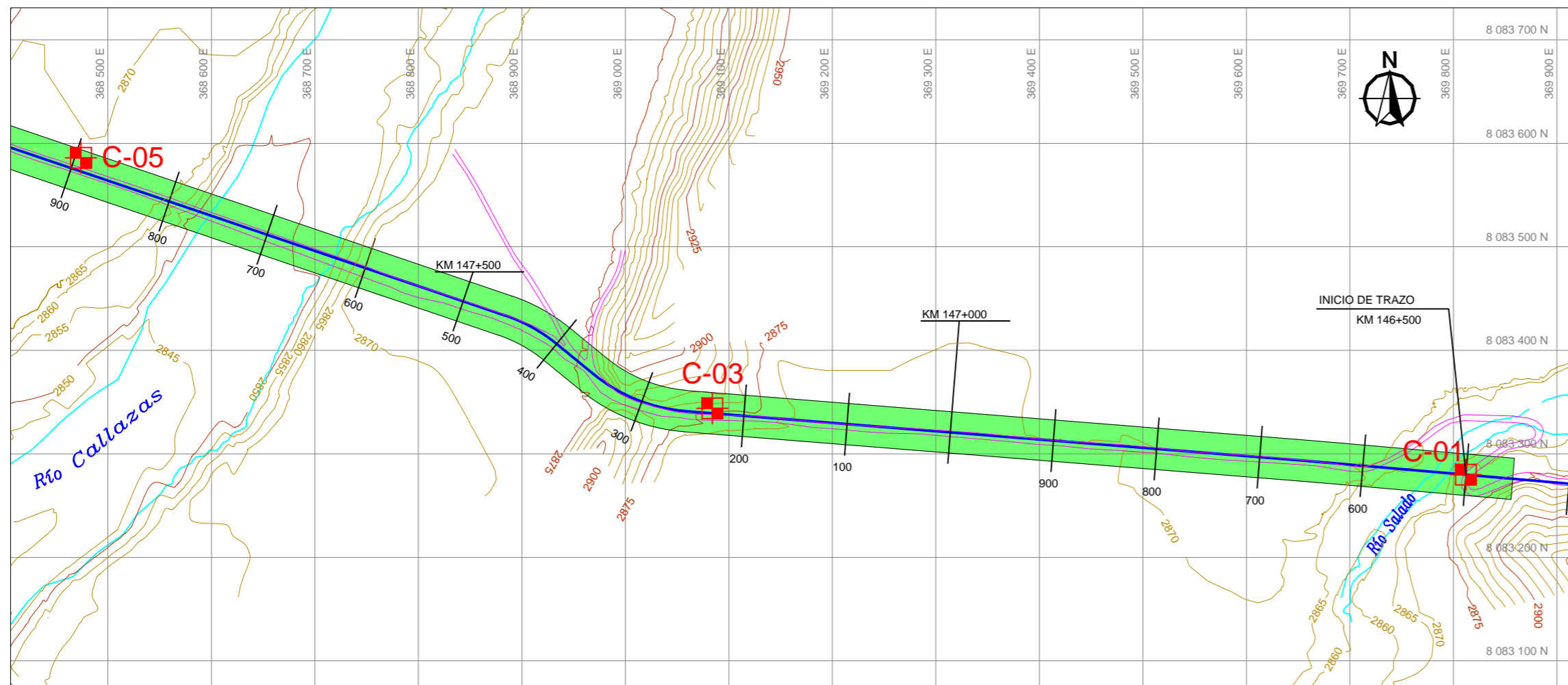
**SIMBOLOGÍA**

	CBR 18 - 34 %
	CBR 35 - 50 %
	CBR 51 - 65 %
	CBR 66 - 81 %
	CBR DISEÑO = 32 %

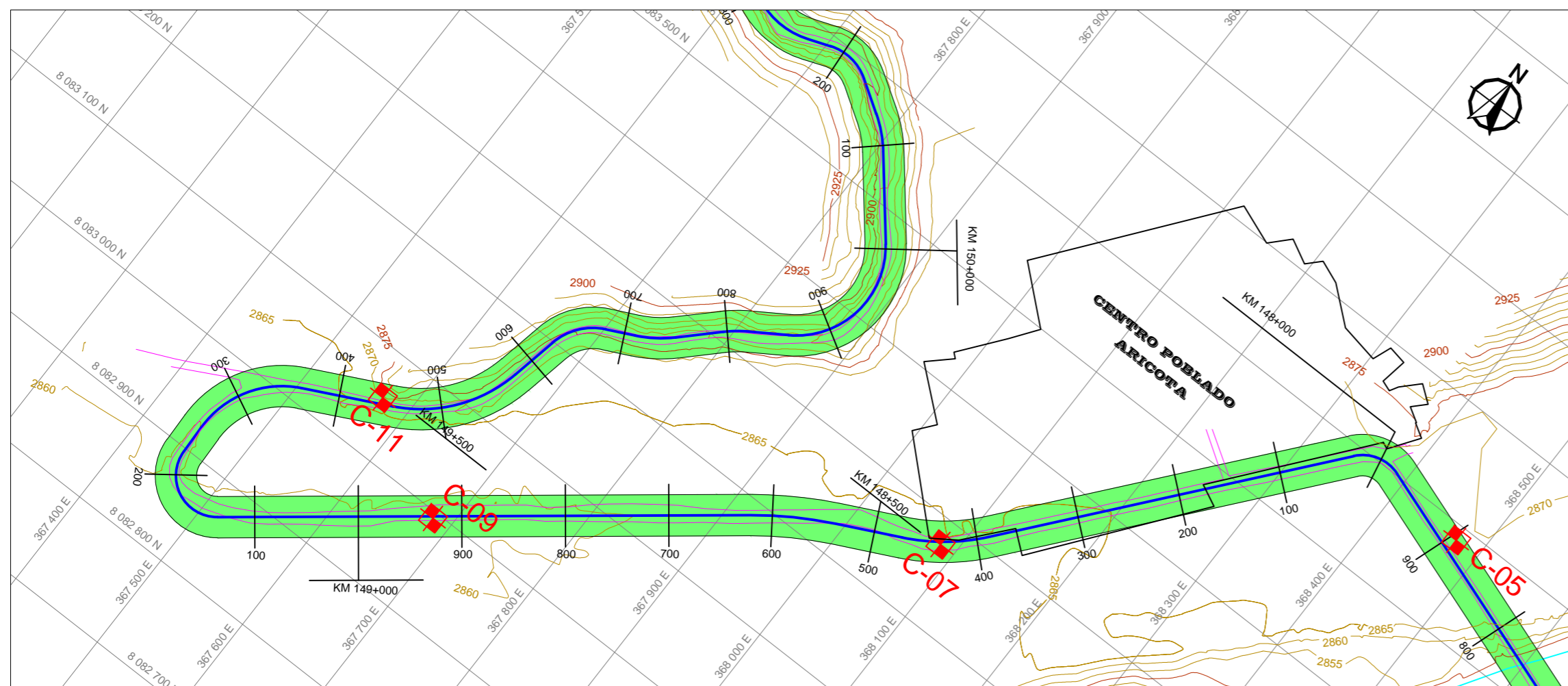
**LEYENDA**

	Curva de nivel
	Trocha actual
	Eje de vía
	Río

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA				ILUSTRACIÓN N°:	
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA				M - 08	
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTECNIA					
ESTUDIO GEOTÉCNICO DE SUELOS PARA DISEÑAR LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EN LA CARRETERA TICACO - CANDARAVE, TRAMO ARICOTA - QUILAHUANI (km 146+500 - km 151+500)					
<b>MAPA DE CBR DEL SUELO DE FUNDACIÓN</b>					
ESCALA: 1:5 000	FECHA: 2013-09	DATUM: WGS 84	REALIZADO POR: BACH. MARCO ANTONIO OCHOA CALZAYA		
FUENTE: GRT 2012	DIBUJO: M.A.O.C.	ZONA: 19 SUR	PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO GEÓLOGO - GEOTÉCNICO		



Equidistancia de curvas de nivel 5 metros

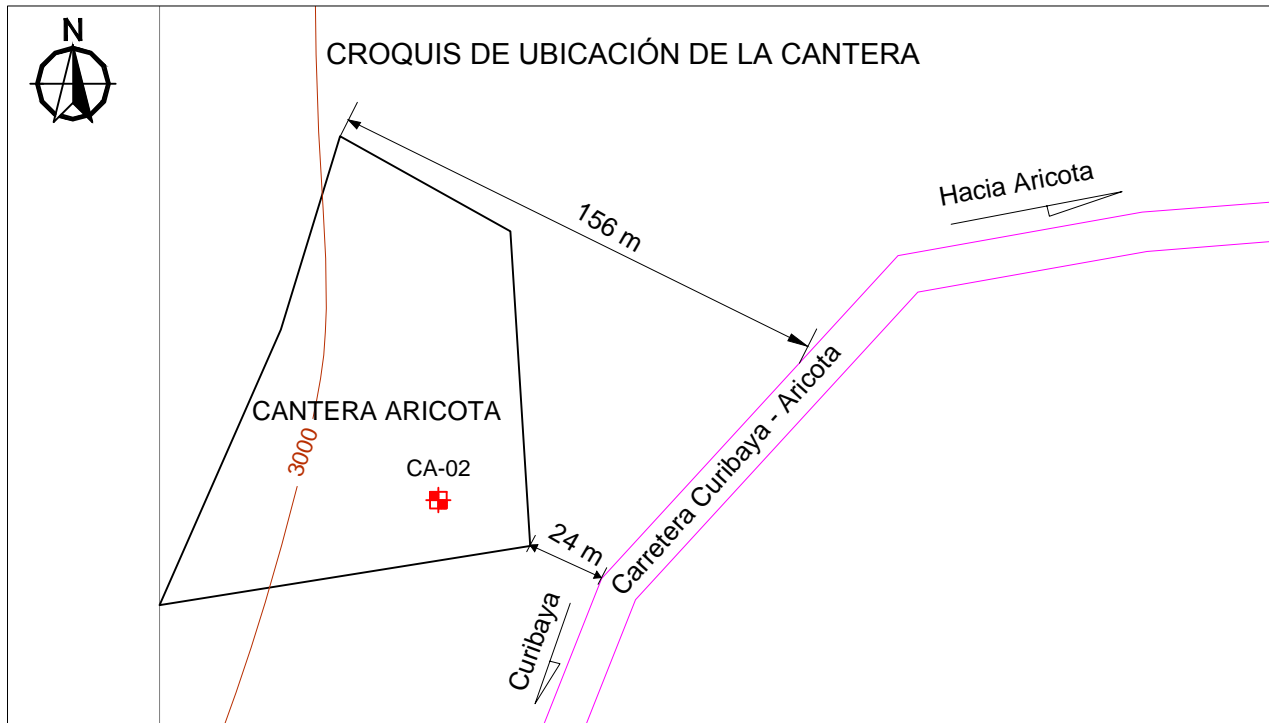
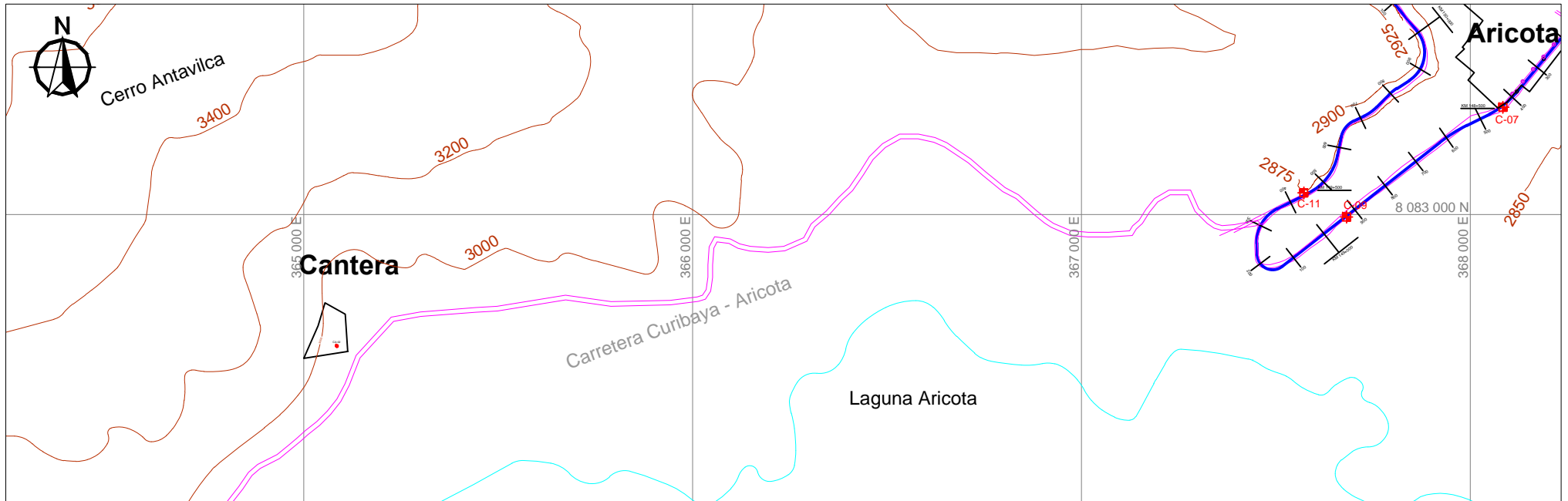


SIMBOLOGÍA	
	Curva de nivel
	Trocha actual
	Eje de vía
	Río


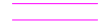


LEYENDA			
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE			
ESTRUC.	SUB-BASE	BASE	CARPETA
	15 cm	15 cm	TSB

TSB: Tratamiento Superficial Bicapa

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTECNIA			
ESTUDIO GEOTÉCNICO DE SUELOS PARA DISEÑAR LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EN LA CARRETERA TICACO - CANDARAVE, TRAMO ARICOTA - QUILAHUANI (km 146+500 - km 151+500)			
<b>MAPA DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO</b>			
ESCALA: 1:5 000	FECHA: 2013-09	DATUM: WGS 84	REALIZADO POR: BACH. MARCO ANTONIO OCHOA CALZAYA
FUENTE: GRT 2012	DIBUJO: M.A.O.C.	ZONA: 19 SUR	PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO GEÓLOGO - GEOTÉCNICO
			ILUSTRACIÓN N°: <b>M - 09</b>



DATOS
Área de la cantera (m <sup>2</sup> ): 10 000
Profundidad aprov.(m): 13
Potencia aprov. (m <sup>3</sup> ): 117 000

LEYENDA
 Curva de nivel
 Trocha actual
 Eje de vía
 Laguna

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA**  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTECNIA

ESTUDIO GEOTÉCNICO DE SUELOS PARA DISEÑAR LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO  
 EN LA CARRETERA TICACO - CANDARAVE, TRAMO ARICOTA - QUILAHUANI  
 (km 146+500 - km 151+500)

MAPA DE UBICACIÓN CANTERA				
ESCALA : 1: 15 000	FECHA : 2012-10	DATUM : WGS 84	REALIZADO POR : BACH. MARCO ANTONIO OCHOA CALIZAYA	ILUSTRACIÓN Nº : <b>M - 10</b>
FUENTE : GRT 2012	DIBUJO : M.A.O.C.	ZONA : 19 SUR	PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO GEÓLOGO - GEOTÉCNICO	

# **TABLAS**

**TABLA T-01**  
**SISTEMA DE CLASIFICACIÓN SUCS**

DIVISIÓN MAYOR		SIMB. DE GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN PARA SUELOS GRANULARES	
Suelos de Grano Grueso, más del 50% del material es > en tamaño que el T-200	GRAVAS más del 50% de la fracción gruesa es retenida por la malla N° 4	Gravas limpias, poco o ningún fino	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos.	$Cu > 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$
			GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos.	No satisfacen todos los requisitos de graduación para GW.
		Gravas con finos, cantidad apreciable de finos	GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo.	Límite de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$
			GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla.	Límite de Atterberg arriba de la línea A o $IP > 7$
	ARENAS más del 50% de la fracción gruesa pasa por la malla N° 4	Arenas limpias, poco o ningún fino	SW	Arenas bien graduadas, arena con gravas, con poco o nada de finos.	$Cu > 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$
			SP	Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poco o nada de finos.	No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW.
		Arenas con finos, cantidad apreciable de finos	SM	Arenas limosas, mezclas de arenas y limo.	Límite de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$
			SC	Arenas arcillosas, mezclas de arenas y arcilla.	Límite de Atterberg arriba de la línea A o $IP > 7$
Suelos de Grano Fino, más del 50% del material pasa T-200	LIMOS Y ARCILLAS ( $LL < 50\%$ )	ML	Limo inorgánico, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos, ligeramente plásticos.	<u>EQUIVALENCIA DE SÍMBOLOS</u> G → Gravas S → Arenas C → Arcillas M → Limos O → Suelos orgánicos W → Bien graduados P → Mal graduados Pt → Turba L → Baja plasticidad H → Alta plasticidad	
		CL	Arcilla inorgánica de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.		
		OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.		
	LIMOS Y ARCILLAS ( $LL > 50\%$ )	MH	Limo orgánico, limos micáceos o diatomáceos, limos elásticos. Alta plasticidad.		
		CH	Arcilla inorgánica de alta plasticidad.		
		OH	Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.		
	SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS		Pt		Turba y otros suelos altamente orgánicos.

Fuente: Montejo F., Alfonso. Ingeniería de pavimentos. 1998

**TABLA T-02**  
**SISTEMA DE CLASIFICACIÓN AASHTO**

CLASIFICACIÓN	MATERIALES GRANULARES (IGUAL O MENOR DEL 35% PASA T-200)							MATERIALES LIMO ARCILLOSOS (MÁS DEL 35% PASA T-200)				
	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7	
Grupo	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6
<b>% que pasa</b>												
T - N° 10	50 máx											
T - N° 40	30 máx	50 máx	51 máx									
T - N° 200	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx	36 mín	36 mín	36 mín	36 mín	36 mín
<b>Características del material que pasa Tamiz N° 40</b>												
Límite Líquido (LL)				40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	41 mín
Índice Plástico (IP)	6 máx	6 máx	NP	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 mín	10 máx	11 mín	11 mín	11 mín
Índice de Grupo (IG)	0	0	0	0	0	4 máx	4 máx	8 máx	12 máx	16 máx	20 máx	20 máx
<b>Tipo de material</b>	Fragmento de piedra, grava y arena		Arena fina	Gravas, arenas limosas y arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
<b>Terreno de fundación</b>	Excelente a bueno						Regular a malo					

Fuente: Montejo F., Alfonso. Ingeniería de pavimentos. 1998

El suelo A8 clasifica el material excesivamente orgánico (turba).

A7-5 (IP ≤ LL-30)

A7-6 (IP > LL-30)

IG = 0,2(F-35)+0,005(F-35)(LL-40)+0,01(F-15)(IP-10)

Donde: F = % que pasa T-200

# **ANEXOS**

# **ANEXO I**

## **MECÁNICA DE SUELOS**

# **1.1 CUADRO RESUMEN DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO**

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN DE TACNA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTECNIA

**CUADRO RESUMEN DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO**  
**ANEXO 1.1**

ESTUDIO GEOTÉCNICO DE SUELOS PARA DISEÑAR LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO					PROYECTO		CARRETERA TICACO - CANDARAVE		REALIZADO POR		Bach. Marco Antonio Ochoa Calizaya									
					SECTOR		ARICOTA - QUILAHUANI		FECHA		Agosto de 2013									
SUELOS DE FUNDACIÓN:					TRAMO		km 146+500 al km 151+500		PLANCHA No.		01 de 01									
Calicata	Progresiva (km)	Lado	Estrato	Profundidad (m)	Densidad			Consistencia			Granulometría (% que pasa)				I.G.	Clasificación		Proctor Modificado		CBR al 95%
					Natural (g/cm <sup>3</sup> )	Humedad (%)	Seca (g/cm <sup>3</sup> )	L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200		SUCS	AASHTO	M.D.S. (g/cm <sup>3</sup> )	Humed. Opt. (%)	
C-01	146+500	Izquierdo	E-01	0,0 - 0,1											0	GP	A1-a	...	...	...
			E-02	0,1 - 1,5	1,82	9,27	1,67	28	10	18	21	13	3	1	0	GC	A2-6	1,944	12,60	18
C-03	147+230	Izquierdo	E-01	0,0 - 0,1											0	GP	A1-a	...	...	...
			E-02	0,1 - 1,5	1,34	6,77	1,26	25	NP	NP	86	80	46	4	0	SP	A1-b	1,730	11,00	25
C-05	147+900	Izquierdo	E-01	0,0 - 0,3											0	GP	A1-a	...	...	...
			E-02	0,3 - 0,8											0	SP	A1-b	...	...	...
			E-03	0,8 - 1,4	1,61	6,6	1,51	29	NP	NP	50	36	10	0	0	GP	A1-a	2,035	10,00	24
C-07	148+430	Izquierdo	E-01	0,0 - 0,5											0	GP	A1-a	...	...	...
			E-02	0,5 - 0,9											0	SM	A1-b	...	...	...
			E-03	0,9 - 1,5	1,62	7,11	1,52	23	NP	NP	44	32	8	0	0	GP	A1-a	1,854	10,00	37
C-09	148+930	Izquierdo	E-01	0,0 - 0,2											0	GP	A1-a	...	...	...
			E-02	0,2 - 0,8											1	SP	A2-6	...	...	...
			E-03	0,8 - 1,4	1,99	3,54	1,92	23	NP	NP	46	37	16	0	0	GP	A1-a	1,935	9,20	31
C-11	149+440	Izquierdo	E-01	0,0 - 0,6											0	GP	A1-a	...	...	...
			E-02	0,6 - 1,6	1,58	8,79	1,46	NP	NP	NP	75	58	34	3	1	SP	A2-6	1,786	8,80	29
C-15	150+550	Derecho	E-01	0,0 - 0,9	1,58	8,36	1,46	26	26	0	40	28	13	2	0	GW-GM	A2-4	2,012	8,70	47
C-16	150+900	Derecho	E-01	0,0 - 0,3											0	GW-GM	A2-4	...	...	...
			E-02	0,3 - 1,4	1,8	5,34	1,71	NP	NP	NP	51	41	20	4	1	SP	A2-6	1,850	8,00	33
C-18	151+280	Izquierdo	E-01	0,0 - 0,6											0	GW-GM	A2-4	...	...	...
			E-02	0,6 - 1,2	1,34	7,17	1,25	NP	NP	NP	69	58	34	9	0	SP SM	A1-b	1,936	8,50	64
C-19	151+500	Derecho	E-01	0,0 - 0,2											0	GW-GM	A2-4	...	...	...
			E-02	0,2 - 1,4	1,44	7,34	1,34	NP	NP	NP	71	64	44	22	0	SP SM	A1-b	1,830	12,00	81

NP = No presenta

**SUELO DE CANTERA:**

Calicata	Profundidad (m)	Densidad		Humedad (%)	Consistencia			Granulometría (% que pasa)				I.G.	Clasificación		Proctor Modificado		CBR al 100%	ABRAS. (%)	DURAB. (%)	S.S.T. (%)
		Natural (g/cm <sup>3</sup> )	Seca (g/cm <sup>3</sup> )		L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200		SUCS	AASHTO	M.D.S. (g/cm <sup>3</sup> )	Humed. Opt. (%)				
CA-02	13	2,44	2,37	2,92	NP	NP	NP	45	36	18	4	0	GW	A1-a	2,205	6,50	100	21,5	9,51	0,0228

## **1.2 ENSAYOS DE LABORATORIO**

### **SUELO DE FUNDACIÓN**

**ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO**

NORMA MTC E 117 - 2000

PROYECTO : Estudio Geotécnico de Suelos para Diseñar la Estructura del Pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)      PROGRESIVA : km 146+500  
 MUESTRA : Lado izquierdo  
 PROF. (m) : 1,50  
 CALICATA : C - 01      REALIZADO : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya  
 FECHA : 9 de octubre de 2012

ITEM	DESCRIPCIÓN				
1	Peso del Frasco + Arena (g)	5340,00			
2	Peso del Frasco + Arena Sobrante (g)	1833,00			
3	Peso de Arena empleada (g) (1-2)	3507,00			
4	Peso de Arena en el Cono (g)	1446,00			
5	Peso de Arena en el Orificio (g) (3-4)	2061,00			
6	Densidad de la Arena (g/cm3)	1,41			
7	Volumen del Orificio (cm3) (5/6)	1461,70			
8	Peso del tarro + suelo + grava (g)	2676,00			
9	Peso del tarro (g)	10,00			
10	Peso del suelo + grava (g) (8-9)	2666,00			
11	Peso de grava retenida en 3/4" (g)				
12	Peso de suelo húmedo (g) (10-11)	2666,00			
13	Peso específico de la grava 3/4" (g/cm3)				
14	Volumen de la grava (cm3) (11/13)				
16	Volumen ocupado por el suelo (cm3) (7-14)	1461,70			
17	<b>Densidad húmeda (g/cm3) (12/16)</b>	<b>1,82</b>			
18	% de humedad	9,27			
19	Densidad Seca (g/cm3)	1,67			

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

NORMA MTC E 108 - 2000

ITEM	DESCRIPCIÓN				
0	Número de Tarro	05			
1	Tarro + Suelo húmedo (g)	167,44			
2	Tarro + Suelo seco (g)	155,35			
3	Peso del tarro (g)	24,98			
4	Peso del agua (g) (1-2)	12,09			
5	Peso del Suelo seco (g) (2-3)	130,37			
6	<b>% de humedad</b>	<b>9,27</b>			

## ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO

NORMA MTC E 117 - 2000

**PROYECTO** : Estudio Geotécnico de Suelos para Diseñar la Estructura del Pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)
 
**PROGRESIVA** : km 147+230  
**MUESTRA** : Lado izquierdo  
**PROF. (m)** : 1,50  
**REALIZADO** : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

**CALICATA** : C - 03

**FECHA** : 9 de octubre de 2012

ITEM	DESCRIPCIÓN				
1	Peso del Frasco + Arena (g)	5216,00			
2	Peso del Frasco + Arena Sobrante (g)	1361,00			
3	Peso de Arena empleada (g) (1-2)	3855,00			
4	Peso de Arena en el Cono (g)	1446,00			
5	Peso de Arena en el Orificio (g) (3-4)	2409,00			
6	Densidad de la Arena (g/cm3)	1,41			
7	Volumen del Orificio (cm3) (5/6)	1708,51			
8	Peso del tarro + suelo + grava (g)	2306,00			
9	Peso del tarro (g)	10,00			
10	Peso del suelo + grava (g) (8-9)	2296,00			
11	Peso de grava retenida en 3/4" (g)				
12	Peso de suelo húmedo (g) (10-11)	2296,00			
13	Peso específico de la grava 3/4" (g/cm3)				
14	Volumen de la grava (cm3) (11/13)				
16	Volumen ocupado por el suelo (cm3) (7-14)	1708,51			
17	<b>Densidad húmeda (g/cm3) (12/16)</b>	<b>1,34</b>			
18	% de humedad	6,77			
19	Densidad Seca (g/cm3)	1,26			

## CONTENIDO DE HUMEDAD

NORMA MTC E 108 - 2000

ITEM	DESCRIPCIÓN				
0	Número de Tarro	06			
1	Tarro + Suelo húmedo (g)	129,98			
2	Tarro + Suelo seco (g)	123,32			
3	Peso del tarro (g)	24,92			
4	Peso del agua (g) (1-2)	6,66			
5	Peso del Suelo seco (g) (2-3)	98,4			
6	<b>% de humedad</b>	<b>6,77</b>			

**ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO**  
NORMA MTC E 117 - 2000

PROYECTO : Estudio Geotécnico de Suelos para Diseñar la Estructura del Pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)      PROGRESIVA : km 147+900  
MUESTRA : Lado izquierdo  
PROF. (m) : 1,40  
CALICATA : C - 05      REALIZADO : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya  
FECHA : 10 de octubre de 2012

ITEM	DESCRIPCIÓN				
1	Peso del Frasco + Arena (g)	6468,00			
2	Peso del Frasco + Arena Sobrante (g)	3164,00			
3	Peso de Arena empleada (g) (1-2)	3304,00			
4	Peso de Arena en el Cono (g)	1446,00			
5	Peso de Arena en el Orificio (g) (3-4)	1858,00			
6	Densidad de la Arena (g/cm3)	1,41			
7	Volumen del Orificio (cm3) (5/6)	1317,73			
8	Peso del tarro + suelo + grava (g)	2126,00			
9	Peso del tarro (g)	10,00			
10	Peso del suelo + grava (g) (8-9)	2116,00			
11	Peso de grava retenida en 3/4" (g)				
12	Peso de suelo húmedo (g) (10-11)	2116,00			
13	Peso específico de la grava 3/4" (g/cm3)				
14	Volumen de la grava (cm3) (11/13)				
16	Volumen ocupado por el suelo (cm3) (7-14)	1317,73			
17	<b>Densidad húmeda (g/cm3) (12/16)</b>	<b>1,61</b>			
18	% de humedad	6,60			
19	Densidad Seca (g/cm3)	1,51			

**CONTENIDO DE HUMEDAD**  
NORMA MTC E 108 - 2000

ITEM	DESCRIPCIÓN				
0	Número de Tarro	01			
1	Tarro + Suelo húmedo (g)	142,14			
2	Tarro + Suelo seco (g)	134,94			
3	Peso del tarro (g)	25,92			
4	Peso del agua (g) (1-2)	7,2			
5	Peso del Suelo seco (g) (2-3)	109,02			
6	<b>% de humedad</b>	<b>6,60</b>			

**ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO**

NORMA MTC E 117 - 2000

PROYECTO : Estudio Geotécnico de Suelos para Diseñar la Estructura del Pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)      PROGRESIVA : km 148+430  
MUESTRA : Lado izquierdo  
PROF. (m) : 1,50  
CALICATA : C - 07      REALIZADO : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya  
FECHA : 10 de octubre de 2012

ITEM	DESCRIPCIÓN				
1	Peso del Frasco + Arena (g)	6410,00			
2	Peso del Frasco + Arena Sobrante (g)	2900,00			
3	Peso de Arena empleada (g) (1-2)	3510,00			
4	Peso de Arena en el Cono (g)	1446,00			
5	Peso de Arena en el Orificio (g) (3-4)	2064,00			
6	Densidad de la Arena (g/cm3)	1,41			
7	Volumen del Orificio (cm3) (5/6)	1463,83			
8	Peso del tarro + suelo + grava (g)	2387,00			
9	Peso del tarro (g)	10,00			
10	Peso del suelo + grava (g) (8-9)	2377,00			
11	Peso de grava retenida en 3/4" (g)				
12	Peso de suelo húmedo (g) (10-11)	2377,00			
13	Peso específico de la grava 3/4" (g/cm3)				
14	Volumen de la grava (cm3) (11/13)				
16	Volumen ocupado por el suelo (cm3) (7-14)	1463,83			
17	<b>Densidad húmeda (g/cm3) (12/16)</b>	<b>1,62</b>			
18	% de humedad	7,11			
19	Densidad Seca (g/cm3)	1,52			

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

NORMA MTC E 108 - 2000

ITEM	DESCRIPCIÓN				
0	Número de Tarro	05			
1	Tarro + Suelo húmedo (g)	172,07			
2	Tarro + Suelo seco (g)	162,31			
3	Peso del tarro (g)	25,04			
4	Peso del agua (g) (1-2)	9,76			
5	Peso del Suelo seco (g) (2-3)	137,27			
6	<b>% de humedad</b>	<b>7,11</b>			

## ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO

NORMA MTC E 117 - 2000

**PROYECTO** : Estudio Geotécnico de Suelos para Diseñar la Estructura del Pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)
 
**PROGRESIVA** : km 148+930  
**MUESTRA** : Lado izquierdo  
**PROF. (m)** : 1,40  
**REALIZADO** : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

**CALICATA** : C - 09

**FECHA** : 10 de octubre de 2012

ITEM	DESCRIPCIÓN				
1	Peso del Frasco + Arena (g)	6347,00			
2	Peso del Frasco + Arena Sobrante (g)	3154,00			
3	Peso de Arena empleada (g) (1-2)	3193,00			
4	Peso de Arena en el Cono (g)	1446,00			
5	Peso de Arena en el Orificio (g) (3-4)	1747,00			
6	Densidad de la Arena (g/cm3)	1,41			
7	Volumen del Orificio (cm3) (5/6)	1239,01			
8	Peso del tarro + suelo + grava (g)	2477,00			
9	Peso del tarro (g)	10,00			
10	Peso del suelo + grava (g) (8-9)	2467,00			
11	Peso de grava retenida en 3/4" (g)				
12	Peso de suelo húmedo (g) (10-11)	2467,00			
13	Peso específico de la grava 3/4" (g/cm3)				
14	Volumen de la grava (cm3) (11/13)				
16	Volumen ocupado por el suelo (cm3) (7-14)	1239,01			
17	<b>Densidad húmeda (g/cm3) (12/16)</b>	<b>1,99</b>			
18	% de humedad	3,54			
19	Densidad Seca (g/cm3)	1,92			

## CONTENIDO DE HUMEDAD

NORMA MTC E 108 - 2000

ITEM	DESCRIPCIÓN				
0	Número de Tarro	01			
1	Tarro + Suelo húmedo (g)	205,38			
2	Tarro + Suelo seco (g)	199,25			
3	Peso del tarro (g)	25,88			
4	Peso del agua (g) (1-2)	6,13			
5	Peso del Suelo seco (g) (2-3)	173,37			
6	<b>% de humedad</b>	<b>3,54</b>			

## ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO

NORMA MTC E 117 - 2000

**PROYECTO** : Estudio Geotécnico de Suelos para Diseñar la Estructura del Pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)
 
**PROGRESIVA** : km 149+440  
**MUESTRA** : Lado izquierdo  
**PROF. (m)** : 1,60  
**REALIZADO** : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

**CALICATA** : C - 11

**FECHA** : 11 de octubre de 2012

ITEM	DESCRIPCIÓN				
1	Peso del Frasco + Arena (g)	6270,00			
2	Peso del Frasco + Arena Sobrante (g)	2622,00			
3	Peso de Arena empleada (g) (1-2)	3648,00			
4	Peso de Arena en el Cono (g)	1446,00			
5	Peso de Arena en el Orificio (g) (3-4)	2202,00			
6	Densidad de la Arena (g/cm3)	1,41			
7	Volumen del Orificio (cm3) (5/6)	1561,70			
8	Peso del tarro + suelo + grava (g)	2484,00			
9	Peso del tarro (g)	10,00			
10	Peso del suelo + grava (g) (8-9)	2474,00			
11	Peso de grava retenida en 3/4" (g)				
12	Peso de suelo húmedo (g) (10-11)	2474,00			
13	Peso específico de la grava 3/4" (g/cm3)				
14	Volumen de la grava (cm3) (11/13)				
16	Volumen ocupado por el suelo (cm3) (7-14)	1561,70			
17	<b>Densidad húmeda (g/cm3) (12/16)</b>	<b>1,58</b>			
18	% de humedad	8,79			
19	Densidad Seca (g/cm3)	1,46			

## CONTENIDO DE HUMEDAD

NORMA MTC E 108 - 2000

ITEM	DESCRIPCIÓN				
0	Número de Tarro	03			
1	Tarro + Suelo húmedo (g)	340,1			
2	Tarro + Suelo seco (g)	318,6			
3	Peso del tarro (g)	74			
4	Peso del agua (g) (1-2)	21,5			
5	Peso del Suelo seco (g) (2-3)	244,6			
6	<b>% de humedad</b>	<b>8,79</b>			

**ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO**

NORMA MTC E 117 - 2000

PROYECTO : Estudio Geotécnico de Suelos para Diseñar la Estructura del Pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)      PROGRESIVA : km 150+550  
 MUESTRA : Lado derecho  
 PROF. (m) : 0,90  
 CALICATA : C - 15      REALIZADO : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya  
 FECHA : 11 de octubre de 2012

ITEM	DESCRIPCIÓN				
1	Peso del Frasco + Arena (g)	5862,00			
2	Peso del Frasco + Arena Sobrante (g)	2369,00			
3	Peso de Arena empleada (g) (1-2)	3493,00			
4	Peso de Arena en el Cono (g)	1446,00			
5	Peso de Arena en el Orificio (g) (3-4)	2047,00			
6	Densidad de la Arena (g/cm3)	1,41			
7	Volumen del Orificio (cm3) (5/6)	1451,77			
8	Peso del tarro + suelo + grava (g)	2310,00			
9	Peso del tarro (g)	10,00			
10	Peso del suelo + grava (g) (8-9)	2300,00			
11	Peso de grava retenida en 3/4" (g)				
12	Peso de suelo húmedo (g) (10-11)	2300,00			
13	Peso específico de la grava 3/4" (g/cm3)				
14	Volumen de la grava (cm3) (11/13)				
16	Volumen ocupado por el suelo (cm3) (7-14)	1451,77			
17	<b>Densidad húmeda (g/cm3) (12/16)</b>	<b>1,58</b>			
18	% de humedad	8,36			
19	Densidad Seca (g/cm3)	1,46			

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

NORMA MTC E 108 - 2000

ITEM	DESCRIPCIÓN				
0	Número de Tarro	01			
1	Tarro + Suelo húmedo (g)	361,2			
2	Tarro + Suelo seco (g)	338,8			
3	Peso del tarro (g)	70,8			
4	Peso del agua (g) (1-2)	22,4			
5	Peso del Suelo seco (g) (2-3)	268			
6	<b>% de humedad</b>	<b>8,36</b>			

## ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO

NORMA MTC E 117 - 2000

**PROYECTO** : Estudio Geotécnico de Suelos para Diseñar la Estructura del Pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)
 
**PROGRESIVA** : km 150+900  
**MUESTRA** : Lado derecho  
**PROF. (m)** : 1,40  
**REALIZADO** : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

**CALICATA** : C - 16

**FECHA** : 11 de octubre de 2012

ITEM	DESCRIPCIÓN				
1	Peso del Frasco + Arena (g)	5767,00			
2	Peso del Frasco + Arena Sobrante (g)	2134,00			
3	Peso de Arena empleada (g) (1-2)	3633,00			
4	Peso de Arena en el Cono (g)	1446,00			
5	Peso de Arena en el Orificio (g) (3-4)	2187,00			
6	Densidad de la Arena (g/cm3)	1,41			
7	Volumen del Orificio (cm3) (5/6)	1551,06			
8	Peso del tarro + suelo + grava (g)	2802,00			
9	Peso del tarro (g)	10,00			
10	Peso del suelo + grava (g) (8-9)	2792,00			
11	Peso de grava retenida en 3/4" (g)				
12	Peso de suelo húmedo (g) (10-11)	2792,00			
13	Peso específico de la grava 3/4" (g/cm3)				
14	Volumen de la grava (cm3) (11/13)				
16	Volumen ocupado por el suelo (cm3) (7-14)	1551,06			
17	<b>Densidad húmeda (g/cm3) (12/16)</b>	<b>1,80</b>			
18	% de humedad	5,34			
19	Densidad Seca (g/cm3)	1,71			

## CONTENIDO DE HUMEDAD

NORMA MTC E 108 - 2000

ITEM	DESCRIPCIÓN				
0	Número de Tarro	01			
1	Tarro + Suelo húmedo (g)	404,1			
2	Tarro + Suelo seco (g)	387,2			
3	Peso del tarro (g)	70,8			
4	Peso del agua (g) (1-2)	16,9			
5	Peso del Suelo seco (g) (2-3)	316,4			
6	<b>% de humedad</b>	<b>5,34</b>			

## ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO

NORMA MTC E 117 - 2000

**PROYECTO** : Estudio Geotécnico de Suelos para Diseñar la Estructura del Pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)
 
**PROGRESIVA** : km 151+280  
**MUESTRA** : Lado izquierdo  
**PROF. (m)** : 1,20  
**REALIZADO** : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

**CALICATA** : C - 18

**FECHA** : 12 de octubre de 2012

ITEM	DESCRIPCIÓN				
1	Peso del Frasco + Arena (g)	5949,00			
2	Peso del Frasco + Arena Sobrante (g)	2485,00			
3	Peso de Arena empleada (g) (1-2)	3464,00			
4	Peso de Arena en el Cono (g)	1446,00			
5	Peso de Arena en el Orificio (g) (3-4)	2018,00			
6	Densidad de la Arena (g/cm3)	1,41			
7	Volumen del Orificio (cm3) (5/6)	1431,21			
8	Peso del tarro + suelo + grava (g)	1932,00			
9	Peso del tarro (g)	10,00			
10	Peso del suelo + grava (g) (8-9)	1922,00			
11	Peso de grava retenida en 3/4" (g)				
12	Peso de suelo húmedo (g) (10-11)	1922,00			
13	Peso específico de la grava 3/4" (g/cm3)				
14	Volumen de la grava (cm3) (11/13)				
16	Volumen ocupado por el suelo (cm3) (7-14)	1431,21			
17	<b>Densidad húmeda (g/cm3) (12/16)</b>	<b>1,34</b>			
18	% de humedad	7,17			
19	Densidad Seca (g/cm3)	1,25			

## CONTENIDO DE HUMEDAD

NORMA MTC E 108 - 2000

ITEM	DESCRIPCIÓN				
0	Número de Tarro	01			
1	Tarro + Suelo húmedo (g)	338,4			
2	Tarro + Suelo seco (g)	320,5			
3	Peso del tarro (g)	70,7			
4	Peso del agua (g) (1-2)	17,9			
5	Peso del Suelo seco (g) (2-3)	249,8			
6	<b>% de humedad</b>	<b>7,17</b>			

## ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO

NORMA MTC E 117 - 2000

**PROYECTO** : Estudio Geotécnico de Suelos para Diseñar la Estructura del Pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)
 
**PROGRESIVA** : km 151+500  
**MUESTRA** : Lado derecho  
**PROF. (m)** : 1,40  
**REALIZADO** : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

**CALICATA** : C - 19

**FECHA** : 12 de octubre de 2012

ITEM	DESCRIPCIÓN				
1	Peso del Frasco + Arena (g)	5933,00			
2	Peso del Frasco + Arena Sobrante (g)	1953,00			
3	Peso de Arena empleada (g) (1-2)	3980,00			
4	Peso de Arena en el Cono (g)	1446,00			
5	Peso de Arena en el Orificio (g) (3-4)	2534,00			
6	Densidad de la Arena (g/cm3)	1,41			
7	Volumen del Orificio (cm3) (5/6)	1797,16			
8	Peso del tarro + suelo + grava (g)	2597,00			
9	Peso del tarro (g)	10,00			
10	Peso del suelo + grava (g) (8-9)	2587,00			
11	Peso de grava retenida en 3/4" (g)				
12	Peso de suelo húmedo (g) (10-11)	2587,00			
13	Peso específico de la grava 3/4" (g/cm3)				
14	Volumen de la grava (cm3) (11/13)				
16	Volumen ocupado por el suelo (cm3) (7-14)	1797,16			
17	<b>Densidad húmeda (g/cm3) (12/16)</b>	<b>1,44</b>			
18	% de humedad	7,34			
19	Densidad Seca (g/cm3)	1,34			

## CONTENIDO DE HUMEDAD

NORMA MTC E 108 - 2000

ITEM	DESCRIPCIÓN				
0	Número de Tarro	02			
1	Tarro + Suelo húmedo (g)	312,1			
2	Tarro + Suelo seco (g)	295,4			
3	Peso del tarro (g)	67,9			
4	Peso del agua (g) (1-2)	16,7			
5	Peso del Suelo seco (g) (2-3)	227,5			
6	<b>% de humedad</b>	<b>7,34</b>			

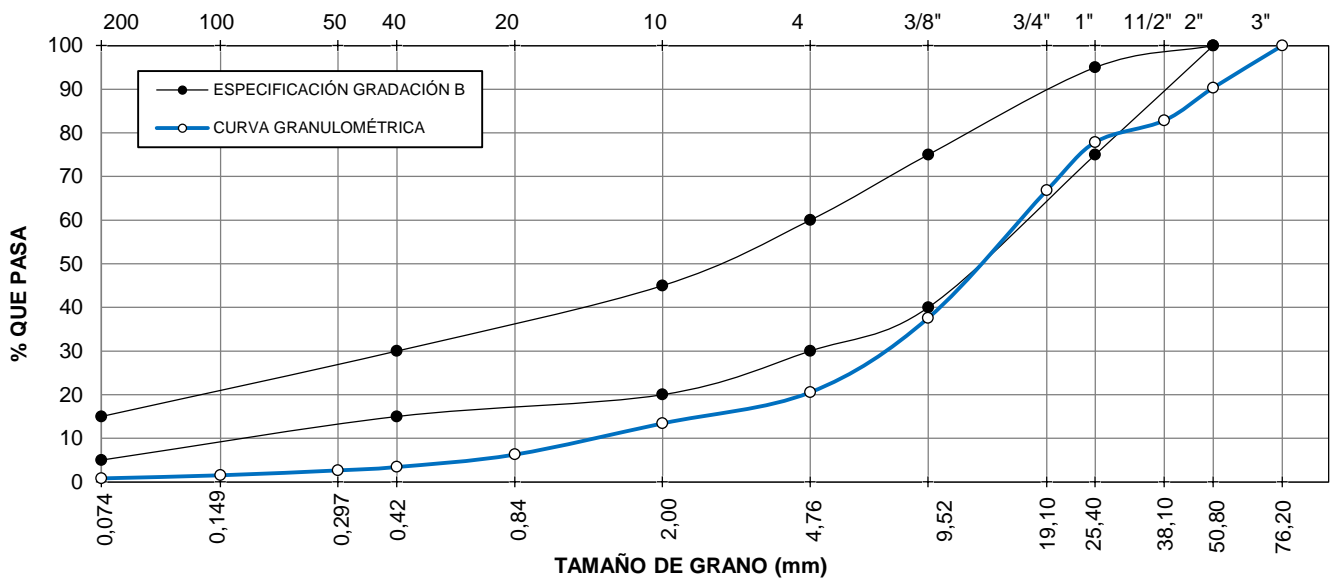
**ENSAYO DE GRANULOMETRIA**  
NORMA MTC E 107 - 2000

PROYECTO : Estudio Geotécnico de Suelos para Diseñar la Estructura del Pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)

PROGRESIVA : km 146+500  
MUESTRA : Lado izquierdo  
PROF. (m) : 1,50  
REALIZADO : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

CALICATA : C - 01  
FECHA : 9 de octubre de 2012

TAMIZ ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GRADACIÓN B
			RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA	
3"	76,20	0,00	0,00	0,00	100,00	
2"	50,80	380,00	9,66	9,66	90,34	100
1 1/2"	38,10	295,00	7,50	17,16	82,84	
1"	25,40	195,00	4,96	22,12	77,88	75 - 95
3/4"	19,10	435,00	11,06	33,18	66,82	
3/8"	9,52	1150,00	29,24	62,43	37,57	40 - 75
Nº 4	4,76	670,00	17,04	79,46	20,54	30 - 60
Nº 10	2,00	280,00	7,12	86,58	13,42	20 - 45
Nº 20	0,84	280,96	7,14	93,73	6,27	
Nº 40	0,42	112,15	2,85	96,58	3,42	15 - 30
Nº 50	0,297	30,45	0,77	97,35	2,65	
Nº 100	0,149	44,35	1,13	98,48	1,52	
Nº 200	0,074	27,75	0,71	99,19	0,81	5 - 15
< Nº 200		32,05	0,81	100,00	0,00	
TOTAL		3932,71	100,00			



DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			OBSERVACIONES	
L.L. =	28	Cu = 7	(g)	%
L.P. =	10	Cc = 2	MUESTRA TOTAL :	3932,71 100,00
I.P. =	18	Suelo arcilloso	GRAVA :	3125,00 79,46
SUCS :	GC		ARENA :	807,71 20,54
I.G. =	0	Suelo muy bueno	FRACCIÓN DE ARENA :	807,71
AASHTO :	A2-6			

Descripción visual:  
Arcilla plástica de color marrón claro con intercalaciones de gravas angulosas.  
Presencia de clastos de tufo volcánico color lechoso y rosáceo diámetro 3 cm.

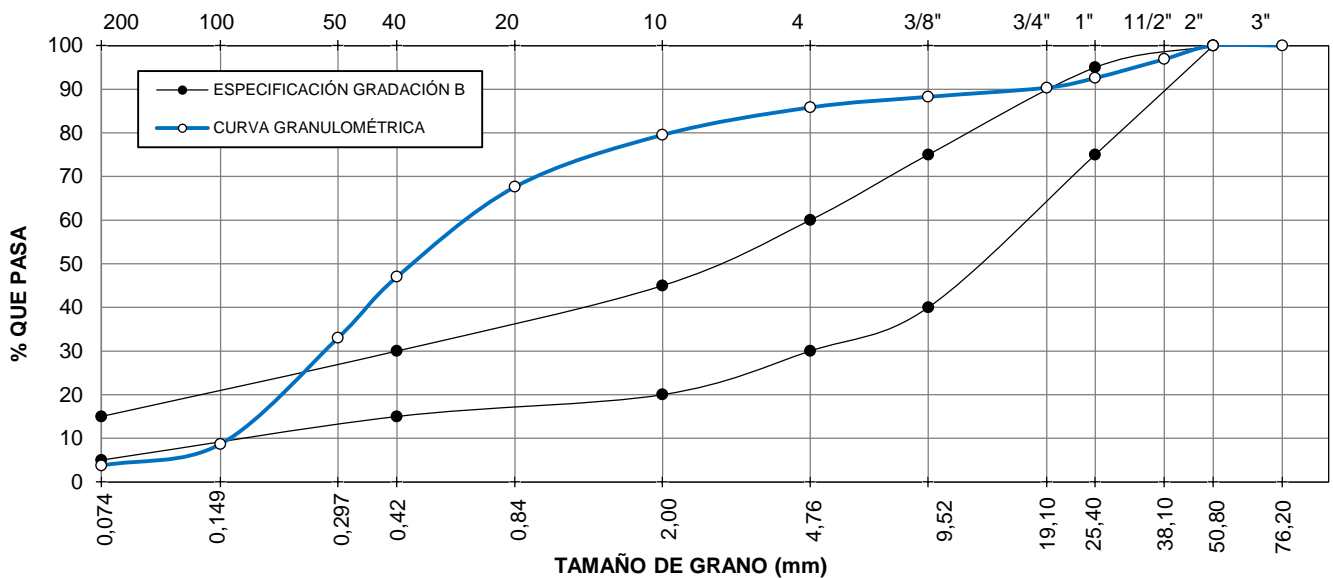
**ENSAYO DE GRANULOMETRIA**  
NORMA MTC E 107 - 2000

PROYECTO : Estudio Geotécnico de Suelos para Diseñar la Estructura del Pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)

PROGRESIVA : km 147+230  
MUESTRA : Lado izquierdo  
PROF. (m) : 1,50  
REALIZADO : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

CALICATA : C - 03  
FECHA : 9 de octubre de 2012

TAMIZ ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GRADACIÓN B
			RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA	
3"	76,20	0,00	0,00	0,00	100,00	
2"	50,80	0,00	0,00	0,00	100,00	100
1 1/2"	38,10	122,00	3,12	3,12	96,88	
1"	25,40	169,00	4,32	7,43	92,57	75 - 95
3/4"	19,10	87,00	2,22	9,65	90,35	
3/8"	9,52	82,00	2,09	11,75	88,25	40 - 75
Nº 4	4,76	95,37	2,44	14,18	85,82	30 - 60
Nº 10	2,00	246,36	6,29	20,47	79,53	20 - 45
Nº 20	0,84	466,63	11,91	32,38	67,62	
Nº 40	0,42	807,63	20,62	53,01	46,99	15 - 30
Nº 50	0,297	547,63	13,98	66,99	33,01	
Nº 100	0,149	952,63	24,32	91,31	8,69	
Nº 200	0,074	193,63	4,94	96,26	3,74	5 - 15
< Nº 200		146,63	3,74	100,00	0,00	
TOTAL		3916,51	100,00			



DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			OBSERVACIONES		
L.L. =	25	Cu = 4		(g)	%
L.P. =	NP	Cc = 1	MUESTRA TOTAL :	3916,51	100,00
I.P. =	NP	Suelo exento de arcilla	GRAVA :	555,37	14,18
SUCS :	SP		ARENA :	3361,14	85,82
I.G. =	0	Suelo muy bueno	FRACCIÓN DE ARENA :	3361,14	
AASHTO :	A1-b				

Descripción visual:  
Arena gruesa de color gris claro con intrusiones de gravas.

## ENSAYO DE GRANULOMETRIA NORMA MTC E 107 - 2000

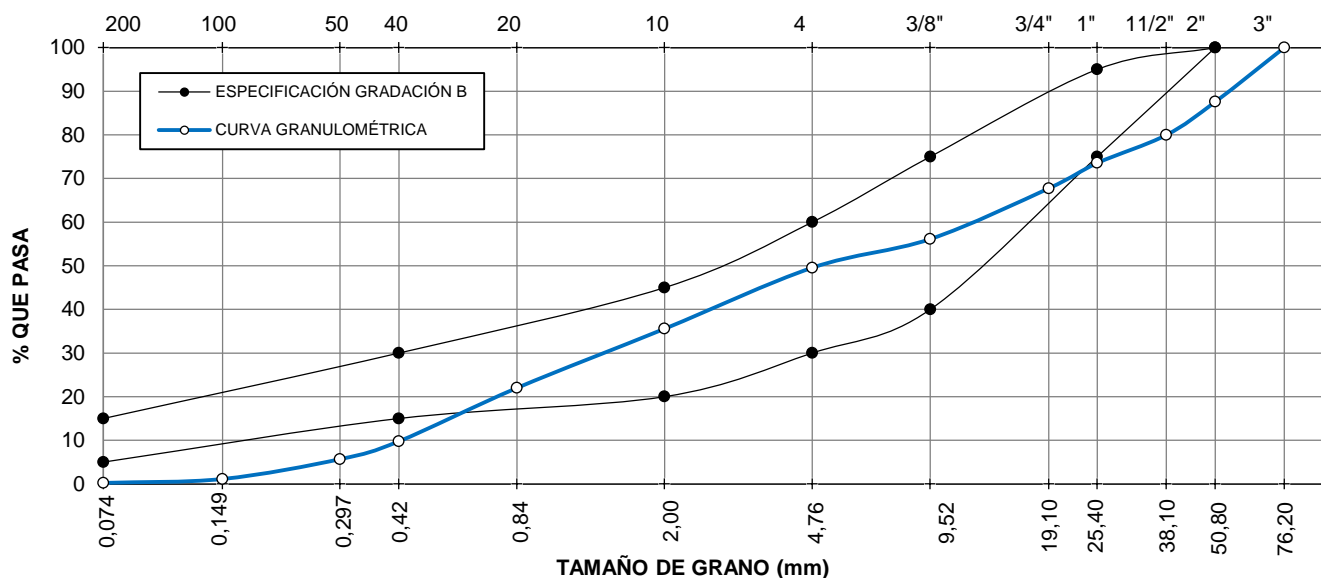
PROYECTO : Estudio Geotécnico de Suelos para Diseñar la Estructura del Pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)

PROGRESIVA : km 147+900  
MUESTRA : Lado izquierdo  
PROF. (m) : 1,40  
REALIZADO : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

CALICATA : C - 05

FECHA : 10 de octubre de 2012

TAMIZ ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GRADACIÓN B
			RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA	
3"	76,20	0,00	0,00	0,00	100,00	
2"	50,80	620,00	12,42	12,42	87,58	100
1 1/2"	38,10	380,00	7,61	20,04	79,96	
1"	25,40	320,00	6,41	26,45	73,55	75 - 95
3/4"	19,10	290,00	5,81	32,26	67,74	
3/8"	9,52	580,00	11,62	43,88	56,12	40 - 75
Nº 4	4,76	328,00	6,57	50,45	49,55	30 - 60
Nº 10	2,00	698,00	13,99	64,44	35,56	20 - 45
Nº 20	0,84	677,00	13,56	78,00	22,00	
Nº 40	0,42	610,00	12,22	90,22	9,78	15 - 30
Nº 50	0,297	204,68	4,10	94,32	5,68	
Nº 100	0,149	226,55	4,54	98,86	1,14	
Nº 200	0,074	45,21	0,91	99,77	0,23	5 - 15
< Nº 200		11,50	0,23	100,00	0,00	
TOTAL		4990,94	100,00			



DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			OBSERVACIONES		
L.L. =	29	Cu = 30		(g)	%
L.P. =	NP	Cc = 0	MUESTRA TOTAL :	4990,94	100,00
I.P. =	NP	Suelo exento de arcilla	GRAVA :	2518,00	50,45
SUCS :	GP		ARENA :	2472,94	49,55
I.G. =	0	Suelo muy bueno	FRACCIÓN DE ARENA :	2472,94	
AASHTO :	A1-a				

Descripción visual:

Grava subredondeada color gris claro con matriz de arena gruesa color gris claro con alta humedad.

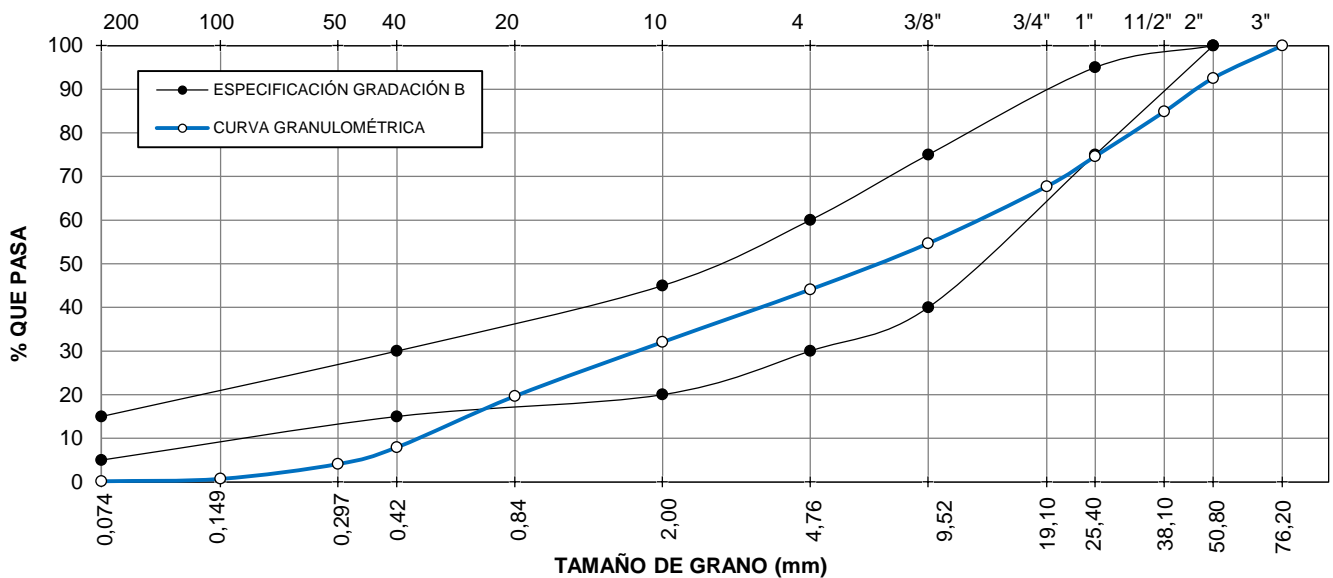
**ENSAYO DE GRANULOMETRIA**  
NORMA MTC E 107 - 2000

PROYECTO : Estudio Geotécnico de Suelos para Diseñar la Estructura del Pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)

PROGRESIVA : km 148+430  
MUESTRA : Lado izquierdo  
PROF. (m) : 1,50  
REALIZADO : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

CALICATA : C - 07  
FECHA : 10 de octubre de 2012

TAMIZ ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GRADACIÓN B
			RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA	
3"	76,20	0,00	0,00	0,00	100,00	
2"	50,80	374,00	7,45	7,45	92,55	100
1 1/2"	38,10	386,00	7,69	15,15	84,85	
1"	25,40	513,00	10,22	25,37	74,63	75 - 95
3/4"	19,10	346,00	6,90	32,27	67,73	
3/8"	9,52	655,00	13,05	45,32	54,68	40 - 75
Nº 4	4,76	531,00	10,58	55,90	44,10	30 - 60
Nº 10	2,00	604,00	12,04	67,94	32,06	20 - 45
Nº 20	0,84	622,00	12,40	80,34	19,66	
Nº 40	0,42	588,00	11,72	92,06	7,94	15 - 30
Nº 50	0,297	192,85	3,84	95,90	4,10	
Nº 100	0,149	170,68	3,40	99,30	0,70	
Nº 200	0,074	27,41	0,55	99,85	0,15	5 - 15
< Nº 200		7,58	0,15	100,00	0,00	
TOTAL		5017,52	100,00			



DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			OBSERVACIONES	
L.L. =	23	Cu = 27	(g)	%
L.P. =	NP	Cc = 0	MUESTRA TOTAL :	5017,52 100,00
I.P. =	NP	Suelo exento de arcilla	GRAVA :	2805,00 55,90
SUCS :	GP		ARENA :	2212,52 44,10
I.G. =	0	Suelo muy bueno	FRACCIÓN DE ARENA :	2212,52
AASHTO :	A1-a			

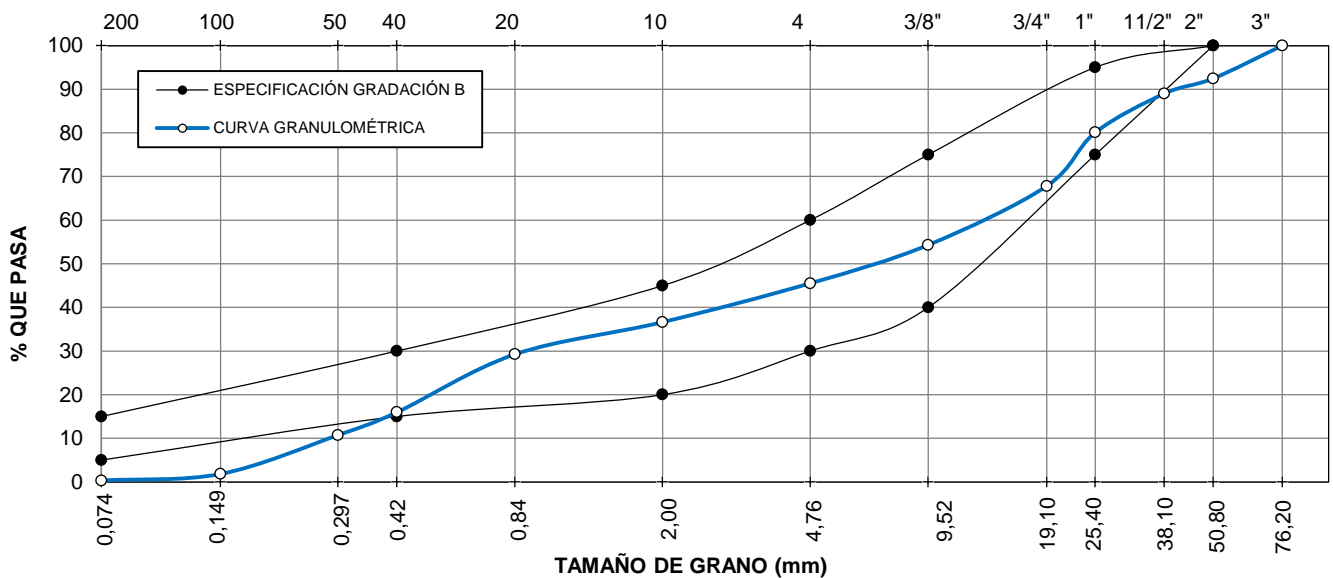
**ENSAYO DE GRANULOMETRIA**  
NORMA MTC E 107 - 2000

PROYECTO : Estudio Geotécnico de Suelos para Diseñar la Estructura del Pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)

PROGRESIVA : km 148+930  
MUESTRA : Lado izquierdo  
PROF. (m) : 1,40  
REALIZADO : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

CALICATA : C - 09  
FECHA : 10 de octubre de 2012

TAMIZ ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GRADACIÓN B
			RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA	
3"	76,20	0,00	0,00	0,00	100,00	
2"	50,80	335,00	7,53	7,53	92,47	100
1 1/2"	38,10	155,00	3,48	11,01	88,99	
1"	25,40	396,00	8,90	19,91	80,09	75 - 95
3/4"	19,10	546,00	12,27	32,18	67,82	
3/8"	9,52	601,00	13,51	45,69	54,31	40 - 75
Nº 4	4,76	391,00	8,79	54,48	45,52	30 - 60
Nº 10	2,00	395,81	8,90	63,37	36,63	20 - 45
Nº 20	0,84	328,19	7,38	70,75	29,25	
Nº 40	0,42	591,00	13,28	84,03	15,97	15 - 30
Nº 50	0,297	233,25	5,24	89,27	10,73	
Nº 100	0,149	396,00	8,90	98,17	1,83	
Nº 200	0,074	66,83	1,50	99,67	0,33	5 - 15
< Nº 200		14,61	0,33	100,00	0,00	
TOTAL		4449,69	100,00			



DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			OBSERVACIONES	
L.L. =	23	Cu = 48	(g)	%
L.P. =	NP	Cc = 0	MUESTRA TOTAL :	4449,69 100,00
I.P. =	NP	Suelo exento de arcilla	GRAVA :	2424,00 54,48
SUCS :	GP		ARENA :	2025,69 45,52
I.G. =	0	Suelo muy bueno	FRACCIÓN DE ARENA :	2025,69
AASHTO :	A1-a			

# GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO

NORMA MTC E 107 - 2000

PROYECTO : Estudio Geotécnico de Suelos para Diseñar la Estructura del Pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)

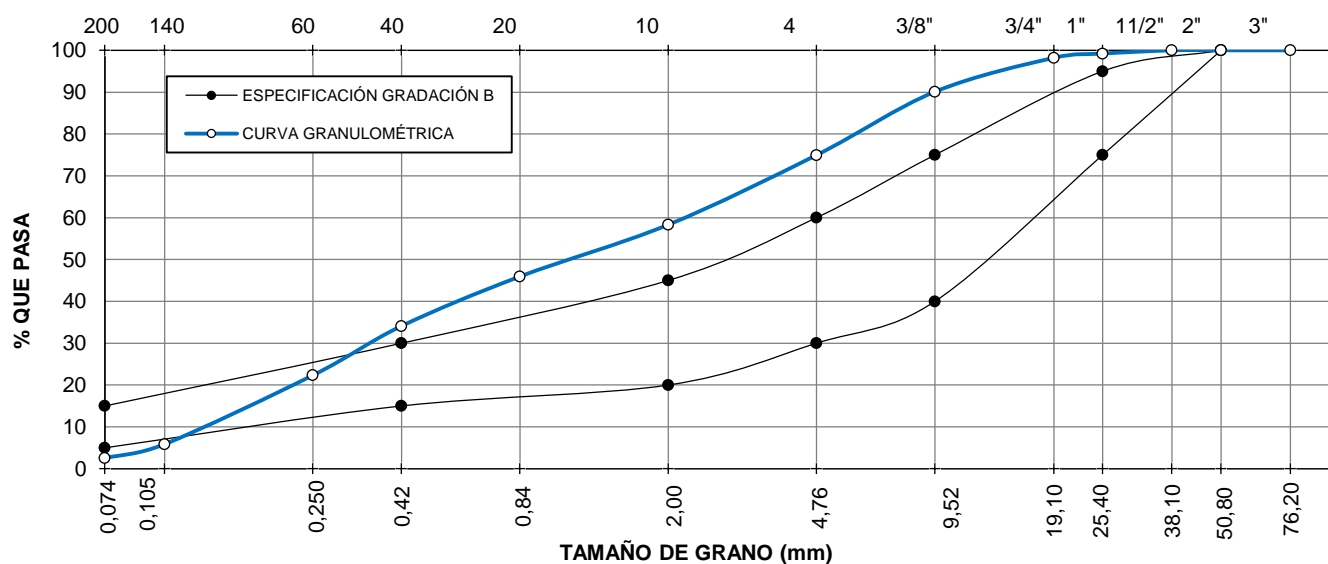
PROGRESIVA : km 149+440  
MUESTRA : Lado izquierdo  
PROF. (m) : 1,60

CALICATA : C - 11

REALIZADO : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

FECHA : 11 de octubre de 2012

TAMIZ ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GRADACIÓN B
			RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA	
3"	76,20	0,00	0,00	0,00	100,00	
2"	50,80	0,00	0,00	0,00	100,00	100
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	0,00	100,00	
1"	25,40	229,00	0,78	0,78	99,22	75 - 95
3/4"	19,10	294,00	1,01	1,79	98,21	
3/8"	9,52	2366,00	8,10	9,90	90,10	40 - 75
Nº 4	4,76	4420,00	15,14	25,04	74,96	30 - 60
Nº 10	2,00	222,00	16,64	41,68	58,32	20 - 45
Nº 20	0,84	165,00	12,37	54,05	45,95	
Nº 40	0,420	158,00	11,84	65,89	34,11	15 - 30
Nº 60	0,250	157,00	11,77	77,66	22,34	
Nº 140	0,105	219,70	16,47	94,13	5,87	
Nº 200	0,074	44,50	3,34	97,47	2,53	5 - 15
< Nº 200		33,80	2,53	100,00	0,00	
TOTAL			100,00			



DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			OBSERVACIONES	
L.L. =	NP	Cu = 18	(g)	%
L.P. =	NP	Cc = 0	MUESTRA TOTAL :	29192,00 100,00
I.P. =	NP	Suelo exento de arcilla	GRAVA :	7309,00 25,04
S.U.C.S. :	SP		ARENA :	21883,00 74,96
I.G. =	1	Suelo bueno	FRACCIÓN DE ARENA :	1000,00
AASHTO :	A2-6			

Descripción visual:

Arena gruesa con grava de color gris claro.

# GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO

NORMA MTC E 107 - 2000

PROYECTO : Estudio Geotécnico de Suelos para Diseñar la Estructura del Pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)

PROGRESIVA : km 150+550

MUESTRA : Lado derecho

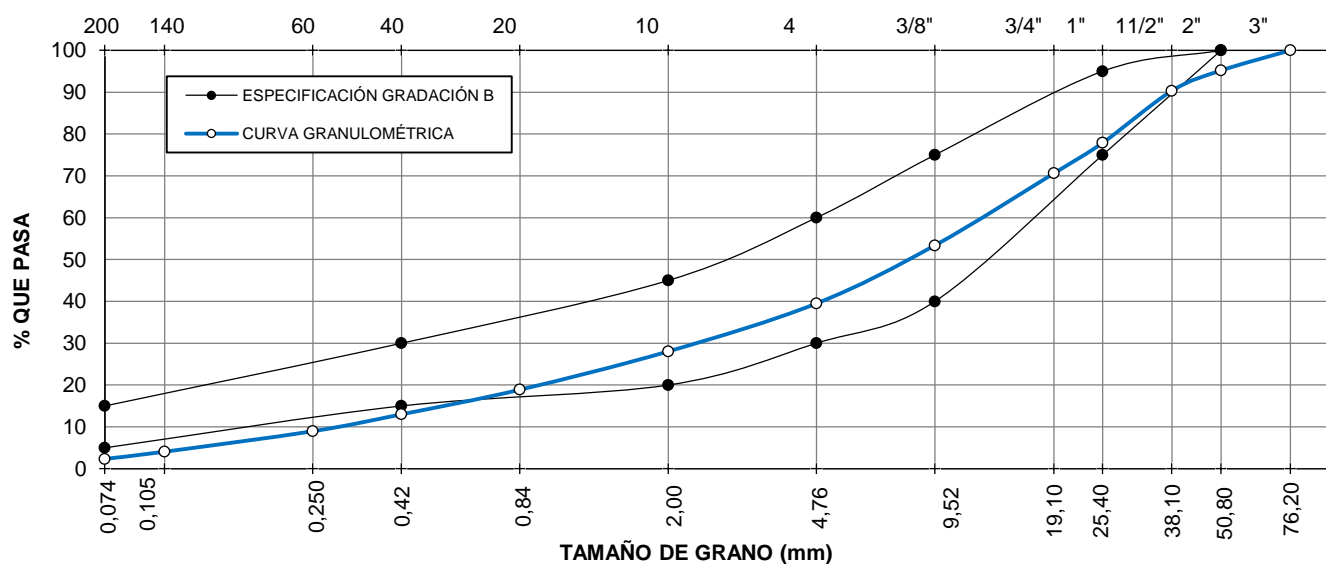
PROF. (m) : 0,90

REALIZADO : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

CALICATA : C - 15

FECHA : 11 de octubre de 2012

TAMIZ ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GRADACIÓN B
			RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA	
3"	76,20	0,00	0,00	0,00	100,00	
2"	50,80	1459,00	4,82	4,82	95,18	100
1 1/2"	38,10	1466,00	4,85	9,67	90,33	
1"	25,40	3763,00	12,44	22,11	77,89	75 - 95
3/4"	19,10	2201,00	7,28	29,39	70,61	
3/8"	9,52	5210,00	17,22	46,61	53,39	40 - 75
Nº 4	4,76	4202,00	13,89	60,50	39,50	30 - 60
Nº 10	2,00	290,10	11,46	71,96	28,04	20 - 45
Nº 20	0,84	231,60	9,15	81,11	18,89	
Nº 40	0,420	149,00	5,89	86,99	13,01	15 - 30
Nº 60	0,250	102,30	4,04	91,03	8,97	
Nº 140	0,105	124,00	4,90	95,93	4,07	
Nº 200	0,074	43,60	1,72	97,65	2,35	5 - 15
< Nº 200		59,40	2,35	100,00	0,00	
TOTAL			100,00			



DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			OBSERVACIONES	
L.L. =	26	Cu = 41	(g)	%
L.P. =	26	Cc = 2	MUESTRA TOTAL :	30248,00 100,00
I.P. =	0	Suelo exento de arcilla	GRAVA :	18301,00 60,50
S.U.C.S. :	GW -GM		ARENA :	11947,00 39,50
I.G. =	0	Suelo muy bueno	FRACCIÓN DE ARENA :	1000,00
AASHTO :	A2-4			

Descripción visual:

Grava angulosa con arcilla y escasa presencia de materia orgánica.

# GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO

NORMA MTC E 107 - 2000

PROYECTO : Estudio Geotécnico de Suelos para Diseñar la Estructura del Pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)

PROGRESIVA : km 150+900

MUESTRA : Lado derecho

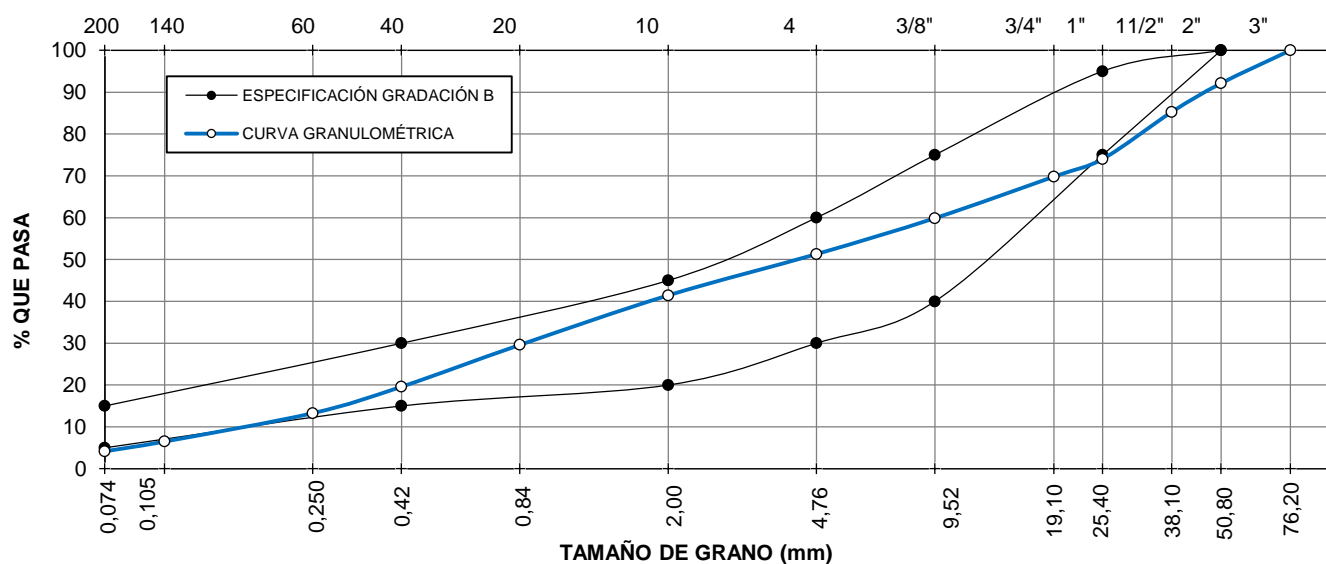
PROF. (m) : 1,40

REALIZADO : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

CALICATA : C - 16

FECHA : 11 de octubre de 2012

TAMIZ ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GRADACIÓN B
			RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA	
3"	76,20	0,00	0,00	0,00	100,00	
2"	50,80	3247,00	7,88	7,88	92,12	100
1 1/2"	38,10	2810,00	6,82	14,71	85,29	
1"	25,40	4641,00	11,27	25,97	74,03	75 - 95
3/4"	19,10	1735,00	4,21	30,19	69,81	
3/8"	9,52	4088,00	9,93	40,11	59,89	40 - 75
Nº 4	4,76	3538,00	8,59	48,70	51,30	30 - 60
Nº 10	2,00	192,20	9,86	58,56	41,44	20 - 45
Nº 20	0,84	230,70	11,83	70,40	29,60	
Nº 40	0,420	194,90	10,00	80,39	19,61	15 - 30
Nº 60	0,250	123,20	6,32	86,71	13,29	
Nº 140	0,105	132,30	6,79	93,50	6,50	
Nº 200	0,074	45,60	2,34	95,84	4,16	5 - 15
< Nº 200		81,10	4,16	100,00	0,00	
TOTAL			100,00			



DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			OBSERVACIONES	
L.L. =	NP	Cu = 54	(g)	%
L.P. =	NP	Cc = 0	MUESTRA TOTAL :	41188,00 100,00
I.P. =	NP	Suelo exento de arcilla	GRAVA :	20059,00 48,70
S.U.C.S. :	SP		ARENA :	21129,00 51,30
I.G. =	1	Suelo bueno	FRACCIÓN DE ARENA :	1000,00
AASHTO :	A2-6			

Descripción visual:

Arena con grava subangulosa.

## GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO

NORMA MTC E 107 - 2000

PROYECTO : Estudio Geotécnico de Suelos para Diseñar la Estructura del Pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)

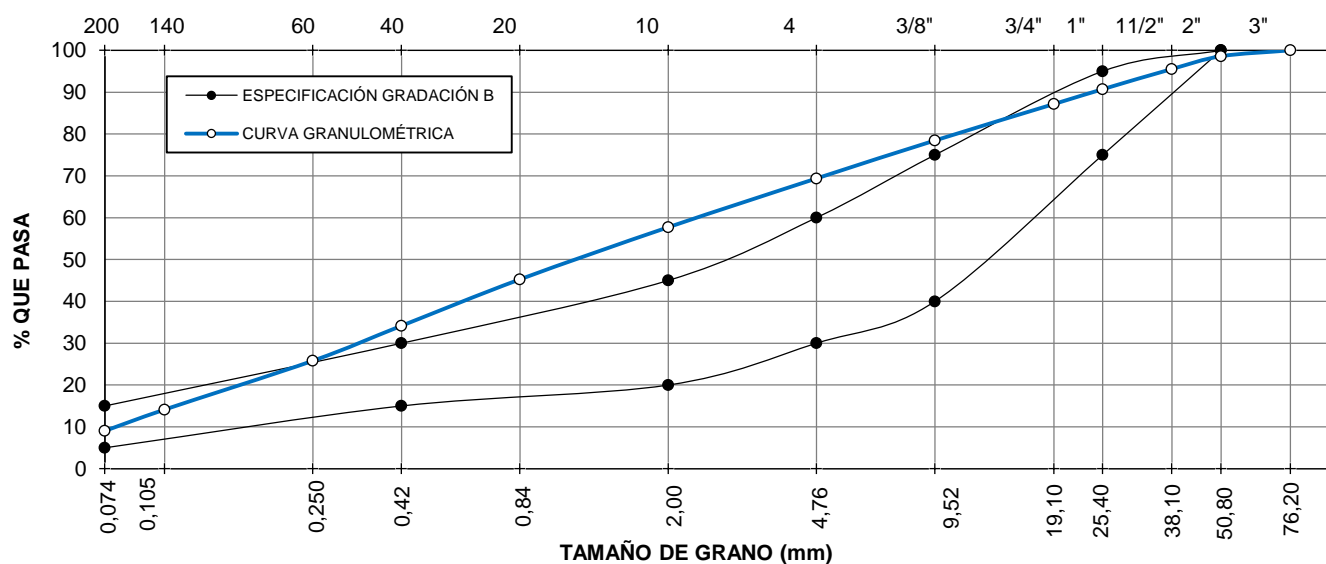
PROGRESIVA : km 151+280  
MUESTRA : Lado izquierdo  
PROF. (m) : 1,20

CALICATA : C - 18

REALIZADO : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

FECHA : 12 de octubre de 2012

TAMIZ ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GRADACIÓN B
			RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA	
3"	76,20	0,00	0,00	0,00	100,00	
2"	50,80	474,00	1,41	1,41	98,59	100
1 1/2"	38,10	1026,00	3,05	4,46	95,54	
1"	25,40	1624,00	4,83	9,30	90,70	75 - 95
3/4"	19,10	1188,00	3,54	12,83	87,17	
3/8"	9,52	2927,00	8,71	21,54	78,46	40 - 75
Nº 4	4,76	3051,00	9,08	30,63	69,38	30 - 60
Nº 10	2,00	168,00	11,66	42,28	57,72	20 - 45
Nº 20	0,84	179,50	12,45	54,73	45,27	
Nº 40	0,420	159,90	11,09	65,83	34,17	15 - 30
Nº 60	0,250	120,60	8,37	74,19	25,81	
Nº 140	0,105	168,20	11,67	85,86	14,14	
Nº 200	0,074	73,40	5,09	90,95	9,05	5 - 15
< Nº 200		130,40	9,05	100,00	0,00	
TOTAL			100,00			



DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			OBSERVACIONES	
L.L. =	NP	Cu = 36	(g)	%
L.P. =	NP	Cc = 0	MUESTRA TOTAL :	33600,00 100,00
I.P. =	NP	Suelo exento de arcilla	GRAVA :	10290,00 30,63
S.U.C.S. :	SP -SM		ARENA :	23310,00 69,38
I.G. =	0	Suelo muy bueno	FRACCIÓN DE ARENA :	1000,00
AASHTO :	A1-b			

Descripción visual:

Arcilla con arena y grava subangulosa. Presencia regular de materia orgánica.

# GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO

NORMA MTC E 107 - 2000

PROYECTO : Estudio Geotécnico de Suelos para Diseñar la Estructura del Pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)

PROGRESIVA : km 151+500

MUESTRA : Lado derecho

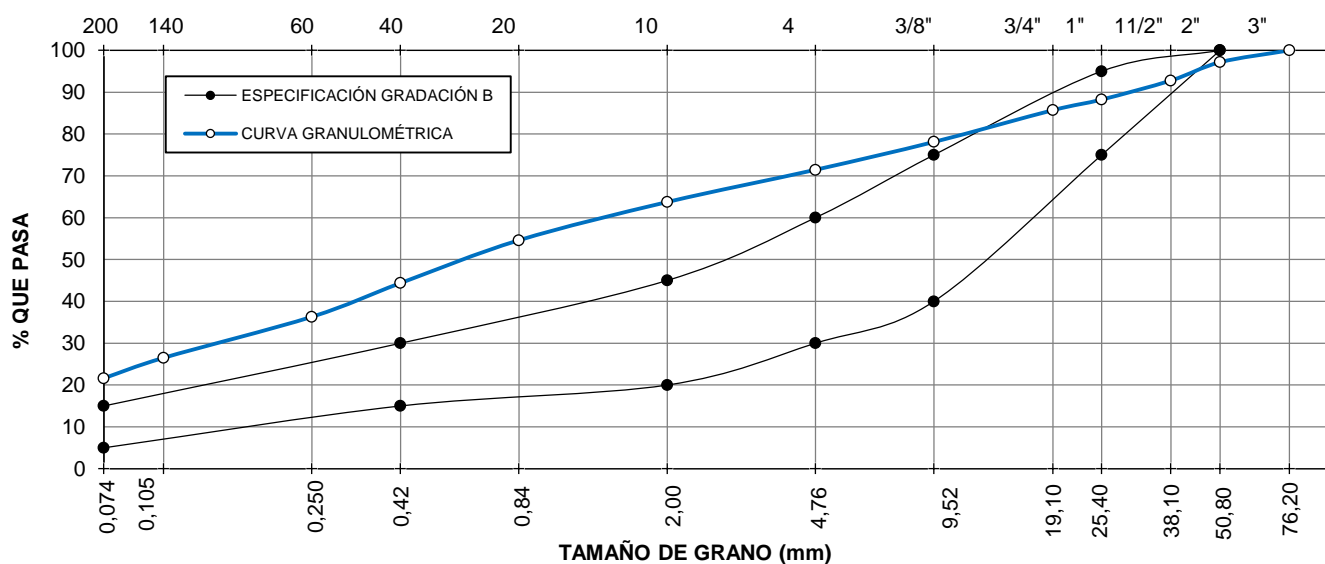
PROF. (m) : 1,40

REALIZADO : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

CALICATA : C - 19

FECHA : 12 de octubre de 2012

TAMIZ ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GRADACIÓN B
			RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA	
3"	76,20	0,00	0,00	0,00	100,00	
2"	50,80	848,00	2,84	2,84	97,16	100
1 1/2"	38,10	1302,00	4,37	7,21	92,79	
1"	25,40	1359,00	4,56	11,77	88,23	75 -95
3/4"	19,10	755,00	2,53	14,30	85,70	
3/8"	9,52	2263,00	7,59	21,89	78,11	40 -75
Nº 4	4,76	1986,00	6,66	28,55	71,45	30 - 60
Nº 10	2,00	107,80	7,70	36,26	63,74	20 - 45
Nº 20	0,84	127,80	9,13	45,39	54,61	
Nº 40	0,420	143,30	10,24	55,63	44,37	15 - 30
Nº 60	0,250	112,80	8,06	63,68	36,32	
Nº 140	0,105	137,20	9,80	73,49	26,51	
Nº 200	0,074	68,30	4,88	78,37	21,63	5 - 15
< Nº 200		302,80	21,63	100,00	0,00	
TOTAL			100,00			



DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			OBSERVACIONES	
L.L. =	NP	Cu = 19	(g)	%
L.P. =	NP	Cc = 0	MUESTRA TOTAL :	29813,00 100,00
I.P. =	NP	Suelo exento de arcilla	GRAVA :	8513,00 28,55
S.U.C.S. :	SP - SM		ARENA :	21300,00 71,45
I.G. =	0	Suelo muy bueno	FRACCIÓN DE ARENA :	1000,00
AASHTO :	A1-b			

Descripción visual:

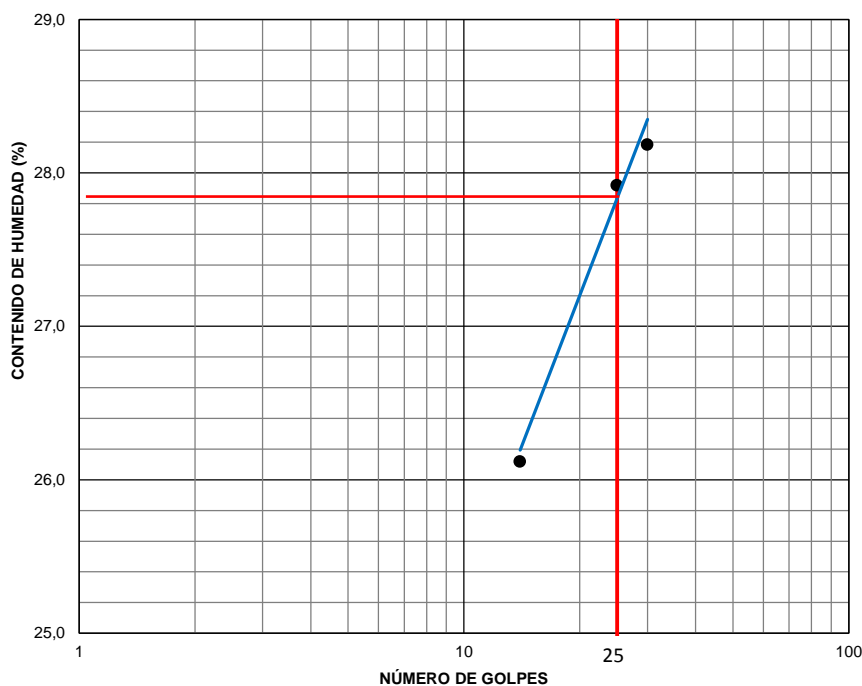
Arcilla con arena y grava subangulosa. Muestra con terrones. Se lavó la muestra para el tamizado.

## LÍMITES DE CONSISTENCIA

**PROYECTO** : Estudio Geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)  
**CALICATA** : C - 01  
**FECHA** : 9 de octubre de 2012

**PROGRESIVA** : km 146+500  
**MUESTRA** : Lado izquierdo  
**PROF. (m)** : 1,50  
**REALIZADO** : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>						
<b>MTC E 110 - 2000</b>						
Nº DE ENSAYO		1	2	3		
Nº DE GOLPES		14	25	30		
Nº DE TARA		2	5	6		
PESO DE SUELO HÚMEDO + TARA	g	22,33	35,84	34,37		
PESO DE SUELO SECO + TARA	g	20,81	33,40	32,20		
PESO DE LA TARA	g	14,99	24,66	24,50		
PESO DEL AGUA	g	1,52	2,44	2,17		
PESO DEL SUELO SECO	g	5,82	8,74	7,70		
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	26,12	27,92	28,18		



RESULTADOS :	
LÍMITE LÍQUIDO (LL) %	<b>28</b>
LÍMITE PLÁSTICO (LP) %	<b>10</b>
ÍNDICE PLÁSTICO (IP) %	<b>18</b>

OBSERVACIONES :

<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>						
<b>MTC E 111 - 2000</b>						
Nº DE ENSAYOS		1	2			
Nº DE TARA		2	5			
PESO DE SUELO HÚMEDO + TARA	g	17,11	17,15			
PESO DE SUELO SECO + TARA	g	16,92	17,00			
PESO DE LA TARA	g	14,95	15,50			
PESO DEL AGUA	g	0,19	0,15			
PESO DEL SUELO SECO	g	1,97	1,50			
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	9,64	10,00			

## LÍMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : Estudio Geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)

PROGRESIVA : km 147+230  
MUESTRA : Lado izquierdo

PROF. (m) : 1,50

CALICATA : C - 03

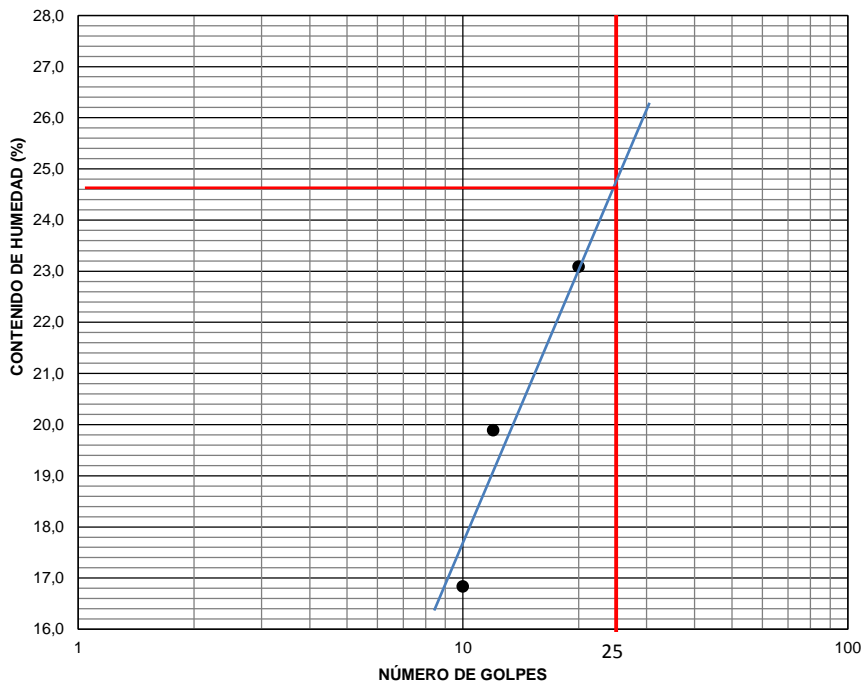
REALIZADO : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

FECHA : 9 de octubre de 2012

### LÍMITE LÍQUIDO

MTC E 110 - 2000

Nº DE ENSAYO		1	2	3			
Nº DE GOLPES		10	12	20			
Nº DE TARA		1	2	3			
PESO DE SUELO HÚMEDO + TARA	g	38,87	27,53	37,72			
PESO DE SUELO SECO + TARA	g	37,00	25,50	35,40			
PESO DE LA TARA	g	25,89	15,29	25,35			
PESO DEL AGUA	g	1,87	2,03	2,32			
PESO DEL SUELO SECO	g	11,11	10,21	10,05			
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	16,83	19,88	23,08			



#### RESULTADOS :

LÍMITE LÍQUIDO (LL) %	<b>25</b>
LÍMITE PLÁSTICO (LP) %	<b>NP</b>
ÍNDICE PLÁSTICO (IP) %	<b>NP</b>

#### OBSERVACIONES :

### LÍMITE PLÁSTICO

MTC E 111 - 2000

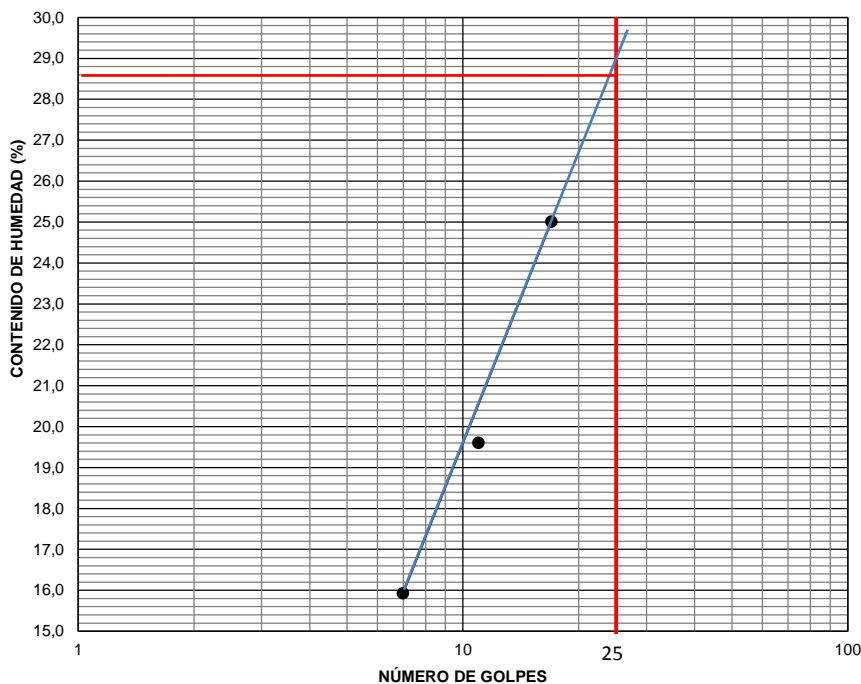
Nº DE ENSAYOS		1	2				
Nº DE TARA							
PESO DE SUELO HÚMEDO + TARA	g						
PESO DE SUELO SECO + TARA	g						
PESO DE LA TARA	g						
PESO DEL AGUA	g						
PESO DEL SUELO SECO	g						
CONTENIDO DE HUMEDAD	%						

# LÍMITES DE CONSISTENCIA

**PROYECTO** : Estudio Geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)  
**CALICATA** : C - 05  
**FECHA** : 10 de octubre de 2012

**PROGRESIVA** : km 147+900  
**MUESTRA** : Lado izquierdo  
**PROF. (m)** : 1,40  
**REALIZADO** : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>						
<b>MTC E 110 - 2000</b>						
Nº DE ENSAYO		1	2	3		
Nº DE GOLPES		7	11	17		
Nº DE TARA		1	2	3		
PESO DE SUELO HÚMEDO + TARA	g	36,92	25,50	34,90		
PESO DE SUELO SECO + TARA	g	35,42	23,85	33,02		
PESO DE LA TARA	g	26,00	15,43	25,50		
PESO DEL AGUA	g	1,50	1,65	1,88		
PESO DEL SUELO SECO	g	9,42	8,42	7,52		
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	15,92	19,60	25,00		



RESULTADOS :	
LÍMITE LÍQUIDO (LL) %	<b>29</b>
LÍMITE PLÁSTICO (LP) %	<b>NP</b>
ÍNDICE PLÁSTICO (IP) %	<b>NP</b>

OBSERVACIONES :

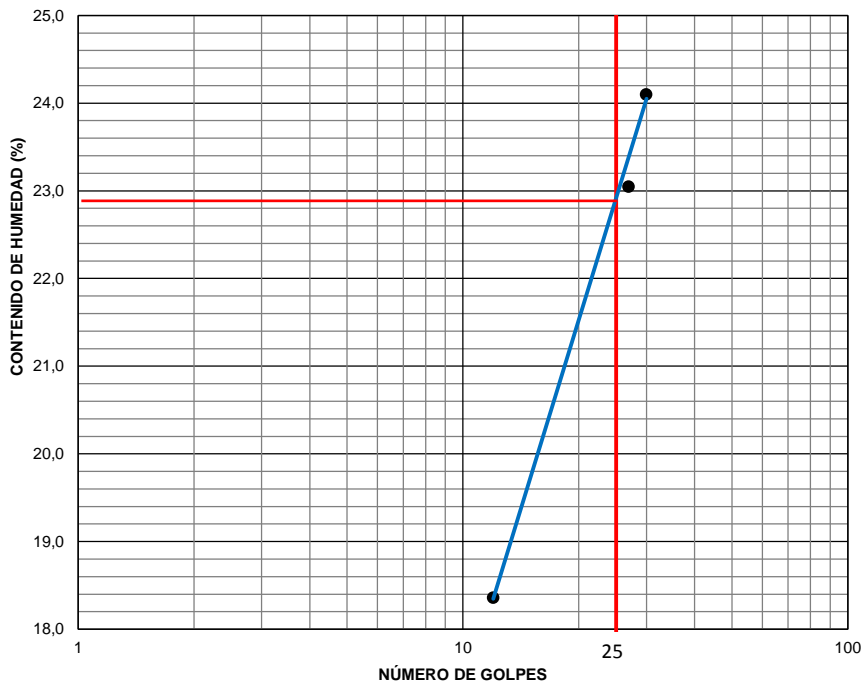
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>						
<b>MTC E 111 - 2000</b>						
Nº DE ENSAYOS		1	2			
Nº DE TARA						
PESO DE SUELO HÚMEDO + TARA	g					
PESO DE SUELO SECO + TARA	g					
PESO DE LA TARA	g					
PESO DEL AGUA	g					
PESO DEL SUELO SECO	g					
CONTENIDO DE HUMEDAD	%					

# LÍMITES DE CONSISTENCIA

**PROYECTO** : Estudio Geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)  
**CALICATA** : C - 07  
**FECHA** : 10 de octubre de 2012

**PROGRESIVA** : km 148+430  
**MUESTRA** : Lado izquierdo  
**PROF. (m)** : 1,50  
**REALIZADO** : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>						
<b>MTC E 110 - 2000</b>						
Nº DE ENSAYO		1	2	3		
Nº DE GOLPES		12	27	30		
Nº DE TARA		5	6	1		
PESO DE SUELO HÚMEDO + TARA	g	33,64	36,09	39,00		
PESO DE SUELO SECO + TARA	g	32,30	34,00	36,47		
PESO DE LA TARA	g	25,00	24,93	25,97		
PESO DEL AGUA	g	1,34	2,09	2,53		
PESO DEL SUELO SECO	g	7,30	9,07	10,50		
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	18,36	23,04	24,10		



