

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
CHOTA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN
DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE SUELOS
ARCILLOSOS CHOTA**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Presentado por: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ

Asesor: Mg. Ing. MIGUEL ÁNGEL SILVA TARRILLO

Chota – Perú

2022

**Influencia de los residuos del proceso de producción de cal en
el mejoramiento del CBR de suelos arcillosos Chota**

POR:

Aladino Sánchez Vásquez

**Presentada a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la
Universidad Nacional Autónoma de Chota para optar el título**

de

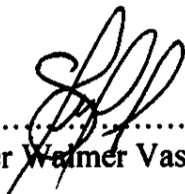
INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR



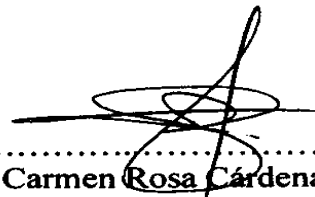
.....
Dr. Ing. Elmer Natívidad Chávez Vásquez

PRESIDENTE



.....
Mg. Fís. Elmer Walmer Vasquez Bustamante

SECRETARIO



.....
Dra. Ing. Carmen Rosa Cárdenas Rosales

VOCAL

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios, quien inspiro mi espíritu para la conclusión de esta tesis profesional. A mis padres quienes me dieron vida, educación, apoyo y consejos. A mi asesor de tesis, quien dedico su tiempo y su conocimiento para guiarme. Para ellos es esta dedicatoria, por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Primero agradecer a Dios por estar conmigo cada paso que doy por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio. Agradezco a mis padres y familiares porque me brindaron su apoyo tanto moral y económicamente para seguir estudiando y lograr el objetivo trazado para un mejor futuro y ser orgullo para ellos. De igual manera agradecer a Ingeniero Miguel Ángel Silva Tarrillo, asesor de mi tesis, quien con su experiencia profesional guio la elaboración de esta tesis. De igual manera a mis queridos docentes pues ellos fueron quienes me brindaron sus conocimientos para elaborar el presente trabajo. En general quisiera agradecer a toda y cada una de las personas que han vivido conmigo la realización de esta tesis, que no necesito nombrar porque tanto ellas como yo sabemos que de corazón les agradezco el haberme brindado todo el apoyo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Planteamiento del problema	13
1.2. Formulación del problema	15
1.2.1. Problema general	15
1.2.2. Problemas específicos.....	15
1.3. Justificación	15
1.4. Delimitación de la investigación	16
1.5. Limitaciones	17
1.6. Objetivos	17
1.6.1. Objetivo general.....	17
1.6.2. Objetivos específicos	17
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	19
2.1. Antecedentes	19
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	19
2.1.2. Antecedentes nacionales	23
2.1.3. Antecedentes regionales	24
2.2. Bases teórico – científicas	25
2.2.1. Teoría de suelos en vías terrestres	25
2.2.2. Teoría de la estabilización química de suelos arcillosos con cal.....	29
2.2.3. Influencia de la estabilización con cal en el medio ambiente.....	30
2.3. Marco conceptual	32
2.3.1. Cal – residuos de la producción de cal	32
2.3.2. Suelo	34
2.3.3. Propiedades físicas del suelo	35
2.3.4. Clasificación del suelo	36
2.3.5. Propiedades mecánicas del suelo	41

2.3.6. Suelos arcillosos	43
2.3.7. Carretera	45
2.3.8. Subrasante.....	46
2.3.9. Estabilización de una carretera	47
2.3.10. Estabilización con cal	48
2.4. Definición de términos	49
2.5. Hipótesis.....	49
2.6. Operacionalización de variables	50
2.6.1. Variable independiente	50
2.6.2. Variable dependiente	50
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	52
3.1. Tipo y nivel de investigación	52
3.2. Diseño de investigación.....	52
3.3. Métodos de investigación.....	53
3.4. Población, muestra y muestreo	55
3.4.1. Población	55
3.4.2. Muestra	56
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	58
3.5.1. Técnicas	58
3.5.2. Instrumentos	59
3.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos	59
3.6.1. Proceso de obtención de información.....	59
3.6.2. Procesamiento de información	67
3.6.3. Análisis de información.....	68
3.7. Aspectos éticos	68
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	69
4.1. Descripción de resultados.....	69
4.1.1. Clasificación del suelo natural.....	69
4.1.2. Características físicas del suelo con residuos de cal.....	71
4.1.3. Características mecánicas del suelo con residuos de cal	74

4.1.4. Comparación técnica	80
4.2. Discusión de resultados.....	91
4.3. Contrastación de hipótesis.....	98
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	101
5.1. Conclusiones	101
5.2. Recomendaciones y/o sugerencias	103
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS	105
CAPÍTULO VII. ANEXOS	114
Anexo A. Matriz metodológica	114
Anexo B. Fotografías.....	115
Anexo C. Resumen, estudio preliminar de suelos (MDC, 2017)	125
Anexo D. Ficha técnica de cal viva y cal hidratada.....	126
Anexo E. Estudio de tránsito vehicular	127
Anexo F. Estudio de los residuos de cal.....	128
Anexo G. Estudio de mecánica de suelos.....	129
Anexo H. Planos.....	130

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Concentración de la Solución de Diferentes Suelos.....	28
Tabla 2	Clasificación de Carreteras por Demanda	45
Tabla 3	Clasificación del Suelo según Índice de Plasticidad (IP)	46
Tabla 4	Clasificación de la Subrasante según CBR	46
Tabla 5	Porcentaje de Cal, según Clasificación	48
Tabla 6	Matriz de Operacionalización de Variables	51
Tabla 7	Tipo de Investigación según los Principales Criterios	52
Tabla 8	Calicatas del km 8 al 9, de la carretera La Palma – Conchán	58
Tabla 9	Número de Especímenes para Ensayos, por calicata.....	58
Tabla 10	Fuentes, Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos	59
Tabla 11	Características de los Residuos de Cal	62
Tabla 12	Humedad del Suelo	69
Tabla 13	Granulometría del Suelo.....	69
Tabla 14	Límites de Consistencia del Suelo.....	70
Tabla 15	Clasificación del Suelo.....	70
Tabla 16	Límites de Consistencia del Suelo con Residuos de Cal, Calicata 1	71
Tabla 17	Límites de Consistencia del Suelo con Residuos de Cal, Calicata 2.....	72
Tabla 18	Límites de Consistencia del Suelo con Residuos de Cal, Calicata 3.....	73
Tabla 19	Características mecánicas del Suelo con Residuos de Cal, Calicata 1	75
Tabla 20	Características mecánicas del Suelo con Residuos de Cal, Calicata 2	77
Tabla 21	Características mecánicas del Suelo con Residuos de Cal, Calicata 3	79
Tabla 22	Características Físico-Mecánicas del Suelo con Residuos de Cal, Calicata 1.....	81
Tabla 23	Características Físico-Mecánicas del Suelo con Residuos de Cal, Calicata 2.....	83
Tabla 24	Características Físico-Mecánicas del Suelo con Residuos de Cal, Calicata 3.....	86
Tabla 25	CBR del Suelo al 95% y 100% de MDS, con Residuos de Cal	89
Tabla 26	ESSAL en la Estación La Palma	90
Tabla 27	Características Físico Mecánicas del Suelo Natural.....	92
Tabla 28	Características Físico Mecánicas del Suelo con Residuos de Cal	96
Tabla 29	Espesor de la Capa de Afirmando en la Subrasante con Residuos de Cal	98
Tabla 30	Datos de CBR al 95% y 100% de MDS, para el Análisis Estadístico.....	98
Tabla 31	Prueba T-Student, al CBR al 95% de MDS según Porcentaje de Residuos de Cal....	99
Tabla 32	Prueba T-Student, al CBR al 100% de MDS según Porcentaje de Residuos de Cal 100	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Origen del Suelo	25
Figura 2	Condiciones de Compactación y Trayectorias de Expansión Libre	26
Figura 3	Composición del Suelo según sus Fases.....	27
Figura 4	Componentes Inorgánicos del Suelo.....	28
Figura 5	Contenido de O ₂ en el Suelo a Diferentes Profundidades.....	28
Figura 6	Operaciones Unitarias para Fabricar Cal Viva	33
Figura 7	Diagrama de Fases del Suelo	35
Figura 8	Definición de F200, R200, F40, F4 y R4.....	37
Figura 9	Diagrama de Flujo SUCS	38
Figura 10	Carta de Plasticidad SUCS	38
Figura 11	Sistema de Clasificación AASHTO.....	40
Figura 12	Ejemplo de Curva de Compactación	41
Figura 13	Curva de Penetración versus Esfuerzo CBR.....	42
Figura 14	Tetraedro y Octaedro	43
Figura 15	Estructuras de Arcilla	43
Figura 16	Partículas de Arcilla con Capas de Agua Absorbida	44
Figura 17	Clasificación del Potencial de Hinchamiento	44
Figura 18	Sección Transversal de una Carretera.....	45
Figura 19	Tipos de Estabilización.....	47
Figura 20	Esquema de Diseño Descriptivo, Causal Simple.....	54
Figura 21	Carretera La Palma – Conchán	55
Figura 22	Ubicación del Distrito Conchán.....	56
Figura 23	Km 8+000 a 9+000, carretera La Palma – Conchán.....	57
Figura 24	Ubicación de la Planta Procesadora de Cal	60
Figura 25	Planta Procesadora de Cal, El Progreso.....	60
Figura 26	Residuos de Cal de la Planta Procesadora de Cal, El Progreso	61
Figura 27	Ensayo de Granulometría a los Residuos de Cal	61
Figura 28	Curva de Gradación, de los Residuos de Cal.....	63
Figura 29	Calicatas, km 8 al 9 de la carretera La Palma – Conchán.....	63
Figura 30	Estación de Conteo Vehicular La Palma	65
Figura 31	Composición del Tráfico Vehicular, Estación La Palma.....	66
Figura 32	Clasificación de Vehículos, Estación La Palma	66
Figura 33	Programa para el Diseño de Pavimentos	67
Figura 34	Curva Granulométrica del Suelo.....	70

Figura 35	Clasificación AASHTO del Suelo	70
Figura 36	Clasificación SUCS del Suelo	71
Figura 37	Curva de Fluidez del suelo con Residuos de Cal, Calicata 1	72
Figura 38	Curva de Fluidez del suelo con Residuos de Cal, Calicata 2	73
Figura 39	Curva de Fluidez del suelo con Residuos de Cal, Calicata 3	74
Figura 40	Curva de Compactación, del suelo con Residuos de Cal, Calicata 1	75
Figura 41	Curva CBR, del suelo con Residuos de Cal, Calicata 1	76
Figura 42	Curva de Compactación, del suelo con Residuos de Cal, Calicata 2	77
Figura 43	Curva CBR, del suelo con Residuos de Cal, Calicata 2	78
Figura 44	Curva de Compactación, del suelo con Residuos de Cal, Calicata 3	79
Figura 45	Curva CBR, del suelo con Residuos de Cal, Calicata 3	80
Figura 46	Límites de Consistencia, del suelo con Residuos de Cal, Calicata 1	81
Figura 47	Compactación del Suelo con Residuos de Cal, Calicata 1	82
Figura 48	CBR, del suelo con Residuos de Cal, Calicata 1	82
Figura 49	Límites de Consistencia, del Suelo con Residuos de Cal, Calicata 2	84
Figura 50	Compactación del Suelo con Residuos de Cal, Calicata 2	84
Figura 51	CBR, del suelo con Residuos de Cal, Calicata 2	85
Figura 52	Límites de Consistencia, del suelo con Residuos de Cal, Calicata 3	86
Figura 53	Compactación del Suelo con Residuos de Cal, Calicata 3	87
Figura 54	CBR, del suelo con Residuos de Cal, Calicata 3	87
Figura 55	IMDA (veh/día) según Tipo de Vehículo	89
Figura 56	Espesor de la Capa de Afirmado en el Suelo con Residuos de Cal	90

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar la incidencia del uso de residuos del proceso de producción de cal en el mejoramiento del CBR de suelos arcillosos de la subrasante de carreteras de la provincia de Chota: Caso Km 8+000 al Km 9+000 de la carretera La Palma – Conchán, según los lineamientos del (MTC, 2014). Tuvo como muestra el suelo de tres calicatas distribuidas uniformemente del Km 8+000 al Km 9+000 de la carretera La Palma – Conchán, al que se le adicionó 0%, 3%, 6%, 9% y 12% de cal respecto al peso del suelo. La calicata 1 y 3 (ubicadas en los extremos del km) se clasifican como arcillas de alta plasticidad, dentro del grupo A-7-5, con CBR al 95% de MDS de 1.25 y 1.20%, mientras que, la calicata 2 (ubicada en el centro del km) se clasifica como arena limosa, dentro del grupo A-2-7 (4), con CBR al 95% de MDS de 4.32%. Al utilizar mayor porcentaje de residuos de cal, el límite plástico se incrementa, mientras que, el límite líquido e índice de plasticidad disminuyen; la máxima densidad seca disminuye, pero el óptimo contenido de humedad aumenta, además, a mayor porcentaje de residuos de cal, el CBR al 100% de MDS del suelo tiene un incremento continuo, en cambio el CBR al 95% de MDS, logra un incremento solamente hasta el porcentaje de 9% de residuos de cal, y luego tiende a disminuir. El CBR al 95% de MDS de la calicata 1 al adicionar 0%, 3%, 6%, 9% y 12% de residuos de cal, es 1.25%, 3.7%, 8%, 19%, y 34.5%; de la calicata 2, es 4.32%, 15%, 23%, 23.5%, y 20%, y de la calicata 3 es 1.2%, 6%, 8.5%, 31% y 25%, respectivamente. Se concluye que, el porcentaje más adecuado técnicamente para estabilizar el suelo de la carretera La Palma - Conchán es 9% de residuos de cal.

Palabras clave: residuos del proceso de producción de cal, CBR, suelos arcillosos.

ABSTRACT

The objective of the research was to determine the incidence of the use of residues from the lime production process in the improvement of the CBR of clayey soils of the subgrade of roads in the province of Chota: Case Km 8+000 to Km 9+000 of the La Palma - Conchán road, according to the guidelines of the (MTC, 2014). It had as a sample the soil from three uniformly distributed calicatas from Km 8+000 to Km 9+000 of the La Palma - Conchán road, to which 0%, 3%, 6%, 9% and 12% of lime was added with respect to the weight of the soil. Test pits 1 and 3 (located at the ends of the km) are classified as high plasticity clays, within group A-7-5, with CBR at 95% of MDS of 1.25 and 1.20%, while test pit 2 (located in the center of the km) is classified as silty sand, within group A-2-7 (4), with CBR at 95% of MDS of 4.32%. When using a higher percentage of lime residues, the plastic limit increases, while the liquid limit and plasticity index decrease; the maximum dry density decreases, but the optimum moisture content increases; in addition, the higher the percentage of lime residues, the CBR at 100% MDS of the soil has a continuous increase, while the CBR at 95% MDS increases only up to the percentage of 9% lime residues, and then tends to decrease. The CBR at 95% MDS of test pit 1 with the addition of 0%, 3%, 6%, 9% and 12% lime residues is 1.25%, 3.7%, 8%, 19%, and 34.5%; of test pit 2, it is 4.32%, 15%, 23%, 23%, 23.5%, and 20%, and of test pit 3 it is 1.2%, 6%, 8.5%, 31% and 25%, respectively. It is concluded that the most technically adequate percentage to stabilize the soil of the La Palma - Conchán road is 9% of lime residues.

Key words: lime production process residues, CBR, clayey soils.

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La arcilla se compone de partículas, como, mica, arcilla y minerales finos (Hastuty y Rahman., 2019), que, en contacto con el agua, tienden a hincharse (Khazaei y Moayedi., 2019), lo que genera inestabilidad a largo plazo, para estructuras, como: carreteras, terraplenes, edificios o cualquier otra estructura, cuya solidez dependa de los suelos subyacentes (Akpila y Jaja, 2019).

En carreteras, para medir la capacidad de carga del suelo se utiliza la relación de rodamiento de California, CBR (Kumari y Kumar., 2019), no obstante, si la subrasante de una carretera se encuentra en forma de arcilla probablemente tendrá un CBR bajo, por tanto, experimentará daños en su construcción (Hastuty y Rahman, 2019), siendo así, en estos casos, se deben mejorar las características del suelo, por medio de la estabilización (Hasriana, et al., 2018).

Los procesos de estabilización, mejoran la resistencia del suelo, rigidez y reducen la plasticidad y el potencial de hinchamiento (Firoozi et al., 2017). El tratamiento con cal, es una técnica conocida y ampliamente utilizada para la mayoría de los tipos de suelo, que se encuentran en una subrasante (Haas y Ritter, 2019). La arcilla puede mezclarse con gránulos de limo, arena y materia orgánica (Hastuty y Rahman, 2019), sin embargo, según Mohd et al. (2017), es posible utilizar la cal con éxito en la estabilización de suelos arcillosos, pero requiere un análisis de la eficacia del tratamiento, debido al cambio de la gradación y plasticidad de las arcillas, más aún si en vez de utilizar la cal se pretende utilizar los residuos del proceso de producción de este componente estabilizador.

En el país, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2014) en el manual de suelos y pavimentos, argumenta que el suelo de una subrasante necesita ser estabilizada, cuando su CBR es menor a 6%, así mismo, considera el uso de la cal como agente estabilizante de suelos altamente arcillosos, no obstante, en el presente estudio se ha considerado pertinente el uso de los residuos de cal, debido a la amplia oferta-demanda de cal, en la región cajamarquina, según Chávez et al. (2018) el 40% de la demanda es cubierta por los productores artesanales de la región, no obstante, los mismos, también producen alrededor de 1 Tn/diaria de desperdicios. La planta procesadora de cal “El Progreso” del distrito de Bambamarca, Cajamarca, es una de las empresas con mayor producción diaria, pero también, tiene gran cantidad de residuos de cal, que son descartados durante la producción por la premura de los procesos, y la exigencia de su demanda, no obstante, estos residuos podrían ser utilizados, como agentes estabilizantes, debido a que en la actualidad se busca la sustentabilidad de la construcción, por medio de la reutilización y reciclaje de productos considerados desechos.

Según la Municipalidad Provincial de Chota (MPCH, 2018), los suelos de Chota y alrededores, por debajo de los 40 cm, generalmente, son suelos arcillosos con alta plasticidad y contracción, drenajes imperfectos, de fácil erosión hídrica, perjudiciales para proyectos viales o de edificaciones. La Municipalidad Distrital de Conchán (MDC, 2017) en el año 2017, solicitó un estudio de mecánica de suelos de la carretera La Palma – Conchán – La Legua, al laboratorio A&C (Ver anexo), verificando que el suelo del Km 8+000 al Km 9+000 era arcilla de alta plasticidad, con CBR menor a 6%, por lo que recomendaban la estabilización de todos los tramos con baja capacidad de soporte. Al año 2022, aún no se ha realizado el mejoramiento de la superficie de rodadura de la carretera La Palma –

Conchán, ni se ha planteado el estudio de mecánica de suelos para verificar el tipo de aditivo que logre la estabilización de la subrasante, mejorando el CBR del suelo, siendo así, se tuvo por objeto determinar la incidencia del uso de residuos del proceso de producción de cal en el mejoramiento del CBR de suelos arcillosos de la subrasante de carreteras de la provincia de Chota: Caso Km 8+000 al Km 9+000 de la carretera La Palma – Conchán, según los lineamientos del manual de suelos y pavimentos (MTC, 2014).

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la incidencia del uso de residuos del proceso de producción de cal en el mejoramiento del CBR de suelos arcillosos de la subrasante de carreteras de la provincia de Chota: Caso Km 8+000 al Km 9+000 de la carretera La Palma – Conchán?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características físico-mecánicas del suelo natural del Km 8+000 al Km 9+000 de la carretera La Palma – Conchán?
- ¿Cuál es la incidencia del uso de residuos de cal, al 0, 3, 6, 9 y 12% respecto al peso, en las características físicas de la subrasante del Km 8+000 al Km 9+000 de la carretera La Palma – Conchán?
- ¿Cuál es la incidencia del uso de residuos de cal, al 0, 3, 6, 9 y 12% respecto al peso, en las características mecánicas de la subrasante del Km 8+000 al Km 9+000 de la carretera La Palma – Conchán?

1.3. Justificación

La superficie de rodadura de muchas de las carreteras de Chota, están en mal estado (Fernández y Ticlla, 2020), producto de suelos arcillosos con baja

capacidad de soporte, drenaje imperfecto y fácil erosión hídrica, sumado al aumento del tránsito vehicular y las condiciones climáticas (MPCH, 2018), tal como, la carretera La Palma – Conchán, que según la Municipalidad distrital de Conchán (MDC, 2017), del Km 8+000 al Km 9+000, tiene suelos arcillosos de alta plasticidad, con CBR menor a 6%, siendo así, según los lineamientos del MTC (2014), la subrasante de dicha vía, debería pasar por un proceso de estabilización física, mecánica o química. Entre los métodos químicos, más conocidos está el uso de cal, sin embargo, la industria de producción de cal, en la región, tiene gran cantidad de desperdicios a pesar de su amplia demanda (Chávez et al., 2018), por lo que, basándose en la sustentabilidad en la industria de la construcción, es posible utilizar los residuos de cal para el mejoramiento del CBR de suelos arcillosos, tal como, Anupam et al. (2013) y Sharma y Hymavathi (2016) demostraron en otras localidades; no obstante, al ser residuos incidirán en las características del suelo, por lo que, era necesario plantear un estudio que verificase su posibilidad de uso en la estabilización de suelos arcillosos de Chota.

1.4. Delimitación de la investigación

En la carretera La Palma – Conchán, del Km 8+000 al Km 9+000, enmarcada dentro de la jurisdicción del distrito de Conchán, provincia de Chota. Se excavaron tres (3) calicatas, ubicadas respectivamente, en el Km 8+000, Km 8+500 y Km 9+000, para determinar las características del suelo en su estado natural, y con la adición de 3, 6, 9, y 12% de residuos de cal, respecto al peso del suelo seco. Los residuos de cal, se obtuvieron de la planta procesadora de cal El Progreso del distrito de Bambamarca, Hualgayoc, ubicada a una (1) hora de la ciudad de Chota. Para la elaboración de los especímenes de ensayo a CBR, previamente se determinó la gradación y humedad de la cal, y del suelo mezclado

con la cal en sus diferentes dosificaciones (0, 3, 6, 9 y 12% respecto al peso). Con el ensayo de CBR se determinó la capacidad de soporte del suelo, y se ha definido la dosificación que logra que el suelo mejore notablemente sus diferentes propiedades físicas y mecánicas. Así mismo, para darle un valor agregado al estudio se ha determinado el espesor de la capa de afirmado, con y sin el mejoramiento previo del CBR utilizando residuos de cal, para ello, se ha realizado el conteo vehicular por 7 días en la estación La Palma.

1.5. Limitaciones

A pesar que, el estudio buscaba que, los residuos de cal pudiesen ser utilizados en el mejoramiento del CBR de suelos arcillosos de toda la provincia de Chota, solo se puede aplicar a aquellos que tengan similares características de gradación, humedad y plasticidad, considerando la amplia complejidad y variabilidad de la estructura de las arcillas, no obstante, la información que se ha determinado sirve para la estabilización de la subrasante de la carretera La Palma – Conchán, Km 8+000 al Km 9+000.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Determinar la incidencia del uso de residuos del proceso de producción de cal en el mejoramiento del CBR de suelos arcillosos de la subrasante de carreteras de la provincia de Chota: Caso Km 8+000 al Km 9+000 de la carretera La Palma – Conchán, según los lineamientos del manual de suelos y pavimentos (MTC, 2014).

1.6.2. Objetivos específicos

- Determinar las características físico-mecánicas del suelo natural del Km 8+000 al Km 9+000 de la carretera La Palma – Conchán.

- Determinar la incidencia del uso de residuos de cal, al 0, 3, 6, 9 y 12% respecto al peso, en las características físicas de la subrasante del Km 8+000 al Km 9+000 de la carretera La Palma – Conchán.
- Determinar la incidencia del uso de residuos de cal, al 0, 3, 6, 9 y 12% respecto al peso, en las características mecánicas de la subrasante del Km 8+000 al Km 9+000 de la carretera La Palma – Conchán.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Etim et al. (2022) en su artículo científico “Evaluation of lateritic soil stabilized with lime and periwinkle shell ash (PSA) admixture bound for sustainable road materials” evaluaron los suelos lateríticos estabilizados con cal al 0 a 8% y ceniza de concha de bígara al 0 a 10% (cada uno con incrementos del 2%), por peso del suelo seco, destinados a materiales de carreteras sostenibles. Determinaron que hubo una disminución en los límites de consistencia a medida que se aumentaban los estabilizadores, también disminuyó la máxima densidad seca con el aumento del contenido de humedad óptimo, el suelo sin tratar con CBR de 4.3 y 11.5%, alcanzó un máximo de 79.3 y 91.2% con 8% de cal y 8% de ceniza de concha de bígara. Concluyeron que la adición de cal y cenizas de concha podría tener beneficios económicos para mejorar los suelos marginales.

Chamberlin y Rao (2021) en su investigación “Influence of Lime for Enhancing Characteristics of Expansive Soils in Road Works” determinaron la influencia de la cal (0, 2, 4, 6, 8 y 10%) para mejorar las características de los suelos expansivos en obras viales, con el óptimo contenido de humedad (OCH) más 0, 2 y 5% de agua. Determinaron que, el agente de estabilización disminuye la plasticidad y mejora las características de resistencia. La adición de cal hace que el suelo se vuelva no plástico, no se hinche y alcanza valores de CBR superiores al 25 % para una dosis de 10 % de cal en OCH, así mismo, el CBR con OCH más 2 y 5% de agua no difiere mucho. Concluyeron que, los suelos tratados

se pueden utilizar como capa de subrasante en el desarrollo de pavimentos asfálticos adaptables para carreteras.

Onah et al. (2022) en su investigación “Feasibility of lime and biopolymer treatment for soft clay improvement: a comparative and complementary approach” determinaron la viabilidad del tratamiento con cal (3, 5, 7 y 9%) y biopolímeros (0.6, 1, 1.4 y 1.8%) para la mejora de arcillas blandas. Con cal el índice de plasticidad disminuye de 25.8, 19.6, 19.7, 17.9 y 6.6% con 0, 3, 5, 7 y 9% de cal. Determinaron que el uso de cal – biopolímeros mejora el CBR, pero la estabilización solo con cal, también mejora la resistencia a la pérdida de fuerza. Concluyeron que, el contenido de aditivo óptimo para la mejora de la resistencia se alcanza con 3% de cal + 0.3% de biopolímeros, con CBR de 32%.

Teddy et al. (2021) en su disertación “Blending Lime with Sugarcane Bagasse Ash for Stabilizing Expansive Clay Soils in Subgrade” sustituyeron el 5% de cal por cal con cenizas (2, 4, 6, 8 y 10%) con ceniza de bagazo de caña de azúcar (0.1, 0.2, 0.3, 0.4 y 0.5%) para estabilizar suelos arcillosos expansivos en la subrasante. Determinaron que al adicionar cal se reduce el índice de plasticidad, así mismo, la máxima densidad seca de 1.87 a 1.58 g/cm³, el CBR aumento de 12% para suelo no estabilizado hasta 48% con la sustitución del 6% de cal con bagazo de caña de azúcar. La sustitución óptima de cal se estableció en un 6% de sustitución de cal SCBA en base a los criterios del CBR.

Soni y Varshney (2021) como parte de su artículo científico “Enhancing the California Bearing Ratio (CBR) Value of Clayey-Sand Type of Soil in Mathura Region” mejoraron el CBR del suelo arcillo-arenoso en la región de Mathura. Determinaron que, el suelo natural tenía CBR de 5.83%, pero después de usar cal, fibra de yute y pavimento de asfalto recuperado, el valor CBR ha

mejorado significativamente y alcanza 8.71, 8.02 y 8.27%, respectivamente. Concluyeron que, el CBR del suelo puede mejorarse utilizando materiales sostenibles, fácilmente disponibles.

Dhar y Hussain (2019a) en su artículo científico “Experimental Investigation on Strength and Bearing Capacity Improvement of a High Plasticity Clayey Subgrade Soil Using Lime” estudiaron la mejora de la resistencia y la capacidad portante de un suelo de subrasante arcilloso de alta plasticidad utilizando cal, al 3, 5, 7 y 9%, determinando que el CBR del suelo mejora considerablemente después de la enmienda con cal, no obstante, la mejora se alcanza hasta un límite de 7% de cal, más allá disminuye la rigidez.

Dhar y Hussain (2019b) en su investigación “The strength and microstructural behavior of lime stabilized subgrade soil in road construction” determinaron la resistencia y el comportamiento microestructural del suelo de subrasante estabilizado con cal al 3, 5, 7 y 9% para la construcción de carreteras. Concluyeron que, los valores de CBR del suelo tratado con la cal óptima cumplen con los requisitos de materiales de base para caminos rurales de bajo tráfico, por lo que reducen el espesor total del pavimento y el costo de construcción.

Mesfun et al. (2019) en su investigación “Experimental study of stabilized expansive soil using pumice mixed with lime for subgrade road construction” utilizaron piedra pómez mezclada con cal para estabilizar el suelo expansivo, y poder utilizarlo como subrasante de las carreteras. Determinaron que, al aumentar el contenido de cal, la resistencia CBR aumentaba. Pero, si el porcentaje contenido de cal disminuía al aumentar el contenido de piedra pómez, el valor CBR no mostraba ningún aumento significativo. Tanto las propiedades químicas como las físicas cumplían los requisitos según la norma ASTM C-618. Por lo tanto, este

experimento obtuvo 7% de cal + 3% de piedra pómez como una proporción óptima de mezcla para estabilizar suelos expansivos.

Young et al. (2019) en su artículo científico “Towards innovative design and construction standards for lime stabilised subgrades” determinaron como influyen los materiales estabilizados con cal, en Malasia, en el diseño del espesor y los parámetros de diseño de mezcla de carreteras. Concluyeron que, al estabilizar el suelo con cal, se reduce el grosor del pavimento, los costes y el tiempo de construcción del pavimento, además de que se reduce el riesgo de fallo prematuro.

Goud et al. (2018) en su estudio “Expansive soil stabilization with coir waste and lime for flexible pavement subgrade” estabilizaron los suelos expansivos, con residuos de coco (1, 2 y 3%) y cal (2, 3 y 4%) para subrasante de pavimento flexible, determinando que la adición de cal al suelo expansivo reduce el índice de hinchamiento y hace que el suelo sea apto para uso en la subrasante. El efecto combinado de la inclusión de cal y médula de coco en el suelo provoca un aumento significativo del CBR del 1.04% al 9%. Concluyeron que, después de la modificación con cal y médula de coco, el suelo puede utilizarse como subrasante para carreteras con un CBR mejorado de más del 8%.

Mohammed (2018) en su investigación “Effect of adding polyacrylamide polymer with lime and cement kiln dust on the properties of expansive clayey soils” determinaron el efecto de la adición de poliacrilamida (1, 3 y 5%) con polvo de horno de cal y cemento (3% de cal y 8% de polvo de horno de cemento) sobre las propiedades de suelos arcillosos expansivos. Concluyeron que, el porcentaje óptimo que disminuye el hinchamiento del suelo en 94.5%, y aumenta el CBR de 5.45 a 27% es 3% de poliacrilamida, 8% de polvo de cemento y 5% de cal.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Angulo y Zavaleta (2021) utilizaron dosis de 2, 4 y 6% de cal hidratada y cal viva, en suelos de alta y baja plasticidad de la Prolongación Navarro Cauper – Iquitos, determinando que, para suelos de alta plasticidad, la cal hidratada no genera gran aumento del CBR, en cambio el uso de cal viva genera un incremento de hasta 88.91%, para una dosis de 6%, así mismo, para suelos de baja plasticidad la cal viva al 2%, genera un incremento de CBR de 97.50%.

Rios y Solano (2021) aplicaron proporciones de 0, 1, 3 y 5% de cal viva para mejorar el CBR del suelo arcilloso de la subrasante en el asentamiento humano Las Colinas – Loreto, obteniendo valores de 4.82, 11.20, 17.60, y 19.30%, respectivamente. Por lo que concluyeron, que, a mayor porcentaje de adición de cal, se logrará un mayor aumento de la capacidad de carga del suelo.

Vizcarra y Lujan (2021) utilizaron 3% de cal y ceniza de cáscara de arroz (CCA) para estabilizar el suelo arcillo arenoso, verificando que la adición de CCA no es positiva, debido a que si bien al ser estabilizado con cal logra un incremento del CBR este empieza a decaer al adicionar CCA a la mezcla suelo – cal. Concluyeron que, la mezcla más adecuada es 3% de cal y 16% de ceniza, con el que se alcanza un CBR de 51.3%.

Landa y Torres (2019) utilizaron combinaciones de ceniza de bagazo de caña de azúcar: cal, en proporciones de 100-0%, 75-25%, 50-50%, y 0-100%, para completar proporciones globales de 5, 15 y 25% respecto al peso seco del suelo, a fin de estabilizar la subrasante de suelo arcilloso. Concluyeron que, para el contenido global de 5%, con la combinación de 50-50%, se alcanza un CBR de 7.8%, que es mayor al CBR del suelo natural (3.7%), así mismo, la estabilización del suelo arcilloso con cal al 5, 15 y 25%, logra un CBR de 7.5, 7.8 y 8.2%.

Almonacid (2019) utilizó 5% de cal, 20% de ceniza de quinua y mezclas de cal con ceniza (7/15%) en suelos de la subrasante de una vía de Huancavelica, determinando que el CBR alcanza incrementos de 70.9%, 87.7% y 77.6%.

2.1.3. Antecedentes regionales

Pérez y Troyes (2021) utilizaron estabilizador iónico en 0.30 l/m³, con 3, 4, 5 y 6% de cal, para mejorar el suelo de la prolongación de la Av. Agricultura, de Chota. El suelo limo-arcilloso, con CBR de 4.5%, logra un aumento, al adicionar el estabilizador con 4% de cal, alcanzando un CBR de 12.13%.

Mendoza (2021) realizó una revisión bibliográfica de los estabilizadores utilizados para mejorar el CBR del suelo de subrasantes, Cajamarca, determinado que la cal es uno de los principales compuestos utilizados en el mejoramiento del CBR, de 6.90% hasta 109.80% para un suelo arcilloso.

Fustamante (2021) determinó el CBR del suelo al adicionarle fibras PET de 2.00 mm, al 0, 5, 10, 15 y 25% en la calle camino real de Chota, alcanzando valores al 100% de MDS de 5.20, 7, 9, 9.6 y 8.50%, respectivamente. Por lo que concluyó que, la capacidad de carga del suelo aumenta con 15% de PET triturado.

Caruajulca (2018) utilizó 1, 2 y 3% de cloruro de sodio para estabilizar la subrasante del Cruce El Porongo – Aeropuerto Cajamarca, aumentando el CBR de la muestra control en 11%.

Jara (2014) utilizó cal al 0, 2, 4, y 6% para estabilizar suelos arcillosos de subrasantes, determinando que la cal disminuye la plasticidad hasta 9.26% para 6% de cal, así mismo, el CBR del suelo con 4% de cal, asciende a 11.48%.

Velásquez (2018) utilizó 1, 3 y 5% de cemento respecto al peso seco del suelo, disminuyendo su plasticidad de 44 a 15%, y aumentando el CBR de 1.30 a 13.75% al 95% de la MDS, con una adición de 4% de cemento.

2.2. Bases teórico – científicas

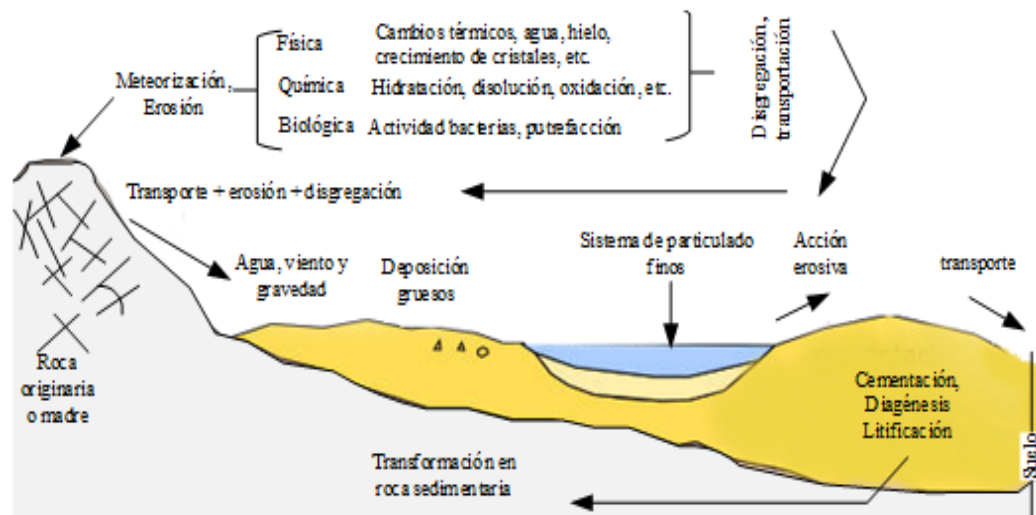
2.2.1. Teoría de suelos en vías terrestres

2.2.1.1. Origen de los suelos

Según Rico y Del Castillo (2017), los suelos son minerales desintegrados de rocas, pueden ser residuales, cuando permanecen en el lugar donde se originaron, o transportados, cuando son trasladados por el viento, agua o gravedad a otro lugar. En vías terrestres los suelos transportados aparecen con particular frecuencia.

Figura 1

Origen del Suelo



Nota: (Fernández, 2022, p. 37).

2.2.1.2. Compresibilidad y expansión

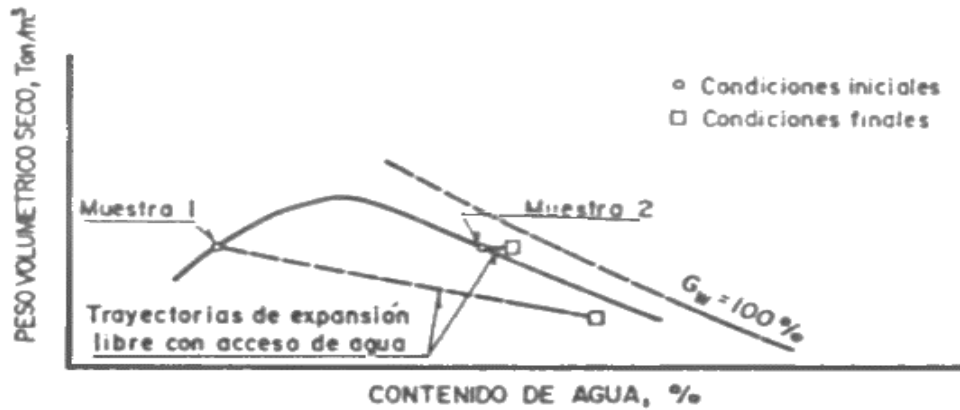
Dos son los componentes de deformación a nivel estructural en un suelo arcilloso.

(1) la variación constante entre las distancias de las partículas, y (2) la reducción de las distancias de las partículas sin modificar su orientación. Si se compactan dos muestras de un suelo arcilloso con los mismos métodos y energías y al mismo peso volumétrico seco, pero en un caso empleando una humedad menor a la óptima y en el otro mayor, se obtiene un comportamiento en procesos de carga en que se mide la deformación volumétrica por compresibilidad y expansión. La expansión depende del método de compactación, es mayor cuando se usan

métodos estáticos, que cuando se compacta por amasado, diferencia que aumenta, a mayor energía de compactación y peso volumétrico (Rico y Del Castillo, 2017).

Figura 2

Condiciones de Compactación y Trayectorias de Expansión Libre



Nota: (Rico y Del Castillo, 2017, p. 212).

2.2.1.3. Valor relativo de soporte

Según Rico y Del Castillo (2017), el valor relativo de soporte, se utiliza para el control de calidad en vías terrestres; para los especímenes que se prueban después de la saturación se obtiene una curva de compactación, debido a la absorción de agua y expansión que sufre el espécimen durante la saturación. Siendo así, es por ello que, se busca mediante la compactación la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad para determinar el CBR del suelo en carreteras.

2.2.1.4. Efectos del tiempo

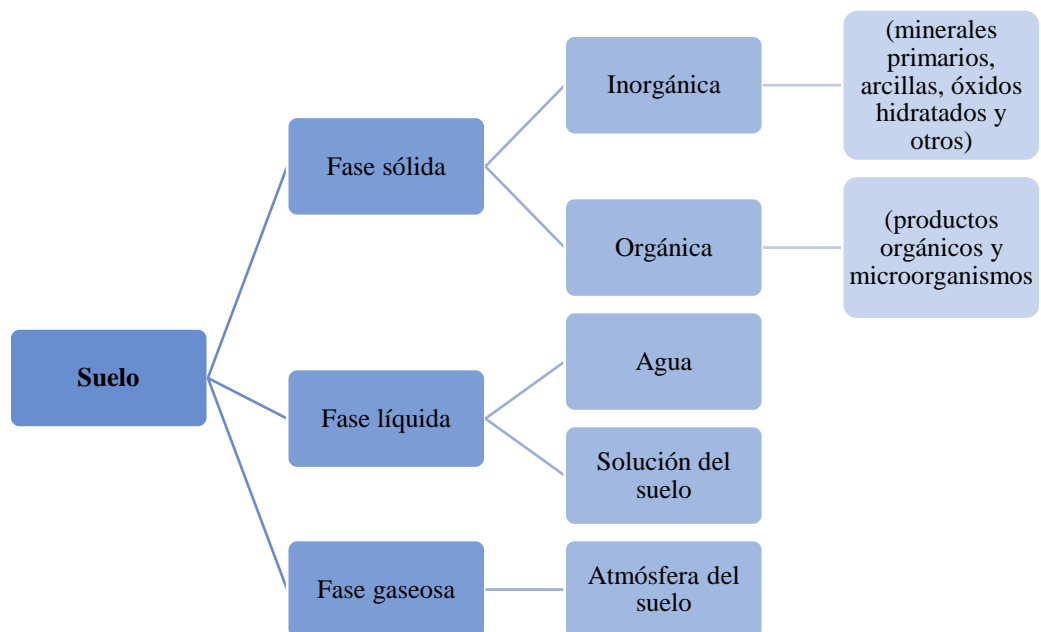
Según Rico y Del Castillo (2017), el paso del tiempo afecta de manera significativa a la resistencia de las arcillas compactadas. Una arcilla limosa se probó hasta la falla en compresión simple, con velocidades de aplicación de carga, de 5 min a 10 días, en dos series de pruebas, en un caso realizadas inmediatamente después de la compactación y en el otro con un período de almacenamiento de 18 días a humedad y peso volumétrico constantes. La resistencia fue el esfuerzo desviador requerido para causar al espécimen una deformación unitaria de 10%.

2.2.1.5. Composición química – mineralógica del suelo según fases

La composición química del suelo depende de las fases del suelo (Fig. 3). La fase sólida es la que posee mayor estabilidad y se usa para caracterizar el suelo, puede tener componentes orgánicos e inorgánicos (Fig. 4), pero también se pueden encontrar complejos organoalofánicos (Besoain, 1985). Mientras que, las fases gaseosas y líquidas pueden experimentar grandes fluctuaciones y no constituyen un parámetro de caracterización física mecánica, pero químicamente tienen minerales. La solución del suelo contiene una serie de cationes, aniones, y moléculas inorgánicas, orgánicas u organometálicas que, varían según las condiciones del ambiente (Tabla 1); así mismo, los componentes del aire en el suelo son los mismos que del aire en la atmósfera: nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono, vapor de agua y gases inertes mismos que varían según tipo y profundidad del suelo, Fig. 5 (Fassbender y Bornemisza, 1987).

Figura 3

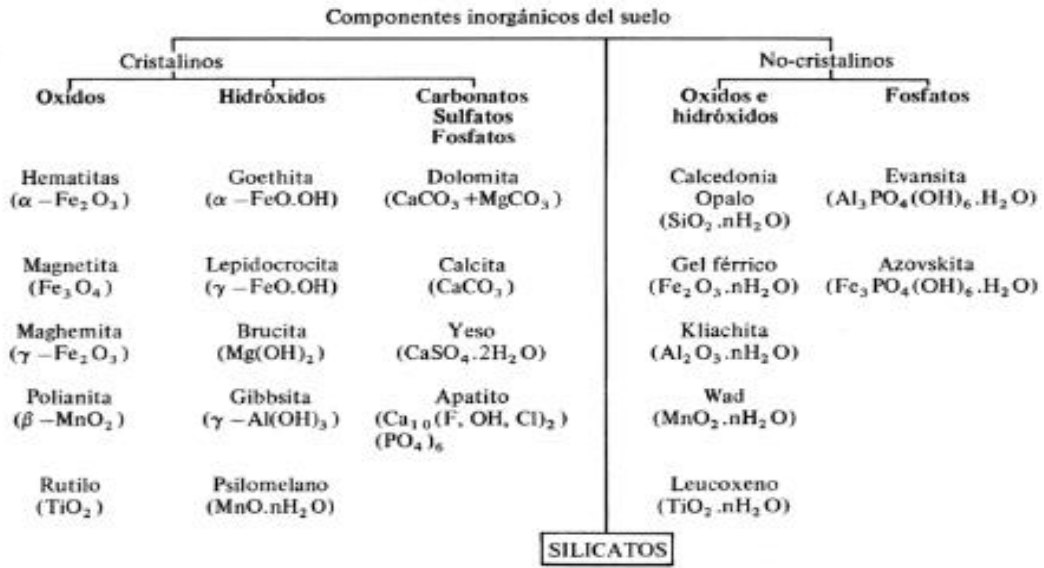
Composición del Suelo según sus Fases



Nota: (Besoain, 1985).

Figura 4

Componentes Inorgánicos del Suelo



Nota: (Besoain, 1985).

Tabla 1

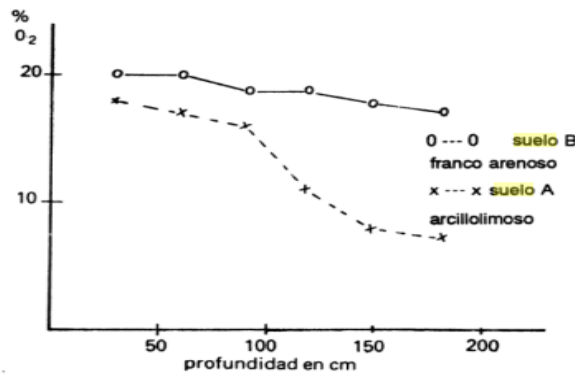
Concentración de la Solución de Diferentes Suelos

Elemento	Ámbito conocido	Suelo ácido típico	Suelo calcáreo	Andosoles	Promedio fluviales
Ca	0.05-3.8	0.34	1.4	0.027	0.002
Mg	0.07-10	0.19	0.7	0.033	0.001
K	0.02-1	0.07	0.1	0.050	0.003
Na	0.04-15	0.01	2.9	Nd	Nd
N	0.016-5.5	1.2	1.3	Nd	Nd
P	0.0001-0.1	0.0007	0.003	0.0002	0.0001
S	0.001-13	0.05	2.4	Nd	Nd
Cl	0.02-23	0.11	2	Nd	Nd

Nota: (Fassbender y Bornemisza, 1987).

Figura 5

Contenido de O₂ en el Suelo a Diferentes Profundidades



Nota: (Según datos de Boynton y Reuther, 1938, citado por Fassbender y Bornemisza, 1987).

2.2.1.6. Composición química de las arcillas

La arcilla no es una sustancia única, es una fracción heterogénea construida por aluminosilicatos cristalinos o amorfos definidos como minerales propios de arcilla y minerales no arcillosos o acompañantes incluyendo silicatos, óxidos, geles y otros. La proporción de los minerales en una arcilla varía con el tamaño de gránulo, es decir, hay tendencia a que se encuentren algunos minerales entre límites de determinado tamaño. Así, el cuarzo, y más aún el feldespato, se acumulan preferentemente en la fracción gruesa de arcilla (0.2 a 2 u), por lo contrario, los minerales propios de la arcilla son más abundantes en las fracciones más finas, por lo general bajo tamaños de 0.2 u, existen sólo minerales de arcilla y algunos óxidos. Si la arcilla contiene varios componentes incluyendo minerales amorfos o interestratificados la interpretación se hace difícil y debe complementarse con otros análisis como microscopía electrónica, difracción de electrones, disolución selectiva u otros (Besoain, 1985).

2.2.2. Teoría de la estabilización química de suelos arcillosos con cal

El tratamiento del suelo consiste en mejorar la resistencia, las propiedades de rigidez de los cimientos de las carreteras y reducir el potencial de expansión del suelo (Maaitah, 2012). La composición típica de la cal, tal como, dióxido de silicio (SiO_2), óxido de calcio (CaO) y (CaO) y óxido de alúmina (Al_2O_3) es el responsable de su eficacia en la estabilización de suelos (Adyanju y Okeke, 2019), siendo así, el suelo arcilloso se puede estabilizar mediante la adición de cal, mejorando así muchas de las propiedades de ingeniería y produciendo un material de construcción mejorado (Bell, 1996). Los suelos arcillosos montmorilloníticos responden más rápidamente al tratamiento con cal que, aquellos con caolinita como mineral arcilloso dominante. Cuando se agrega cal a los suelos arcillosos,

los iones de calcio se combinan inicialmente con los minerales arcillosos o son absorbidos por ellos, lo que conduce a una mejora en la trabajabilidad del suelo, es decir, a un aumento en el límite plástico de la arcilla y, en general, a una disminución en su límite líquido. El aditivo de cal óptimo para aumentar al máximo el límite plástico del suelo se denomina punto de fijación de cal. La cal añadida por encima del punto de fijación se utiliza en el proceso de cementación y da lugar a un aumento de la resistencia del suelo. El aumento inicial de la resistencia se ha atribuido a la formación de productos de reacción mal ordenados que rodean los materiales arcillosos. Sin embargo, el desarrollo de la resistencia a largo plazo parece deberse a la cristalización gradual de nuevos minerales ordenados estructuralmente a partir de los productos de reacción desordenados iniciales. Los usos principales de las adiciones de cal a suelos arcillosos son, en primer lugar, para la estabilización de subbases y subrasantes en la construcción de pavimentos y, en segundo lugar, para secar suelos húmedos (Bell, 1988).

2.2.3. Influencia de la estabilización con cal en el medio ambiente

2.2.3.1. Teoría del desarrollo sostenible

La teoría del desarrollo sostenible desde 1994 busca dar solución al problema de la sostenibilidad, que en la actualidad va más allá de no deteriorar el ambiente que, heredarán las futuras generaciones, sino busca recuperar lo que ya se ha deteriorado por acción humana (Henaó, 2013). De allí ha surgido la teoría de las tres dimensiones del desarrollo sostenible, teoría que involucra el aspecto social, económico y ambiental para generar propuestas técnico – sociales de bajo costo, que tengan aporte ambiental para garantizar la economía circular (Ataraz, 2002). En el estudio se ha utilizado residuos del proceso de cal (aporte ambiental), mismos que, tienen un menor costo que, la cal (económico) pero permiten

estabilizar en igual magnitud el suelo de la capa de rodadura de carreteras no pavimentadas, para garantizar la transitabilidad vehicular (social), por tanto, cumple con la teoría de las tres dimensiones de desarrollo sostenible.

2.2.3.2. Teoría de las 3R a las 10R

La teoría de las 3R se basa en tres principios, reducir, reutilizar y reciclar; reducir el consumo de energía y recursos no renovable, así como, también reducir el uso de elementos contaminantes o productos que tardan en degradarse; reutilizar materiales que ya han sido utilizados, dándole otro fin; reciclar, recoger residuos para convertirlos en nuevos productos (Barrientos, 2021); pero en la actualidad se habla de 10 R que rigen el cuidado ambiental, tales como: reordenar, reformular, reducir, reutilizar, refabricar, reciclar, revalorizar energéticamente, rediseñar, recompensar y renovar. Reordenar los costos de producción agregando impactos ambientales a productores, distribuidores y consumidores; reformular, intensificar los estudios de factibilidad que permitan reformular productos de modo que incluyan atributos de reciclabilidad y biodegradabilidad; refabricar, buscar procesos de menor impacto; revalorizar energéticamente, darle un nuevo valor a productos que consumen energía o recursos no renovables; rediseñar, cambiar el diseño convencional de los productos, por diseños más eficientes ambientalmente; recompensar, dar valor a la innovación relacionada con acciones ambientales; y renovar, renovar las buenas prácticas para seguir manteniendo la sostenibilidad (Livia et al., 2007). En el caso del estudio se están recogiendo residuos del proceso de obtención de la cal, pero no para convertirlos en nuevos productos sino para aplicarlo en el mismo estado que han sido recogidos evitando así su desecho, por tanto, se ha aplicado la teoría de las 10R en los principios de reordenar, reformular,

reutilizar, refabricar, y revalorizar energéticamente, no obstante, para validar su uso se han hecho pruebas mecánicas al suelo estabilizado.

2.2.3.3. Prevención y protección de la contaminación al usar cal

En el contexto del deterioro rápido y continuo de la calidad del aire, el agua y la tierra, las estrategias de prevención de la contaminación se han convertido en un tema comercial crítico para el sector industrial en todo el mundo (Basu et al., 2019). La producción de cal puede generar emisión de contaminantes, tal como, el cemento, pero este componente se usa como material de prevención de la expansión de agentes contaminantes en algunas áreas; así mismo, tiene múltiples aplicaciones en la industria de la ingeniería civil, por ello, la solución idónea para la protección del medio ambiente es su uso sin desperdicio, es decir el proceso de producción de cal en planta, muchas veces genera desperdicios, cal que ya no es utilizada y que pasa a formar parte de los residuos, pero este componente puede ser reutilizado, para cumplir con la teoría de las 3R, previa verificación de sus propiedades y aplicabilidad para ciertos fines.

2.3. Maco conceptual

2.3.1. Cal – residuos de la producción de cal

2.3.1.1. Cal

Reactivo químico (Ayre, 2020), óxido de calcio que se obtiene de la calcinación de rocas calizas (Linares, 2009), de alto contenido de calcio y/o carbonato de magnesio y/o dolomita, junto a otros minerales (Laje y Lliguin, 2020).



En la ecuación 1, se muestra la fórmula química de la cal.

2.3.1.2. Tipos de cal

Según Laje y Lliguin (2020), la cal incluye seis composiciones químicas, producto de la calcinación e hidratación de la piedra, dando lugar a:



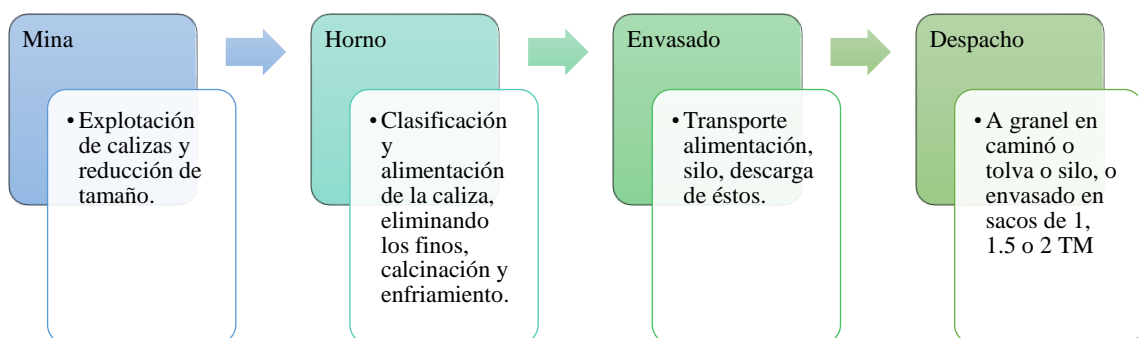
(2) Cal viva, (3) cal dolomítica, (4) óxido de magnesio, (5) cal hidratada, (6) Tipo N Hidrato dolomítico, (7) Tipo S hidrato dolomítico.

2.3.1.3. Proceso de fabricación de la cal

Su proceso de elaboración consiste, en hacer maleable un material que en su forma natural no lo es. Se inicia con la extracción de rocas calizas en las canteras, para posteriormente quemarlas, dando como resultado la cal viva. Ésta se mezcla con agua para obtener la cal apagada o hidratada y de esta forma darle el uso para el que esté destinada (Linares, 2009).

Figura 6

Operaciones Unitarias para Fabricar Cal Viva



Nota: (Ayre, 2020).

2.3.1.4. Cal viva

Formada principalmente por óxido de calcio u óxido de calcio enlazado con óxido de magnesio, es capaz de hidratarse con agua. Es un material higroscópico, que expande su tamaño en casi 2.5 veces, generando el rompimiento de partículas pequeñas en un tiempo que depende de la reactividad. Cuando más pequeño es la partícula del óxido de calcio, más rápida es la hidratación, obteniéndose un polvo que aumenta su finura de acuerdo a su tamaño inicial (Ayre, 2020).

2.3.1.5. Cal viva granulada

Según Ayre (2020), su granulometría de este producto queda en las mallas de 1” y 3/8”. Por tanto, el material pasante en ocasiones sirve para la elaboración de cal viva molida y en otras, es considerado residuo del proceso de producción de cal.

2.3.1.6. Residuos del proceso de producción de cal

El proceso de producción de la cal involucra la trituración de la caliza, lo cual deja como residuo polvo de caliza, luego de la calcinación de la caliza, se obtiene la cal, pero en su proceso de traslado se generan desperdicios, así mismo al tamizarlo por las mallas de 3/8”, el material que pasa se considera residuos, y es desechado, en la planta de procesamiento de cal de Bambamarca.

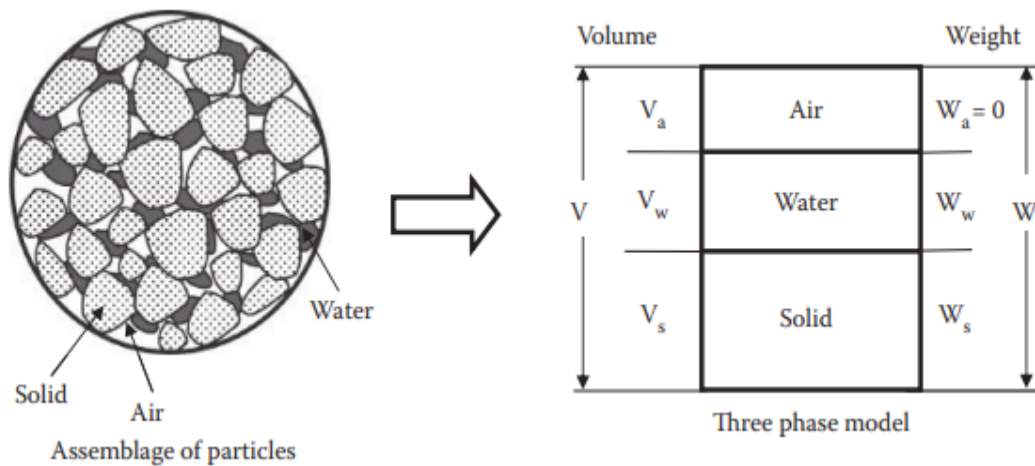
2.3.2. Suelo

Para Moreno-Maroto et al. (2021) el suelo, se define como el entorno (por ejemplo, medio de cultivo en agricultura), la materia prima (por ejemplo, en la industria cerámica) u el objeto de estudio en ingeniería geotécnica (por ejemplo, en mecánica de suelos); mientras que, Rico y Del Castillo (2017), define al suelo como el conjunto de minerales transportados y/o sedimentarios, que se han originado a partir de la desintegración de rocas. El suelo se caracteriza por un alto grado de complejidad debido a la interacción de fases sólida, líquida y gaseosa de

diferente naturaleza (Fig. 7), lo que hace difícil predecir su comportamiento sin un estudio previo, por lo que se utiliza diversos sistemas de clasificación en base a sus propiedades físicas, como gradación y plasticidad (Moreno-Maroto et al., 2021), mientras que sus propiedades mecánicas permiten conocer su resistencia, sobre todo, en carreteras, donde su construcción se realiza sobre suelo y de suelo (Rico y Del Castillo, 2017).

Figura 7

Diagrama de Fases del Suelo



Ensamblaje de partículas
Solid (sólido), air (aire), water (agua)

Modelo de tres fases
volume (volumen), weight (peso)

Nota: (Ishibashi y Hazarika, 2015).

2.3.3. Propiedades físicas del suelo

Granulometría. Tamaño de las partículas del suelo determinado por la abertura de un tamiz, o por sedimentación, cuando el material es más fino que 0.075 mm (Guerra, 2020).

$$\% RP = \frac{P.R.P}{W_{ms}} \tag{8}$$

En la ecuación 8, el porcentaje retenido en cada tamiz (%RP), es igual al cociente del porcentaje retenido parcial (P.R.P.) entre el peso del suelo (W_{ms}).

$$\%RA_1 = RP_1 \tag{9}$$

$$\%RA_2 = RP_1 + RP_2 \quad (10)$$

$$\%RA_n = RP_1 + RP_2 + \dots + RP_n \quad (11)$$

En la ecuación 9, 10 y 11, se muestra el porcentaje retenido acumulado (%RA) para cada tamiz (1, 2, ... n).

$$\% \text{ que pasa} = 100 - \%RA \quad (12)$$

En la ecuación 12, para determinar el porcentaje que pasa en cada tamiz, se resta el 100% de la muestra con el porcentaje retenido acumulado (%RA).

Contenido de humedad. Agua contenida en la masa del suelo (Guerra, 2020).

$$W(\%) = \frac{M_w}{M_s} * 100 \quad (13)$$

En la ecuación 13, la humedad (W%) es el cociente de la masa del agua (Mw) entre la masa seca (Ms). Donde, Mw, es igual a la resta de la masa húmeda (Mh) con la masa seca (Ms).

Límite líquido (LL). Humedad por la que el suelo se encuentra en estado plástico y líquido (Guerra, 2020).

Límite plástico (LP). Humedad por la que el suelo se encuentra en estado plástico y semisólido (Guerra, 2020).

$$\text{Índice de Plasticidad (IP)} = LL - LP \quad (14)$$

2.3.4. Clasificación del suelo

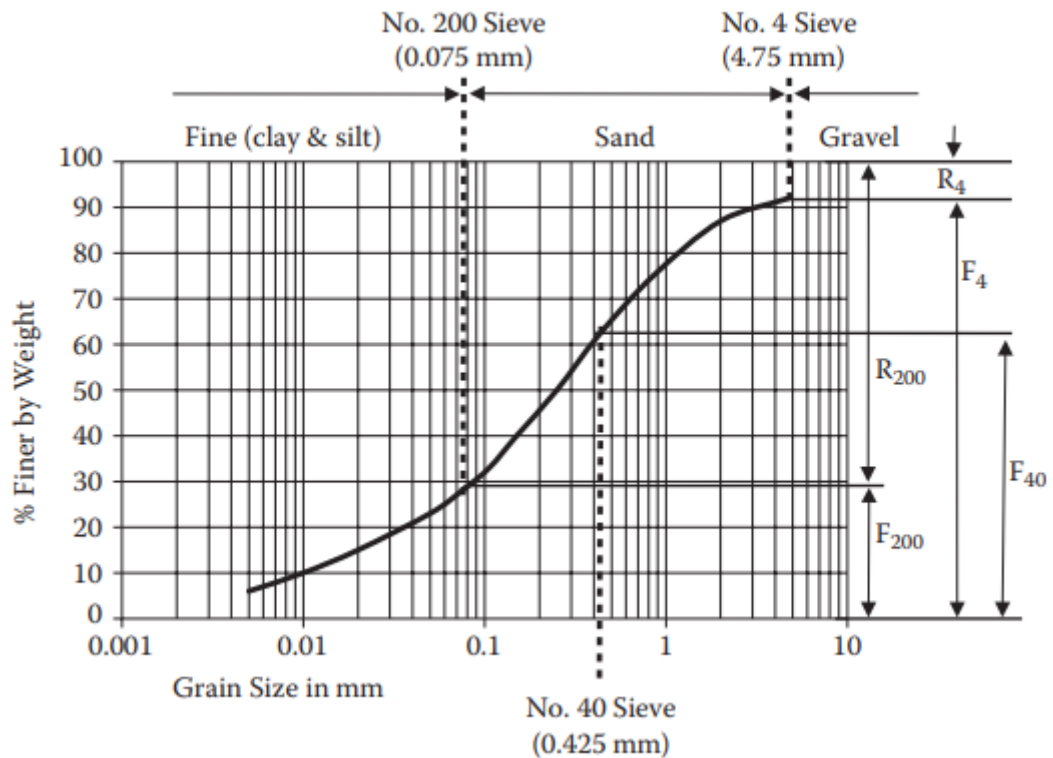
“Una clasificación de suelos es un método sistemático de categorizar suelos en varios grupos y subgrupos de acuerdo con su probable comportamiento de ingeniería, pero sin una descripción detallada” (Moreno-Maroto et al., 2021).

Los sistemas de clasificación de suelos representan poderosas herramientas no solo para facilitar la identificación de suelos, sino también para predecir su posible comportamiento. Diversos autores y comités técnicos han desarrollado sistemas de clasificación de suelos de grano fino basados en la plasticidad y gradación, tal

como, Casagrande (1947) - Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), y la Asociación Estadounidense de Oficiales de Transporte y Carreteras Estatales (AASHTO) (Moreno-Maroto et al., 2021).

Figura 8

Definición de F_{200} , R_{200} , F_{40} , F_4 y R_4



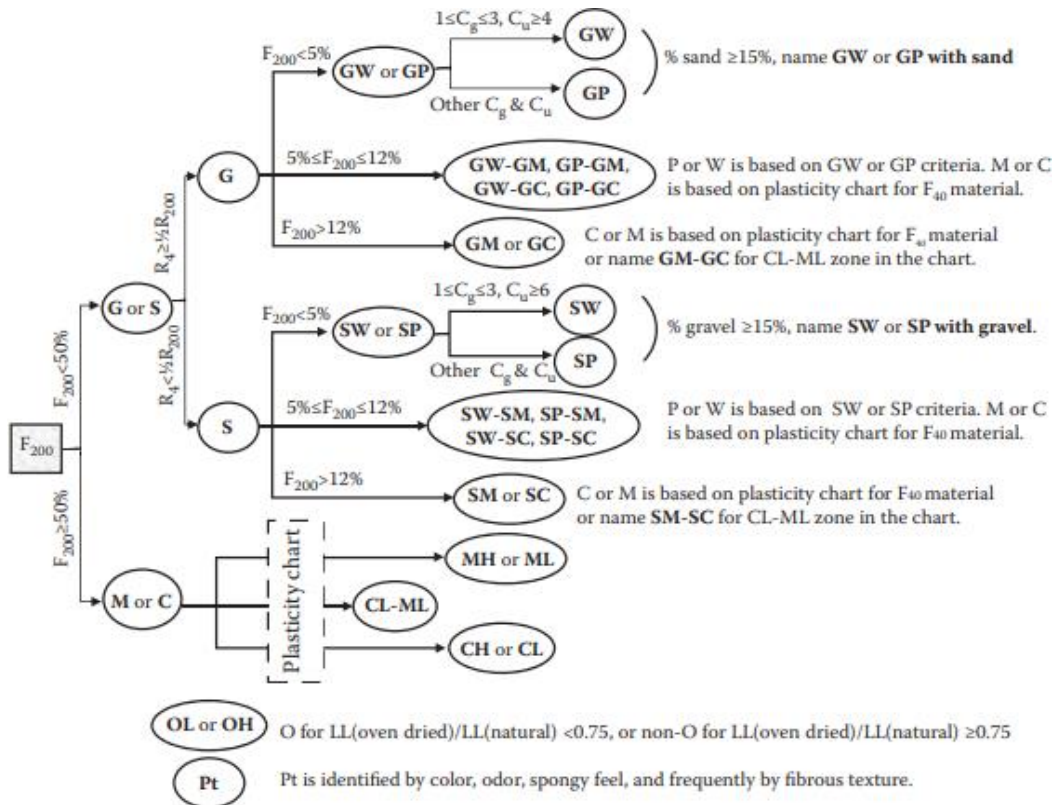
Nota: F_{200} , F_{40} y F_4 material que pasa el tamiz n° 200, n° 40 y n° 4, R_{200} y R_4 , es el porcentaje retenido en el tamiz n° 200 y n° 4 (Ishibashi y Hazarika, 2015).