RESULTADOS :	
LÍMITE LÍQUIDO (LL) %	<b>23</b>
LÍMITE PLÁSTICO (LP) %	<b>NP</b>
ÍNDICE PLÁSTICO (IP) %	<b>NP</b>

OBSERVACIONES :

<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>						
<b>MTC E 111 - 2000</b>						
Nº DE ENSAYOS		1	2			
Nº DE TARA						
PESO DE SUELO HÚMEDO + TARA	g					
PESO DE SUELO SECO + TARA	g					
PESO DE LA TARA	g					
PESO DEL AGUA	g					
PESO DEL SUELO SECO	g					
CONTENIDO DE HUMEDAD	%					

## LÍMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : Estudio Geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)

PROGRESIVA : km 148+930  
MUESTRA : Lado izquierdo  
PROF. (m) : 1,40

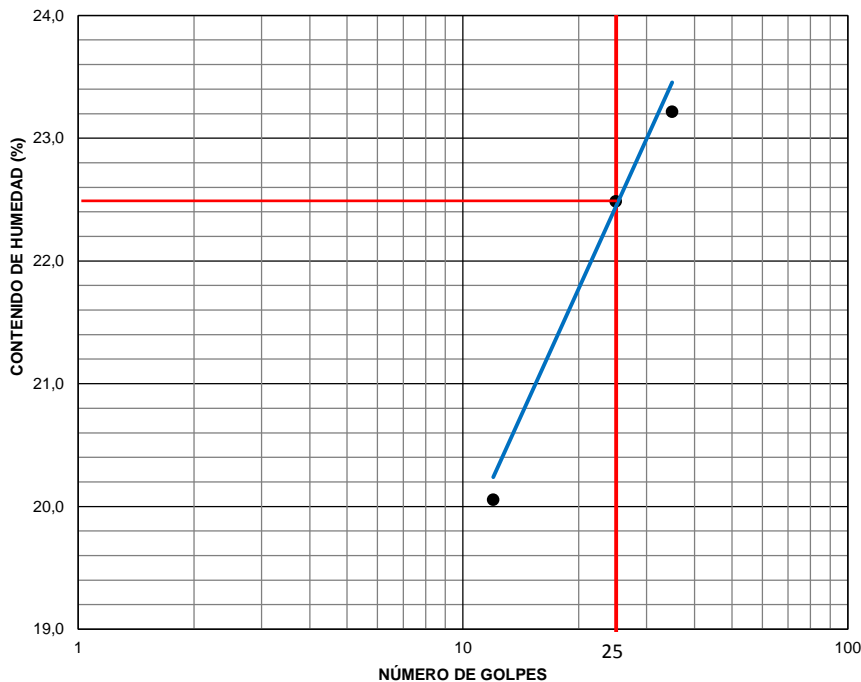
CALICATA : C - 09

REALIZADO : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

FECHA : 10 de octubre de 2012

### LÍMITE LÍQUIDO MTC E 110 - 2000

Nº DE ENSAYO		1	2	3			
Nº DE GOLPES		12	25	35			
Nº DE TARA		5	1	6			
PESO DE SUELO HÚMEDO + TARA	g	34,10	36,36	35,18			
PESO DE SUELO SECO + TARA	g	32,58	34,44	33,23			
PESO DE LA TARA	g	25,00	25,90	24,83			
PESO DEL AGUA	g	1,52	1,92	1,95			
PESO DEL SUELO SECO	g	7,58	8,54	8,40			
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	20,05	22,48	23,21			



#### RESULTADOS :

LÍMITE LÍQUIDO (LL) %	<b>23</b>
LÍMITE PLÁSTICO (LP) %	<b>NP</b>
ÍNDICE PLÁSTICO (IP) %	<b>NP</b>

#### OBSERVACIONES :

### LÍMITE PLÁSTICO MTC E 111 - 2000

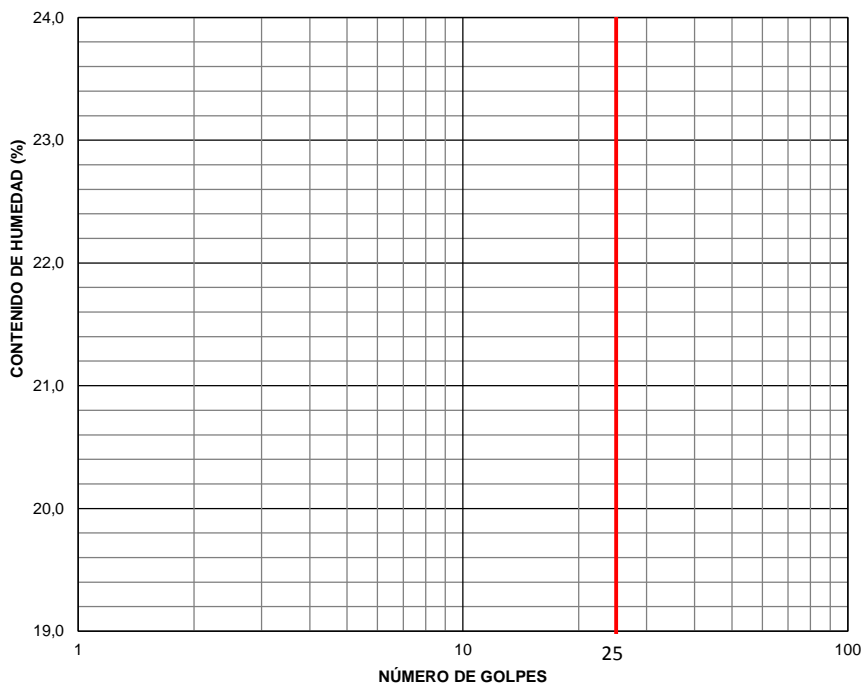
Nº DE ENSAYOS		1	2				
Nº DE TARA							
PESO DE SUELO HÚMEDO + TARA	g						
PESO DE SUELO SECO + TARA	g						
PESO DE LA TARA	g						
PESO DEL AGUA	g						
PESO DEL SUELO SECO	g						
CONTENIDO DE HUMEDAD	%						

## LÍMITES DE CONSISTENCIA

**PROYECTO** : Estudio Geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)  
**CALICATA** : C - 11  
**FECHA** : 11 de octubre de 2012

**PROGRESIVA** : km 149+440  
**MUESTRA** : Lado izquierdo  
**PROF. (m)** : 1,60  
**REALIZADO** : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

<b>LÍMITE LÍQUIDO</b> MTC E 110 - 2000						
Nº DE ENSAYO	1	2	3			
Nº DE GOLPES						
Nº DE TARA						
PESO DE SUELO HÚMEDO + TARA						
PESO DE SUELO SECO + TARA						
PESO DE LA TARA						
PESO DEL AGUA						
PESO DEL SUELO SECO						
CONTENIDO DE HUMEDAD						



RESULTADOS :	
LÍMITE LÍQUIDO (LL) %	<b>NP</b>
LÍMITE PLÁSTICO (LP) %	<b>NP</b>
ÍNDICE PLÁSTICO (IP) %	<b>NP</b>

OBSERVACIONES :

<b>LÍMITE PLÁSTICO</b> MTC E 111 - 2000						
Nº DE ENSAYOS	1	2				
Nº DE TARA						
PESO DE SUELO HÚMEDO + TARA						
PESO DE SUELO SECO + TARA						
PESO DE LA TARA						
PESO DEL AGUA						
PESO DEL SUELO SECO						
CONTENIDO DE HUMEDAD						

## LÍMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : Estudio Geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)

PROGRESIVA : km 150+550  
MUESTRA : Lado derecho  
PROF. (m) : 0,90

CALICATA : C - 15

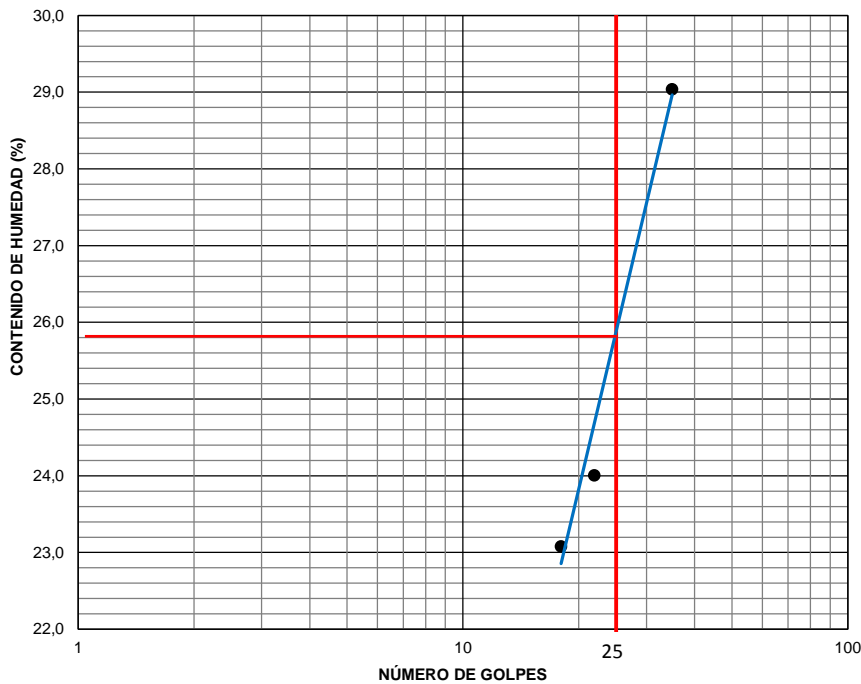
REALIZADO : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

FECHA : 11 de octubre de 2012

### LÍMITE LÍQUIDO

MTC E 110 - 2000

Nº DE ENSAYO	1	2	3			
Nº DE GOLPES	18	22	35			
Nº DE TARA	1	3	2			
PESO DE SUELO HÚMEDO + TARA	g 14,40	14,00	14,90			
PESO DE SUELO SECO + TARA	g 13,80	13,40	14,00			
PESO DE LA TARA	g 11,20	10,90	10,90			
PESO DEL AGUA	g 0,60	0,60	0,90			
PESO DEL SUELO SECO	g 2,60	2,50	3,10			
CONTENIDO DE HUMEDAD	% 23,08	24,00	29,03			



#### RESULTADOS :

LÍMITE LÍQUIDO (LL) %	<b>26</b>
LÍMITE PLÁSTICO (LP) %	<b>26</b>
ÍNDICE PLÁSTICO (IP) %	<b>0</b>

#### OBSERVACIONES :

### LÍMITE PLÁSTICO

MTC E 111 - 2000

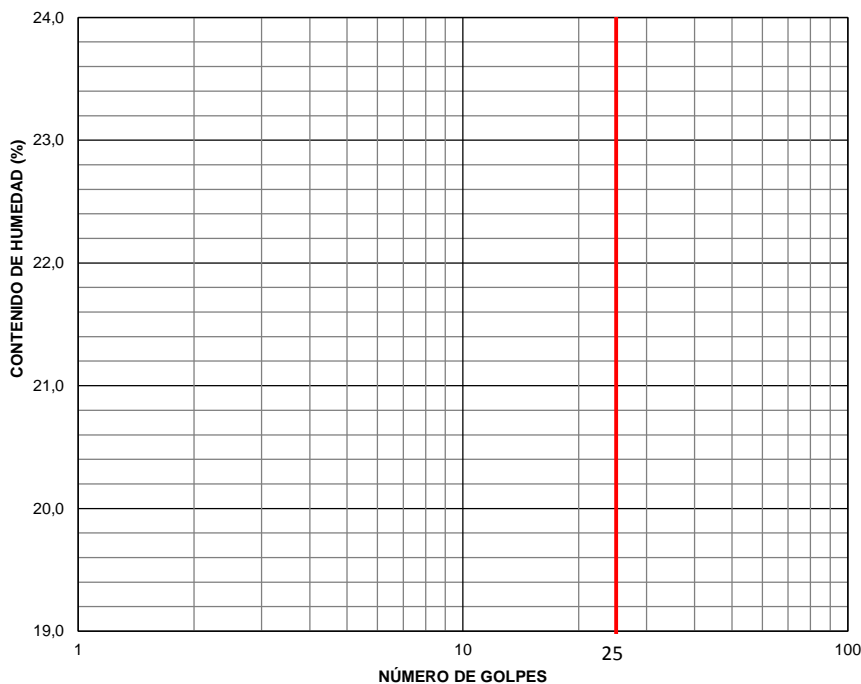
Nº DE ENSAYOS	1	2				
Nº DE TARA	T 01	T 02				
PESO DE SUELO HÚMEDO + TARA	g 15,00	15,80				
PESO DE SUELO SECO + TARA	g 14,20	15,00				
PESO DE LA TARA	g 11,20	11,90				
PESO DEL AGUA	g 0,80	0,80				
PESO DEL SUELO SECO	g 3,00	3,10				
CONTENIDO DE HUMEDAD	% 26,67	25,81				

## LÍMITES DE CONSISTENCIA

**PROYECTO** : Estudio Geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)  
**CALICATA** : C - 16  
**FECHA** : 11 de octubre de 2012

**PROGRESIVA** : km 150+900  
**MUESTRA** : Lado derecho  
**PROF. (m)** : 1,40  
**REALIZADO** : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

<b>LÍMITE LÍQUIDO</b> MTC E 110 - 2000						
Nº DE ENSAYO	1	2	3			
Nº DE GOLPES						
Nº DE TARA						
PESO DE SUELO HÚMEDO + TARA						
PESO DE SUELO SECO + TARA						
PESO DE LA TARA						
PESO DEL AGUA						
PESO DEL SUELO SECO						
CONTENIDO DE HUMEDAD						



RESULTADOS :	
LÍMITE LÍQUIDO (LL) %	<b>NP</b>
LÍMITE PLÁSTICO (LP) %	<b>NP</b>
ÍNDICE PLÁSTICO (IP) %	<b>NP</b>

OBSERVACIONES :

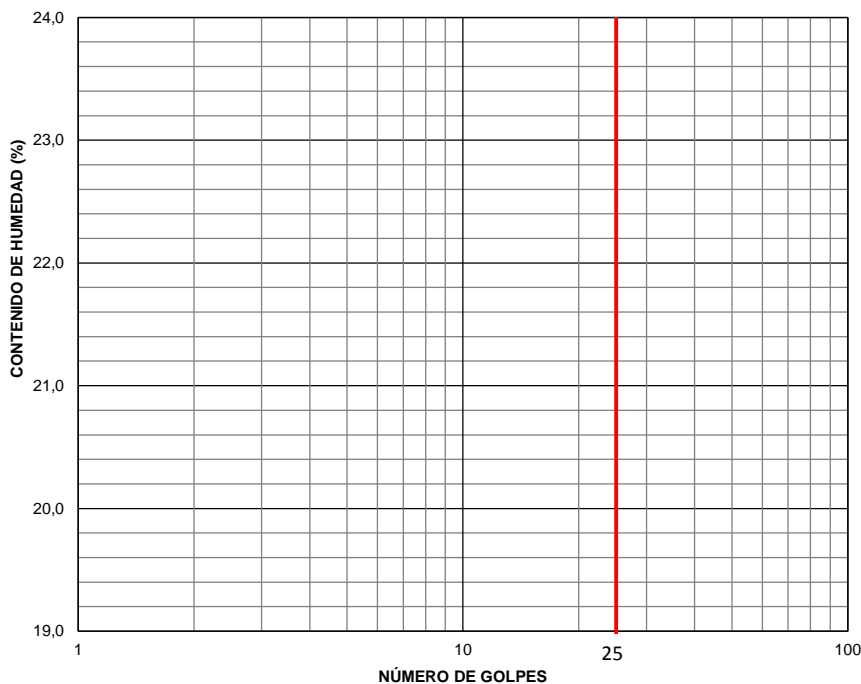
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b> MTC E 111 - 2000						
Nº DE ENSAYOS	1	2				
Nº DE TARA						
PESO DE SUELO HÚMEDO + TARA						
PESO DE SUELO SECO + TARA						
PESO DE LA TARA						
PESO DEL AGUA						
PESO DEL SUELO SECO						
CONTENIDO DE HUMEDAD						

## LÍMITES DE CONSISTENCIA

**PROYECTO** : Estudio Geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)  
**CALICATA** : C - 18  
**FECHA** : 12 de octubre de 2012

**PROGRESIVA** : km 151+280  
**MUESTRA** : Lado izquierdo  
**PROF. (m)** : 1,20  
**REALIZADO** : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

<b>LÍMITE LÍQUIDO</b> MTC E 110 - 2000						
Nº DE ENSAYO	1	2	3			
Nº DE GOLPES						
Nº DE TARA						
PESO DE SUELO HÚMEDO + TARA						
PESO DE SUELO SECO + TARA						
PESO DE LA TARA						
PESO DEL AGUA						
PESO DEL SUELO SECO						
CONTENIDO DE HUMEDAD						



RESULTADOS :	
LÍMITE LÍQUIDO (LL) %	<b>NP</b>
LÍMITE PLÁSTICO (LP) %	<b>NP</b>
ÍNDICE PLÁSTICO (IP) %	<b>NP</b>

OBSERVACIONES :

<b>LÍMITE PLÁSTICO</b> MTC E 111 - 2000						
Nº DE ENSAYOS	1	2				
Nº DE TARA						
PESO DE SUELO HÚMEDO + TARA						
PESO DE SUELO SECO + TARA						
PESO DE LA TARA						
PESO DEL AGUA						
PESO DEL SUELO SECO						
CONTENIDO DE HUMEDAD						

## LÍMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : Estudio Geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)

PROGRESIVA : km 151+500  
MUESTRA : Lado derecho

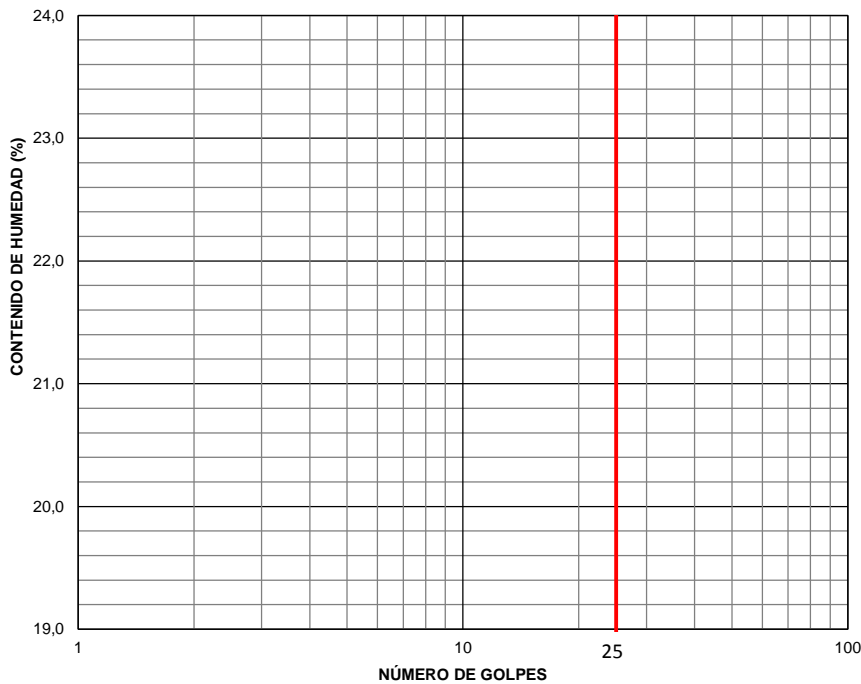
CALICATA : C - 19

PROF. (m) : 1,40

FECHA : 12 de octubre de 2012

REALIZADO : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

<b>LÍMITE LÍQUIDO</b> MTC E 110 - 2000						
Nº DE ENSAYO	1	2	3			
Nº DE GOLPES						
Nº DE TARA						
PESO DE SUELO HÚMEDO + TARA						
PESO DE SUELO SECO + TARA						
PESO DE LA TARA						
PESO DEL AGUA						
PESO DEL SUELO SECO						
CONTENIDO DE HUMEDAD						



RESULTADOS :	
LÍMITE LÍQUIDO (LL) %	<b>NP</b>
LÍMITE PLÁSTICO (LP) %	<b>NP</b>
ÍNDICE PLÁSTICO (IP) %	<b>NP</b>

OBSERVACIONES :

<b>LÍMITE PLÁSTICO</b> MTC E 111 - 2000						
Nº DE ENSAYOS	1	2				
Nº DE TARA						
PESO DE SUELO HÚMEDO + TARA						
PESO DE SUELO SECO + TARA						
PESO DE LA TARA						
PESO DEL AGUA						
PESO DEL SUELO SECO						
CONTENIDO DE HUMEDAD						

## ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

NORMA MTC E 115 - 2000

**PROYECTO** : Estudio Geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500) **PROGRESIVA** : km 146+500  
**MUESTRA** : Lado izquierdo  
**PROF. (m)** : 1,50  
**REALIZADO** : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya  
**CALICATA** : C - 01  
**FECHA** : 9 de octubre de 2012

<b>GOLPES / CAPA</b> :	56	<b>Nº DE CAPAS</b> :	5	<b>PESO MOLDE (g)</b> :	6174
<b>DIÁMETRO DEL MOLDE</b> :	6"	<b>ALTURA (cm)</b> :		<b>VOLUMEN (cm3)</b> :	2105

### DENSIDAD

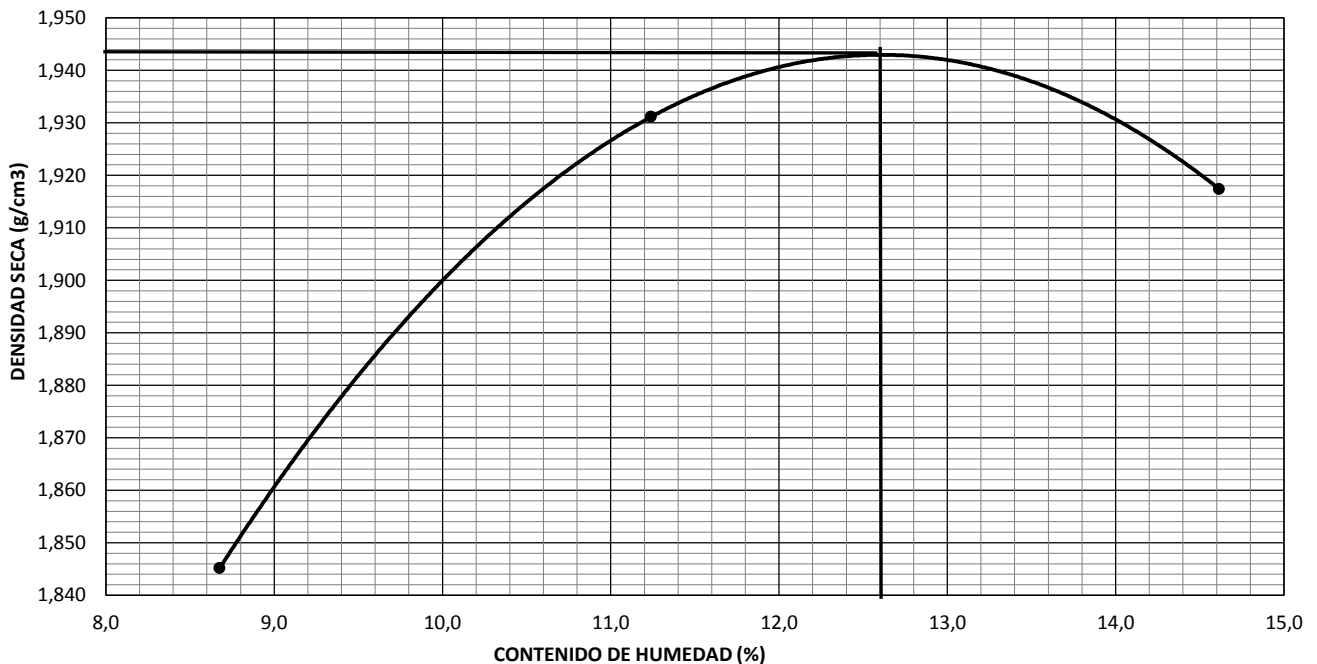
Nº DE ENSAYO	1	2	3	4	5
PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO	10395	10696	10800		
PESO DEL MOLDE	6174	6174	6174		
PESO DEL SUELO HÚMEDO COMPACTADO	4221	4522	4626		
VOLUMEN DEL MOLDE	2105	2105	2105		
DENSIDAD HÚMEDA	2,01	2,15	2,20		
DENSIDAD SECA	1,845	1,931	1,917		

### HUMEDAD

Nº DE RECIPIENTE	1	3	5		
PESO DEL RECIPIENTE	26,00	25,67	25,24		
PESO DEL SUELO HÚMEDO + RECIPIENTE	169,18	165,31	167,02		
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE	157,75	151,20	148,94		
PESO DEL AGUA	11,43	14,11	18,08		
PESO DEL SUELO SECO	131,75	125,53	123,70		
CONTENIDO DE HUMEDAD	8,68	11,24	14,62		

**DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm3)**     **1,944**

**HUMEDAD ÓPTIMA (%)**     **12,60**



OBSERVACIONES :

## ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

NORMA MTC E 115 - 2000

**PROYECTO** : Estudio Geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500) **PROGRESIVA** : km 147+230  
**MUESTRA** : Lado izquierdo  
**PROF. (m)** : 1,50  
**REALIZADO** : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya  
**CALICATA** : C - 03  
**FECHA** : 9 de octubre de 2012

<b>GOLPES / CAPA</b> :	56	<b>Nº DE CAPAS</b> :	5	<b>PESO MOLDE (g)</b> :	6174
<b>DIÁMETRO DEL MOLDE</b> :	6"	<b>ALTURA (cm)</b> :		<b>VOLUMEN (cm3)</b> :	2105

### DENSIDAD

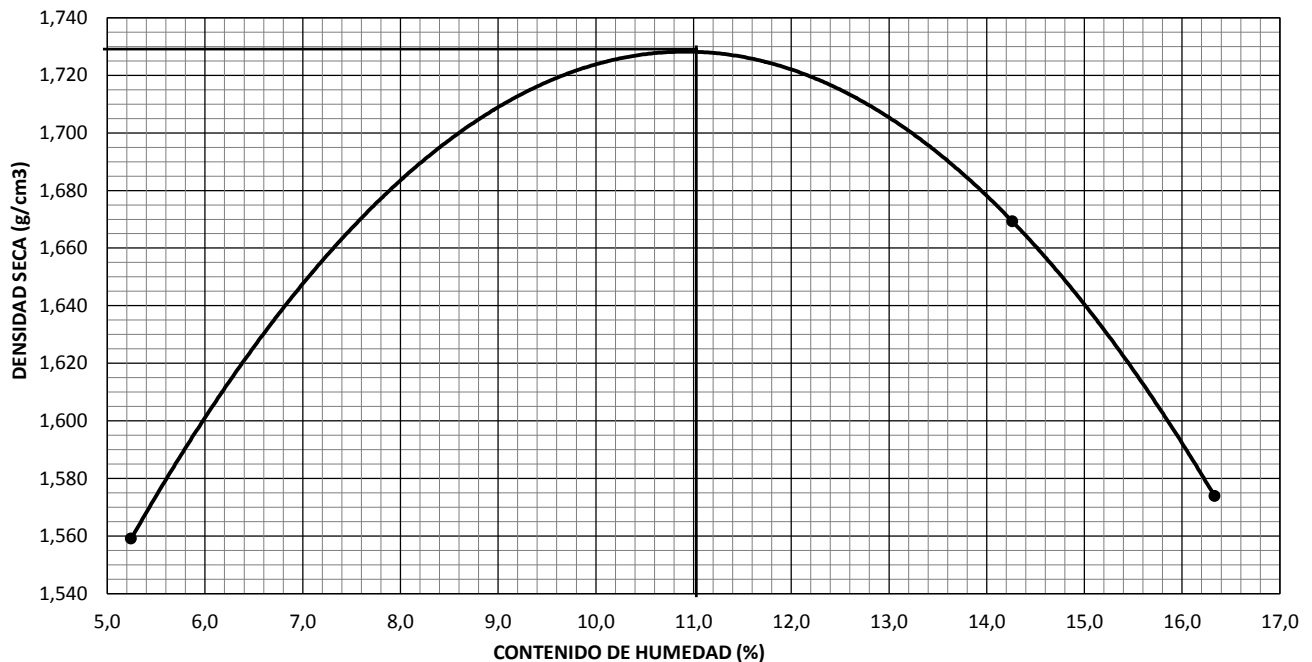
Nº DE ENSAYO		1	2	3	4	5
PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO	g	9628	10189	10028		
PESO DEL MOLDE	g	6174	6174	6174		
PESO DEL SUELO HÚMEDO COMPACTADO	g	3454	4015	3854		
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	2105	2105	2105		
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm3	1,64	1,91	1,83		
DENSIDAD SECA	g/cm3	1,559	1,669	1,574		

### HUMEDAD

Nº DE RECIPIENTE		3	1	3		
PESO DEL RECIPIENTE	g	25,32	25,78	25,53		
PESO DEL SUELO HÚMEDO + RECIPIENTE	g	145,72	160,04	146,68		
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE	g	139,72	143,28	129,67		
PESO DEL AGUA	g	6,00	16,76	17,01		
PESO DEL SUELO SECO	g	114,40	117,50	104,14		
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	5,24	14,26	16,33		

**DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm3)**      **1,730**

**HUMEDAD ÓPTIMA (%)**                      **11,00**



OBSERVACIONES :

## ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

NORMA MTC E 115 - 2000

**PROYECTO** : Estudio Geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500) **PROGRESIVA** : km 147+900  
**MUESTRA** : Lado izquierdo  
**PROF. (m)** : 1,40  
**REALIZADO** : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya  
**CALICATA** : C - 05  
**FECHA** : 10 de octubre de 2012

<b>GOLPES / CAPA</b> :	56	<b>Nº DE CAPAS</b> :	5	<b>PESO MOLDE (g)</b> :	6174
<b>DIÁMETRO DEL MOLDE</b> :	6"	<b>ALTURA (cm)</b> :		<b>VOLUMEN (cm3)</b> :	2105

### DENSIDAD

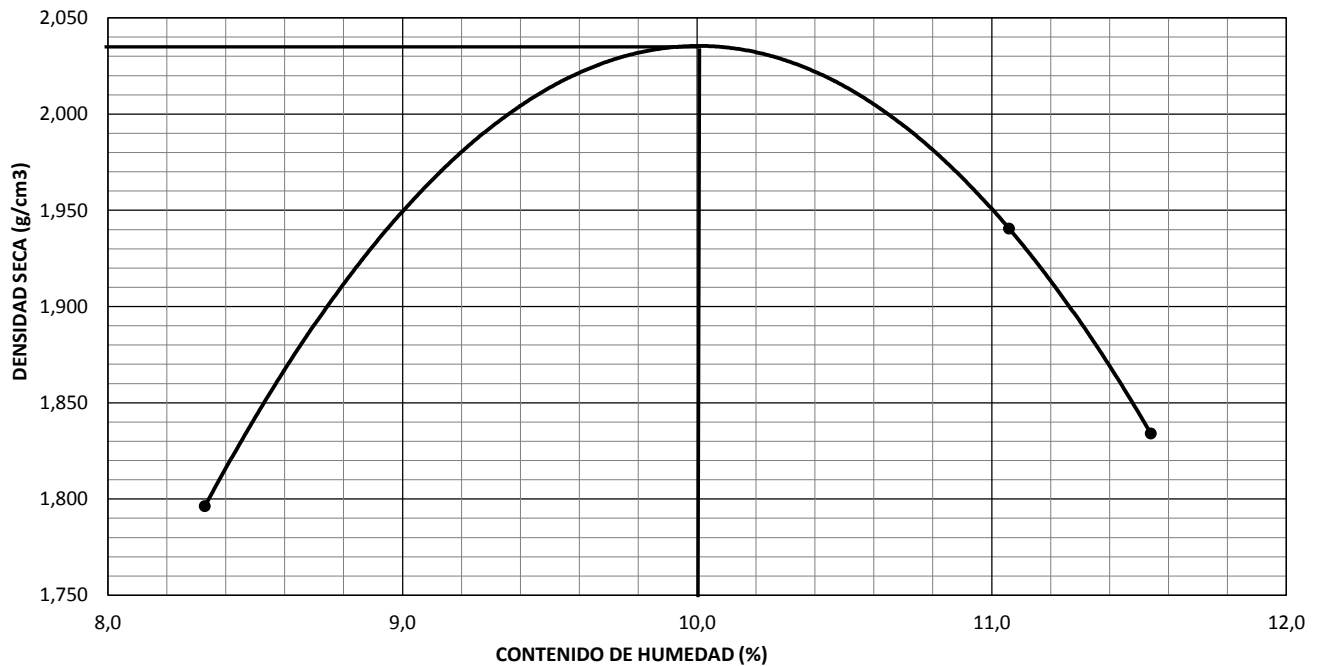
Nº DE ENSAYO		1	2	3	4	5
PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO	g	10270	10710	10480		
PESO DEL MOLDE	g	6174	6174	6174		
PESO DEL SUELO HÚMEDO COMPACTADO	g	4096	4536	4306		
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	2105	2105	2105		
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm3	1,95	2,15	2,05		
DENSIDAD SECA	g/cm3	1,796	1,940	1,834		