2.3.4.1. Sistema SUCS

Desarrollado por primera vez por Arthur Casagrande, en 1942, el sistema fue modificado y adoptado para su uso regular por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército y luego por el Bureau of Reclamation en 1952 como Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Actualmente, está adaptado en la ASTM D 2487 y se actualiza periódicamente. Este es el sistema de clasificación más utilizado por ingenieros geotécnicos. El sistema utiliza seis símbolos principales y cuatro modificadores (Ishibashi y Hazarika, 2015).

Figura 9

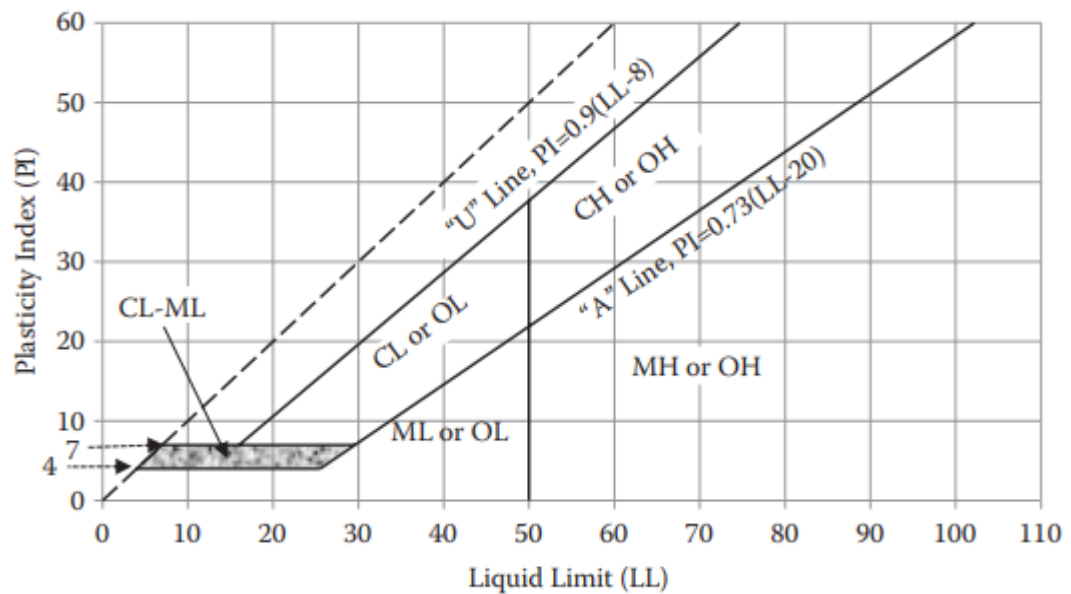
Diagrama de Flujo SUCS



Nota: Símbolos principales: G Grava, S Arena, M Limo, C Arcilla, O Orgánica, Pt Turba.
 Modificadores: para grava y arena, W Bien graduado y P Mal graduado, para suelos finos H Alta plasticidad y L Baja plasticidad (Ishibashi y Hazarika, 2015).

Figura 10

Carta de Plasticidad SUCS



Nota: (Ishibashi y Hazarika, 2015).

2.3.4.2.Sistema AASHTO

El método AASHTO utiliza los límites de Atterberg (LL y PL) y la información sobre curva de distribución granulométrica (F10, F40 y F200), que son el porcentaje que pasa por el tamiz n° 10, n° 40 y n° 200, respectivamente. Los nombres de los grupos son de A-1 a A-7, con algunos subgrupos. La versión actual, revisada en 1945, se utiliza para aplicaciones ampliadas en bases de carreteras, subbases, subrasantes y construcciones de terraplenes (Ishibashi y Hazarika, 2015).

$$GI = (F_{200} - 35) \times [0.2 + 0.005 \times (LL - 40)] + 0.01 \times (F_{200} - 15) \times (IP - 10) \quad (15)$$

En la ecuación 15, se muestra la expresión para calcular el índice de grupo (GI), donde LL es el límite líquido, IP el índice de plasticidad, F₂₀₀ el material que pasa el tamiz n° 200.

Figura 11

Sistema de Clasificación AASHTO

Clasificación general	Material granular (35% menos de paso de 0.075 mm)							Material fino (más del 35% pasa 0.075 mm)			
Grupo	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 ^a A-7-6 ^b
Porcentaje pasante											
Nº 10 (2 mm)	50 máx.										
Nº 40 (0.425 mm)	30 máx.	50 máx.	51 mín.								
Nº 200 (0.075 mm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Material F40											
Límite líquido (LL)				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad (IP)	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Materiales constituyentes usuales	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Grado de uso como material para carreteras	Excelente a bueno							Malo a peor			

A-7-5, $IP \leq LL-30$

A-7-5, $IP > LL-30$

Nota: AASHTO (1995), citado por Ishibashi y Hazarika (2015).

2.3.5. Propiedades mecánicas del suelo

Compactación. Proceso físico para reducir los vacíos del suelo mediante una carga estática o dinámica, que permite controlar el hinchamiento, contracción, susceptibilidad a heladas, y aumentar la resistencia (Ishibashi y Hazarika, 2015). La compactación del suelo, se prueba mediante el Proctor Estándar o Modificado, cuya diferencia radica únicamente en la energía de compactación empleada, del orden de 4.5 veces superior en el segundo caso que en el primero (Guerra, 2020).

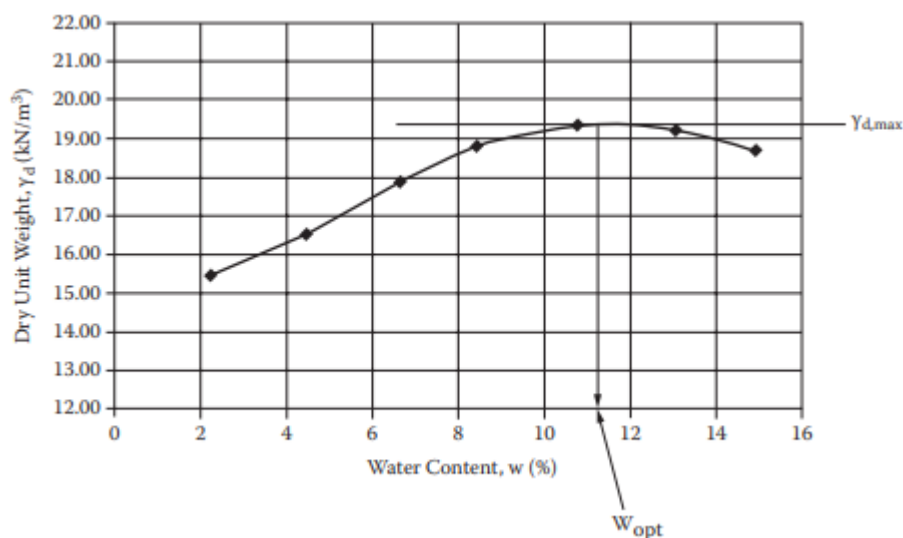
$$D_s = \frac{D_h}{\frac{1+w\%}{100}} \quad (16)$$

En la ecuación 16, se muestra la estimación de la densidad seca (D_s), donde D_h es la densidad húmeda, y $W\%$ es la humedad de cada muestra compactada.

En el laboratorio, las probetas con diferentes contenidos de agua se compactan con el mismo nivel de energía de compactación. El contenido de agua frente a las densidades secas del suelo compactado se traza formando la curva de compactación (Ishibashi y Hazarika, 2015).

Figura 12

Ejemplo de Curva de Compactación



Nota: (Ishibashi y Hazarika, 2015).

Capacidad de soporte (CBR). Es el esfuerzo del suelo frente a cargas, determinado a través de una prueba de penetración denominada CBR (Ishibashi y Hazarika, 2015). El porcentaje CBR se define como la fuerza necesaria para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada, una muestra de suelo compactado con humedad y densidad determinados, con respecto a la fuerza necesaria para que el pistón penetre a la misma profundidad y velocidad, una probeta con una muestra normalizada de material triturado (Guerra, 2020).

$$CBR = \frac{P'}{P_s} \times 100 \quad (17)$$

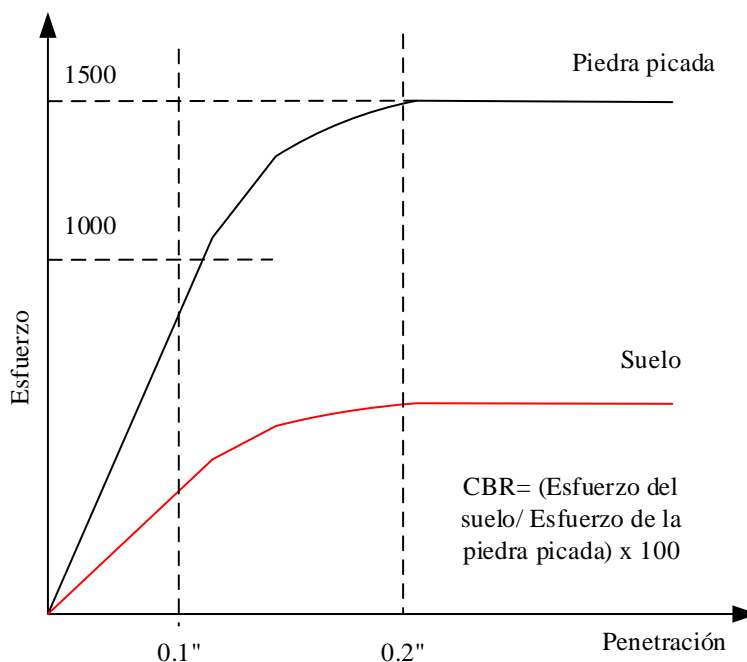
En la ecuación 17, la capacidad de soporte (CBR) es el cociente de la carga unitaria del ensayo (P'), y la carga unitaria patrón (Ps).

$$P' = \frac{P}{A} \quad (18)$$

En la ecuación 18, el esfuerzo aplicado (P') es el cociente de la carga aplicada entre el área del pistón (A).

Figura 13

Curva de Penetración versus Esfuerzo CBR



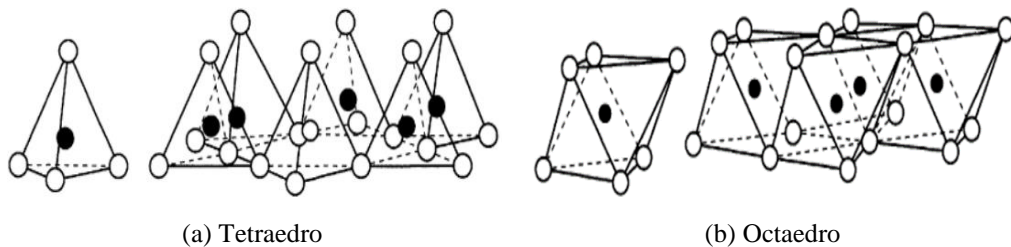
Nota: (Araujo-Navarro, 2014).

2.3.6. Suelos arcillosos

Partículas sólidas con diámetro menor a 0.005 mm, cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con agua (Palli, 2015). En la naturaleza, existen básicamente tres tipos de minerales de arcilla, a saber, la caolinita, illita y montmorillonita (Ishibashi y Hazarika, 2015). Químicamente, las arcillas son silicatos de aluminio, magnesio, hierro, etc., formados por la combinación de dos unidades estructurales fundamentales, el tetraedro y el octaedro (Llamoga, 2017).

Figura 14

Tetraedro y Octaedro

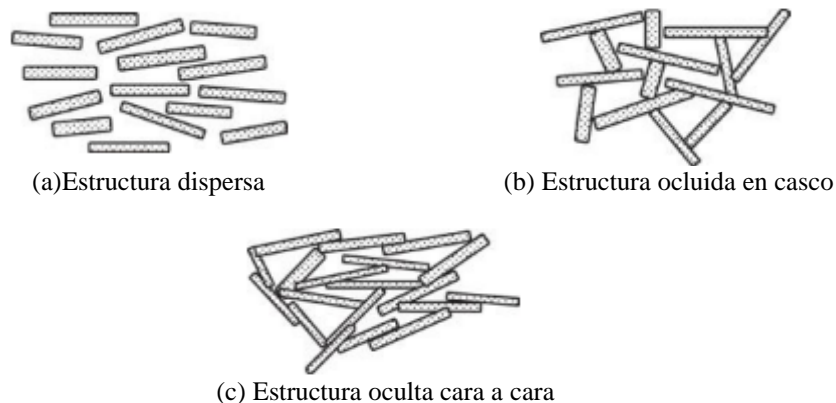


Nota: (Llamoga, 2017).

La estructura de estos minerales es, generalmente, cristalina y complicada y sus átomos están dispuestos en forma laminar (Palli, 2015). Las arcillas se forman en pilas de varias capas de unidades de lámina básicas (Ishibashi y Hazarika, 2015).

Figura 15

Estructuras de Arcilla

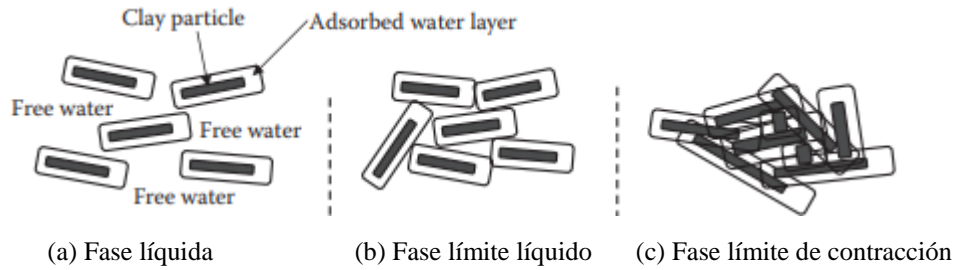


Nota: (Ishibashi y Hazarika, 2015).

Las arcillas, son suelos con baja resistencia in situ (Aguilar y Bravo, 2020), que cuando están secos son finos y suaves, pero cuando están húmedos son pegajosos, e impermeables, facilitando el estancamiento del agua (López y Ortíz, 2018).

Figura 16

Partículas de Arcilla con Capas de Agua Absorbida



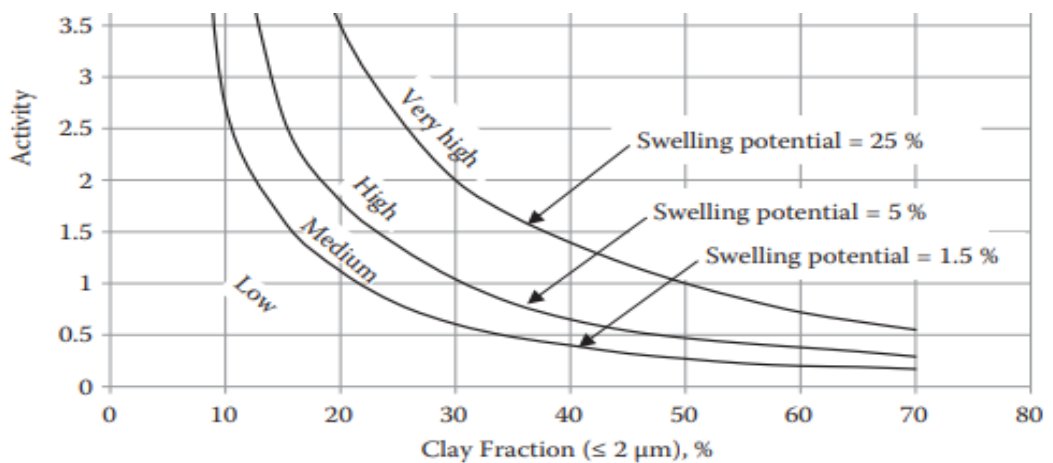
Nota: (Ishibashi y Hazarika, 2015).

Los suelos arcillosos cuando tienen cambios de humedad tienden a cambiar de volumen, denominado a este cambio hinchamiento si el volumen aumenta, y contracción si el volumen disminuye (Aguilar y Bravo, 2020). El potencial de hinchamiento de las arcillas se puede expresar como la intersección de la fracción de arcilla del suelo, y el factor actividad (A) (Ishibashi y Hazarika, 2015).

$$A = \frac{\text{Indice de Plasticidad}}{\text{Fracción de arcilla } (\leq 2\mu\text{m})} \quad (19)$$

Figura 17

Clasificación del Potencial de Hinchamiento



Nota: Swelling potencial – potencial de hinchamiento (Ishibashi y Hazarika, 2015).

2.3.7. Carretera

Es una vía de dominio y uso público (Gutiérrez, 2010), proyectada y construida con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua, con niveles adecuados de seguridad y comodidad (Arribasplata, 2019), dentro de una franja de terreno denominada derecho de vía (Correa, 2017).

Tabla 2

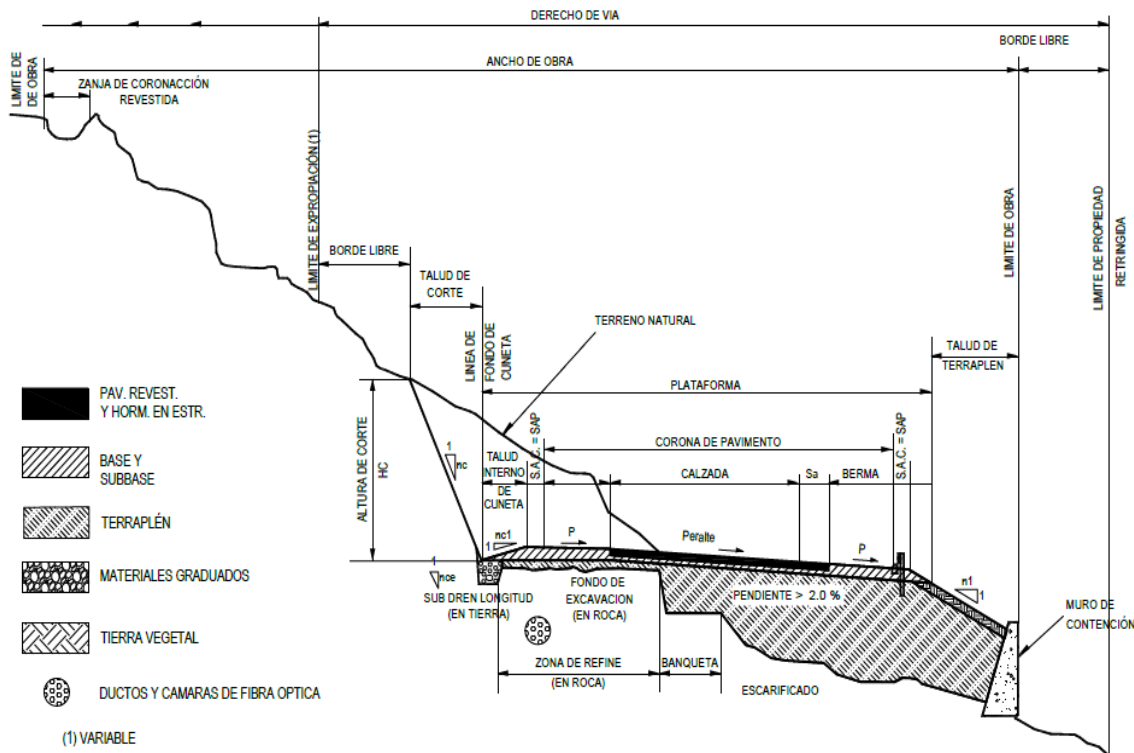
Clasificación de Carreteras por Demanda

Carretera	IMDA (veh/día)	Calzadas (N°)	Carriles (N°)	Ancho de carril (m)	Superficie de rodadura
1° clase	2001 a 4000	1	2	3.60	Pavimentada
2° clase	400 a 2000	1	2	3.30	Pavimentada
3° clase	< 400	1	2	3.00	Afirmado
Trochas carrozables	< 200	1	1	4.00	Afirmada o sin afirmar

Nota: (MTC, 2018).

Figura 18

Sección Transversal de una Carretera



Nota: (MTC, 2018).

2.3.8. Subrasante

La subrasante es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte y relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado (MTC, 2014). La estructura que se coloca sobre la subrasante se denomina superficie de rodadura, pero cuando es trocha, la superficie de rodadura es la misma subrasante. La superficie de rodadura es el plano superior que se encuentra en contacto con el tránsito vehicular, en una carretera (Gutiérrez, 2010), puede ser pavimentada o sin pavimentar, cuando es afirmada, sin afirmar o trocha (Miró, 2006). Los suelos por debajo de 0.60 m de la subrasante, deben ser suelos adecuados y estables, con CBR mayor a 6%. En caso el suelo de la subrasante, tenga CBR menor a 6% (pobre e inadecuada), se debe plantear la estabilización física, química o mecánica del suelo, según el MTC (2014).

Tabla 3

Clasificación del Suelo según Índice de Plasticidad (IP)

IP		Plasticidad
	> 20	Alta
>7	20	Media
1	7	Baja
	=0	No plástico (NP)

Nota: (MTC, 2014).

Tabla 4

Clasificación de la Subrasante según CBR

Categoría de subrasante		CBR (%)	
0	Inadecuada	0	<3
1	Insuficiente	3	<6
2	Regular	6	<10
3	Buena	10	<20
4	Muy buena	20	<30
5	Excelente		≥30

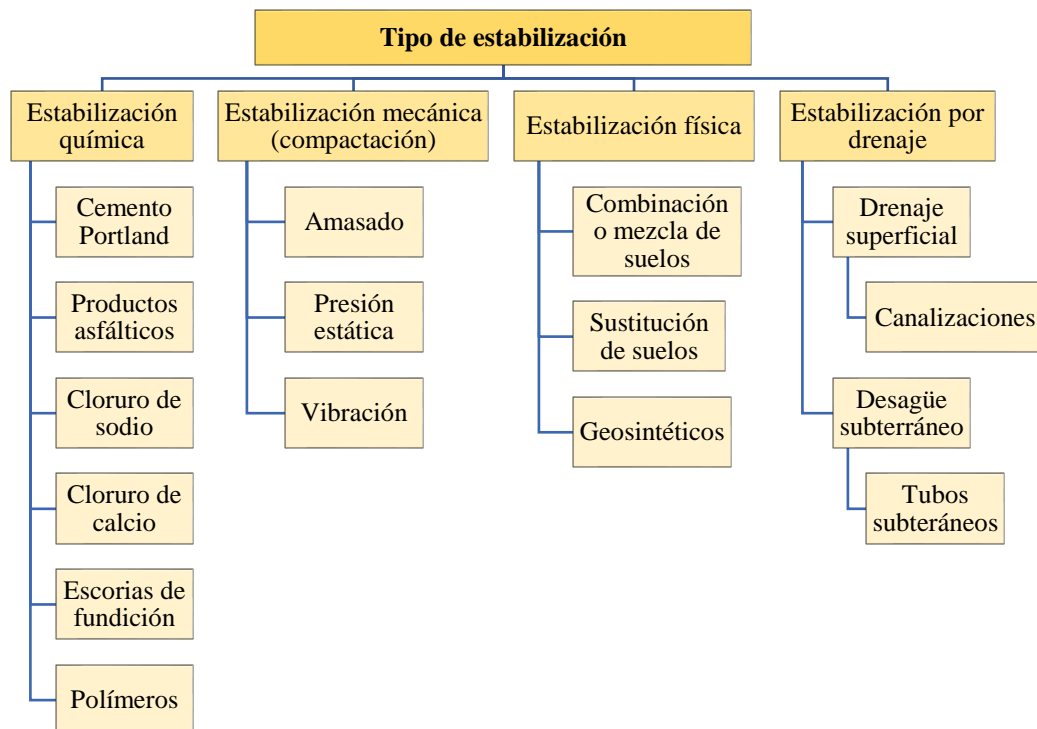
Nota: (MTC, 2014).

2.3.9. Estabilización de una carretera

Consiste en una mejora a largo plazo (meses/años), aumentando la capacidad de soporte del suelo (Palli, 2015). En los terrenos arcillosos es altamente probable encontrar problemas relacionados con las inestabilidades volumétricas ante la ganancia o pérdida de agua, por ello, la estabilización, es ampliamente utilizada en vías terrestres, para mejorar en algunos casos la plasticidad, deformabilidad, estabilidad volumétrica ante la presencia de agua, entre otros; pero buscando en todos los casos, un buen comportamiento esfuerzo deformación de los suelos y de la estructura que se coloque sobre ellos, a lo largo de su vida útil (Bonifacio y Sánchez, 2015). Generalmente para estabilizar el suelo de la subrasante, se siguen dos procesos, (1) aumentar la densidad de un suelo compactándola mecánicamente, y (2) mezclar un material o estabilizador (Gutiérrez, 2010).

Figura 19

Tipos de Estabilización



Nota: (Bonifacio y Sánchez, 2015; Sangama y Morales, 2018; Angulo y Zavaleta, 2021).

2.3.10. Estabilización con cal

La estabilización de suelos busca cambiar sus características, mejorando su resistencia, estabilidad y durabilidad a largo plazo; siendo así, la cal sola o combinada se utiliza para tratar una gran variedad de suelos (Parra, 2018). Los suelos que comúnmente se estabilizan con cal son CH, CL, MH, SM, SC, GC, con IP superior a 19 y más de 25% de finos (Lomparte y Sánchez, 2019). El suelo-cal se obtiene por mezcla íntima de suelo, cal y agua; la cal utilizada es óxido de calcio (cal anhidra o cal viva) o hidróxido de calcio (cal hidratada o cal apagada) (MTC, 2014). La dosificación depende del tipo de fino (arcilla); se añadirá del 2 al 8% de cal por peso seco del suelo a estabilizar, con estos porcentajes se consigue estabilizar la actividad de los suelos finos consiguiendo una disminución del índice plástico y un aumento de la resistencia; no es aconsejable utilizar más del 8% ya que aumenta la resistencia, pero también la plasticidad; para considerar el uso de la cal como estabilizador, el IP del suelo debe ser superior a 10 (Lomparte y Sánchez, 2019). La cal, en materiales arcillosos, produce una disminución del índice de plasticidad, aumentando la trabajabilidad, la posibilidad de reutilizar los suelos disponibles en el trazado de la carretera, disminuyendo el transporte de materiales de préstamo, ayuda a secar los suelos húmedos, facilitando su compactación, aumenta la estabilidad de los materiales cohesivos; genera un aumento de la resistencia al corte, a la compresión simple y/o del CBR (Angulo y Zavaleta, 2021).

Tabla 5

Porcentaje de Cal, según Clasificación

Tipo	Cal (%)	
Mezclas de grava y arcilla	2	4
Suelos altamente arcillosos	5	10

Nota: (MTC, 2014).

2.4. Definición de términos

Cal. Producto sólido de color blanco y amorfo, producto de la descomposición de roca caliza, por calor mayor a 900 °C (Parra, 2018).

CBR. Capacidad de soporte del suelo, compactado a una humedad óptima y niveles de compactación variables, es un referente de la calidad relativa del suelo para subrasante, subbase y/o bases (Castillo, 2017).

Estabilización. Proceso por el que el suelo natural es tratado para corregir o alterar sus propiedades físico-mecánicas, de modo que se incremente o mejore su firmeza, para que sea capaz de soportar los efectos del tránsito (Guerra, 2020).

Mejoramiento. Actividades que implican la modificación sustancial de la geometría y características del suelo (Sangama y Morales, 2018).

Suelos. Depósito de partículas no cementadas de granos minerales, materia orgánica descompuesta, junto con líquidos y gases, los cuales ocupan los espacios vacíos entre las partículas sólidas (Guerra, 2020).

Suelos arcillosos. Conjunto de minerales de tamaño menor a 0.005 mm, altamente plásticos, que se caracterizan por su alto contenido de agua y baja resistencia in situ (Aguilar y Bravo, 2020).

Residuos. Sustancia u objeto generado por una actividad productiva o de consumo de la cual se desprende por no ser objeto de interés directo de la actividad principal (Castells, 2012).

2.5. Hipótesis

H1: El uso de residuos del proceso de producción de cal incide en el mejoramiento del CBR de suelos arcillosos de la subrasante de carreteras de la provincia de Chota: Caso Km 8+000 al Km 9+000 de la carretera La Palma – Conchán.

2.6. Operacionalización de variables

2.6.1. Variable independiente

Los “Residuos del proceso de producción de cal” son aquellos despojos del proceso de manufactura de cal. El proceso de producción de la cal involucra la trituración de la caliza, lo cual deja como residuo polvo de caliza, luego de la calcinación de la caliza, se obtiene la cal, pero en su proceso de traslado se generan desperdicios, así mismo al tamizarlo por las mallas de 3/8”, el material que pasa se considera residuos, y es desechado, en la planta de procesamiento de cal El Progreso del distrito de Bambamarca.

2.6.2. Variable dependiente

El “Mejoramiento del CBR de suelos arcillosos” es el proceso de mejoramiento de la capacidad de soporte (CBR) del suelo de la subrasante de la carretera, capacidad de resistir cargas del tráfico, utilizando como estabilizante los residuos del proceso de producción de cal. El mejoramiento de la subrasante de una vía, involucra, la determinación inicial de sus características físico – mecánicas, la aplicación del aditivo, para verificar su incidencia en las características físico – mecánicas, para determinar la dosificación que logra un mayor incremento en la capacidad de soporte del suelo.

Tabla 6

Matriz de Operacionalización de Variables

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Definición conceptual	Definición operacional			
				Indicadores	Ítem		
VI Residuos del proceso de producción de cal	Son aquellos despojos del proceso de manufactura de cal	Dosificación	Porcentaje de adición, respecto al peso del suelo.	Porcentaje de adición	%		
				Propiedades físicas	Características de los despojos de la cal	Gradación	%
		Humedad	%				
		Propiedades físicas del suelo	Características del suelo natural, que permiten su clasificación			Humedad	%
						Gradación	%
				Límite líquido	%		
		Clasificación del suelo	Tipo de suelo según sus características físicas	Límite plástico	%		
				Índice de plasticidad	%		
				SUCS	S, C, M, O		
				AASHTO	A-1, A-2, A-4, A-6		
VD Mejoramiento del CBR de suelos arcillosos	Proceso de mejoramiento de la capacidad de soporte (CBR) del suelo de la subrasante de la carretera, capacidad de resistir cargas del tráfico, utilizando como estabilizante los residuos del proceso de producción de cal	Propiedades mecánicas del suelo	Características resistentes del suelo, que tienen que ver con el soporte que presenta frente a las cargas vehiculares que pasan por una carretera.	Máxima densidad seca	Gr/cm3		
				Óptimo contenido de humedad	%		
				Expansión	%		
				CBR al 95% de MDS	%		
				CBR al 100% de MDS	%		

CAPÍTULO III.

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y nivel de investigación

El enfoque, es cuantitativo, se han obtenido datos cuantificables a partir de los ensayos de laboratorio al suelo natural y estabilizado con residuos de cal. El tipo de investigación según su finalidad es aplicado, porque se utiliza información existente acerca de la estabilización de suelos con cal, para plantear el uso de residuos de cal, como estabilizante de suelos arcillosos. Según los objetivos, el estudio es descriptivo, porque se caracteriza el aditivo, el suelo natural, y el suelo estabilizado. Según la fuente de datos es primaria, toda la información se ha obtenido a partir de procesos de campo (recolección de muestras), y de laboratorio (ensayos al suelo natural y estabilizado), según el control de diseño de la prueba es no experimental, y según la temporalidad es transversal.

Tabla 7

Tipo de Investigación según los Principales Criterios

Criterio	Tipo de investigación
Finalidad	Aplicada
Estrategia o enfoque metodológico	Cuantitativa
Objetivos	Descriptiva
Fuente de datos	Primaria
Control de diseño de la prueba	No experimental
Temporalidad	Transversal (sincrónica)
Contexto donde sucede	Laboratorio, campo
Intervención disciplinaria	Interdisciplinaria.

3.2. Diseño de investigación

Descriptivo, causal simple, se tiene una muestra (suelo arcilloso), en la cual se incide, al utilizar residuos de cal (causa) como estabilizante, para mejorar su capacidad de soporte. El diseño descriptivo causal simple, es aquel en el cual se describen los resultados de la alteración de las características de la variable

dependiente (CBR del suelo arcilloso) a causa de la aplicación de un tratamiento, dado por la variable independiente (residuos del proceso de producción de cal).

Siendo así mide la relación causa – efecto, a través de la siguiente ecuación:

$$M \leftarrow XY \quad (20)$$

En la ecuación 20, a la muestra M, se le aplica un tratamiento X “residuos del proceso de producción de cal” para medir la incidencia en el mejoramiento del CBR de suelos arcillosos, variable Y.

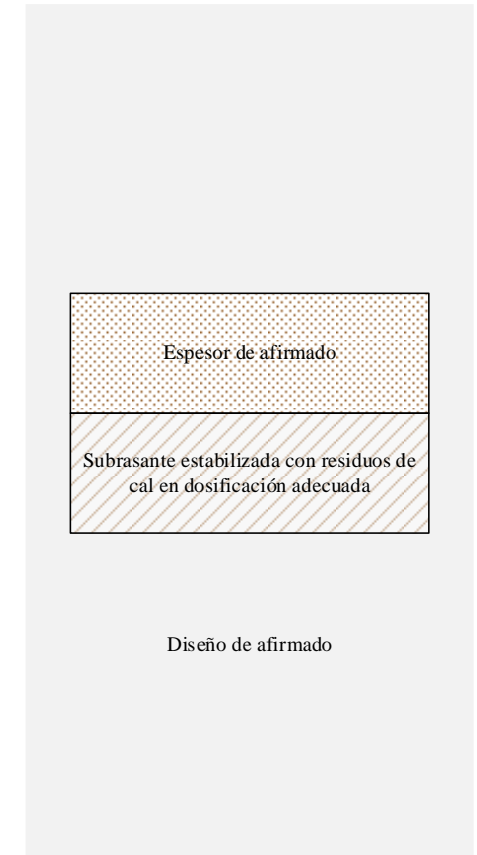
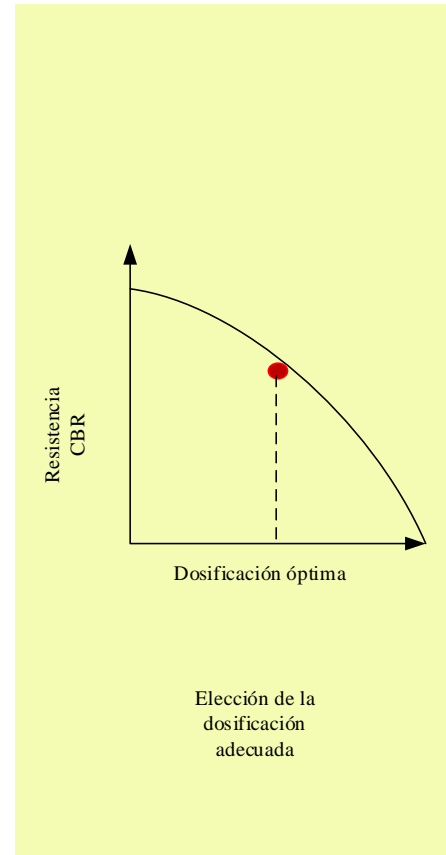
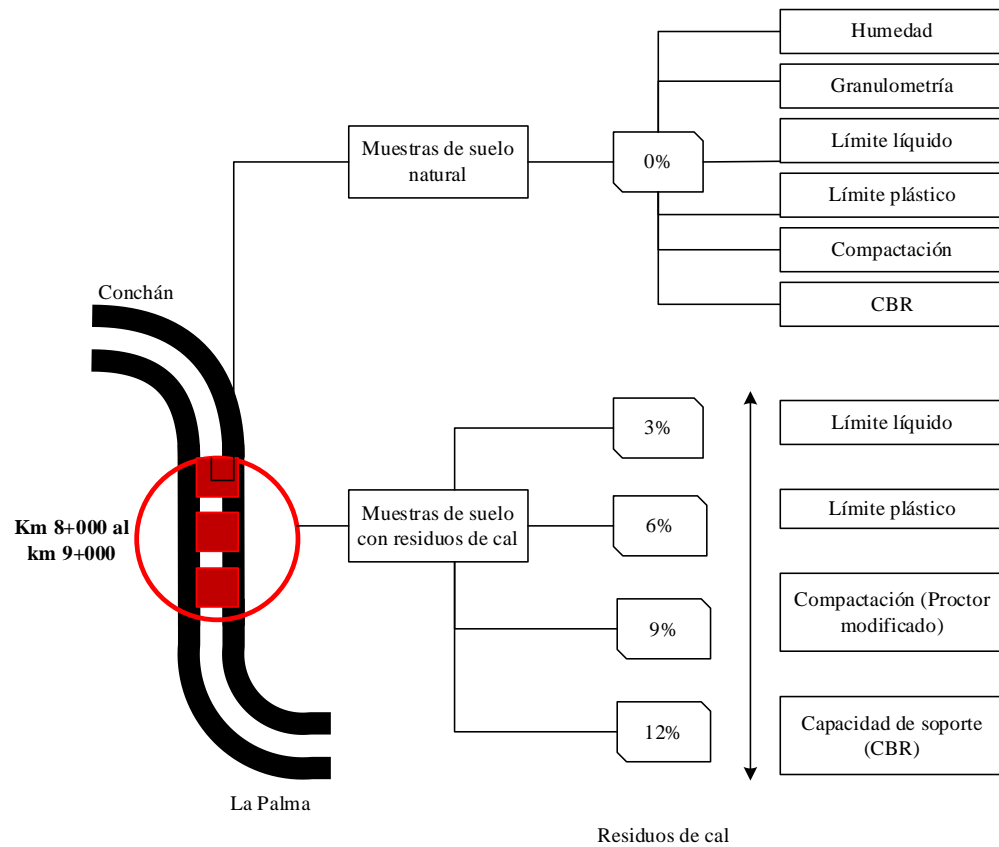
Así mismo, en la Fig. 20 se presenta el esquema del diseño de investigación, donde se describen los procesos que se han seguido para poder medir la causa – efecto de la aplicación de las variables en la muestra de estudio.

3.3. Métodos de investigación

Se han utilizado los métodos del enfoque cuantitativo, enmarcados por el método hipotético deductivo, mismo que, permite hacer inferencias a partir de los resultados del estudio de mecánica de suelos con y sin residuos de cal, para el mejoramiento del CBR, siendo así, este método hace uso de la estadística para aceptar o rechazar la hipótesis de estudio.

Figura 20

Esquema de Diseño Descriptivo, Causal Simple



3.4. Población, muestra y muestreo

3.4.1. Población

El suelo de la subrasante de 1 km, del Km 8+000 al Km 9+000, de la carretera La Palma – Conchán (12 km), distrito de Conchán, Chota, debido a que este tramo presenta CBR menor a 6%, según un estudio previo realizado por la Municipalidad Distrital de Conchán (anexo C), por tanto, según las disposiciones del MTC (2014) en la manual de suelos y pavimentos, requería estabilización. El agente estabilizador estuvo conformado por los residuos de cal, entendidos como aquellos despojos del proceso de calcinación de la caliza, o empaquetado de la cal para su comercialización; estos residuos se recolectaron de la planta procesadora de cal “El Progreso” del distrito de Bambamarca, Hualgayoc ubicada a una (1) hora de la ciudad de Chota.

Figura 21

Carretera La Palma – Conchán



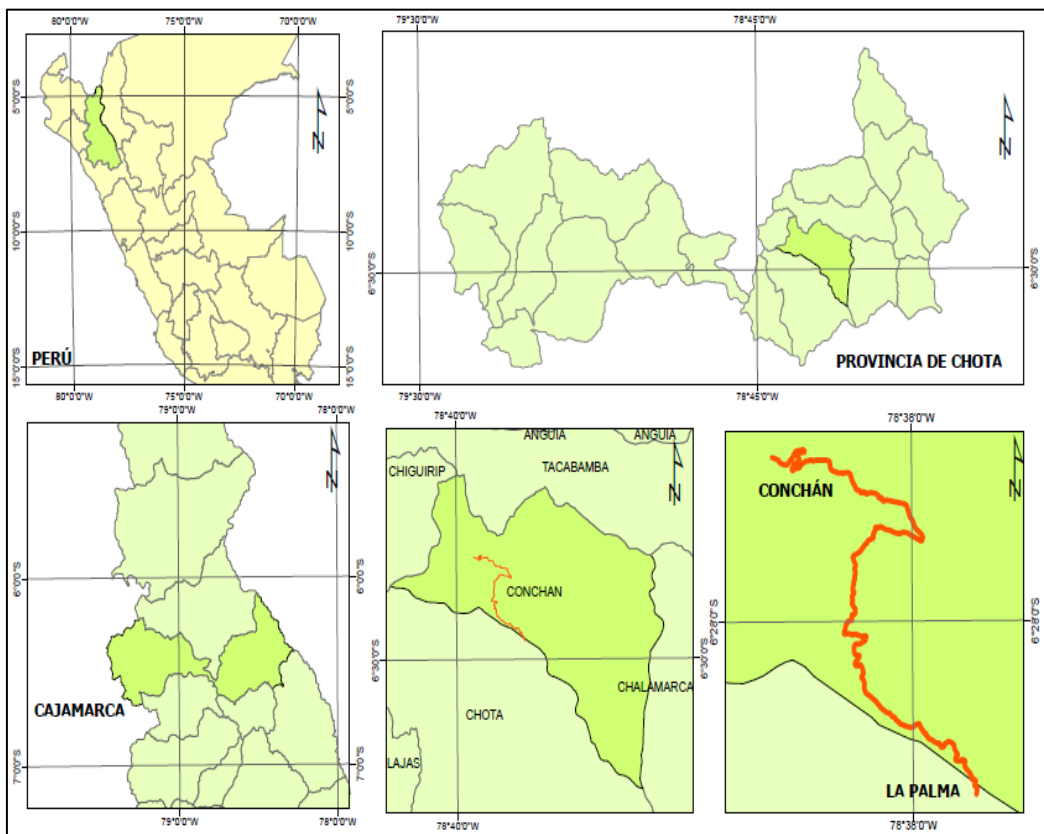
Nota: (Google earth, 2022).

El distrito de Conchán, provincia de Chota, región de Cajamarca, tiene una extensión superficial de 156.00 km², las características climatológicas del lugar

varían de 8 a 22 °C de temperatura, con precipitaciones pluviales mayores a 115.05 mm (Irigoin et al., 2020). La Palma, es uno de los centros poblados del distrito de Conchán, situado en las coordenadas UTM WGS84 17S 762874.72 m E, 9282005.22 m S, a 2854 msnm, mientras que, Conchán es la capital del distrito, se ubica en las coordenadas UTM WGS84 17S 759261.32 m E, 9287064.44 m S a 2300 msnm, a 26 km de la ciudad de Chota, se accede por carretera afirmada.

Figura 22

Ubicación del Distrito Conchán



3.4.2. Muestra

La muestra no probabilista determinada en base al manual de suelos y pavimentos del MTC (2014), quien sugiere tres (3) calicatas por km para carreteras de 2da clase y dos (2) calicatas por km para carreteras de 3ra clase, si bien la vía no cumple las características geométricas y de pavimento de una carretera de 2da clase, debido a que es una vía afirmada, tiene gran tránsito vehicular, por tanto,

para mayor precisión en el estudio, se ha tomado como muestra a tres (3) calicatas ubicadas uniformemente en 1 km, km 8+000 al km 9+000 de la carretera La Palma – Conchán, distrito de Conchán, Chota. De dichas calicatas se ha extraído el suelo arcilloso, que ha sido estabilizado con residuos de cal recolectados de la planta procesadora de cal “El Progreso” del distrito de Bambamarca, Hualgayoc, al 0%, 3%, 6%, 9% y 12% respecto al peso del suelo.

Figura 23

Km 8+000 a 9+000, carretera La Palma – Conchán



Nota: (Google earth, 2022).

Las calicatas se ubicaron uniformemente, al inicio, centro y final del tramo de estudio km 8+000 al km 9+000, de la carretera La Palma – Conchán, se excavaron a 1.70 m de profundidad, con 1.20 m de ancho y largo, se obtuvieron muestras alteradas del costado para clasificación y del fondo para los ensayos mecánicos.

Tabla 8*Calicatas del km 8 al 9, de la carretera La Palma – Conchán*

Calicatas	Coordenadas UTM WGS84 17S	
	Este (m E)	Norte (m S)
Calicata 1	761719.43	9286201.22
Calicata 2	761324.08	9286412.16
Calicata 3	760923.06	9286537.04

Para la elaboración de los especímenes de ensayo a CBR, previamente se determinó la gradación y humedad de los residuos de cal. Se han realizado ensayos de clasificación al suelo natural de cada una de las calicatas y se ha determinado la plasticidad, compactación y capacidad de soporte (CBR) del suelo mezclado con los residuos de cal en sus diferentes dosificaciones (0, 3, 6, 9 y 12% respecto al peso), por calicata.

Tabla 9*Número de Especímenes para Ensayos, por calicata*

Ensayo	Porcentaje de residuos de cal					Total
	0	3	6	9	12	
Humedad	3					3
Granulometría	1					1
L. líquido	3	3	3	3	3	15
L. plástico	2	2	2	2	2	10
Compactación	3	3	3	3	3	15
CBR	3	3	3	3	3	15
Total	15	11	11	11	11	59

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnicas

Observación y exploración. Proceso de visualización, recolección y recopilación de datos de la muestra de suelo, y del estabilizante, residuos de cal.

Ensayos de clasificación. Son las pruebas iniciales, para determinar el tipo del suelo, a través de ensayos de gradación y plasticidad.

Ensayos mecánicos. Son las pruebas de compactación y CBR realizados al suelo natural, y al suelo estabilizado con residuos de cal.

Comparación. Cotejo de las propiedades físico-mecánicas del suelo estabilizado con diferentes porcentajes de residuos de cal.

3.5.2. Instrumentos

Cuadernos de campo. Medio donde se registra la información relevante, acerca de los procesos observados en campo y laboratorio.

Tablas de clasificación. Ha permitido definir el tipo de suelo, según la clasificación AASHTO, y SUCS.

Formatos de ensayo. Medios donde se muestran los resultados de los ensayos de laboratorio al suelo natural y estabilizado con residuos de cal.

Matriz de comparación. Tabla donde se resumen las características del suelo estabilizado con residuos de cal, para determinar una dosificación óptima.

Tabla 10

Fuentes, Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos

Variables	Recolección de datos		
	Fuente	Técnica	Instrumento
VI - Residuos de cal	In situ	Observación	Cuaderno de campo
VD - Mejoramiento del CBR de suelos arcillosos	In situ	Observación	Cuaderno de campo
	Informe de laboratorio	Ensayos de laboratorio	Formatos de laboratorio
		Comparación	Matriz de comparación

3.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos

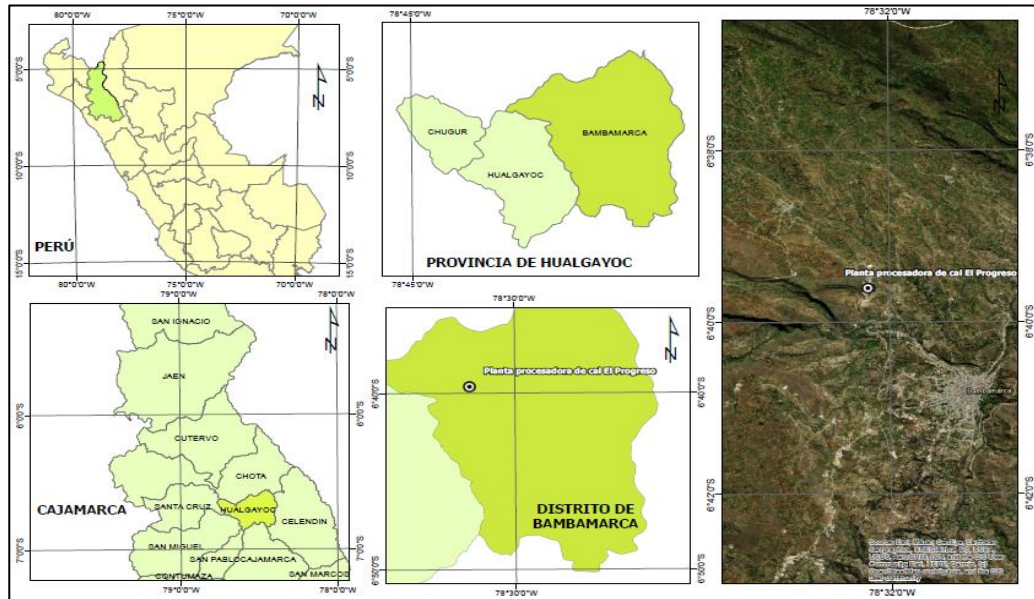
3.6.1. Proceso de obtención de información

3.6.1.1. Obtención de residuos de cal

Los residuos de cal, se obtuvieron de la planta procesadora de cal El Progreso del distrito de Bambamarca, Hualgayoc, ubicada a una (1) hora de la ciudad de Chota, en las coordenadas UTM WGS84 17S 772356.00 m E, 9263153.00 m S.

Figura 24

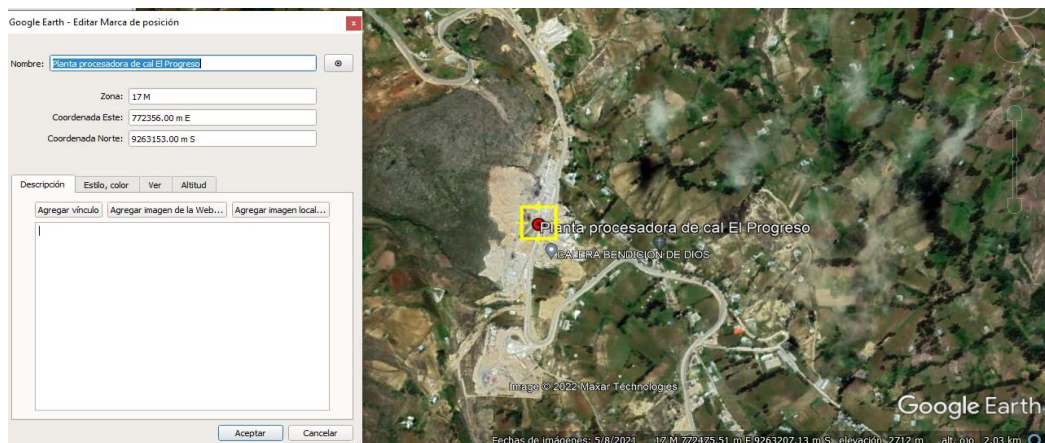
Ubicación de la Planta Procesadora de Cal



Se recolectaron en sacos impermeables, aquellos restos de cal, procedentes de la calcinación de caliza, que hayan sido desechados por no presentar las características comerciales que el fabricante esperaba, o que forman parte de los despojos del empaquetado y transporte de la cal. Dichos residuos del proceso de fabricación de la cal, fueron trasladados al laboratorio de mecánica de materiales de la EPIC – UNACH, para determinar sus características, como humedad y granulometría.

Figura 25

Planta Procesadora de Cal, El Progreso



Nota: (Google earth, 2022).

Figura 26

Residuos de Cal de la Planta Procesadora de Cal, El Progreso



3.6.1.2. Ensayos a los residuos de cal

NTP 339.185 Humedad (INACAL, 2021a)

- Se pesa la muestra de cal, antes y después de ser llevada al horno.

NTP 400.012 Granulometría (INACAL, 2021b)

- Se pasa la muestra, por un juego de tamices.
- Se pasa el material retenido en cada tamiz.

Figura 27

Ensayo de Granulometría a los Residuos de Cal



3.6.1.3. Características de los residuos de cal

Los residuos de cal recolectados de la Planta Procesadora de Cal “El Progreso”, al ser material de despojo, no cumplen con algunas características técnicas de la cal comercial, como por ejemplo, tiene mayor contenido de humedad, siendo 1.52%, mientras que, para cal viva se sugiere como máximo 0.2%, y para cal hidratada se sugiere 1% como máximo, por tanto, este material residuos tiene mayor cantidad de agua en su matriz, esto se explica, debido a que está expuesto a la intemperie en áreas destinadas al arrojado de los residuos. Así mismo, presenta mayor cantidad de porcentaje retenido en la malla n° 200, es decir tiene mayor material granular en comparación con la cal viva (8% máx.) o con la cal hidratada (3% máx.), esto se debe a que es un material residual, por tanto, no se asegura que el proceso de calcinación que permite obtener su finura, se haya dado apropiadamente, considerando que si el productor ha decidido desecharlo es porque no cumple con las características comerciales que esperaba, sin embargo, las demás gradaciones cumplen con el estándar de la cal comercial. Siendo así, a pesar de ser un residuo considerado fuera del proceso de comercialización, podría seguir conservando sus características como material estabilizante.

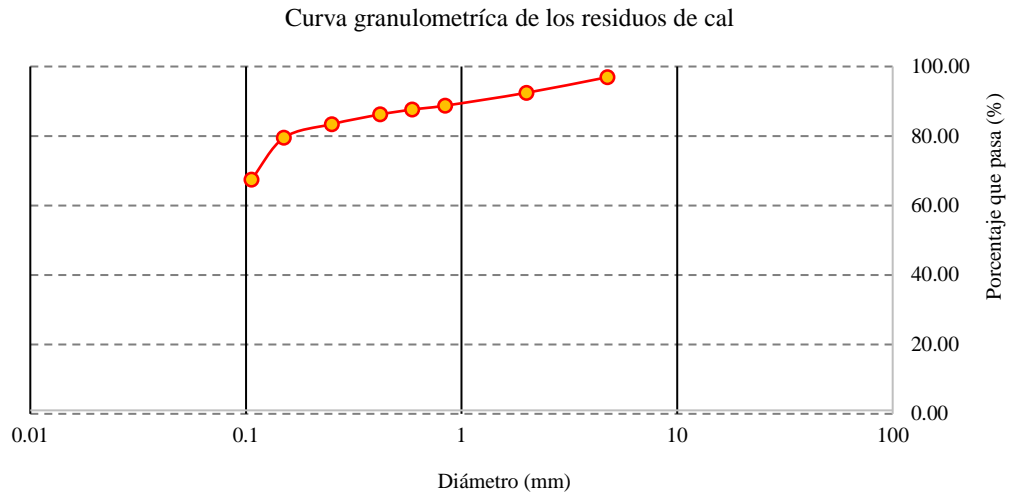
Tabla 11

Características de los Residuos de Cal

Características	Residuos de cal	Ficha técnica (anexo D)			
		Cal viva fina	Cal viva granulada	Cal hidratada o apagada	
Humedad	1.52%	0.2% máx.	0.2% máx.	1% máx.	
% retenido en malla n°	200	12.07%	10% máx.	8% máx.	3% máx.
	100	3.95%	5.0% máx.	18% máx.	2% máx.
	40	1.40%		45% máx.	
	10	4.50%		50% máx.	
	4	3.07%			

Figura 28

Curva de Gradación, de los Residuos de Cal



3.6.1.4.Extracción de muestras de suelo

Las calicatas se ubicaron uniformemente, al inicio, centro y final del tramo de estudio km 8+000 al km 9+000, de la carretera La Palma – Conchán, se excavaron a 1.70 m de profundidad, con 1.20 m de ancho y largo, se obtuvieron muestras alteradas del costado para clasificación y del fondo para los ensayos mecánicos.

Figura 29

Calicatas, km 8 al 9 de la carretera La Palma – Conchán



Calicata 1

Calicata 2

Calicata 3

3.6.1.5. Ensayos de laboratorio

NTP 339.127 Humedad (INACAL, 2019a)

- Se pesa el suelo, antes y después de ser llevada al horno.

NTP 339.128 Granulometría (INACAL, 2019b)

- Se pasa la muestra de suelo, y se pasa por un juego de tamices.

NTP 339.129 Límite líquido (INACAL, 2019c)

- Se usa el suelo que pasa el tamiz N° 40.
- Se mezcla el suelo con agua.
- Se coloca el suelo en la copa Casagrande, y se usa el ranurador para hacer una abertura.
- Se dan golpes con la manivela, hasta 25 golpes. Se repite el ensayo tres veces.

NTP 339.129 Límite plástico (INACAL, 2019c)

- Se usó suelo del ensayo de límite líquido.
- Se forman rollitos de 3 mm, hasta que presente rajaduras.
- Se pesa antes y después de llevarlo al horno. Se repite el ensayo dos veces.

NTP 339.141 Proctor modificado (INACAL, 2019d)

- Se forman muestras de suelo con diferentes cantidades de agua.
- Se compactan con el pistón del ensayo de Proctor modificado.
- Se pesa antes y después de salir del horno.
- Se determina la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad.

NTP 339.145 CBR (INACAL, 2019e)

- Se elaboran probetas con la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad.
- Se compactan los especímenes.
- Se colocan en agua por 96 horas, para determinar su hinchamiento.

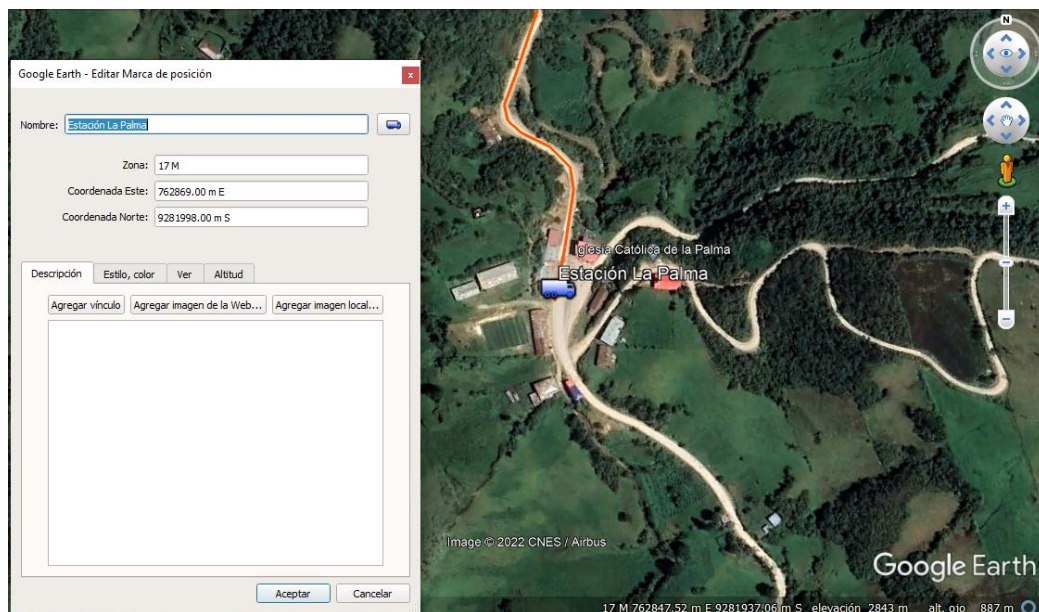
- Luego se colocan en la máquina CBR.

3.6.1.6. Estudio de tránsito vehicular

Para determinar el índice medio diario anual (IMDA), se realiza el conteo vehicular por 7 días, del 3 al 9 de abril del 2022, registrando el número y tipo de vehículos, en la estación La Palma, con coordenadas UTM WGS84 17S 762869.93 m E, 9281998.45 m S. Luego de determinar el IMDA, se multiplica el mismo por el factor de repeticiones de ejes equivalentes, factor de presión de llantas, factor carril, y factor de crecimiento, para determinar el número de repeticiones de EE para el carril de diseño.

Figura 30

Estación de Conteo Vehicular La Palma



Nota: (Google earth, 2022).

En el Anexo E, se muestran la información recopilada durante el conteo vehicular en los formatos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, donde en forma resumida, se ha determinado en los siete días, que, por la vía transitan 822 vehículos de los cuales, el 38.66% son vehículos pesados, y el 61.4% son vehículos ligeros; cuya composición es 31.14% de camionetas rurales, 27.25% de

camionetas Pick Up, 3.04% de Station Wagon, 32.97% de camiones de dos ejes
 3.65% de buses, 1.95% de camiones de 3 ejes, tal como, se puede observar en las
 Fig 31 y Fig. 32.

Figura 31

Composición del Tráfico Vehicular, Estación La Palma

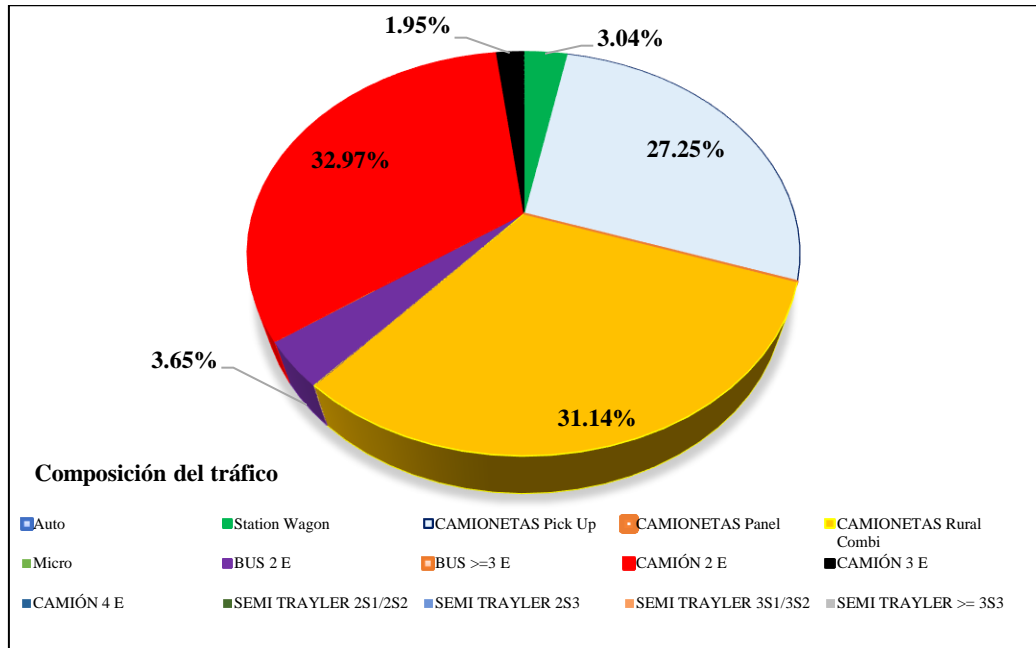
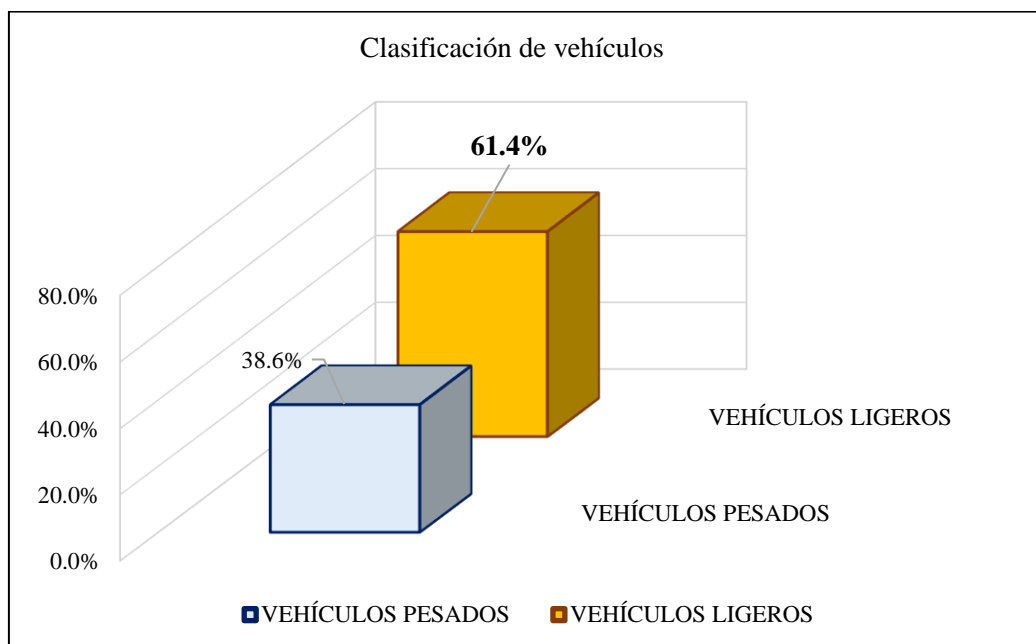


Figura 32

Clasificación de Vehículos, Estación La Palma



3.6.1.7. Diseño del afirmado

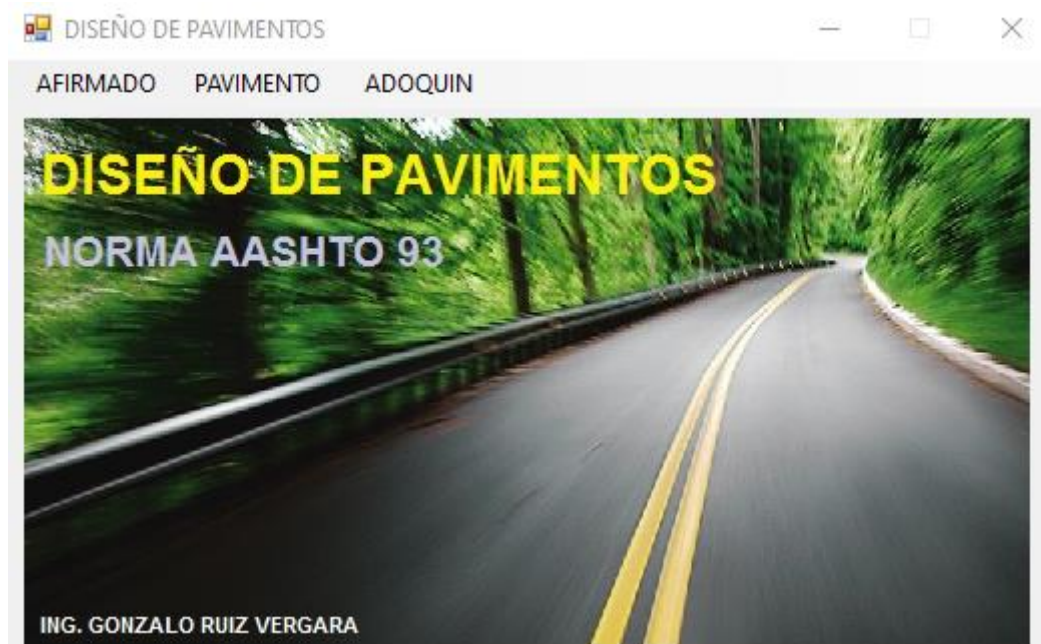
Para el dimensionamiento de los espesores de la capa de afirmado se ha utilizado el método NAASRA “National Association of Australian State Road Authorities”, hoy AUSTROADS, que relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado, expresada en número de repeticiones de EE (MTC, 2014).

$$e = [219 - 211 \times (\log_{10} CBR) + 58 \times (\log_{10} CBR)^2] \times \log_{10}(Nrep/120) \quad (21)$$

En la ecuación 21, se determina el espesor de la capa de afirmado (e) en mm, donde el CBR es el valor de la capacidad de soporte de la subrasante, y Nrep es el número de repeticiones de EE para el carril de diseño.