### HUMEDAD

Nº DE RECIPIENTE		2	3	1		
PESO DEL RECIPIENTE	g	15,34	25,43	25,91		
PESO DEL SUELO HÚMEDO + RECIPIENTE	g	129,92	187,40	192,05		
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE	g	121,11	171,27	174,86		
PESO DEL AGUA	g	8,81	16,13	17,19		
PESO DEL SUELO SECO	g	105,77	145,84	148,95		
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	8,33	11,06	11,54		

**DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm3)**      **2,035**

**HUMEDAD ÓPTIMA (%)**      **10,00**



OBSERVACIONES :

## ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

NORMA MTC E 115 - 2000

**PROYECTO** : Estudio Geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500) **PROGRESIVA** : km 148+430  
**MUESTRA** : Lado izquierdo  
**PROF. (m)** : 1,50  
**REALIZADO** : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya  
**CALICATA** : C - 07  
**FECHA** : 10 de octubre de 2012

<b>GOLPES / CAPA</b> :	56	<b>Nº DE CAPAS</b> :	5	<b>PESO MOLDE (g)</b> :	6174
<b>DIÁMETRO DEL MOLDE</b> :	6"	<b>ALTURA (cm)</b> :		<b>VOLUMEN (cm3)</b> :	2105

### DENSIDAD

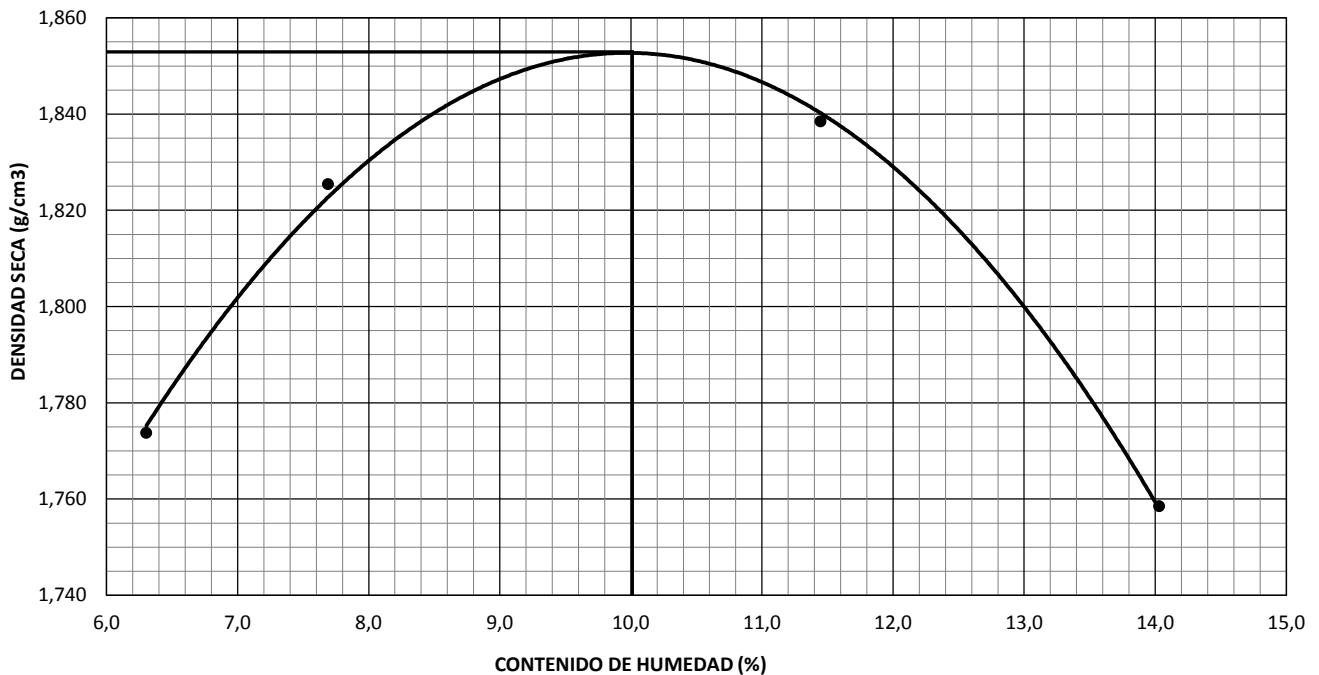
Nº DE ENSAYO		1	2	3	4	5
PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO	g	10143	10312	10487	10395	
PESO DEL MOLDE	g	6174	6174	6174	6174	
PESO DEL SUELO HÚMEDO COMPACTADO	g	3969	4138	4313	4221	
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	2105	2105	2105	2105	
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm3	1,89	1,97	2,05	2,01	
DENSIDAD SECA	g/cm3	1,774	1,825	1,838	1,758	

### HUMEDAD

Nº DE RECIPIENTE		1	6	3	1	
PESO DEL RECIPIENTE	g	25,83	25,42	24,77	25,87	
PESO DEL SUELO HÚMEDO + RECIPIENTE	g	187,03	168,79	181,87	190,58	
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE	g	177,47	158,55	165,73	170,31	
PESO DEL AGUA	g	9,56	10,24	16,14	20,27	
PESO DEL SUELO SECO	g	151,64	133,13	140,96	144,44	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	6,30	7,69	11,45	14,03	

**DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm3)**      **1,854**

**HUMEDAD ÓPTIMA (%)**      **10,00**



OBSERVACIONES :

## ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

NORMA MTC E 115 - 2000

**PROYECTO** : Estudio Geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500) **PROGRESIVA** : km 148+930  
**MUESTRA** : Lado izquierdo  
**PROF. (m)** : 1,40  
**REALIZADO** : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya  
**CALICATA** : C - 09  
**FECHA** : 10 de octubre de 2012

<b>GOLPES / CAPA</b> :	56	<b>Nº DE CAPAS</b> :	5	<b>PESO MOLDE (g)</b> :	6174
<b>DIÁMETRO DEL MOLDE</b> :	6"	<b>ALTURA (cm)</b> :		<b>VOLUMEN (cm3)</b> :	2105

### DENSIDAD

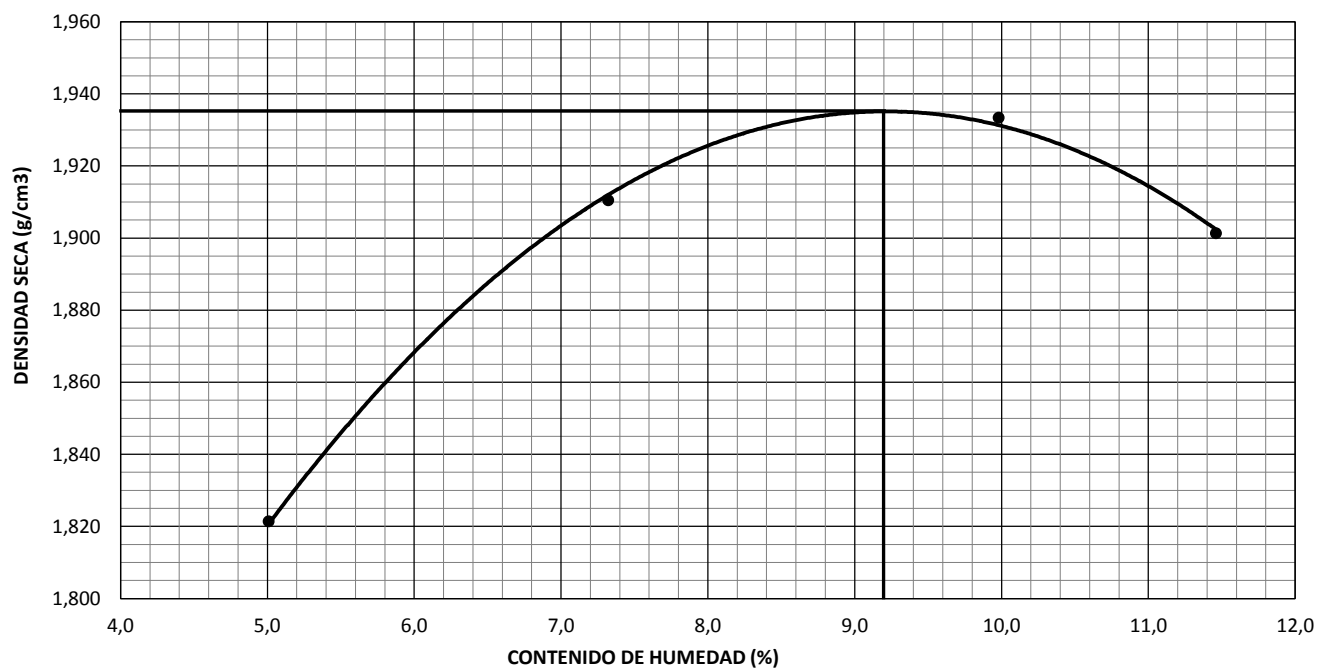
Nº DE ENSAYO		1	2	3	4	5
PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO	g	10200	10490	10650	10635	
PESO DEL MOLDE	g	6174	6174	6174	6174	
PESO DEL SUELO HÚMEDO COMPACTADO	g	4026	4316	4476	4461	
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	2105	2105	2105	2105	
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm3	1,91	2,05	2,13	2,12	
DENSIDAD SECA	g/cm3	1,821	1,910	1,933	1,901	

### HUMEDAD

Nº DE RECIPIENTE		3	2	3	3	
PESO DEL RECIPIENTE	g	25,46	24,95	25,42	25,41	
PESO DEL SUELO HÚMEDO + RECIPIENTE	g	173,63	180,00	166,10	196,84	
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE	g	166,56	169,42	153,33	179,21	
PESO DEL AGUA	g	7,07	10,58	12,77	17,63	
PESO DEL SUELO SECO	g	141,10	144,47	127,91	153,80	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	5,01	7,32	9,98	11,46	

**DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm3)**      **1,935**

**HUMEDAD ÓPTIMA (%)**                      **9,20**



OBSERVACIONES :

## ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

NORMA MTC E 115 - 2000

**PROYECTO** : Estudio Geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500) **PROGRESIVA** : km 149+440  
**MUESTRA** : Lado izquierdo  
**PROF. (m)** : 1,60  
**REALIZADO** : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya  
**CALICATA** : C - 11  
**FECHA** : 11 de octubre de 2012

<b>GOLPES / CAPA :</b>	25	<b>Nº DE CAPAS :</b>	5	<b>PESO MOLDE (g):</b>	4212
<b>DIÁMETRO DEL MOLDE (cm)</b>	10,15	<b>ALTURA (cm) :</b>	11,64	<b>VOLUMEN (cm3) :</b>	942

### DENSIDAD

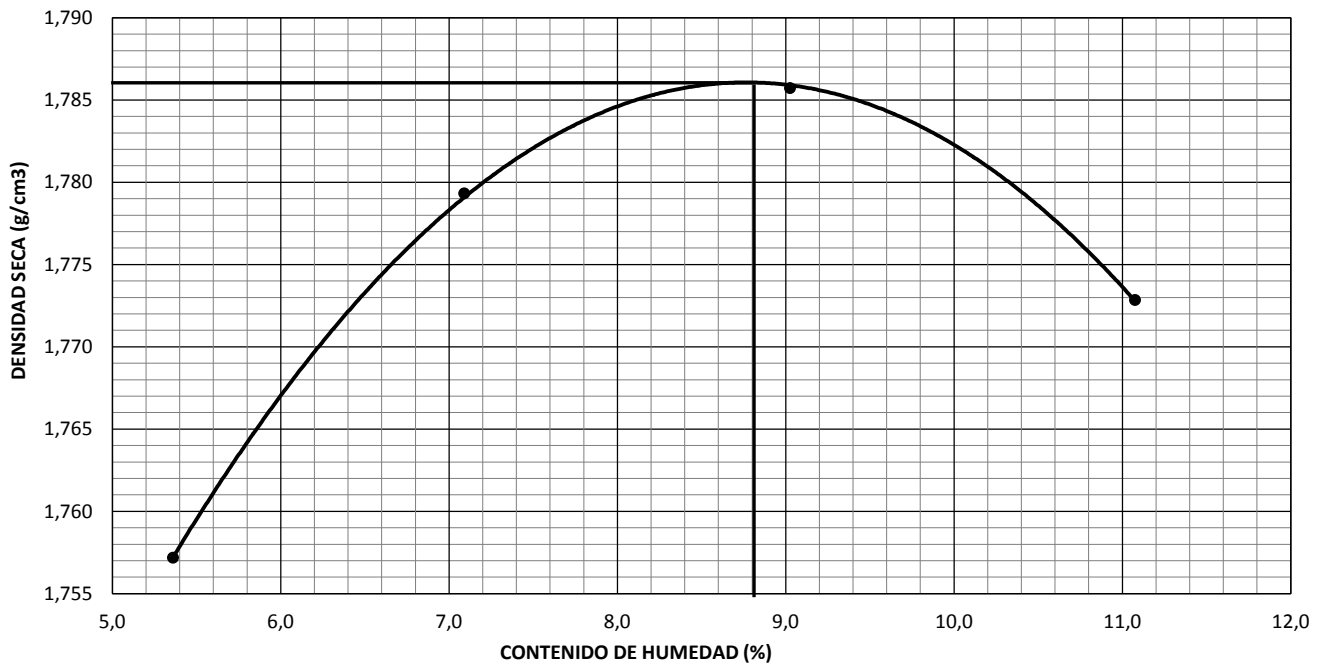
Nº DE ENSAYO	1	2	3	4	5
PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO	5956	6007	6046	6067	
PESO DEL MOLDE	4212	4212	4212	4212	
PESO DEL SUELO HÚMEDO COMPACTADO	1744	1795	1834	1855	
VOLUMEN DEL MOLDE	942	942	942	942	
DENSIDAD HÚMEDA	1,85	1,91	1,95	1,97	
DENSIDAD SECA	1,757	1,779	1,786	1,773	

### HUMEDAD

Nº DE RECIPIENTE	2	3	2	1	
PESO DEL RECIPIENTE	67,80	73,90	67,90	70,70	
PESO DEL SUELO HÚMEDO + RECIPIENTE	337,00	318,50	304,60	332,40	
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE	323,30	302,30	285,00	306,30	
PESO DEL AGUA	13,70	16,20	19,60	26,10	
PESO DEL SUELO SECO	255,50	228,40	217,10	235,60	
CONTENIDO DE HUMEDAD	5,36	7,09	9,03	11,08	

**DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm3)**      **1,786**

**HUMEDAD ÓPTIMA (%)**                      **8,80**



OBSERVACIONES :

## ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

NORMA MTC E 115 - 2000

PROYECTO : Estudio Geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)      PROGRESIVA : km 150+550  
 CALICATA : C - 15      MUESTRA : Lado derecho  
 FECHA : 11 de octubre de 2012      PROF. (m) : 0,90  
 REALIZADO : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

GOLPES / CAPA :	56	Nº DE CAPAS :	5	PESO MOLDE (g):	6437
DIÁMETRO DEL MOLDE (cm)	15,24	ALTURA (cm) :	11,64	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> ) :	2123

### DENSIDAD

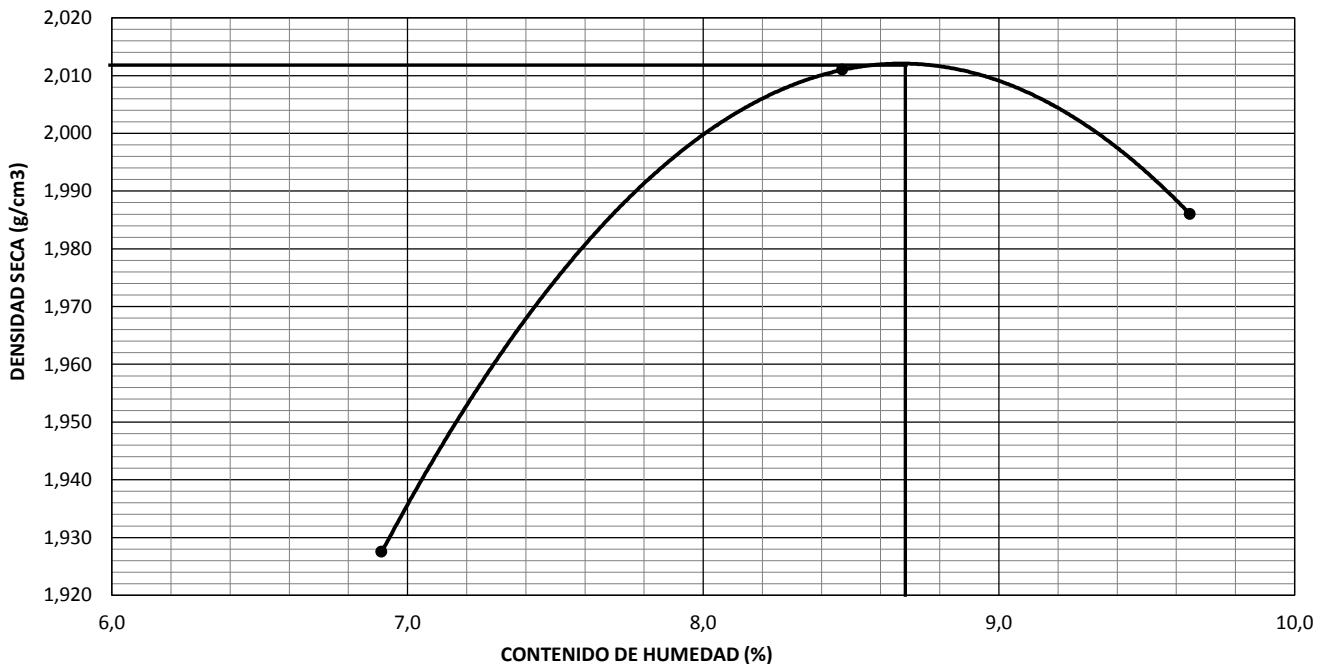
Nº DE ENSAYO	1	2	3	4	5
PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO	10812	11068	11060		
PESO DEL MOLDE	6437	6437	6437		
PESO DEL SUELO HÚMEDO COMPACTADO	4375	4631	4623		
VOLUMEN DEL MOLDE	2123	2123	2123		
DENSIDAD HÚMEDA	2,06	2,18	2,18		
DENSIDAD SECA	1,928	2,011	1,986		

### HUMEDAD

Nº DE RECIPIENTE	1	2	3		
PESO DEL RECIPIENTE	70,80	67,90	74,00		
PESO DEL SUELO HÚMEDO + RECIPIENTE	296,60	330,40	346,80		
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE	282,00	309,90	322,80		
PESO DEL AGUA	14,60	20,50	24,00		
PESO DEL SUELO SECO	211,20	242,00	248,80		
CONTENIDO DE HUMEDAD	6,91	8,47	9,65		

**DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm<sup>3</sup>)**      **2,012**

**HUMEDAD ÓPTIMA (%)**      **8,70**



OBSERVACIONES :

## ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

NORMA MTC E 115 - 2000

PROYECTO	: Estudio Geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)	PROGRESIVA	: km 150+990
		MUESTRA	: Lado derecho
		PROF. (m)	: 1,40
CALICATA	: C - 16	REALIZADO	: Bach. Marco A. Ochoa Calizaya
FECHA	: 11 de octubre de 2012		

GOLPES / CAPA :	56	Nº DE CAPAS :	5	PESO MOLDE (g):	6437
DIÁMETRO MOLDE (cm):	15,24	ALTURA (cm):	11,64	VOLUMEN (cm3):	2123

### DENSIDAD

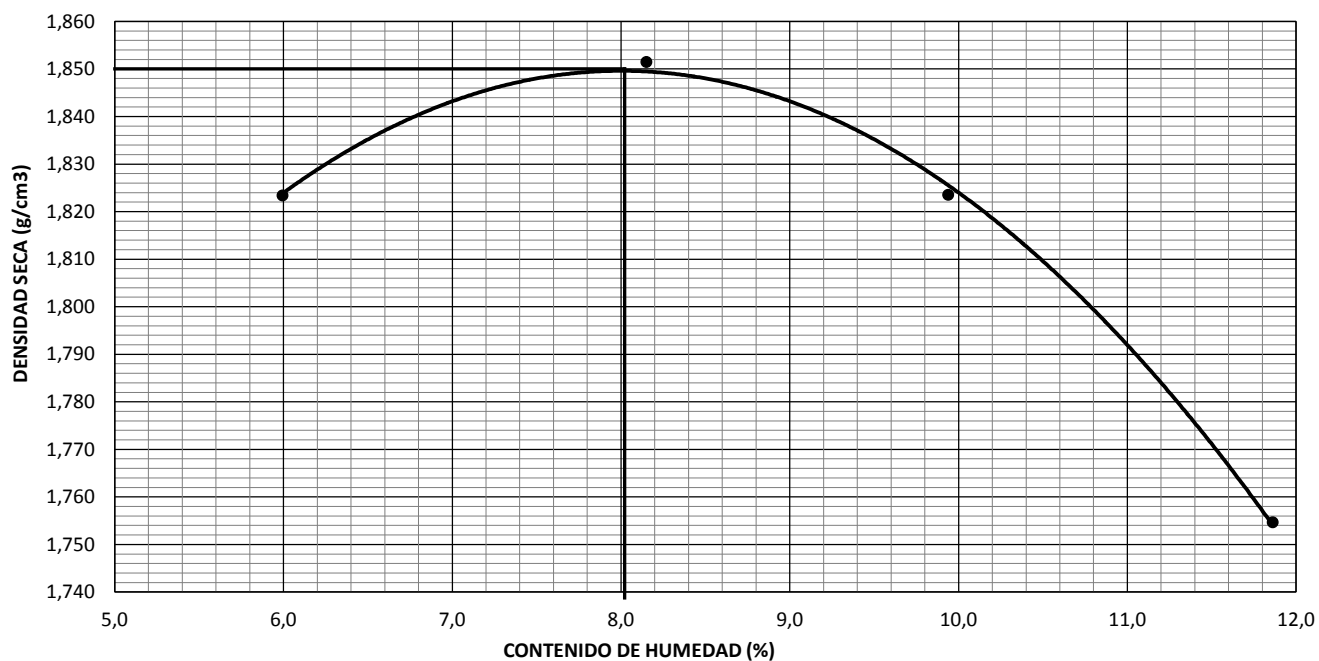
Nº DE ENSAYO	1	2	3	4	5
PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO	g	10540	10688	10693	10604
PESO DEL MOLDE	g	6437	6437	6437	6437
PESO DEL SUELO HÚMEDO COMPACTADO	g	4103	4251	4256	4167
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	2123	2123	2123	2123
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm3	1,93	2,00	2,00	1,96
DENSIDAD SECA	g/cm3	1,823	1,851	1,823	1,755

### HUMEDAD

Nº DE RECIPIENTE	1	2	3	4	5
PESO DEL RECIPIENTE	g	70,70	67,70	73,90	25,67
PESO DEL SUELO HÚMEDO + RECIPIENTE	g	344,70	333,00	351,50	165,31
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE	g	329,20	313,00	326,40	150,50
PESO DEL AGUA	g	15,50	20,00	25,10	14,81
PESO DEL SUELO SECO	g	258,50	245,30	252,50	124,83
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	6,00	8,15	9,94	11,86

<b>DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm3)</b>	<b>1,850</b>
-------------------------------------	--------------

<b>HUMEDAD ÓPTIMA (%)</b>	<b>8,00</b>
---------------------------	-------------



OBSERVACIONES :

## ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

NORMA MTC E 115 - 2000

**PROYECTO** : Estudio Geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500) **PROGRESIVA** : km 151+280  
**MUESTRA** : Lado izquierdo  
**PROF. (m)** : 1,20  
**REALIZADO** : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya  
**CALICATA** : C - 18  
**FECHA** : 12 de octubre de 2012

<b>GOLPES / CAPA :</b>	56	<b>Nº DE CAPAS :</b>	5	<b>PESO MOLDE (g):</b>	6437
<b>DIÁMETRO MOLDE (cm):</b>	15,24	<b>ALTURA (cm) :</b>	11,64	<b>VOLUMEN (cm3) :</b>	2123

### DENSIDAD

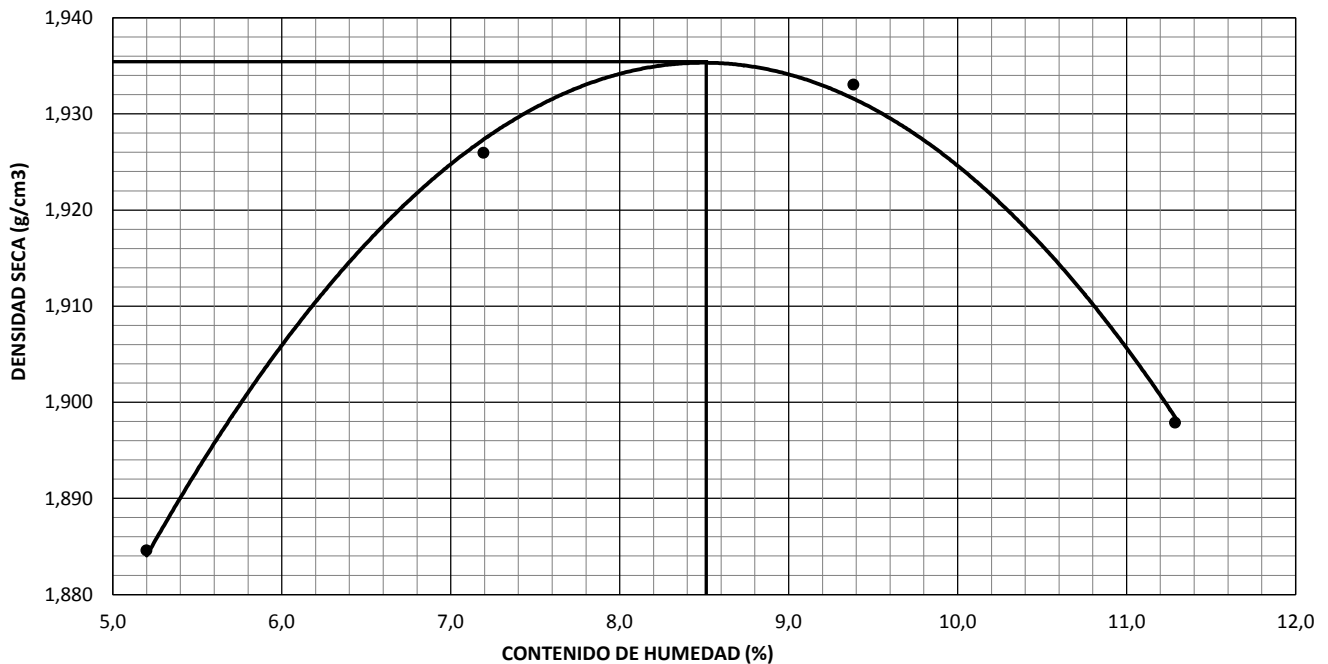
Nº DE ENSAYO		1	2	3	4	5
PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO	g	10646	10820	10926	10921	
PESO DEL MOLDE	g	6437	6437	6437	6437	
PESO DEL SUELO HÚMEDO COMPACTADO	g	4209	4383	4489	4484	
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	2123	2123	2123	2123	
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm3	1,98	2,06	2,11	2,11	
DENSIDAD SECA	g/cm3	1,885	1,926	1,933	1,898	

### HUMEDAD

Nº DE RECIPIENTE		1	2	3	4	5
PESO DEL RECIPIENTE	g	70,70	67,80	73,80	70,70	
PESO DEL SUELO HÚMEDO + RECIPIENTE	g	345,80	312,10	326,70	333,90	
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE	g	332,20	295,70	305,00	307,20	
PESO DEL AGUA	g	13,60	16,40	21,70	26,70	
PESO DEL SUELO SECO	g	261,50	227,90	231,20	236,50	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	5,20	7,20	9,39	11,29	

**DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm3)**      **1,936**

**HUMEDAD ÓPTIMA (%)**                      **8,50**



OBSERVACIONES :

## ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

NORMA MTC E 115 - 2000

**PROYECTO** : Estudio Geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500) **PROGRESIVA** : km 151+500  
**CALICATA** : C - 19 **MUESTRA** : Lado derecho  
**FECHA** : 12 de octubre de 2012 **PROF. (m)** : 1,40  
**REALIZADO** : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

<b>GOLPES / CAPA :</b>	56	<b>Nº DE CAPAS :</b>	5	<b>PESO MOLDE (g):</b>	6435
<b>DIÁMETRO MOLDE (cm):</b>	15,24	<b>ALTURA (cm) :</b>	11,64	<b>VOLUMEN (cm3) :</b>	2123

### DENSIDAD

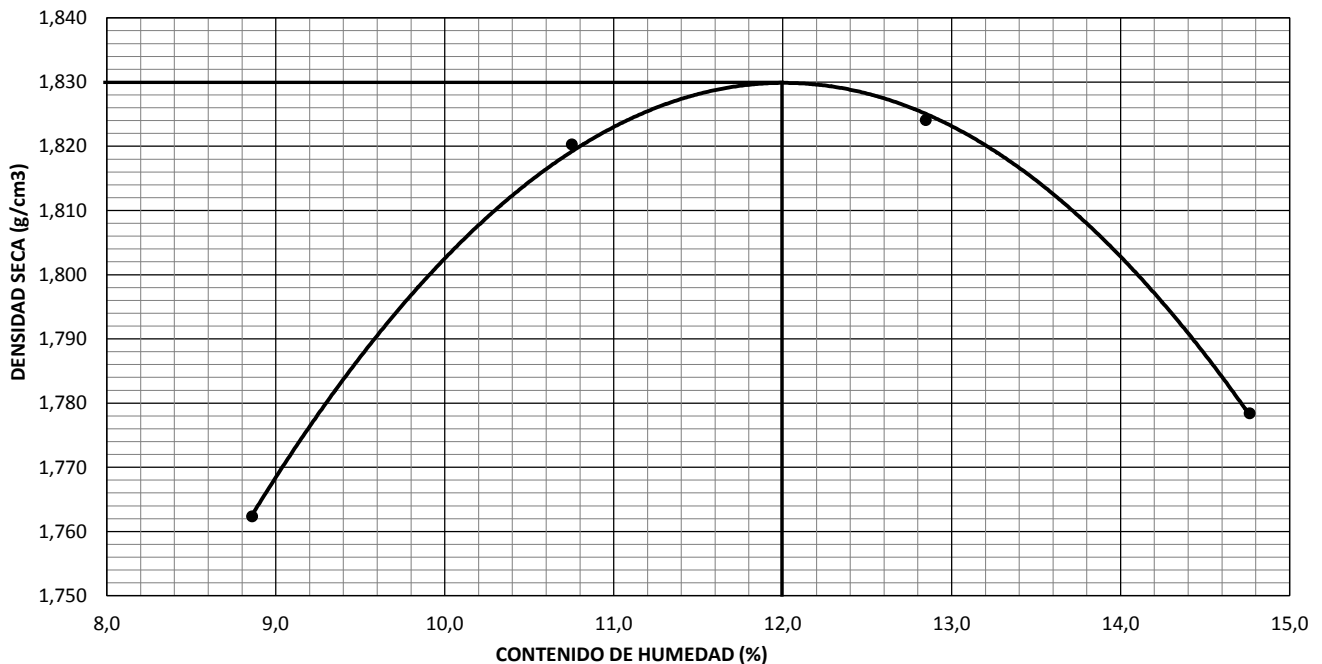
Nº DE ENSAYO	1	2	3	4	5
PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO	10508	10715	10805	10768	
PESO DEL MOLDE	6435	6435	6435	6435	
PESO DEL SUELO HÚMEDO COMPACTADO	4073	4280	4370	4333	
VOLUMEN DEL MOLDE	2123	2123	2123	2123	
DENSIDAD HÚMEDA	1,92	2,02	2,06	2,04	
DENSIDAD SECA	1,762	1,820	1,824	1,778	

### HUMEDAD

Nº DE RECIPIENTE	1	2	3	4	5
PESO DEL RECIPIENTE	70,70	67,90	74,00	70,70	
PESO DEL SUELO HÚMEDO + RECIPIENTE	343,40	320,20	324,30	289,10	
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE	321,20	295,70	295,80	261,00	
PESO DEL AGUA	22,20	24,50	28,50	28,10	
PESO DEL SUELO SECO	250,50	227,80	221,80	190,30	
CONTENIDO DE HUMEDAD	8,86	10,76	12,85	14,77	

**DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm3)**      **1,830**

**HUMEDAD ÓPTIMA (%)**                      **12,00**



OBSERVACIONES :



# ENSAYO DE CBR

NORMA MTC E 132 - 2000

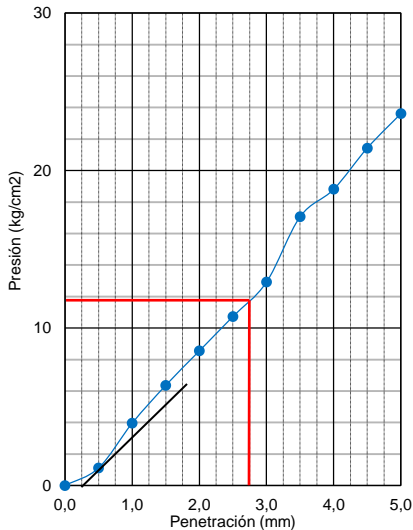
PROYECTO : Estudio Geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)

PROGRESIVA : km 146+500  
 MUESTRA : Lado izquierdo  
 PROF. (m) : 1,50  
 REALIZADO : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

CALICATA : C - 01  
 FECHA : 9 de octubre de 2012

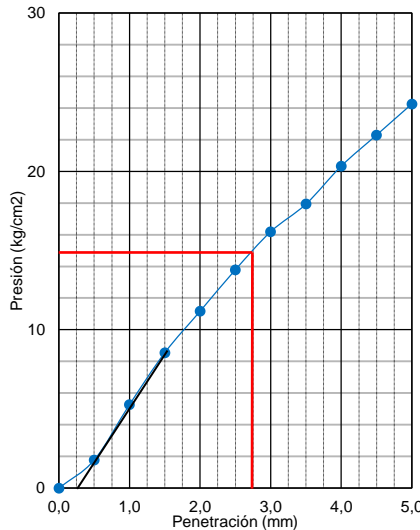
## GRÁFICO PENETRACIÓN CBR

2,54 mm = 12  
**12 golpes**



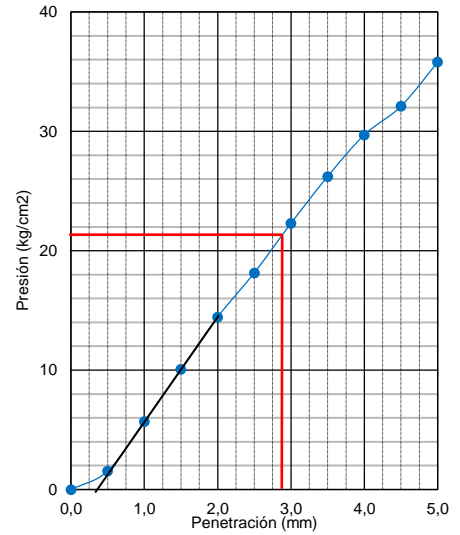
CBR (2,54 mm) : 17

2,54 mm = 15  
**25 golpes**



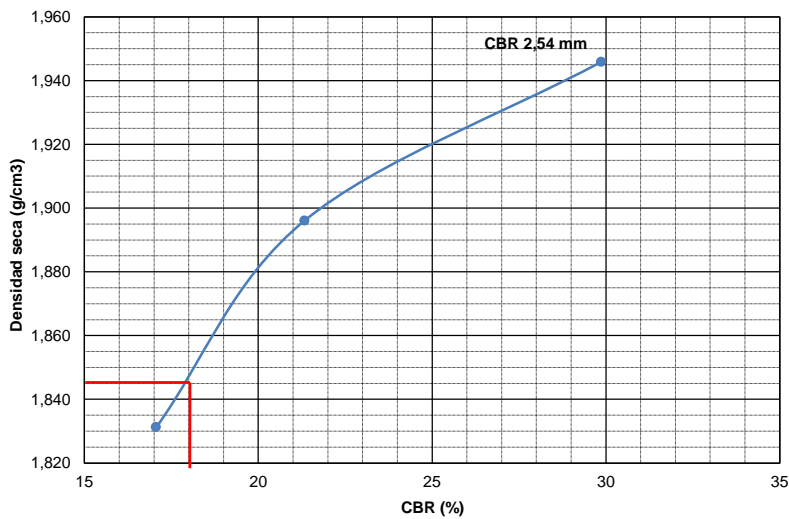
CBR (2,54 mm) : 21

2,54 mm = 21  
**56 golpes**



CBR (2,54 mm) : 30

## DETERMINACIÓN DE CBR



### RESULTADOS

100% DE MDS : 1,944 g/cm3  
 HUMEDAD ÓPTIMA (%) : 12,60  
 95% DE MDS : 1,847 g/cm3

CBR (100 % MDS) 2,54 mm : 30  
 CBR (95 % MDS) 2,54 mm : 18



# ENSAYO DE CBR

NORMA MTC E 132 - 2000

PROYECTO : Estudio Geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)

PROGRESIVA : km 147+230

MUESTRA : Lado izquierdo

PROF. (m) : 1,50

REALIZADO : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

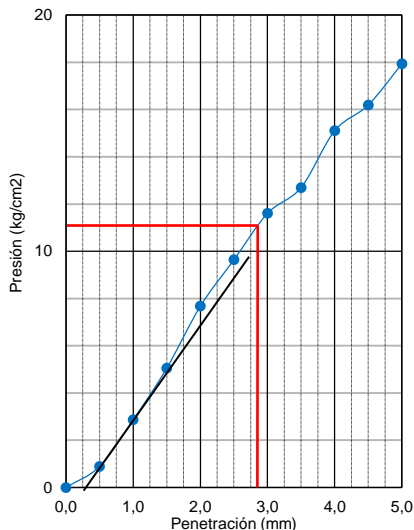
CALICATA : C - 03

FECHA : 9 de octubre de 2012

## GRÁFICO PENETRACIÓN CBR

2,54 mm = 11

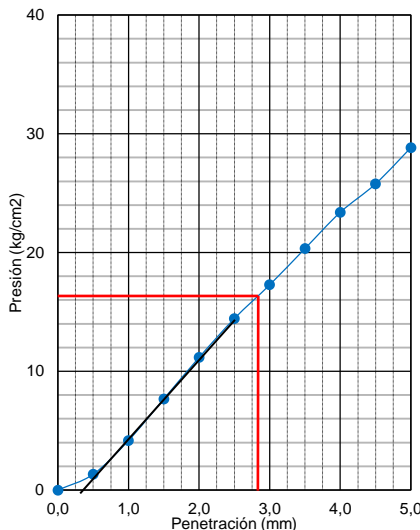
**12 golpes**



CBR (2,54 mm) : 16

2,54 mm = 16

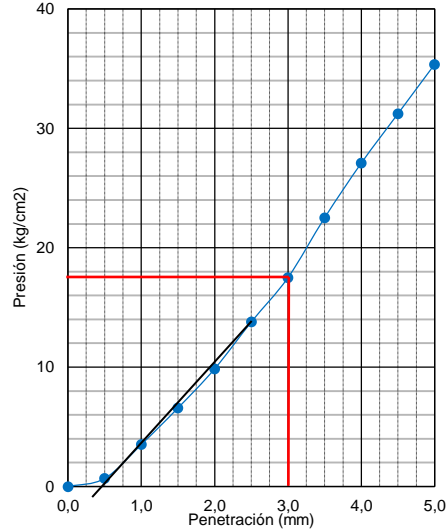
**25 golpes**



CBR (2,54 mm) : 23

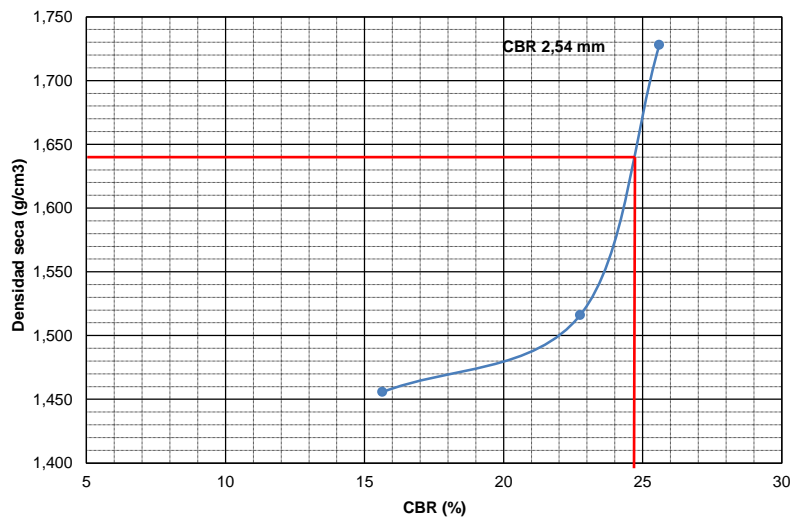
2,54 mm = 18

**56 golpes**



CBR (2,54 mm) : 26

## DETERMINACIÓN DE CBR



### RESULTADOS

100% DE MDS : 1,73 g/cm<sup>3</sup>

HUMEDAD ÓPTIMA (%) : 11,00

95% DE MDS : 1,644 g/cm<sup>3</sup>

CBR (100 % MDS) 2,54 mm : 26

CBR (95 % MDS) 2,54 mm : 25



# ENSAYO DE CBR

NORMA MTC E 132 - 2000

PROYECTO : Estudio Geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)

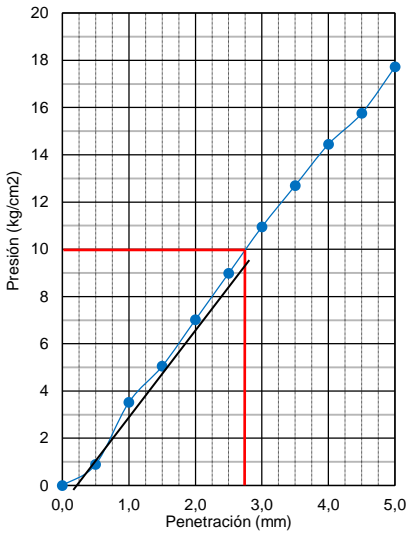
PROGRESIVA : km 147+900  
 MUESTRA : Lado izquierdo  
 PROF. (m) : 1,40  
 REALIZADO : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

CALICATA : C - 05  
 FECHA : 10 de octubre de 2012

## GRÁFICO PENETRACIÓN CBR

2,54 mm = 10

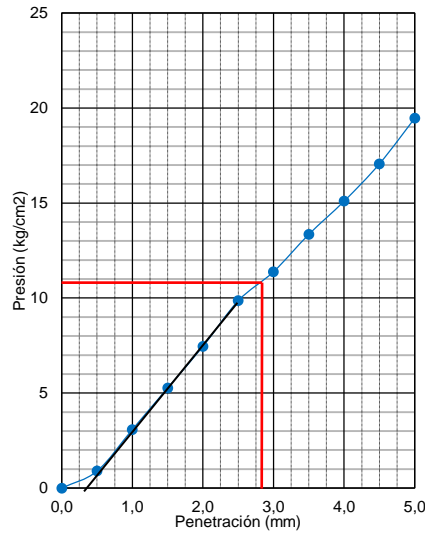
12 golpes



CBR (2,54 mm) : 14

2,54 mm = 11

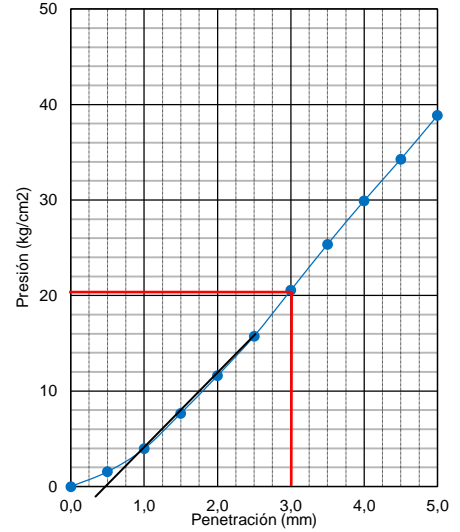
25 golpes



CBR (2,54 mm) : 16

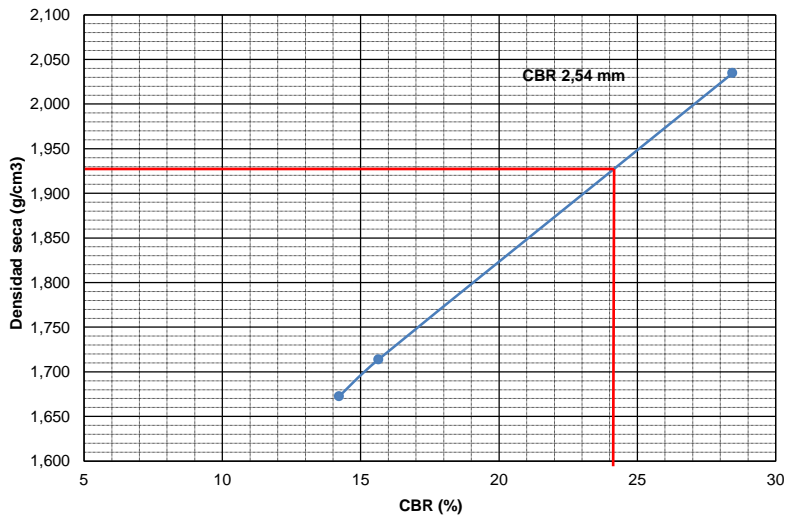
2,54 mm = 20

56 golpes



CBR (2,54 mm) : 28

## DETERMINACIÓN DE CBR



### RESULTADOS

100% DE MDS : 2,035 g/cm<sup>3</sup>  
 HUMEDAD ÓPTIMA (%) : 10,00  
 95% DE MDS : 1,933 g/cm<sup>3</sup>

CBR (100 % MDS) 2,54 mm : 28  
 CBR (95 % MDS) 2,54 mm : 24



# ENSAYO DE CBR

NORMA MTC E 132 - 2000

PROYECTO : Estudio Geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)

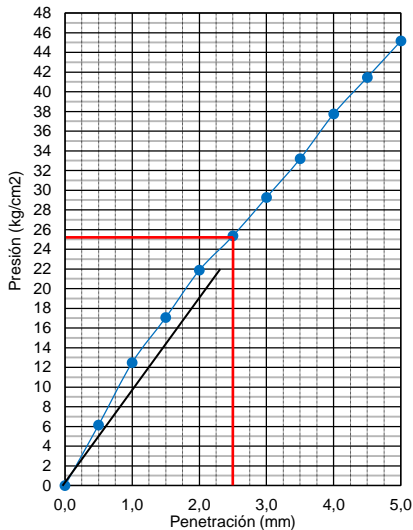
PROGRESIVA : km 148+430  
 MUESTRA : Lado izquierdo  
 PROF. (m) : 1,50  
 REALIZADO : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

CALICATA : C - 07

FECHA : 10 de octubre de 2012

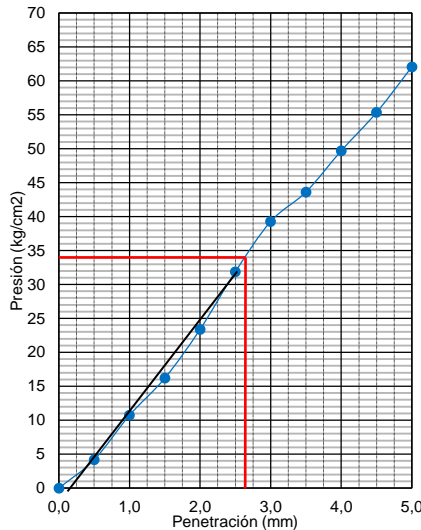
## GRÁFICO PENETRACIÓN CBR

2,54 mm = 25  
 12 golpes



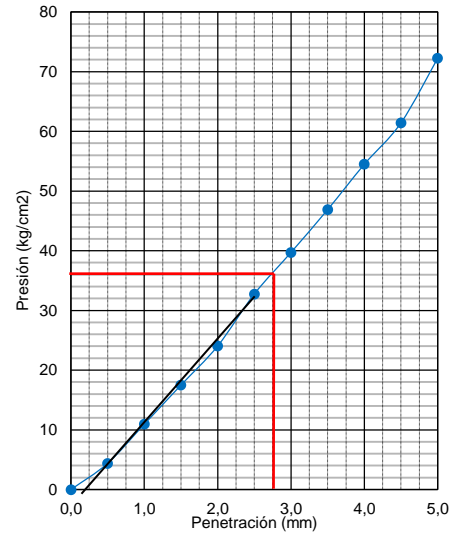
CBR (2,54 mm) : 36

2,54 mm = 34  
 25 golpes



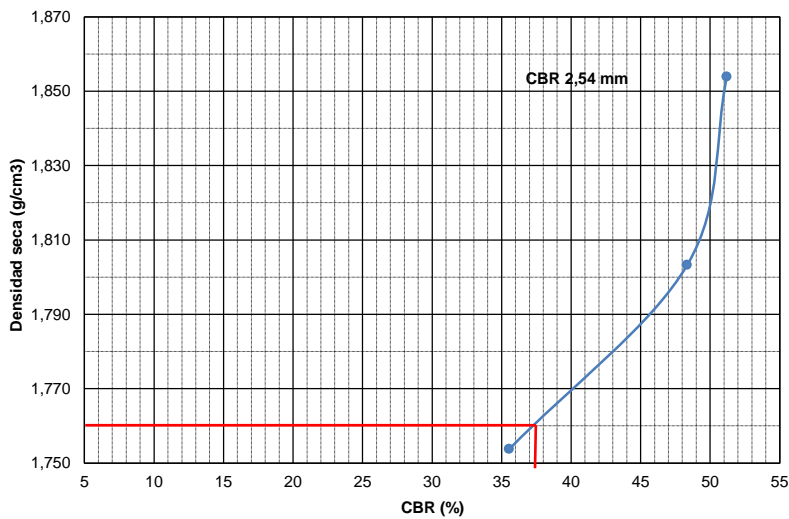
CBR (2,54 mm) : 48

2,54 mm = 36  
 56 golpes



CBR (2,54 mm) : 51

## DETERMINACIÓN DE CBR



### RESULTADOS

100% DE MDS : 1,854 g/cm<sup>3</sup>  
 HUMEDAD ÓPTIMA (%) : 10,00  
 95% DE MDS : 1,761 g/cm<sup>3</sup>

CBR (100 % MDS) 2,54 mm : 51  
 CBR (95 % MDS) 2,54 mm : 37



# ENSAYO DE CBR

NORMA MTC E 132 - 2000

PROYECTO : Estudio Geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)

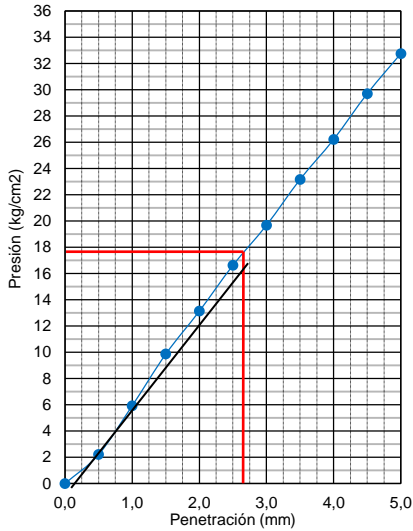
PROGRESIVA : km 148+930  
 MUESTRA : Lado izquierdo  
 PROF. (m) : 1,40  
 REALIZADO : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

CALICATA : C - 09  
 FECHA : 10 de octubre de 2012

## GRÁFICO PENETRACIÓN CBR

2,54 mm = 18

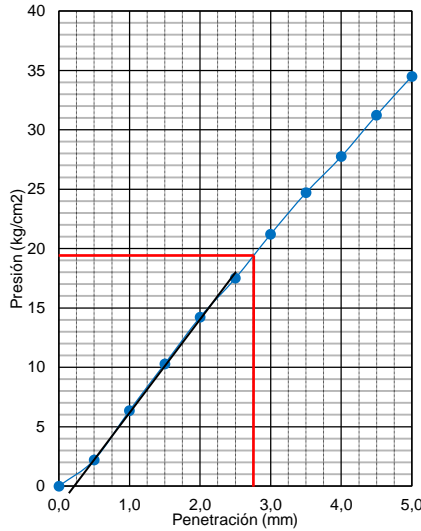
12 golpes



CBR (2,54 mm) : 26

2,54 mm = 20

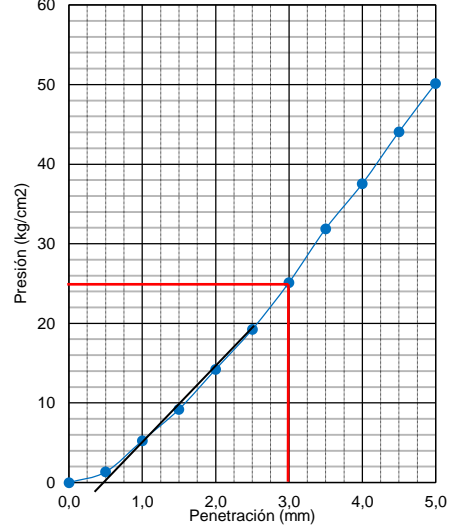
25 golpes



CBR (2,54 mm) : 28

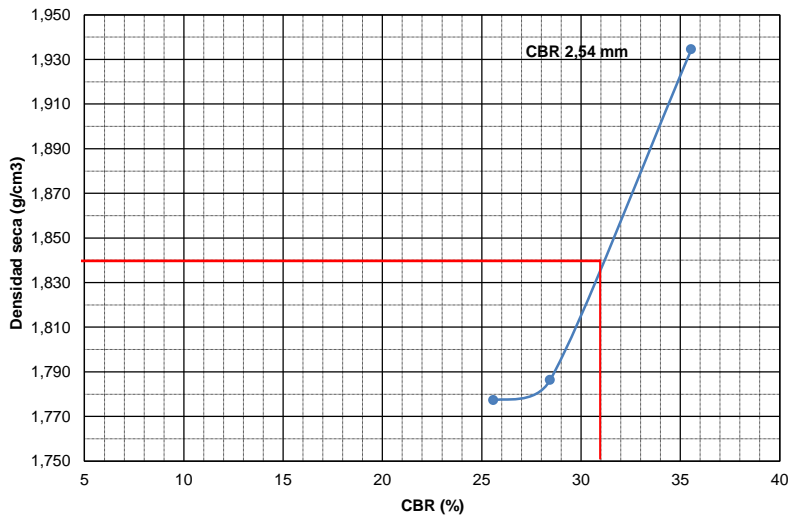
2,54 mm = 25

56 golpes



CBR (2,54 mm) : 36

## DETERMINACIÓN DE CBR



### RESULTADOS

100% DE MDS : 1,935 g/cm<sup>3</sup>  
 HUMEDAD ÓPTIMA (%) : 9,20  
 95% DE MDS : 1,838 g/cm<sup>3</sup>  
 CBR (100 % MDS) 2,54 mm : 36  
 CBR (95 % MDS) 2,54 mm : 31



# ENSAYO DE CBR

NORMA MTC E 132 - 2000

PROYECTO : Estudio Geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)

PROGRESIVA : km 149+440  
 MUESTRA : Lado izquierdo  
 PROF. (m) : 1,60

CALICATA : C - 11

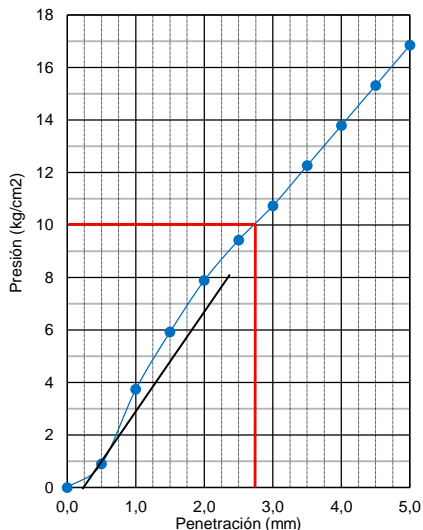
REALIZADO : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

FECHA : 11 de octubre de 2012

## GRÁFICO PENETRACIÓN CBR

2,54 mm = 10

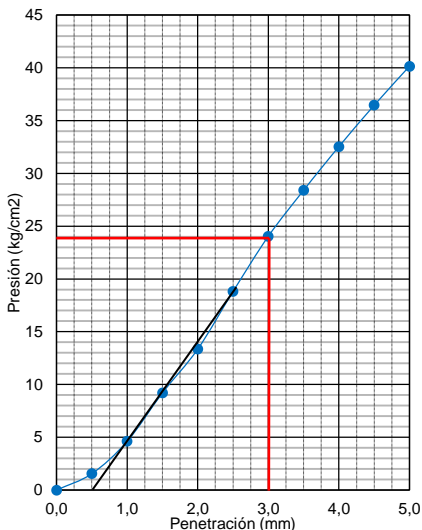
**12 golpes**



CBR (2,54 mm) : 14

2,54 mm = 24

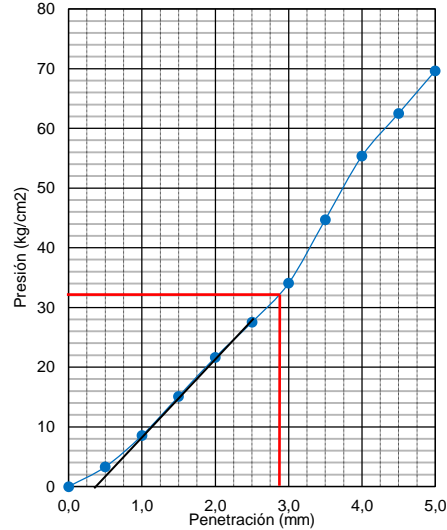
**25 golpes**



CBR (2,54 mm) : 34

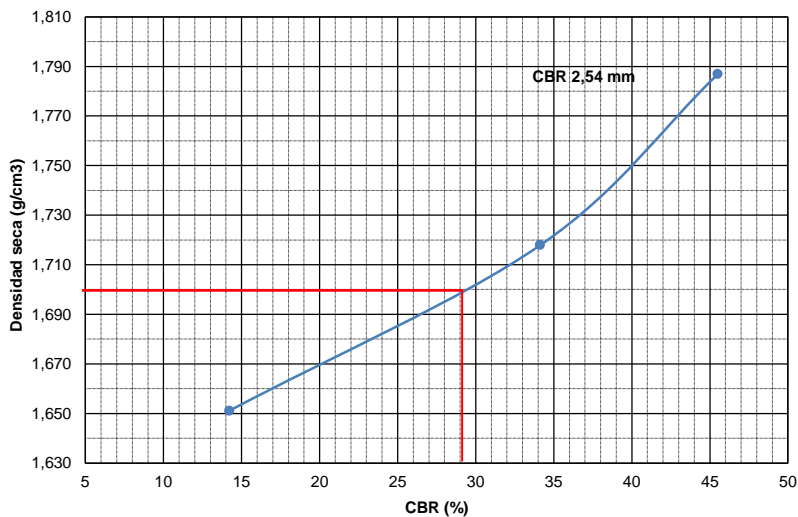
2,54 mm = 32

**56 golpes**



CBR (2,54 mm) : 46

## DETERMINACIÓN DE CBR



### RESULTADOS

100% DE MDS : 1,786 g/cm<sup>3</sup>  
 HUMEDAD ÓPTIMA (%) : 8,80  
 95% DE MDS : 1,697 g/cm<sup>3</sup>

CBR (100 % MDS) 2,54 mm : 46  
 CBR (95 % MDS) 2,54 mm : 29



# ENSAYO DE CBR

NORMA MTC E 132 - 2000

PROYECTO : Estudio Geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)

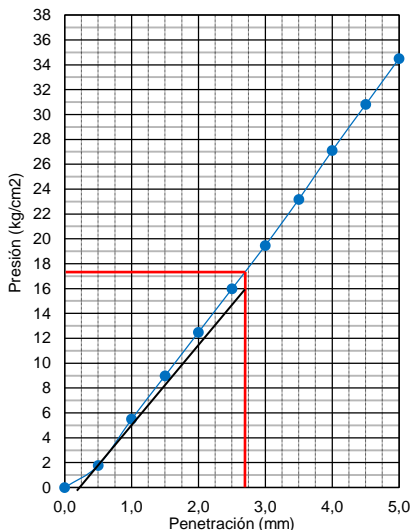
PROGRESIVA : km 150+550  
 MUESTRA : Lado derecho  
 PROF. (m) : 0,90  
 REALIZADO : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

CALICATA : C - 15  
 FECHA : 11 de octubre de 2012

## GRÁFICO PENETRACIÓN CBR

2,54 mm = 17

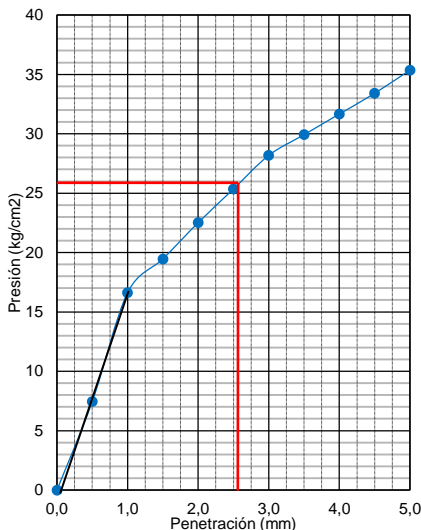
12 golpes



CBR (2,54 mm) : 24

2,54 mm = 26

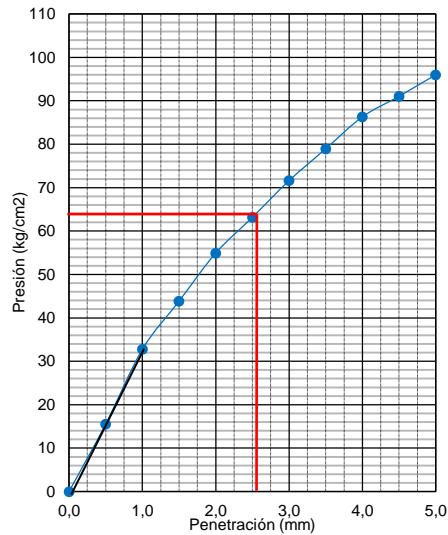
25 golpes



CBR (2,54 mm) : 37

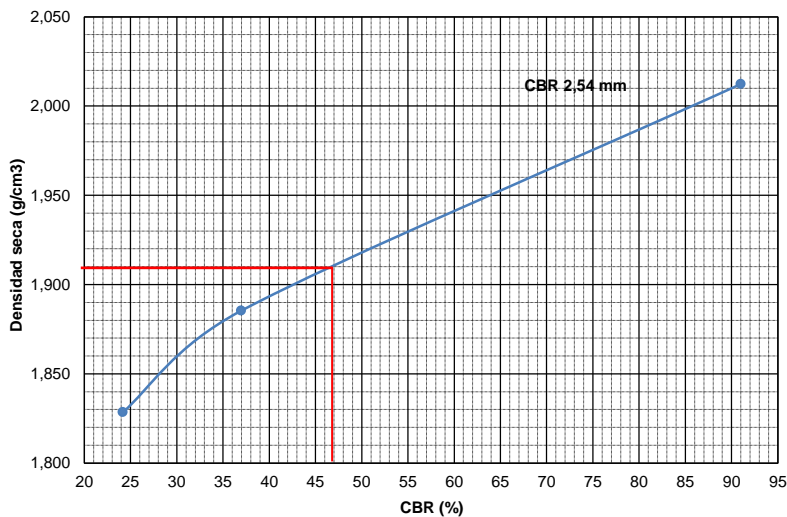
2,54 mm = 64

56 golpes



CBR (2,54 mm) : 91

## DETERMINACIÓN DE CBR



### RESULTADOS

100% DE MDS : 2,012 g/cm<sup>3</sup>  
 HUMEDAD ÓPTIMA (%) : 8,70  
 95% DE MDS : 1,911 g/cm<sup>3</sup>  
 CBR (100 % MDS) 2,54 mm : 91  
 CBR (95 % MDS) 2,54 mm : 47



# ENSAYO DE CBR

NORMA MTC E 132 - 2000

PROYECTO : Estudio Geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)

PROGRESIVA : km 150+900  
 MUESTRA : Lado derecho  
 PROF. (m) : 1,40

CALICATA : C - 16

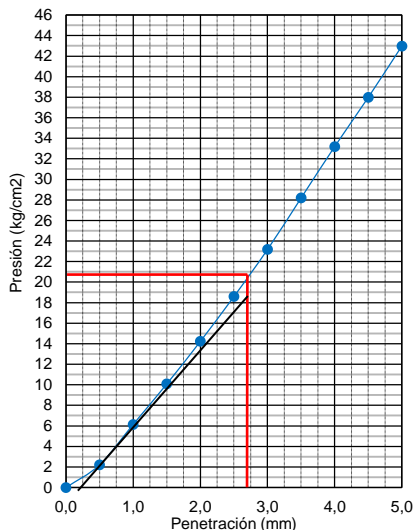
REALIZADO : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