Figura 33

Programa para el Diseño de Pavimentos



3.6.2. Procesamiento de información

Las características físico-mecánicas del suelo natural, y el suelo estabilizado con residuos de cal, se han presentado a través de tablas y gráficos de descripción, realizados en el programa Microsoft Excel 2019. Mientras que, para determinar

el espesor de la capa de afirmado, se ha utilizado el programa “Diseño de pavimentos” del Ing. Gonzalo Ruiz Vergara.

3.6.3. *Análisis de información*

Para el análisis estadístico se ha utilizado el programa Minitab 19, con la finalidad de aceptar o rechazar la hipótesis nula (H_0) o la hipótesis alternativa (H_1).

3.7. Aspectos éticos

Según Parra y Briceño (2013) los estándares que permiten valorar el rigor y carácter científico de los estudios cualitativos y sobre los cuales hay acuerdo parcial, son:

- **Credibilidad**, es decir los resultados deben ser verídicos, creíbles, y tener relación con el entorno donde se han llevado a cabo.
- **Auditabilidad o conformabilidad**, el estudio debe poder ser replicado, dentro del planteamiento metodológico, se deben describir y dar todas las pautas para que, la investigación pueda ser replicada en otros contextos.
- **Transferibilidad o aplicabilidad**, la investigación debe poder ser aplicada en el medio real, es decir lo que, se probó en laboratorio debe poder ser ejecutado en el entorno constructivo. En este caso el método de estabilización con residuos de cal puede ser aplicado a la estabilización de la subrasante de la carretera La Palma.

CAPÍTULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de resultados

4.1.1. Clasificación del suelo natural

El suelo de la calicata 1, con 56.32% de humedad, está integrado por 0.48% de grava, 19.10% de arena y 80.42% de finos, su límite líquido es 76.15%, y su índice de plasticidad es 45.19%, se clasifica según AASHTO como A-7-5 (40) y según SUCS como arcilla de alta plasticidad (CH). Tal como, el suelo de la calicata 3, que tiene 35.41% de humedad, 0% de grava, 14.52% de arena, y 85.48% de finos, límite líquido de 73.17% e índice de plasticidad de 40.43%, clasificándose en el grupo A-7-5 (39), arcilla de alta plasticidad (CH). Mientras que, el suelo de la calicata 2, con 31.68% de humedad, 22.02% de grava, 43.24% de arena, y 34.74% de finos, 75.11% de límite líquido y 34.45% de índice de plasticidad, se clasifica en el grupo A-2-7 (4), arena limosa (SM).

Tabla 12

Humedad del Suelo

Humedad (%)	Calicata 1	Calicata 2	Calicata 3
M1	57.48	32.6	35.33
M2	56.22	31.94	34.93
M3	55.27	30.5	35.98
Promedio	56.32	31.68	35.41

Tabla 13

Granulometría del Suelo

% pasa malla n°	Calicata 1	Calicata 2	Calicata 3
4	99.52	77.98	100
10	96.38	54.42	99.62
40	87.62	40.1	95.88
200	80.42	34.74	85.48

Figura 34

Curva Granulométrica del Suelo

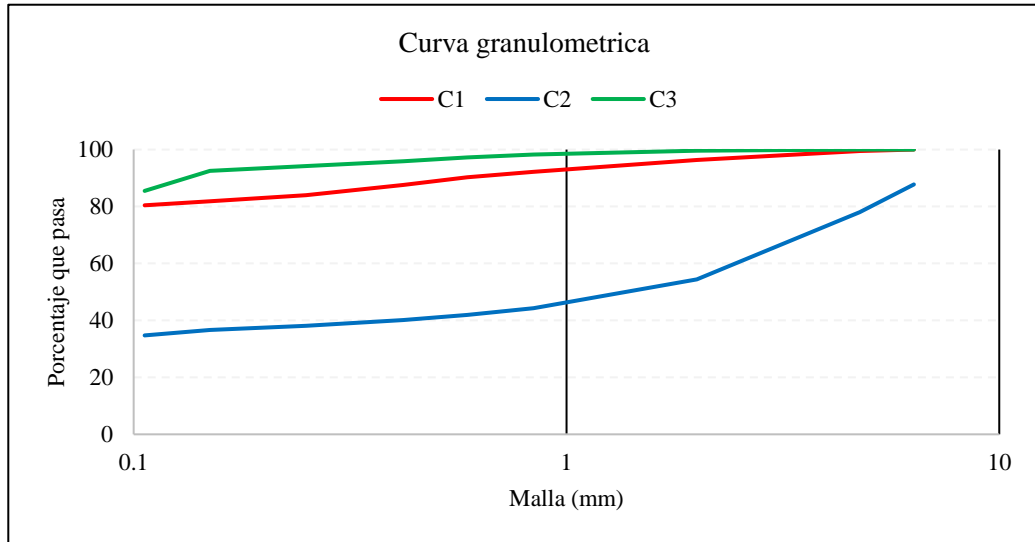


Tabla 14

Límites de Consistencia del Suelo

Límites de consistencia	Calicata 1	Calicata 2	Calicata 3
LL (%)	76.15	75.11	73.17
LP (%)	30.96	40.66	32.74
IP (%)	45.19	34.45	40.43

Tabla 15

Clasificación del Suelo

Clasificación	Calicata 1	Calicata 2	Calicata 3
AASHTO	A-7-5 (40)	A-2-7 (4)	A-7-5 (39)
SUCS	CH	SM	CH

Figura 35

Clasificación AASHTO del Suelo

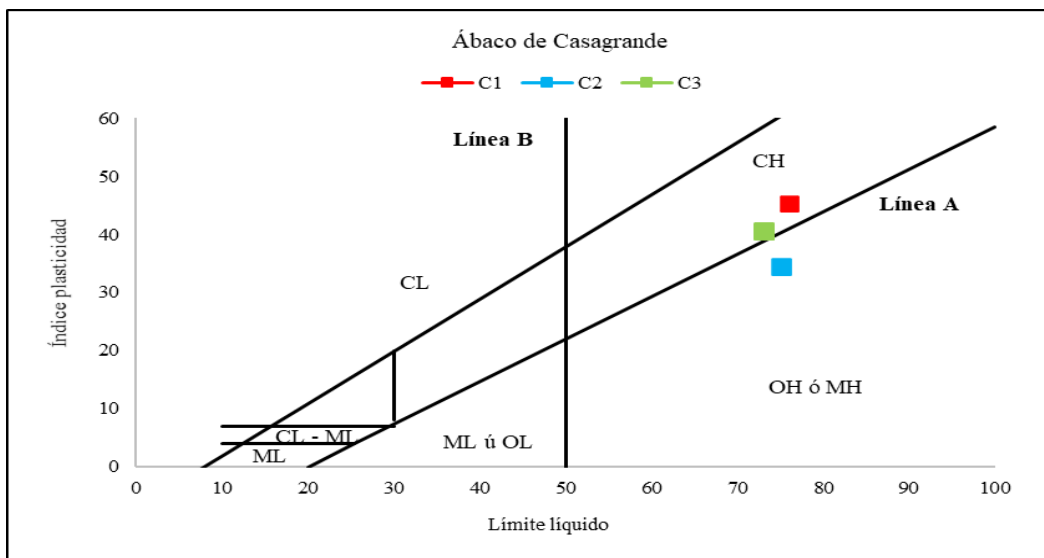
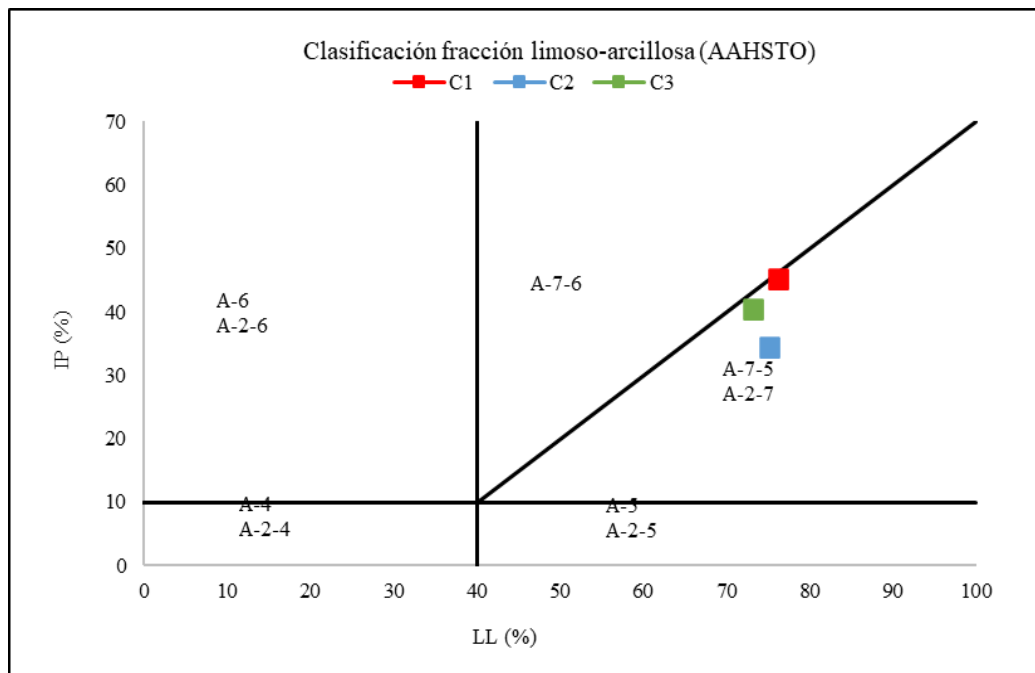


Figura 36

Clasificación SUCS del Suelo



4.1.2. Características físicas del suelo con residuos de cal

El límite plástico del suelo de la calicata 1 (arcilla de alta plasticidad) aumenta conforme se incrementa el porcentaje de cal en el suelo, en cambio, el límite líquido e índice de plasticidad del suelo disminuye, el índice de plasticidad del suelo natural es 45.19%, pero al adicionar 12% de cal, se logra disminuir el valor a 24.31% de índice de plasticidad, no obstante, sigue clasificándose como suelo con alta plasticidad según el MTC (2014), debido a que supera el rango IP de 20%.

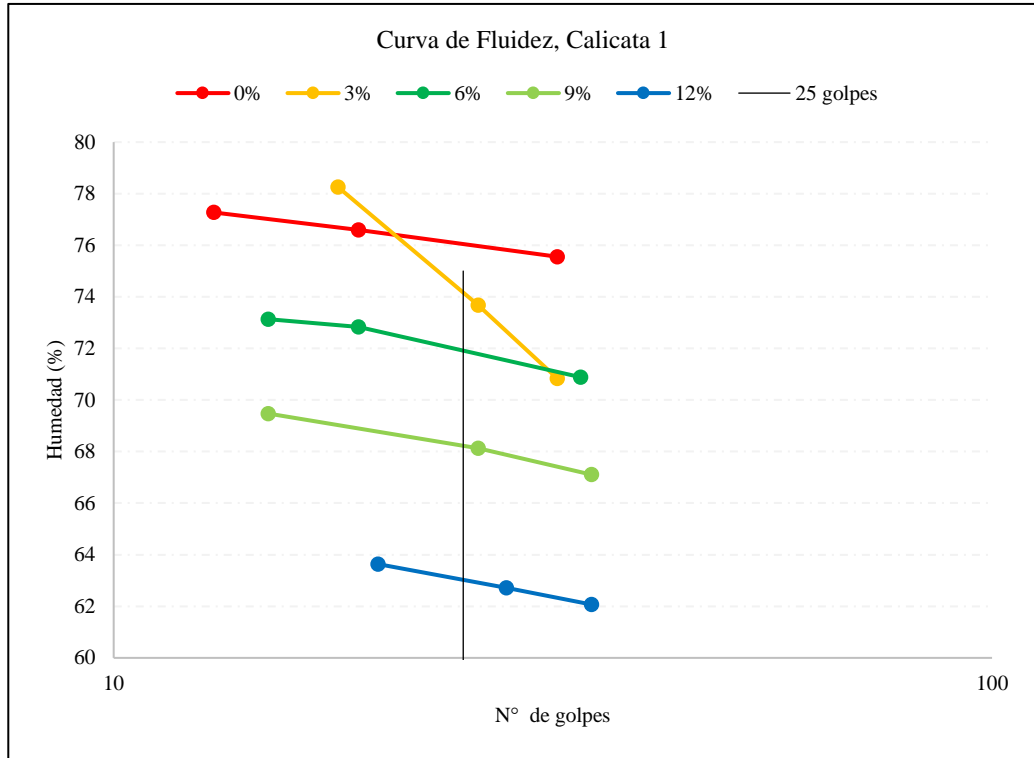
Tabla 16

Límites de Consistencia del Suelo con Residuos de Cal, Calicata 1

Calicata 1	0%	3%	6%	9%	12%
LL	76.15	74.44	72	68.28	63.08
LP	30.96	31.9	32.73	34.25	38.77
IP	45.19	42.54	39.27	34.03	24.31

Figura 37

Curva de Fluidez del suelo con Residuos de Cal, Calicata 1



El límite plástico del suelo de la calicata 2 (arena limosa) aumenta conforme se incrementa el porcentaje de cal en el suelo, en cambio, el límite líquido e índice de plasticidad del suelo disminuye, el índice de plasticidad del suelo natural es 34.45%, pero al adicionar 12% de cal, se logra disminuir el valor a 11.52% de índice de plasticidad, por lo que, cambia de la clasificación de alta plasticidad ($IP > 20\%$) a mediana plasticidad (IP entre 7 a 20%) según el MTC (2014).

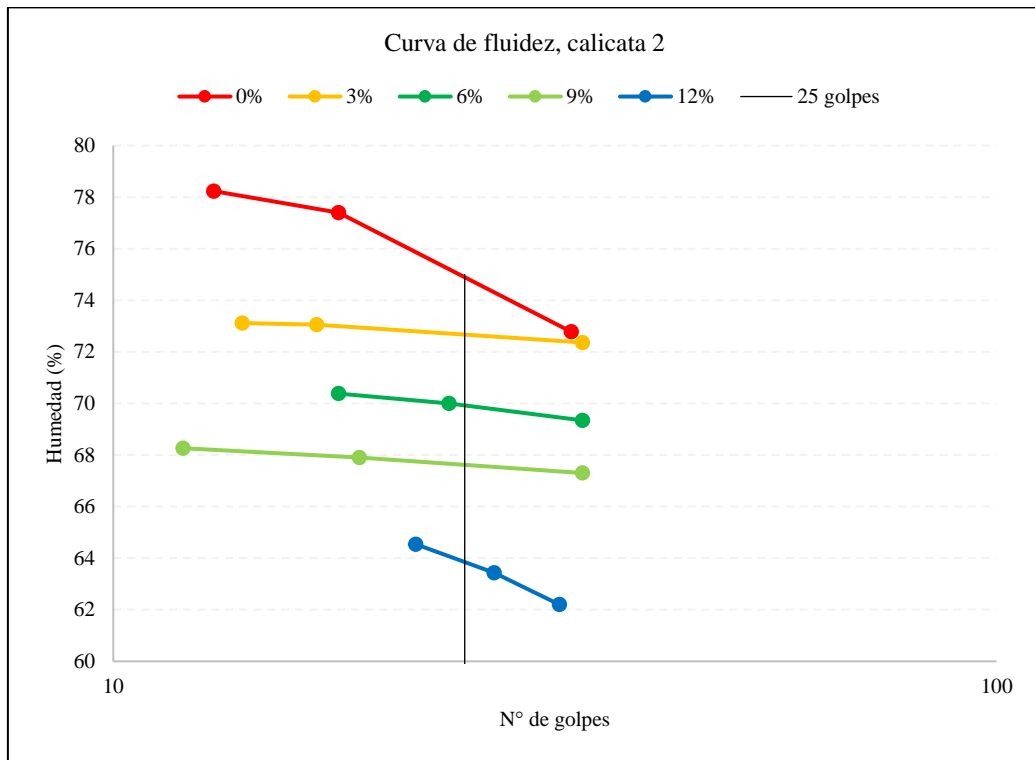
Tabla 17

Límites de Consistencia del Suelo con Residuos de Cal, Calicata 2

Calicata 2	0%	3%	6%	9%	12%
LL	75.11	72.72	69.93	67.68	63.86
LP	40.66	41.46	46.41	49.68	52.34
IP	34.45	31.26	23.52	18.00	11.52

Figura 38

Curva de Fluidez del suelo con Residuos de Cal, Calicata 2



El límite plástico del suelo de la calicata 3 (arcilla de alta plasticidad) aumenta conforme se incrementa el porcentaje de cal en el suelo, en cambio, el límite líquido e índice de plasticidad del suelo disminuye, el índice de plasticidad del suelo natural es 40.43%, pero al adicionar 12% de cal, se logra disminuir el valor a 27.50% de índice de plasticidad, no obstante, sigue clasificándose como suelo con alta plasticidad según el MTC (2014), debido a que supera el rango IP de 20%.

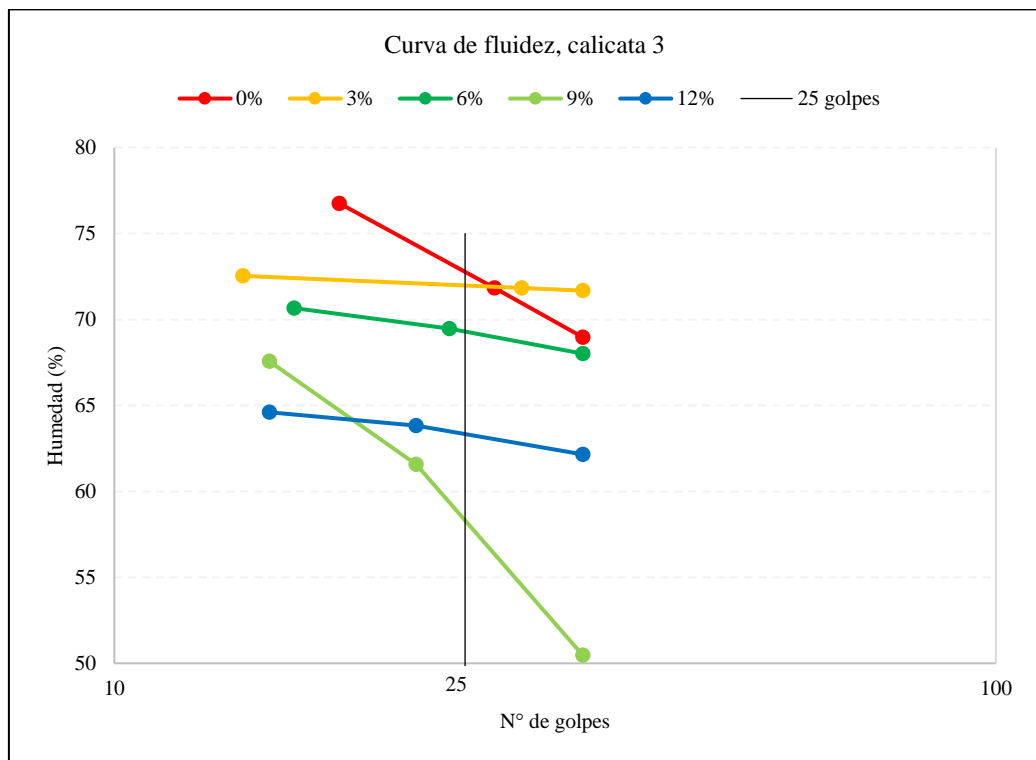
Tabla 18

Límites de Consistencia del Suelo con Residuos de Cal, Calicata 3

Calicata 3	0%	3%	6%	9%	12%
LL	73.17	72.05	69.33	67.97	63.35
LP	32.74	33.98	35.53	39.14	35.85
IP	40.43	38.07	33.8	28.83	27.5

Figura 39

Curva de Fluidez del suelo con Residuos de Cal, Calicata 3



4.1.3. Características mecánicas del suelo con residuos de cal

El suelo de la calicata 1 (arcilla de alta plasticidad), logra su máxima densidad seca 1.38 g/cm^3 , con 18% de óptimo contenido de humedad, así mismo, al 95% y 100% de MDS alcanza 1.25% y 1.38% de CBR, respectivamente, valores menores a 3%, por lo que, según el MTC (2014) la subrasante se categoriza como inadecuada, siendo así, requiere pasar por estabilización. Al utilizar residuos de cal para estabilizar el suelo arcilloso, se ha determinado que mientras mayor sea el porcentaje de residuos de cal en el suelo, este tiene menor densidad seca, pero, requiere mayor óptimo contenido de humedad, es decir, necesita mayor cantidad de agua para alcanzar su densidad seca máxima, así mismo, mientras se adiciona mayor cantidad de residuos de cal, el CBR al 95% y 100% de MDS, se incrementa, al adicionar 3% de residuos de cal, el suelo alcanza 3.7% de CBR al 95% de MDS, cambiando de la clasificación de subrasante inadecuada a insuficiente (CBR de 3

a 6%), pero al adicionar 6% de residuos de cal, el suelo de la subrasante se clasifica como regular (CBR de 6 a 10%) debido a que tiene CBR al 95% de MDS de 8.0%, al adicionar 9% de residuos de cal, se logra un CBR al 95% de MDS de 19.0%, clasificándose como subrasante buena (CBR de 10 a 20%), y al adicionar 12% de residuos de cal, se alcanza CBR al 95% de MDS de 34.50%, con lo que, el suelo de la subrasante se clasifica como excelente (> 30%) según el MTC (2014).

Tabla 19

Características mecánicas del Suelo con Residuos de Cal, Calicata 1

Calicata 1	0%	3%	6%	9%	12%
Densidad seca máxima (g/cm ³)	1.38	1.33	1.32	1.30	1.29
Óptimo contenido de humedad (%)	18	19	17	19	19.3
CBR al 95% MDS	1.25	3.7	8.0	19.0	34.5
CBR al 100% MDS	1.38	9.6	10.8	34.5	49

Figura 40

Curva de Compactación, del suelo con Residuos de Cal, Calicata 1

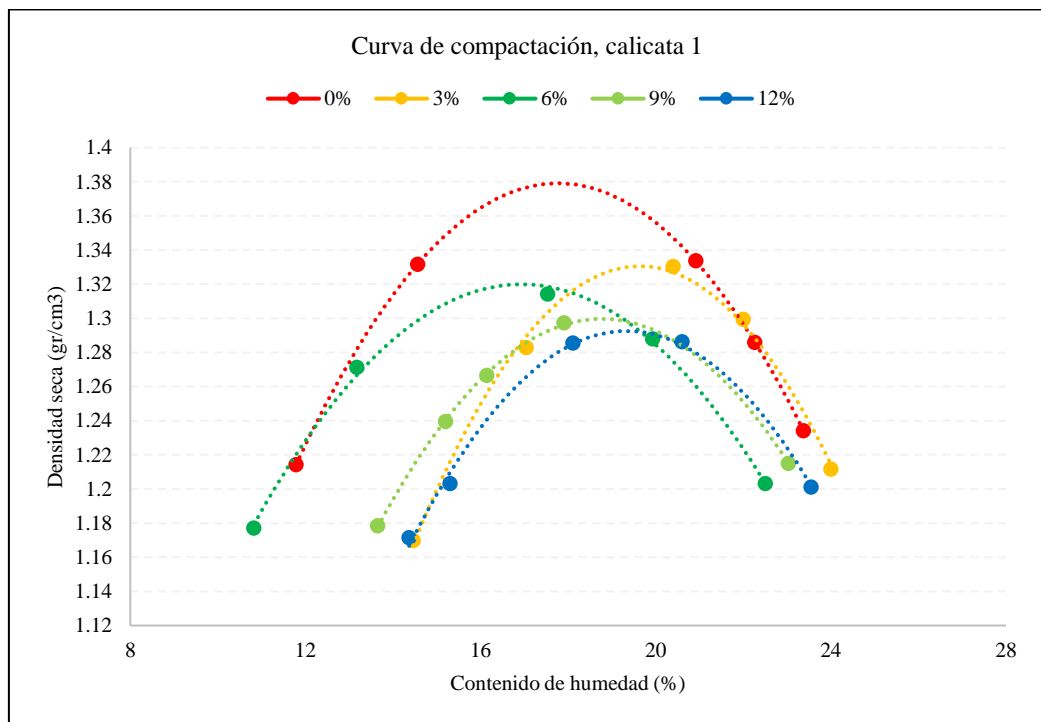
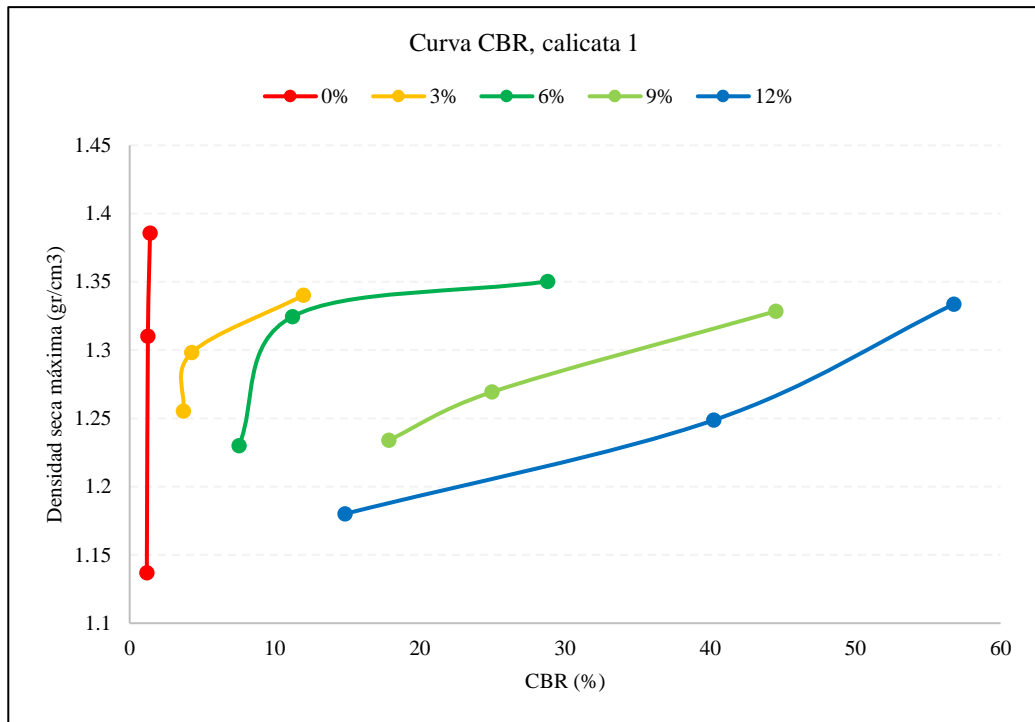


Figura 41

Curva CBR, del suelo con Residuos de Cal, Calicata 1



El suelo de la calicata 2 (arena limosa), logra su máxima densidad seca 1.51 g/cm³, con 17.5% de óptimo contenido de humedad, así mismo, al 95% y 100% de MDS alcanza 4.32% y 6.00% de CBR, respectivamente, valores menores a 6%, por lo que, según el MTC (2014) la subrasante se categoriza como insuficiente. Al utilizar residuos de cal para estabilizar el suelo areno limoso, se ha determinado que mientras mayor sea el porcentaje de residuos de cal en el suelo, este tiene menor densidad seca, pero similar óptimo contenido de humedad, así mismo, mientras se adiciona mayor cantidad de residuos de cal, el CBR al 95% y 100% de MDS, se incrementa, al adicionar 3% de residuos de cal, el suelo alcanza 15% de CBR al 95% de MDS, cambiando de la clasificación de subrasante insuficiente a buena (CBR de 10 a 20%), pero al adicionar 6%, 9% y 12% de residuos de cal, el suelo de la subrasante se clasifica como muy buena (CBR de 20 a 30%) debido a que tiene CBR al 95% de MDS de 23.0%, 23.50%, y 20.0%, lo que significa un

leve declive en la capacidad de soporte del suelo al superar el 9% de adición de residuos de cal, no obstante, al 100% de MDS, no se observa dicho declive sino se muestra un aumento continuo, siendo el CBR para el suelo con 6% de residuos de cal, 27%, subrasante muy buena (CBR de 20 a 30%), mientras que al 9% y 12% de residuos de cal, el CBR es 30% y 36% respectivamente, con lo que, la subrasante se clasifica como excelente (> 30%) según el MTC (2014).

Tabla 20

Características mecánicas del Suelo con Residuos de Cal, Calicata 2

Calicata 2	0%	3%	6%	9%	12%
Densidad seca máxima (g/cm ³)	1.51	1.49	1.46	1.44	1.43
Óptimo contenido de humedad (%)	17.5	17.2	17	16.2	17.6
CBR al 95% MDS	4.32	15	23	23.5	20
CBR al 100% MDS	6	21	27	30	36

Figura 42

Curva de Compactación, del suelo con Residuos de Cal, Calicata 2

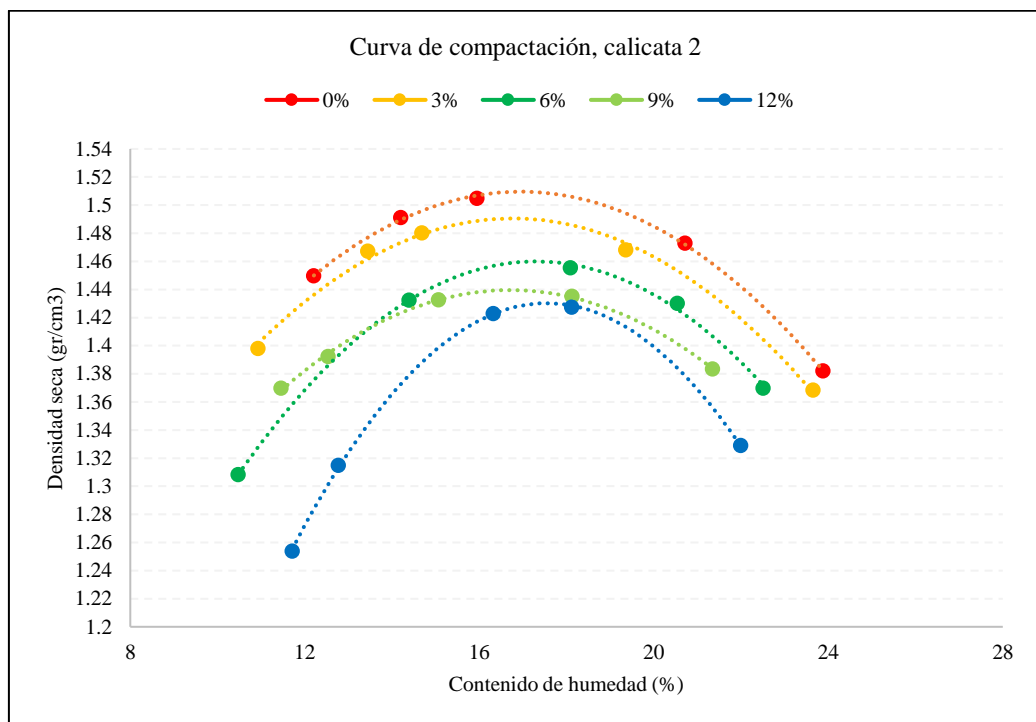
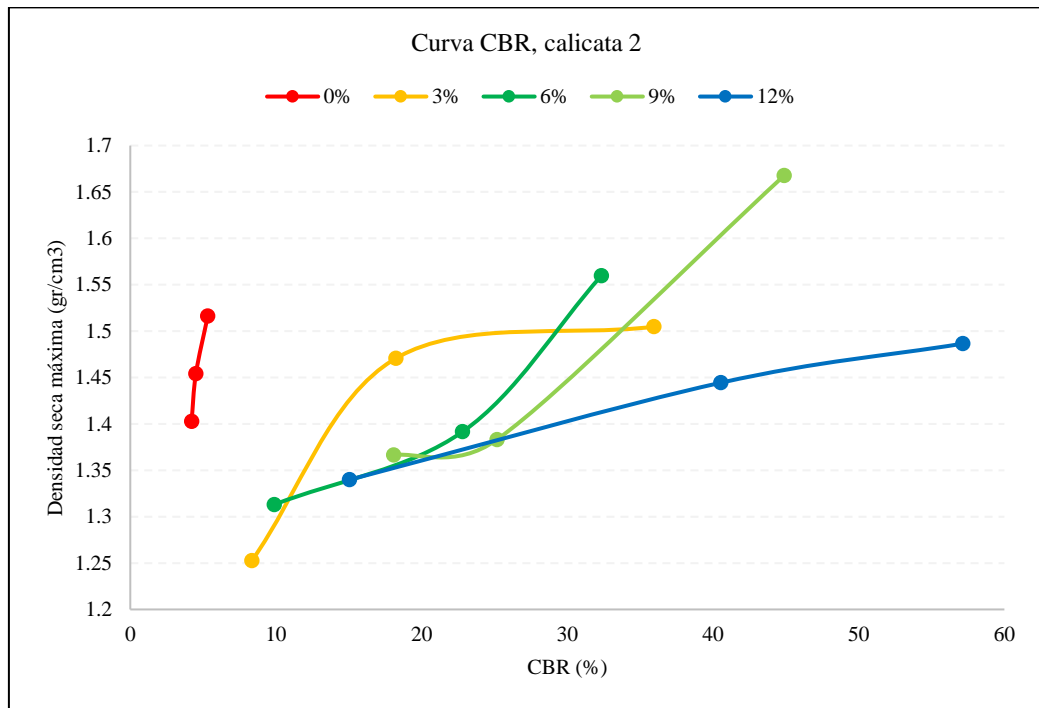


Figura 43

Curva CBR, del suelo con Residuos de Cal, Calicata 2



El suelo de la calicata 3 (arcilla de alta plasticidad), logra su máxima densidad seca 1.53 g/cm³, con 17% de óptimo contenido de humedad, así mismo, al 95% y 100% de MDS alcanza 1.20% y 1.21% de CBR, respectivamente, valores menores a 3%, por lo que, según el MTC (2014) la subrasante es inadecuada. Al utilizar residuos de cal para estabilizar el suelo arcilloso, se ha determinado que mientras mayor sea el porcentaje de residuos de cal en el suelo, este tiene menor densidad seca, pero, requiere mayor cantidad de agua para ello (óptimo contenido de humedad), así mismo, mientras se adiciona mayor cantidad de residuos de cal, el CBR al 95% y 100% de MDS, se incrementa. Al adicionar 3% y 6% de residuos de cal, el suelo alcanza 6% y 8.5% de CBR al 95% de MDS, cambiando de la clasificación de subrasante insuficiente a regular (CBR 6 a 10%), mientras que, al adicionar 9% y 12% de residuos de cal, la subrasante se califica como excelente (CBR >30%) y muy buena (CBR 20 a 30%), debido a que, tiene CBR al 95% de

MDS de 31% y 25%, respectivamente, lo que significa un leve declive en la capacidad de soporte del suelo al superar el 9% de adición de residuos de cal, no obstante, al 100% de MDS, se observa un aumento continuo, siendo el CBR para el suelo con 6% de residuos de cal, 16%, subrasante buena (CBR 10 a 20%); al 9% y 12% de residuos de cal, el CBR es 38% y 41% respectivamente, con lo que, la subrasante se clasifica como excelente (> 30%) según el MTC (2014).

Tabla 21

Características mecánicas del Suelo con Residuos de Cal, Calicata 3

Calicata 3	0%	3%	6%	9%	12%
Densidad seca máxima (g/cm ³)	1.53	1.52	1.51	1.47	1.46
Óptimo contenido de humedad (%)	17	15	14.2	18	21
CBR al 95% MDS	1.2	6	8.5	31	25
CBR al 100% MDS	1.21	12.3	16	38	41

Figura 44

Curva de Compactación, del suelo con Residuos de Cal, Calicata 3

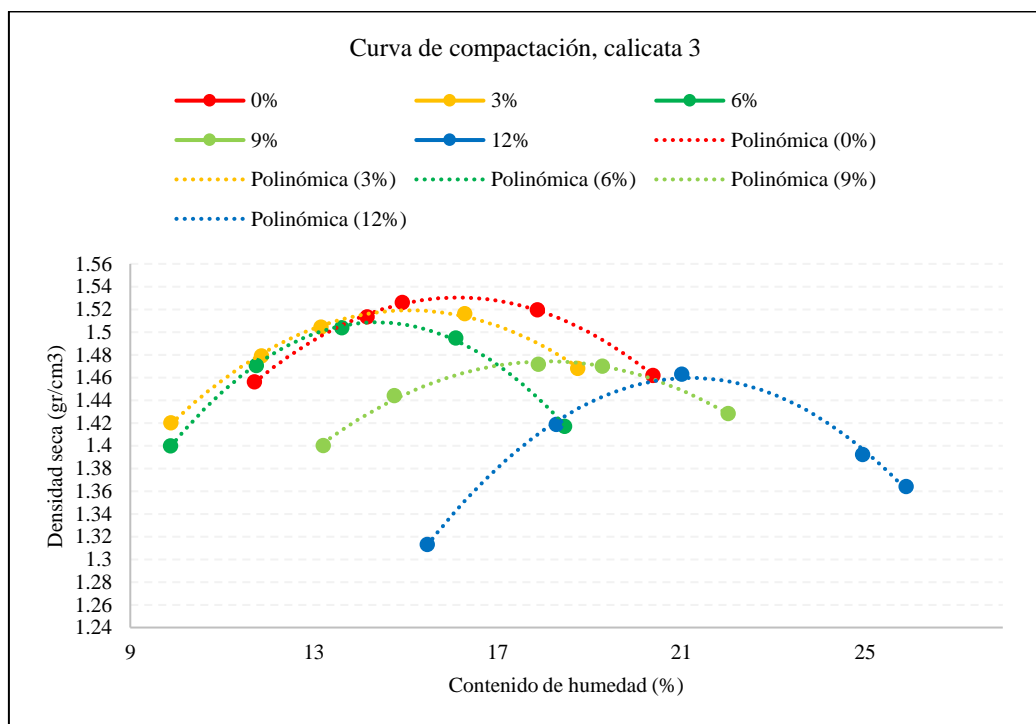
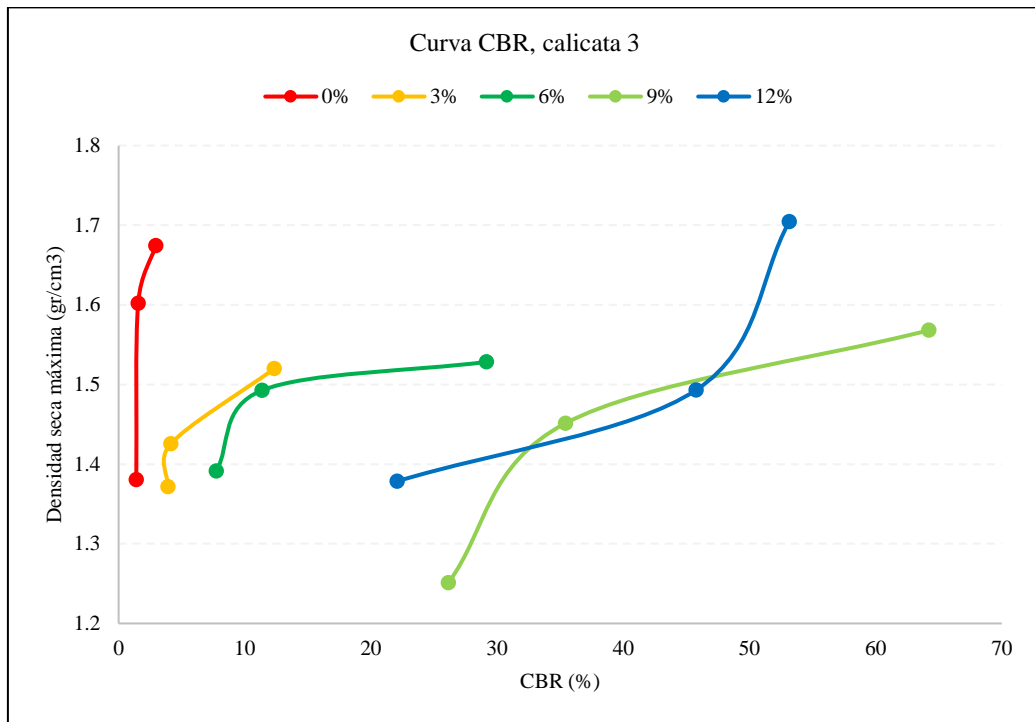


Figura 45

Curva CBR, del suelo con Residuos de Cal, Calicata 3



4.1.4. Comparación técnica

El suelo de la calicata 1, arcilla de alta plasticidad, se categoriza como subrasante altamente plástica e inadecuada por su CBR menor a 3%, según el MTC (2014), pero al utilizar residuos de cal, se logra disminuir el índice plástico, y aumentar la capacidad de soporte del suelo, no obstante, también se incrementa el óptimo contenido de humedad, por lo que, se necesita mayor cantidad de agua, para que el suelo alcance su máxima densidad seca, sin embargo, esto no representa un aspecto negativo, sino que, solo confirma la importancia de mantener el control de calidad durante la compactación, siendo así, el porcentaje con el que, se logran mayores beneficios técnicos es con 12% de residuos de cal, con dicho porcentaje el índice de plasticidad es 24.31%, por tanto, disminuye en 46.20%, en comparación con el índice de plasticidad del suelo natural que es 45.19%, y aumenta el CBR al 95% de MDS en 26,60% respecto al CBR al 95% de MDS del

suelo natural que tan solo era 1.25%, llegando a 34.50% cuando se adiciona 12% de residuos de cal.

Tabla 22

Características Físico-Mecánicas del Suelo con Residuos de Cal, Calicata 1

Calicata 1	0%	3%	6%	9%	12%
LL	76.15	74.44	72	68.28	63.08
LP	30.96	31.9	32.73	34.25	38.77
IP	45.19	42.54	39.27	34.03	24.31
Densidad seca máxima (g/cm ³)	1.38	1.33	1.32	1.3	1.29
Óptimo contenido de humedad (%)	18	19	17	19	19.3
CBR al 95% MDS	1.25	3.7	8	19	34.5
CBR al 100% MDS	1.38	9.6	10.8	34.5	49

Figura 46

Límites de Consistencia, del suelo con Residuos de Cal, Calicata 1

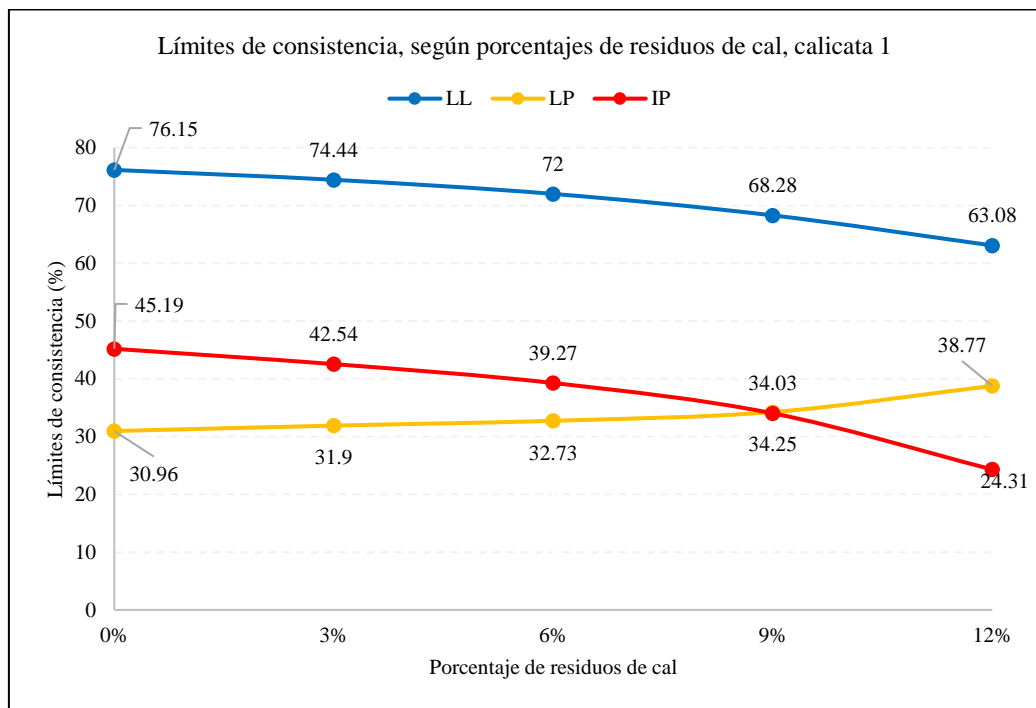


Figura 47

Compactación del Suelo con Residuos de Cal, Calicata 1

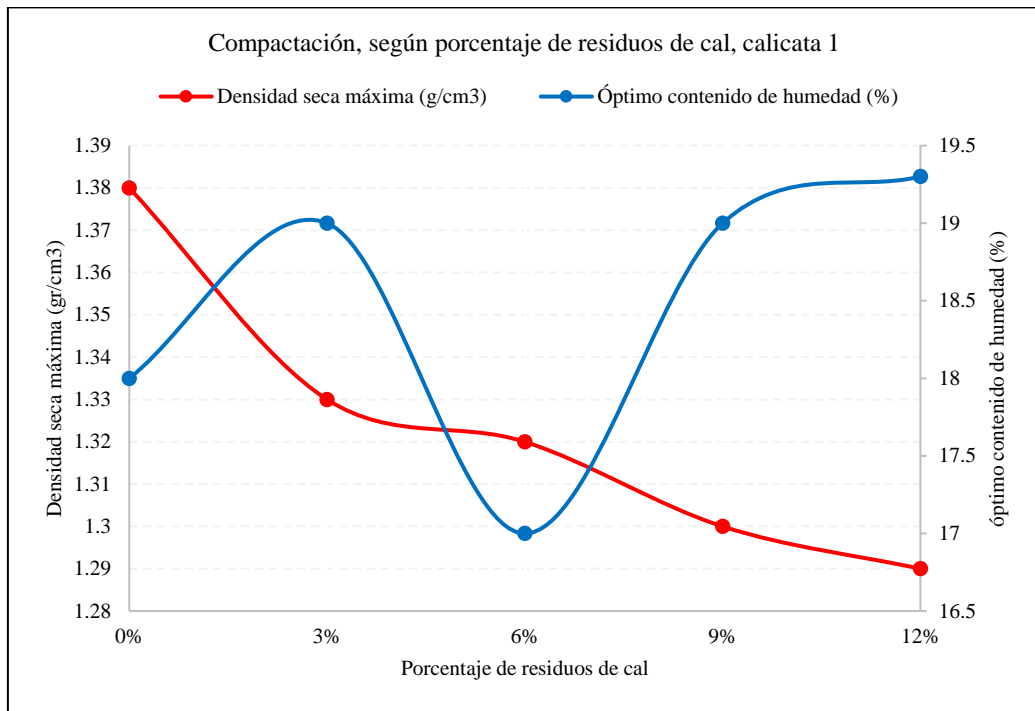
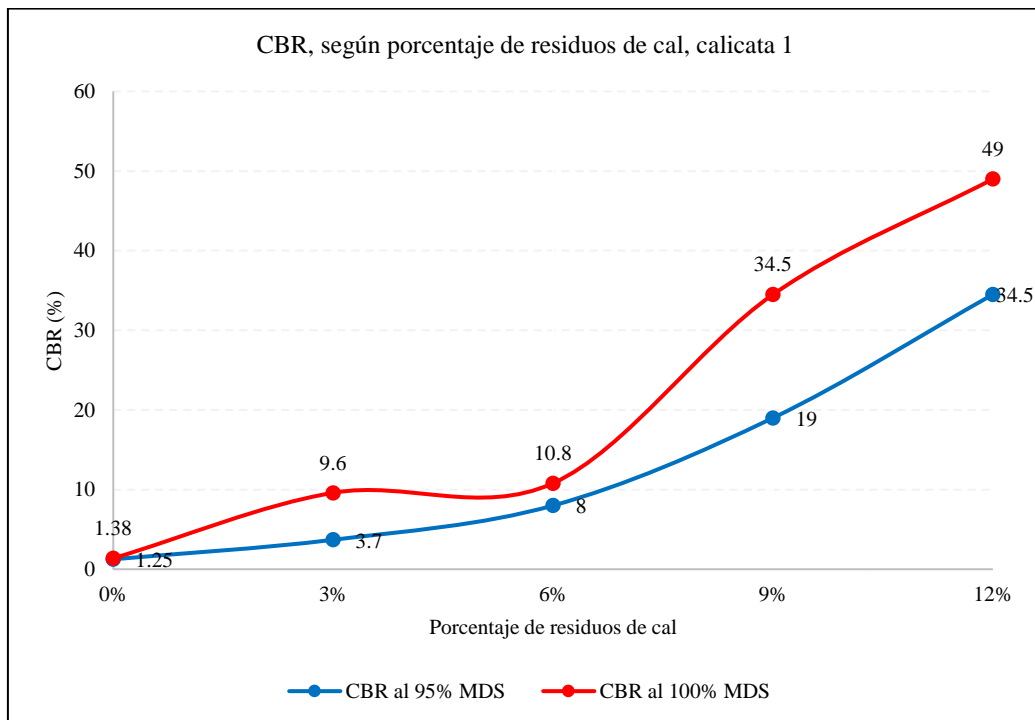


Figura 48

CBR, del suelo con Residuos de Cal, Calicata 1



El suelo de la calicata 2, arena limosa, se categoriza como subrasante altamente plástica e insuficiente por su CBR menor a 6%, según el MTC (2014), pero al utilizar residuos de cal, se logra disminuir el índice plástico, y aumentar la capacidad de soporte del suelo, no obstante, también se incrementa el óptimo contenido de humedad, por lo que, se necesita mayor cantidad de agua, para que el suelo alcance su máxima densidad seca, sin embargo, esto no representa un aspecto negativo, sino que, solo confirma la importancia de mantener el control de calidad durante la compactación, siendo así, el porcentaje con el que, se logran mayores beneficios técnicos es con 12% de residuos de cal, con dicho porcentaje el índice de plasticidad es 11.52%, por tanto, disminuye en 66.56%, en comparación con el índice de plasticidad del suelo natural que es 34.45%, y aumenta el CBR al 95% de MDS en 363% respecto al CBR al 95% de MDS del suelo natural que tan solo era 4.32%, llegando a 20% cuando se adiciona 12% de residuos de cal; sin embargo, si se toma como referencia el CBR al 95% de MDS el porcentaje óptimo de adición de residuos de cal, debe ser 9%, debido a que logra un incremento de 444% respecto al suelo natural, pero si se toma en cuenta los datos del CBR al 100% de MDS entonces el porcentaje óptimo es 12%.

Tabla 23

Características Físico-Mecánicas del Suelo con Residuos de Cal, Calicata 2

Calicata 2	0%	3%	6%	9%	12%
LL	75.11	72.72	69.93	67.68	63.86
LP	40.66	41.46	46.41	49.68	52.34
IP	34.45	31.26	23.52	18	11.52
Densidad seca máxima (g/cm ³)	1.51	1.49	1.46	1.44	1.43
Óptimo contenido de humedad (%)	17.5	17.2	17	16.2	17.6
CBR al 95% MDS	4.32	15	23	23.5	20
CBR al 100% MDS	6	21	27	30	36

Figura 49

Límites de Consistencia, del Suelo con Residuos de Cal, Calicata 2

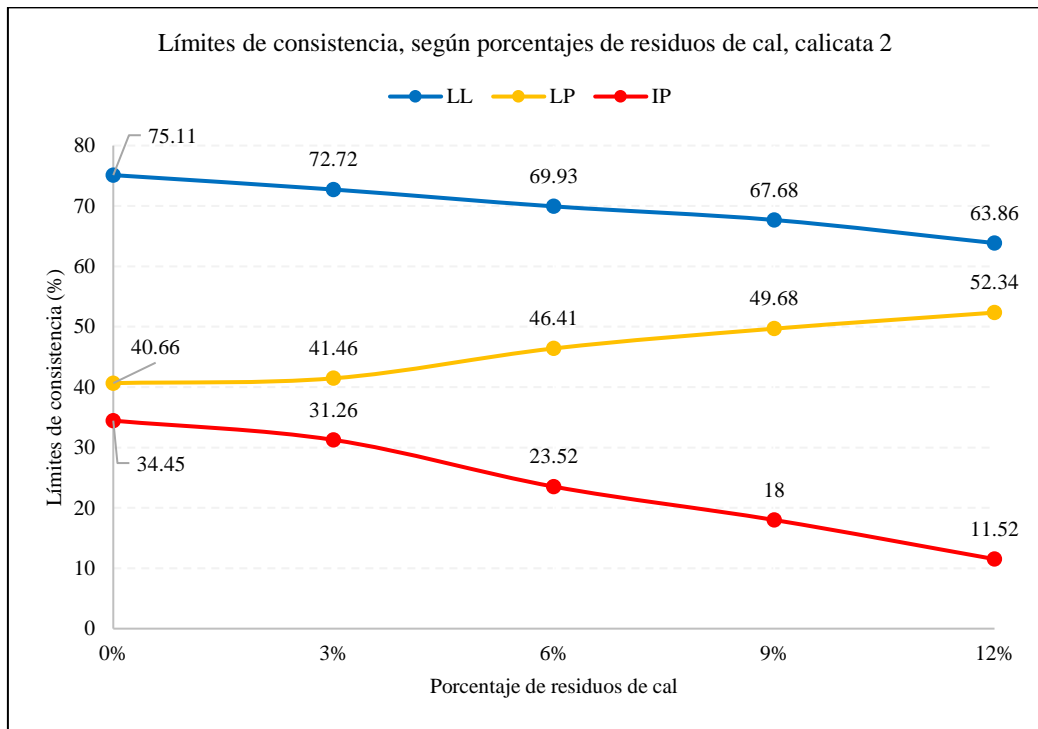


Figura 50

Compactación del Suelo con Residuos de Cal, Calicata 2

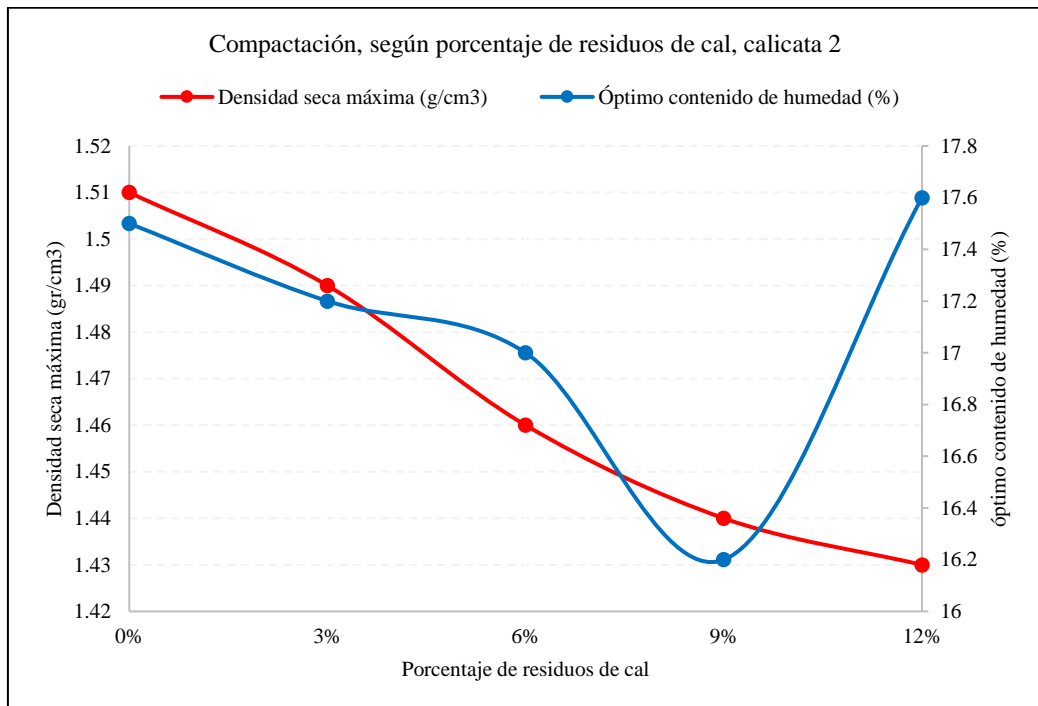
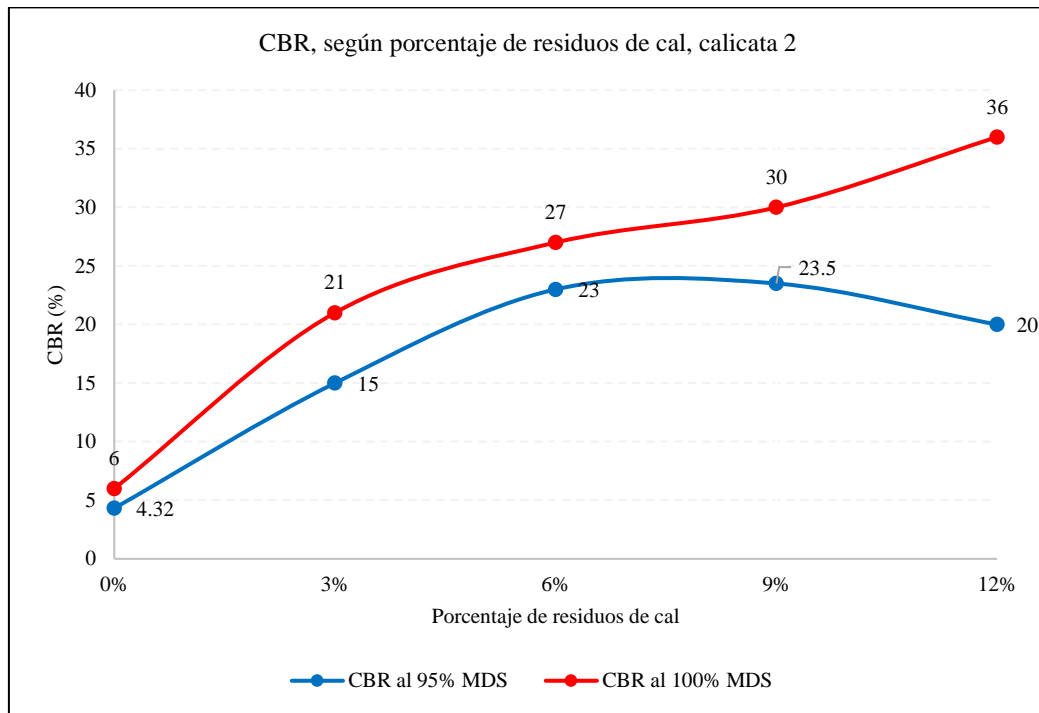


Figura 51

CBR, del suelo con Residuos de Cal, Calicata 2



El suelo de la calicata 3, arcilla de alta plasticidad, se categoriza como subrasante altamente plástica e inadecuada por su CBR menor a 3%, según el MTC (2014), pero al utilizar residuos de cal, se logra disminuir el índice plástico, y aumentar la capacidad de soporte del suelo, no obstante, también se incrementa el óptimo contenido de humedad, por lo que, se necesita mayor cantidad de agua, para que el suelo alcance su máxima densidad seca, sin embargo, esto no representa un aspecto negativo, sino que, solo confirma la importancia de mantener el control de calidad durante la compactación, siendo así, el porcentaje con el que, se logran mayores beneficios técnicos es con 12% de residuos de cal, con dicho porcentaje el índice de plasticidad es 27.5%, por tanto, disminuye en 31.98%, en comparación con el índice de plasticidad del suelo natural que es 40.43%, y aumenta el CBR al 95% de MDS en 1983.30% respecto al CBR al 95% de MDS del suelo natural que tan solo era 1.20%, llegando a 25% cuando se adiciona 12%

de residuos de cal; sin embargo, si se toma como referencia el CBR al 95% de MDS el porcentaje óptimo de adición de residuos de cal, debe ser 9%, debido a que logra un incremento de 2483.30% respecto al suelo natural, pero si se toma en cuenta los datos del CBR al 100% de MDS entonces el porcentaje óptimo es 12%, debido a que el aumento de la capacidad de soporte es continuo.

Tabla 24

Características Físico-Mecánicas del Suelo con Residuos de Cal, Calicata 3

Calicata 3	0%	3%	6%	9%	12%
LL	73.17	72.05	69.33	67.97	63.35
LP	32.74	33.98	35.53	39.14	35.85
IP	40.43	38.07	33.8	28.83	27.5
Densidad seca máxima (g/cm ³)	1.53	1.52	1.51	1.47	1.46
Óptimo contenido de humedad (%)	17	15	14.2	18	21
CBR al 95% MDS	1.2	6	8.5	31	25
CBR al 100% MDS	1.21	12.3	16	38	41

Figura 52

Límites de Consistencia, del suelo con Residuos de Cal, Calicata 3

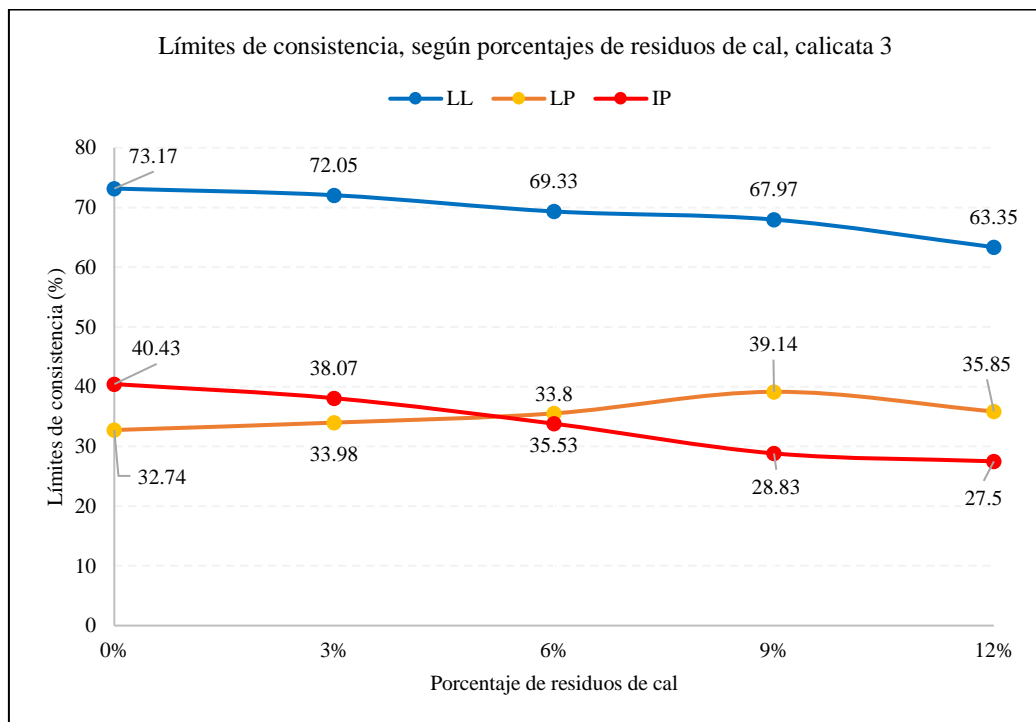


Figura 53

Compactación del Suelo con Residuos de Cal, Calicata 3

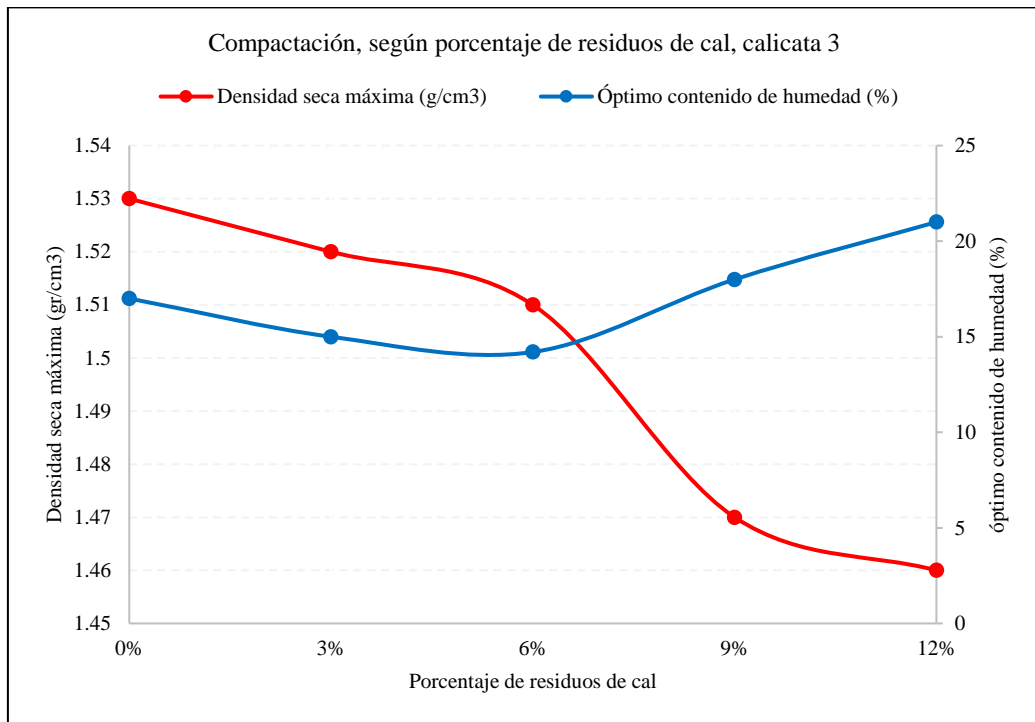
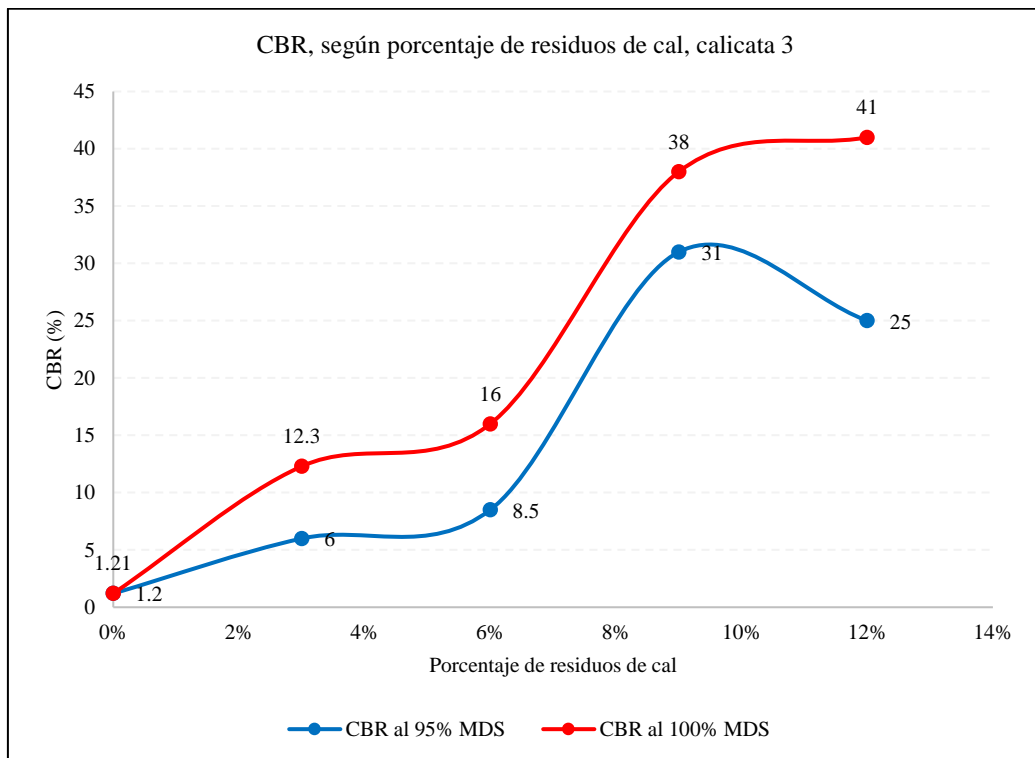


Figura 54

CBR, del suelo con Residuos de Cal, Calicata 3



Si bien a mayor porcentaje de residuos de cal se logra mayor capacidad de soporte para el caso de la calicata 1 (arcilla de altamente plástico), siendo el porcentaje más adecuado 12%, para las calicatas 2 y 3, hay un dilema, debido a que aparentemente según el CBR al 95% de MDS, el porcentaje óptimo es 9% de residuos de cal, ya que al superar dicho porcentaje la capacidad de soporte disminuye formando una curva, mientras que si se toman en cuenta los resultados del CBR al 100% de MDS el porcentaje óptimo es 12% de residuos de cal, ya que el incremento es continuo, siendo así, se puede considerar los resultados más generales definiendo como porcentaje más adecuado al 12%, pero también se debe tomar en cuenta el criterio económico para elegir dicho porcentaje, por ello, se ha definido el espesor de afirmado sobre suelo natural y sobre suelo mejorado con diferentes porcentajes de residuos de cal, considerando un valor ESSAL de 772178.45 definido en el estudio de tráfico (ver anexo). Utilizando el programa “Pavimentos”, se ha colocado el menor CBR al 95% de MDS de cada porcentaje de adición de residuos de cal, para verificar el espesor de la capa de afirmado en mm. Para el suelo natural con CBR al 95% de MDS de 1.20% (calicata 3) se obtiene un espesor de capa afirmada de 83.41 cm, redondeando 85 cm; para el suelo con 3% de residuos de cal, con CBR al 95% de MDS de 3.7% (calicata 1) se obtiene un espesor de capa afirmada de 43.03 cm, redondeando 45 cm; para el suelo con 6% de residuos de cal, con CBR al 95% de MDS de 8.0% (calicata 1), se alcanza un espesor de capa afirmada de 28.85 cm, redondeando 30 cm; para el suelo con 9% de residuos de cal, con CBR al 95% de MDS de 19% (calicata 1), se alcanza un espesor de capa afirmada de 16.77 cm, redondeando 17 cm; y para el suelo con 12% de residuos de cal, con CBR al 95% de MDS de 20% (calicata 2), se obtiene un espesor de capa afirmada de 16.25 cm, redondeando 17 cm.