FECHA : 11 de octubre de 2012

## GRÁFICO PENETRACIÓN CBR

2,54 mm = 21

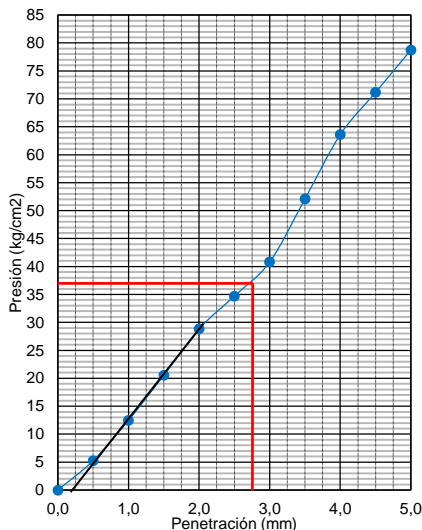
**12 golpes**



CBR (2,54 mm) : 30

2,54 mm = 37

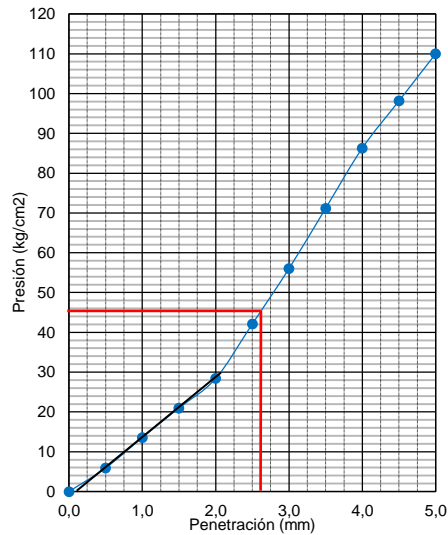
**25 golpes**



CBR (2,54 mm) : 53

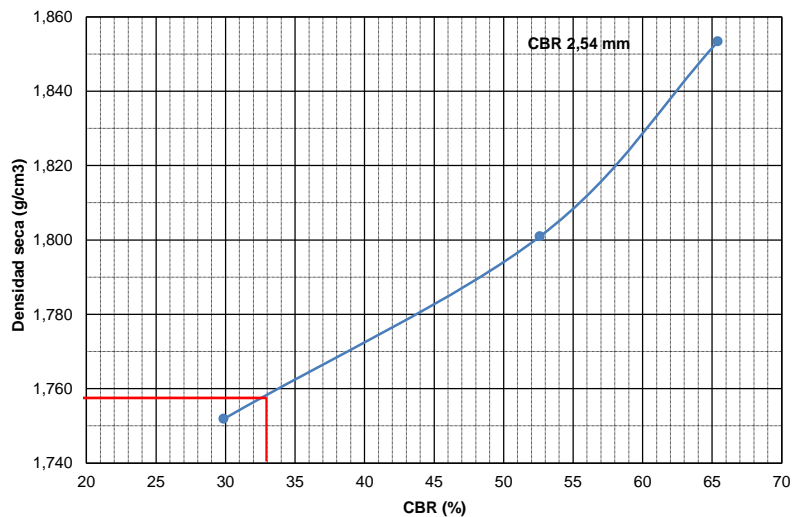
2,54 mm = 46

**56 golpes**



CBR (2,54 mm) : 65

## DETERMINACIÓN DE CBR



### RESULTADOS

100% DE MDS : 1,850 g/cm<sup>3</sup>  
 HUMEDAD ÓPTIMA (%) : 8,00  
 95% DE MDS : 1,758 g/cm<sup>3</sup>

CBR (100 % MDS) 2,54 mm : 65  
 CBR (95 % MDS) 2,54 mm : 33



# ENSAYO DE CBR

NORMA MTC E 132 - 2000

PROYECTO : Estudio Geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)

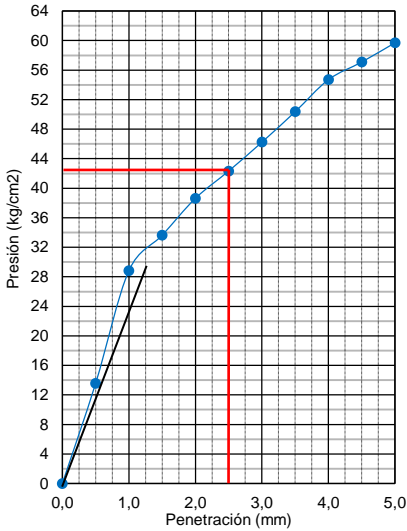
PROGRESIVA : km 151+280  
 MUESTRA : Lado izquierdo  
 PROF. (m) : 1,20  
 REALIZADO : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

CALICATA : C - 18  
 FECHA : 12 de octubre de 2012

## GRÁFICO PENETRACIÓN CBR

2,54 mm = 42

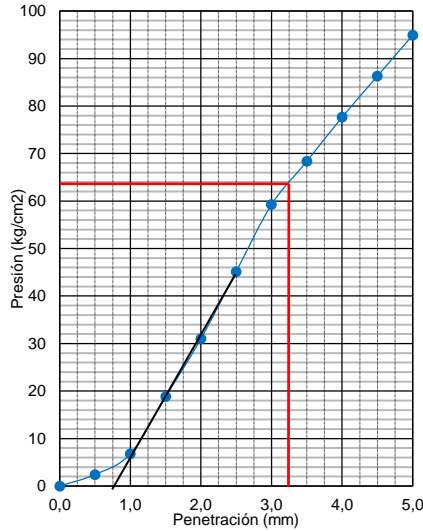
12 golpes



CBR (2,54 mm) : 60

2,54 mm = 64

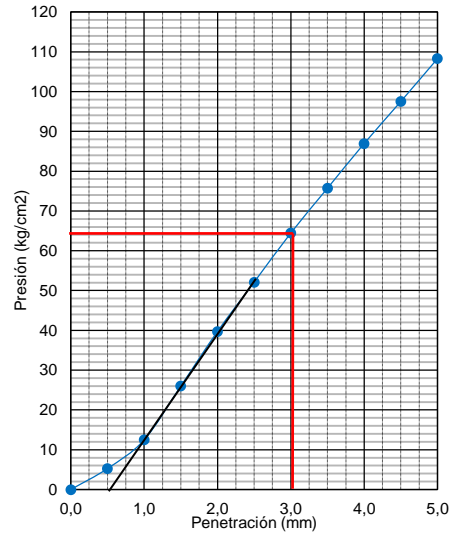
25 golpes



CBR (2,54 mm) : 91

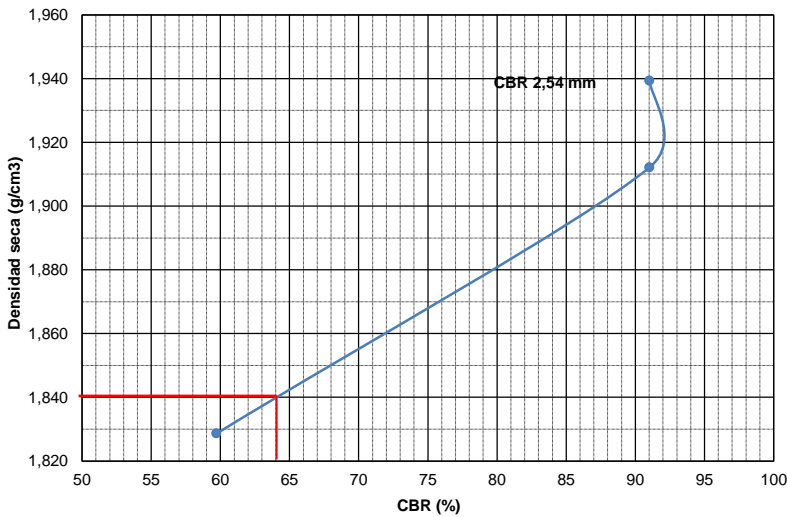
2,54 mm = 64

56 golpes



CBR (2,54 mm) : 91

## DETERMINACIÓN DE CBR



### RESULTADOS

100% DE MDS : 1,936 g/cm<sup>3</sup>  
 HUMEDAD ÓPTIMA (%) : 8,50  
 95% DE MDS : 1,839 g/cm<sup>3</sup>  
 CBR (100 % MDS) 2,54 mm : 91  
 CBR (95 % MDS) 2,54 mm : 64



# ENSAYO DE CBR

NORMA MTC E 132 - 2000

PROYECTO : Estudio Geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)

PROGRESIVA : km 151+500  
 MUESTRA : Lado derecho  
 PROF. (m) : 1,40  
 REALIZADO : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

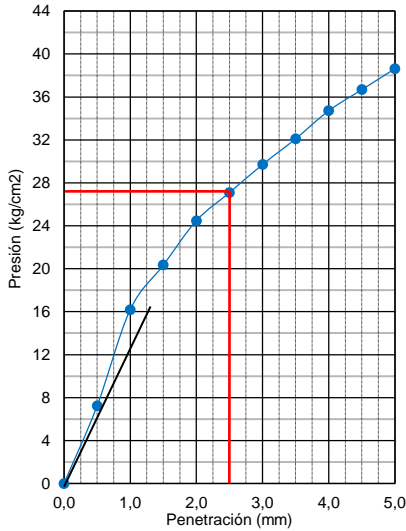
CALICATA : C - 19

FECHA : 12 de octubre de 2012

## GRÁFICO PENETRACIÓN CBR

2,54 mm = 27

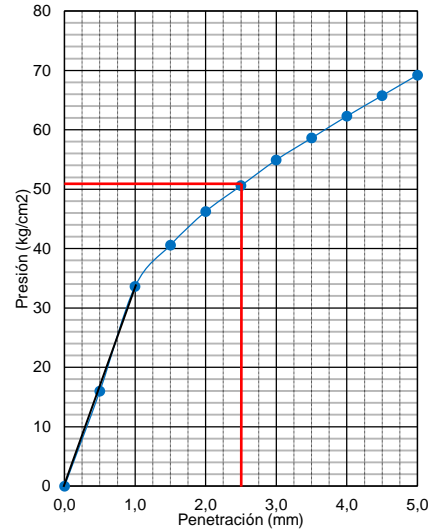
12 golpes



CBR (2,54 mm) : 38

2,54 mm = 51

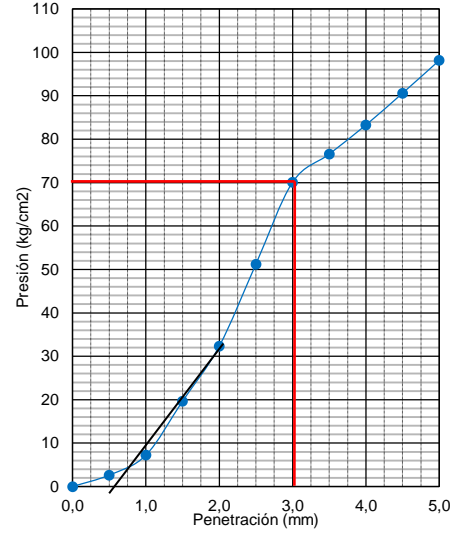
25 golpes



CBR (2,54 mm) : 73

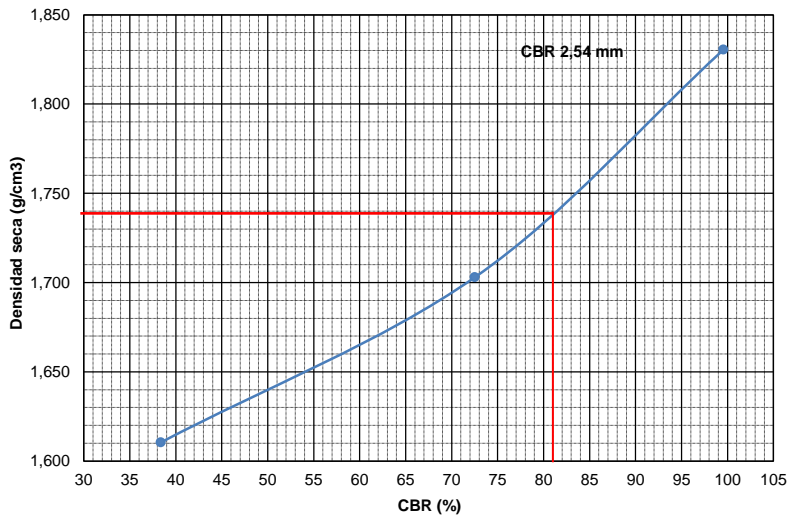
2,54 mm = 70

56 golpes



CBR (2,54 mm) : 100

## DETERMINACIÓN DE CBR



### RESULTADOS

100% DE MDS :	1,830	g/cm3
HUMEDAD ÓPTIMA (%) :	12,00	
95% DE MDS :	1,739	g/cm3
CBR (100 % MDS) 2,54 mm :	100	
CBR (95 % MDS) 2,54 mm :	81	

# **1.3 ENSAYOS DE LABORATORIO**

## **SUELO DE CANTERA**

## ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO

NORMA MTC E 117 - 2000

**PROYECTO** : Estudio Geotécnico de Suelos para Diseñar la Estructura del Pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)
 
**PROGRESIVA** : Aricota - Curibaya  
**MUESTRA** : Cantera Aricota  
**PROF. (m)** : 13  
**REALIZADO** : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

**CALICATA** : CA-02

**FECHA** : 12 de octubre de 2012

ITEM	DESCRIPCIÓN				
1	Peso del Frasco + Arena (g)	5745,00			
2	Peso del Frasco + Arena Sobrante (g)	2369,00			
3	Peso de Arena empleada (g) (1-2)	3376,00			
4	Peso de Arena en el Cono (g)	1446,00			
5	Peso de Arena en el Orificio (g) (3-4)	1930,00			
6	Densidad de la Arena (g/cm3)	1,41			
7	Volumen del Orificio (cm3) (5/6)	1368,79			
8	Peso del tarro + suelo + grava (g)	3349,00			
9	Peso del tarro (g)	10,00			
10	Peso del suelo + grava (g) (8-9)	3339,00			
11	Peso de grava retenida en 3/4" (g)				
12	Peso de suelo húmedo (g) (10-11)	3339,00			
13	Peso específico de la grava 3/4" (g/cm3)				
14	Volumen de la grava (cm3) (11/13)				
16	Volumen ocupado por el suelo (cm3) (7-14)	1368,79			
17	<b>Densidad húmeda (g/cm3) (12/16)</b>	<b>2,44</b>			
18	% de humedad	2,92			
19	Densidad Seca (g/cm3)	2,37			

## CONTENIDO DE HUMEDAD

NORMA MTC E 108 - 2000

ITEM	DESCRIPCIÓN				
0	Número de Tarro	02			
1	Tarro + Suelo húmedo (g)	423,7			
2	Tarro + Suelo seco (g)	413,6			
3	Peso del tarro (g)	67,8			
4	Peso del agua (g) (1-2)	10,1			
5	Peso del Suelo seco (g) (2-3)	345,8			
6	<b>% de humedad</b>	<b>2,92</b>			

# GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO

NORMA MTC E 107 - 2000

PROYECTO : Estudio Geotécnico de Suelos para Diseñar la Estructura del Pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)

PROGRESIVA : Aricota - Curibaya

MUESTRA : Cantera Aricota

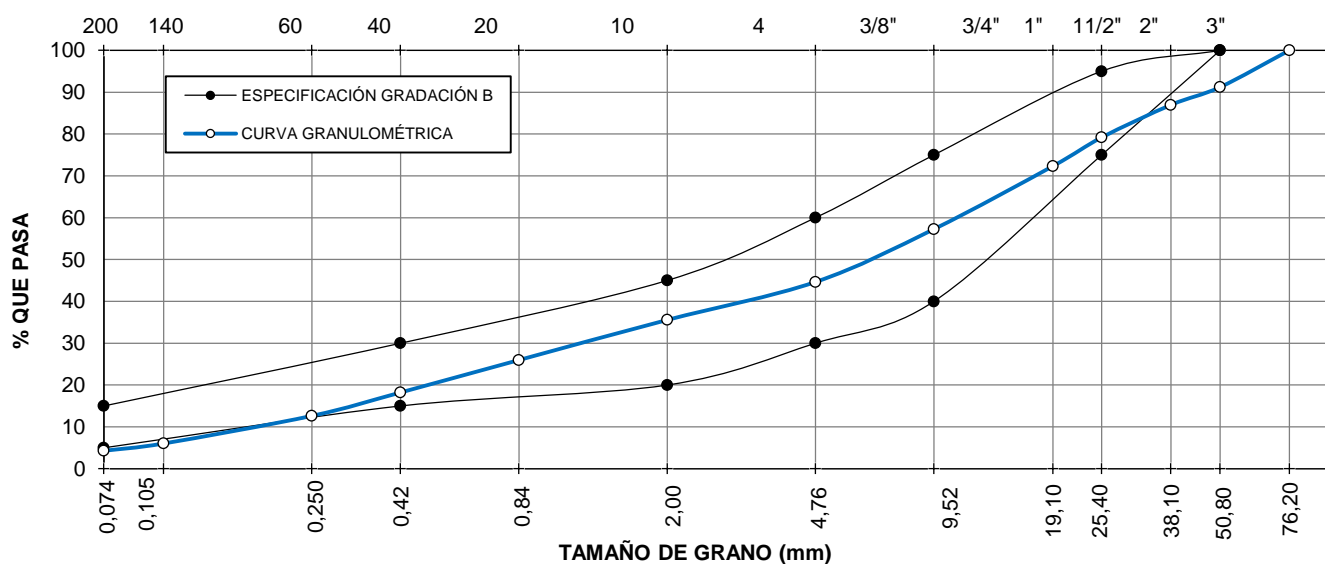
PROF. (m) : 13

CALICATA : CA - 02

REALIZADO : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

FECHA : 12 de octubre de 2012

TAMIZ ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE			ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GRADACIÓN B
			RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA	
3"	76,20	0,00	0,00	0,00	100,00	
2"	50,80	3049,00	8,80	8,80	91,20	100
1 1/2"	38,10	1474,00	4,25	13,05	86,95	
1"	25,40	2693,00	7,77	20,82	79,18	75 -95
3/4"	19,10	2374,00	6,85	27,66	72,34	
3/8"	9,52	5223,00	15,07	42,73	57,27	40 -75
Nº 4	4,76	4379,00	12,63	55,36	44,64	30 - 60
Nº 10	2,00	203,20	9,07	64,43	35,57	20 - 45
Nº 20	0,84	214,70	9,58	74,02	25,98	
Nº 40	0,420	173,70	7,75	81,77	18,23	15 - 30
Nº 60	0,250	125,30	5,59	87,36	12,64	
Nº 140	0,105	147,90	6,60	93,97	6,03	
Nº 200	0,074	39,20	1,75	95,71	4,29	5 - 15
< Nº 200		96,00	4,29	100,00	0,00	
TOTAL			100,00			



DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			OBSERVACIONES	
L.L. =	NP	Cu = 67	(g)	%
L.P. =	NP	Cc = 1	MUESTRA TOTAL :	34665,00 100,00
I.P. =	NP	Suelo exento de arcilla	GRAVA :	19192,00 55,36
S.U.C.S. :	GW		ARENA :	15473,00 44,64
I.G. =	0	Suelo muy bueno	FRACCIÓN DE ARENA :	1000,00
AASHTO :	A1-a			

Descripción visual:

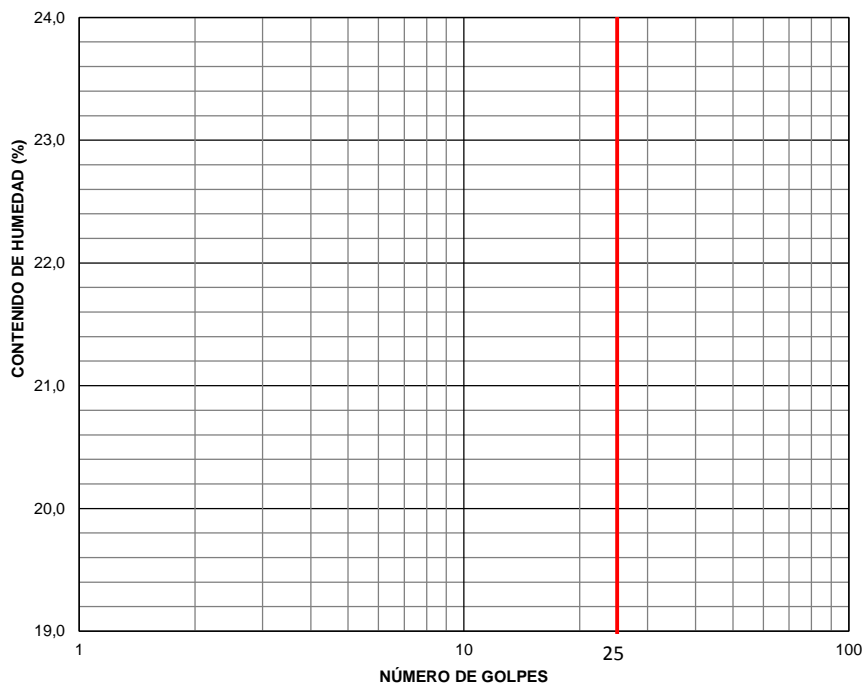
Grava angulosa con arena y arcilla.

## LÍMITES DE CONSISTENCIA

**PROYECTO** : Estudio Geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)  
**CALICATA** : CA - 02  
**FECHA** : 12 de octubre de 2012

**PROGRESIVA** : Aricota - Curibaya  
**MUESTRA** : Cantera Aricota  
**PROF. (m)** : 13  
**REALIZADO** : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>						
MTC E 110 - 2000						
Nº DE ENSAYO	1	2	3			
Nº DE GOLPES						
Nº DE TARA						
PESO DE SUELO HÚMEDO + TARA						
PESO DE SUELO SECO + TARA						
PESO DE LA TARA						
PESO DEL AGUA						
PESO DEL SUELO SECO						
CONTENIDO DE HUMEDAD						



RESULTADOS :	
LÍMITE LÍQUIDO (LL) %	<b>NP</b>
LÍMITE PLÁSTICO (LP) %	<b>NP</b>
ÍNDICE PLÁSTICO (IP) %	<b>NP</b>

OBSERVACIONES :
El índice plástico IP no presenta.
Los requisitos son: Para subbase granular (6% máx.) Para base granular (4% máx)

<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>						
MTC E 111 - 2000						
Nº DE ENSAYOS	1	2				
Nº DE TARA						
PESO DE SUELO HÚMEDO + TARA						
PESO DE SUELO SECO + TARA						
PESO DE LA TARA						
PESO DEL AGUA						
PESO DEL SUELO SECO						
CONTENIDO DE HUMEDAD						

## ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

NORMA MTC E 115 - 2000

**PROYECTO** : Estudio Geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500) **PROGRESIVA** : Aricota - Curibaya  
**MUESTRA** : Cantera Aricota  
**PROF. (m)** : 13  
**REALIZADO** : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya  
**CALICATA** : CA - 02  
**FECHA** : 12 de octubre de 2012

<b>GOLPES / CAPA :</b>	56	<b>Nº DE CAPAS :</b>	5	<b>PESO MOLDE (g):</b>	6435
<b>DIÁMETRO MOLDE (cm):</b>	15,24	<b>ALTURA (cm) :</b>	11,64	<b>VOLUMEN (cm3) :</b>	2123

### DENSIDAD

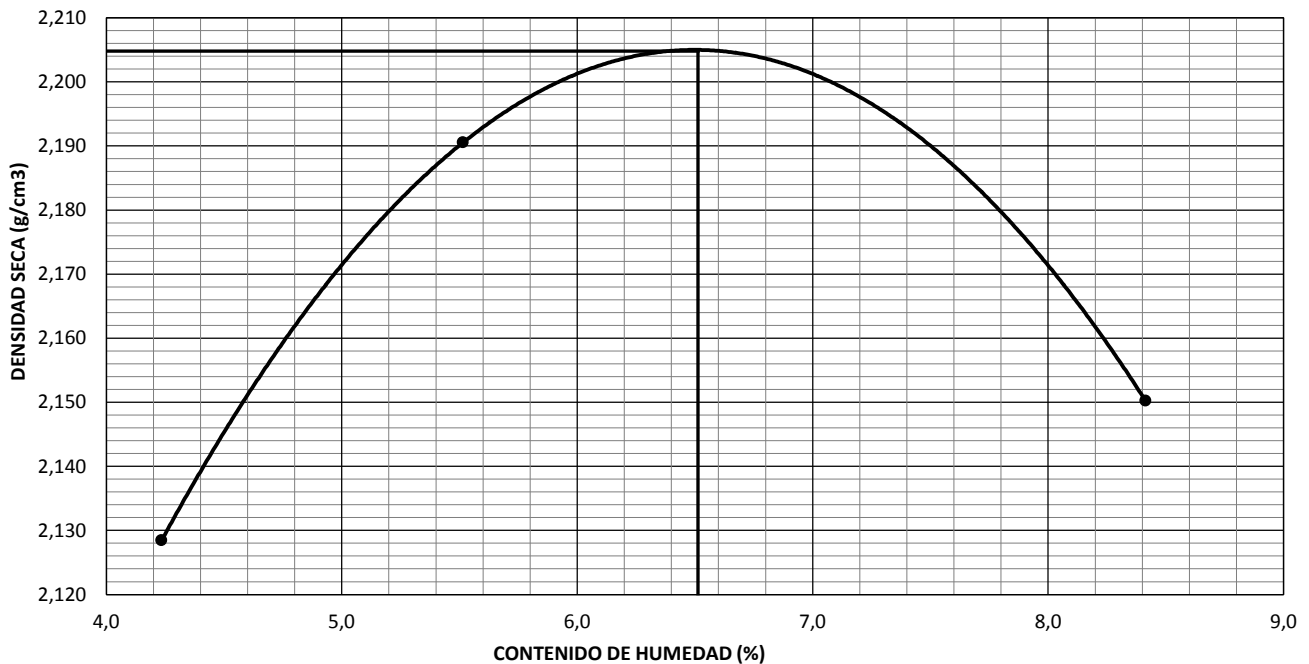
Nº DE ENSAYO	1	2	3	4	5	
PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO	g	11145	11342	11384		
PESO DEL MOLDE	g	6435	6435	6435		
PESO DEL SUELO HÚMEDO COMPACTADO	g	4710	4907	4949		
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	2123	2123	2123		
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm3	2,22	2,31	2,33		
DENSIDAD SECA	g/cm3	2,128	2,191	2,150		

### HUMEDAD

Nº DE RECIPIENTE	1	2	3			
PESO DEL RECIPIENTE	g	70,80	67,90	73,90		
PESO DEL SUELO HÚMEDO + RECIPIENTE	g	403,10	372,10	486,20		
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE	g	389,60	356,20	454,20		
PESO DEL AGUA	g	13,50	15,90	32,00		
PESO DEL SUELO SECO	g	318,80	288,30	380,30		
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	4,23	5,52	8,41		

**DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm3)**      **2,205**

**HUMEDAD ÓPTIMA (%)**      **6,50**



OBSERVACIONES :



# ENSAYO DE CBR

NORMA MTC E 132 - 2000

PROYECTO : Estudio Geotécnico de suelos para diseñar la estructura del pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)

PROGRESIVA : Aricota - Curibaya  
MUESTRA : Cantera Aricota  
PROF. (m) : 13

CALICATA : CA - 02

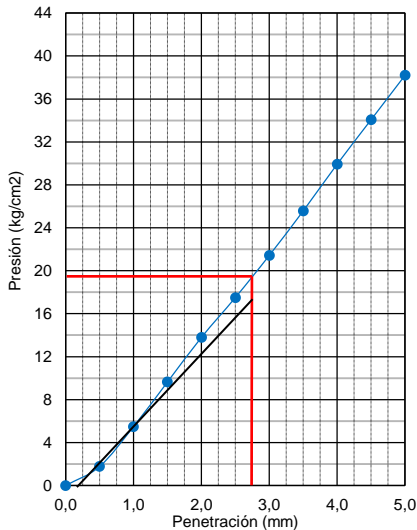
REALIZADO : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

FECHA : 12 de octubre de 2012

## GRÁFICO PENETRACIÓN CBR

2,54 mm = 19

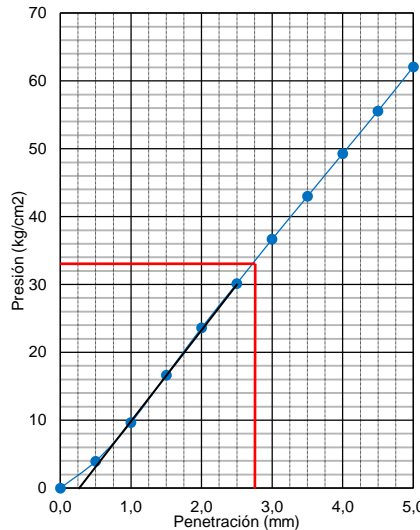
12 golpes



CBR (2,54 mm) : 27

2,54 mm = 33

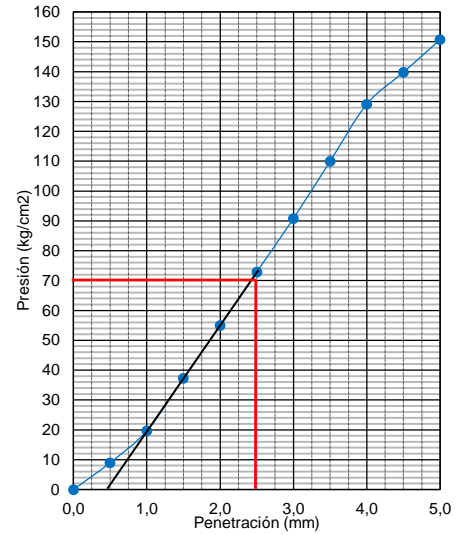
25 golpes



CBR (2,54 mm) : 47

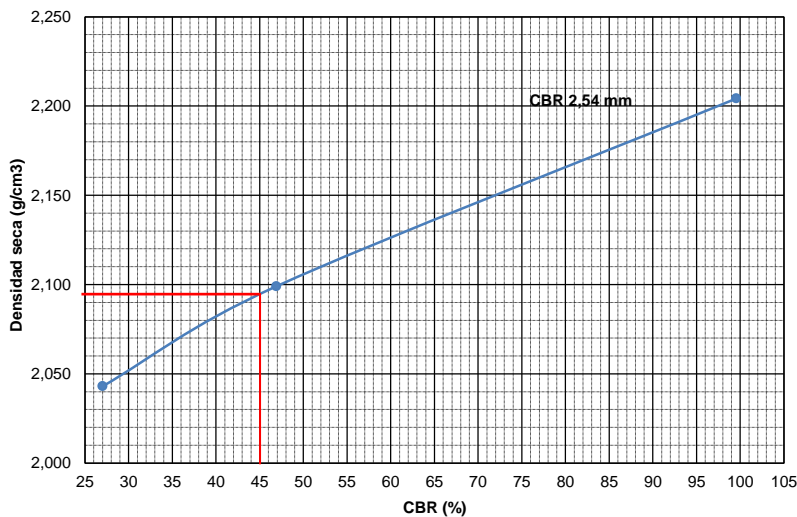
2,54 mm = 70

56 golpes



CBR (2,54 mm) : 100

## DETERMINACIÓN DE CBR



### RESULTADOS

100% DE MDS :	2,205	g/cm <sup>3</sup>
HUMEDAD ÓPTIMA (%) :	6,50	
95% DE MDS :	2,095	g/cm <sup>3</sup>
CBR (100 % MDS) 2,54 mm :	100	
CBR (95 % MDS) 2,54 mm :	45	

### OBSERVACIONES

Material apto para ser utilizado como subbase y base, según norma MTC EG-2013, referido al 100% de la máxima densidad seca y a una penetración de carga 0,1" (2,5 mm).

Requisitos para subbase granular:

CBR 40% mín.

Requisitos para base granular:

CBR Tráfico en ejes equivalentes (<math><10^6</math>) Mín. 80%  
Tráfico en ejes equivalentes (>math>\geq 10^6</math>) Mín. 100%

**DESGASTE POR ABRASIÓN UTILIZANDO LA MÁQUINA  
LOS ÁNGELES  
NORMA MTC E 207 - 2000**

PROYECTO : Estudio Geotécnico de Suelos para Diseñar la Estructura del Pavimento en la Carretera  
Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)

CALICATA : CA - 02  
FECHA : 12 de octubre de 2012  
PROGRESIVA : Aricota - Curibaya  
MUESTRA : Cantera Aricota  
PROF. (m) : ...  
REALIZADO : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

DESCRIPCIÓN		PESO EN GRAMOS		DESGASTE 500 REVOL.
PASANTE	RETENIDO	GRANULOMETRÍA "A"		*****
1 1/2"	1"	1254,1	g	*****
1"	3/4"	1251,9	g	*****
3/4"	1/2"	1251,4	g	*****
1/2"	3/8"	1250,4	g	*****
TOTAL		5007,8	g	1076,0 g
PORCENTAJE DE DESGASTE				<b>21,5</b> %

OBSERVACIONES:

El agregado cumple el requisito de la norma MTC EG-2013 (máx. 40%)

Requisitos para subbase granular:

Abrasión Los Angeles 50% máx.

Requisitos para base granular:

Abrasión Los Angeles 40% máx.

**ENSAYO DE DURABILIDAD  
METODO DEL SULFATO DE SODIO  
NORMA MTC E 209 - 2000**

PROYECTO : Estudio Geotécnico de Suelos para Diseñar la Estructura del Pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave Tramo Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)

CALICATA : CA - 02  
FECHA : 12 de octubre de 2012  
PROGRESIVA : Aricota - Curibaya  
MUESTRA : Cantera Aricota  
PROF. (m) : ...  
REALIZADO : Bach. Marco A. Ochoa Calizaya

AGREGADO GRUESO					
TAMIZ	PESO (g)		PÉRDIDA EN	GRADACIÓN EN	PÉRDIDA
	INICIAL	FINAL	%	%	CORREGIDA EN %
1 1/2" a 1"	1015,50	928,40	8,58	2,78	0,24
1" a 3/4"	672,30	594,60	11,56	48,94	5,66
3/4" a 1/2"	503,00	474,10	5,75	22,78	1,31
1/2" a 3/8"	332,40	298,10	10,32	18,35	1,89
3/8" a N° 4	301,20	281,70	6,47	6,39	0,41
<b>TOTAL</b>	<b>2824,40</b>	<b>2576,90</b>			<b>9,51</b>

AGREGADO FINO					
TAMIZ	PESO (g)		PÉRDIDA EN	GRADACIÓN EN	PÉRDIDA
	INICIAL	FINAL	%	%	CORREGIDA EN %
3/8" a N° 4				*****	*****
N° 4 a 8	100,00	91,00	9,00	13,57	1,22
N° 8 a 16	100,00	90,30	9,70	19,56	1,90
N° 16 a 30	100,00	90,00	10,00	27,20	2,72
N° 30 a 50	100,00	90,20	9,80	22,08	2,16
<b>TOTAL</b>	<b>400,00</b>	<b>361,50</b>			<b>8,00</b>

OBSERVACIONES:

La densidad del sulfato de sodio que se utilizó fue de 1,162 g/cm<sup>3</sup>  
Los agregados cumplen los requisitos de la norma MTC EG-2013 (máx. 15%)

Requisitos para base granular:

Durabilidad al sulfato de magnesio

Agregado grueso 18% máx.  
Agregado fino 15% máx.