Verificando así, que al colocar la capa de rodadura sobre suelo estabilizado con 9% de residuos de cal y 12% de residuos de cal, se obtienen espesores similares, siendo así, técnicamente y pensando en los costos de construcción, se define como dosificación óptima a la adición de 9% de residuos de carbón en el suelo de la subrasante.

Tabla 25

CBR del Suelo al 95% y 100% de MDS, con Residuos de Cal

CBR	Calicata	0%	3%	6%	9%	12%
Al 95% de MDS	1	1.25	3.7	8	19	34.5
	2	4.32	15	23	23.5	20
	3	1.20	6	8.5	31	25
Al 100% de MDS	1	1.38	9.6	10.8	34.5	49
	2	6	21	27	30	36
	3	1.21	12.3	16	38	41

Figura 55

IMDa (veh/día) según Tipo de Vehículo

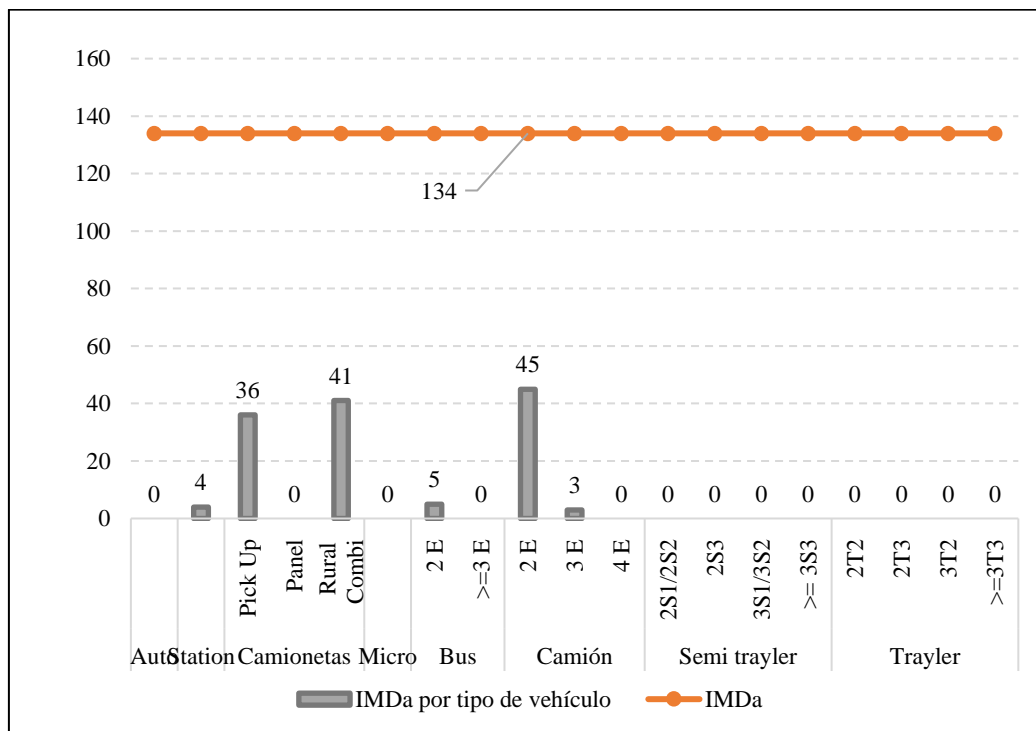


Tabla 26

ESSAL en la Estación La Palma

IMDa	Fc	Factor de presión de llantas	EE	Factor direccional	Factor carril	EE día carril	Fact. Crecimiento	N° rep. EE
0	0.0009	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	21.13	0.00
4	0.0009	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	21.13	0.00
36	0.0009	1.00	0.03	0.50	1.00	0.02	21.13	115.69
0	0.0009	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	21.13	0.00
41	0.0009	1.00	0.04	0.50	1.00	0.02	21.13	154.25
0	0.0009	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	21.13	0.00
5	3.5290	1.00	17.64	0.50	1.00	8.82	22.66	72947.96
0	3.0709	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	22.66	0.00
45	3.5290	1.00	158.80	0.50	1.00	79.40	22.66	656697.05
3	3.4064	1.00	10.22	0.50	1.00	5.11	22.66	42263.50
0	4.9582	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	22.66	0.00
0	5.7851	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	22.66	0.00
0	5.6625	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	22.66	0.00
0	6.5127	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	22.66	0.00
0	5.6625	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	22.66	0.00
0	5.6625	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	22.66	0.00
0	6.3901	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	22.66	0.00
0	8.0412	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	22.66	0.00
0	7.9186	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	22.66	0.00
134	Total						TP6	772,178.45

Figura 56

Espesor de la Capa de Afirmado en el Suelo con Residuos de Cal

Suelo con 0% de residuos de cal

AFIRMADO

CBR % subras: 1.20

EAL: 772178.45

CALCULAR

Espesor de la capa de Afirmado en (mm): 834.06

Suelo con 3% de residuos de cal

AFIRMADO

CBR % subras: 3.7

EAL: 772178.45

CALCULAR

Espesor de la capa de Afirmado en (mm): 430.32

Suelo con 6% de residuos de cal

CBR % subras	8	CALCULAR	Espesor de la capa de Afirmado en (mm)
EAL	772178.45		288.5

Suelo con 9% de residuos de cal

CBR % subras	19	CALCULAR	Espesor de la capa de Afirmado en (mm)
EAL	772178.45		167.67

Suelo con 12% de residuos de cal

CBR % subras	20	CALCULAR	Espesor de la capa de Afirmado en (mm)
EAL	772178.45		162.46

4.2. Discusión de resultados

Para determinar las características físico – mecánicas del suelo natural del Km 8+000 al Km 9+000 de la carretera La Palma – Conchán, se excavaron tres calicatas, distribuidas uniformemente en el kilómetro de carretera, verificando que, la calicata 1 y 3 (ubicadas en los extremos de la ruta) se clasifican como suelo arcilloso altamente plástico, tal como, Jara (2014), Mendoza (2021), Landa y Torres (2019), Rios y Solano (2021), Angulo y Zavaleta (2021), Mohammed (2018), Goud et al. (2018), Mesfun et al. (2019), Dhar y Hussain (2019a), Dhar y Hussain (2019b), Teddy et al. (2021), Onah et al. (2022), Chamberlin y Rao (2021) también trabajaron en suelos arcillosos blandos y expansivos; mientras que, la calicata 2 (ubicada en el centro de la ruta) se clasifica como arena limosa, tal como, Pérez y Troves (2021), Vizcarra y Lujan (2021) y Soni y Varshney (2021) estabilizaron suelos arcillo – arenosos.

Tabla 27*Características Físico Mecánicas del Suelo Natural*

Calicata	1	2	3
Humedad (%)	57.48	32.6	35.33
Grava (%)	0.48	22.02	0
Arena (%)	19.1	43.24	14.52
Finos (%)	80.42	34.74	85.48
LL (%)	76.15	75.11	73.17
LP (%)	30.96	40.66	32.74
IP (%)	45.19	34.45	40.43
AASHTO	A-7-5 (40)	A-2-7 (4)	A-7-5 (39)
SUCS	CH	SM	CH
Densidad seca máxima (g/cm ³)	1.38	1.51	1.53
Óptimo contenido de humedad (%)	18	17.5	17
CBR al 95% MDS	1.25	4.32	1.2
CBR al 100% MDS	1.38	6	1.21

Según el análisis de la capacidad de soporte del suelo, la calicata 2 (suelo areno-limoso) tiene CBR al 95% y 100% de MDS de 4.25% y 6%, valores superiores a los de la calicata 1 y 3 (arcillas altamente plásticas); pero similares, a los valores de CBR de suelo natural analizados por Etim et al. (2022) con 4.3%, Soni y Varshney (2021) con 5.38%, Mohammed (2018) con 5.45%, Rios y Solano (2021) con 4.82%, Landa y Torres (2019) con 3.7%, Pérez y Torves (2021) con 4.5%, Mendoza (2021) con 6.90%, y Fustamante (2021) con 5.20%. El incremento del CBR para la calicata 2, respecto a la calicata 1 y 3, se debe a la diferencia en gradación y plasticidad del suelo, el índice de plasticidad es menor para la calicata 2 (34.45%), que, para el suelo de las otras calicatas (45.19% y 40.43% para la calicata 1 y 3, respectivamente), así mismo, el suelo de la calicata 2 tiene mayor porcentaje de gruesos grava y arena que, la calicata 1 y 3.

El óptimo contenido de humedad de las calicatas 1, 2 y 3, es similar, siendo 18%, 17.5% y 17%, respectivamente, lo que, significa que, el suelo del Km 8+000

al Km 9+000 de la carretera La Palma – Conchán, requiere similar contenido de agua para su compactación, alcanzando la máxima densidad seca.

Así mismo, el CBR al 95% de MDS de la calicata 1 y 3 (arcillas altamente plásticas) es igual a 1.25% y 1.20% respectivamente, tal como, los suelos arcillosos analizados por Goud et al. (2018) con 1.04%, y Velásquez (2018) con 1.30%, no obstante, otros autores (Chamberlin y Rao (2021); Onah et al. (2022); Teddy et al. (2021); Angulo y Zavaleta (2021); Almonacid (2019)) determinaron suelos arcillosos con CBR más altos, esto debido a la diferencia de gradación de gruesos dentro de la muestra de suelo, ya que los suelos del Km 8+000 al Km 9+000 de la carretera La Palma – Conchán, tienen menos del 0.48% de grava, siendo así, en tienen en mayor porcentaje arena y finos.

Al utilizar residuos de cal al 0, 3, 6, 9 y 12% respecto al peso, se mejoran las características físicas de la subrasante del Km 8+000 al Km 9+000 de la carretera La Palma – Conchán, debido a que, se aumenta el límite de plasticidad, y se disminuye el límite líquido e índice de plasticidad, tal como, Mendoza (2021), Mohammed (2018), Goud et al. (2018), Teddy et al. (2021), Etim et al. (2022) y Angulo y Zavaleta (2021), determinaron que, hubo una disminución en los límites de consistencia a medida que aumentaba el porcentaje de cal en el suelo. Sin embargo, al adicionar 9% y 12% de residuos de cal, el suelo de la calicata 1 y 3 se sigue clasificando como altamente plástico, según el MTC (2014), mientras que, el suelo de la calicata 2 con 9% y 12% de residuos de cal, se clasifica como medianamente plástico, según el MTC (2014), tal como, Velásquez (2018) quien logró disminuir la plasticidad del suelo de 44% a 15%, pero, difiere con lo alcanzado por Chamberlin y Rao (2021), quienes con 10% de cal, lograron que el suelo se vuelva no plástico ($IP < 7\%$), Jara (2014) quienes lograron que, la

plasticidad disminuya hasta 9.26% para el suelo con 6% de cal, así mismo, Onah et al. (2022) lograron que el suelo con 9% de cal, pase de 25.80% a 6.60%, pero dicho autor, logra menor índice de plasticidad debido a que, el suelo natural tiene menor IP que el suelo de las calicatas 1, 2 y 3 de la carretera La Palma – Conchán. La diferencia entre el índice de plasticidad alcanzado en la presente investigación, y lo logrado por los diferentes autores, se debe principalmente, a que muchos de estos, no han utilizado residuos de cal, sino la cal en su estado comercial, siendo así, logran mayores porcentajes de reducción, pero aun así, en el presente estudio, se siguen teniendo buenos resultados, considerando que para la calicata 1 y 3 que, son suelos altamente plásticos con 12% de cal, se alcanzan índices de plasticidad de 24.31% y 27.50%, respectivamente.

Al utilizar residuos de cal al 0, 3, 6, 9 y 12% respecto al peso, se disminuye la densidad seca máxima y se aumenta el óptimo contenido de humedad del suelo de la subrasante del Km 8+000 al Km 9+000 de la carretera La Palma – Conchán, tal como, Etim et al. (2022) , quienes determinaron que, a mayor porcentaje de cal en el suelo laterítico, se disminuía la máxima densidad seca con el aumento del contenido de humedad óptimo, así mismo, Teddy et al. (2021) determinaron que, al adicionar cal, la máxima densidad seca disminuye de 1.87 g/cm³ (suelo natural) a 1.58 g/cm³ (suelo con 5% de cal), tal como en el presente estudio. Los autores atribuyen esta disminución en la densidad seca máxima, al acomodo de las partículas durante la compactación, al utilizar la cal, material que tiene una gradación fina, pero al ser un material seco, requiere mayor cantidad de agua para alcanzar su óptima compactación.

Al utilizar residuos de cal al 0, 3, 6, 9 y 12% respecto al peso, se aumenta el CBR al 95% y 100% de MDS del suelo de la subrasante del Km 8+000 al Km

9+000 de la carretera La Palma – Conchán. Para el CBR al 100% de MDS el incremento en la capacidad de soporte del suelo es continuo, es decir a mayor porcentaje de residuos de cal, mayor porcentaje de CBR, sin embargo, al 95% de MDS, la capacidad de soporte del suelo de la calicata 2 y 3 disminuye al superar el 9% de adición de residuos de cal en el suelo, siendo así el porcentaje más adecuado de residuos de cal para su uso en la estabilización de suelos oscila en el rango de 9% a 12%, tal como, Chamberlin y Rao (2021), determinaron que, al adicionar 10% de cal, se obtenía CBR mayor a 25%; Etim et al. (2022) determinaron que, al adicionar 8% de cal el CBR del suelo natural se incrementa de 4.30% a 79.30%; Dhar y Hussain (2019a), argumentan que, el uso de cal mejora el CBR del suelo considerablemente, pero, la mejora se alcanza hasta un límite de 7% de cal, más allá disminuye la rigidez; Mesfun et al. (2019) determinaron que, al aumentar el contenido de cal, la resistencia CBR aumentaba, pero si cambiaban ese porcentaje por piedra pómez, el valor CBR no mostraba ningún aumento significativo, siendo así, obtuvieron a 7% de cal, como proporción óptima de mezcla para estabilizar suelos expansivos.

Pero, Soni y Varshney (2021) determinaron que, el suelo natural tenía CBR de 5.83%, pero después de usar cal, alcanzaba un valor de 8.71%; Landa y Torres (2019) lograron aumentar el CBR de 3.70% a 8.20%, pero utilizando porcentajes mucho mayores de cal, hasta 25% de cal. Estos son dos casos aislados, en los que, la cal no genera un aumento significativo o requiere grandes cantidades del estabilizador químico para alcanzar incrementos significativos.

En cambio, Teddy et al. (2021), aumentaron el CBR del suelo natural de 12% a 48%, al utilizar 6% de cal; Angulo y Zavaleta (2021) utilizaron 6% de cal viva, para incrementar el CBR hasta 88.91%; Rios y Solano (2021) aplicaron 5%

de cal para aumentar el CBR de 4.82% a 19.30%; Almonocid (2019) incremento el CBR a 70.9% utilizando 5% de cal; Mohammed (2018) aumentaron el CBR de 5.45% a 27%, al estabilizar el suelo con 5% de cal; Goud et al. (2018) con tan solo 4% de cal, lograron un incremento del CBR del 1.04% al 9%; Pérez y Troyes (2021) utilizaron estabilizador iónico en 0.30 l/m³, con 4% de cal, alcanzando CBR de 12.13%; Jara (2014) utilizaron 4% de cal para aumentar el CBR hasta 11.48%; Onah et al. (2022) logra el incremento de la capacidad de soporte del suelo con 3% de cal, hasta 32%; Vizcarra y Lujan (2021) utilizaron 3% de cal y ceniza de cáscara de arroz, para aumentar el CBR consiguiendo un valor de 51.3%; es decir los autores mencionados lograron aumentar significativamente el CBR del suelo con menores porcentajes de cal.

La diferencia en los porcentajes de incremento de CBR se debe a que muchos de estos autores (Etim et al. (2022); Chamberlin y Rao (2021); Angulo y Zavaleta (2021), Rios y Solano (2021)) utilizaron cal, y no residuos de cal, otros autores (Mohammed (2018); Goud et al. (2018)) no solo utilizaron cal, sino también cal con otros aditivos estabilizadores, lo que explica que, estos tuvieron un mayor incremento en la capacidad de soporte, pero, aun así, a pesar de usar residuos de cal se tienen resultados favorables; donde, el porcentaje más adecuado de residuos de cal para estabilizar la carretera La Palma – Conchán es 9%.

Tabla 28

Características Físico Mecánicas del Suelo con Residuos de Cal

Propiedades	Calicata	0%	3%	6%	9%	12%
LL %	1	76.15	74.44	72	68.28	63.08
	2	75.11	72.72	69.93	67.68	63.86
	3	73.17	72.05	69.33	67.97	63.35
LP %	1	30.96	31.9	32.73	34.25	38.77
	2	40.66	41.46	46.41	49.68	52.34
	3	32.74	33.98	35.53	39.14	35.85

IP %	1	45.19	42.54	39.27	34.03	24.31
	2	34.45	31.26	23.52	18	11.52
	3	40.43	38.07	33.8	28.83	27.5
Densidad seca máxima (g/cm ³)	1	1.38	1.33	1.32	1.3	1.29
	2	1.51	1.49	1.46	1.44	1.43
	3	1.53	1.52	1.51	1.47	1.46
óptimo contenido de humedad (%)	1	18	19	17	19	19.3
	2	17.5	17.2	17	16.2	17.6
	3	17	15	14.2	18	21
Al 95% de MDS	1	1.25	3.7	8	19	34.5
	2	4.32	15	23	23.5	20
	3	1.2	6	8.5	31	25
Al 100% de MDS	1	1.38	9.6	10.8	34.5	49
	2	6	21	27	30	36
	3	1.21	12.3	16	38	41

Al estabilizar el suelo de la subrasante con residuos de cal, se logra disminuir la capa de afirmado que se requiere en la carretera La Palma – Conchán, tal como, Dhar y Hussain (2019b), determinaron que el suelo tratado con cal óptima cumple con los requisitos de materiales de base para caminos rurales de bajo tráfico, por lo que reducen el espesor total del pavimento y el costo de construcción, así mismo, Young et al. (2019), afirman que, al estabilizar el suelo con cal, se reduce el grosor del pavimento, los costes y el tiempo de construcción del pavimento, además de que se reduce el riesgo de fallo prematuro. En la carretera La Palma – Conchán, el espesor de la capa de afirmado, sobre la subrasante natural es 85 cm, mientras que, al estabilizarla con 3%, 6%, 9% y 12% de residuos de cal, la capa de afirmado asciende a 45 cm, 30 cm, 17 cm y 17 cm, respectivamente, siendo así, al estabilizar el suelo con 9% y 12% de residuos de cal, se alcanza el mismo espesor de afirmado de 17 cm, por lo que, tomando en cuenta que, la única diferencia en el costo de construcción de la capa de rodadura, es el costo de los materiales de construcción, el porcentaje óptimo de residuos de cal es 9%, ya que con dicho porcentaje, se alcanza el menor espesor en la capa de

afirmado, mientras que, con 12% de residuos de cal, se alcanza el mismo espesor de la capa de afirmado. Finalmente, se ultima que, sin importar que, se estén usando residuos de cal, logran mejoras mecánicas significativas como la cal.

Tabla 29

Espesor de la Capa de Afirmado en la Subrasante con Residuos de Cal

Porcentaje de residuos de cal	Espesor de la capa de afirmado (cm)
0%	85
3%	45
6%	30
9%	17
12%	17

4.3. Contrastación de hipótesis

Se realizó la prueba T-studen en el programa Minitab 19, utilizando los datos de la Tabla 30, para aceptar o rechazar la hipótesis nula (H_0) o la hipótesis alternativa (H_1). Cuando el valor p es menor al nivel de significancia 0.05 para un nivel de confianza del 95%, se rechaza H_0 . Las hipótesis en análisis fueron:

- H_0 : El uso de residuos de cal no incide en el mejoramiento del CBR de suelos arcillosos de la subrasante de carreteras de la provincia de Chota: Caso Km 8+000 al Km 9+000 de la carretera La Palma – Conchán. ($CBR \leq 6\%$)
- H_1 : El uso de residuos de cal incide en el mejoramiento del CBR de suelos arcillosos de la subrasante de carreteras de la provincia de Chota: Caso Km 8+000 al Km 9+000 de la carretera La Palma – Conchán. ($CBR > 6\%$)

Tabla 30

Datos de CBR al 95% y 100% de MDS, para el Análisis Estadístico

Calicata	Porcentaje de residuos de cal	CBR al 95% de MDS	CBR al 100% de MDS
1	0%	1.25	1.38
1	3%	3.7	9.6
1	6%	8	10.8
1	9%	19	34.5

1	12%	34.5	49
2	0%	4.32	6
2	3%	15	21
2	6%	23	27
2	9%	23.5	30
2	12%	20	36
3	0%	1.20	1.21
3	3%	6	12.3
3	6%	8.5	16
3	9%	31	38
3	12%	25	41

Determinando según la tabla 31 y tabla 32, que el uso de residuos del proceso de producción de cal incide en el mejoramiento del CBR de suelos arcillosos de la subrasante de la carretera La Palma – Conchán, Km 8+000 al Km 9+000. El valor p para el suelo natural es mayor a 0.05, por tanto, no supera el 6%, de subrasante inadecuada del MTC (2014); así mismo, aun cuando al adicionar 3% y 6% de residuos de cal aumenta la capacidad de soporte del suelo natural, no se logra el incremento suficiente para alcanzar la clasificación de buena según el MTC (2014), pero al adicionar 9% y 12% de residuos de cal, el valor p es menor a 0.05, por lo tanto, incide en el mejoramiento del CBR de suelos arcillosos. Finalmente, se concluye que con 9% a 12% de residuos de cal, se logra el incremento de la capacidad de soporte CBR al 95% y 100% de MDS.

Tabla 31

Prueba T-Student, al CBR al 95% de MDS según Porcentaje de Residuos de Cal

Porcentaje de residuos de cal	Valor T	Valor P
0%	-3.63	0.966
3%	0.65	0.292
6%	1.46	0.141
9%	5.29	0.017
12%	4.82	0.020

Tabla 32

Prueba T-Student, al CBR al 100% de MDS según Porcentaje de Residuos de

Cal

Porcentaje de residuos de cal	Valor T	Valor P
0%	-2.00	0.908
3%	2.41	0.069
6%	2.50	0.065
9%	12.16	0.003
12%	9.51	0.005

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Los residuos del proceso de producción de cal inciden en el mejoramiento del CBR de suelos arcillosos de la subrasante de carreteras de la provincia de Chota: Caso Km 8+000 al Km 9+000 de la carretera La Palma – Conchán, según los lineamientos del manual de suelos y pavimentos (MTC, 2014), a mayor porcentaje de residuos de cal, el índice de plasticidad del suelo disminuye, mientras que, la capacidad de soporte (CBR) del suelo se incrementa. Por tanto, se ha llegado a las siguientes conclusiones específicas:

- Para determinar las características físico mecánicas del suelo natural del Km 8+000 al Km 9+000 de la carretera La Palma – Conchán, se excavaron tres calicatas distribuidas uniformemente en el kilómetro de extensión. La calicata 1 y 3 (ubicadas en los extremos del km) se clasifican como arcillas de alta plasticidad, dentro del grupo A-7-5, mientras que, la calicata 2 (ubicada en el centro del km) se clasifica como arena limosa, dentro del grupo A-2-7 (4). El límite líquido de la calicata 1, 2 y 3, asciende a 76.15%, 75.11% y 73.17%, e índice de plasticidad de la calicata 1, 2 y 3 asciende a 45.19%, 34.45% y 40.43%; siendo así son suelos con alta plasticidad. Así mismo, el CBR al 95% de MDS de la calicata 1, 2 y 3 es 1.25%, 4.32% y 1.20%; y el CBR al 100% de MDS de la calicata 1, 2 y 3 es 1.38%, 6% y 1.21%; clasificando el suelo de la calicata 1 y 3 como subrasante inadecuada, y la calicata 2 como subrasante insuficiente, según el MTC (2014), por lo que, según las características físicas y mecánicas del suelo requiere pasar por procesos de estabilización.

- Los residuos de cal inciden en las características físicas del suelo de la subrasante del km 8+000 al km 9+000 de la carretera La Palma – Conchán, a mayor porcentaje de residuos de cal en el suelo el límite plástico se incrementa, pero el límite líquido e índice de plasticidad disminuyen, lo que, es favorable para reducir la plasticidad y posibilidad de expansión del suelo, no obstante, el MTC (2014) sugiere un índice de plasticidad menor a 20%, para considerarlos suelos de mediana a baja plasticidad, valor que, no se ha obtenido con ninguno de los porcentajes de cal. Al utilizar residuos de cal, al 0%, 3%, 6%, 9% y 12% respecto al peso, en la subrasante el límite plástico se incrementa, siendo para la calicata 1, 30.96%, 31.90%, 32.73%, 34.25% y 38.77%, respectivamente, para la calicata 2, 40.66%, 41.46%, 46.41%, 49.68% y 52.34%, respectivamente, para la calicata 3, 32.74%, 33.98%, 35.53%, 39.14% y 35.85%; mientras que, el límite líquido e índice de plasticidad disminuyen; el límite líquido, alcanzado con 0%, 3%, 6%, 9% y 12% de residuos de cal es 76.15%, 74.44%, 72%, 68.28% y 63.08% para la calicata 1, 75.11%, 72.72%, 69.93%, 67.68%, y 63.86% para la calicata 2, y 73.17%, 72.05%, 69.33%, 67.97%, y 63.35% para la calicata 3, respectivamente; mientras que, el índice de plasticidad, alcanzado con 0%, 3%, 6%, 9% y 12% de residuos de cal para la calicata 1 es 45.19%, 42.54%, 39.27%, 34.03%, 24.31%, para la calicata 2 es 34.45%, 31.26%, 23.52%, 18%, y 11.52%, y para la calicata 3 es 40.43%, 38.07%, 33.8%, 28.83%, y 27.5%, respectivamente.
- Los residuos de cal inciden en las características mecánicas del suelo de la subrasante del km 8+000 al km 9+000 de la carretera La Palma – Conchán, a mayor porcentaje de residuos de cal en el suelo menor densidad máxima seca,

pero aumenta el óptimo contenido de humedad, es decir se necesita mayor cantidad de agua, para alcanzar su máxima densidad seca; así mismo, también se incrementa la capacidad de soporte del suelo (CBR) hasta un máximo de 9% de adición de residuos de cal. Al utilizar residuos de cal, al 0%, 3%, 6%, 9% y 12% respecto al peso, en la subrasante del Km 8+000 al Km 9+000 de la carretera La Palma – Conchán, la máxima densidad seca disminuye y el óptimo contenido de humedad aumenta, por tanto, se requiere mayor cantidad de agua, durante la compactación, así mismo, a mayor porcentaje de residuos de cal, el CBR al 100% de MDS del suelo tiene un incremento continuo, en cambio el CBR al 95% de MDS, logra un incremento solamente hasta el porcentaje de 9% de residuos de cal, y luego tiende a disminuir. El CBR al 95% de MDS de la calicata 1 al adicionar 0%, 3%, 6%, 9% y 12% de residuos de cal, es 1.25%, 3.7%, 8%, 19%, y 34.5%; de la calicata 2, es 4.32%, 15%, 23%, 23.5%, y 20%, y de la calicata 3 es 1.2%, 6%, 8.5%, 31% y 25%, respectivamente. Por tanto, finalmente se concluye que, el porcentaje más adecuado técnicamente para estabilizar el suelo de la carretera La Palma - Conchán es con 9% de residuos de cal.

5.2. Recomendaciones y/o sugerencias

- Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Chota, o a la Municipalidad Distrital de Conchán, utilizar 9% de residuos de cal para mejorar la capacidad de soporte del suelo de la subrasante de la carretera La Palma – Conchán. Así mismo, se sugiere que, de estabilizar el suelo con residuos de cal, se tiene que tomar en cuenta los óptimos contenidos de humedad, para alcanzar la máxima densidad seca, siendo así, se tiene que tener control de calidad durante la compactación.

- Se sugiere a las procesadoras de cal no desechar los residuos de cal, debido que, a pesar de considerarlos como, elementos de desecho, pueden generar beneficios técnicos al ser utilizados en la estabilización de carreteras, por lo que, aún pueden ser comercializados, pero, con otra denominación a fin de que, el comprador sepa que se tratan de residuos de cal.
- Se espera que este sea el inicio para futuras investigaciones que, busquen mejorar las características físicas y mecánicas del suelo de la subrasante, debido a que, su estabilización, garantiza una menor capa de afirmado o pavimento, según se pretenda constituir la capa de rodadura.

CAPÍTULO VI.

REFERENCIAS

- Adeyanju, E. A., & Okeke, C. A. (2019). Clay soil stabilization using cement kiln dust. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 640(1), 1-11. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/640/1/012080/meta>
- Aguilar, H.O. y Bravo, J.C. (2020). *Evaluación de la ceniza de fondo para la estabilización de suelos arcillosos provenientes de la zona ladrillera del distrito de San Jerónimo – Cusco*. [Tesis de grado, Universidad Andina del Cusco]. <https://hdl.handle.net/20.500.12557/3605>
- Akpila, S. B., & Jaja, G. W. T. (2019). Reliability of Soil and Ground Improvement Techniques on Peaty Clay Soil—A Review. *Int. J. Trend Sci. Res. Dev*, 3, 682-690.
- Almonacid, I.M. (2019). *Estabilización de subrasante mediante cal y ceniza de quinua en suelos del centro poblado Viñas, Tayacaja, Huancavelica*. [Tesis de grado, Universidad Peruana Los Andes]. <https://hdl.handle.net/20.500.12848/1916>
- Angulo, M., y Zavaleta, C.N. (2021). *Estabilización de suelos arcillosos con cal para el mejoramiento de las propiedades físico – mecánicas como capa de rodadura en la Prolongación Navarro Cauper, distrito San Juan – Maynas – Iquitos, 2019*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Científica del Perú]. <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/1220>
- Anupam, A. K., Kumar, P., & Ransinchung, G. D. (2013). Use of various agricultural and industrial waste materials in road construction. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 104, 264-273. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.11.119>
- Araujo-Navarro, W. (2014). *Ecuaciones de correlación del CBR con propiedades índice de suelos para la ciudad de Piura*. [Tesis de grado, Universidad de Piura]. https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2192/ICI_208.pdf?sequence=1
- Arribasplata, E.W. (2019). *Influencia de las características geométricas de la carretera entre CP Malat-San Antonio-El Tambo, distrito de José Sabogal-San Marcos-Cajamarca, para la seguridad de la Vía*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/3743>

- Artaraz, M. (2002). Teoría de las tres dimensiones de desarrollo sostenible. *Ecosistemas*, 11(2).
<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/614>
- Ayre, V. (2020). *Determinación del tamaño de los residuos de la explotación industrial del travertino para la obtención óptima de cal viva*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/5861>
- Barrientos Auqui, E. S. (2021). *La técnica de las 3Rs y la conciencia ambiental de la comunidad educativa "Raúl Porras Barrenechea"–Pazos, Huancavelica*. [Tesis para optar el grado académico de maestro en ciencias de la educación, Universidad Nacional de Huancavelica]. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/4207>
- Basu, S., Roy, M., & Pal, P. (2019). Corporate greening in a large developing economy: pollution prevention strategies. *Environment, Development and Sustainability*, 21(4), 1603-1633.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10668-018-0121-3>
- Bell, F. G. (1988). Stabilisation and treatment of clay soils with lime. Part 1-basic principles. *Ground engineering*, 21(1). <https://trid.trb.org/view/293790>
- Bell, F. G. (1996). Lime stabilization of clay minerals and soils. *Engineering geology*, 42(4), 223-237. [https://doi.org/10.1016/0013-7952\(96\)00028-2](https://doi.org/10.1016/0013-7952(96)00028-2)
- Besoain, E. (1985). *Mineralogía de arcillas de suelos* (No. 60). Bib. Orton IICA/CATIE.
- Bonifacio, W.M., y Sánchez, J.A. (2015). *Estabilización química en carreteras no pavimentadas usando cloruro de magnesio, cloruro de calcio y cemento en la región Lambayeque*. [Tesis de grado, Universidad Señor de Sipán].
<https://hdl.handle.net/20.500.12802/3947>
- Caruajulca, E. (2018). *Influencia del aditivo cloruro de sodio como estabilizante de la subrasante de la carretera tramo cruce El Porongo - Aeropuerto – Cajamarca*. [Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2074>
- Castells, X. E. (2012). *Generalidades, conceptos y origen de los residuos: Reciclaje de residuos industriales*. Ediciones Díaz de Santos.
<https://www.edidiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788479788353.pdf>
- Castillo, B.F. (2017). *Estabilización de suelos arcillosos de Macas con valores de CBR menores al 5% y límites líquidos superiores al 100%, para utilizarlos como subrasantes en carreteras*. [Tesis de maestría en ingeniería en vialidad y

transportes, Universidad de Cuenca].

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/26917>

Chamberlin, K. S., & Rao, M. R. (2021, November). Influence of Lime for Enhancing Characteristics of Expansive Soils in Road Works. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1197(1), 1-18. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1197/1/012077/meta>

Chávez, B., Del Águila, N., Luna, V.D., Ocares, F. (2018). *Plan estratégico para el desarrollo de la industria de la cal en la región Cajamarca*. [Tesis para obtener el grado de magíster en administración estratégica de empresas, Universidad Católica del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/10234>

Correa, K.Y. (2017). *Evaluación de las características geométricas de la carretera Cajamarca-Gavilán (km 173-km 158) de acuerdo con las normas de diseño geométrico de carreteras DG-2013*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/1001>

Dhar, S., & Hussain, M. (2019a). Experimental Investigation on Strength and Bearing Capacity Improvement of a High Plasticity Clayey Subgrade Soil Using Lime. In *Key Engineering Materials*, 803(1), 200-206. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.803.200>

Dhar, S., & Hussain, M. (2019b). The strength and microstructural behavior of lime stabilized subgrade soil in road construction. *International Journal of Geotechnical Engineering*. <https://doi.org/10.1080/19386362.2019.1598623>

Etim, R. K., Ekpo, D. U., Udofia, G. E., & Attah, I. C. (2022). Evaluation of lateritic soil stabilized with lime and periwinkle shell ash (PSA) admixture bound for sustainable road materials. *Innovative Infrastructure Solutions*, 7(1), 1-17. <https://link.springer.com/article/10.1007/s41062-021-00665-z>

Fassbender, H. W., & Bornemisza, E. (1987). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. Iica. <https://n9.cl/68rbm>

Fernández, A. (2022). *Evaluación del nivel de riesgo a deslizamiento de taludes mediante los métodos de Taylor y Monte Carlo el tramo peña de los Loros, carretera 3N, Chota*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota].

Fernández, R., y Ticlla, T.N.R. (2020). Análisis de la condición de transitabilidad y nivel de intervención de las carreteras del distrito de Chota. *Revista Ciencia Nor@ndina*, 3(1), 24-29. <https://doi.org/10.37518/2663-6360X2020v3n1p24>

- Firoozi, A. A., Guney Olgun, C., Firoozi, A. A., & Baghini, M. S. (2017). Fundamentals of soil stabilization. *International Journal of Geo-Engineering*, 8(1), 1-16. <https://link.springer.com/article/10.1186/s40703-017-0064-9>
- Fustamante, N. (2021). *Evaluación de la capacidad de soporte del suelo adicionando polímeros reciclados (PET) en la sub rasante de la calle camino real, progresiva Km 0+000 – Km 0+750, Chota*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota].
- Goud, G. N., Hyma, A., Chandra, V. S., & Rani, R. S. (2018, March). Expansive soil stabilization with coir waste and lime for flexible pavement subgrade. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 330(1), 1-9. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/330/1/012130/meta>
- Guerra, K.B.E. (2020). *Capacidad portante (CBR) de tres suelos arcillosos incorporando fibra de pseudotallo de plátano en diferentes porcentajes*. [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. <http://hdl.handle.net/11537/23564>
- Gutiérrez, C.A. (2010). *Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de calcio*. [Tesis de grado para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Ricardo Palma]. <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/116>
- Haas, S., & Ritter, H. J. (2019). Soil improvement with quicklime–long-time behaviour and carbonation. *Road Materials and Pavement Design*, 20(8), 1941-1951. <https://doi.org/10.1080/14680629.2018.1474793>
- Hasriana, Samang, L., Djide, M. N., & Harianto, T. (2018). A study on clay soil improvement with *Bacillus subtilis* bacteria as the road subbase layer. *International Journal*, 15(52), 114-120. <https://doi.org/10.21660/2018.52.97143>
- Hastuty, I. P., & Rahman, A. F. (2019, October). The comparison of adding fly ash and Sinabung ash to limestone towards the soil improvement via CBR value. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 615(1), 012041. IOP Publishing. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/615/1/012041/meta>
- Henao, L. G. (2003). Teoría del desarrollo sostenible y legislación ambiental colombiana, una reflexión, cultural. *Revista de derecho*, (20), 198-215. <https://www.redalyc.org/pdf/851/85102008.pdf>

- Instituto Nacional de Calidad, INACAL. (2021a, 15 de noviembre). *Agregados. Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Método de ensayo*. 3a Ed. INACAL.
- INACAL. (2021b, 15 de noviembre). *Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso. Método de ensayo*. 4a Ed. INACAL.
- INACAL. (2019a, 24 de octubre). *Suelos. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo*. 1ª Ed. INACAL.
- INACAL. (2019b, 24 de octubre). *Suelos. Método de ensayo para el análisis granulométrico*. 1ª Ed. INACAL.
- INACAL. (2019c, 24 de octubre). *Suelos. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos*. 1ª Ed. INACAL.
- INACAL. (2019d, 23 de octubre). *Suelos. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m³ (56 000 pie-lbf/pie³))*. 1ª Ed. INACAL.
- INACAL. (2019e, 23 de octubre). *Suelos. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio*. 1ª Ed. INACAL.
- Irigoin, R., Burga, J., Ramos, Í., & Silva, J. L. (2020). Características físicas de la cantera de arcilla en Lasca, Conchán, Chota. *Revista Ciencia Nor@ndina*, 2(2), 106-114. <https://doi.org/10.37518/2663-6360X2020v2n2p106>
- Ishibashi, I., & Hazarika, H. (2015). *Soil mechanics fundamentals*. CRC Press.
- Jara, R. (2014). *Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/686>
- Khazaei, J., & Moayedi, H. (2019). Soft expansive soil improvement by eco-friendly waste and quick lime. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 44(10), 8337-8346. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13369-017-2590-3>
- Kumari, T., & Kumar, E. N. (2019). Improvement in CBR Value of Soil by Adding Lime and Fly ash. *International Research Journal of Engineering and Techonology*, 681), 399-401.
- Laje, C.D., y Lliguin, A.A. (2020). *Elaboración de bloques decorativos con puzolana, cal, residuos de tusas de maíz para viviendas de Guayaquil*. [Tesis de grado, Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil]. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/3543>

- Landa, J.Y., y Torres, S.F. (2019). *Mejoramiento de suelos arcillosos en subrasante mediante el uso de cenizas volantes de bagazo de caña de azúcar y cal*. [Tesis para optar el grado de bachiller en Ingeniería Civil, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/626177>
- Livia, W. P., Gutiérrez, A., & Universitarios, C. T. (2007). *Estrategias ambientales de las 3R a las 10R*. Ecoe Ediciones. <https://n9.cl/6fuv0>
- Linares, V. P. (2009). Historia de la producción de cal en el norte de la cuenca de México. *CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 16(3), 227-234. <https://www.redalyc.org/pdf/104/10412057002.pdf>
- Llamoga, L.Y. (2017). *Evaluación del potencial de expansión y capacidad portante de suelos arcillosos usados en subrasantes al adicionar ceniza de cascarilla de arroz, Cajamarca 2016*. [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. <http://hdl.handle.net/11537/11195>
- Lomparte, J.A., y Sánchez, D.A. (2019). *Estabilización de la superficie de rodadura mediante el uso de polímero en emulsión vinilo acrílico en la carretera no pavimentada al Centro Poblado Tangay-Nuevo Chimbote-Santa*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Santa]. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3217>
- López, J.J., y Ortíz, G. (2018). *Estabilización de suelos arcillosos con cal para el tratamiento de la subrasante en las calles de la urbanización San Luis de la ciudad de Abancay*. [Tesis de grado, Universidad Tecnológica de los Andes]. <http://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/152>
- Maaitah, O. N. (2012). Soil stabilization by chemical agent. *Geotechnical and Geological Engineering*, 30(6), 1345-1356. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10706-012-9549-7>
- Mendoza, H.M. (2021). *Caracterización de los tipos de estabilización de suelos utilizados para el mejoramiento de las propiedades físicas en subrasantes, Cajamarca 2020*. [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/29475>
- Mesfun, R. T., Quezon, E. T., & Geremew, A. (2019). Experimental study of stabilized expansive soil using pumice mixed with lime for subgrade road construction. *International Journal of Research-Granthaalayah*, 7(7), 118-124. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3355594>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, MTC. (2014). *Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos*. MTC.

- MTC. (2018). *Manual de carreteras: Diseño geométrico DG-2018. RD N° 03-2018 MTC/14*. Dirección general de caminos y ferrocarriles MTC. <https://n9.cl/n9b7>
- Miró, R. (2006, 14 de diciembre). *Nuevas mezclas para capas de rodadura y su influencia en el confort (ruido) y la seguridad*. Universidad Politécnica de Cataluña. <https://n9.cl/8ue20>
- Mohammed, Q. S. (2018). Effect of adding polyacrylamide polymer with lime and cement kiln dust on the properties of expansive clayey soils. *GEOMATE Journal*, 15(51), 233-239. <https://doi.org/10.21660/2018.51.19491>
- Mohd Yunus, N. Z., Wanatowski, D., Marto, A., & Jusoh, S. N. (2017). Strength improvement of lime-treated clay with sodium chloride. *Geotechnical Research*, 4(4), 192-202. <https://doi.org/10.1680/jgere.17.00001>
- Moreno-Maroto, J. M., Alonso-Azcárate, J., & O'Kelly, B. C. (2021). Review and critical examination of fine-grained soil classification systems based on plasticity. *Applied Clay Science*, 200, 105955. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2020.105955>
- Municipalidad Distrital de Conchán, MDC. (2017, junio). *Estudio de mecánica de suelos con fines de pavimentación, para el proyecto: Mejoramiento a nivel de tratamiento superficial bicapa de los tramos de carretera: La Palma – Conchán – La Legua – Distrito de Conchán – Provincia de Chota – Cajamarca*. A&C Exploración Geotécnica y Mecánica de Suelos S.R. Ltda.
- Municipalidad Provincial de Chota, MPCH. (2018). *Plan de desarrollo urbano, PDU 2017 – 2027, Chota*. MPCH.
- Onah, H. N., Nwonu, D. C., & Ikeagwuani, C. C. (2022). Feasibility of lime and biopolymer treatment for soft clay improvement: a comparative and complementary approach. *Arabian Journal of Geosciences*, 15(4), 1-19. <https://doi.org/10.1007/s12517-022-09552-y>
- Palli Apaza, E.E. (2015). *Guía básica para estabilización de suelos con cal en caminos de baja intensidad vehicular en la provincia de San Román*. [Tesis de grado para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional del Altiplano Puno]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2444>
- Parra, M.G. (2018). *Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante*. [Tesis de grado, Universidad Católica de Colombia]. <https://n9.cl/xy9y0>
- Parra Domínguez, M. L., & Briceño Rodríguez, I. I. (2013). Aspectos éticos en la investigación cualitativa. *Revista De Enfermería Neurológica*, 12(3), 118–121. <https://doi.org/10.37976/enfermeria.v12i3.167>

- Pérez, F.M. y Troyes, J.F. (2021). *Efecto del estabilizador iónico y cal en la capacidad portante del suelo de la prolongación de avenida La Agricultura- Chota*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/76317>
- Rico, A., y Del Castillo, H. (2017). *La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres: Carreteras, ferrocarriles y aeropistas, volumen 1*. Limusa.
- Rios, H.A., y Solano, B.A. (2021). *Estudio exploratorio de estabilización de una subrasante de suelo arcilloso con cal viva como material estabilizante en el A.A.H.H Las Colinas, Calle Lagunas – San Juan Bautista – 2021*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Científica del Perú]. <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/1379>
- Sangama, M.G., y Morales, J.G. (2018). *Conservación de superficie de rodadura utilizando el aditivo con-AID súper en la carretera departamental tramo: Emp. SM-100 - Alto Roque - Buena Vista, KM. 6+000 AL KM 6+800. distrito de San Martín de Alao - provincia del Dorado - San Martín*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Martín]. <http://hdl.handle.net/11458/3035>
- Sharma, R. K., & Hymavathi, J. (2016). Effect of fly ash, construction demolition waste and lime on geotechnical characteristics of a clayey soil: a comparative study. *Environmental Earth Sciences*, 75(5), 1-11. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12665-015-4796-6>
- Soni, A., & Varshney, D. (2021, April). Enhancing the California Bearing Ratio (CBR) Value of Clayey-Sand Type of Soil in Mathura Region. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1116(1), 1-9. doi:10.1088/1757-899X/1116/1/012031
- Teddy, Z., Annette, B., & Ainomugisha, S. (2021). Blending Lime with Sugarcane Bagasse Ash for Stabilizing Expansive Clay Soils in Subgrade. *Journal of Engineering & Technological Sciences*, 53(5).
- Velásquez, C. (2018). *Influencia del cemento portland tipo I en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida Dinamarca, sector La Molina*. [Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2534>
- Vizcarra, S. y Lujan, I.L. (2021). *Análisis experimental de las características mecánicas de la subrasante arcillosa del camino vecinal N° SM-707 Tarapoto – San Francisco de Río Mayo estabilizada con 3% de cal tras la adición de Cenizas de*

Cáscara de Arroz (CCA). [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/656757>

Young, S., Ismail, G., & Chong, A. (2019, April). Towards innovative design and construction standards for lime stabilised subgrades. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 512(1), 1-10. doi:10.1088/1757-899X/512/1/012028

CAPÍTULO VII. ANEXOS

Anexo A. Matriz metodológica

Título de tesis: Influencia de los residuos del proceso de producción de cal en el mejoramiento del CBR de suelos arcillosos Chota

Tesista: Aladino Sánchez Vásquez

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p>Problema general ¿Cuál es la incidencia del uso de residuos del proceso de producción de cal en el mejoramiento del CBR de suelos arcillosos de la subrasante de carreteras de la provincia de Chota: Caso Km 8+000 al Km 9+000 de la carretera La Palma – Conchán?</p> <p>Problemas específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> – ¿Cuáles son las características físico-mecánicas del suelo natural del Km 8+000 al Km 9+000 de la carretera La Palma – Conchán? – ¿Cuál es la incidencia del uso de residuos de cal, al 0, 3, 6, 9 y 12% respecto al peso, en las características físicas de la subrasante del Km 8+000 al Km 9+000 de la carretera La Palma – Conchán? – ¿Cuál es la incidencia del uso de residuos de cal, al 0, 3, 6, 9 y 12% respecto al peso, en las características mecánicas de la subrasante del Km 8+000 al Km 9+000 de la carretera La Palma – Conchán? 	<p>Objetivo general Determinar la incidencia del uso de residuos del proceso de producción de cal en el mejoramiento del CBR de suelos arcillosos de la subrasante de carreteras de la provincia de Chota: Caso Km 8+000 al Km 9+000 de la carretera La Palma – Conchán, según los lineamientos del manual de suelos y pavimentos (MTC, 2014).</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> – Determinar las características físico-mecánicas del suelo natural del Km 8+000 al Km 9+000 de la carretera La Palma – Conchán. – Determinar la incidencia del uso de residuos de cal, al 0, 3, 6, 9 y 12% respecto al peso, en las características físicas de la subrasante del Km 8+000 al Km 9+000 de la carretera La Palma – Conchán. – Determinar la incidencia del uso de residuos de cal, al 0, 3, 6, 9 y 12% respecto al peso, en las características mecánicas de la subrasante del Km 8+000 al Km 9+000 de la carretera La Palma – Conchán. 	<p>H1: El uso de residuos del proceso de producción de cal incide en el mejoramiento del CBR de suelos arcillosos de la subrasante de carreteras de la provincia de Chota: Caso Km 8+000 al Km 9+000 de la carretera La Palma – Conchán.</p>	<p>VI Residuos del proceso de producción de cal</p> <p>VD Mejoramiento del CBR de suelos arcillosos</p>	<p>Dosificación</p> <p>Propiedades físicas</p> <p>Propiedades físicas del suelo</p> <p>Clasificación del suelo</p> <p>Propiedades mecánicas del suelo</p>	<p>Porcentaje de adición</p> <p>Gradación</p> <p>Humedad</p> <p>Gradación</p> <p>LL</p> <p>LP</p> <p>IP</p> <p>SUCS</p> <p>AASHTO</p> <p>MDS</p> <p>OCH</p> <p>Expansión</p> <p>CBR</p>	<p>Enfoque: Cuantitativo</p> <p>Tipo de investigación: Aplicada</p> <p>Diseño de investigación: Descriptivo, causal simple</p> <p>Población: El suelo de la subrasante de 1 km, del Km 8+000 al Km 9+000, de la carretera La Palma – Conchán.</p> <p>Muestra: el suelo de tres (3) calicatas ubicadas uniformemente en 1 km, estabilizado con residuos de cal recolectados de la planta procesadora de cal “El Progreso” Bambamarca, al 0%, 3%, 6%, 9% y 12% respecto al peso del suelo.</p>

Anexo B. Fotografías

Fotografía 1. Extracción de residuos de cal



Fotografía 2. Contenido de humedad de los residuos de cal



Fotografía 3. Granulometría de los residuos de cal



Fotografía 4. Extracción de muestras de suelo, C1



Fotografía 5. Extracción de muestras de suelo, C2



Fotografía 6. Extracción de muestras de suelo, C3



Fotografía 7. Contenido de humedad



Fotografía 8. Granulometría



Fotografía 9. Límite líquido del suelo natural



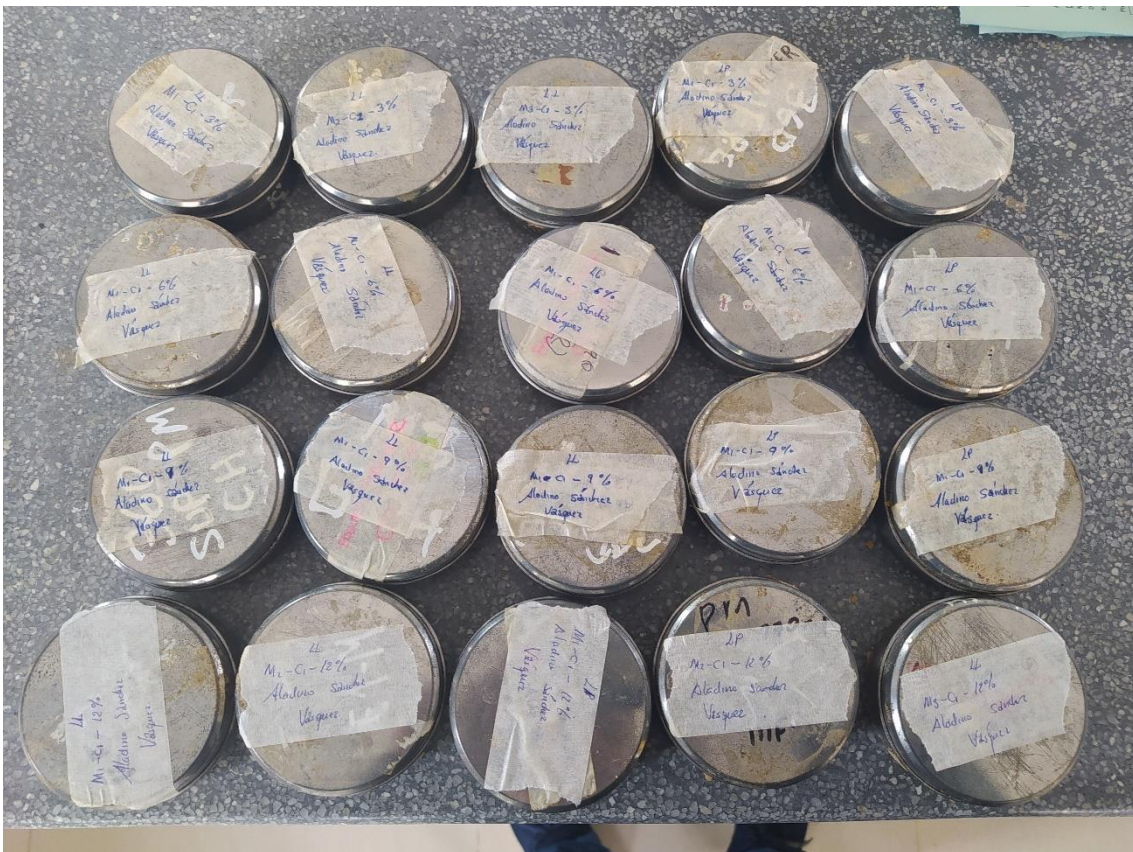
Fotografía 10. Límite plástico del suelo natural



Fotografía 11. Mezcla del suelo con residuos de cal



Fotografía 12. Límites de consistencia del suelo con residuos de cal



Fotografía 13. Proctor modificado del suelo natural



Fotografía 14. Proctor modificado del suelo con residuos de cal



Fotografía 15. Preparación del suelo natural para ensayo de CBR



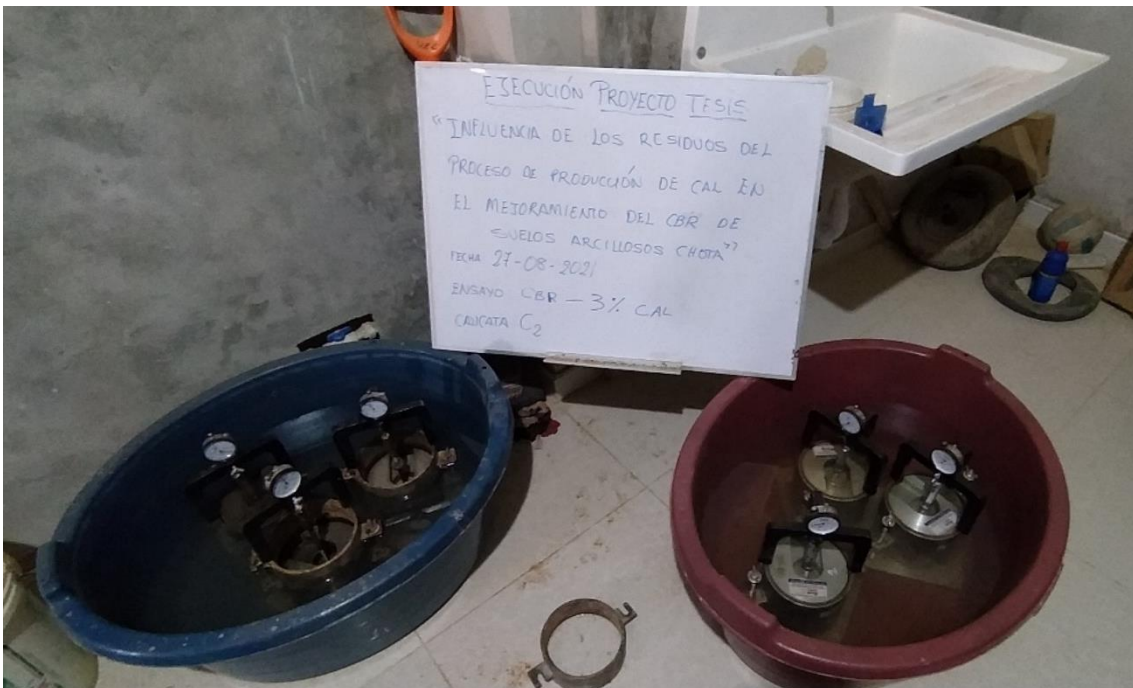
Fotografía 16. Preparación del suelo con residuos de cal para ensayo de CBR



Fotografía 17. Probetas para ensayo CBR



Fotografía 18. Ensayo de hinchamiento del suelo



Fotografía 19. Ensayo de CBR



Anexo C. Resumen, estudio preliminar de suelos (MDC, 2017)



A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

- Mecanica de Suelos
- Cimentaciones
- Concreto
- Laboratorio
- Asfalto
- Canteras
- Roturas de testigos
- Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm * 789105
 Piura Calle Los Eucaliptos Mz - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - Tlf. 073 - 695062
 www.ayceexploraciongeotecnicasrl.com

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACION

PROYECTO



Alberto E. Huamán Rioja
 ING. CIVIL
 Reg. CIP N° 90906





A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

- Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
- Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm * 789105
 Piura Calle Los Eucaliptos Mz - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - Tlf. 073 - 695062
 www.ayceexploraciongeotecnicasrl.com

1. GENERALIDADES

1.1 OBJETO DEL ESTUDIO

A solicitud de la MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CONCHAN. Se efectuó el presente estudio de suelos en el Proyecto "MEJORAMIENTO A NIVEL DE TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA DE LOS TRAMOS DE CARRETERA: LA PALMA – CONCHAN – LA LEGUA – DISTRITO DE CONCHAN – PROVINCIA DE CHOTA - CAJAMARCA", con la finalidad de conocer las características Geomecánicas y comportamiento como base de sustentación de los suelos naturales, para soporte de tráfico y estudio de cantera para su utilización como material de base y sub base.




2.0 INVESTIGACION DE CAMPO

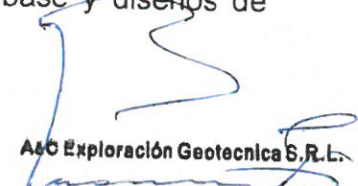
Los trabajos de campo han sido dirigidos a la obtención de la información necesaria para la determinación de las propiedades físicas y mecánicas del suelo, mediante un programa de exploración directa, habiéndose ejecutado Treinta y dos (32) calicatas a cielo abierto; distribuidas de tal manera que cubran toda el área de estudio y que nos permita obtener con bastante aproximación la conformación litológica de los suelos.

En esta fase se han efectuado de cada calicata toma de muestras por cada estrato, para sus ensayos pertinentes en el laboratorio y muestras para las pruebas de C.B.R. (Razón Soporte California), con la finalidad de realizar el diseño de la estructura del pavimento y ensayos de corte directo para las obras de arte.

La profundidad alcanzada en las 32 calicatas es de 1.50 m. El registro de exploración, se presenta en Anexo.

También se realizaron exploraciones para el estudio de canteras para los materiales a utilizarse como materiales de sub base, base y diseños de mezclas de concreto.


Alberto E. Herman Mejía
 ING. CIVIL
 Reg. CIP N° 98908


 A&C Exploración Geotécnica S.R.L.
Cristian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 174530



A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecanica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm * 789105
 Piura Calle Los Eucaliptos Mz - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - Tlf. 073 - 695062
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

2.1 ASPECTOS GEOLOGICOS

En los cuadrángulos de Chota, la Formación Goyllarisquizga constituye las facies de plataforma equivalente a las formaciones anteriores. El Albiano está representado por una secuencia calcárea que reúne a las formaciones Inca, Chúlec, Pariatambo y parte de Pulluicana, hacia el este. La Formación Crisnejas con mayor proporción de clastos, equivale al Albiano medio en los Andes Septentrionales del Perú (BENAVIDES, 1956). Un paquete de calizas y margas en la parte superior constituido por los grupos Pulluicana, Quilquiñán (lutitas) y por las formaciones Cajamarca y Celendín, comprendidas entre el Albiano superior y el Santoniano, señala la culminación de la sedimentación marina del Cretáceo en esta área. El levantamiento del Cretáceo terminal dió origen a la formación de los depósitos continentales de la Formación Chota que yace en discordancia erosional sobre la Formación Celendín.

La actividad volcánica ha sido intensa durante el Terciario y esta representada por andesitas y dacitas del Volcánico Llama el cual está cubierto discordantemente por el Volcánico Porculla compuesto por dacitas y andesitas que infrayacen, en igual relación a las tobas ácidas de la Formación Huambos del Terciario superior.

La provincia estructural representada por una faja plegada y fallada con rumbo NO-SE, que se encuentra en el sector oriental se le denomina "Provincia Cutervo", está constituida mayormente por rocas mesozoicas. Por último, a la anparte central del área de estudio, donde la actividad tectónica es escasa, se la ha llamado "Provincia Santa Cruz".

Por lo menos, se conoce dos fases de deformación en el Paleozoico temprano y una en el Paleozoico superior de rumbo NNE-SSO, asociadas a estructuras de igual rumbo en rocas jurásicas. Una fase de deformación a fines del Cretáceo ocasionó el plegamiento de la cuenca Chimú, cuyas estructuras parecen estar controladas por la geometría de la cuenca. Antes del vulcanismo Llama, ocurrió una deformación con estructuras NO-




 Alberto E. Huamán Ríos
 ING. CIVIL
 Reg. CIP. N° 90307

A&C Exploración Geotécnica S.R.L.


 Cristhian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 174530



A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

- Mecanica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
- Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras


Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm * 789105
 Piura Calle Los Eucaliptos Mz - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - Tif. 073 - 695062
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

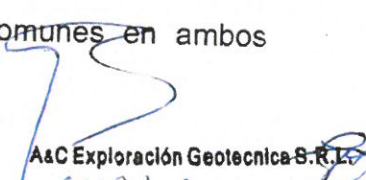
SE que afectó a la provincia Pacasmayo. Las estructuras principales de la parte oriental se deben a una fase del Terciario antes del Volcánico Porculla. Posteriormente ocurrieron eventos menores que culminaron con el levantamiento general de los Andes durante el Terciario Superior-Cuaternario. En el flanco oeste de la Cordillera Occidental afloran plutones pertenecientes al Batolito de la Costa cuya litología va del gabro al granito; su edad está comprendida en el lapso Cretáceo superior-Terciario inferior. Algunos intrusivos menores de composición andesítica y dacítica afloran irregularmente; en muchos casos la mineralización polimetálica de la zona se halla asociada a estos intrusivos.

Estratigráficamente, la secuencia más baja está representada por los clásticos del Grupo Mitu del Paleozoico superior, que en otros lugares descansan discordantemente sobre las filitas del Complejo del Marañón.

Este grupo está cubierto por calizas triásico-liásicas del grupo Pucará. Posteriormente, durante el Titoniano y Neocomiano-Aptiano, en una cuenca de la parte occidental se depositaron cerca de 3,000 m. de sedimentos (Chicama-Farrat); en contraste con lo acontecido en la plataforma o Geoanticlinal del Marañón, donde sólo se han depositado 300 m de clásticos continentales del grupo goyllarisquizga.

Desde el Albiano al Santoniano, la parte occidental recibió más de 2,000 m. de sedimentos calcáreos, mientras que en la parte oriental posteriormente sumergida, la sedimentación fue menor. La primera está relacionada con las formaciones Inca, Chúlec y Pariatambo (equivalentes a la formación Crisnejas del sector oriental), mientras que las formaciones Yumagual, Quilquiñán, Mujarrúm y Celendín son comunes en ambos sectores.


Alberto E. Huamán Rioja
 ING. CIVIL
 Reg. CIP N° 90906


A&C Exploración Geotécnica S.R.L.
Cristhian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 174530





A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

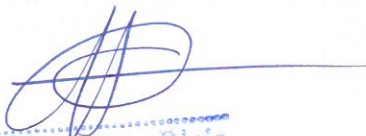
- Mecanica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
- Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

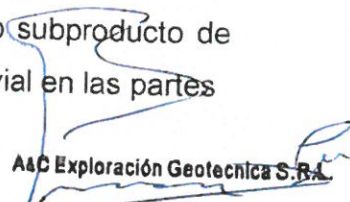
Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm * 789105
 Piura Calle Los Eucaliptos Mz - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - Tlf. 073 - 695062
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

En el Cretáceo tardío, ocurre el primer movimiento deformatorio del Ciclo Andino caracterizado por un levantamiento mayor de la zona de cuenca, dando lugar a una acumulación clástica rojiza sobre la plataforma y el resto de la cuenca (formación Chota). Este evento fue seguido durante el Terciario temprano, por el segundo y principal movimiento deformatorio del Ciclo Andino, el mismo que afectó a todas las formaciones de la cuenca dando lugar a las principales provincias estructurales. Después de un largo período de estabilización, la erosión originó una acumulación conglomerádica en las partes bajas (formación Huaylas) y la aparición de una superficie desgastada, sobre la cual se acumuló la serie volcánica-clástica sub-aérea del grupo calipu, en la parte media del Terciario temprano

A fines del Terciario temprano comienza el tercer movimiento deformatorio del Ciclo Andino, probablemente relacionado con el fallamiento en bloques del basamento, que repercutió con un ondulado sobre la costra volcánico-clástica del grupo Calipuy y aparentemente por una ondulación superpuesta sobre la serie cretácea anteriormente plegada con la misma dirección andina. Inmediatamente después, en los comienzos del Terciario medio, vino el emplazamiento de la mayoría de los cuerpos intrusivos del Batolito Andino.

A partir del Oligoceno y después de otro largo período de estabilización se formó la superficie de erosión Superficie Puna, probablemente afectando en muchos lugares hasta el basamento y rocas intrusivas. En estas condiciones se inicia aparentemente en forma cíclica, el cuarto movimiento deformativo del Ciclo Andino (epirogenético), ocasionando superficies de erosión a diferentes niveles a partir del Mio-Plioceno. Estas superficies algunas veces fueron rellenadas por materiales volcánicos tardíos (volcánico Huambos) y por sedimentos lacustres en las cuencas continentales (formación Cajabamba). Finalmente, como subproducto de la glaciación plio-pleistocénica se acumuló por acción fluvial en las partes


 Alberto E. Huamán Rioja
 ING. CIVIL
 Reg. CIP N° 90906


 A&C Exploración Geotécnica S.R.L.
 Cristian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 174530



A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

- Mecanica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
- Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm * 789105
 Piura Calle Los Eucaliptos Mz - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - Tlf. 073 - 695062
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

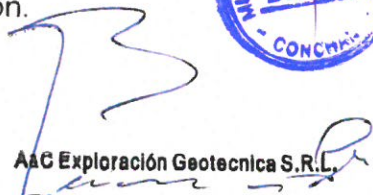
bajas, una serie de materiales fluvioglaciares (formación Condebamba) y depósitos recientes en las innumerables lagunas que progresivamente han ido desaguándose.

Estructuralmente, se ha reconocido la provincia de pliegues y sobreescorrimientos y la provincia imbricada, afectando exclusivamente sedimentos jurásicos-cretáceos; ellas implican transporte lateral del SO al NE de los sedimentos de la cuenca sobre el flanco del geoanticlinal del Maraón, despegadas aparentemente, de algún nivel de las lutitas Chicama.

Las rocas intrusivas son generalmente cuerpos medianos de diorita granodiorita y pequeños stocks de andesitas y dacitas porfiríticas a las cuales se relacionan los yacimientos de cobre diseminado.

La mineralización se extiende por la parte occidental del área siguiendo una fja con contenido de zinc, plata, plomo, cobre (Quirúvilca, Sayapullo, Paredones); en la parte oriental hay otra faja, que además de tener los elementos anteriormente citados, vienen acompañados de tungsteno y molibdeno (Pasto Bueno, Victoria, Tamboras, Huamachuco, Algamarca) finalmente, en la parte NE se tiene los pórfidos cupríferos de Michiquillay, Sorochocho y otros más al Norte, en la misma dirección.


Alberto E. Huamán Rioja
 ING. CIVIL
 Reg. CIP N° 90906


A&C Exploración Geotécnica S.R.L.
Crishthian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 174530



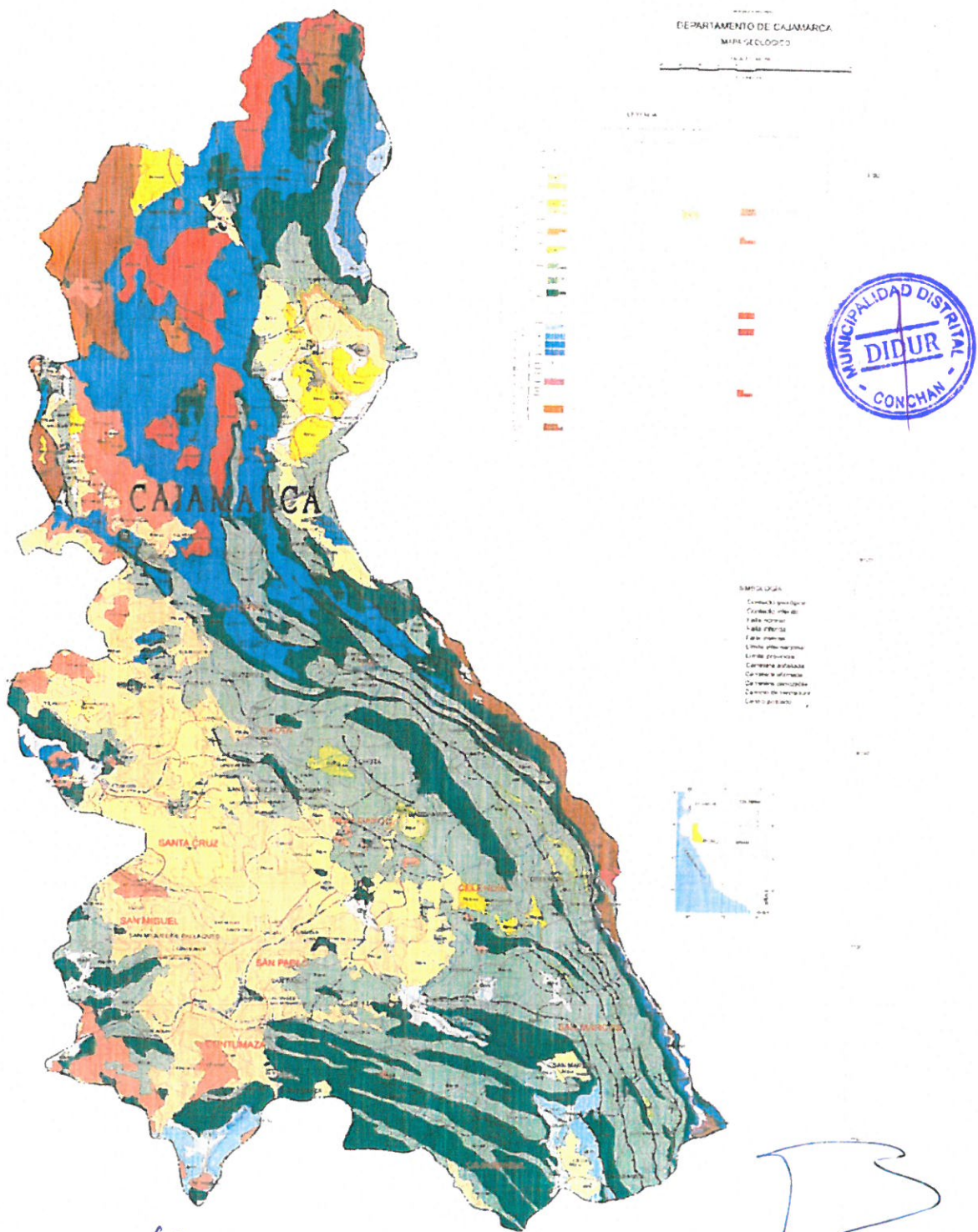


A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

- Mecanica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
- Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm * 789105
 Piura Calle Los Eucaliptos Mz - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - Tlf. 073 - 695062
www.ayceexploraciongeotecnicasrl.com

MAPA GEOLOGICO DE CAJAMARCA




Alberto E. Huamán Rioja
 ING. CIVIL
 Reg. CIP N° 90906


A&C Exploración Geotécnica S.R.L.
Cristhian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 174530



A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecanica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm * 789105
 Piura Calle Los Eucaliptos Mz - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - Tlf. 073 - 695062
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

3.0 ENSAYOS DE LABORATORIO

Las pruebas efectuadas son las siguientes:

❖ Análisis granulométrico por tamizado	AASHTO T 88
❖ Límites de Atterberg	ASTM D 4318
❖ Clasificación de Suelos	AASHTO M 145, ASTM D 2487
❖ Humedad Natural	ASTM – D2216
❖ Proctor Modificado	AASHTO T 180
❖ California Bearing Ratio (CBR)	AASHTO T 193
❖ Abrasión Maquina los Ángeles)	MTC – T – 96
❖ Corte directo	ASTM D 3080

4.0 INTERPRETACION DE RESULTADOS

CALICATA - 1 - Progresivas 0+000

De 0.00 – 0.20 m de profundidad, Se encontró material de afirmado, clasificado.

De 0.20 m de profundidad, se encontró roca fija.



CALICATA - 2 - Progresivas 0+500

De 0.00 – 0.10 m de profundidad, Se encontró material de afirmado, no clasificado.


De 0.10 m de profundidad, se encontró roca fija.

CALICATA - 3 - Progresivas 1+000

De 0.00 – 0.40 m de profundidad, Se encontró material de afirmado, no clasificado.

De 0.40 m de profundidad, se encontró roca fija.


 Alberto E. Huamán Rioja
 ING. CIVIL
 Reg. CIP N° 90906


 AAC Exploración Geotécnica S.R.L.
 Christian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 174530


A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecanica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm * 789105
 Piura Calle Los Eucaliptos Mz - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - Tlf. 073 - 695062
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

CALICATA - 4 - Progresivas 1+500

De 0.00 – 0.20 m de profundidad, Se encontró material de afirmado, no clasificado.

De 0.20 m de profundidad, se encontró roca fija.

CALICATA - 5 - Progresivas 2+000

De 0.00 – 0.25 m de profundidad, Se encontró material de afirmado, no clasificado.

De 0.25 m de profundidad, se encontró roca fija.

CALICATA - 6 - Progresivas 2+500

De 0.00 – 0.05 m de profundidad, Se encontró material de afirmado, no clasificado.

De 0.05 m de profundidad, se encontró roca fija.

CALICATA - 7 - Progresivas 3+000

De 0.00 – 0.10 m de profundidad, Se encontró material de afirmado, no clasificado.

De 0.10 m de profundidad, se encontró roca fija.


CALICATA - 8 - Progresivas 3+500

De 0.00 – 0.15 m de profundidad, Se encontró material de afirmado, no clasificado.


De 0.15 m de profundidad, se encontró roca fija.

CALICATA - 9 - Progresivas 4+000

De 0.00 – 0.40 m de profundidad, Se encontró material de afirmado, no clasificado.

De 0.40 m de profundidad, se encontró roca fija.


Alberto E. Huamán Rioja
 ING. CIVIL
 Reg. CIP N° 90906


 A&C Exploración Geotécnica S.R.L.
Cristian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 174530



A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecanica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolog. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm * 789105
 Piura Calle Los Eucaliptos Mz - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - Tlf. 073 - 695062
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

CALICATA - 10 - Progresivas 4+500

De 0.00 – 0.60 m de profundidad, Se encontró material de afirmado, no clasificado.

De 0.60 – 1.50 m de profundidad, los suelos se encuentran identificados en el Sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), como ML, limos y arenas muy finas o arcillas de baja plasticidad. Color beige oscuro con manchas verduzcas. De consistencia semi dura, con una Humedad Natural de 21.55%.

Clasificado en el Sistema AASHTO como: A – 4 (5).

CALICATA - 11 - Progresivas 5+000

De 0.00 – 0.30 m de profundidad, Se encontró material de afirmado, no clasificado.

De 0.30 – 1.50 m de profundidad, los suelos se encuentran identificados en el Sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), como CL, arcillas inorgánicas de mediana plasticidad. Color beige oscuro con manchas rojizas. De consistencia semi dura, con una Humedad Natural de 36.57%.

Clasificado en el Sistema AASHTO como: A – 7-6 (7).



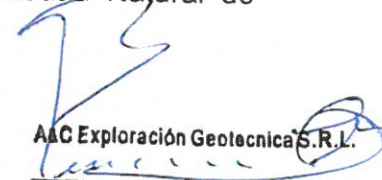
CALICATA - 12 - Progresivas 5+500

De 0.00 – 0.15 m de profundidad, Se encontró material de afirmado, no clasificado.

De 0.15 – 1.50 m de profundidad, los suelos se encuentran identificados en el Sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), como MH, limos inorgánicos, suelos finos de mica. Color rojizo con manchas amarillentas. De consistencia semi suave, con una Humedad Natural de 48.87%.

Clasificado en el Sistema AASHTO como: A – 7-5 (0).


 Alberto E. Zuamán Rioja
 ING. CIVIL
 Reg. CIP N° 90906


 A&C Exploración Geotécnica S.R.L.
 Cristhian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 174530


A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecanica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm * 789105
 Piura Calle Los Eucaliptos Mz - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - Tlf. 073 - 695062
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

CALICATA - 13 - Progresivas 6+000

De 0.00 – 0.10 m de profundidad, Se encontró material de afirmado, no clasificado.

De 0.10 – 1.50 m de profundidad, los suelos se encuentran identificados en el Sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), como CH, arcillas inorgánicas de plasticidad elevada. Color beige oscuro con manchas anaranjadas. De consistencia semi dura, con una Humedad Natural de 47.46%.

Clasificado en el Sistema AASHTO como: A – 7-6 (0).

CALICATA - 14 - Progresivas 6+500

De 0.00 – 0.40 m de profundidad, Se encontró material de afirmado, no clasificado.

De 0.40 – 1.50 m de profundidad, los suelos se encuentran identificados en el Sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), como CH, arcillas inorgánicas de plasticidad elevada. Color beige oscuro con manchas anaranjadas. De consistencia semi dura, con una Humedad Natural de 47.59%.

Clasificado en el Sistema AASHTO como: A – 7-6 (0).



CALICATA - 15 - Progresivas 7+000

De 0.00 – 0.40 m de profundidad, Se encontró material de afirmado, no clasificado.

De 0.40 – 1.50 m de profundidad, los suelos se encuentran identificados en el Sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), como MH, limos inorgánicos, suelos finos de mica. Color anaranjado oscuro con manchas verdes claras. De consistencia semi dura, con una Humedad Natural de 38.71%.

Clasificado en el Sistema AASHTO como: A – 7-5 (0).


 Alberto E. Hyamán Rioja
 ING. CIVIL
 Reg. CIP N° 90906


 A&C Exploración Geotécnica S.R.L.
 Cristian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 174530


A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm * 789105
 Piura Calle Los Eucaliptos Mz - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - Tif. 073 - 695062
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

CALICATA - 16 - Progresivas 7+500

De 0.00 – 0.10 m de profundidad, Se encontró material de afirmado, no clasificado.

De 0.10 – 0.90 m de profundidad, los suelos se encuentran identificados en el Sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), como CH, arcillas inorgánicas de plasticidad elevada. Color anaranjado oscuro. De consistencia semi dura, con una Humedad Natural de 32.65%.

Clasificado en el Sistema AASHTO como: A – 7-6 (0).

De 0.90 – 1.50 m de profundidad, los suelos se encuentran identificados en el Sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), como SP, arenas mal gradadas con pocos finos. Color anaranjado oscuro con manchas marrones y presencia de fragmentos rocosos en desintegración.

De consistencia semi dura, con una Humedad Natural de 17.45%

Clasificado en el Sistema AASHTO como: A – 1-b (0).



CALICATA - 17 - Progresivas 8+000

De 0.00 – 0.10 m de profundidad, Se encontró material de afirmado, no clasificado.

De 0.10 – 1.50 m de profundidad, los suelos se encuentran identificados en el Sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), como CH, arcillas inorgánicas de plasticidad elevada con fragmentos rocosos en grado de desintegración. Color beige oscuro con manchas anaranjadas. De consistencia dura, con una Humedad Natural de 34.59%.

Clasificado en el Sistema AASHTO como: A – 7-6 (0).


 Alberto E. Huamán Rioja
 ING. CIVIL
 Reg. CIP N° 90906


 A&C Exploración Geotécnica S.R.L.
 Cristian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 174530


A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm * 789105
 Piura Calle Los Eucaliptos Mz - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - Tlf. 073 - 695062
 www.ayceexploraciongeotecnicasrl.com

CALICATA - 18 - Progresivas 8+500

De 0.00 – 0.30 m de profundidad, Se encontró material de afirmado, no clasificado.

De 0.30 – 1.50 m de profundidad, los suelos se encuentran identificados en el Sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), como CH, arcillas inorgánicas de plasticidad elevada. Color anaranjado oscuro. De consistencia semi dura, con una Humedad Natural de 46.63%.

Clasificado en el Sistema AASHTO como: A – 7-6 (0).

CALICATA - 19 - Progresivas 9+000

De 0.00 – 0.25 m de profundidad, Se encontró material de afirmado, no clasificado.

De 0.25 – 1.50 m de profundidad, los suelos se encuentran identificados en el Sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), como CH, arcillas inorgánicas de plasticidad elevada. Color anaranjado oscuro. De consistencia semi dura, con una Humedad Natural de 37.46%.

Clasificado en el Sistema AASHTO como: A – 7-6 (0).



CALICATA - 20 - Progresivas 9+500

De 0.00 – 0.20 m de profundidad, Se encontró material de afirmado, no clasificado.

De 0.20 – 1.50 m de profundidad, los suelos se encuentran identificados en el Sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), como CL, arcillas inorgánicas de mediana plasticidad. Color anaranjado oscuro con manchas amarillentas. De consistencia semi dura, con una Humedad Natural de 38.62%.

Clasificado en el Sistema AASHTO como: A – 7-6 (0).


Alberto E. Huanán Rioja
 ING. CIVIL
 Reg. CIP N° 90906


A&C Exploración Geotécnica S.R.L.
Cristhian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 174530


A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecanica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolog. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm * 789105
 Piura Calle Los Eucaliptos Mz - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - Tlf. 073 - 695062
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

CALICATA - 21 - Progresivas 10+000

De 0.00 – 0.10 m de profundidad, Se encontró material de afirmado, no clasificado.

De 0.10 – 1.50 m de profundidad, los suelos se encuentran identificados en el Sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), como MH, limos inorgánicos, suelos finos de mica. Color anaranjado oscuro con manchas amarillentas. De consistencia semi dura, con una Humedad Natural de 46.29%.

Clasificado en el Sistema AASHTO como: A – 7-6 (0).

CALICATA - 22 - Progresivas 10+500

De 0.00 – 0.10 m de profundidad, Se encontró material de afirmado, no clasificado.

De 0.10 – 1.50 m de profundidad, los suelos se encuentran identificados en el Sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), como CL, arcillas inorgánicas de mediana plasticidad. Color rojizo. De consistencia semi dura, con una Humedad Natural de 37.96%.

Clasificado en el Sistema AASHTO como: A – 7-6 (9).



CALICATA - 23 - Progresivas 11+000

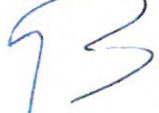
De 0.00 – 0.10 m de profundidad, Se encontró material de afirmado, no clasificado.

De 0.10 – 0.50 m de profundidad, Se encontró roca fragmentada en grado de desintegración.

De 0.50 – 1.50 m de profundidad, los suelos se encuentran identificados en el Sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), como ML, limos y arenas muy finas o arcillas de baja plasticidad. Color anaranjado oscuro. De consistencia dura, con una Humedad Natural de 26.61%.

Clasificado en el Sistema AASHTO como: A – 4 (5).


Alberto E. Huamán Rioja
 ING. CIVIL
 Reg. CIP N° 90906


A&C Exploración Geotécnica S.R.L.
Cristhian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 174530



A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

- Mecanica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
- Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm * 789105
 Piura Calle Los Eucaliptos Mz - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - Tlf. 073 - 695062
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

CALICATA - 24 - Progresivas 11+500

De 0.00 – 0.10 m de profundidad, Se encontró material de afirmado, no clasificado.

De 0.10 – 1.50 m de profundidad, los suelos se encuentran identificados en el Sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), como GC, gravas arcillosas, mezcla de grava, arena y arcilla con presencia de bolonería. Color marrón oscuro. De consistencia semi dura, con una Humedad Natural de 24.52%.

Clasificado en el Sistema AASHTO como: A – 2-4 (0).

CALICATA - 25 - Progresivas 12+000

De 0.00 – 0.40 m de profundidad, Se encontró material de afirmado, no clasificado.

De 0.40 – 1.50 m de profundidad, los suelos se encuentran identificados en el Sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), como CH, arcillas inorgánicas de plasticidad elevada. Color beige oscuro con manchas de oxidaciones y verduzcas. De consistencia semi dura, con una Humedad Natural de 68.87%.

Clasificado en el Sistema AASHTO como: A – 7-6 (0).



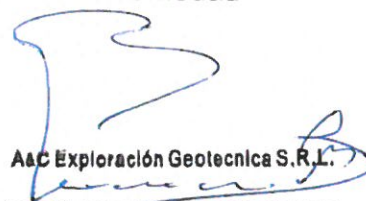
CALICATA - 26 - Progresivas 12+500

De 0.00 – 0.30 m de profundidad, Se encontró material de afirmado, no clasificado.

De 0.30 – 1.50 m de profundidad, los suelos se encuentran identificados en el Sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), como CL, arcillas inorgánicas de mediana plasticidad. Color marrón oscuro con manchas amarillentas. De consistencia semi suave, con una Humedad Natural de 55.59%.

Clasificado en el Sistema AASHTO como: A – 7-6 (7).


Alberto E. Huamán Rioja
 ING. CIVIL
 Reg. CIP N° 90906


A&C Exploración Geotécnica S.R.L.
Cristian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 174530


A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecanica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm * 789105
 Piura Calle Los Eucaliptos Mz - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - Tlf. 073 - 695062
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

CALICATA - 27 - Progresivas 13+000

De 0.00 – 0.30 m de profundidad, Se encontró material de afirmado, no clasificado.

De 0.30 – 0.90 m de profundidad, los suelos se encuentran identificados en el Sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), como **SP**, arenas mal gradadas con pocos finos. Color anaranjado oscuro con manchas blancas y presencia de fragmentos rocosos en desintegración. De consistencia semi dura, con una Humedad Natural de 19.33%.

Clasificado en el Sistema AASHTO como: A – 1-b (0).

De 0.90 – 1.50 m de profundidad, los suelos se encuentran identificados en el Sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), como **MH**, limos inorgánicos, suelos finos de mica. Color beige oscuro con manchas rojas y verdes. De consistencia semi dura, con una Humedad Natural de 49.56%.

Clasificado en el Sistema AASHTO como: A – 7-6 (0).



CALICATA - 28 - Progresivas 13+500

De 0.00 – 0.50 m de profundidad, Se encontró material arenoso con presencia de materia orgánica.

De 0.50 – 1.50 m de profundidad, los suelos se encuentran identificados en el Sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), como **CH**, arcillas inorgánicas de plasticidad elevada con presencia de fragmentos rocosos en grado desintegración. Color anaranjado oscuro con manchas amarillentas y rojizas. De consistencia semi dura, con una Humedad Natural de 62.15%.

Clasificado en el Sistema AASHTO como: A – 7-6 (0).


Alberto E. Huamán Rioja
 ING. CIVIL
 Reg. CIP N° 90906


A&C Exploración Geotécnica S.R.L.
Cristian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 174530


A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm * 789105
 Piura Calle Los Eucaliptos Mz - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - Tif. 073 - 695062
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

CALICATA - 29 - Progresivas 14+000

De 0.00 – 1.50 m de profundidad, los suelos se encuentran identificados en el Sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), como **SP**, arenas mal gradadas con pocos finos. Color amarillento con manchas marrones y presencia de fragmentos rocosos en grado desintegración. De consistencia semi dura, con una Humedad Natural de 17.75%.

Clasificado en el Sistema AASHTO como: A – 1-a (0).

CALICATA - 30 - Progresivas 14+500

De 0.00 – 1.50 m de profundidad, los suelos se encuentran identificados en el Sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), como **SP**, arenas mal gradadas con pocos finos. Color anaranjado claro con manchas blancas y presencia de fragmentos rocosos en grado desintegración. De consistencia semi dura, con una Humedad Natural de 22.46%.

Clasificado en el Sistema AASHTO como: A – 1-a (0).



CALICATA - 31 - Progresivas 15+000

De 0.00 – 0.10 m de profundidad, Se encontró material de afirmado, no clasificado.

De 0.10 – 1.50 m de profundidad, los suelos se encuentran identificados en el Sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), como **GC**, gravas arcillosas, mezcla de grava, arena y arcilla con presencia de fragmentos rocosos en grado de desintegración. Color marrón oscuro con manchas amarillentas. De consistencia dura, con una Humedad Natural de 26.74%.

Clasificado en el Sistema AASHTO como: A – 4 (1).


 Alberto Huamán Rioja
 ING. CIVIL
 Reg. CIP N° 90996


 A&C Exploración Geotécnica S.R.L.
 Crithian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 174530



A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

- Mecanica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
- Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm * 789105
 Piura Calle Los Eucaliptos Mz - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - Tlf. 073 - 695062
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

CALICATA - 32 - Progresivas 15+500

De 0.00 – 0.40 m de profundidad, Se encontró material arenoso con presencia de materia orgánica.

De 0.40 – 1.50 m de profundidad, los suelos se encuentran identificados en el Sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), como ML-CL, limos arcillosos de baja plasticidad con presencia de fragmentos rococós en grado desintegración. Color anaranjado claro con manchas blancas. De consistencia dura, con una Humedad Natural de 38.16%.

Clasificado en el Sistema AASHTO como: A – 4 (6).

CALICATA - 33 - Progresivas 15+000

De 0.00 – 0.50 m de profundidad, Se encontró suelo orgánico.

De 0.50 – 1.40 m de profundidad, los suelos se encuentran identificados en el Sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), como SC, arenas arcillosas, mezcla de arena y arcilla. Color marrón oscuro. De consistencia semi dura, con una Humedad Natural de 18.87%.

De 1.40 – 3.00 m de profundidad, los suelos se encuentran identificados en el Sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), como GC, gravas arcillosas, mezcla de grava, arena y arcilla con presencia de bloques de piedra de 8" hasta 12" de diametro. Color marrón oscuro. De consistencia dura, con una Humedad Natural de 26.74%.


Clasificado en el Sistema AASHTO como: A – 4 (1).



4.1 NIVEL FREATICO

En las calicatas efectuadas, no se detectó el nivel freático.


 Alberto E. Huamán Rioja
 ING. CIVIL
 Reg. CIP N° 90906


 A&C Exploración Geotécnica S.R.L.
 Cristhian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 174530



A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

- Mecanica de Suelos
- Cimentaciones
- Concreto
- Laboratorio
- Asfalto
- Canteras
- Roturas de testigos
- Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolog. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm * 789105
 Piura Calle Los Eucaliptos Mz - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - Tlf. 073 - 695062
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

5.0 ESTUDIO DE CANTERA

Las investigaciones de campo nos ha permitido determinar las Mezclas de canteras para su utilización como material para base, sub base y agregados para concreto y se presentan en volumen suficiente, habiendo sido ubicados, que son recomendables para su empleo.

Se han extraído muestras de material de los depósitos de canteras, las que fueron transportadas a la ciudad de Chiclayo, para los análisis respectivos en el área de mecánica de suelos y ensayo de materiales, que se encuentran en el siguiente anexo en ensayos de canteras.

Las canteras utilizadas fueron:

- Cantera Calpatuapampa – Material de Afirmado
- Cantera Conchan – Material de Arena de Cerro
- Cantera Cruz Conga – Material de Piedra Chancada



- **MEZCLA: 65% DE CANTERA DE AFIRMADO COLPATUAPÁMPA, 15% DE CANTERA DE ARENA GRUESA DE CERRO Y 20% DE GRAVA ZARANDEADA DE TAMAÑO MAXIMO DE 1½ hasta 3/8”.**

Suelos identificados en el sistema AASHTO, como A – 1 - a (0), gravas limosas, mezcla de grava, arena y limo.

Uso	: Sub Base y Base
Granulometría	: uniforme
Acceso	: Tiene
Clasificación SUCS	: GM
Límite Líquido	: 22.52
Límite Plástico	: 19.24
Índice Plástico	: 3.28
Máxima Densidad	: 2.17 gr/cm ³


Alberto E. Huamán Rioja
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 90906

A&C Exploración Geotécnica S.R.L.


Cristhian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 17453U


A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecanica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm * 789105
 Piura Calle Los Eucaliptos Mz - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - Tlf. 073 - 695062
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

Humedad Optima : 7.94%
 C.B.R. al 100% : 81.20%
 Abrasión : 28.40%
 % de Sales : 0.048%

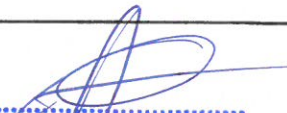
6.0 PAVIMENTOS
6.1. DISEÑO DEL PAVIMENTO


Considerando que el pavimento se va a colocar sobre el terreno natural, se han efectuado los ensayos de CBR, con el objeto de definir su C.B.R. (Razón Soporte California) de diseño

6.1.1. DETERMINACION DEL C.B.R. DE DISEÑO AL 95%

CALICATA	PROGRESIVAS	PROF. (m)	C.B.R. (95%)
C - 10	4+500	1.50	6.90
C - 11	5+000	1.50	6.20
C - 12	5+500	1.50	3.80
C - 13	6+000	1.50	5.20
C - 14	6+500	1.50	4.80
C - 15	7+000	1.50	4.95
C - 16	7+500	1.50	6.40
C - 17	8+000	1.50	5.65
C - 18	8+500	1.50	4.90
C - 19	9+000	1.50	5.50
C - 20	9+500	1.50	6.20
C - 21	10+000	1.50	3.90
C - 22	10+500	1.50	6.60
C - 23	11+000	1.50	6.80




Alberto E. Huamán Rioja
 ING. CIVIL
 Reg. CIP N° 90906


A&C Exploración Geotécnica S.R.L.
Cristhian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 174530


A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecanica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm * 789105
 Piura Calle Los Eucaliptos Mz - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - Tlf. 073 - 695062
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

CALICATA	PROGRESIVAS	PROF. (m)	C.B.R. (95%)
C - 24	11+500	1.50	16.40
C - 25	12+000	1.50	5.70
C - 26	12+500	1.50	6.75
C - 27	13+000	1.50	6.15
C - 28	13+500	1.50	4.90
C - 29	14+000	1.50	9.50
C - 30	14+500	1.50	10.20
C - 31	15+000	1.50	18.10
C - 32	15+000	1.50	6.55
Promedio de C.B.R al 95%			7.04%



- De acuerdo al Manual para Diseños de Camino Pavimentados de Bajo Volumen de tránsito aprobado por el M.T.C con Resolución Ministerial 262 - 2007 - M.T.C/02, en esta alternativa se contempla colocar una capa de sub base y base y sobre ello una bicapa de sellado asfáltico con líquido RC-250

El CBR con el cual se ha diseñado la estructura del pavimento por el método **AASHTO**, comparado con lo recomendado en la tabla 5.7.2 (c), es de 7.04% al 95% del Proctor Modificado AASHTO T - 180 D, quedando el pavimento distribuido de la siguiente manera:

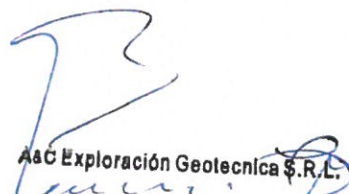
El pavimento quedará distribuido de la siguiente manera:

Tratamiento Bicapa

Base = 20.00 cm

Sub base = 20.00 cm


 Alberto E. Huamán Riego
 ING. CIVIL
 Reg. CIP N° 90905


 A&C Exploración Geotécnica S.R.L.
 Cristhian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 174530



A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecanica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm * 789105
 Piura Calle Los Eucaliptos Mz - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - Tlf. 073 - 695062
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

6.2 TRATAMIENTOS SUPERFICIALES BICAPA

Este trabajo consiste en la ejecución de una capa o de capas múltiples de tratamiento asfáltico de acuerdo con estas especificaciones y en conformidad con los alineamientos, cotas y secciones indicadas en los planos y documentos del proyecto o determinados por el Supervisor.

Los distintos tratamientos superficiales asfálticos comprenden en el caso de un tratamiento simple la aplicación inicial de un revestimiento de imprimación, un revestimiento de liga y un revestimiento de agregado pétreo.

Para tratamientos múltiples se repite la aplicación de un revestimiento de liga y un revestimiento de agregado pétreo, para cada una de las capas a ser aplicadas.

Materiales

405.02 Los materiales para ejecutar estos trabajos serán:


(a) Agregados Pétreos

Los agregados pétreos para la ejecución del tratamiento superficial deben cumplir con las exigencias de calidad siguientes:

Ensayos	Especificaciones
Partículas fracturadas del agregado grueso con Una cara fracturada (MTC E 210)	85% mín.
Partículas del agregado grueso con dos caras fracturadas (MTC E 210)	60% mín.
Partículas Chatas y alargadas (MTC E-221)	15% máx
Abrasión (MTC E 207)	40% máx.
Pérdida en sulfato de sodio (MTC E 209)	12% máx.
Pérdida en sulfato de magnesio (MTC E 209)	18% máx.
Adherencia (MTC E 519)	+95
Terrones de Arcilla y Partículas Friables (MTC E212)	3% máx.
Sales solubles Totales (MTC E 219)	0.5% máx




Alberto E. Huamán Rioja
 ING. CIVIL
 Reg. CIP N° 90906


A&C Exploración Geotécnica S.R.L.
Christian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 174530


A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm * 789105
 Piura Calle Los Eucaliptos Mz - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - Tlf. 073 - 695062
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

Además, los agregados triturados y clasificados deberán presentar una gradación uniforme, que se ajustará a alguna de las franjas gran

ulométricos que se indican en la [Tabla N° 405-1](#).

Tabla N° 405-1

Rangos de Gradación para Tratamientos Superficiales

	Porcentaje que pasa			
	Tipo de Material			
	A	B	C	D
25,0 mm. (1")	100	-	-	-
19,0 mm. (3/4")	90 - 100	100	-	-
12,5 mm. (1/2")	10 - 45	90 - 100	100	-
9,5 mm. (3/8")	0 - 15	20 - 55	90 - 100	100
6,3 mm. (1/4")	-	0 - 15	10 - 40	90 - 100
4,75 mm. (N° 4)	0 - 5	-	0 - 15	20 - 55
2,36 mm. (N° 8)	-	0 - 5	0 - 5	0 - 15
1,18 mm. (N° 16)	-	-	-	0 - 5



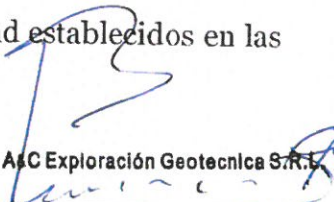
El tipo de material y su respectiva gradación corresponderá a la establecida en los estudios del proyecto o será la que determine el Supervisor.

(b) Material Bituminoso

El material bituminoso a ser aplicado de acuerdo a lo indicado en los planos y documentos del proyecto, podrá ser:

- Cemento Asfáltico que cumpla con las características que se dan en las **Tablas N° 400-2 y N° 400-3**.
- Emulsión Catiónica de rotura rápida del tipo CRS-2, la cual deberá cumplir los requisitos de calidad establecidos en la **Tabla N° 400-4**.
- Asfaltos Diluidos que cumplan los requisitos de calidad establecidos en las **Tablas N° 400-5 y 400-6**.


 Alberto E. Huamán Rioja
 ING. CIVIL
 Reg. CIP N° 90905


 A&C Exploración Geotécnica S.R.L.
 Cristhian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 174530



A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecanica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm * 789105
 Piura Calle Los Eucaliptos Mz - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - Tif. 073 - 695062
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

El material bituminoso de acuerdo a la aplicación y al tipo de tratamiento establecido será distribuido dentro de los rangos de temperatura determinados en la carta viscosidad - temperatura.

(c) Aditivos mejoradores de adherencia

Cuando se requiera y sea establecida en el proyecto o por el Supervisor, deberá ajustarse a lo descrito en la **Subsección 400.02(e)** y según lo especificado en la **Sección 424**.

Equipo

405.03 Se aplica lo descrito en la **Subsección 400.03** de la **Sección 400**.


Para la ejecución del tratamiento superficial se requieren, básicamente, equipos para la explotación de agregados, una planta de trituración y clasificación de agregados, equipo para la limpieza de la superficie, distribuidor del material bituminoso, esparcidor de agregado pétreo, compactadores neumáticos y herramientas menores.

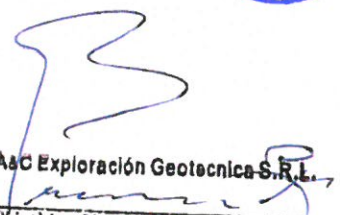
(a) Equipo para la elaboración y clasificación de agregados triturados

La planta de trituración estará provista de una trituradora primaria y una trituradora secundaria; deberá incluir también una clasificadora y un equipo de lavado. Además, deberá estar provista de los filtros necesarios para prevenir la contaminación ambiental.



6.2 CALCULO DEL ESPESOR DEL PAVIMENTO


 Alberto F. Umanán Rioja
 CIVIL
 Reg. Lic. N° 90906


 AAC Exploración Geotécnica S.R.L.
 Cristhian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 174530


A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecanica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolog. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm * 789105
 Piura Calle Los Eucaliptos Mz - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - Tlf. 073 - 695062
 www.ayceexploraciongeotecnicasrl.com

7. ANALISIS DE CIMENTACION

Según la Norma E.050 Suelos y Cimentaciones – Cap. IV Cimentaciones Superficiales, la profundidad de cimentación mínima será de 0.80 m.

Asimismo, la presión admisible del terreno aumenta a mayor profundidad de desplante, también, los costos de construcción, por lo tanto es necesario adoptar una profundidad de desplante que satisfaga los requerimientos de economía y resistencia aceptables.

6.1 Análisis de la Capacidad Portante

La naturaleza de fallas en suelos por capacidad de carga son: falla general por corte, falla local de corte y falla de corte por punzonamiento.

Debido a la naturaleza del estrato donde ira apoyada la sub. Estructura Se ha utilizado para el cálculo de la resistencia admisible del terreno, las expresiones de Terzaghi para falla local tanto para cimentación continua y aislada.

$$- \text{ Zapata continúa: } q_d = \frac{2}{3} c N_c + \gamma_1 D_f N_q + 0.5 \gamma_2 B N_\gamma$$

Donde:

c = cohesión

D_f = profundidad de cimentación

B = ancho de la cimentación

γ_1 = Peso específico del suelo situado encima de la zapata

γ_2 = Peso específico del suelo situado por debajo de la zapata

N_c, N_q, N_γ = Factores de capacidad de carga

$$N_c = \cot g\Phi(N_q - 1)$$

$$N_q = e^{\pi \tan \Phi} \gamma^2 \left(45 + \frac{\Phi}{2} \right)$$

$$N_\gamma = 2 \gamma \Phi(N_q + 1)$$

Alberto E. Huamán Rioja
 ING. CIVIL
 Reg. CIP N° 90906

A&C Exploración Geotécnica S.R.L.
Cristhian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP n° 174530



0000312


A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

- Mecanica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
- Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm * 789105
 Piura Calle Los Eucaliptos Mz - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - Tlf. 073 - 695062
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

Calculo de la capacidad admisible

$$Q_{adm} = qd/FS$$

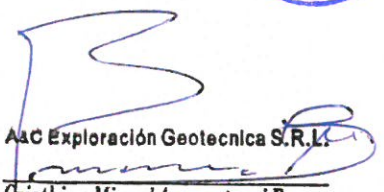
Factor de seguridad (FS): FS = 3

CUADRO: PARAMETROS DE CAPACIDAD PORTANTE

Calicata	Df (MTS)	B m	C kg/cm ²	Ø	Qu kg/cm ²	Qd kg/cm ²
C - 33	2.00	2.00	13.7	0.34	1.98	1.15




Alberto E. Huamán Rioja
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 90906


A&C Exploración Geotécnica S.R.L.
Cristhian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 174530



A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecanica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm * 789105
 Piura Calle Los Eucaliptos Mz - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - Tif. 073 - 695062
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

CAPACIDAD ADMISIBLE CIMENTACION CUADRADA FALLA LOCAL

PROYECTO MEJORAMIENTO A NIVEL DE TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA DE LOS TRAMOS DE CARRETERA
 LA PALMA - CONCHAN - LA LEGUA - DISTRITO DE CONCHAN - PROV. DE CHOTA - CAJAMARCA
CALICATA C - 33 - KM 15+760 - PONTON
PROFUNDIDAD 1.50 - 3.00 m
ECUACIONES PARA LA CAPACIDAD DE CARGA SEGÚN TERZAGHI

FALLA LOCAL

$$q_u = 0.867 C N'_c + q N'_q + 0.4 B N'_y$$

$$q_a = q_u / 3$$

FACTOR DE SEGURIDAD = 3

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

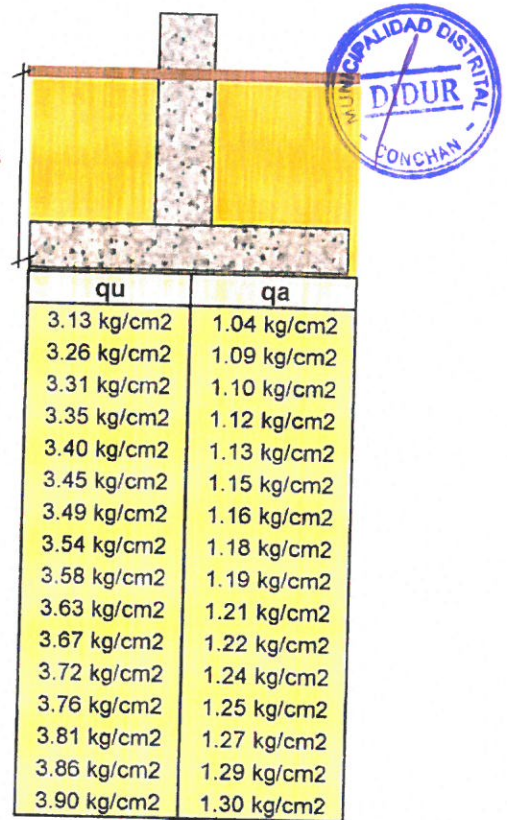
FALLA LOCAL

	N' _c	N' _q	N' _y
	8.02	2.30	1.07
Φ		13.70	
Φ'		9.23	
C		0.34	kg/cm ²
δ		1.980	t/m ³
B		2.00	mts
D _f		1.50	mts

Φ	Angulo de friccion interna
Φ'	Angulo de friccion interna corregido por falla local
C	Cohesion del suelo kg/cm ²
δ	Densidad natural t/m ³
B	Ancho de cimentacion mts
D _f	Nivel de cimentacion mts
q _u	Presion ultima kg/cm ²
q _a	Presion admisible kg/cm ²

D_f = 1.50 mts

PROF	q _u	q _a
1.50 mts	3.13 kg/cm ²	1.04 kg/cm ²
1.60 mts	3.26 kg/cm ²	1.09 kg/cm ²
1.70 mts	3.31 kg/cm ²	1.10 kg/cm ²
1.80 mts	3.35 kg/cm ²	1.12 kg/cm ²
1.90 mts	3.40 kg/cm ²	1.13 kg/cm ²
2.00 mts	3.45 kg/cm ²	1.15 kg/cm ²
2.10 mts	3.49 kg/cm ²	1.16 kg/cm ²
2.20 mts	3.54 kg/cm ²	1.18 kg/cm ²
2.30 mts	3.58 kg/cm ²	1.19 kg/cm ²
2.40 mts	3.63 kg/cm ²	1.21 kg/cm ²
2.50 mts	3.67 kg/cm ²	1.22 kg/cm ²
2.60 mts	3.72 kg/cm ²	1.24 kg/cm ²
2.70 mts	3.76 kg/cm ²	1.25 kg/cm ²
2.80 mts	3.81 kg/cm ²	1.27 kg/cm ²
2.90 mts	3.86 kg/cm ²	1.29 kg/cm ²
3.00 mts	3.90 kg/cm ²	1.30 kg/cm ²



[Signature]
 A. H. ...
 ...
 ...
 ...

A&C Exploración Geotécnica S.R.L.
[Signature]
Cristhian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 174530



A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

- Mecanica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
- Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm * 789105
 Piura Calle Los Eucaliptos Mz - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - Tlf. 073 - 695062
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

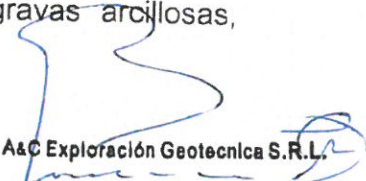
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a la información de campo y laboratorio realizados, se pueden obtener las siguientes conclusiones y recomendaciones.

1. A solicitud de la MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CONCHAN, se efectúa el estudio de Mecánica Del Suelo en el proyecto denominado "MEJORAMIENTO A NIVEL DE TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA DE LOS TRAMOS DE CARRETERA: LA PALMA - CONCHAN - LA LEGUA - DISTRITO DE CONCHAN - PROVINCIA DE CHOTA - CAJAMARCA"
2. El objetivo principal del presente informe, es estudiar las características en cuanto se refiere a calidad de los suelos del terreno natural a nivel de sub rasante, cumpliendo con las Normas establecidas por el MTC, - MANUAL PARA EL DISEÑO DE CAMINOS PAVIMENTADOS. 262-2013MTC/14.
3. La exploración se ha efectuado con apertura de 32 calicatas a cielo abierto hasta la profundidad de 1.50 m
4. Los suelos que conforman el terreno natural se encuentran identificados en el sistema AASHTO como A-4 (5); A-7-6 (7); A-7-5 (0); A-7-6 (0); A-1-b (0); A-2-4 (0); A-1-a (0); A-6 (8) y Clasificado en el Sistema SUCS como: ML, limos y arenas muy finas o arcillas de baja plasticidad; CL, arcillas inorgánicas de mediana plasticidad; MH, limos inorgánicos, suelos finos de mica; CH, arcillas inorgánicas de elevada plasticidad; SP, arenas mal gradadas con pocos finos; GC, gravas arcillosas, mezcla de grava, arena y arcilla , .




 Alberto E. Huamán Rioja
 ING. CIVIL
 Reg. CIP N° 90906


 A&C Exploración Geotécnica S.R.L.
 Christian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 174530


A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

- Mecanica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
- Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm * 789105
 Piura Calle Los Eucaliptos Mz - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - Tlf. 073 - 695062
 www.ayceexploraciongeotecnicasrl.com

5. El terreno Natural (sub rasante), deberá ser compactada energicamente hasta obtener el 95% de compactación en relación al Proctor Modificado AASHTO T - 180, comparada de su curva densidad – húmeda, obtenida en el laboratorio.
6. Los tramos que se deberán efectuar mejoramiento de sub rasante por tener un C.B.R. menor de 6%, se deberá estabilizar el suelo sobre la sub rasante natural, se colocara una capa como mínimo de 30 cm de material grueso rocoso o piedras grandes para estabilizar el suelo, tramos a efectuarse estabilización del suelo son:

Tramos
5+500 – 10+000
12+000 – 12+300
13+500 – 13+800

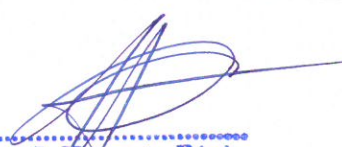


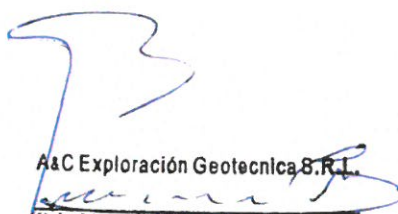
7. Teniendo en consideración el MANUAL PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO 262-2013MTC/14, la sub rasante ante correspondiente al fondo de las excavaciones en terreno natural, se encuentra clasificada en función al CBR, representativo de 7.04% a 0.1" de penetración, dentro de las cinco categorías como S2 de 6% - 10% como sub rasante regular, se recomienda diseñar la estructura del pavimento de la siguiente manera:

Tratamiento Bicapa

Base = 20.00 cm

Sub base = 20.00 cm


 Alberto E. Huamán Rioja
 ING. CIVIL
 Reg. CIP N° 90906


 A&C Exploración Geotécnica S.R.L.
 Cristhian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 174530



A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

- Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
- Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm * 789105
 Piura Calle Los Eucaliptos Mz - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - Tlf. 073 - 695062
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

8. El material de sub base y base serán provenientes de las mezclas de canteras que fueron efectuadas en el laboratorio y la cuales se encuentran en el ITEM 5 – ESTUDIO DE CANTERA, la cual cumple con todas sus especificaciones técnicas requeridas dentro del MANUAL PARA EL DISEÑO DE CAMINOS PAVIMENTADOS DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO.
9. El material de Sub base y base será colocado, anivelado, humedecido y compactado hasta obtener el 100% en relación al proctor modificado AASHTO T – 180, comparada de su curva Densidad – Humedad, obtenida en laboratorio.
10. Los agregados para la construcción de la Sub Base y Base granular deberán satisfacer los requisitos indicados en la tabla que se presenta a continuación.

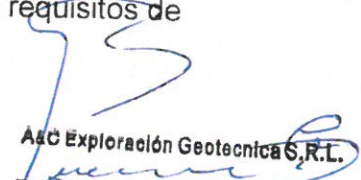
Requerimientos Granulométricos para Sub-Base y Base Granular

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 (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4.75 mm (Nº 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2.0 mm (Nº 10)	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
4.25 um (Nº 40)	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
75 um (Nº 200)	2 – 8	5 – 15	5 – 15	8 – 15



Además, el material también deberá cumplir con los siguientes requisitos de calidad:


Alberto E. Huamán Rioja
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 90906


A&C Exploración Geotécnica S.R.L.
Cristhian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 174530


A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

- Mecanica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
- Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm * 789105
 Piura Calle Los Eucaliptos Mz - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - Tlf. 073 - 695062
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

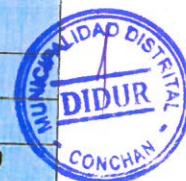
Tabla 303-2
Sub-Base Granular
Requerimientos de Ensayos Especiales

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimiento	
				< 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Abrasión	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 89	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 (2)	MTC E 211	D 4791		20% máx	20% máx

La composición final de la mezcla de agregados presentará una granulometría continua y bien graduada (sin inflexiones notables), de acuerdo a los requisitos granulométricos que se indican en la tabla 3.01 – 1.

Tabla 3.01-1
Requerimientos granulométricos para Base granular y Sub Base

Tamiz	Graduación			
	A	B	C	D
50 mm (2")	100	100		
25.0 mm (1")		75 – 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4.75 mm (N° 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2.00 mm (N° 10)	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
4.25 µm (N° 40)	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
75 µm (N° 200)	2 - 8	5 - 15	5 - 15	8 – 15



El material de Base granular deberá cumplir además con las siguientes características físico-mecánicas y químicas que a continuación se indican.

Alberto E. Huamán Rioja
 ING. CIVIL
 Reg. CIP N° 90906

A&C Exploración Geotécnica S.R.L.
Cristhian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 174530


A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

- Mecanica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
- Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm * 789105
 Piura Calle Los Eucaliptos Mz - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - Tlf. 073 - 695062
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

Valor Relativo de Soporte C.B.R. (1)	Tráfico Ligero y Medio	Mín 80%
	Tráfico Pesado	100%

(1) referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una penetración de carga de 0.1" (2.5 mm).

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el contratista deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme, sensiblemente paralela a los límites de la franja a utilizar, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la interior de un tamiz adyacente o viceversa.

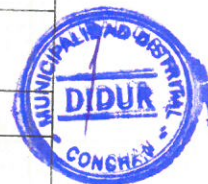
a) Agregado Grueso

Se denominará así a los materiales retenidos en la malla N° 4, los que consistirán de partículas pétreas durables y trituradas capaces de soportar los efectos de manipuleo, extendido y compactado sin producción de finos contaminantes.

Tabla 3.01 – 2

Requerimientos Agregado Grueso

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimientos
				< 3000 m.s.n.m.
Partículas con una cara Fracturada	MTC E 210	D 5821		80 % mín
Partículas con dos caras Fracturadas	MTC E 210	D 5821		50% mín
Abrasión los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% máx
Partículas chatas y Alargadas	MTC E 221	D 4791		15% máx
Sales Solubles Totales	MTC E 219	D 1888	T 104	0.5% máx
Pérdida con sulfato de Sodio	MTC E 209	C - 88	T 104	18% máx
Pérdida con sulfato de Magnesio	MTC E 209	C - 88	T 104	



[Signature]
 E. Nuamán Rioja
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 90906

A&C Exploración Geotécnica S.R.L.
[Signature]
 Christian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 174530


A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecanica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm * 789105
 Piura Calle Los Eucaliptos Mz - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - Tlf. 073 - 695062
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

b) Agregado Fino

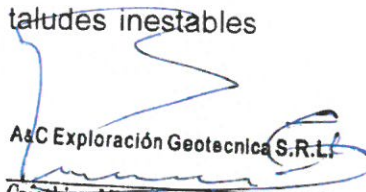
Se denominará así a los materiales pasantes la malla N° 4, que podrán provenir de fuentes naturales o de procesos de trituración o combinación de ambos.

Ensayo	Norma	Requerimientos	
		≤3000 m.s.n.m.	≥3000 m.s.n.m.
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% mín	0.5% mín
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	-----	15% mín



11. Teniendo en consideración que el proyecto de la carretera presenta tramos donde la topografía del terreno se encuentra al nivel de los terrenos de cultivo y que en épocas de sembrío los niveles de agua van a saturar el terreno natural de la estructura del pavimento haciéndolos colapsar por reducción del ángulo de fricción interna del suelo, se recomienda elevar la sub rasante en dichos tramos; para tal efecto se efectuarán rellenos controlados o de ingeniería, los que se construirán con materiales seleccionados procedentes de los cortes y materiales de rellenos que se encuentran a lo largo del trazo de la carretera, las cuales tendrán una altura adecuada con respecto a los niveles del terreno agrícola.
12. Se recomienda un buen Drenaje, como finalidad de alejar las aguas del camino y así evitar daños en el pavimento.
13. Se recomienda dar un adecuado mejoramiento a los taludes inestables que se encuentran a lo largo de la vía:


Alberto E. Huaman Rioja
 Ing. CIVIL
 Reg. CIP N° 90906


 A&C Exploración Geotécnica S.R.L.
Cristian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 174530


A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

- Mecanica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
- Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

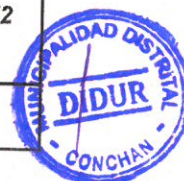
Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm * 789105
 Piura Calle Los Eucaliptos Mz - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - Tlf. 073 - 695062
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

14. Se deberá utilizar una partida para voladuras de rocas si se encuentran en la carretera y será ejecutado por la empresa contratista encargado de la construcción.

- Obras de Arte - Ponton


15. La cimentación de la estructura será ubicada en tal forma que el sistema suelo – estructura, quedara ubicada y cimentada con los siguientes factores:

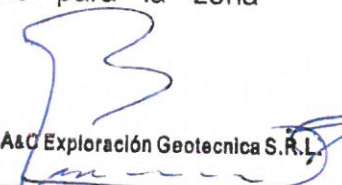
CALICATA	PROF.	Qd KG/CM2
C - 33.	2.00	1.15



16. Dada la naturaleza del terreno a cimentar y las magnitudes posibles o de las cargas transmitidas, se recomienda utilizar cimentación superficial, compuesta por zapatas de concreto armado.

17. Los resultados del presente estudio son válidos sólo para la zona investigada.


 Tomás Rioja


 A&C Exploración Geotécnica S.R.L.
 Cristian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP# 174530



A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

- Mecanica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
- Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras


Chiclayo Prolog. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm * 789105
 Piura Calle Los Eucaliptos Mz - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - Tlf. 073 - 695062
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

9. BIBLIOGRAFIA

- Diseño y Construcción de Pavimentos, German Vivar Romero.
- Propiedades Geofísicas de los suelos, Joseph Bowles
- Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Mecánica de Suelos y Cimentación, Crespo Villalaz.
- Propiedades Geofísicas de los suelos, Joseph Bowles.
- Norma Técnica de Edificación E-050, Suelos y Cimentaciones.
- Principios de Cimentación Braja M. Daz.
- Mecánica de Suelos y Cimentaciones Ing. William Rodríguez Serquen.
- Mecánica de Suelos T. WILLIAM LAMBE ROBERT V. WHITMAN
- Ingeniería de Cimentaciones, Manuel delgado vargas.




Albert Juanán Rioja
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 98906

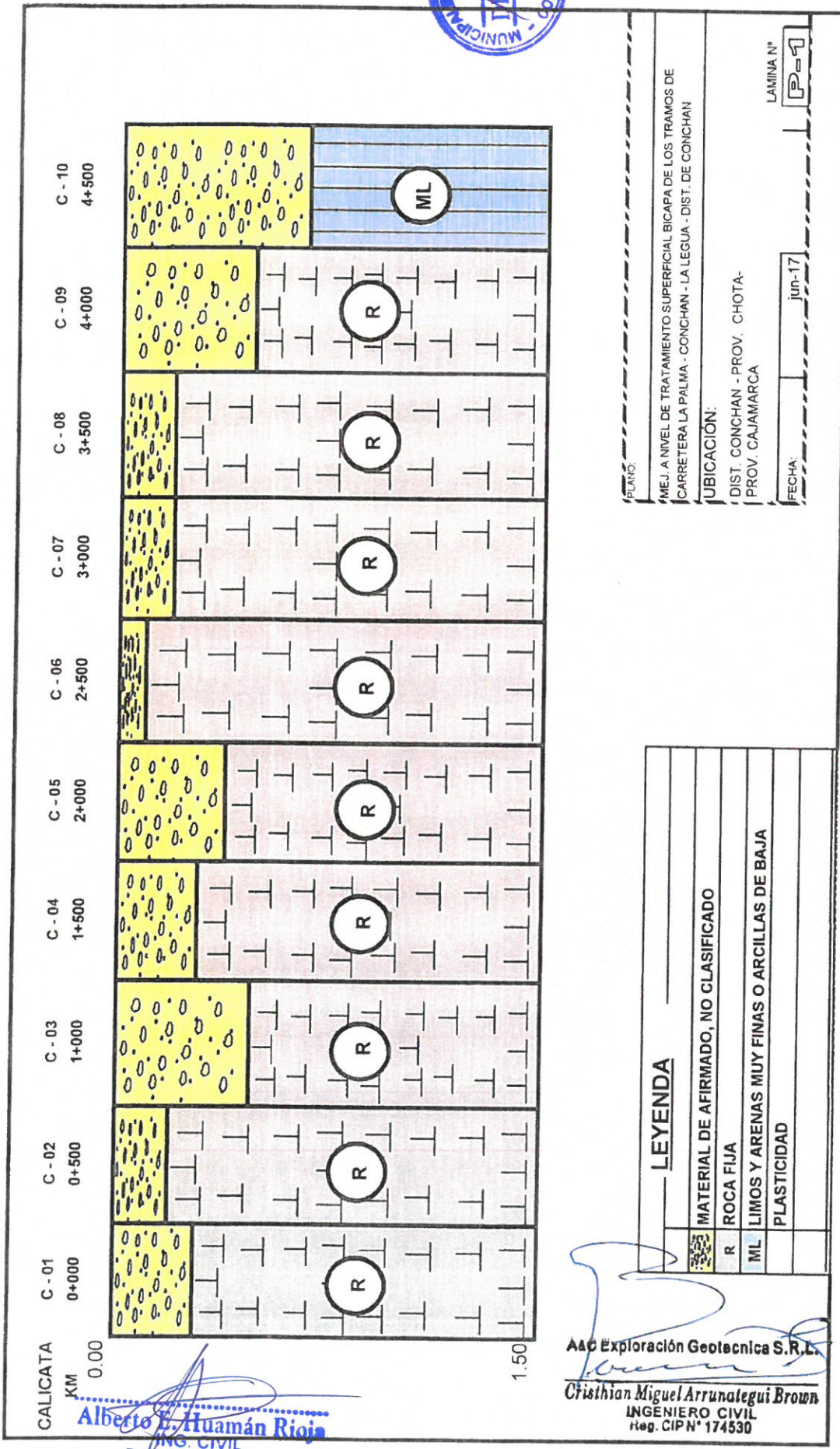

A&C Exploración Geotécnica S.R.L.
Cristhian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 174530

**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

- Mecanica de Suelos
- Cimentaciones
- Concreto
- Laboratorio
- Asfalto
- Canteras
- Roturas de testigos
- Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolog. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm * 739105
Piura Calle Los Eucaliptos Mz - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - Tlf. 073 - 655062
www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

**PERFILES**

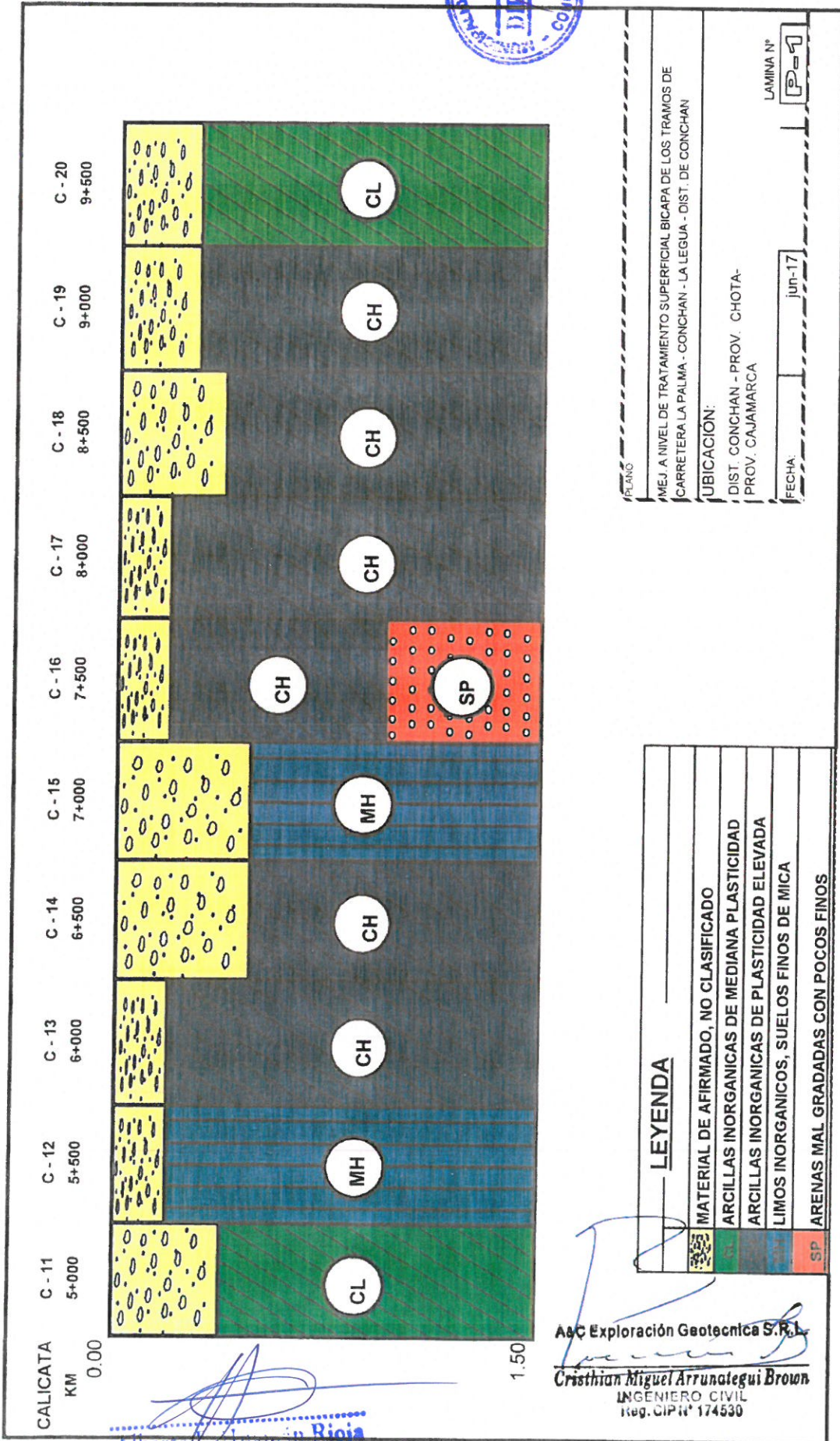


Alberto E. Huamán Rioja
 ING. CIVIL
 Reg. CIP N° 90906

AAC Exploración Geotécnica S.R.L.
Cristhian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 174530

LEYENDA	
	MATERIAL DE AFIRMADO, NO CLASIFICADO
	ROCA FIJA
	LIMOS Y ARENAS MUY FINAS O ARCILLAS DE BAJA PLASTICIDAD

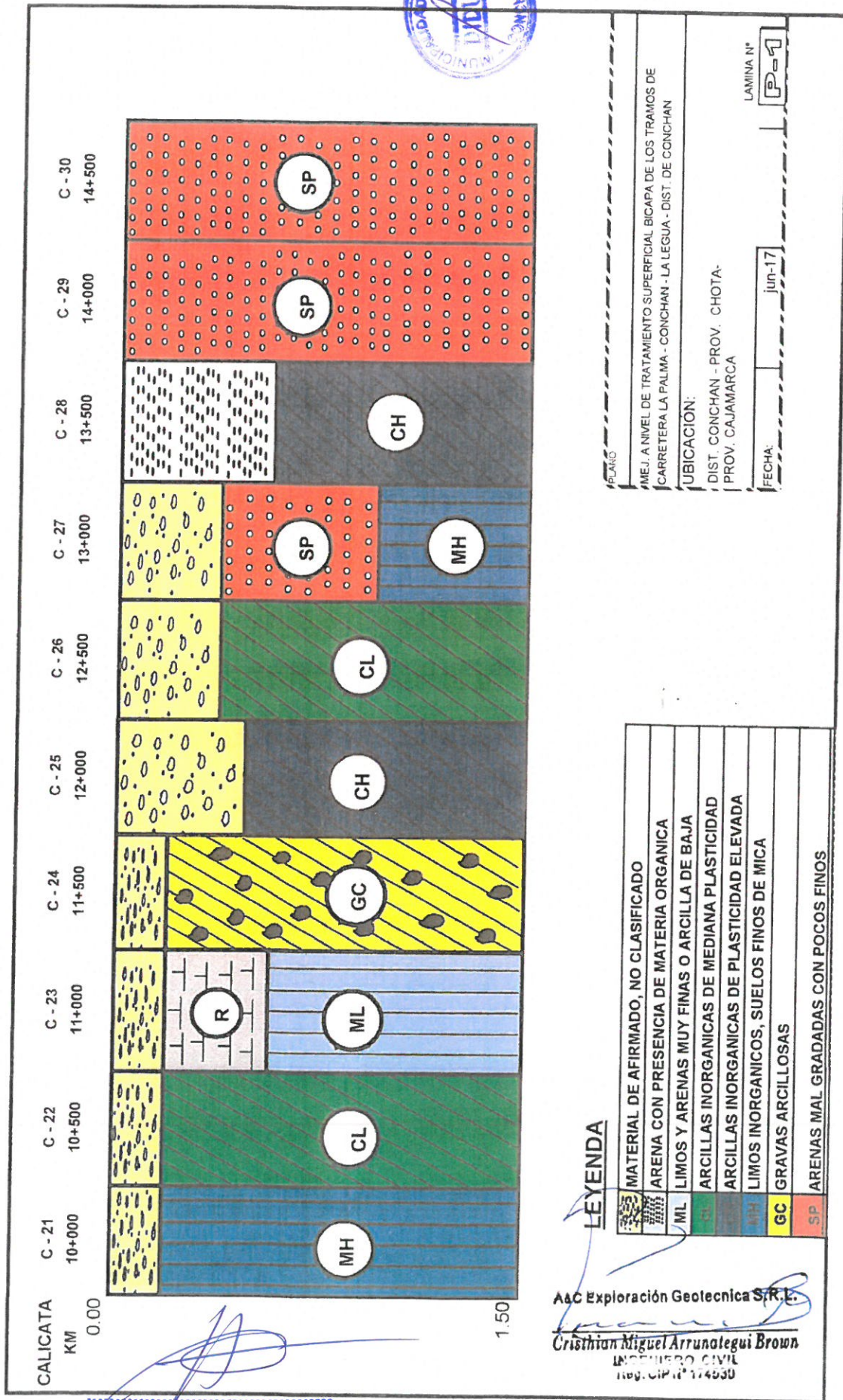
PLANO:
 MEJ. A NIVEL DE TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA DE LOS TRAMOS DE CARRETERA LA PALMA - CONCHAN - LA LEGUA - DIST. DE CONCHAN
 UBICACION:
 DIST. CONCHAN - PROV. CHOTA - PROV. CAJAMARCA
 LAMINA N°
 FECHA: jun-17



Alberto...
Alberto...
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 95...