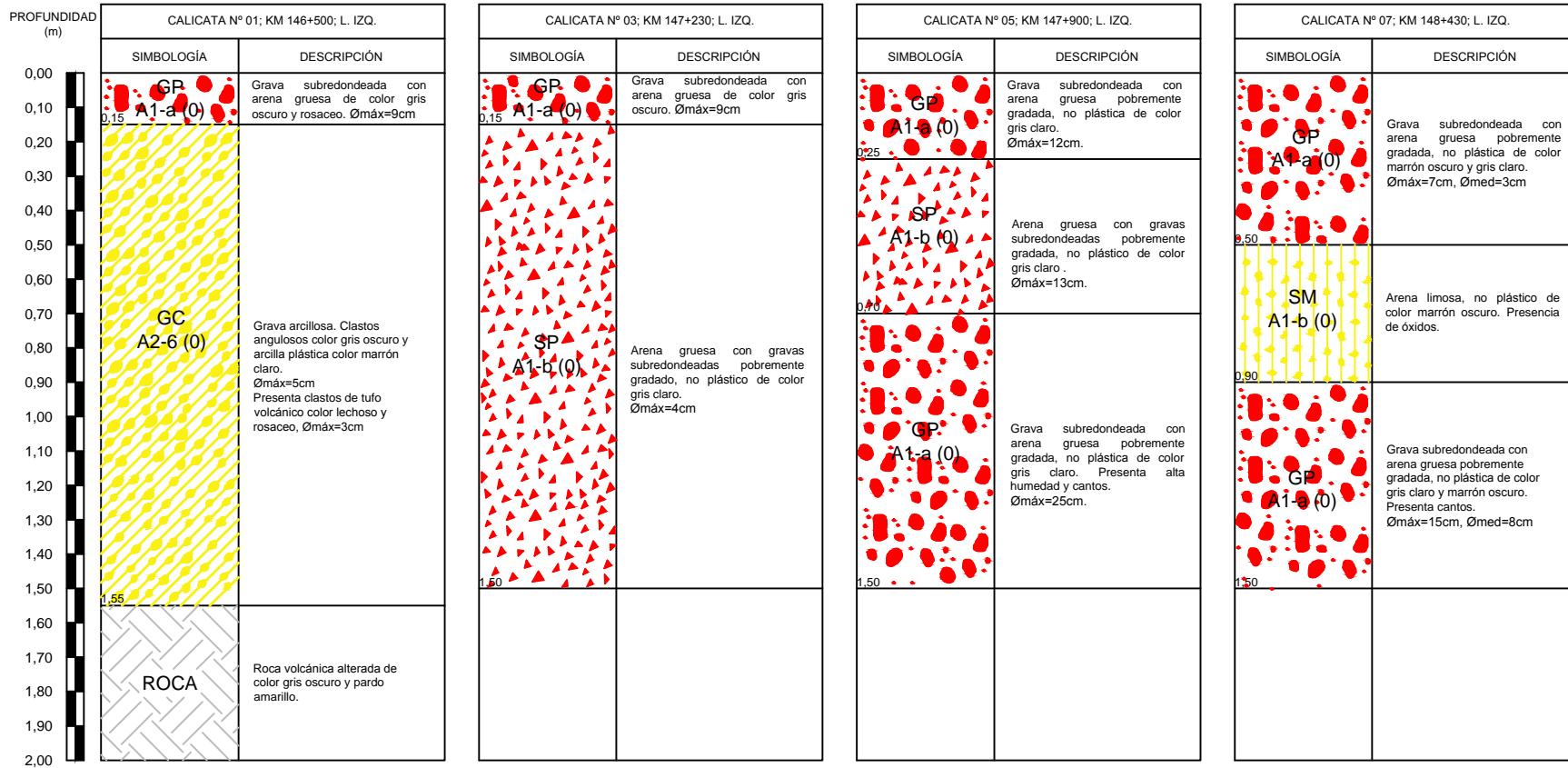
## **1.4 PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE CALICATAS**

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTECNIA  
 PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE CALICATAS

ESTUDIO : DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO  
 PROYECTO : CARRETERA TICACO - CANDARAVE  
 UBICACIÓN : TRAMO ARICOTA - QUILAHUANI

INTERPRETACIÓN BACH. M. OCHOA C.  
 DIBUJO CAD BACH. M. OCHOA C.  
 FECHA JUNIO DE 2013

PLANCHA N° 01 DE 03



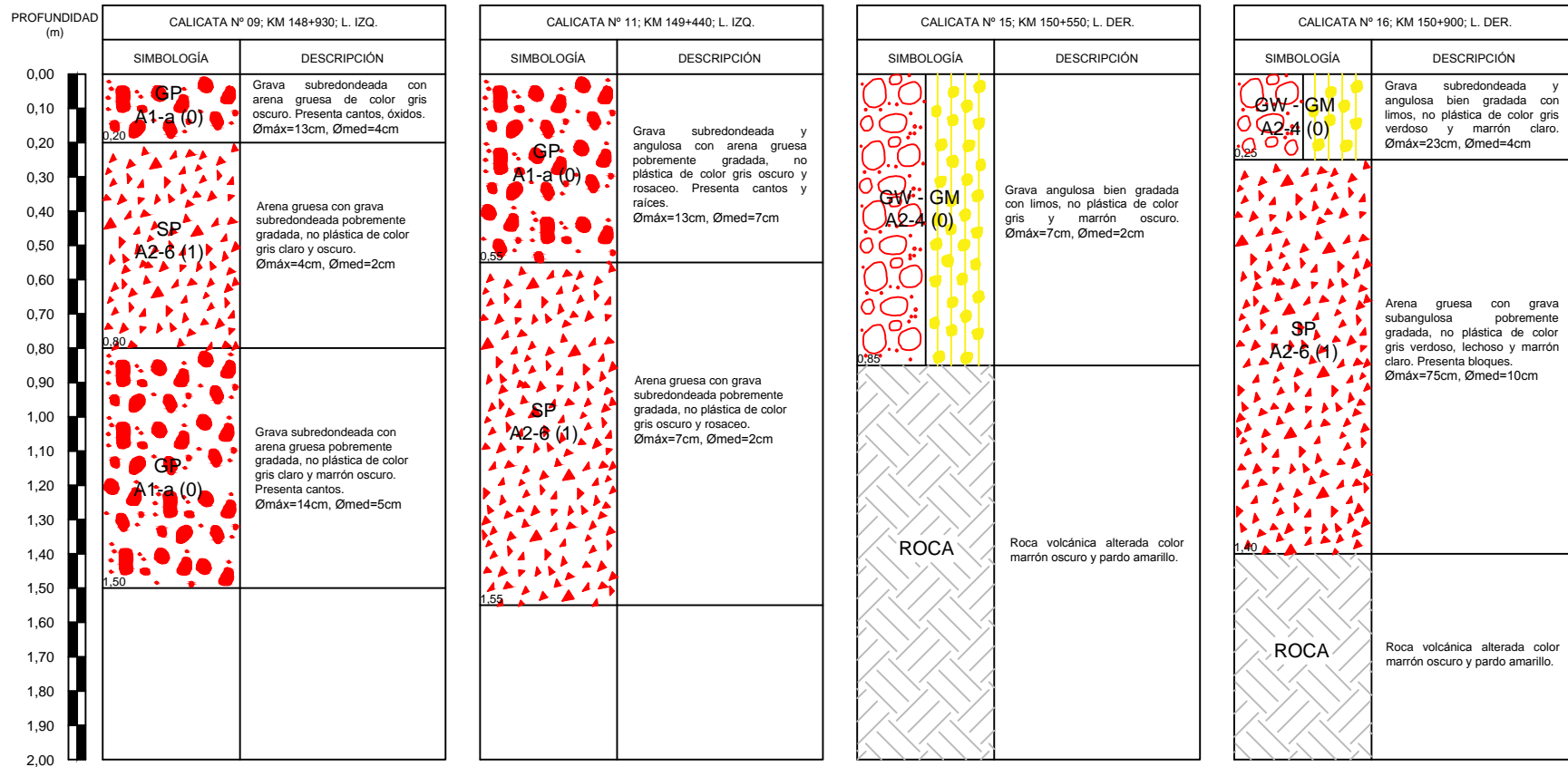
ESCALA : V=1:20, H=S/E

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTECNIA  
 PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE CALICATAS

ESTUDIO : DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO  
 PROYECTO : CARRETERA TICACO - CANDARAVE  
 UBICACIÓN : TRAMO ARICOTA - QUILAHUANI

INTERPRETACIÓN : BACH. M. OCHOA C.  
 DIBUJO CAD : BACH. M. OCHOA C.  
 FECHA : JUNIO DE 2013

PLANCHA N° 02 DE 03



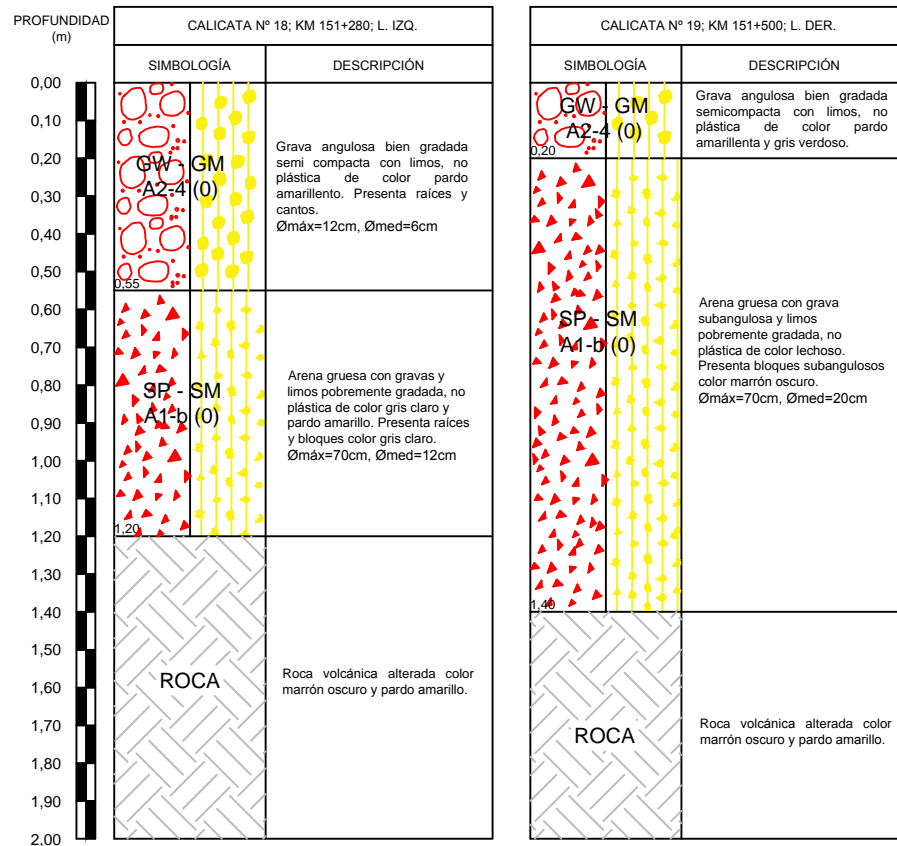
ESCALA : V=1:20, H=S/E

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTECNIA**  
**PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE CALICATAS**

ESTUDIO : DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO  
 PROYECTO : CARRETERA TICACO - CANDARAVE  
 UBICACIÓN : TRAMO ARICOTA - QUILAHUANI

INTERPRETACIÓN : BACH. M. OCHOA C.  
 DIBUJO CAD : BACH. M. OCHOA C.  
 FECHA : JUNIO DE 2013

**PLANCHA N° 03 DE 03**



ESCALA : V=1:20, H=S/E

## **1.5 ESTUDIO DE TRÁFICO**

## ESTUDIO DE TRÁFICO

PROYECTO	: Estudio Geotécnico de Suelos para Diseñar la Estructura del Pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave	FECHA	: Octubre 2012
TRAMO	: Aricota - Quilahuani (km 146+500 - km 151+500)	REALIZADO	: Bach. Marco Ochoa

Cálculo de TAVU

n = 10

VEHÍCULO	TIPO	TPDA	D <sub>D</sub>	D <sub>L</sub>	N DIAS	TDA	TASA CREC. ( r )	FACT. CREC.	TAVU
Autos y camionetas	A2	240	0,5	1	365	43800,0	3,9	11,951	523435,38
Buses	B2	4	0,5	1	365	730,0	4,4	12,231	8928,77
Camión 2E	C2	13	0,5	1	365	2372,5	5,3	12,755	30262,24
Camión 3E	C3	11	0,5	1	365	2007,5	5,3	12,755	25606,51
Total		268							

Cálculo de ESAL (W18)

VEHÍCULO	TIPO	EJE	CARGA POR EJE (ton)	TIPO DE EJE	TAVU	FEC	ESAL
Autos y camionetas	A2	1	1	1	523435,38	0,00018	94,22
		2	1	1	523435,38	0,00018	94,22
Buses	B2	1	5,5	1	8928,77	0,18900	1687,54
		2	10	1	8928,77	0,18900	1687,54
Camión 2E	C2	1	6,2	1	30262,24	0,36000	10894,41
		2	11,3	1	30262,24	0,36000	10894,41
Camión 3E	C3	1	6	1	25606,51	0,18900	4839,63
		2	20	2	25606,51	3,00000	76819,54
						W <sub>18</sub> =	106823,05

**W<sub>18</sub> = 1,0x10<sup>5</sup>**

TPDA = tránsito promedio diario anual

D<sub>D</sub> = factor de direccionalidad

D<sub>L</sub> = factor de distribución por carril

TDA = tránsito diario anual

r = tasa de crecimiento (%)

FACT. CREC. = factor de crecimiento

Fact. Crec. =  $[(1+r)^n - 1] / r$  , r=tasa/100

n = periodo de diseño (años)

TAVU = tránsito anual de vida útil

FEC = factor equivalente de carga

## **1.6 INSPECCIÓN DE CANTERA**

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTECNIA**  
**ESTUDIO GEOTÉCNICO DE SUELOS PARA DISEÑAR LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO**

**INSPECCIÓN DE CANTERA**

**1. DATOS GENERALES**

NOMBRE : Cantera Aricota  
 UBICACIÓN : A 2350 m del desvío km 149+300 de la carretera Ticaco – Candarave  
 USOS : Relleno general, sub base granular, base granular  
 FECHA : 12 de octubre de 2012

**DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA**

Material de origen aluvial, con clastos de naturaleza ígnea y sedimentaria

**ACCESO**

a) No existe	
b) Sendero	
c) Trocha carrozable	
d) Camino afirmado	<b>X</b>
e) Pista asfaltada	
f) Longitud (m)	<b>2350</b>

**TIPO DE DEPÓSITO**

a) Aluvial	<b>X</b>
b) Aluvional	
c) Coluvial	
d) Deluvial	
e) Eólico	
f) Otro	

**NATURALEZA DEL MATERIAL**

Ignea	<b>X</b>
Sedimentaria	<b>X</b>
Metamórfica	

**2. DATOS DE LOS MATERIALES**

**GRAVA**

Porcentaje de bolonería > 2"	<b>10</b>
Tamaño máximo de bolonería	<b>30"</b>
<b>FORMA DE LAS PARTÍCULAS</b>	
Angular	<b>X</b>
Sub angular	
Redondeada	
Sub redondeada	

**ARENA**

Porcentaje de partículas < N° 4	<b>44</b>
<b>GRADACIÓN GRANULOMÉTRICA</b>	
Bien gradada	<b>X</b>
Mal gradada	

**ESPONJAMIENTO**

**20%**

**3. DATOS DE EXPLORACIÓN**

a	Área de la cantera (m2)	<b>10000</b>	<b>100%</b>
b	Profundidad aprovechable (m)	<b>13</b>	
c	Top soil (Suelo superficial a eliminarse) (m)	<b>0</b>	
d	Over de cantera (mat. > 2" después del desb.) (%)	<b>10</b>	
e	Esponjamiento (%)	<b>20</b>	
f	POTENCIA BRUTA EN BANCO (b*a) (m3)	<b>130000</b>	<b>100%</b>
g	DESBROCE (c*a) (m3)	<b>0</b>	<b>0%</b>
h	POTENCIA NETA EN BANCO (f-g) (m3)	<b>130000</b>	<b>100%</b>
i	OVER (d*h) (m3)	<b>13000</b>	<b>10%</b>
j	POTENCIA APROV. EN BANCO (h-i) (m3)	<b>117000</b>	<b>90%</b>

**RENDIMIENTO**

Relleno	<b>100%</b>
Sub base	<b>90%</b>
Base	<b>90%</b>

**4. VOLUMEN REQUERIDO PARA EL PROYECTO**

**DIMENSIONES DE LA VÍA**

Ancho de superficie de rodadura (m)	6,60
Ancho de Bermas (m)	0,50
Longitud de la vía (m)	5000,00
AREA (m)	38000,00
ALTURA (m)	0,30
VOLUMEN REQUERIDO (m <sup>3</sup> )	11400,00

**OBSERVACIONES:**

La potencia aprovechable en banco de la cantera es suficiente para el proyecto.

# **ANEXO II**

## **REGISTRO DE PRECIPITACIÓN**

### PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm)

ESTACIÓN :	CO-ARICOTA	LATITUD :	17° 19' 32,2"	DPTO. TACNA
CÓDIGO :	117054	LONGITUD :	70° 14' 7,3"	PROV. CANDARAVE
FUENTE :	SENAMHI	ALTITUD :	2850 msnm	DIST. : QUILAHUANI

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1994	10,5	90,1	0,0	16,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8	124,0
1995	27,2	0,0	77,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	12,6	118,2
1996	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,6	28,0
1997	31,6	77,9	64,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,3	0,0	0,0	2,4	177,4
1998	10,3	27,8	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	2,1	43,2
1999	2,4	64,5	56,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	125,0
2000	91,8	58,8	29,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	184,4
2001	27,9	129,7	42,4	1,2	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	---	202,7
2011	43,5	71,8	2,4	5,3	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	36,7	165,1
2012	82,1	74,3	47,2	13,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	---	---	---	217,5
<b>TOTAL</b>	327,3	596,3	320,6	37,0	5,3	0,0	0,0	1,7	1,3	0,0	3,0	93,0	
<b>PROM</b>	32,7	59,6	32,1	3,7	0,5	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,3	11,6	
<b>MAX</b>	91,8	129,7	77,3	16,6	5,3	0,0	0,0	1,5	1,3	0,0	1,8	36,7	
<b>MIN</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	

FUENTE: SENAMHI TACNA 2012

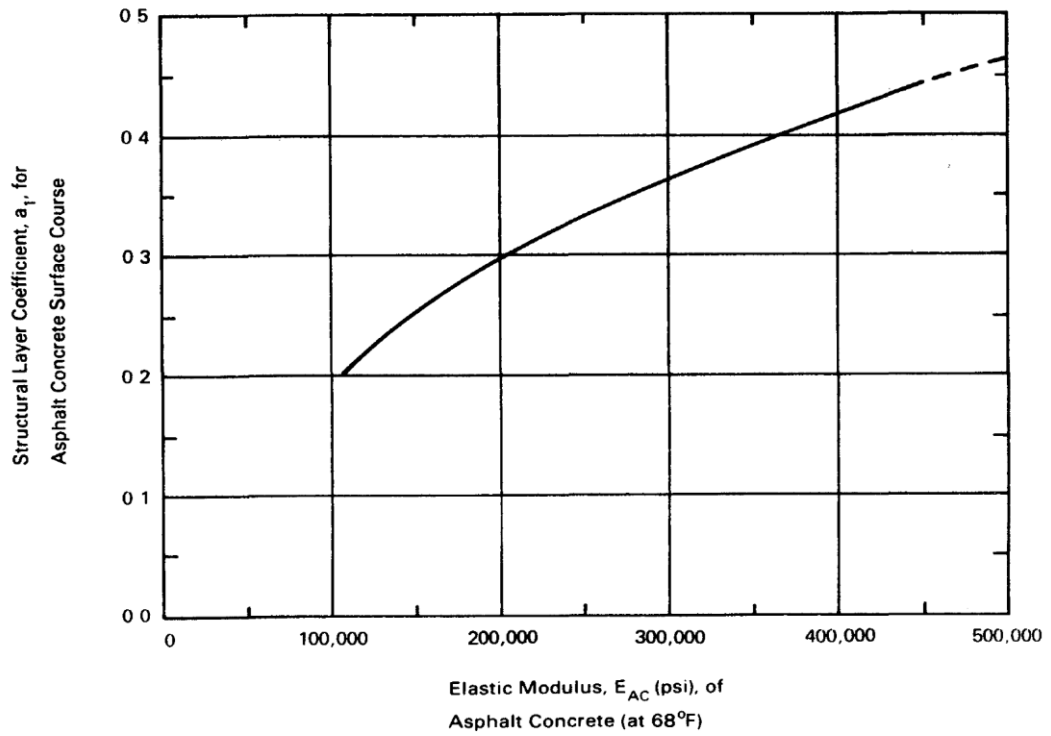
# **ANEXO III**

**GRÁFICOS DE CORRELACIÓN (a<sub>i</sub>)**

**AASHTO**

### Gráfico 01

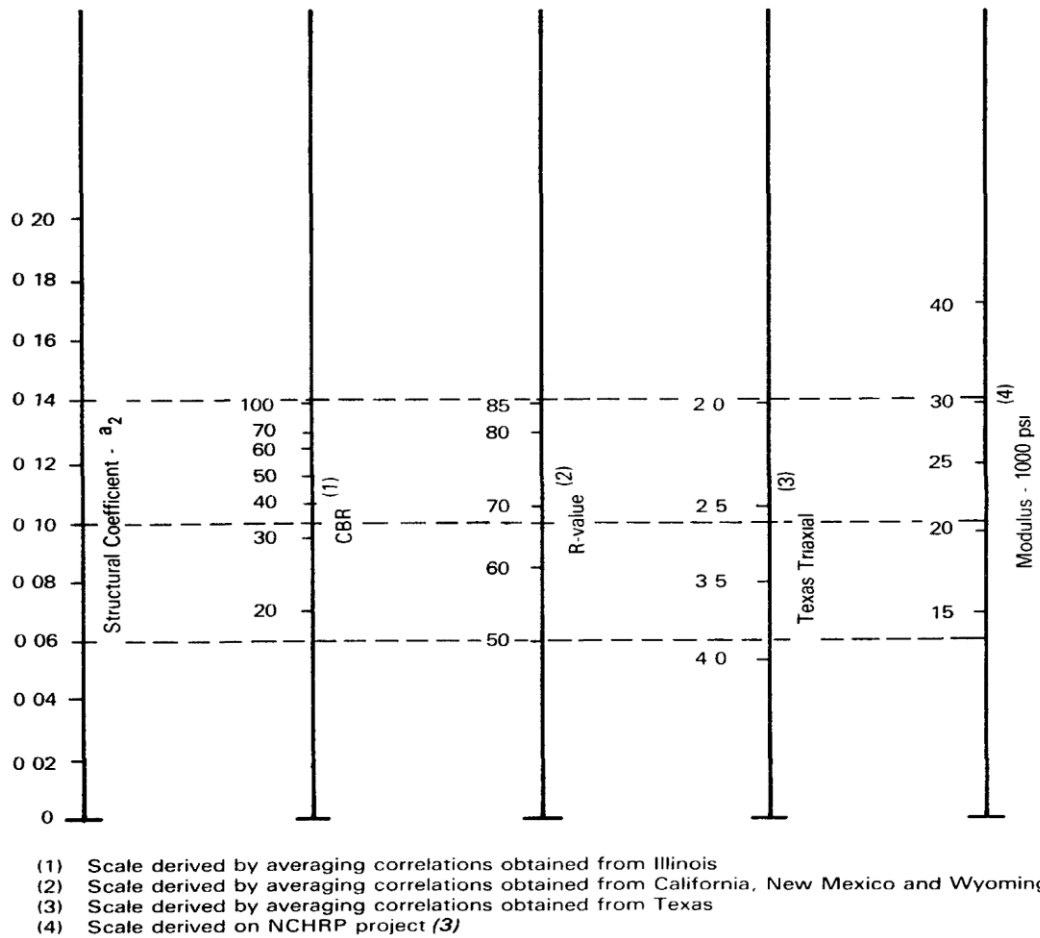
Gráfica para estimar el coeficiente estructural  $a_1$  de la carpeta asfáltica, con base a su módulo elástico.



Fuente: *Guide for Design of Pavement Structures*, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., 1993.

## Gráfico 02

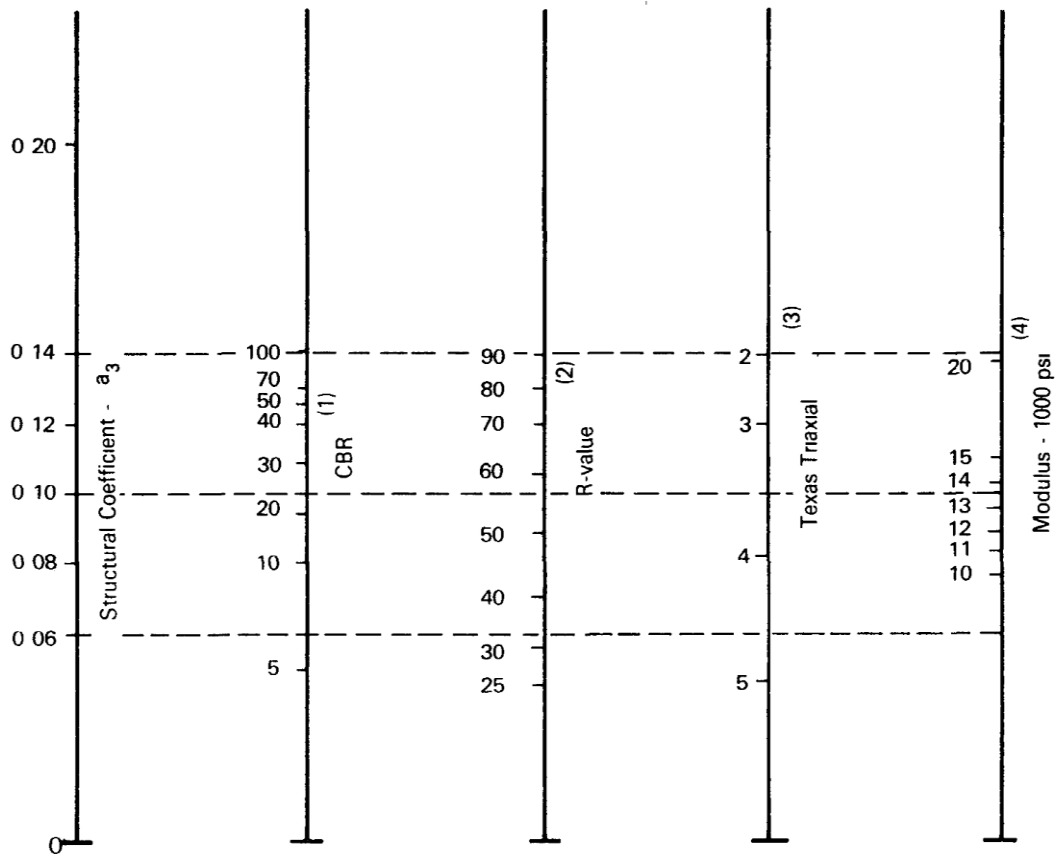
Gráfica para estimar el coeficiente estructural  $a_2$  de la capa base granular, con base a diversos parámetros de resistencia de la base.



Fuente: *Guide for Design of Pavement Structures, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., 1993.*

### Gráfico 03

Gráfica para estimar el coeficiente estructural  $a_3$  de la capa sub-base granular, con base a diversos parámetros de resistencia de la sub-base



- (1) Scale derived from correlations from Illinois
- (2) Scale derived from correlations obtained from The Asphalt Institute, California, New Mexico and Wyoming
- (3) Scale derived from correlations obtained from Texas
- (4) Scale derived on NCHRP project (3)

Fuente: *Guide for Design of Pavement Structures, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., 1993.*

**ANEXO IV**

**FOTOS**

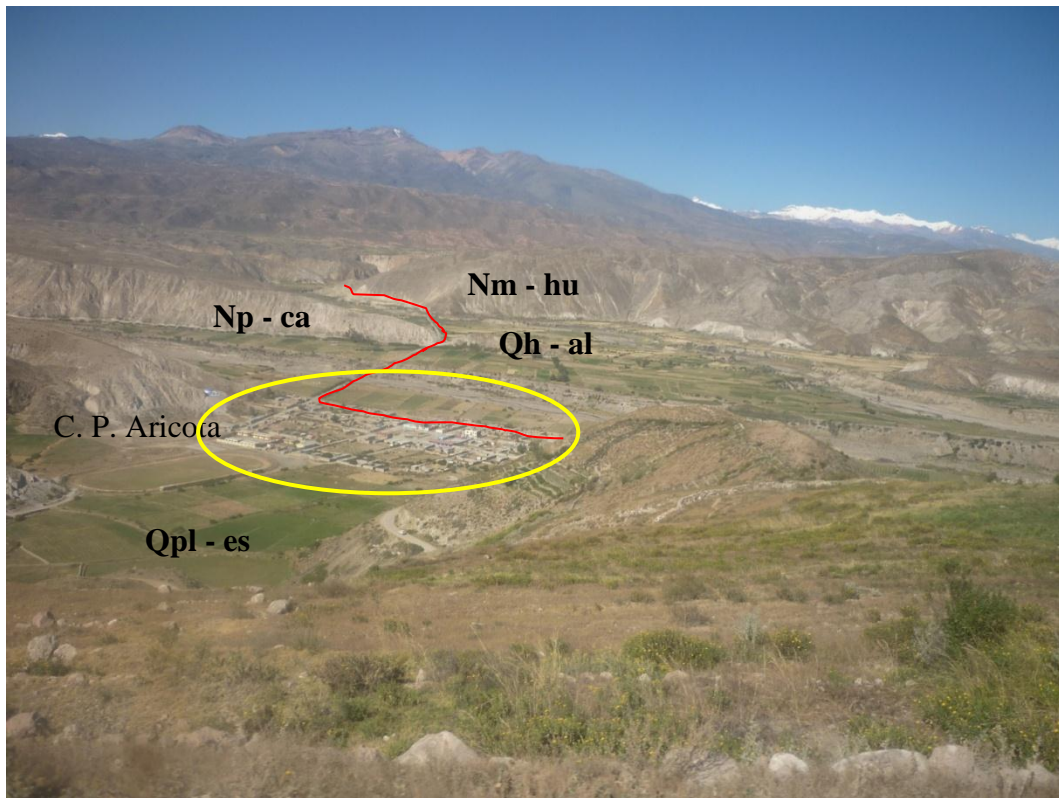


Foto 01.- Vista panorámica del Centro Poblado Aricota y los afloramientos de las Formaciones Huayllillas (Nm-hu), Capillune (Np-ca), depósitos aluviales (Qh-al) y depósitos de escombros (Qpl-es).



Foto 02.- Vista de perfil de los depósitos aluviales (Qh-al) erosionado por el río Salado. También se observan los depósitos fluviales (Qh-fl) y la Formación Capillune (Np-ca).



Calicata C-01.- Grava arcillosa. Clastos angulosos color gris oscuro y arcilla plástica de color marrón claro. Diámetro máximo de 5 cm. A la profundidad de 1,55 m se encontró roca volcánica de la Formación Huaylillas.



Calicata C-03.- Arena gruesa con gravas subredondeadas pobremente gradado de color gris claro. Diámetro máximo de 4 cm .



Calicata C-05.- Grava subredondeada con arena gruesa pobremente gradada, no plástica de color gris claro. Presenta alta humedad y cantos. Diámetro máximo de 25 cm .



Calicata C-07.- Grava subredondeada con arena gruesa pobremente gradada, no plástica de color gris claro y marrón oscuro. Presenta cantos. Diámetro máximo de 15 cm .



Calicata C-09.- Grava subredondeada con arena gruesa pobremente gradada, no plástica de color gris claro y marrón oscuro. Presenta cantos. Diámetro máximo de 14 cm .



Calicata C-11.- Arena gruesa con grava subredondeada y angulosa pobremente gradado, no plástica de color gris oscuro y rosáceo. Diámetro máximo de 7 cm .



Calicata C-15.- Grava angulosa bien gradada con limos, no plástica de color gris y marrón oscuro. Diámetro máximo de 7 cm . A la profundidad de 0,85 m se encontró roca volcánica de la Formación Toquepala.



Calicata C-16.- Arena gruesa con grava subangulosa pobremente gradada, no plástica de color gris verdoso, lechoso y marrón claro. Presenta bloques subangulosos. Diámetro máximo de 75 cm . A la profundidad de 1,40 m se encontró roca volcánica de la Formación Toquepala.



Calicata C-18.- Arena gruesa con grava y limo pobremente gradada, no plástica de color gris claro y pardo amarillo. Presenta raíces y bloques de color gris claro. Diámetro máximo de 70 cm . A la profundidad de 1,20 m se encontró roca volcánica de la Formación Toquepala.



Calicata C-19.- Arena gruesa con grava subangulosa y limo pobremente gradada, no plástica de color lechoso. Presenta bloques angulosos de color marrón oscuro. Diámetro máximo de 70 cm . A la profundidad de 1,40 m se encontró roca volcánica de la Formación Toquepala.