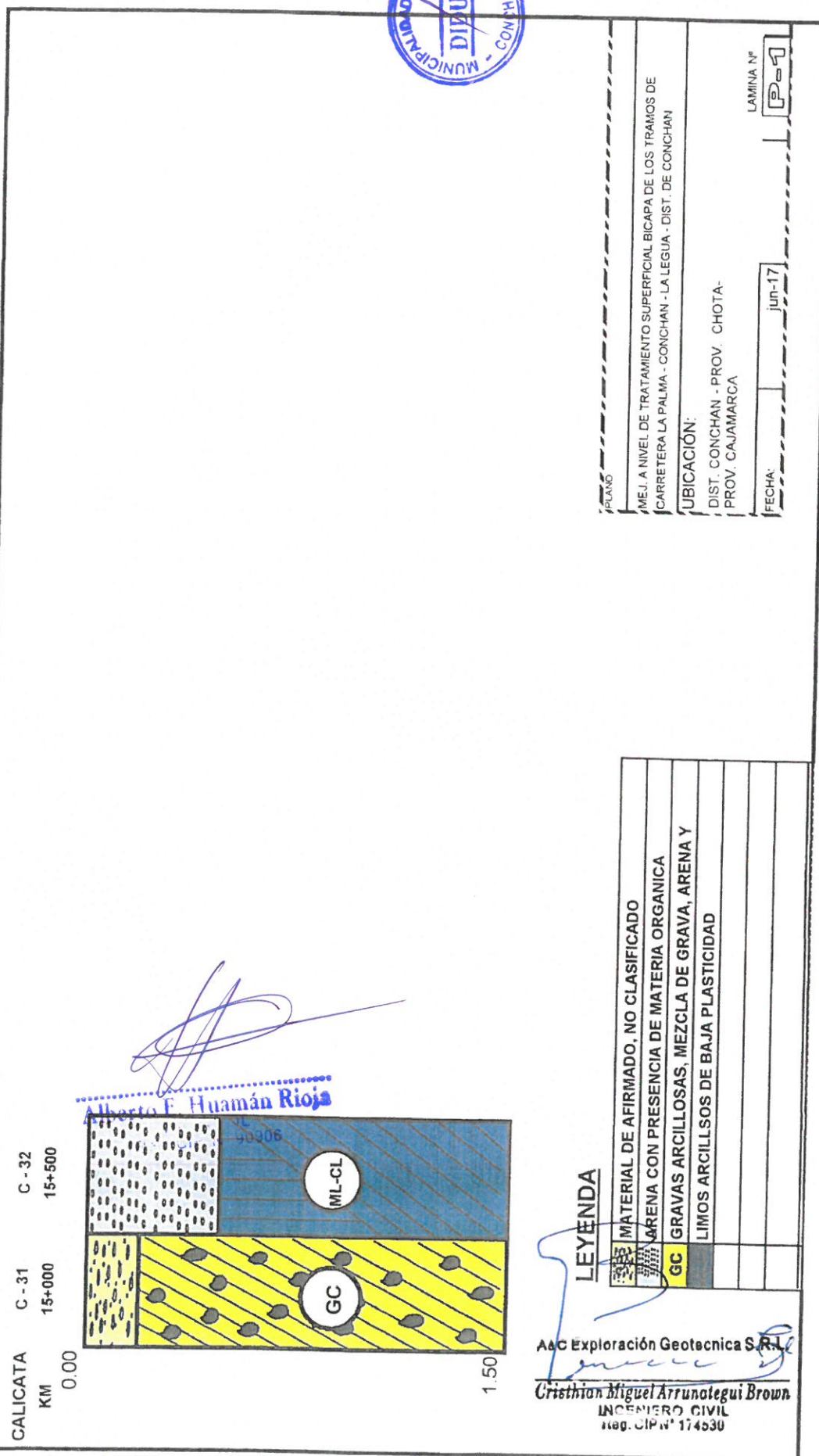
Cristhian...
Cristhian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 174530

PLANO
 MEJ A NIVEL DE TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA DE LOS TRAMOS DE
 CARRETERA LA PALMA - CONCHAN - LA LEGUA - DIST. DE CONCHAN
 UBICACION:
 DIST. CONCHAN - PROV. CHOTA -
 PROV. CAJAMARCA
 LAMINA N° **P-1**
 FECHA: **jun-17**



Alberto E. Huamán Rioja
 ING. CIVIL
 Reg. CIP N° 90906

A&C Exploración Geotécnica S.R.L.
Cristhian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 174939





LEYENDA

	MATERIAL DE AFIRMADO, NO CLASIFICADO
	ARENA CON PRESENCIA DE MATERIA ORGANICA
	GRAVAS ARCILLOSAS, MEZCLA DE GRAVA, ARENA Y
	LIMOS ARCILLOSOS DE BAJA PLASTICIDAD

AAC Exploración Geotecnica S.R.L.
 Cristian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 174530

PLANO
 MEJ. A NIVEL DE TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA DE LOS TRAMOS DE
 CARRETERA LA PALMA - CONCHAN - LA LEGUA - DIST. DE CONCHAN
 UBICACIÓN:
 DIST. CONCHAN - PROV. CHOTA -
 PROV. CAJAMARCA
 FECHA: jun-17
 LAMINA N°

Anexo D. Ficha técnica de cal viva y cal hidratada

	INCAL S.A. de C.V. Sistema Integral de Calidad, Medio Ambiente y Seguridad	Fecha de Emisión: junio 2014 VF:4 REV-2-[01-05-2020] Página: 1/1	
	pop-p-01-f3-02 Ficha Técnica de Producto Cal Hidratada Calidra		

<i>Elaboró:</i>	<i>Revisó:</i>	<i>Aprobó:</i>
<i>Aseguramiento de la Calidad</i>	<i>Sistema de Gestión</i>	<i>Planeación Operativa</i>

CAL HIDRATADA CALIDRA



Grado	Compuesto químico	Formula	Peso Molecular	Numero de CAS
Industrial	Hidróxido de calcio	Ca(OH) ₂	74.093 g/mol	1305-62-0

Descripción del producto: Es un material resultante de la hidratación de la cal viva (óxido de calcio, CaO) Polvo blanco e inodoro.

Presentación del producto




Saco de 40 lb

CARACTERISTICAS FISICAS

Parámetro	Mínimo	Máximo	Unidad	Método
% Humedad	0.1	1	%	Termobalanza
Retenido en malla 100	--	2	%	ASTM C 110 –SECTION 15 Pág. 13
Retenido en malla 200	--	3	%	ASTM C 110 –SECTION 15 Pág. 13
Retenido en malla 325	--	4	%	ASTM C 110 –SECTION 15 Pág. 13

CARACTERISTICAS QUIMICAS

Parámetro	Símbolo compuesto	Mínimo	Máximo	Unidad	Método de análisis	Datos de seguridad
Oxido de calcio	CaO	60.55	---	%	ASTM C 25 –SECTION 28 Pág. 21	
Hidróxido de Calcio	Ca(OH) ₂	80.0	---	%	ASTM C 25 –SECTION 28 Pág. 21	
Sílice	SiO ₂	---	3	%	Espectrometría de rayos x	
Trióxido de aluminio	Al ₂ O ₃	---	1	%	Espectrometría de rayos x	
Trióxido de hierro	Fe ₂ O ₃	---	1	%	Espectrometría de rayos x	
Magnesio	Mg	0.1	1	%	Espectrometría de rayos x	
Arsénico	As	---	3	ppm	Espectrometría de rayos x	
Plomo	Pb	---	2	ppm	Espectrometría de rayos x	

USOS DE LA CAL HIDRATADA CALIDRA

MORTEROS ALBAÑILERIA	Las mezclas con cal hidratada forman unidades de albañilería resistentes, estables y sin fisuras, al mismo tiempo que son las más económicas. Las mezclas con cal presentan mejor trabajabilidad, mayor plasticidad y la consistencia adecuada.
CONCRETO	El concreto elaborado con cal hidratada, cemento, arena y grava presenta mayor fluidez, protege al acero de refuerzo, incrementa la impermeabilidad y reduce los costos significativamente, hace más compacto al concreto, debido a que sus partículas son más finas que las del cemento, por lo que rellena los vacíos dejados por este material, disminuye las eflorescencias y evita los agrietamientos, de igual forma ayuda a la estructura a soportar variaciones de temperatura.
PINTURA E IMPERMEABILIZACION	La pintura de cal hidratada es un líquido blanco y espeso que puede ser pigmentado; es utilizado tradicionalmente en algunas regiones del país para cubrir superficies, protegiéndolas y decorándolas a un bajo costo, es un tratamiento que desde la época prehistórica fue utilizado para evitar o disminuir la filtración de agua en las edificaciones.

***Observaciones:** Esta es una ficha con especificaciones típicas promedio. Sin embargo, dado que la materia prima proviene de depósitos naturales, dichas propiedades pueden variar. Los datos indicados en esta ficha técnica son valores de referencia provenientes de las pruebas realizadas en nuestro laboratorio de acuerdo a métodos estándares.



CAL HIDRATADA TIPO N

Presentación



Papel kraft:
10, 25, 50 KG



Big Bag



Descripción

Cal hidratada o Hidróxido de Calcio, es un compuesto inorgánico con la fórmula química Ca(OH)_2 . Se trata de un polvo blanco, que resulta de la hidratación de la cal viva con agua para satisfacer su afinidad química. El análisis físico-químico se realiza bajo los lineamientos de la NTC-1398 y los procedimientos internos de la Organización.



Características Químicas

Ca(OH)₂ Disponible HidróxidoMín. 85.0%
Ca(OH)₂ Disponible Oxido.....Mín. 64.0%
Residuos insolubles en HCl.....Máx. 5.0%
P.P.C a 1000 ° C.....Máx. 27.0%



Características Físicas

Residuo en tamiz No.100 Max. 6%



- Utilizar: **Crema protectora** aplicada al cuello, puños, tobillos, cintura y manos.
- Protección visual: **monovisor de una pieza con cierre hermético, capucha con suministro de aire en lugares de trabajo fijo, pantalón que descienda hasta cubrir la bota.**
- No presenta olor
No es inflamable
No posee explosión potencial

Usos y Aplicaciones

- ✓ Tratamientos de agua residuales.
- ✓ Potabilización de agua.
- ✓ Ajuste de pH en agua y suelos.
- ✓ Para curtir pieles o cuero.
- ✓ Tratamiento de gases.
- ✓ Albañilería y construcción.
- ✓ Producción de azúcar.
- ✓ Tratamiento de la materia orgánica y fertilizante.
- ✓ Producción de químicos, tales como: óxido de propileno, carbonato de sodio y glicerina.
- ✓ Para estabilizar suelos arcillosos.
- ✓ En medicina como antiácido.
- ✓ Procesos de conservación de alimentos, específicamente en las cámaras de refrigeración.

Cuidados

- ✓ La exposición al hidróxido de calcio por las vías de inhalación, contacto con la piel, ojos o por la ingestión, puede afectar el organismo.
- ✓ La exposición aguda a corto plazo, irritará ojos, nariz, garganta y piel.
- ✓ La exposición a largo plazo puede producir dermatitis.
- ✓ El contacto con la piel producirá irritación, quemaduras, corrosión y posible daño severo.
- ✓ El contacto con los ojos produce daños graves y pérdida de visión.
- ✓ La inhalación de la cal hidratada produce inflamación del aparato respiratorio.
- ✓ La ingestión produce quemaduras y causticidad.



Transporte

Proteger del agua.
Estar totalmente cubierto.
Proteger de la intemperie.



Almacenamiento

Almacenar en lugar seco.
Minimizar el contacto con el aire y la humedad.
Arrumar sobre pallets de máximo 20 sacos de altura.
Mantener fuera del alcance de los niños.



FICHA TÉCNICA GENERAL SUPER CAL VIVA FINA

Código: CALMOSA-DCC-0025

Actualización: 03/05/2019

Revisión: 01

Versión: 3.0

PRODUCTO: PTHIDSCVIVA-25KG

DATOS GENERALES DEL PRODUCTO

- I. Nombre del Producto:**
Cal Viva Fina / Óxido de Calcio
- II. Nombre Comercial:**
Super Cal Viva Fina
- III. Descripción General del producto:**
SÚPER CAL VIVA 200 FINA, es un polvo muy fino, que se obtiene como resultado de la captación de las finas que se generan en el proceso de trituración de la Cal Viva Granulada que sale del horno, luego de la calcinación a 900- 1200 °C, en horno vertical, del carbonato de calcio natural (caliza), debidamente procesada y seleccionada.
- IV. Materia Prima:**
Piedra Caliza (Mineral Natural)
- V. Origen de la Materia Prima:**
Cordillera de Chongón y Colonche (Provincia del Guayas)
Riqueza Garantizada: 90% - 95%
- VI. Usos**
En la industria azucarera en el proceso de limpieza del jugo de caña
Proceso de potabilización de agua / Encalado y desinfección de piscinas camaroneras. / Tratamiento de pozos sépticos y alcantarillas. / Curtiembre de pieles. / Elaboración de jabones. Conjuntamente con carbonato de calcio fino, en la neutralización de suelos agrícolas ácidos (como reglador y estabilizador de PH del suelo agrícola) / Como desinfectante en las explotaciones avícolas, porcinas, cunículas y otros (abonos orgánicos), en la minería.
- VII. Presentación**
Sacos laminados de polipropileno 25 Kg.

www.calmosacorp.com

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- VIII. Formula Química:** CO_3Ca
- IX. Composición:** Carbonato de Calcio
- X. Características Físico-Químicas del producto**

PARÁMETROS	CONTROL
CaO Total	61.8 % min.
CaO Aprovechable	59.0 % min.
Ca (OH) ₂	81.5 % min.

PARÁMETROS DE GRANULOMETRIA	
# de Malla	Retenido
100	5.0% máx.
200	10.5% máx.
325	14.0 % máx.

Humedad	0.2 % máx.
---------	------------

MÁS INFORMACIÓN: 0994111482



FICHA TÉCNICA GENERAL SUPER CAL VIVA FINA

Código: CALMOSA-DCC-0025
Actualización: 03/05/2019
Revisión: 01
Versión: 3.0
PRODUCTO: PTHIDSCVIVA-25KG

ALMACENAMIENTO, SEGURIDAD Y MANEJO

XI. Almacenamiento

- El producto debe almacenarse en un lugar seco y aireado, en rumas trabadas sobre pallets de máximo 20 sacos por pallet, para evitar derrumbes y demasiada presión en las filas inferiores.
- El producto y el envase permanece inalterable hasta 8 días de almacenado, pasado este tiempo el producto comienza a hidratarse generando calor y el envase comienza a deteriorarse.

XII. Seguridad y Manejo

- Para la manipulación del producto se requiere el uso de mascarilla con capacidad de filtrado para polvo, guantes de cuero, mandil PVC y gafas protectoras
- Evitar el contacto con los ojos, de ser así lavarse con abundante agua, acudir al médico.
- En caso de ingestión, acudir inmediatamente al médico.

XIII. Restricción de Uso

Ninguna

XIV. Clasificación de Toxicidad

No es tóxico

XV. Información Adicional.

La cal es un producto muy fino y cáustico, debe evitarse el contacto directo con la piel, en caso de contacto prolongado se debe lavar con agua y jabón, luego aplicar crema para evitar el resecaimiento.

ventas@calmosacorp.com

Realizado por:

Q.F Isabel Mejía L.
Jefe de Control de Calidad

Aprobado por:

TNNV. (SP). Hernán Armas C.
Gerente General



FICHA TÉCNICA GENERAL SUPER CAL VIVA GRANULADA

Código: CALMOSA-DCC-0025
Actualización: 03/05/2019
Revisión: 01
Versión: 3.0
PRODUCTO: PTHIDSCVIVAG-25KG

DATOS GENERALES DEL PRODUCTO

- I. Nombre del Producto:**
Cal Viva Granulada / Óxido de Calcio
- II. Nombre Comercial:**
Super Cal Viva Granulada
- III. Descripción General del producto:**
La Súper Cal VIVA 200 GRANULADA, es un material granulado, que se obtiene como resultado de la trituración de la cal viva que sale del horno, luego de la calcinación a 900 – 1200 °C, en horno vertical, del carbonato de calcio natural (caliza), debidamente procesada y seleccionada..
- IV. Materia Prima:**
Piedra Caliza (Mineral Natural)
- V. Origen de la Materia Prima:**
Cordillera de Chongón y Colonche (Provincia del Guayas)
Riqueza Garantizada: 90% - 95%
- VI. Usos**
En la industria azucarera en el proceso de limpieza del jugo de caña
Proceso de potabilización de agua / Encalado y desinfección de piscinas camaroneras. / Tratamiento de pozos sépticos y alcantarillas. / Curtiembre de pieles. / Elaboración de jabones. Conjuntamente con carbonato de calcio fino, en la neutralización de suelos agrícolas ácidos (como reglador y estabilizador de PH del suelo agrícola) / Como desinfectante en las explotaciones avícolas, porcinas, cunículas y otros (abonos orgánicos).
- VII. Presentación**
Sacos laminados de polipropileno 25 Kg.

www.calmosacorp.com

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- VIII. Formula Química:** CO_3Ca
- IX. Composición:** Carbonato de Calcio
- X. Características Físico-Químicas del producto**

PARÁMETROS	CONTROL
CaO Total	62 % min.
CaO Aprovechable	60 % min.
Ca (OH) ₂	82 % min.

PARÁMETROS DE GRANULOMETRIA	
# de Malla	Retenido
10	50.0 % máx.
40	45.0 % máx.
100	18.0 % máx.
200	8.0 % máx.
Humedad	0.2 % máx.

MÁS INFORMACIÓN: 0994111482



FICHA TÉCNICA GENERAL SUPER CAL VIVA GRANULADA

Código: CALMOSA-DCC-0025
Actualización: 03/05/2019
Revisión: 01
Versión: 3.0
PRODUCTO: PTHIDSCVIVAG-25KG

ALMACENAMIENTO, SEGURIDAD Y MANEJO

XI. Almacenamiento

- El producto debe almacenarse en un lugar seco y aireado, en rumas trabadas sobre pallets de máximo 20 sacos por pallet, para evitar derrumbes y demasiada presión en las filas inferiores.
- El producto y el envase permanece inalterable hasta 8 días de almacenado, pasado este tiempo el producto comienza a hidratarse generando calor y el envase comienza a deteriorarse.

XII. Seguridad y Manejo

- Para la manipulación del producto se requiere el uso de mascarilla con capacidad de filtrado para polvo, guantes de cuero, mandil PVC y gafas protectoras
- Evitar el contacto con los ojos, de ser así lavarse con abundante agua, acudir al médico.
- En caso de ingestión, acudir inmediatamente al médico.

XIII. Restricción de Uso

Ninguna

XIV. Clasificación de Toxicidad

No es tóxico

XV. Información Adicional.

La cal es un producto muy fino y cáustico, debe evitarse el contacto directo con la piel, en caso de contacto prolongado se debe lavar con agua y jabón, luego aplicar crema para evitar el resecaimiento.

ventas@calmosacorp.com

Realizado por:

Q.F Isabel Mejía L.
Jefe de Control de Calidad

Aprobado por:

TNNV. (SP). Hernán Armas C.
Gerente General

Anexo E. Estudio de tránsito vehicular



RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN

ESTACIÓN 01: CENTRO POBLADO LA PALMA
CÓDIGO DE ESTACIÓN: E01

COORDENADAS UTM
Este: 762869.93 r Norte: 9281998.45 m S

SENTIDO: S →
E ←

RESUMEN DE CONTEO VEHICULAR

ESTACIÓN: 01

UBICACIÓN: CENTRO POBLADO LA PALMA

Día	Sentido	VEHÍCULOS LIGEROS						VEHÍCULOS PESADOS													TOTAL	%	
		Auto	Station Wagon	CAMIONETAS			Micro	BUS		CAMIÓN			SEMI TRAYLER				TRAYLER						
				Pick Up	Panel	Rural Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3			
DIAGRA. VEH.																							
D7	E	-	2	17	-	20	-	2	-	26	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	71	8.6%
	S	-	2	17	-	20	-	2	-	25	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	69	8.4%
D1	E	-	2	20	-	16	-	3	-	22	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	65	7.9%
	S	-	3	14	-	15	-	3	-	20	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	57	6.9%
D2	E	-	3	12	-	21	-	2	-	21	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	61	7.4%
	S	-	3	14	-	22	-	2	-	21	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	63	7.7%
D3	E	-	4	15	-	20	-	6	-	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	7.8%
	S	-	2	16	-	13	-	6	-	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53	6.4%
D4	E	-	2	16	-	24	-	-	-	17	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60	7.3%
	S	-	-	17	-	22	-	-	-	16	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56	6.8%
D5	E	-	-	12	-	16	-	1	-	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45	5.5%
	S	-	1	19	-	15	-	1	-	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55	6.7%
D6	E	-	-	15	-	18	-	1	-	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51	6.2%
	S	-	1	20	-	14	-	1	-	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	52	6.3%
TOTAL	E	-	13	107	-	135	-	15	-	138	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	417	50.7%
	S	-	12	117	-	121	-	15	-	133	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	405	49.3%

Factores de corrección de vehículos ligeros por unidad de peaje - Promedio (2010-2016)

FORMATO N° 1.1.A

N°	Peaje	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DECIEMBRE	TOTAL	
		LIGEROS	LIGEROS	LIGEROS	LIGEROS	LIGEROS	LIGEROS	LIGEROS	LIGEROS	LIGEROS	LIGEROS	LIGEROS	LIGEROS	LIGEROS	LIGEROS
		FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC
1	AGUAS CALIENTES	0.9394	0.8663	1.1161	1.0973	1.1684	1.1945	0.9458	0.8773	0.9386	1.0294	1.0292	0.9845	1.0000	
2	AGUAS CLARAS	1.0204	1.0668	1.1013	1.0449	0.9979	0.9863	0.8917	0.9168	1.0069	1.0155	1.0712	0.8127	1.0000	
3	AMBO	0.7822	0.8431	0.8697	0.7549	0.7755	0.7823	0.7479	0.9820	0.7479	0.9842	0.9966	0.8835	1.0000	
4	ATICO	0.8849	0.7376	1.0576	1.0168	1.1538	1.1764	0.9711	0.9893	1.0821	1.0845	1.1559	0.9021	1.0000	
5	AYAVIRI	0.9913	0.9287	1.0870	1.0730	1.1003	1.0878	0.9449	0.9108	0.9242	1.0455	1.0348	0.9733	1.0000	
6	CAMANA	0.5935	0.4934	1.0509	1.2563	1.3866	1.3961	1.2549	1.2278	1.3076	1.2658	1.2303	0.8494	1.0000	
7	CANCAS	0.8722	0.8703	1.0694	1.1121	1.1631	1.2130	0.9722	0.9150	1.0516	1.0161	1.0259	0.8914	1.0000	
8	CARACOTO	1.0576	0.9886	1.0999	1.0550	1.0578	1.0471	0.9900	0.8677	0.9953	0.9895	1.0077	0.7648	1.0000	
9	CASARACRA	1.1441	1.1924	1.2529	0.9991	0.9240	1.0245	0.8401	0.8801	1.0508	0.9739	1.1465	0.8656	1.0000	
10	CATAC	1.0992	1.0589	1.3534	1.0405	1.0772	1.0762	0.8316	0.8717	0.9632	0.9514	1.1169	0.9747	1.0000	
11	CCASACANCHA	1.0321	1.0692	1.1050	1.0611	1.0719	1.0565	0.9517	0.9133	0.8930	0.9959	0.9734	0.7789	1.0000	
12	CHACAPAMPA	1.0342	0.9781	0.9986	1.0653	1.0693	1.2488	1.0419	0.9217	0.9818	0.9211	1.0968	0.9676	1.0000	
13	CHALHUAPUQUIO	1.1804	1.2304	1.2157	1.0487	1.0103	1.0467	0.7867	0.8314	1.0145	0.9547	1.0196	0.9379	1.0000	
14	CHICAMA	0.9891	0.9536	1.0369	1.0347	1.0520	1.0477	0.9368	0.9915	1.0553	1.0166	1.0421	0.7493	1.0000	
15	CHILCA	0.6041	0.5736	0.7824	1.0624	1.5470	1.6110	1.3052	1.4238	1.5046	1.2451	1.1887	0.6261	1.0000	
16	CHULLQUI	1.0428	1.0728	1.0509	1.0163	1.0500	0.9407	0.9832	0.9316	0.9915	0.9207	1.2832	0.8829	1.0000	
17	CHULLUCANAS	1.0210	1.0629	1.1565	1.1355	1.0650	1.0374	0.9771	0.9150	0.9843	0.9479	0.9145	0.7502	1.0000	
18	CIUDAD DE DIOS	0.9338	0.9146	1.1930	1.0736	1.0024	1.0271	0.9071	0.9185	1.0902	0.8660	1.0664	0.6549	1.0000	
19	CORCONA	1.1416	1.1681	1.2623	1.0206	0.9748	1.0336	0.7786	0.8795	1.0065	0.9892	1.1933	0.8888	1.0000	
20	CRUCE BAYOVAR	0.9033	0.8846	1.0933	1.0974	1.1592	1.1950	0.8640	0.9864	1.1644	0.9986	1.0861	0.6673	1.0000	
21	CUCULLI	0.9988	1.0550	1.1242	1.1174	1.1070	0.9845	0.9574	0.9186	0.9449	0.9671	0.9672	1.0218	1.0000	
22	DESUDIO OLMOS	0.9736	1.0105	1.1312	1.1600	1.1451	1.0896	0.9427	0.8716	0.9919	0.9562	1.0093	0.7176	1.0000	
23	DESUDIO TALARA	0.8889	0.8761	1.0496	1.0840	1.1438	1.1754	0.9465	0.9935	1.1153	1.0280	1.0362	0.8201	1.0000	
24	EL FISCAL	0.8940	0.8401	1.0559	1.0613	1.0717	1.1269	1.0109	0.9938	1.0838	1.0772	1.0791	0.8290	1.0000	
25	EL PARAISO	0.9205	0.9105	1.0517	0.9857	1.1149	1.1469	0.9012	0.9733	1.1060	1.0310	1.0929	0.7531	1.0000	
26	FORTALEZA	0.9181	0.8373	1.0150	1.0162	1.1492	1.1835	0.8765	1.0108	1.1687	1.0754	1.1540	0.6525	1.0000	
27	HUACRAPUQUIO	0.8954	0.9256	0.8519	0.7865	1.1504	0.9951	0.8705	0.9487	0.9945	0.9710	1.1529	0.8270	1.0000	
28	HUARMEY	0.9035	0.9244	1.1291	1.1310	1.2668	1.1960	0.8634	0.9658	1.1330	1.0542	1.1438	0.6719	1.0000	
29	ICA	0.8952	0.8816	1.0171	1.0174	1.1066	1.1329	0.9323	0.9830	1.0531	0.9755	1.1795	0.8886	1.0000	
30	ILAVE	1.0094	0.9590	0.9766	1.0121	1.1366	1.1846	0.9693	0.7789	1.0459	1.0628	1.1372	0.9867	1.0000	
31	ILO	0.8298	0.8229	1.0127	1.0787	1.0722	1.1206	1.1008	1.0550	0.9804	1.0440	1.0342	0.8332	1.0000	
32	JAHUAY - CHINCHA	0.8933	0.8732	1.0316	0.9075	1.1200	1.1826	0.9369	0.9922	1.1421	1.0329	1.0528	0.4477	1.0000	
33	LOMA LARGA BAJA	1.0542	1.2728	1.3705	1.2397	1.1376	1.0325	0.8263	0.9065	0.9251	0.8919	0.8810	0.7535	1.0000	
34	LUNAHUANA	1.0078	1.0300	1.0448	0.9515	1.0102	1.1445	0.8265	0.9416	1.1121	0.9751	1.0782	1.0732	1.0000	
35	MACUSANI	1.0451	1.0018	1.0480	1.0861	1.1085	1.1300	0.9928	0.9432	1.0228	0.9617	1.0240	0.7588	1.0000	
36	MARCONA	0.9662	0.8961	0.9852	1.0088	1.0983	1.0530	1.0341	1.0196	1.0333	1.0271	1.0027	0.7889	1.0000	
37	MATARANI	0.4710	0.3895	0.9813	1.5079	1.7155	1.6697	1.6168	1.5740	1.5939	1.4242	1.3991	0.7821	1.0000	
38	MENOCUCO	0.9317	1.0027	1.0511	1.0791	1.0349	1.0573	0.9502	0.9064	1.0854	0.8523	0.7838	0.5208	1.0000	
39	MOCHE	1.0278	0.9771	1.0470	1.0650	1.0408	0.9962	0.9888	0.9054	1.0213	1.0118	1.0013	0.6605	1.0000	
40	MONTALVO	0.9048	0.8791	1.0475	1.0354	1.0354	1.1059	1.0488	1.0071	1.0540	1.0687	1.0353	0.8310	1.0000	
41	MORROPPE	0.9513	0.9141	1.0811	1.1244	1.1424	1.1751	1.0920	0.9687	1.0920	0.9715	1.0545	0.6746	1.0000	
42	MOYOBAMBA	1.0850	1.0698	1.0813	1.0651	1.0168	0.9738	0.9435	0.9373	0.9761	0.9702	0.9891	0.8038	1.0000	
43	NAZCA	0.9661	0.9054	1.0447	1.0579	1.0734	1.0837	0.9221	0.9299	1.0191	1.0129	1.0678	1.0237	1.0000	
44	PACANGUILLA	0.9367	0.9280	1.0694	1.0717	1.1095	1.1596	0.9319	0.9569	1.1054	1.0141	1.0390	0.6863	1.0000	
45	PACRA	1.0292	1.0010	1.0522	0.9639	1.1074	1.0791	0.8941	0.9429	1.0130	0.9989	1.0593	0.9694	1.0000	
46	PAITA	0.8338	0.8399	0.9955	1.0884	1.1366	1.1292	1.0983	1.0805	1.0034	1.0469	1.0315	0.7241	1.0000	
47	PAMPA CUELLAR	1.0470	0.8406	1.0801	1.0786	1.1541	1.1507	0.9423	0.7893	1.0577	1.0224	1.0477	0.8316	1.0000	
48	PAMPA GALERA	0.9682	1.0250	1.1275	1.1108	1.0497	1.0842	0.8216	0.7799	1.0466	1.0741	1.1328	0.8288	1.0000	
49	PAMPAMARCA	0.9676	0.9879	1.0838	1.0298	1.1090	1.0882	0.8872	0.9048	0.8396	0.9118	0.9069	0.8365	1.0000	
50	PATAHUASI	1.0587	0.9424	1.1593	1.0874	1.1075	1.1136	0.9016	0.7985	1.0365	0.9748	1.0193	0.8250	1.0000	
51	PEDRO RUIZ	0.9743	1.0357	1.1043	1.1210	1.1162	1.0422	0.9404	0.9088	0.9643	0.9746	1.0028	0.7673	1.0000	
52	PICHIRHUA	1.0429	1.1004	1.1389	1.0572	1.0324	1.0352	0.9096	0.8779	0.9784	0.9987	1.0072	0.7769	1.0000	
53	PURA SULLANA	1.1032	1.0808	1.1780	1.0977	1.0536	1.0147	0.9646	0.9472	0.9953	0.9479	0.9443	0.7354	1.0000	
54	BLANCONH	1.0322	1.0822	1.0801	1.0640	1.0586	1.0907	0.9340	0.9113	0.9516	0.9578	1.0475	0.7584	1.0000	
55	BOMAHUACA	0.9923	0.9975	1.1424	1.1909	1.1430	1.0907	0.9262	0.8476	0.9921	0.9880	1.0076	0.7033	1.0000	
56	BONCO	1.0334	1.0848	1.0606	1.0886	1.0567	1.0028	0.9655	0.9141	0.9728	0.9669	0.9699	0.8065	1.0000	
57	BOZO REDONDO	0.9233	0.8502	1.0219	1.0682	1.1022	1.0689	0.9826	1.0403	1.1089	1.0396	1.0052	0.8472	1.0000	
58	PUNTA PERDIDA	0.9849	0.8010	1.1299	1.2158	1.4581	1.4051	0.8099	0.5874	1.1694	1.0552	1.2693	1.0738	1.0000	
59	QUILLI	1.1371	1.1635	1.2501	1.0385	1.0168	1.0572	0.8120	0.8670	0.9850	0.9894	1.1196	0.8197	1.0000	
60	RUMICHACA	1.0728	0.9436	1.0297	0.8578	1.2202	1.1942	0.8757	0.8975	1.0348	1.0713	1.1703	0.9911	1.0000	
61	SAN ANTON								1.1261	1.0559	0.9655	1.0337	0.8809	1.0000	
62	SAN GABAN	1.0500	0.9816	1.0785	1.0904	1.1222	1.0984	0.9730	0.9088	0.9405	0.9236	0.9675	0.8185	1.0000	
63	SAN LORENZO	0.9766	1.0535	1.1195	1.1258	1.1044	1.0287	0.8775	0.9294	0.9572	0.9531	1.0553	0.7550	1.0000	
64	SANTA LUCIA	1.0119	0.8481	1.1341	1.1083	1.1142	1.1636	0.9390	0.9403	1.0670	1.0127	1.0654	0.8428	1.0000	
65	SAYILLA	1.0247	0.9848	1.1232	1.0935	1.0634	1.0650	0.9819	0.9125	0.9189	0.9852	0.9876	0.9300	1.0000	
66	SERPENTIN DE PASAM	1.0952	1.0572	1.0806	1.0634	1.0649	1.0634	0.9685	0.8150	1.0387	1.0592	1.0482	0.9383	1.0000	
67	SICLYANI	1.0307	0.8251	1.0268	1.0835	1.1302	1.1529	0.9101	0.7631	1.0878	1.0585	1.1855	1.0308	1.0000	
68	SOCOS	1.2201	0.9974	0.9997	0.8936	1.1303	1.0721	0.9417	0.9564	1.0115	1.0043	1.0295	0.9394	1.0000	
69	TAMBORANDE	0.9319	0.9595	1.0447	1.1058	1.0969	1.0611	1.0462	1.0492	0.9794	0.9803	0.9612	0.8933	1.0000	
70	TOMASARI	0.9857	0.9170	1.0642	1.0853	1.1028	1.0928	1.0370	0.9984	0.9003	1.0377	1.0434	0.7758	1.0000	
71	TUNAN	1.0782	1.0585	1.1034	1.0103	1.0405	1.0399	0.8655	0.8521	0.9794	0.9803	1.1159	0.9908	1.0000	
72	UNION PROGRESO	1.0447	1.0363	1.0948	1.0397	1.0254	1.0172	0.9590	0.9337	0.9674	1.0156	1.0481	0.7614	1.0000	
73	UTCUBAMBA	1.2515	1.0304	1.0861	1.0957	1.0591	1.0235	0.9403	0.8986	0.9387	0.9666	0			

Factores de corrección de vehículos pesados por unidad de peaje - Promedio (2010-2016)

FORMATO N° 1.1 B

Código	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	
		Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados
		FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC
1	AGUAS CALIENTES	1,0234	0,9771	1,0540	1,0631	1,0703	1,1254	0,9831	0,9574	0,9655	0,9434	0,9429	0,9922	1,0000	
2	AGUAS CLARAS	1,0497	1,0164	0,9941	1,0038	0,9878	0,9823	0,9940	0,9597	0,9819	1,0086	1,0042	0,8920	1,0000	
3	AMBO	0,7967	0,7869	0,8193	0,7762	0,7945	0,7905	0,7890	1,0495	1,0086	0,9572	0,9482	0,9447	1,0000	
4	ATICO	1,0402	0,9961	1,0326	1,0478	1,0392	1,0365	1,0288	0,9862	0,9828	0,9573	0,9313	0,9458	1,0000	
5	AYAVIRI	1,0377	1,0057	1,0835	1,0533	1,0511	1,0319	0,9884	0,9505	0,9335	0,9456	0,9485	0,9933	1,0000	
6	CAMANA	0,9370	0,8802	1,0410	1,0753	1,0804	1,0953	1,0782	1,0099	1,0099	0,9947	0,9786	0,8325	1,0000	
7	CANCAS	1,0490	0,9888	1,0151	1,0452	1,0584	1,0381	1,0041	0,9824	1,0019	0,9551	0,9433	0,9563	1,0000	
8	CARACOTO	1,0489	1,0165	1,0879	1,0415	1,0743	1,0541	0,9982	0,9041	0,9575	0,9453	0,9765	0,8133	1,0000	
9	CASARACRA	1,1123	1,0819	1,1121	0,9769	0,9865	0,9782	0,9677	0,9697	0,9731	0,9521	1,0674	0,9416	1,0000	
10	CATAC	1,0538	1,0807	1,1606	1,0756	1,0119	0,9642	0,9591	0,9372	0,9719	0,9644	0,9958	0,9684	1,0000	
11	CCASACANCHA	1,0985	1,0820	1,0974	1,0774	1,0216	0,9848	0,9688	0,9568	0,9552	0,9509	0,9198	0,7875	1,0000	
12	CHACAPAMPA	1,1253	0,9872	0,9856	1,0061	1,0477	1,0441	1,0496	0,9939	0,9340	0,9269	0,9523	1,0257	1,0000	
13	CHALHUAPUQUIO	1,0741	1,0868	1,0814	1,0640	1,0533	0,9822	0,9411	0,9321	0,9569	0,9455	0,9498	0,9948	1,0000	
14	CHICAMA	0,9742	0,9585	1,0327	1,0799	1,0586	1,0428	1,0427	0,9889	0,9895	0,9814	0,9459	0,7964	1,0000	
15	CHILCA	0,9471	0,9731	1,0202	1,0429	1,0652	1,0551	1,0341	0,9979	0,9991	0,9800	0,9674	0,8073	1,0000	
16	CHULLQUI	0,9571	0,9658	1,0534	1,0776	1,0809	1,0402	1,0171	0,9865	0,9731	0,9169	1,2400	0,9257	1,0000	
17	CHULLCANAS	1,0042	0,9705	1,1344	1,1580	1,0939	1,0464	1,0225	0,9536	0,9603	0,9195	0,8980	0,7996	1,0000	
18	CIUDAD DE DIOS	0,9412	0,9568	1,1245	1,1019	0,9763	1,0522	1,0638	1,0509	1,0687	0,8375	0,8101	0,6639	1,0000	
19	CORCONA	1,1221	1,0894	1,1031	0,9536	0,9648	0,9756	0,9759	0,9653	0,9769	0,9739	1,0900	0,9561	1,0000	
20	CRUCE BAYOVAR	0,9925	0,9617	1,0163	1,0654	1,0473	1,0635	1,0368	0,9979	1,0155	0,9779	0,9314	0,7892	1,0000	
21	CUCULI	0,9544	1,0489	1,1882	1,1610	1,0781	0,9788	0,9835	0,9222	0,9034	0,9418	0,9440	1,0895	1,0000	
22	DESUDIO OLMOS	1,0670	1,0554	1,0607	1,0567	1,0520	1,0192	0,9857	0,9187	0,9394	0,9597	0,9510	0,8440	1,0000	
23	DESUDIO TALARA	1,0234	0,9763	1,0148	1,0405	1,0343	1,0196	1,0096	0,9862	1,0060	0,9840	0,9643	0,9566	1,0000	
24	EL FISCAL	0,9793	0,9154	1,0173	1,0391	1,0246	1,1024	1,0633	1,0320	1,0256	0,9910	0,9728	0,8304	1,0000	
25	EL PARAIISO	1,0139	0,9909	1,0354	1,0501	1,0370	1,0203	1,0117	0,9785	0,9958	0,9754	0,9592	0,8049	1,0000	
26	FORTALEZA	1,0095	0,9646	1,0035	1,0378	1,0432	1,0527	1,0371	0,9852	0,9989	0,9807	0,9610	0,7830	1,0000	
27	HUACRAPUQUIO	0,8680	0,9011	0,8423	0,7848	1,1603	1,0254	0,9278	0,9778	0,9218	0,9085	1,1194	0,9334	1,0000	
28	HUARMEY	1,0626	1,0429	1,1171	1,1586	1,1478	1,0300	0,9937	0,9497	0,9638	0,9479	0,9288	0,7750	1,0000	
29	ICA	0,9862	0,9844	1,0316	1,0471	1,0536	1,0587	1,0384	0,9804	0,9489	0,9352	1,0246	0,8853	1,0000	
30	ILAVE	1,0287	0,9435	0,9580	1,0108	1,0332	1,0505	1,0763	0,8865	1,0774	1,0686	1,1077	1,0765	1,0000	
31	ILO	1,0669	1,0457	1,0755	0,9887	1,0028	1,0483	1,0198	1,0030	0,9598	0,9650	0,9476	0,8449	1,0000	
32	JAHUAY - CHINCHA	1,0249	0,9973	1,0339	1,0479	1,0542	1,0382	1,0310	0,9626	0,9677	0,9563	0,9390	0,4681	1,0000	
33	LOMAL LARGA BAJA	0,9984	1,0881	1,2082	1,2064	1,1264	1,0819	0,9625	0,9904	0,9475	0,9315	0,9058	0,7844	1,0000	
34	LINAHUANA	1,1157	1,0802	1,0493	1,0496	0,9891	1,0416	0,9823	0,9305	0,9768	0,9344	0,9505	1,0360	1,0000	
35	MARCOSANI	1,0472	1,0557	1,0808	1,0272	1,1020	1,0260	1,2521	0,9430	0,9199	0,9216	0,9320	0,8424	1,0000	
36	MARCONA	1,0211	0,9817	0,9389	1,0037	1,1061	1,0323	1,0444	1,0595	1,0602	0,9693	0,9652	0,8165	1,0000	
37	MATARANI	0,9769	0,8851	1,0520	1,0660	1,0756	1,0200	1,0076	1,0345	0,9879	0,9887	0,9761	0,8394	1,0000	
38	MENOCUCHO	1,0902	1,0710	1,1233	1,0356	0,9978	0,9628	0,9467	0,9518	1,0001	0,8032	0,7510	0,6242	1,0000	
39	MOCP	0,9589	0,9589	1,0560	1,1377	1,0767	0,9655	1,0381	0,9850	0,9950	0,9641	0,9495	0,6739	1,0000	
40	MONTALVO	0,9749	0,9489	1,0168	1,0360	1,0138	1,0964	1,0793	1,0412	1,0186	0,9900	0,9696	0,8286	1,0000	
41	MORROPE	0,9853	0,9582	1,0108	1,0690	1,0412	1,0481	1,0383	1,0113	1,0140	0,9789	0,9444	0,7873	1,0000	
42	MOYOBAMBA	1,0394	1,0126	1,0017	1,0501	1,0243	0,9980	0,9971	0,9593	0,9650	0,9824	0,9764	0,8706	1,0000	
43	NAZCA	1,0512	1,0102	1,0291	1,0329	1,0337	1,0279	0,9978	0,9794	0,9595	0,9575	0,9266	1,0810	1,0000	
44	PACANGUILLA	0,9774	0,9487	1,0090	1,0641	1,0495	1,0596	1,0523	0,9901	0,9939	0,9811	0,9523	0,8040	1,0000	
45	PACRA	1,0868	1,0277	1,0319	1,0367	1,0279	0,9996	0,9696	0,9510	0,9699	0,9504	0,9933	1,0005	1,0000	
46	PATTA	0,0781	1,0144	0,0791	1,1787	1,1043	1,0823	1,1406	1,0573	0,9480	0,9039	0,8388	0,7955	1,0000	
47	PAMPA CUELLAR	1,1278	1,1060	1,0743	1,0196	1,1381	1,0914	0,9853	0,9499	0,9494	0,8790	0,9477	0,8184	1,0000	
48	PAMPA GALERA	0,9903	1,0946	1,0837	1,0554	1,0345	1,0078	0,9802	0,9332	0,9554	0,9417	0,9377	0,8104	1,0000	
49	BAMPAMARCA	1,0692	1,0541	1,0691	1,0606	1,0664	1,0201	0,9938	0,9473	0,7723	0,7828	0,7751	0,8073	1,0000	
50	PATAHUASI	1,0842	1,0620	1,0935	1,0433	1,0716	1,0642	1,0134	0,9309	0,9448	0,8982	0,3068	0,7907	1,0000	
51	PEDRO RUIZ	1,0395	1,0270	1,0141	1,0433	1,0091	0,9897	1,0051	0,9512	0,9336	0,9460	0,9788	0,8808	1,0000	
52	PICHIRHUA	1,0749	1,0717	1,0921	1,0739	1,0482	1,0367	1,0199	0,9372	0,9336	0,9460	0,9215	0,7813	1,0000	
53	PIURA SULLANA	1,0777	1,0635	1,1221	1,0607	1,0386	1,0120	1,0199	0,9693	0,9533	0,9711	0,9363	0,7840	1,0000	
54	PLANCHON	1,3438	1,2774	1,1203	1,2187	1,0792	1,0400	0,9561	0,8949	0,8533	0,8878	0,9470	0,7937	1,0000	
55	POMAHUACA	1,0921	1,0391	1,0626	1,0829	1,0577	1,0278	0,9851	0,9081	0,9596	0,9608	0,9436	0,8043	1,0000	
56	PONGO	1,1352	1,0876	1,0772	1,0246	0,9968	0,9762	0,9396	0,9093	0,9267	0,9780	0,9737	0,9432	1,0000	
57	POZO REDONDO	1,0265	0,9947	1,0212	1,0323	1,0463	1,0444	0,9966	0,9978	1,0416	1,0080	0,9479	0,8953	1,0000	
58	PUNTA PERDIDA	1,1241	1,1208	1,0721	1,0308	1,3098	1,1524	0,9881	0,9410	0,9238	0,8658	0,9105	0,9502	1,0000	
59	QUILLI	1,1612	1,0951	1,0804	0,9231	0,9335	0,9738	0,9523	0,9509	0,9766	0,9979	1,1258	0,9767	1,0000	
60	REMICHA	1,0818	1,0268	1,0299	1,0168	1,0400	0,9999	0,9651	0,9211	0,9717	0,9617	1,0142	1,0086	1,0000	
61	SAN ANTON														
62	SAN GABAN	1,0987	1,0538	1,1783	1,1125	1,1375	1,0887	1,2293	1,0512	0,8511	0,8426	0,9370	0,8556	1,0000	
63	SAN LORENZO	1,4046	1,3695	1,3441	1,2260	1,1506	1,0369	0,9617	0,9140	0,8716	0,8117	0,8314	0,7406	1,0000	
64	SANTA LUCIA	1,0470	1,0248	1,0863	1,0801	1,0723	1,0987	1,0265	0,9249	0,9396	0,9085	0,9206	0,7987	1,0000	
65	SAYLA	1,0655	1,0234	1,0782	1,0621	1,0384	1,0339	0,9836	0,9496	0,9489	0,9527	0,9402	0,9677	1,0000	
66	SERPENTIN DE PASAJE	1,0230	1,0047	1,0391	1,0460	1,0344	1,0180	1,0079	0,9814	0,9903	0,9671	0,9547	0,8073	1,0000	
67	SICUYANI	1,1224	1,0194	1,0416	1,0932	1,1379	1,1370	1,0892	1,0167	1,0202	0,9074	0,9111	0,9537	1,0000	
68	SOCOS	1,0895	1,0107	1,0057	1,0133	1,0501	0,9948	0,9791	0,9551	0,9911	0,9563	1,0190	0,9775	1,0000	
69	TAMBORANDE	0,5981	0,7330	1,1320	1,4600	1,4249	1,2833	1,3170	1,3397	1,1955	1,0221	0,9103	0,7364	1,0000	
70	TOMASRI	0,9707	0,9200	1,0224	1,0693	1,0587	1,0722	1,0633	1,0043	0,9636	0,9993	0,9996	0,8396	1,0000	
71	TUNAN	1,0667	1,0665	1,0946	1,0642	0,9824	0,9383	0,9359	0,9286	0,9740	0,9695	1,0221	1,0081	1,0000	
72	UNION PROGRESO	1,1490	1,1363	1,0698	1,0555	1,0314	1,0245	0,9767	0,9104	0,9079	0,9712	0,9732	0,7871	1,0000	
73	UTCUBAMBA	1,1972	1,0385	1,0281	1,0362	1,0103	0,9780	0,9674	0,9217	0,9488	0,9731	0,9745	0,8352	1,0000	
74	VARIANTE DE PASAJE	0,9887	0												

Tasa de Crecimiento de Vehículos Ligeros	
	TC
Amazonas	0.62%
Ancash	0.59%
Apurímac	0.59%
Arequipa.	1.07%
Ayacucho	1.18%
Cajamarca.	0.57%
Callao	1.56%
Cusco.	0.75%
Huancavelica.	0.83%
Huánuco.	0.91%
Ica.	1.15%
Junín.	0.77%
La Libertad	1.26%
Lambayeque.	0.97%
Lima Provincia	1.45%
Lima.	1.45%
Loreto.	1.30%
Madre de Dios	2.58%
Moquegua	1.08%
Pasco.	0.84%
Piura.	0.87%
Puno.	0.92%
San Martín.	1.49%
Tacna.	1.50%
Tumbes.	1.58%
Ucayali	1.51%

Tasa de Crecimiento de Vehículos Pesados	
	PBI
Amazonas	3.42%
Ancash	1.05%
Apurímac	6.65%
Arequipa.	3.37%
Ayacucho	3.60%
Cajamarca.	1.29%
Cusco.	4.43%
Huancavelica.	2.33%
Huánuco.	3.85%
Ica.	3.54%
Junín.	3.90%
La Libertad	2.83%
Lambayeque.	3.45%
Callao	3.41%
Lima Provincia	3.07%
Lima.	3.69%
Loreto.	1.29%
Madre de Dios	1.98%
Moquegua	0.27%
Pasco.	0.36%
Piura.	3.23%
Puno.	3.21%
San Martín.	3.84%
Tacna.	2.88%
Tumbes.	2.60%
Ucayali	2.77%

Información al 2017.

Nota: Los valores presentados, son susceptibles a ser actualizados periódicamente por la OPMI-MTC, sin incurrir en actualización de la Ficha Técnica Estándar.



RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN

ESTACIÓN 01: CENTRO POBLADO LA PALMA
CÓDIGO DE ESTACIÓN: E01

Este: 762869.93 m E
Norte: 9281998.45 m S

1. GENERALIDADES

Departamento:	Cajamarca
Provincia:	Chota
Distrito:	Conchán
Horizonte del proyecto (en años):	20 años

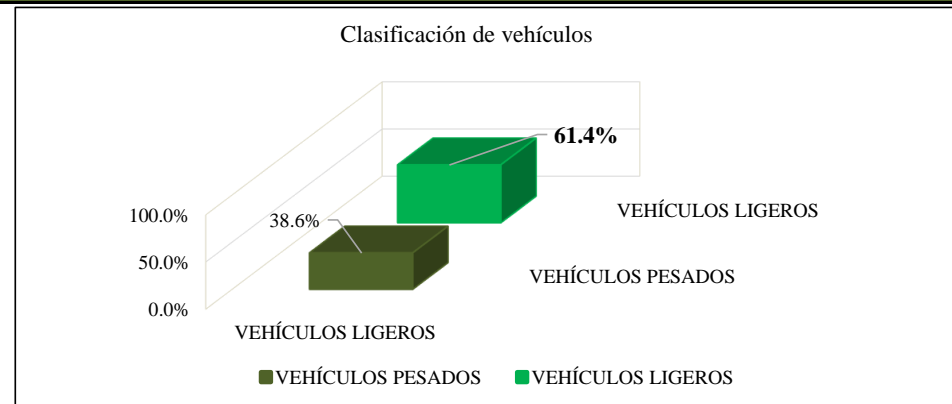
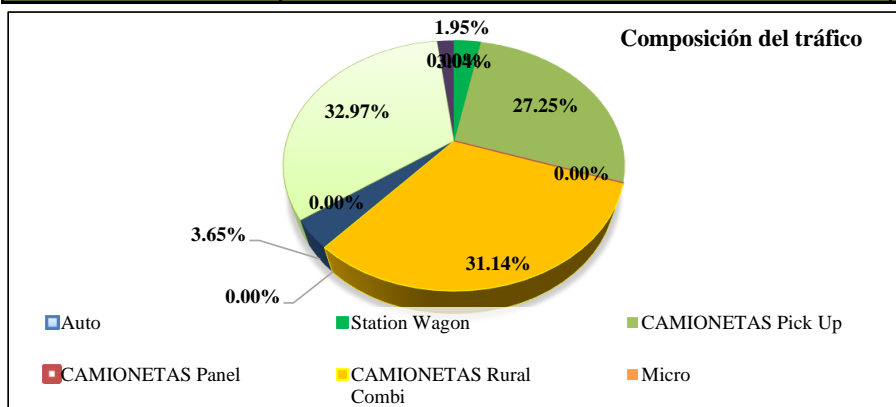
Croquis de la estación



1.1 Determinación del tráfico actual

i) Resumir los conteos de tránsito a nivel del día y tipo de vehículo

RESUMEN DE CONTEO VEHICULAR																					
Día	Fecha	VEHÍCULOS LIGEROS						VEHÍCULOS PESADOS													TOTAL
		Auto	Station Wagon	CAMIONETAS			Micro	BUS		CAMIÓN			SEMI TRAYLER				TRAYLER				
				Pick Up	Panel	Rural Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
D7	3/04/2022	-	4	34	-	40	-	4	-	51	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	140
D1	4/04/2022	-	5	34	-	31	-	6	-	42	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	122
D2	5/04/2022	-	6	26	-	43	-	4	-	42	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	124
D3	6/04/2022	-	6	31	-	33	-	12	-	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	117
D4	7/04/2022	-	2	33	-	46	-	-	-	33	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	116
D5	8/04/2022	-	1	31	-	31	-	2	-	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100
D6	9/04/2022	-	1	35	-	32	-	2	-	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	103
TOTAL		-	25	224	-	256	-	30	-	271	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	822
PORCENTAJE		61.4%						38.6%													





RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN

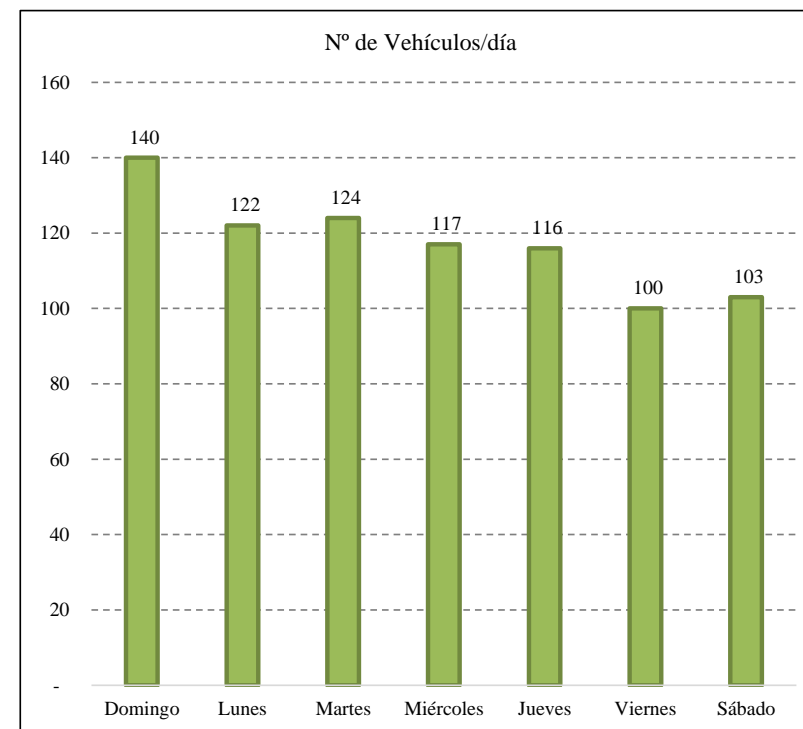
ESTACIÓN 01: CENTRO POBLADO LA PALMA
CÓDIGO DE ESTACIÓN: E01

Este: 762869.93 m E
Norte: 9281998.45 m S

Tipo de vehículos		Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	TOTAL	
VEHÍCULOS LIGEROS	Auto	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Station Wagon	4	5	6	6	2	1	1	25	
	CAMIONETAS	Pick Up	34	34	26	31	33	31	35	224
		Panel	-	-	-	-	-	-	-	-
		Rural Combi	40	31	43	33	46	31	32	256
	Micro	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VEHÍCULOS PESADOS	BUS	2 E	4	6	4	12	-	2	2	30
		>=3 E	-	-	-	-	-	-	-	-
	CAMIÓN	2 E	51	42	42	35	33	35	33	271
		3 E	7	4	3	-	2	-	-	16
		4 E	-	-	-	-	-	-	-	-
	SEMI TRAYLER	2S1/2S2	-	-	-	-	-	-	-	-
		2S3	-	-	-	-	-	-	-	-
		3S1/3S2	-	-	-	-	-	-	-	-
		>= 3S3	-	-	-	-	-	-	-	-
	TRAYLER	2T2	-	-	-	-	-	-	-	-
		2T3	-	-	-	-	-	-	-	-
		3T2	-	-	-	-	-	-	-	-
		>=3T3	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL		140	122	124	117	116	100	103	822	

**Variación diaria del tráfico vehicular actual
(Agosto 2020)**

(Agosto 2020)



ii) Determinar los factores de corrección estacional de una estación de peaje cercano al camino

F.C.E. Vehículos ligeros:

1.117 Ver 1.1 FC

F.C.E. Vehículos pesados:

1.161 Ver 1.1 FC



RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN

ESTACIÓN 01: CENTRO POBLADO LA PALMA
CÓDIGO DE ESTACIÓN: E01

Este: 762869.93 m E
Norte: 9281998.45 m S

IMDA

iii) Aplicar la siguiente fórmula, para un conteo de 7 días

$$IMD_S = \frac{\sum Vi}{7}$$

$$IMD_A = IMD_S * FC$$

Donde: IMD_S = Índice Medio Diario Semanal de la Muestra Vehicular Tomada
 IMD_A = Índice Medio Anual
 V_i = Volumen Vehicular diario de cada uno de los días de conteo
 FC = Factores de Corrección Estacional

Tipo de vehículos	Tráfico Vehicular en dos Sentidos por Día							TOTAL	IMD_S	FC	IMD_a	Distribución (%)		
	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	SEMANA						
VEHÍCULOS LIGEROS	Auto	-	-	-	-	-	-	-	0	1.117	0	0.0		
	Station Wagon	4	5	6	6	2	1	1	25	4	1.117	4	3.0	
	CAMIONETAS	Pick Up	34	34	26	31	33	31	35	224	32	1.117	36	26.9
		Panel	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1.117	0	0.0
		Rural Combi	40	31	43	33	46	31	32	256	37	1.117	41	30.6
	Micro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1.117	0	0.0
VEHÍCULOS PESADOS	BUS	2 E	4	6	4	12	-	2	2	30	4	1.161	5	3.7
		>=3 E	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1.161	0	0.0
	CAMIÓN	2 E	51	42	42	35	33	35	33	271	39	1.161	45	33.6
		3 E	7	4	3	-	2	-	-	16	2	1.161	3	2.2
		4 E	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1.161	0	0.0
	SEMI TRAYLER	2S1/2S2	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1.161	0	0.0
		2S3	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1.161	0	0.0
		3S1/3S2	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1.161	0	0.0
		>= 3S3	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1.161	0	0.0
	TRAYLER	2T2	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1.161	0	0.0
		2T3	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1.161	0	0.0
		3T2	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1.161	0	0.0
		>=3T3	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1.161	0	0.0
	TOTAL		140	122	124	117	116	100	103	822	117		134	100.0



RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN

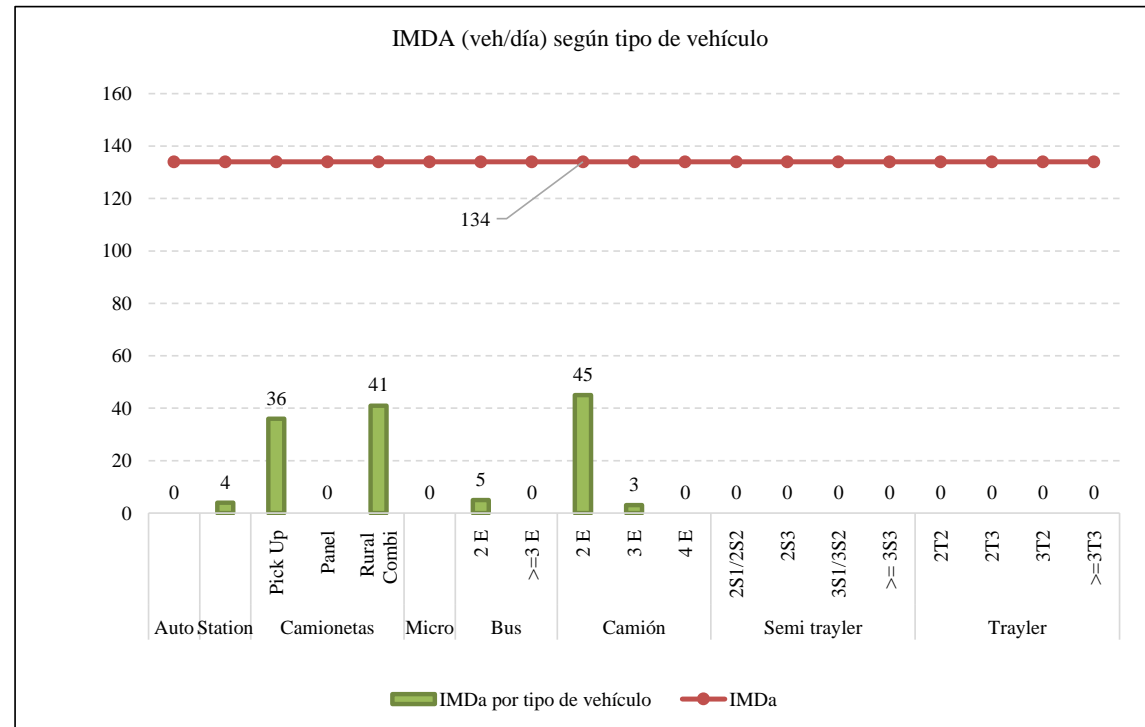
ESTACIÓN 01: CENTRO POBLADO LA PALMA
CÓDIGO DE ESTACIÓN: E01

Este: 762869.93 m E
Norte: 9281998.45 m S

2. ANALISIS DE LA DEMANDA

2.1 Demanda Actual

Tráfico Actual por Tipo de Vehículo				
Tipo de vehículos		IMD	Distribución (%)	
VEHÍCULOS LIGEROS	Auto	0	0.0	
	Station	4	3.0	
	Camionetas	Pick Up	36	26.9
		Panel	0	0.0
		Rural Combi	41	30.6
	Micro	0	0.0	
VEHÍCULOS PESADOS	Bus	2 E	5	3.7
		>=3 E	0	0.0
	Camión	2 E	45	33.6
		3 E	3	2.2
		4 E	0	0.0
	Semi trayler	2S1/2S2	0	0.0
		2S3	0	0.0
		3S1/3S2	0	0.0
		>= 3S3	0	0.0
	Trayler	2T2	0	0.0
		2T3	0	0.0
		3T2	0	0.0
		>=3T3	0	0.0
	TOTAL		134	100.0



Del Cuadro anterior obtenemos que el IMDa total actual es de :
134 veh/día



RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
CARRETERA: LA PALMA - CONCHÁN

DATOS PARA EL CÁLCULO ESAL'S

1. Factores de distribución direccional y de carril para determinar el tránsito en el carril de diseño:

Cuadro 6.1
Factores de Distribución Direccional y de Carril para determinar el Tránsito en el Carril de Diseño

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO93

Número de calzadas: 1.00
Número de sentidos: 2.00
Número de carriles por sentido: 1.00

Factor direccional (Fd) 0.50

Factor carril (Fc) 1.00

2. Tasas de crecimiento y proyección

PERIODO DE DISEÑO

n= 20 años

TIPO DE CARRETERA	PERIODO DE DISEÑO
Urbana con altos volúmenes de tránsito	30 - 50 años
Interurbana con altos volúmenes de tránsito	20 - 50 años
Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito	15 - 25 años
Revestidas con bajos volúmenes de tránsito	10 - 20 años

$$T_n = T_0 * (1 + r)^n$$

$$Fca_n = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Donde:

T_n = Tránsito proyectado al año "n" en veh/día
T₀ = Tránsito actual (año base) en veh/día
n = Periodo de diseño
r = tasa anual de crecimiento de tránsito

Tasa de Crecimiento por región en %

r_{vp} = **0.57%** (Ver 1.2 TC - Tasa de Crecimiento Anual de la Población)
r_{vc} = **1.29%** (Ver 1.2 TC - Tasa de Crecimiento Anual del PBI Regional)
3.00%

Fca= 21.13 (para vehículos de pasajeros)

Fca= 22.66 (para vehículos de carga)

3. Número de repeticiones de ejes equivalentes

Cuadro 6.3
Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) Para Afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE _{s,2tn})
Eje Simple de ruedas simples (EE _{s1})	EE _{s1} = [P / 6.6] ^{0.0}
Eje Simple de ruedas dobles (EE _{s2})	EE _{s2} = [P / 8.2] ^{0.0}
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TA1})	EE _{TA1} = [P / 14.8] ^{0.0}
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EE _{TA2})	EE _{TA2} = [P / 15.1] ^{0.0}
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TR1})	EE _{TR1} = [P / 20.7] ^{0.0}
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE _{TR2})	EE _{TR2} = [P / 21.8] ^{0.0}

P = peso real por eje en toneladas

Fuente: Elaboración Propia, en base a correlaciones con los valores de las Tablas del apéndice D de la Guía AASHTO93

Cuadro 6.4
Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) Para Pavimentos Rígidos

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE _{s,2tn})
Eje Simple de ruedas simples (EE _{s1})	EE _{s1} = [P / 6.6] ^{0.1}
Eje Simple de ruedas dobles (EE _{s2})	EE _{s2} = [P / 8.2] ^{0.1}
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TA1})	EE _{TA1} = [P / 13.0] ^{0.1}
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EE _{TA2})	EE _{TA2} = [P / 13.3] ^{0.1}
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TR1})	EE _{TR1} = [P / 16.6] ^{0.0}
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE _{TR2})	EE _{TR2} = [P / 17.5] ^{0.0}

P = peso real por eje en toneladas

Fuente: Elaboración Propia, en base a correlaciones con los valores de las Tablas del apéndice D de la Guía AASHTO93



RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ

CARRETERA: LA PALMA - CONCHÁN

DATOS PARA EL CÁLCULO ESAL'S

Cálculo de número de repeticiones de ejes equivalentes

Tipo de vehículo		Tipo	Número	Carga	f	f
		Eje	Llantas	Eje Tn		
Vehículos ligeros	Autos	Simple	2	1	0.0004364	0.001
		Simple	2	1	0.0004364	
	Station	Simple	2	1	0.0004364	0.001
		Simple	2	1	0.0004364	
	Pick Up	Simple	2	1	0.0004364	0.001
		Simple	2	1	0.0004364	
	Panel	Simple	2	1	0.0004364	0.001
		Simple	2	1	0.0004364	
	Combi	Simple	2	1	0.0004364	0.001
		Simple	2	1	0.0004364	
Buses	B2	Simple	2	7	1.2728342	3.529
		Simple	4	10	2.2561252	
	B3	Simple	2	7	1.2728342	3.071
		TANDEM	6	15	1.7980693	
Camiones	C2	Simple	2	7	1.2728342	3.529
		Simple	4	10	2.2561252	
	C3	Simple	2	7	1.2728342	3.406
		TANDEM	8	16	2.1335371	
	C4	Simple	2	7	1.2728342	4.958
	TRIDEM	10	23	3.6853521		
Semi Traylor	2S1	Simple	2	7	1.2728342	5.785
		Simple	4	10	2.2561252	
		Simple	4	10	2.2561252	
	2S2	Simple	2	7	1.2728342	5.662
		Simple	4	10	2.2561252	
		TANDEM	8	16	2.1335371	
	2S3	Simple	2	7	1.2728342	6.513
		Simple	4	10	2.2561252	
		TRIDEM	12	23	2.9837274	
	3S1	Simple	2	7	1.2728342	5.662
		TANDEM	8	16	2.1335371	
		Simple	4	10	2.2561252	
	3S2	Simple	2	7	1.2728342	5.662
		TANDEM	8	16	2.1335371	
	TANDEM	8	10	2.2561252		
Traylor	2T2	Simple	2	7	1.2728342	8.041
		Simple	4	10	2.2561252	
		Simple	4	10	2.2561252	
		Simple	4	10	2.2561252	
	2T3	Simple	2	7	1.2728342	7.919
		Simple	4	10	2.2561252	
		Simple	4	10	2.2561252	
		TANDEM	8	16	2.1335371	
	3T2	Simple	2	7	1.2728342	7.919
		TANDEM	8	16	2.1335371	
		Simple	4	10	2.2561252	
		Simple	4	10	2.2561252	
	>=3T3	Simple	2	7	1.2728342	7.796
	TANDEM	8	16	2.1335371		
	Simple	4	10	2.2561252		
	TRIDEM	8	16	2.1335371		



RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ

CARRETERA: LA PALMA - CONCHÁN

DATOS PARA EL CÁLCULO ESAL'S

Número de repeticiones de ejes equivalentes

Tipo de vehículo	f	
Vehículos ligeros	Autos	0.001
	Station	0.001
	Pick Up	0.001
	Panel	0.001
	Combi	0.001
	Micro	0.001
Buses	B2	3.529
	B3	3.071
Camiones	C2	3.529
	C3	3.406
	C4	4.958
Semi Traylor	2S1	5.785
	2S2	5.662
	2S3	6.513
	3S1	5.662
	3S2	5.662
	>=3S3	6.390
Traylor	2T2	8.041
	2T3	7.919
	3T2	7.919
	>=3T3	7.796

6) CODIGO DE EJE CARGADO

L2 = tipo de eje en contacto con el pavimento

L2 = 1	eje simple
L2 = 2	eje tandem
L2 = 3	eje tridem



RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
CARRETERA: LA PALMA - CONCHÁN

COORDENADAS UTM ESTACION 01:

Este: 762869.93 m E
Norte: 9281998.45 m S

CALCULO DE ESAL

Periodo de diseño= n 20 años Tasa de crecimiento = r 3 % Factor de crecimiento 26.87 $(1+r)^n =$ 1.806

CÁLCULO DE ESAL'S O rep EE8.2Tn.

$$EE = N^{\circ} \text{ Vehículos según tipo } \times \text{ Factor de presión de llantas}$$

Tipo de vehículos		IMDa	Fc	Factor de presión de llantas	EE	Factor direccional	Factor carril	EE dia carril	Fact. Crecimiento	N° rep. EE	
VEHÍCULOS LIGEROS	Auto	0	0.0009	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	21.13	0.00	
	Station	4	0.0009	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	21.13	0.00	
	Camionetas	Pick Up	36	0.0009	1.00	0.03	0.50	1.00	0.02	21.13	115.69
		Panel	0	0.0009	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	21.13	0.00
		Rural Combi	41	0.0009	1.00	0.04	0.50	1.00	0.02	21.13	154.25
	Micro	0	0.0009	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	21.13	0.00	
VEHÍCULOS PESADOS	Bus	2 E	5	3.5290	1.00	17.64	0.50	1.00	8.82	22.66	72947.96
		>=3 E	0	3.0709	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	22.66	0.00
	Camión	2 E	45	3.5290	1.00	158.80	0.50	1.00	79.40	22.66	656697.05
		3 E	3	3.4064	1.00	10.22	0.50	1.00	5.11	22.66	42263.50
		4 E	0	4.9582	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	22.66	0.00
	Semi trayler	2S1/2S2	0	5.7851	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	22.66	0.00
		2S3	0	5.6625	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	22.66	0.00
		3S1/3S2	0	6.5127	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	22.66	0.00
		>= 3S3	0	5.6625	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	22.66	0.00
	Trayler	2T2	0	5.6625	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	22.66	0.00
		2T3	0	6.3901	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	22.66	0.00
		3T2	0	8.0412	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	22.66	0.00
>=3T3		0	7.9186	1.00	0.00	0.50	1.00	0.00	22.66	0.00	
IMDA		134							TOTAL	772,178.45	
									TP6		

Anexo F. Estudio de los residuos de cal



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

TESIS "INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE
PRODUCCIÓN DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE
SUELOS ARCILLOSOS CHOTA"

CONTENIDO DE HUMEDAD

A.S.T.M. D 2216

RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: PLANTA PROCESADORA DE CAL : EL PROGRESO - BAMBAMARCA
FECHA : 27 DE MAYO DEL 2021

CONTENIDO DE HUMEDAD			
TARA N°	1	2	3
<i>Wt + M. Húmeda</i>	85.60	84.70	82.20
<i>Wt + M. Seca</i>	84.70	83.80	81.30
<i>W agua</i>	0.90	0.90	0.90
<i>W tara</i>	23.80	23.80	24.00
<i>W M. Seca</i>	60.90	60.00	57.30
<i>W(%)</i>	1.48	1.50	1.57
<i>W(%) PROMEDIO</i>	1.52		

TEMPERATURA DE SECADO	
PREPARACIÓN DE MUESTRA	
60 °C	110 °C


WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg. CIP. N° 214467

Ingeniero especialista



Tesista


Miguel Ángel BUVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP. 157722

Asesor (a)



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

TESIS "INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE SUELOS ARCILLOSOS CHOTA"

GRANULOMETRIA

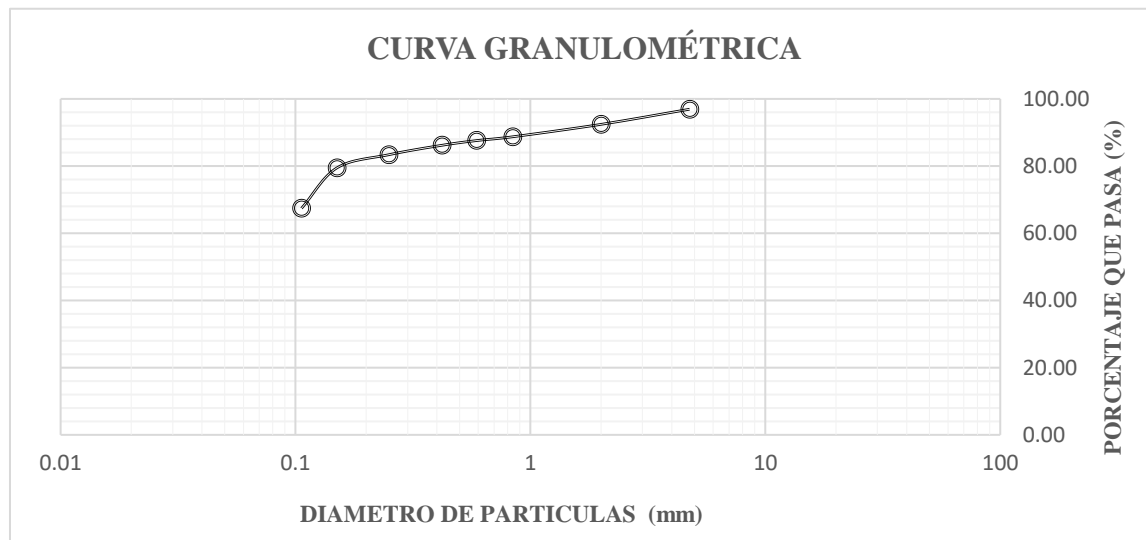
ASTM D421

RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: PROVINCIA DE BAMBAMARCA - HUALGAYOC - CAJAMARCA
UBICACIÓN: PLANTA PROCESADORA DE CAL : EL PROGRESO - BAMBAMARCA
MUESTRA: M-1
FECHA : 28 DE MAYO DE 2021

Wms=300 gr

Malla	Malla (mm)	P.R.P	% R.P	% R.A	% P. PASA
N° 4	4.76	9.20	3.07	3.07	96.93
N° 10	2	13.50	4.50	7.57	92.43
N° 20	0.84	11.10	3.70	11.26	88.74
N°30	0.59	3.40	1.13	12.40	87.60
N° 40	0.42	4.20	1.40	13.80	86.20
N° 60	0.25	8.40	2.80	16.60	83.40
N° 100	0.15	11.80	3.93	20.53	79.47
N° 200	0.106	36.20	12.07	32.59	67.41
CASOLETA	.....	202.22	67.41	100.00	0.00

CURVA GRANULOMÉTRICA



Walter
WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
 Ingeniero Hidráulico
 Reg.CIP. N° 214467

Ingeniero especialista

Aladino

Tesista

Miguel
Miguel Angel SAVA TARRILLO
 INGENIERO CIVIL
 CIP 157752

Asesor (a)

Anexo G. Estudio de mecánica de suelos



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

TESIS "INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE
PRODUCCIÓN DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE
SUELOS ARCILLOSOS CHOTA"

CONTENIDO DE HUMEDAD

A.S.T.M. D 2216

RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN DE CALICATA: KM+08+000 CARRETERA LAPALMA - CONCHÁN
CALICATA N° : C-1 MUESTRA: M-1
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m
FECHA : 24 DE MAYO DEL 2021

CONTENIDO DE HUMEDAD

TARA N°	1	2	3
<i>Wt + M. Húmeda</i>	122.90	128.00	127.10
<i>Wt + M. Seca</i>	86.80	90.50	90.40
<i>W agua</i>	36.10	37.50	36.70
<i>W tara</i>	24.00	23.80	24.00
<i>W M. Seca</i>	62.80	66.70	66.40
<i>W(%)</i>	57.48	56.22	55.27
<i>W(%) PROMEDIO</i>	56.33		

COORDENADAS UTM

ESTE	761719.43
NORTE	9286201.22

TEMPERATURA DE SECADO

PREPARACIÓN DE MUESTRA

60 °C	110 °C
-------	--------


WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.CIP. N° 214467

Ingeniero especialista



Tesista


Miguel Ángel SOSA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP. 187792

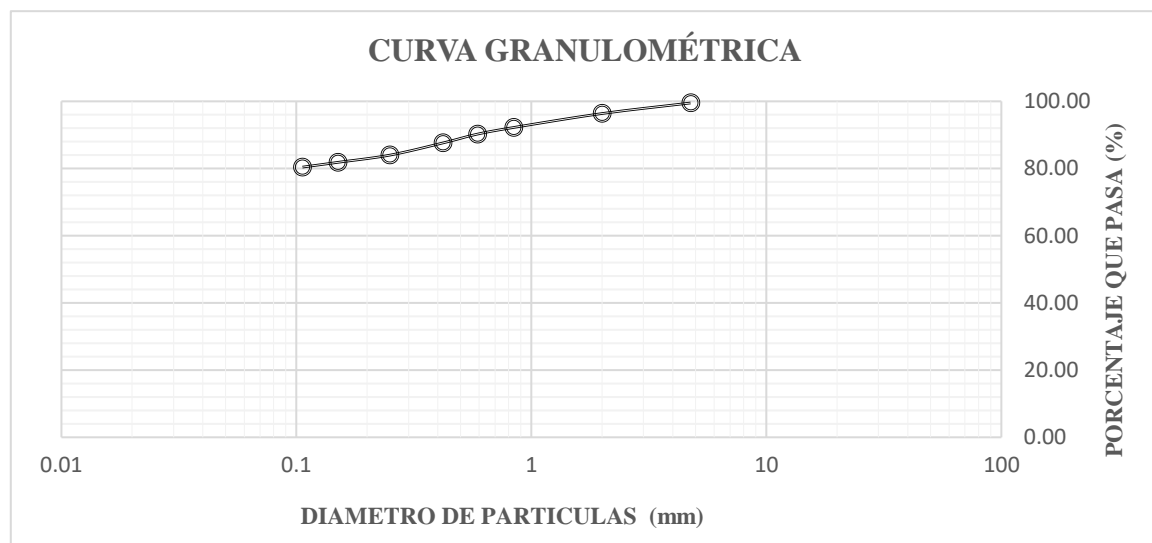
Asesor (a)



GRANULOMETRIA
ASTM D421

RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN: CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
MUESTRA: M-1
FECHA : 26 DE MAYO DE 2021

Wms	500	GRAMOS			
Malla	Malla (mm)	P.R.P	% R.P	% R.A	% P. PASA
N° 4	4.76	2.40	0.48	0.48	99.52
N° 10	2.00	15.70	3.14	3.62	96.38
N° 20	0.84	20.80	4.16	7.78	92.22
N°30	0.59	9.80	1.96	9.74	90.26
N° 40	0.42	13.20	2.64	12.38	87.62
N° 60	0.25	18.10	3.62	16.00	84.00
N° 100	0.15	10.80	2.16	18.16	81.84
N° 200	0.11	7.10	1.42	19.58	80.42
CASOLETA	.....	402.10	80.42	100.00	0.00



Walter
WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.CIP. N° 214467

Ingeniero especialista

Aladino

Tesista

Miguel
Miguel Ángel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP. 157752

Asesor (a)



**LÍMITES DE ATTERBERG
A.S.T.M. D 4318**

RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN DE CALICATA: KM+08+000 CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
CALICATA N° : C-1 **MUESTRA:** M-1
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m
FECHA : 01 DE JUNIO DEL 2021

COORDENADAS UTM	
ESTE	761719.43
NORTE	9286201.22

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	1	2	3
Wt + M. Húmeda	31.5	32	31.6
Wt + M. Seca	28.1	28.4	28.2
W agua	3.4	3.6	3.4
W tara	23.7	23.7	23.7
W M. Seca	4.4	4.7	4.5
W(%)	77.27	76.60	75.56
N. GOLPES	13	19	32

TEMPERATURA DE SECADO	
60 °C	110 °C

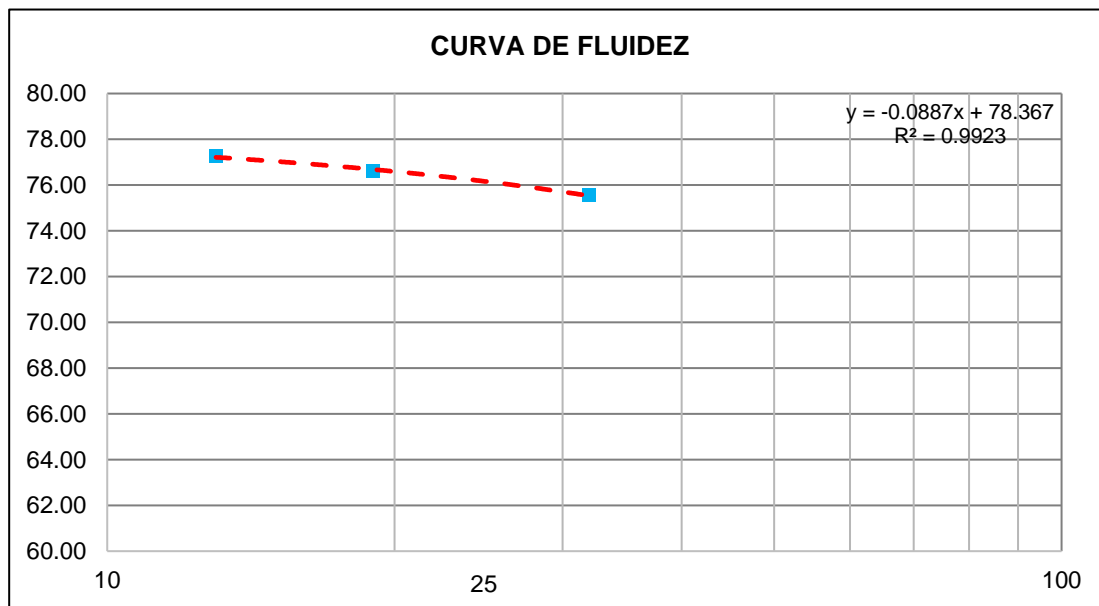
PREPARACIÓN DE MUESTRA	
60 °C	110 °C

CONTENIDO DE HUMEDAD	
60 °C	110 °C

AGUA USADA	
DESTILADA	
POTABLE	
OTRA	

LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	4	5	Promedio
Wt + M. Húmeda	42.7	40.7	
Wt + M. Seca	38.1	36.7	
W agua	4.6	4	
W tara	23.33	23.7	
W M. Seca	14.77	13	
W(%)	31.14	30.77	30.96

LI = A*(x)+B	
A=	-0.0887
B=	78.367



LÍMITE LÍQUIDO LL (%)= 76.15	LÍMITE PLÁSTICO LP (%)= 30.96	ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)= 45.19
--	---	---

Walter Manuel Vasquez Tapia
WALTER MANUEL VÁSQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.CIP. N° 214467

Ingeniero especialista

Aladino Sánchez Vásquez

Tesisista

Miguel Ángel Súa Tarrillo
Miguel Ángel SÚA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP 157793

Asesor (a)



**LÍMITES DE ATTERBERG
A.S.T.M. D 4318**

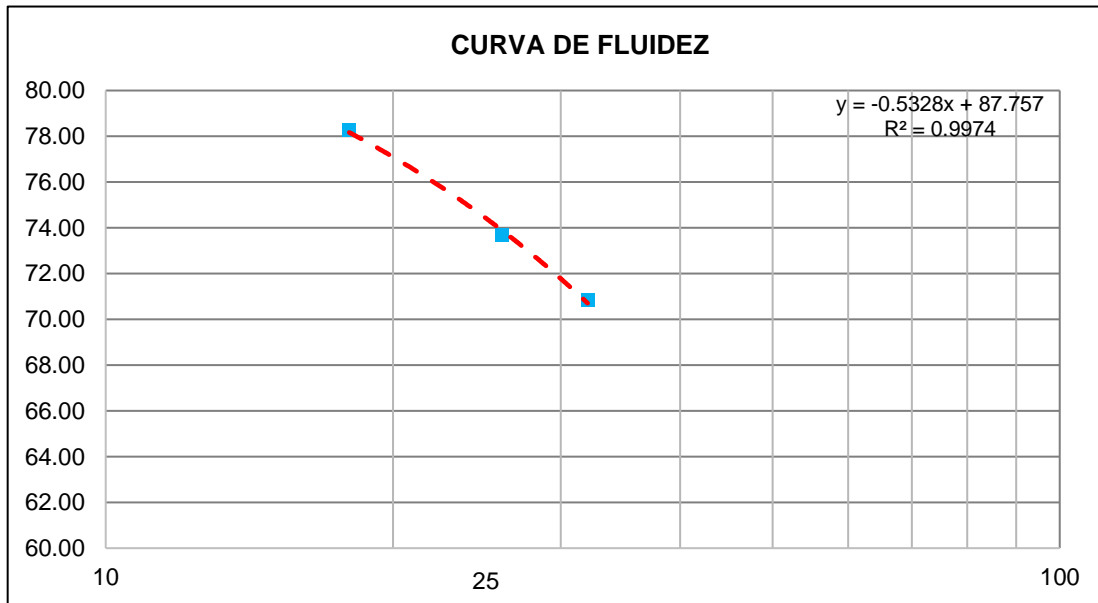
RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN DE CALICATA: KM+08+000 CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
CALICATA N° : C-1 **MUESTRA:** M-2
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m
FECHA : 02 DE JUNIO DEL 2021

COORDENADAS UTM	
ESTE	761719.43
NORTE	9286201.22

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	1	2	3
Wt + M. Húmeda	32.1	33.7	36.1
Wt + M. Seca	28.5	29.5	31
W agua	3.6	4.2	5.1
W tara	23.9	23.8	23.8
W M. Seca	4.6	5.7	7.2
W(%)	78.26	73.68	70.83
N. GOLPES	18	26	32
LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	4	5	Promedio
Wt + M. Húmeda	41.9	41.1	
Wt + M. Seca	37.4	36.9	
W agua	4.5	4.2	
W tara	23.33	23.7	
W M. Seca	14.07	13.2	
W(%)	31.98	31.82	31.90

TEMPERATURA DE SECADO	
60 °C	110 °C
PREPARACIÓN DE MUESTRA	
60 °C	110 °C
CONTENIDO DE HUMEDAD	
60 °C	110 °C
AGUA USADA	
DESTILADA	
POTABLE	
OTRA	

LI = A*(x)+B	
A=	-0.5328
B=	87.757



LÍMITE LÍQUIDO LL (%)= 74.44	LÍMITE PLÁSTICO LP (%)= 31.90	ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)= 42.54
--	---	---

Walter
WALTER MANUEL VÁSQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.CIP. N° 214467
Ingeniero especialista

Aladino
Tesisista

Miguel
Miguel Angel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP 187792
Asesor (a)



**LÍMITES DE ATTERBERG
A.S.T.M. D 4318**

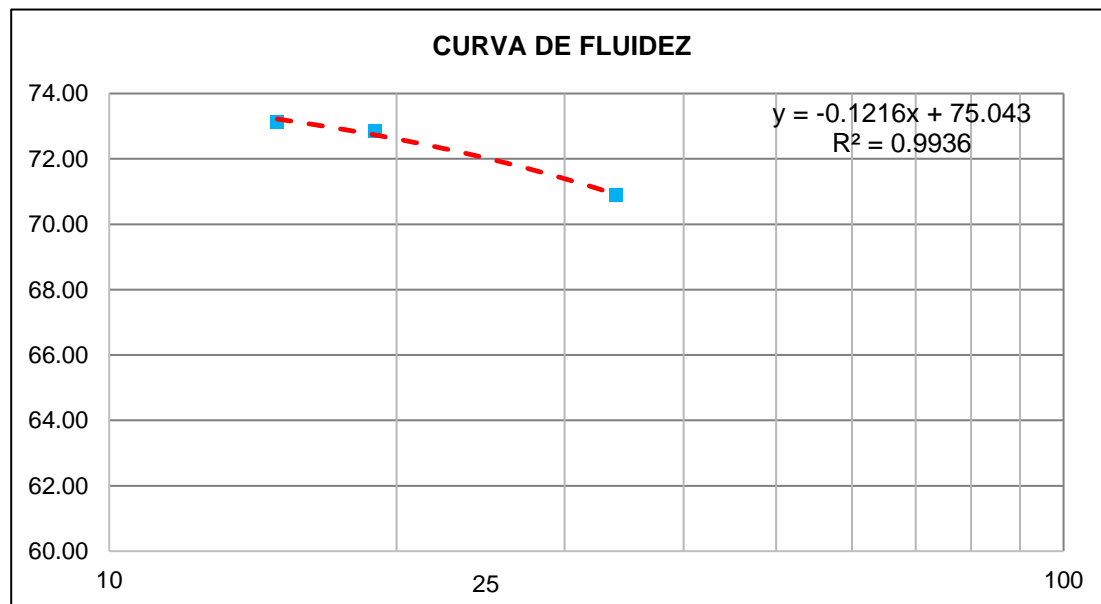
RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN DE CALICATA: KM+08+000 CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
CALICATA N° : C-1 **MUESTRA:** M-3
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m
FECHA : 02 DE JUNIO DEL 2021

COORDENADAS UTM	
ESTE	761719.43
NORTE	9286201.22

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	1	2	3
Wt + M. Húmeda	35.2	37.7	37.5
Wt + M. Seca	30.3	31.8	31.9
W agua	4.9	5.9	5.6
W tara	23.6	23.7	24
W M. Seca	6.7	8.1	7.9
W(%)	73.13	72.84	70.89
N. GOLPES	15	19	34
LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	4	5	Promedio
Wt + M. Húmeda	44.2	43.8	
Wt + M. Seca	39.1	38.8	
W agua	5.1	5	
W tara	23.33	23.7	
W M. Seca	15.77	15.1	
W(%)	32.34	33.11	32.73

TEMPERATURA DE SECADO	
60 °C	110 °C
PREPARACIÓN DE MUESTRA	
60 °C	110 °C
CONTENIDO DE HUMEDAD	
60 °C	110 °C
AGUA USADA	
DESTILADA	
POTABLE	
OTRA	

LI = A*(x)+B	
A=	-0.1216
B=	75.043



LÍMITE LÍQUIDO LL (%)= 72.00	LÍMITE PLÁSTICO LP (%)= 32.73	ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)= 39.28
--	---	---

Walter
WALTER MANUEL VÁSQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.CIP. N° 214467
Ingeniero especialista

Aladino
Aladino Sánchez Vásquez
Tesisista

Miguel
Miguel Ángel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP 1457722
Asesor (a)



**LÍMITES DE ATTERBERG
A.S.T.M. D 4318**

RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN DE CALICATA: KM+08+000 CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
CALICATA N° : C-1 **MUESTRA:** M-4
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m
FECHA : 02 DE JUNIO DEL 2021

COORDENADAS UTM

ESTE	761719.43
NORTE	9286201.22

LÍMITE LÍQUIDO

TARA N°	1	2	3
<i>Wt + M. Húmeda</i>	40	39.1	36.4
<i>Wt + M. Seca</i>	33.4	32.9	31.3
<i>W agua</i>	6.6	6.2	5.1
<i>W tara</i>	23.9	23.8	23.7
<i>W M. Seca</i>	9.5	9.1	7.6
<i>W(%)</i>	69.47	68.13	67.11
<i>N. GOLPES</i>	15	26	35

TEMPERATURA DE SECADO

PREPARACIÓN DE MUESTRA

60 °C 110 °C

CONTENIDO DE HUMEDAD

60 °C 110 °C

AGUA USADA

DESTILADA
POTABLE
OTRA

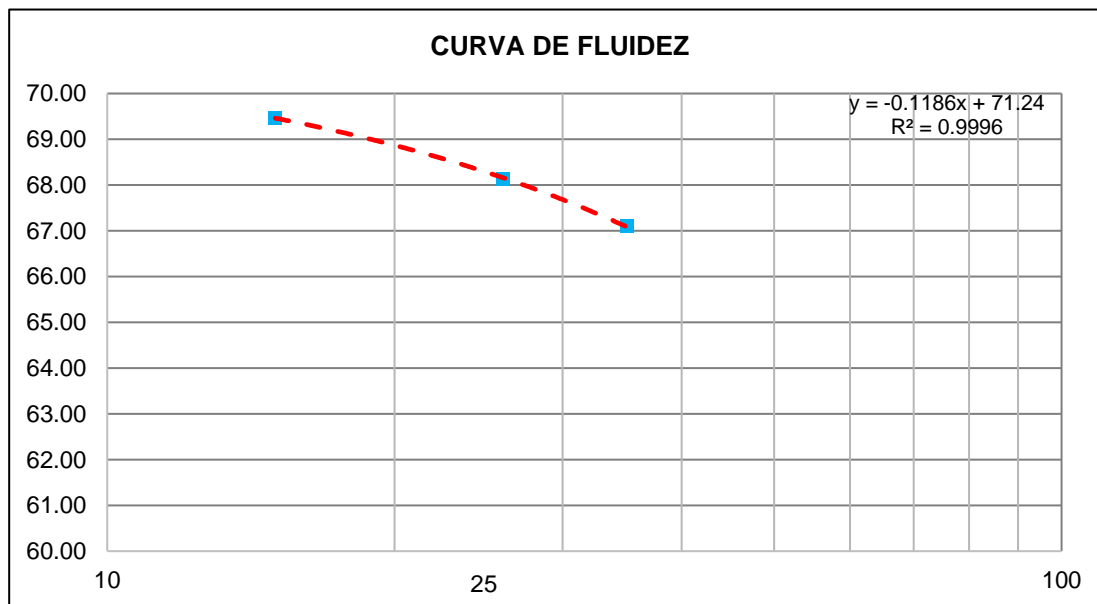
LÍMITE PLÁSTICO

TARA N°	4	5	Promedio
<i>Wt + M. Húmeda</i>	40.8	41	
<i>Wt + M. Seca</i>	36.4	36.6	
<i>W agua</i>	4.4	4.4	
<i>W tara</i>	23.7	23.6	
<i>W M. Seca</i>	12.7	13	
<i>W(%)</i>	34.65	33.85	34.25

LI = A*(x)+B

A=	-0.1186
B=	71.24

CURVA DE FLUIDEZ



LÍMITE LÍQUIDO
LL (%)= 68.28

LÍMITE PLÁSTICO
LP (%)= 34.25

ÍNDICE PLÁSTICO
IP (%)= 34.03

Walter
WALTER MANUEL VÁSQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.CIP. N° 214467

Ingeniero especialista

Aladino

Tesista

Miguel
Miguel Ángel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP 167792

Asesor (a)



**LÍMITES DE ATTERBERG
A.S.T.M. D 4318**

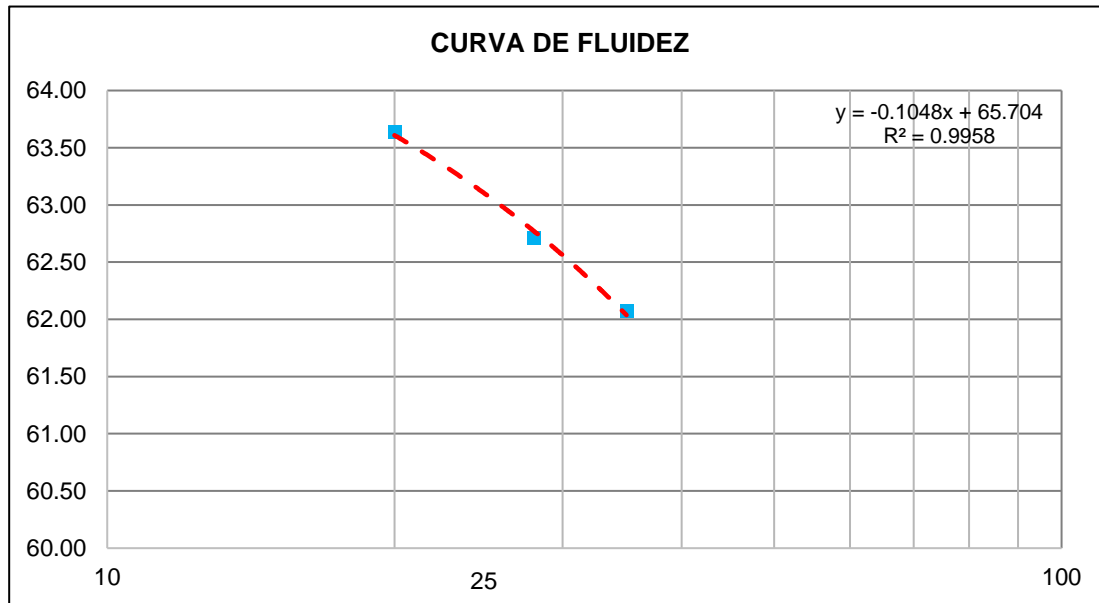
RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN DE CALICATA: KM+08+000 CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
CALICATA N° : C-1 **MUESTRA:** M-5
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m
FECHA : 03 DE JUNIO DEL 2021

COORDENADAS UTM	
ESTE	761719.43
NORTE	9286201.22

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	1	2	3
Wt + M. Húmeda	38.2	42.9	38.1
Wt + M. Seca	32.6	35.5	32.7
W agua	5.6	7.4	5.4
W tara	23.8	23.7	24
W M. Seca	8.8	11.8	8.7
W(%)	63.64	62.71	62.07
N. GOLPES	20	28	35
LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	4	5	Promedio
Wt + M. Húmeda	40.3	39.4	
Wt + M. Seca	35.6	35.1	
W agua	4.7	4.3	
W tara	23.7	23.8	
W M. Seca	11.9	11.3	
W(%)	39.50	38.05	38.77

TEMPERATURA DE SECADO	
60 °C	110 °C
PREPARACIÓN DE MUESTRA	
60 °C	110 °C
CONTENIDO DE HUMEDAD	
60 °C	110 °C
AGUA USADA	
DESTILADA	
POTABLE	
OTRA	

LI = A*(x)+B	
A=	-0.1048
B=	65.704



LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE PLÁSTICO
LL (%)= 63.08	LP (%)= 38.77	IP (%)= 24.31

WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg. CIP. N° 214467
Ingeniero especialista

Asesor (a)

Miguel Ángel LUJÁN TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP 457722
Asesor (a)

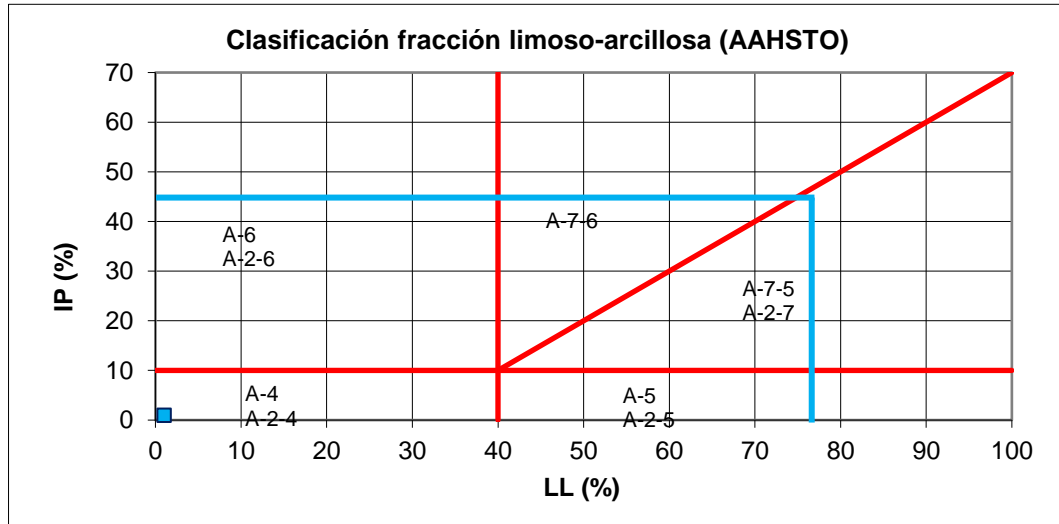


CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS

A.S.T.M. D-3282

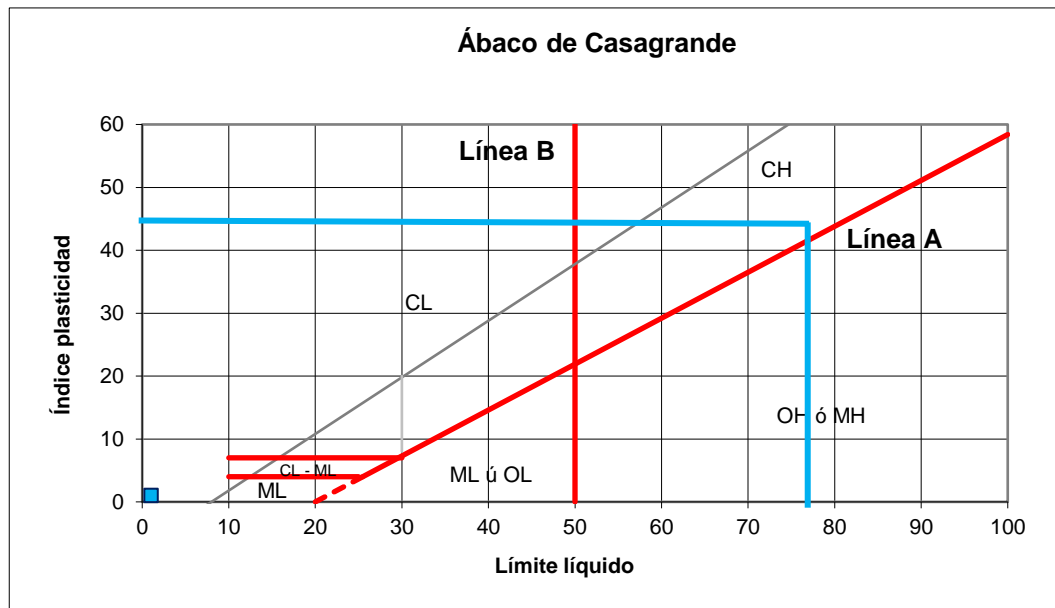
RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN DE CALICATA: CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
CALICATA N° : C-1 **MUESTRA:** M-1
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m
FECHA : 02 DE JUNIO DEL 2021

COORDENADAS UTM	
ESTE	761719.43
NORTE	9286201.22



Clasificación AASHTO

A-7-5



Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)

CH

Walter
WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
 Ingeniero Hidráulico
 Reg.C.I.P. N° 214467
 Ingeniero especialista

Aladino
 Tesista

Miguel
Miguel Ángel SILVA TARRILLO
 INGENIERO CIVIL
 CIP 1457793
 Asesor (a)

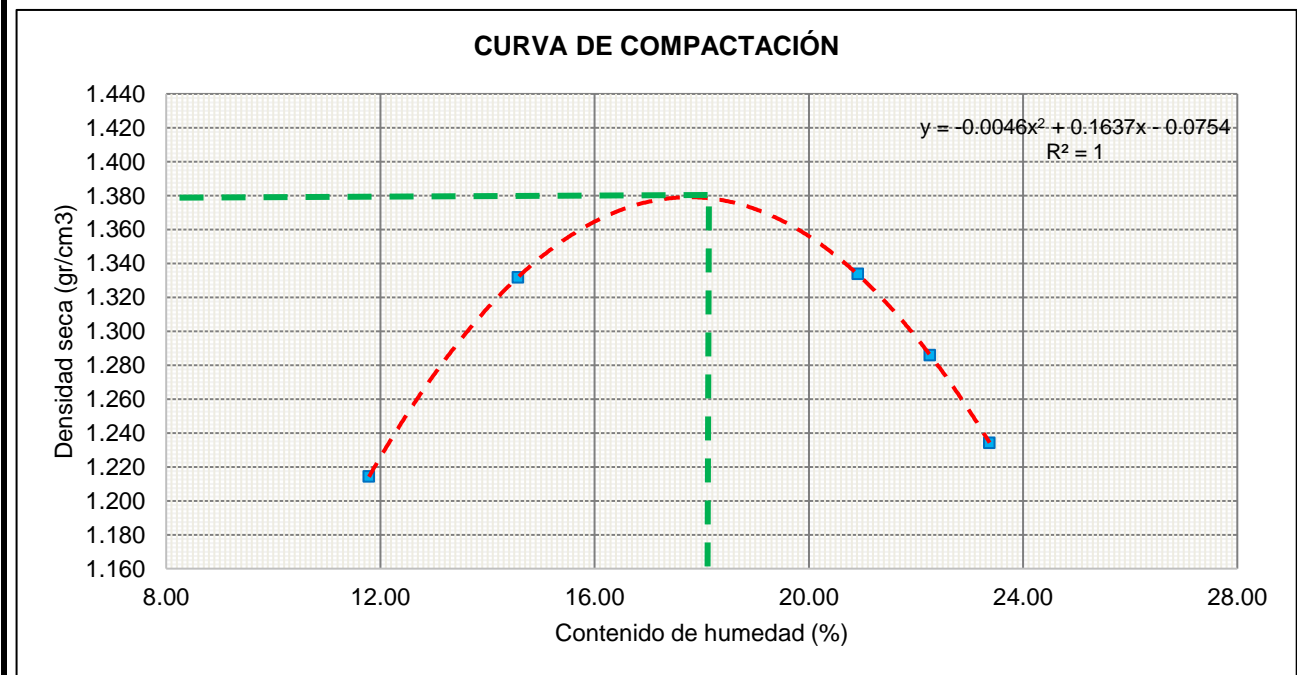


PROCTOR MODIFICADO
ASTM D 1557

RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN DE CALICATA: KM+08+000 CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
CALICATA N° : C-1 **MUESTRA:** M-1
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m
FECHA : 16 DE JUNIO DEL 2021

COORDENADAS UTM	
ESTE	761719.43
NORTE	9286201.22

MÉTODO DE ENSAYO		"C"	CONDICIÓN DE SECADO: Horno 110 °C				DIÁMETRO DE MOLDE: 10.16 cm.				
DENSIDAD	NÚMERO DE ENSAYO	1	2		3		4		5		
	N° de capas	5	5		5		5		5.00		
	N° de Golpes por Capa	25	25		25		25		25		
	Peso Húmedo + Molde (gr)	3015.60	3174.30		3256.60		3218.20		3171.50		
	Peso Molde (gr)	1734.60	1734.60		1734.60		1734.60		1734.60		
	Peso Húmedo (gr)	1281.00	1439.70		1522.00		1483.60		1436.90		
	Volumen del Molde (cm ³)	943.69	943.69		943.69		943.69		943.69		
	Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.357	1.526		1.613		1.572		1.523		
HUMEDAD	Ensayo	1		2		3		4		5	
	Peso Húmedo + Tara (gr)	50.7	51.8	61.1	56.8	64.0	63.0	54.6	64.1	57.9	57.8
	Peso seco + Tara (gr)	47.9	48.8	56.5	52.5	57.1	56.2	49.0	56.8	51.6	51.2
	Peso Agua (gr)	2.8	3.0	4.6	4.3	6.9	6.8	5.6	7.3	6.3	6.6
	Peso Tara (gr)	23.8	23.7	24.0	23.8	24.0	23.8	24.0	23.8	23.8	23.8
	Peso Muestra Seca (gr)	24.1	25.1	32.5	28.7	33	32.4	25.0	33.0	27.8	27.4
	Contenido de Humedad (%)	11.62	11.95	14.15	14.98	20.85	20.99	22.40	22.12	22.66	24.09
	C. Humedad (%) promedio	11.79	14.57	20.92	22.26	23.37					
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.214	1.332	1.334	1.286	1.234						



DENSIDAD SECA MÁXIMA:	1.38 Gr/cm ³	CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO:	18.00 %
------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	----------------

WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg. CIP. N° 214467

Ingeniero especialista

Testista

Miguel Ángel Peña TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP. 157723

Asesor

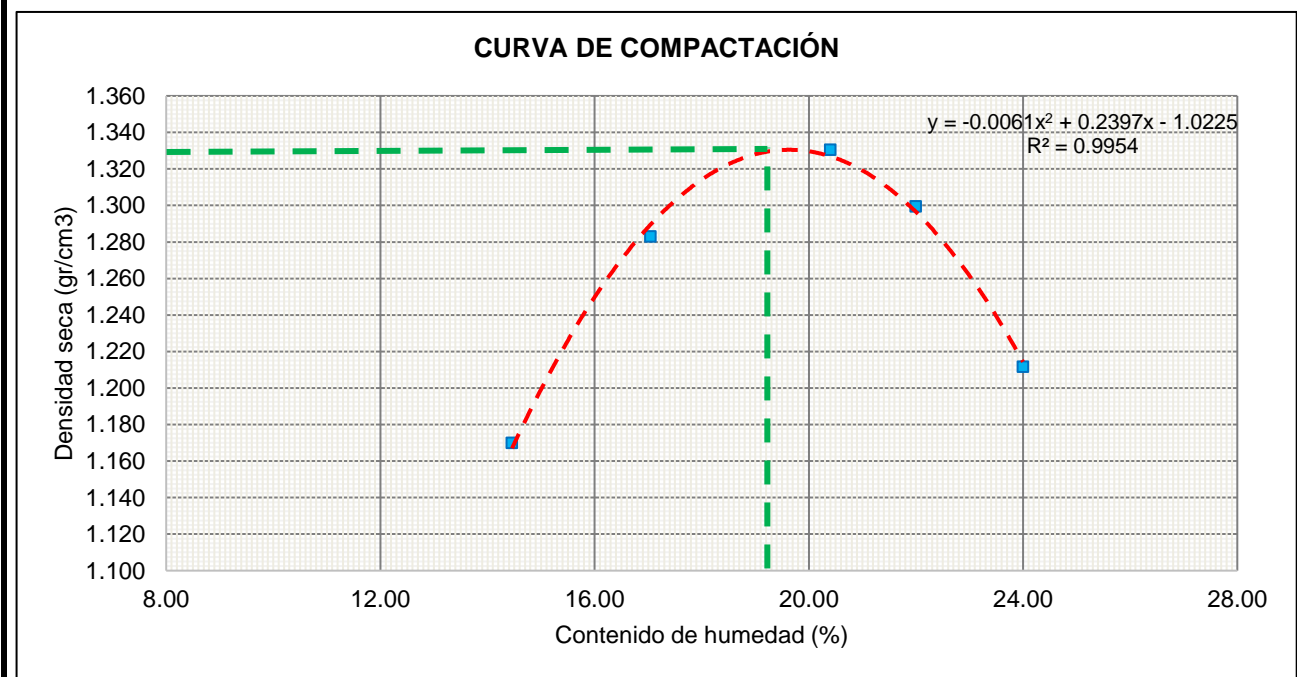


PROCTOR MODIFICADO
ASTM D 1557

RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN DE CALICATA: KM+08+000 CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
CALICATA N° : C-1 **MUESTRA:** M-2
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m
FECHA : 21 DE JUNIO DEL 2021

COORDENADAS UTM	
ESTE	761719.43
NORTE	9286201.22

MÉTODO DE ENSAYO		"C"	CONDICIÓN DE SECADO: Horno 110 °C				DIÁMETRO DE MOLDE: 10.16 cm.				
DENSIDAD	NÚMERO DE ENSAYO	1	2		3		4		5		
	N° de capas	5	5		5		5		5		
	N° de Golpes por Capa	25	25		25		25		25		
	Peso Húmedo + Molde (gr)	2998.20	3151.60		3246.30		3268.90		3108.30		
	Peso Molde (gr)	1734.60	1734.60		1734.60		1734.60		1734.60		
	Peso Húmedo (gr)	1263.60	1417.00		1511.70		1534.30		1373.70		
	Volumen del Molde (cm ³)	943.69	943.69		943.69		943.69		943.69		
	Densidad Húmeda (gr/cm³)	1.339	1.502		1.602		1.626		1.456		
HUMEDAD	Ensayo	1		2		3		4		5	
	Peso Húmedo + Tara (gr)	57.5	65.1	58.9	54.3	53.4	59.6	54.7	56.9	55.6	62.7
	Peso seco + Tara (gr)	53.3	59.8	53.5	50.1	48.2	53.7	48.6	50.1	50.5	55.9
	Peso Agua (gr)	4.2	5.3	5.4	4.2	5.2	5.9	6.1	6.8	5.1	6.8
	Peso Tara (gr)	23.8	23.7	23.7	23.8	23.6	23.7	23.7	23.7	23.8	23.8
	Peso Muestra Seca (gr)	29.5	36.1	29.8	26.3	25	30.0	24.9	26.4	26.7	32.1
	Contenido de Humedad (%)	14.24	14.68	18.12	15.97	21.14	19.67	24.50	25.76	19.10	21.18
	C. Humedad (%) promedio	14.46	17.05	20.40	22.00	24.00					
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.170	1.283	1.330	1.299	1.212						



DENSIDAD SECA MÁXIMA:	1.33 Gr/cm ³	CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO:	19.00 %
------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	----------------

Walter
WALTER MANUEL VÁSQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg. C.I.P. N° 214457

Ingeniero especialista

Aladino

Tesisista

Miguel
Miguel Ángel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 157762

Asesor

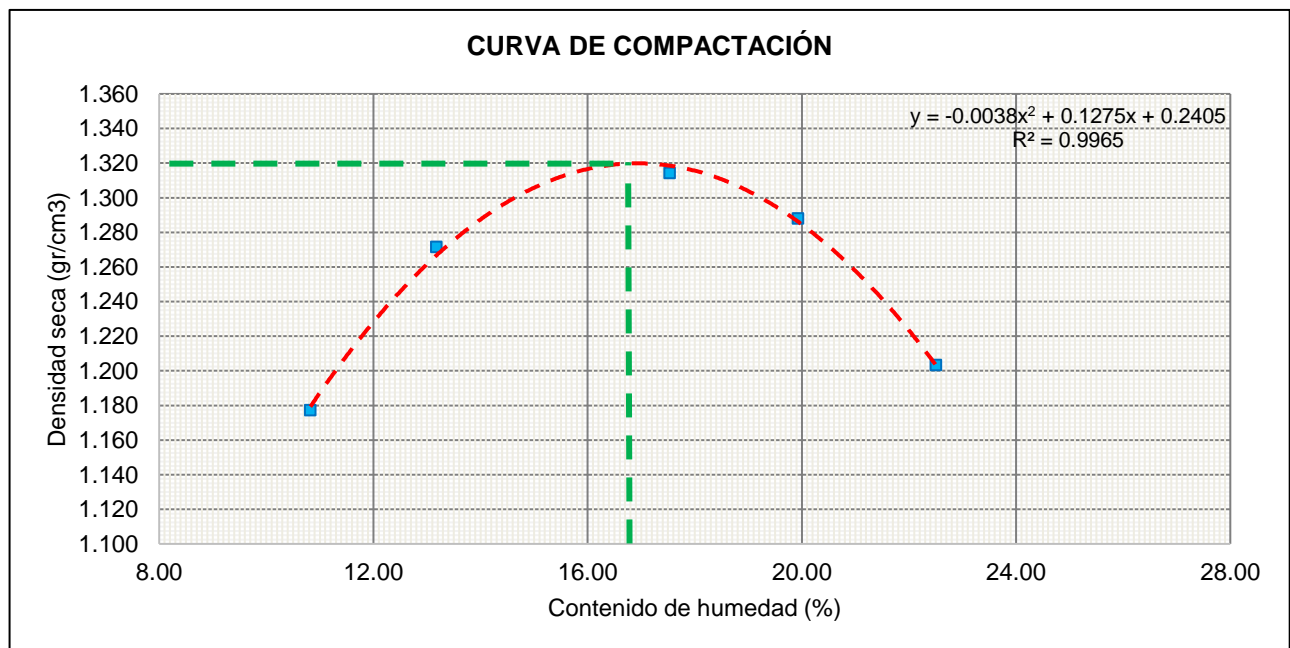


PROCTOR MODIFICADO
ASTM D 1557

RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN DE CALICATA: KM+08+000 CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
CALICATA N° : C-1 **MUESTRA:** M-3
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m
FECHA : 24 DE JUNIO DEL 2021

COORDENADAS UTM	
ESTE	761719.43
NORTE	9286201.22

MÉTODO DE ENSAYO		"C"	CONDICIÓN DE SECADO: Horno 110 °C				DIÁMETRO DE MOLDE: 10.16 cm.				
DENSIDAD	NÚMERO DE ENSAYO	1	2	3	4	5					
	N° de capas	5	5	5	5	5					
	N° de Golpes por Capa	25	25	25	25	25					
	Peso Húmedo + Molde (gr)	2965.60	3092.50	3192.30	3192.30	3125.60					
	Peso Molde (gr)	1734.60	1734.60	1734.60	1734.60	1734.60					
	Peso Húmedo (gr)	1231.00	1357.90	1457.70	1457.70	1391.00					
	Volumen del Molde (cm ³)	943.69	943.69	943.69	943.69	943.69					
	Densidad Húmeda (gr/cm³)	1.304	1.439	1.545	1.545	1.474					
HUMEDAD	Ensayo	1	2	3	4	5					
	Peso Húmedo + Tara (gr)	65.8	58.5	62.8	62.0	59.3	57.1	55.4	60.7	62.0	
	Peso seco + Tara (gr)	61.7	55.1	58.3	57.5	55.6	53.4	52.3	50.5	54.0	
	Peso Agua (gr)	4.1	3.4	4.5	4.5	6.4	5.9	4.8	4.9	6.7	
	Peso Tara (gr)	23.8	23.7	23.7	23.8	23.6	23.7	23.7	23.7	23.8	
	Peso Muestra Seca (gr)	37.9	31.4	34.6	33.7	32	29.7	28.6	26.8	30.2	31.1
	Contenido de Humedad (%)	10.82	10.83	13.01	13.35	20.00	19.87	16.78	18.28	22.19	22.83
	C. Humedad (%) promedio	10.82	13.18	19.93	17.53	22.51					
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.177	1.271	1.288	1.314	1.203						



DENSIDAD SECA MÁXIMA:	1.32 Gr/cm ³	CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO:	17.00 %
------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	----------------

WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg. CIP. N° 214487

Ingeniero especialista

Tesis

Miguel Ángel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP. 157782

Asesor

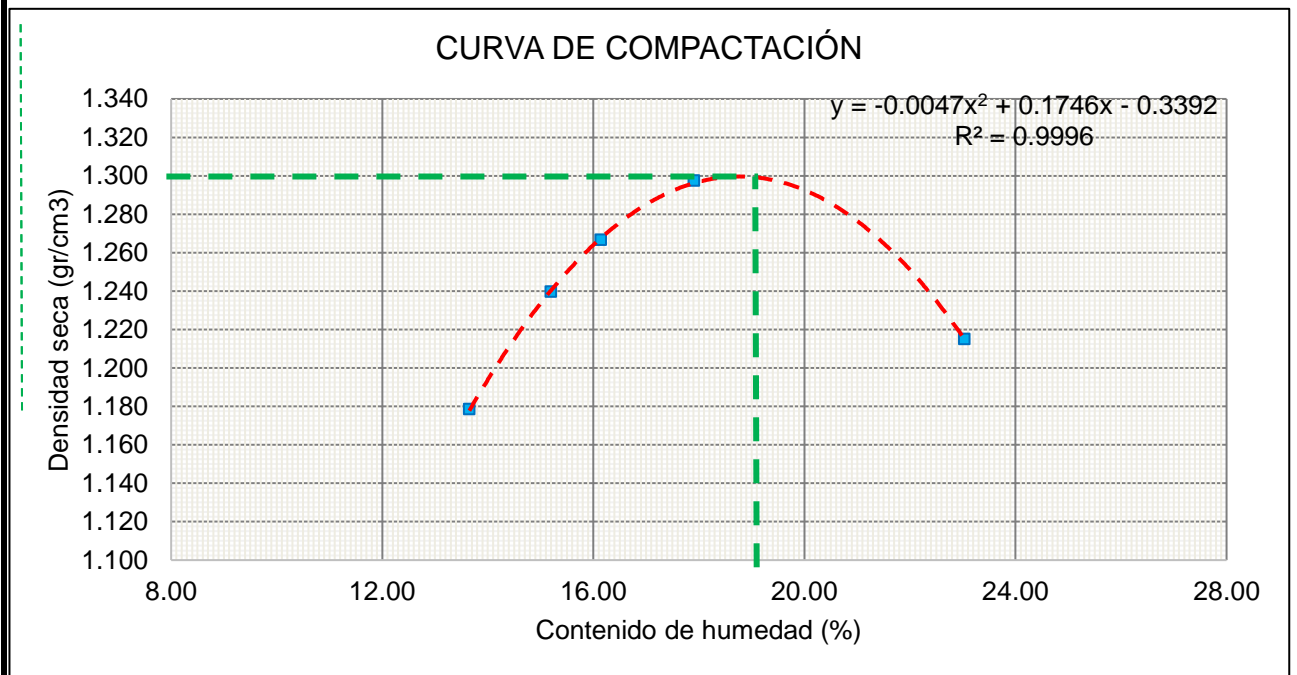


PROCTOR MODIFICADO
ASTM D 1557

RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN DE CALICATA: KM+08+000 CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
CALICATA N° : C-1 **MUESTRA:** M-4
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m
FECHA : 01 DE JULIO DEL 2021

COORDENADAS UTM	
ESTE	761719.43
NORTE	9286201.22

MÉTODO DE ENSAYO		"C"	CONDICIÓN DE SECADO: Horno 110 °C				DIÁMETRO DE MOLDE: 10.16 cm.				
NÚMERO DE ENSAYO		1	2		3		4		5		
DENSIDAD	N° de capas	5	5		5		5		5		
	N° de Golpes por Capa	25	25		25		25		25		
	Peso Húmedo + Molde (gr)	2998.52	3082.30		3122.80		3178.20		3145.20		
	Peso Molde (gr)	1734.60	1734.60		1734.60		1734.60		1734.60		
	Peso Húmedo (gr)	1263.92	1347.70		1388.20		1443.60		1410.60		
	Volumen del Molde (cm ³)	943.69	943.69		943.69		943.69		943.69		
	Densidad Húmeda (gr/cm³)	1.339	1.428		1.471		1.530		1.495		
HUMEDAD	Ensayo	1		2		3		4		5	
	Peso Húmedo + Tara (gr)	59.9	52.6	58.0	56.2	61.1	57.0	55.5	64.1	57.0	60.9
	Peso seco + Tara (gr)	55.6	49.1	53.5	51.9	56.2	52.1	50.8	57.8	51.3	53.4
	Peso Agua (gr)	4.3	3.5	4.5	4.3	4.9	4.9	4.7	6.3	5.7	7.5
	Peso Tara (gr)	23.8	23.7	23.7	23.8	23.6	23.7	23.7	23.7	23.8	23.8
	Peso Muestra Seca (gr)	31.8	25.4	29.8	28.1	33	28.4	27.1	34.1	27.5	29.6
	Contenido de Humedad (%)	13.52	13.78	15.10	15.30	15.03	17.25	17.34	18.48	20.73	25.34
C. Humedad (%) promedio	13.65	15.20	16.14	17.91	23.03						
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.178	1.240	1.267	1.297	1.215						



DENSIDAD SECA MÁXIMA:	1.30 Gr/cm ³	CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO:	19.00 %
------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	----------------

Walter
WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg. CIP. N° 214467

Ingeniero especialista

Aladino

Tesisista

Miguel
Miguel Ángel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP 187792

Asesor

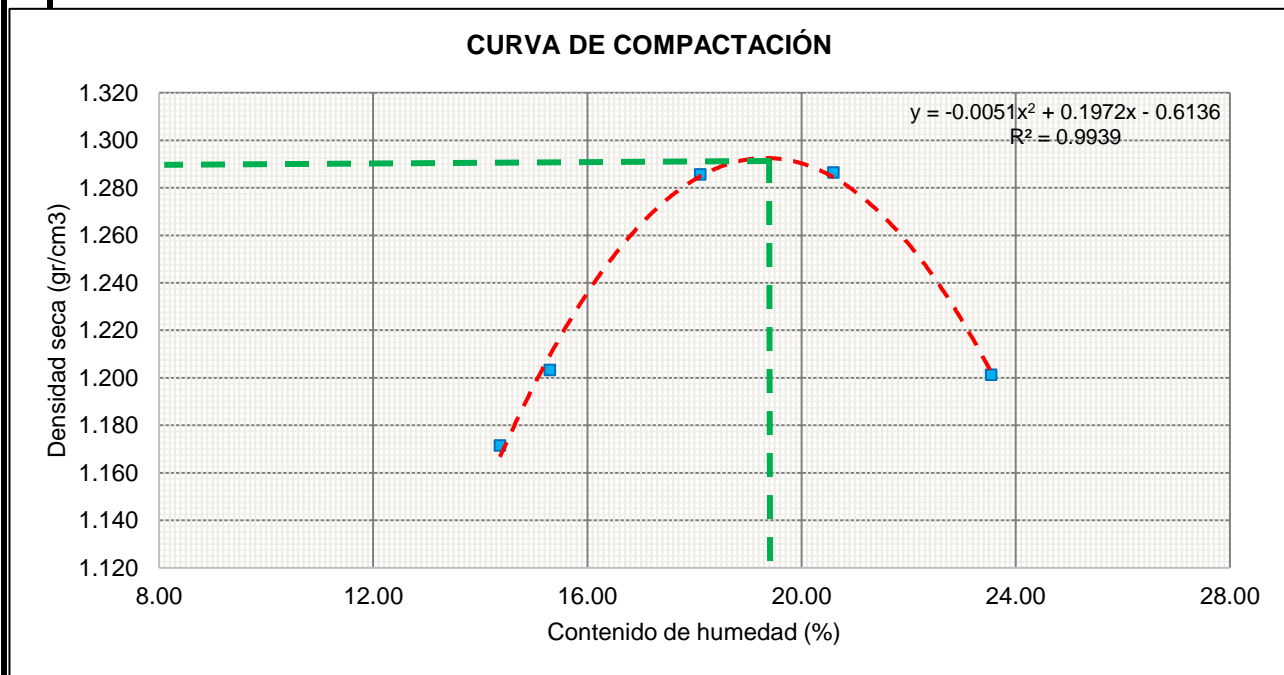


PROCTOR MODIFICADO
ASTM D 1557

RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN DE CALICATA: KM+08+000 CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
CALICATA N° : C-1 **MUESTRA:** M-5
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m
FECHA : 06 DE JULIO DEL 2021

COORDENADAS UTM	
ESTE	761719.43
NORTE	9286201.22

MÉTODO DE ENSAYO		"C"		CONDICIÓN DE SECADO: Horno 110 °C				DIÁMETRO DE MOLDE: 10.16 cm.			
NÚMERO DE ENSAYO		1		2		3		4		5	
DENSIDAD	N° de capas	5		5		5		5		5	
	N° de Golpes por Capa	25		25		25		25		25	
	Peso Húmedo + Molde (gr)	2998.90		3043.90		3167.50		3198.60		3135.00	
	Peso Molde (gr)	1734.60		1734.60		1734.60		1734.60		1734.60	
	Peso Húmedo (gr)	1264.30		1309.30		1432.90		1464.00		1400.40	
	Volumen del Molde (cm ³)	943.69		943.69		943.69		943.69		943.69	
	Densidad Húmeda (gr/cm³)	1.340		1.387		1.518		1.551		1.484	
HUMEDAD	Ensayo	1		2		3		4		5	
	Peso Húmedo + Tara (gr)	58.5	63.5	61.0	61.1	67.4	69.3	70.4	67.9	58.3	57.0
	Peso seco + Tara (gr)	53.8	58.9	55.9	56.3	60.5	62.5	62.8	60.0	51.8	50.6
	Peso Agua (gr)	4.7	4.6	5.1	4.8	6.9	6.8	7.6	7.9	6.5	6.4
	Peso Tara (gr)	23.8	23.7	23.7	23.8	23.6	23.7	23.7	23.7	23.8	23.8
	Peso Muestra Seca (gr)	30.0	35.2	32.2	32.5	37	38.8	39.1	36.3	28.0	26.8
	Contenido de Humedad (%)	15.67	13.07	15.84	14.77	18.70	17.53	19.44	21.76	23.21	23.88
	C. Humedad (%) promedio	14.37	15.30	18.11	20.60	23.55					
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.171	1.203	1.286	1.286	1.201						



DENSIDAD SECA MÁXIMA:	1.29 Gr/cm ³	CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO:	19.30 %
------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	----------------

Mateo
WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg. CIP. N° 214487
Ingeniero especialista

Aladino Sánchez Vásquez
Tesista

Miguel Ángel Silva Tarrillo
Miguel Ángel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP. 157782
Asesor



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

TESIS "INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE SUELOS ARCILLOSOS CHOTA"

CBR

ASTM D 1883 Y AASHTO T 193

RESPONSABLE :

ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ

UBICACIÓN :

DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA

UBICACIÓN DE LA CALICATA :

CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN

CALICATA N° : C-1

MUESTRA

M-1

PROFUNDIDAD :

0.00 m A 1.50 m

FECHA :

27/08/2021

COORDENADAS

ESTE	761719.43
NORTE	9286201.22

COMPACTACION C B R

NUMERO MOLDE	1	2	3
Altura Molde (mm)	177	177	177
N° Capas	5	5	5
N°Golpes x Capa	12	25	56

Condición de Muestra	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES		ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	
P. Húmedo + Molde (gr)	10042.0	10358.0	10252.0	10677.0	10321.0	10748.0		
Peso Molde (gr)	7464.0	7464.0	7532.0	7532.0	7491.0	7491.0		
Peso Húmedo (gr)	2578.0	2894.0	2720.0	3145.0	2830.0	3257.0		
Volumen del Molde (cm ³)	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80		
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.217	1.366	1.284	1.484	1.336	1.537		

CONTENIDO DE HUMEDAD

Número de Ensayo	415	297	110	182	167	115	51	114	114
P.Húmedo + Tara (gr)	114.00	127.00	123.70	127.30	129.50	120.42	141.90	118.40	84.88
Peso Seco + Tara (gr)	99.61	111.36	107.23	112.81	112.68	109.18	124.19	108.73	78.66
Peso Agua (gr)	14.39	15.64	16.47	14.49	16.82	11.24	17.71	9.67	6.22
Peso Tara (gr)	23.00	24.20	25.41	24.10	24.30	24.66	25.40	24.70	21.74
P. Muestra Seca (gr)	76.61	87.16	81.82	88.71	88.38	84.52	98.79	84.03	56.92
Contenido de Humedad (%)	18.78%	17.94%	20.13%	16.33%	19.03%	13.30%	17.93%	11.51%	10.93%
C.Humedad Promedio (%)	18.36%		20.13%		17.68%		14.72%		10.93%
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.028		1.137		1.091		1.164		1.386

ENSAYO DE HINCHAMIENTO

TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE N° 1			NUMERO DE MOLDE N° 2			NUMERO DE MOLDE N° 3		
(Hs)	(Días)	LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
		DEFORM.	(mm)	(%)		DEFORM.	(mm)		(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	11.110	282.194	159.43	12.080	306.832	173.35	10.440	265.176	149.82
48	2	11.380	289.052	163.31	12.800	325.120	183.68	13.770	349.758	197.60
72	3	11.600	294.640	166.46	13.500	342.900	193.73	13.900	353.060	199.47
96	4	12.000	304.800	172.20	13.800	350.520	198.03	14.000	355.600	200.90

ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
(mm)	(pulg)	CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO	
			(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	11.00	0.57	8.12	8.00	0.41	5.91	10.00	0.52	7.38
1.27	0.050	13.00	0.67	9.60	10.00	0.52	7.38	13.00	0.67	9.60
1.91	0.075	14.00	0.72	10.34	12.00	0.62	8.86	15.00	0.78	11.07
2.54	0.100	16.00	0.83	11.81	17.00	0.88	12.55	19.00	0.98	14.03
3.18	0.125	17.00	0.88	12.55	18.00	0.93	13.29	20.00	1.03	14.77
3.81	0.150	18.00	0.93	13.29	23.00	1.19	16.98	22.00	1.14	16.24
4.45	0.175	18.00	0.93	13.29	27.00	1.40	19.93	24.00	1.24	17.72
5.08	0.200	19.00	0.98	14.03	29.00	1.50	21.41	26.00	1.34	19.20
7.62	0.300	23.00	1.19	16.98	32.00	1.65	23.62	31.00	1.60	22.89
10.16	0.400	25.00	1.29	18.46	35.00	1.81	25.84	36.00	1.86	26.58
12.70	0.500	28.00	1.45	20.67	38.00	1.96	28.05	40.00	2.07	29.53

WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.-C.I.P. N° 214467

Ingeniero especialista

Tesista

MIGUEL ÁNGEL DE LA TORRE TARRILLO
Ingeniero Civil
C.I.P. N° 257725

Asesor (a)



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

TESIS "INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE SUELOS ARCILLOSOS CHOTA"

CBR

ASTM D 1883 Y AASHTO T 193

RESPONSABLE :

UBICACIÓN :

UBICACIÓN DE LA CALICATA :

CALICATA N° : C-1

PROFUNDIDAD :

FECHA :

ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ

DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA

CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN

MUESTRA

M-1

0.00 m A 1.50 m

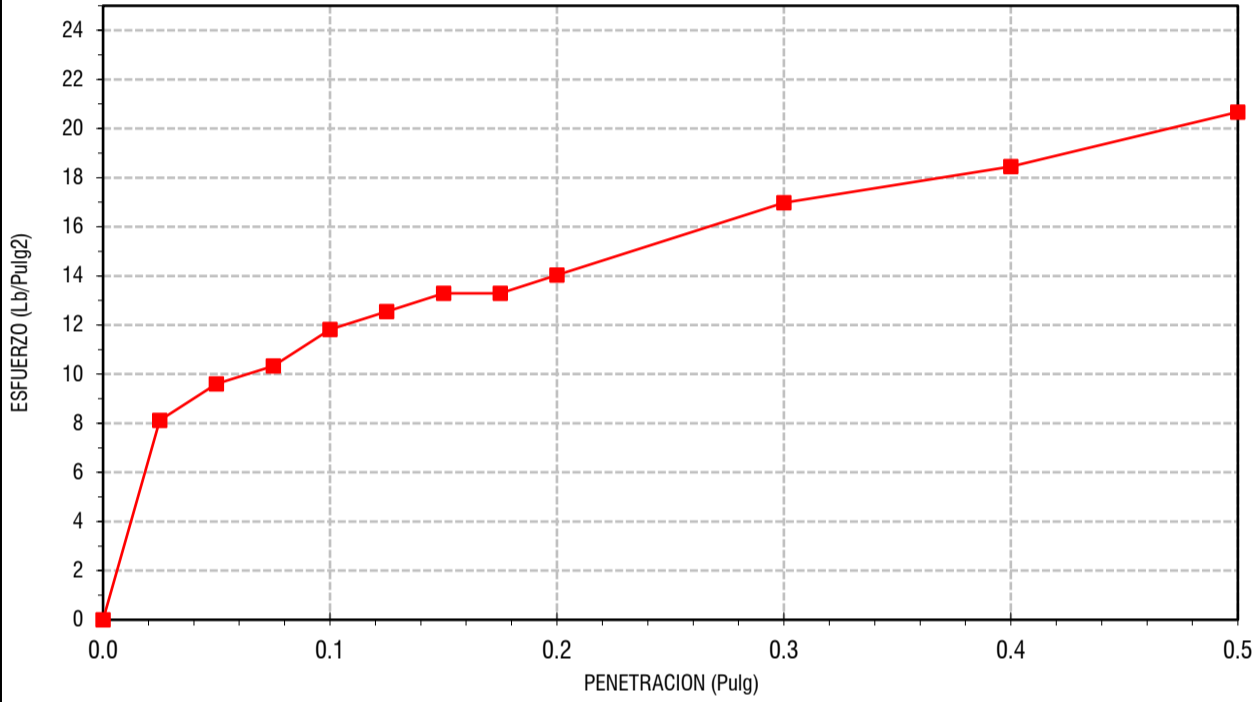
27/08/2021

COORDENADAS

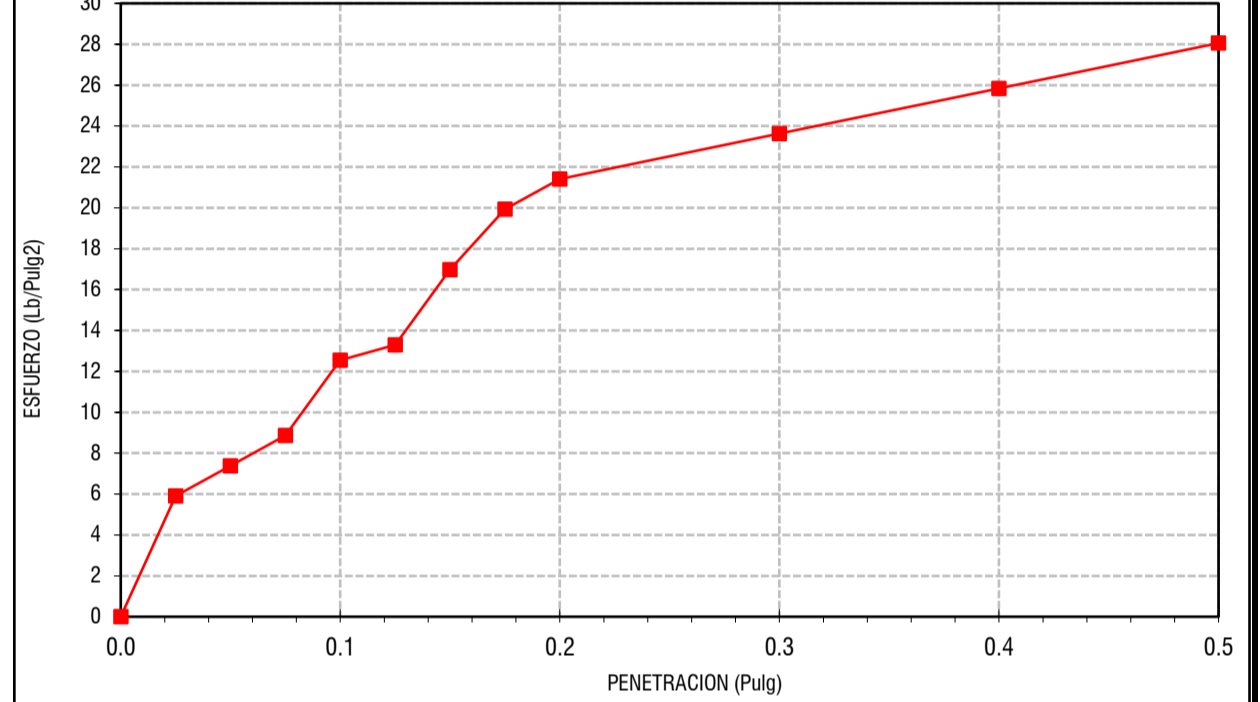
ESTE	761719.43
NORTE	9286201.22

**METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RELACION SOPORTE EN MUESTRAS COMPACTADAS DE SUELOS EN LABORATORIO (C.B.R.)
A.S.T.M. D 1883**

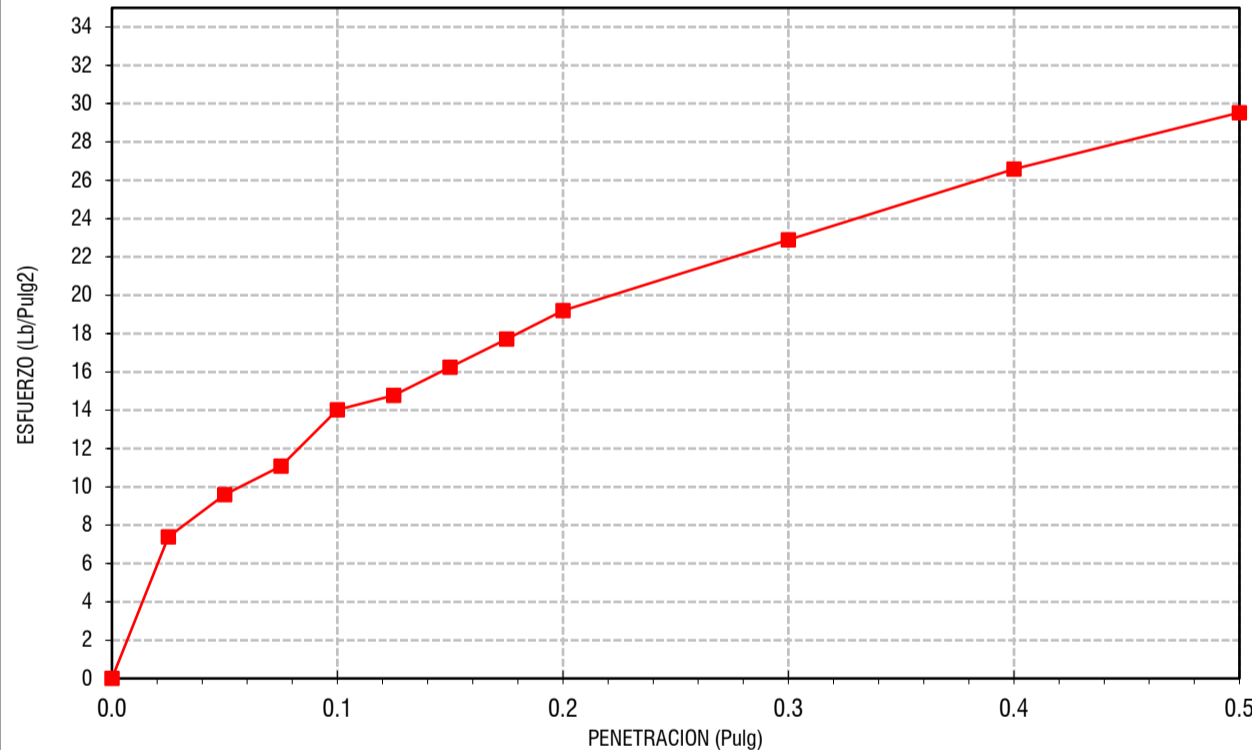
CURVA ESFUERZO - PENETRACION
(California Bearing Ratio CBR)-MOLDE 01



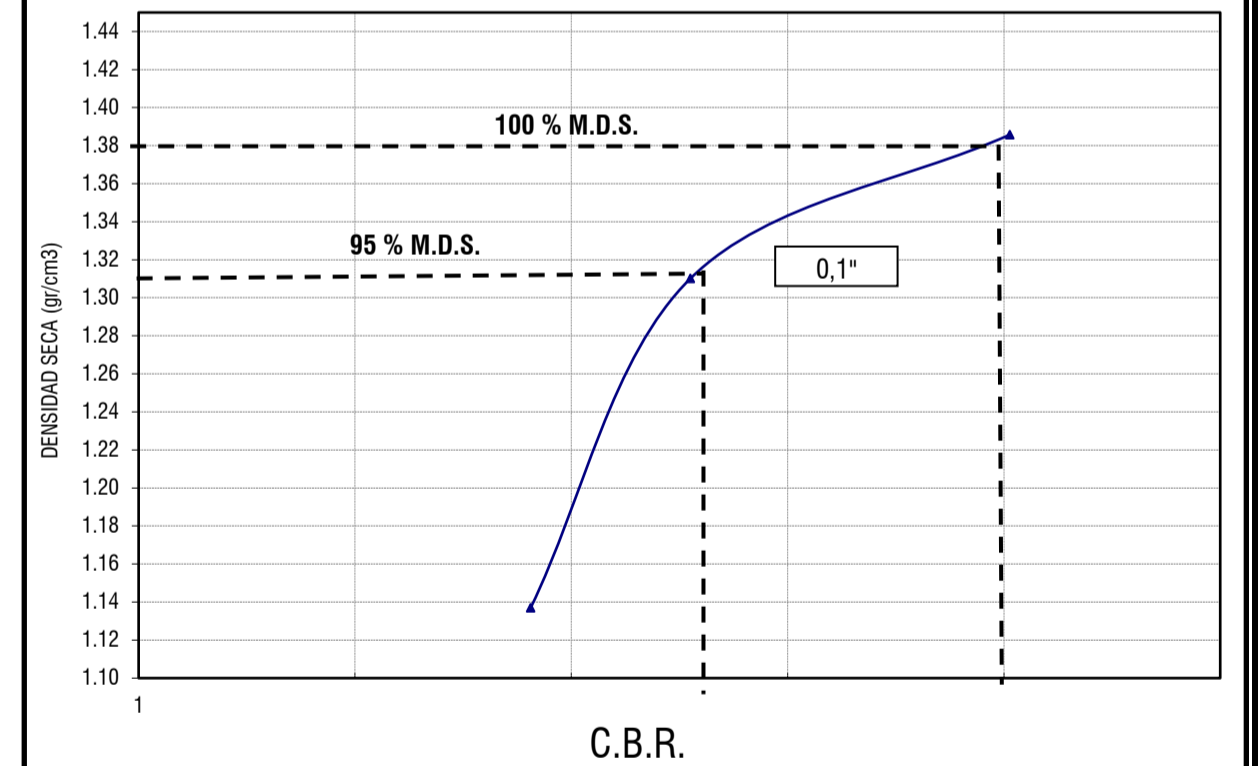
CURVA ESFUERZO - PENETRACION
(California Bearing Ratio CBR)-MOLDE 02



CURVA ESFUERZO - PENETRACION
(California Bearing Ratio CBR)-MOLDE 03



CURVA DENSIDAD - C.B.R.



(*) Valores Corregidos

MOLDE N°	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA CORREGIDA (Lb/pulg ²)	PRESION PATRON (Lb/pulg ²)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)
MOLDE 01	0.1	11.81	1000	1.18	1.14
MOLDE 02	0.1	12.55	1000	1.26	1.31
MOLDE 03	0.1	14.03	1000	1.40	1.39

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (A.S.T.M. D 1557)

VALOR C.B.R. (A.S.T.M. D 1883)

DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm ³) :	1.38	C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. (0,1")=	1.25%
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMO (%) :	18.00	C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. (0,1")=	1.38%

OBSERVACIONES:

PERIODO DE SUMERGIDO: 04 DIAS

Walter Manuel Vasquez Tapia
WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.C.I.P. N° 214467
Ingeniero especialista

Aladino Sánchez Vásquez
Tesisista

Ligui Argonaveja Tarrillo
LIGUI ARGONAVEJA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 157752
Asesor (a)



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

TESIS "INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE SUELOS ARCILLOSOS CHOTA"

CBR

ASTM D 1883 Y AASHTO T 193

RESPONSABLE :

ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ

UBICACIÓN :

DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA

UBICACIÓN DE LA CALICATA :

CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN

CALICATA N° : C-1

MUESTRA M-2

PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m

FECHA : 27/08/2021

COORDENADAS

ESTE	761719.43
NORTE	9286201.22

COMPACTACION C B R

NUMERO MOLDE	1	2	3
Altura Molde (mm)	177	177	177
N° Capas	5	5	5
N°Golpes x Capa	12	25	56

Condición de Muestra	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES		ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	
P. Húmedo + Molde (gr)	10279.0	11138.0	10520.0	11250.0	10600.0	11218.0		
Peso Molde (gr)	7464.0	7464.0	7532.0	7532.0	7491.0	7491.0		
Peso Húmedo (gr)	2815.0	3674.0	2988.0	3718.0	3109.0	3727.0		
Volumen del Molde (cm ³)	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80		
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.329	1.734	1.410	1.755	1.467	1.759		

CONTENIDO DE HUMEDAD

Número de Ensayo	111	106	7	102	114	8	101	107	9
P.Húmedo + Tara (gr)	65.30	85.54	347.83	68.46	52.07	271.96	65.79	56.98	274.88
Peso Seco + Tara (gr)	59.61	76.20	283.08	62.53	47.99	229.42	60.14	52.29	235.82
Peso Agua (gr)	5.69	9.34	64.75	5.93	4.08	42.54	5.65	4.69	39.06
Peso Tara (gr)	22.71	22.54	113.25	23.86	21.74	108.48	24.70	23.88	110.87
P. Muestra Seca (gr)	36.90	53.66	169.83	38.67	26.25	120.94	35.44	28.41	124.95
Contenido de Humedad (%)	15.42%	17.41%	38.13%	15.33%	15.54%	35.17%	15.94%	16.51%	31.26%
C.Humedad Promedio (%)	16.41%		38.13%	15.44%		35.17%	16.23%		31.26%
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.141		1.255	1.222		1.298	1.262		1.340

ENSAYO DE HINCHAMIENTO

TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE N° 1			NUMERO DE MOLDE N° 2			NUMERO DE MOLDE N° 3		
(Hs)	(Días)	LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO	
			(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	3.920	99.568	56.25	5.030	127.762	72.18	3.760	95.504	53.96
48	2	3.970	100.838	56.97	5.130	130.302	73.62	3.820	97.028	54.82
72	3	4.000	101.600	57.40	5.110	129.794	73.33	3.850	97.790	55.25
96	4	4.000	101.600	57.40	5.170	131.318	74.19	3.860	98.044	55.39

ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
(mm)	(pulg)	CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO	
			(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	6.00	0.31	4.43	13.00	0.67	9.60	45.00	2.33	33.22
1.27	0.050	15.00	0.78	11.07	25.00	1.29	18.46	91.00	4.70	67.18
1.91	0.075	35.00	1.81	25.84	40.00	2.07	29.53	128.00	6.61	94.50
2.54	0.100	50.00	2.58	36.91	58.00	3.00	42.82	162.00	8.37	119.60
3.18	0.125	60.00	3.10	44.30	63.00	3.26	46.51	189.00	9.77	139.53
3.81	0.150	71.00	3.67	52.42	76.00	3.93	56.11	209.00	10.80	154.30
4.45	0.175	79.00	4.08	58.32	88.00	4.55	64.97	235.00	12.14	173.50
5.08	0.200	88.00	4.55	64.97	100.00	5.17	73.83	260.00	13.44	191.95
7.62	0.300	112.00	5.79	82.69	128.00	6.61	94.50	308.00	15.92	227.39
10.16	0.400	127.00	6.56	93.76	153.00	7.91	112.96	348.00	17.98	256.92
12.70	0.500	140.00	7.24	103.36	178.00	9.20	131.41	387.00	20.00	285.71

Walter Manuel Vasquez Tapia
WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg. CIP. N° 214467
Ingeniero especialista

Aladino Sánchez Vásquez
Tesisista

Walter Absorbeza Tarrillo
WALTER ABSORBEZA TARRILLO
Ingeniero Civil
CIP 159763
Asesor (a)



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

TESIS "INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE SUELOS ARCILLOSOS CHOTA"

CBR

ASTM D 1883 Y AASHTO T 193

RESPONSABLE :

ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ

UBICACIÓN :

DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA

UBICACIÓN DE LA CALICATA :

CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN

CALICATA N° : C-1

MUESTRA M-2

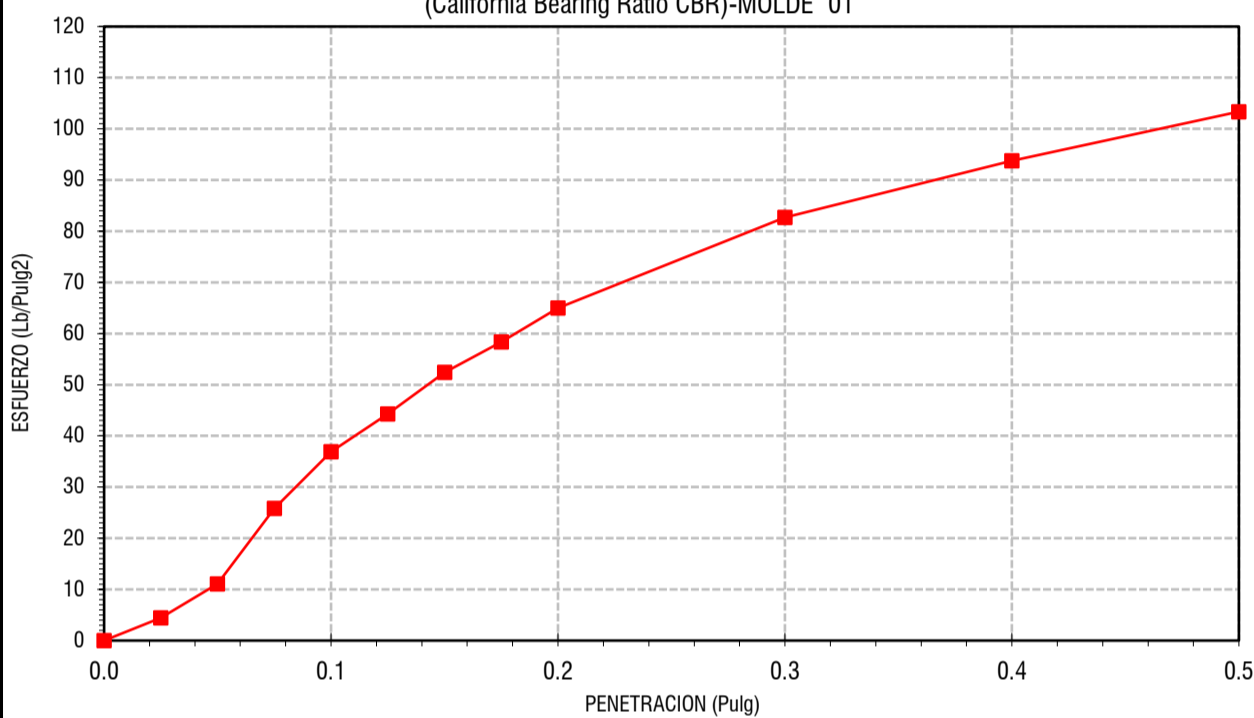
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m

FECHA : 27/08/2021

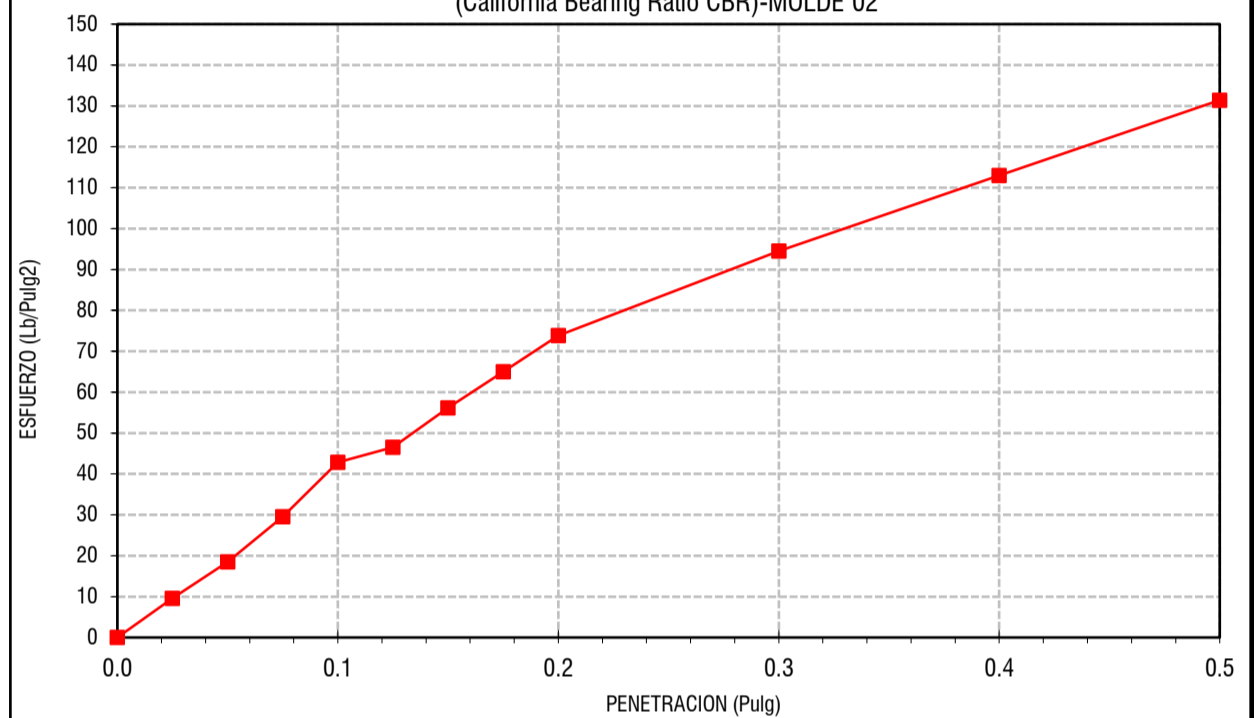
COORDENADAS

ESTE	761719.43
NORTE	9286201.22

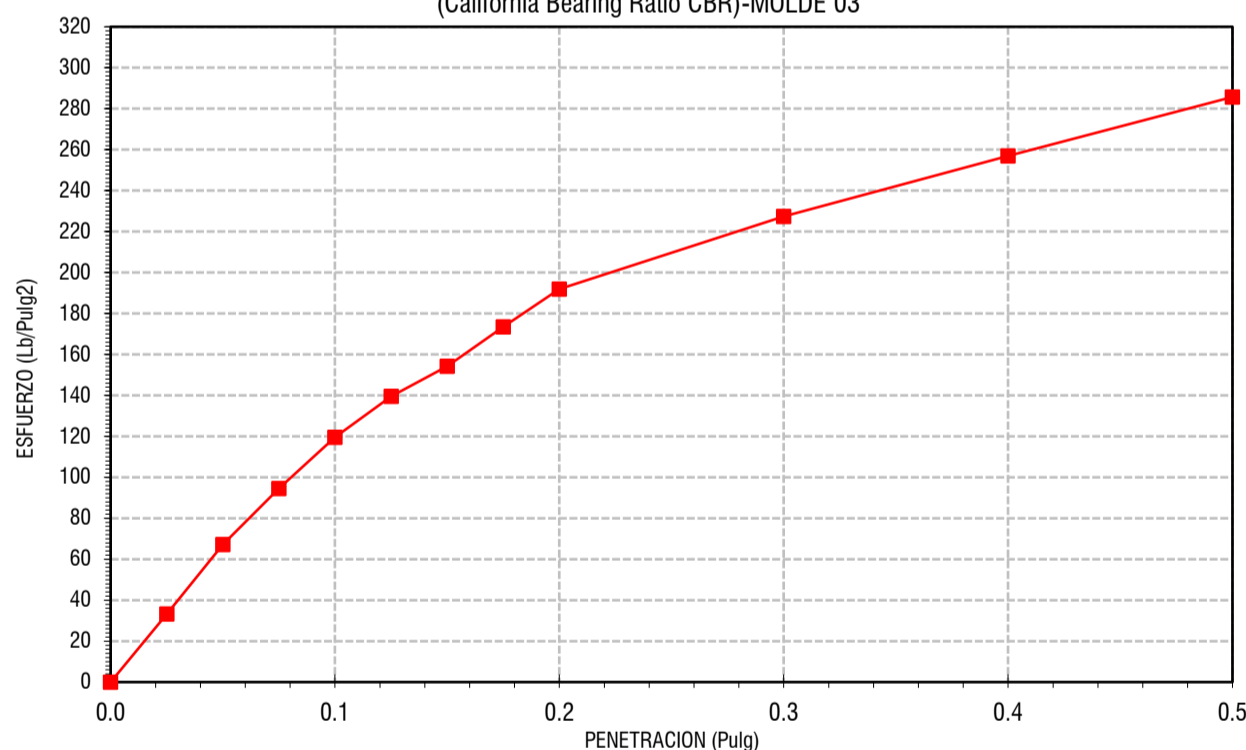
CURVA ESFUERZO - PENETRACION
(California Bearing Ratio CBR)-MOLDE 01



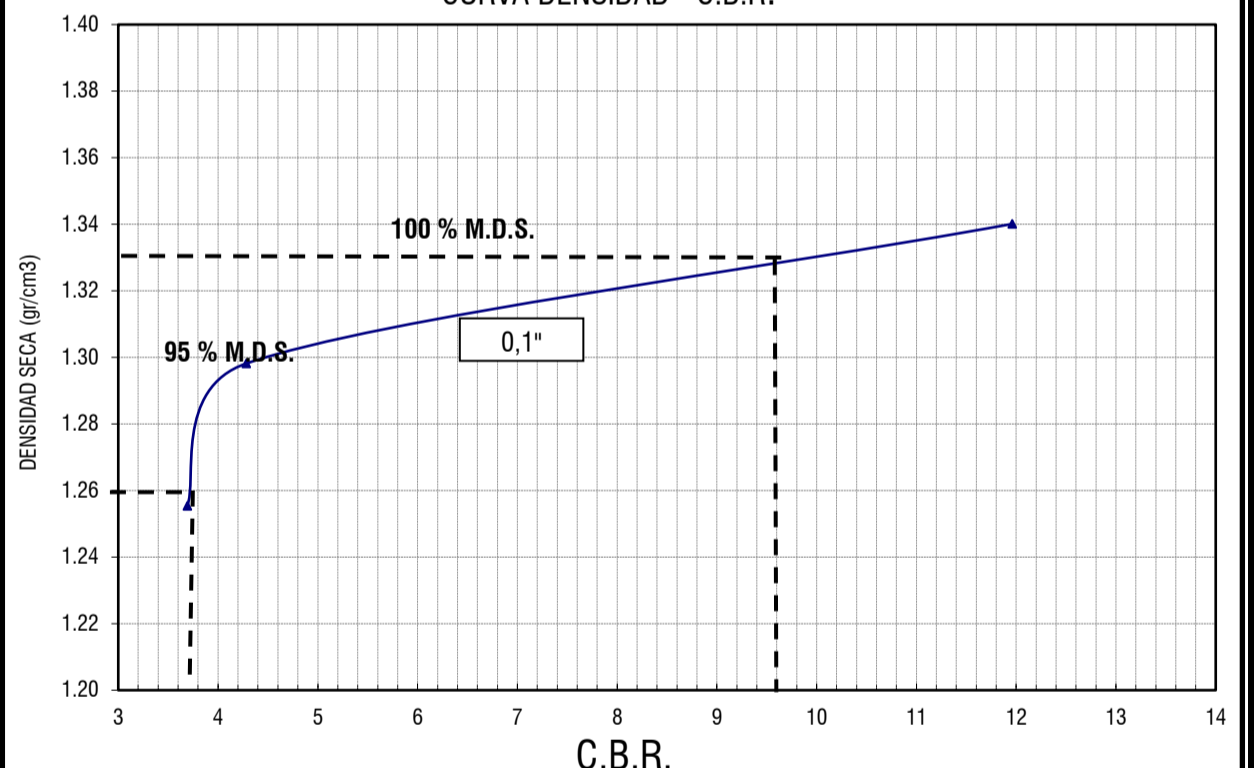
CURVA ESFUERZO - PENETRACION
(California Bearing Ratio CBR)-MOLDE 02



CURVA ESFUERZO - PENETRACION
(California Bearing Ratio CBR)-MOLDE 03



CURVA DENSIDAD - C.B.R.



(*) Valores Corregidos

MOLDE N°	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA CORREGIDA (Lb/pulg2)	PRESION PATRON (Lb/pulg2)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
MOLDE 01	0.1	36.91	1000	3.69	1.26
MOLDE 02	0.1	42.82	1000	4.28	1.30
MOLDE 03	0.1	119.60	1000	11.96	1.34

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (A.S.T.M. D 1557)

VALOR C.B.R. (A.S.T.M. D 1883)

DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm3) :	1.33	C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. (0,1")=	3.70%
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMO (%) :	19.00	C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. (0,1")=	9.60%

OBSERVACIONES: PERIODO DE SUMERGIDO: 04 DIAS

Walter Manuel Vasquez Tapia
WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.CIP. N° 214467
Ingeniero especialista

Aladino Sánchez Vásquez
Tesisista

Miguel Ángel Tarrillo
Miguel Ángel TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP 157723
Asesor (a)



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

TESIS "INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE SUELOS ARCILLOSOS CHOTA"

CBR

ASTM D 1883 Y AASHTO T 193

RESPONSABLE :

ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ

UBICACIÓN :

DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA

UBICACIÓN DE LA CALICATA :

CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN

CALICATA N° : C-1

MUESTRA M-3

PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m

FECHA : 27/08/2021

COORDENADAS

ESTE 761719.43

NORTE 9286201.22

COMPACTACION C B R

NUMERO MOLDE	4	5	6
Altura Molde (mm)	177	177	177
N° Capas	5	5	5
N°Golpes x Capa	12	25	56

Condición de Muestra	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES		ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	
P. Húmedo + Molde (gr)	10999.0	11502.0	10832.0	11445.0	11305.0	11900.0		
Peso Molde (gr)	7999.0	7999.0	7625.0	7625.0	7965.0	7965.0		
Peso Húmedo (gr)	3000.0	3503.0	3207.0	3820.0	3340.0	3935.0		
Volumen del Molde (cm ³)	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80		
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.416	1.653	1.514	1.803	1.576	1.857		

CONTENIDO DE HUMEDAD

Número de Ensayo	112	104	4	103	108	5	51	418	6
P.Húmedo + Tara (gr)	64.35	56.58	197.94	78.80	73.46	151.37	72.22	101.63	174.34
Peso Seco + Tara (gr)	59.06	51.46	165.56	70.99	66.11	130.46	64.95	90.12	145.96
Peso Agua (gr)	5.29	5.12	32.38	7.81	7.35	20.91	7.27	11.51	28.38
Peso Tara (gr)	24.02	22.23	71.44	22.28	23.42	72.55	25.79	23.06	70.35
P. Muestra Seca (gr)	35.04	29.23	94.12	48.71	42.69	57.91	39.16	67.06	75.61
Contenido de Humedad (%)	15.10%	17.52%	34.40%	16.03%	17.22%	36.11%	18.56%	17.16%	37.53%
C.Humedad Promedio (%)	16.31%		34.40%		16.63%		17.86%		37.53%
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.217		1.230		1.298		1.337		1.350

ENSAYO DE HINCHAMIENTO

TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE N° 1			NUMERO DE MOLDE N° 2			NUMERO DE MOLDE N° 3		
(Hs)	(Días)	LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO	
			(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	2.600	66.040	37.31	2.710	68.834	38.89	2.750	69.850	39.46
48	2	2.620	66.548	37.60	2.730	69.342	39.18	2.780	70.612	39.89
72	3	2.630	66.802	37.74	2.740	69.596	39.32	2.790	70.866	40.04
96	4	2.650	67.310	38.03	2.740	69.596	39.32	2.790	70.866	40.04

ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
(mm)	(pulg)	CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO	
			(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	13.00	0.67	9.60	14.00	0.72	10.34	100.00	5.17	73.83
1.27	0.050	47.00	2.43	34.70	55.00	2.84	40.61	222.00	11.47	163.90
1.91	0.075	79.00	4.08	58.32	100.00	5.17	73.83	317.00	16.38	234.03
2.54	0.100	102.00	5.27	75.30	152.00	7.86	112.22	390.00	20.16	287.93
3.18	0.125	124.00	6.41	91.55	197.00	10.18	145.44	437.00	22.58	322.63
3.81	0.150	137.00	7.08	101.14	224.00	11.58	165.37	499.00	25.79	368.40
4.45	0.175	149.00	7.70	110.00	245.00	12.66	180.88	541.00	27.96	399.41
5.08	0.200	164.00	8.48	121.08	260.00	13.44	191.95	569.00	29.41	420.08
7.62	0.300	209.00	10.80	154.30	323.00	16.69	238.46	653.00	33.75	482.10
10.16	0.400	237.00	12.25	174.97	376.00	19.43	277.59	717.00	37.05	529.35
12.70	0.500	264.00	13.64	194.91	409.00	21.14	301.96	790.00	40.83	583.24

WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.CIP. N° 214467
Ingeniero especialista

Testista

Miguel Angel TAPIA TARRILLO
Ingeniero CIVIL
CIP 27763
Asesor (a)



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
UN SUEÑO HECHO REALIDAD!

TESIS "INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE SUELOS ARCILLOSOS CHOTA"

CBR

ASTM D 1883 Y AASHTO T 193

RESPONSABLE :

UBICACIÓN :

UBICACIÓN DE LA CALICATA :

CALICATA N° : C-1

PROFUNDIDAD :

FECHA :

MUESTRA

0.00 m A 1.50 m

27/08/2021

M-3

ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ

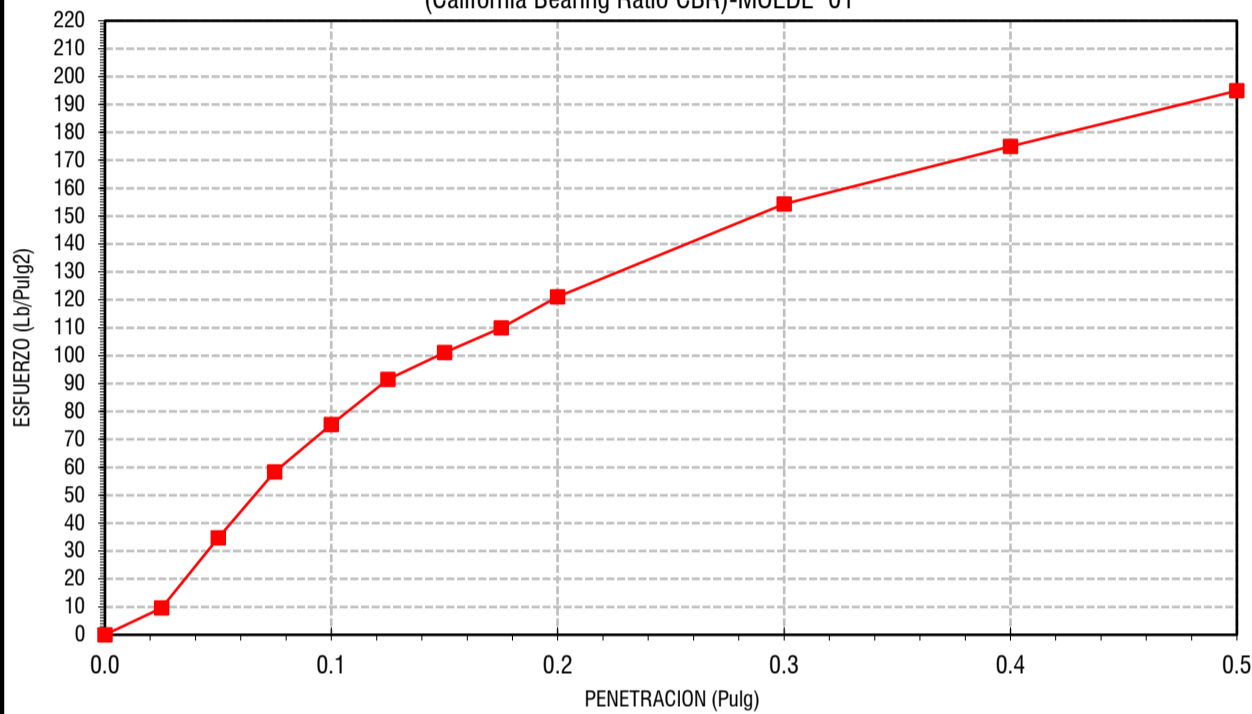
DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA

CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN

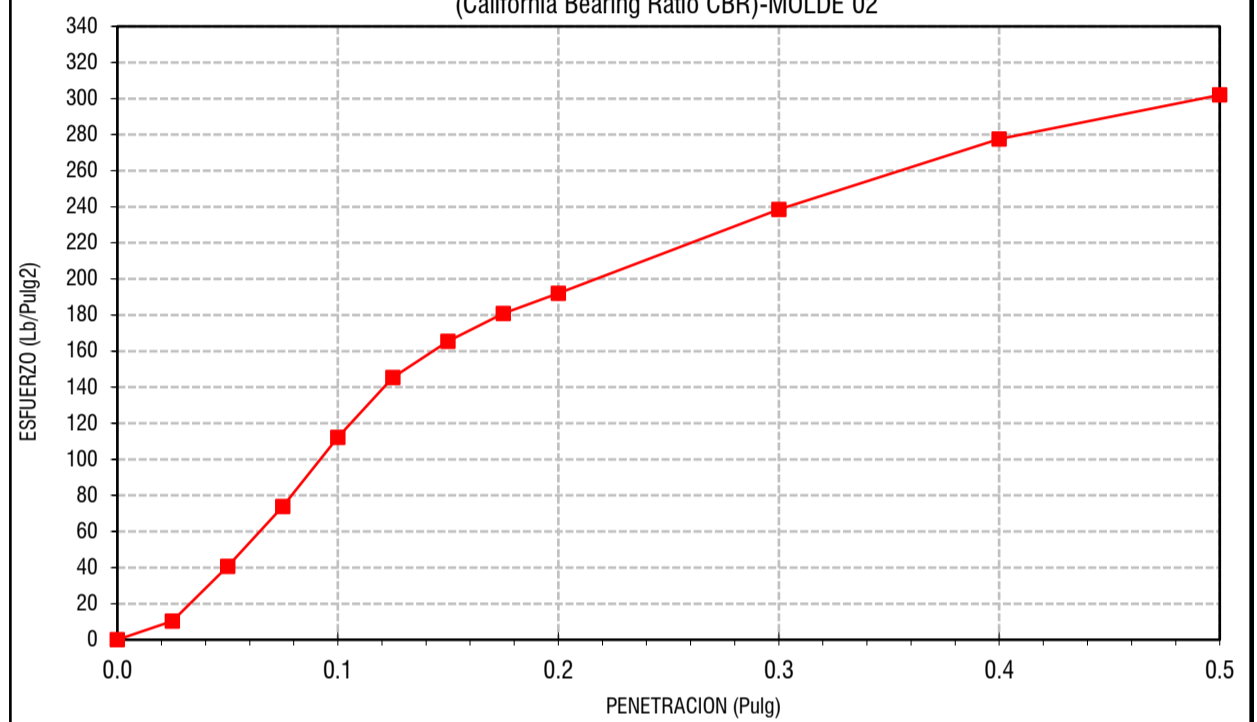
COORDENADAS

ESTE	761719.43
NORTE	9286201.22

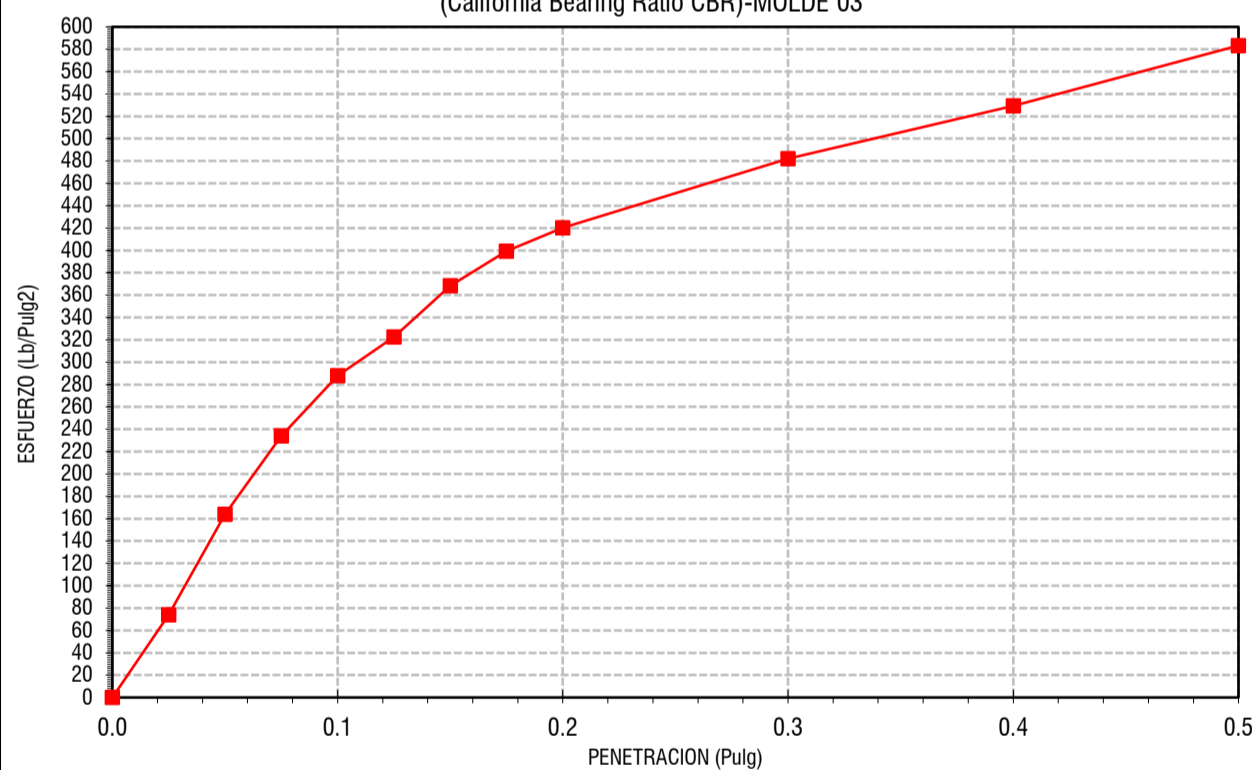
CURVA ESFUERZO - PENETRACION
(California Bearing Ratio CBR)-MOLDE 01



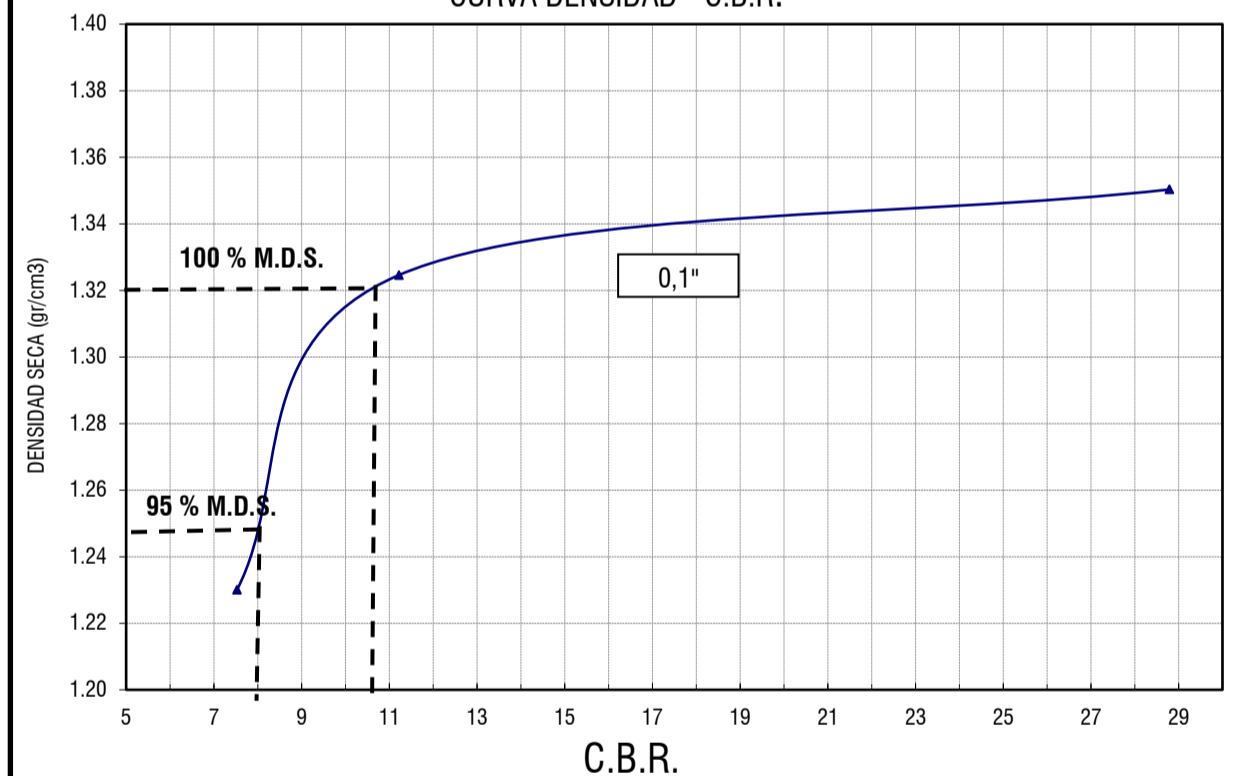
CURVA ESFUERZO - PENETRACION
(California Bearing Ratio CBR)-MOLDE 02



CURVA ESFUERZO - PENETRACION
(California Bearing Ratio CBR)-MOLDE 03



CURVA DENSIDAD - C.B.R.



(*) Valores Corregidos

MOLDE N°	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA CORREGIDA (Lb/pulg2)	PRESION PATRON (Lb/pulg2)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
MOLDE 01	0.1	75.30	1000	7.53	1.23
MOLDE 02	0.1	112.22	1000	11.22	1.32
MOLDE 03	0.1	287.93	1000	28.79	1.35

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (A.S.T.M. D 1557)

VALOR C.B.R. (A.S.T.M. D 1883)

DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm3) :	1.32	C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. (0,1")=	8.00%
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMO (%) :	17.00	C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. (0,1")=	10.80%

OBSERVACIONES:

PERIODO DE SUMERGIDO: 04 DIAS

Walter Manuel Vasquez Tapia
WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.C.I.P. N° 214467
Ingeniero especialista

Aladino Sánchez Vásquez
Tesisista

Miguel Ángel Tarrillo
Miguel Ángel TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP 1457703
Asesor (a)



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

TESIS "INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE SUELOS ARCILLOSOS CHOTA"

CBR

ASTM D 1883 Y AASHTO T 193

RESPONSABLE :

ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ

UBICACIÓN :

DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA

UBICACIÓN DE LA CALICATA :

CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN

CALICATA N° : C-1

MUESTRA M-4

PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m

FECHA : 13/09/2021

COORDENADAS

ESTE 761719.43

NORTE 9286201.22

COMPACTACION C B R

NUMERO MOLDE	4	5	6
Altura Molde (mm)	177	177	177
N° Capas	5	5	5
N°Golpes x Capa	12	25	56

Condición de Muestra	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES		ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	
P. Húmedo + Molde (gr)	10550.0	11195.0	10680.0	11342.0	10796.0	11459.0		
Peso Molde (gr)	7464.0	7464.0	7532.0	7532.0	7491.0	7491.0		
Peso Húmedo (gr)	3086.0	3731.0	3148.0	3810.0	3305.0	3968.0		
Volumen del Molde (cm ³)	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80		
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.456	1.761	1.486	1.798	1.560	1.873		

CONTENIDO DE HUMEDAD

Número de Ensayo	8	105	114	103	104	112	109	113	104	
P.Húmedo + Tara (gr)	75.24	81.68	94.64	112.89	106.08	106.20	82.80	58.06	102.41	
Peso Seco + Tara (gr)	67.47	71.82	72.83	100.00	92.84	82.03	73.12	53.20	79.10	
Peso Agua (gr)	7.77	9.86	21.81	12.89	13.24	24.17	9.68	4.86	23.31	
Peso Tara (gr)	27.86	26.05	21.74	27.39	29.42	24.02	27.11	28.77	22.20	
P. Muestra Seca (gr)	39.61	45.77	51.09	72.61	63.42	58.01	46.01	24.43	56.90	
Contenido de Humedad (%)	19.62%	21.54%	42.69%	17.75%	20.88%	41.67%	21.04%	19.89%	40.97%	
C.Humedad Promedio (%)	20.58%		42.69%		19.31%		41.67%		20.47%	
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.208		1.234		1.245		1.269		1.295	

ENSAYO DE HINCHAMIENTO

TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE N° 1			NUMERO DE MOLDE N° 2			NUMERO DE MOLDE N° 3		
(Hs)	(Días)	LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO	
			(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	0.320	8.128	4.59	0.200	5.080	2.87	0.400	10.160	5.74
48	2	0.360	9.144	5.17	0.220	5.588	3.16	0.420	10.668	6.03
72	3	0.370	9.398	5.31	0.220	5.588	3.16	0.420	10.668	6.03
96	4	0.390	9.906	5.60	0.230	5.842	3.30	0.420	10.668	6.03

ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
(mm)	(pulg)	CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO	
			(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	38.00	1.96	28.05	39.00	2.02	28.79	132.00	6.82	97.45
1.27	0.050	101.00	5.22	74.57	102.00	5.27	75.30	270.00	13.95	199.34
1.91	0.075	182.00	9.41	134.37	183.00	9.46	135.11	448.00	23.15	330.75
2.54	0.100	242.00	12.51	178.66	338.00	17.47	249.54	603.00	31.16	445.18
3.18	0.125	286.00	14.78	211.15	359.00	18.55	265.04	714.00	36.90	527.13
3.81	0.150	312.00	16.12	230.34	368.00	19.02	271.69	790.00	40.83	583.24
4.45	0.175	331.00	17.11	244.37	429.00	22.17	316.72	804.00	41.55	593.58
5.08	0.200	348.00	17.98	256.92	442.00	22.84	326.32	815.00	42.12	601.70
7.62	0.300	407.00	21.03	300.48	647.00	33.44	477.67	828.00	42.79	611.30
10.16	0.400	441.00	22.79	325.58	721.00	37.26	532.30	848.00	43.82	626.06
12.70	0.500	478.00	24.70	352.90	771.00	39.84	569.21	848.00	43.82	626.06

WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.CIP. N° 214467
Ingeniero especialista

Testista

Miguel Ángel SILVA TARRILLO
Ingeniero Civil
Reg.CIP. N° 27724
Asesor (a)



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
UN SUEÑO HECHO REALIDAD!

TESIS "INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE SUELOS ARCILLOSOS CHOTA"

CBR

ASTM D 1883 Y AASHTO T 193

RESPONSABLE :

UBICACIÓN :

UBICACIÓN DE LA CALICATA :

CALICATA N° : C-1

PROFUNDIDAD :

FECHA :

MUESTRA

0.00 m A 1.50 m

13/09/2021

M-4

ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ

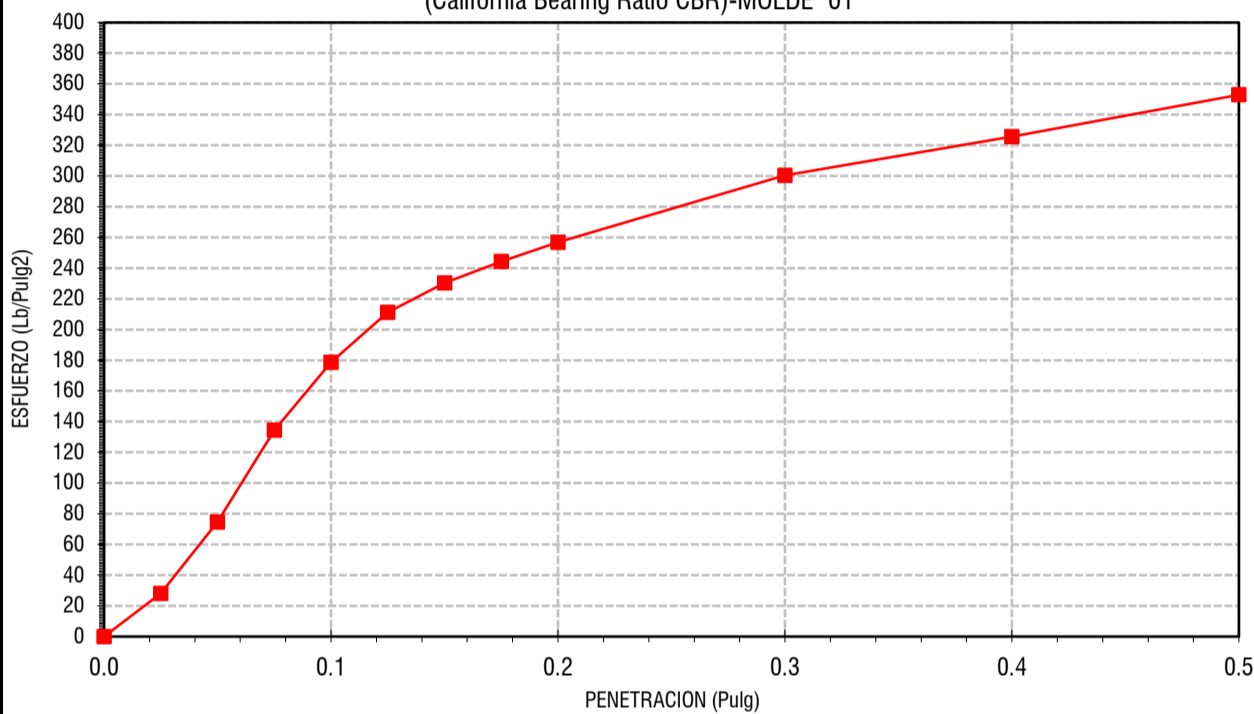
DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA

CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN

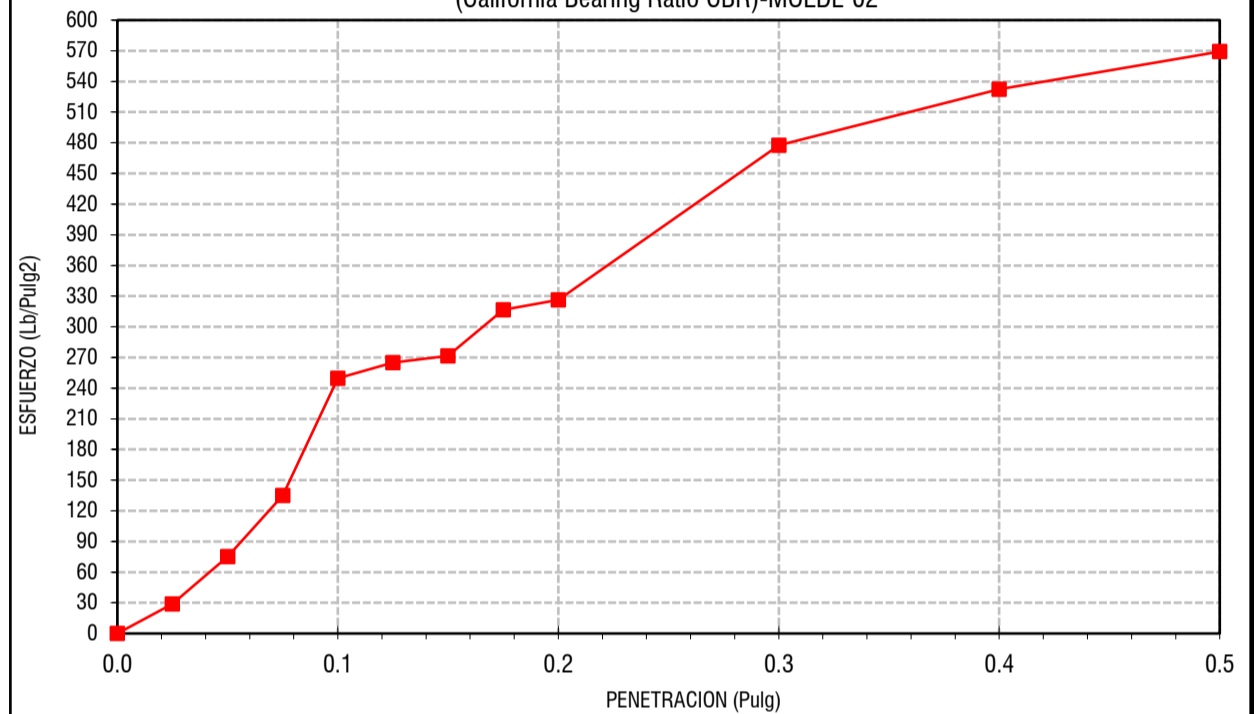
COORDENADAS

ESTE	761719.43
NORTE	9286201.22

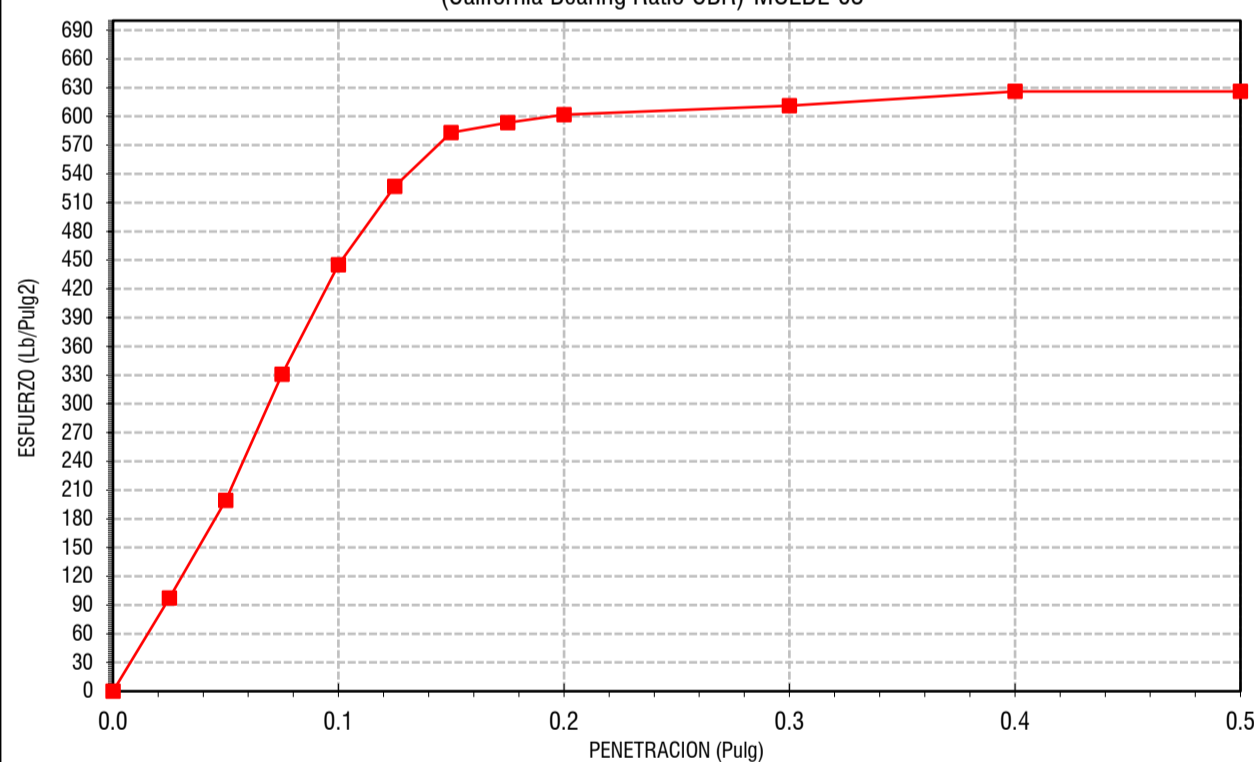
CURVA ESFUERZO - PENETRACION
(California Bearing Ratio CBR)-MOLDE 01



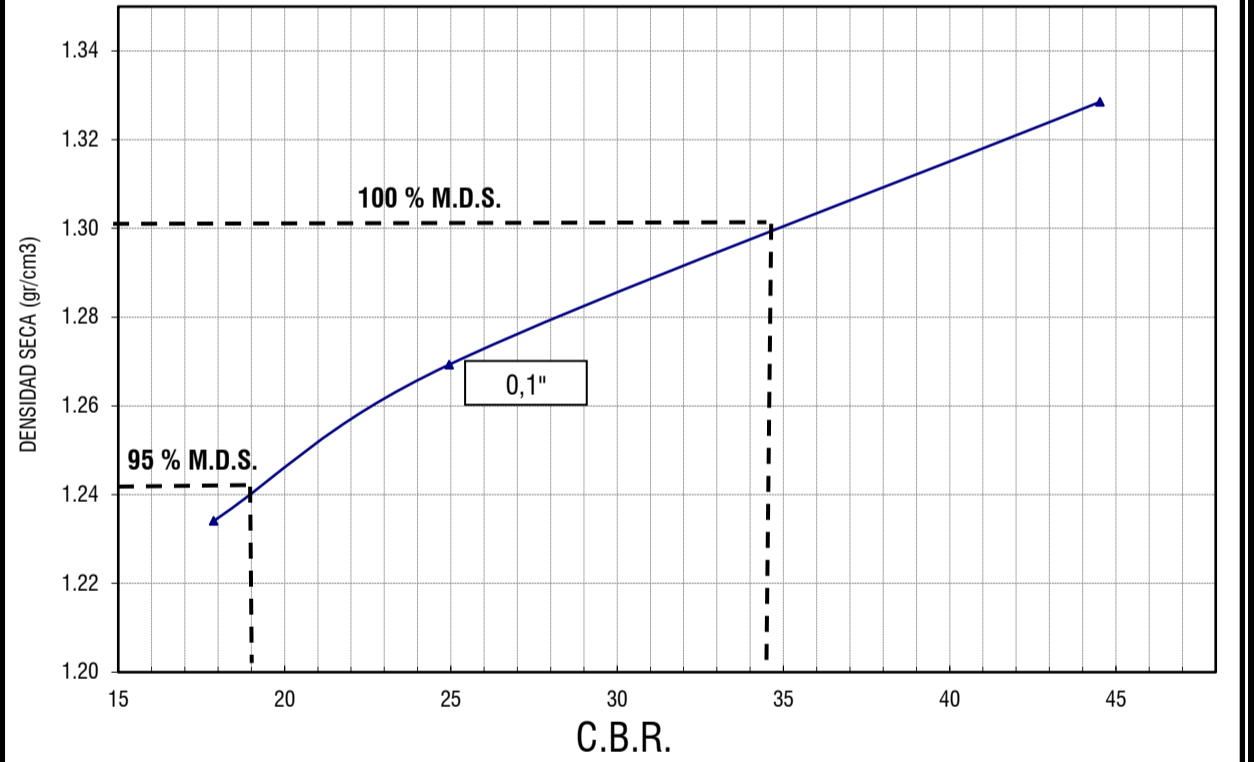
CURVA ESFUERZO - PENETRACION
(California Bearing Ratio CBR)-MOLDE 02



CURVA ESFUERZO - PENETRACION
(California Bearing Ratio CBR)-MOLDE 03



CURVA DENSIDAD - C.B.R.



(*) Valores Corregidos

MOLDE N°	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA CORREGIDA (Lb/pulg ²)	PRESION PATRON (Lb/pulg ²)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)
MOLDE 01	0.1	178.66	1000	17.87	1.23
MOLDE 02	0.1	249.54	1000	24.95	1.27
MOLDE 03	0.1	445.18	1000	44.52	1.33

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (A.S.T.M. D 1557)

VALOR C.B.R. (A.S.T.M. D 1883)

DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm ³) :	1.30	C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. (0,1")=	19.00%
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMO (%) :	19.00	C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. (0,1")=	34.50%

OBSERVACIONES:

PERIODO DE SUMERGIDO: 04 DIAS

Walter Manuel Vasquez Tapia
WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.C.I.P. N° 214457

Aladino Sánchez Vásquez

Alvaro Ángel Tarrillo
Alvaro Ángel TARRILLO
Ingeniero Civil
CIP 157723



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

TESIS "INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE SUELOS ARCILLOSOS CHOTA"

CBR

ASTM D 1883 Y AASHTO T 193

RESPONSABLE :
UBICACIÓN :
UBICACIÓN DE LA CALICATA :
CALICATA N° : C-1
PROFUNDIDAD :
FECHA :

MUESTRA M-5
0.00 m A 1.50 m
13/09/2021

ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN

COORDENADAS	
ESTE	761719.43
NORTE	9286201.22

COMPACTACION C B R

NUMERO MOLDE	3		1		2			
Altura Molde (mm)	177		177		177			
N° Capas	5		5		5			
N°Golpes x Capa	12		25		56			
Condición de Muestra	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES		ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	
P. Húmedo + Molde (gr)	10794.0		10756.0		10688.0		10998.0	
Peso Molde (gr)	7964.0		7964.0		7491.0		7491.0	
Peso Húmedo (gr)	2830.0		2792.0		3197.0		3507.0	
Volumen del Molde (cm³)	2118.80		2118.80		2118.80		2118.80	
Densidad Húmeda (gr/cm³)	1.336		1.318		1.509		1.655	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Número de Ensayo	101	107	115	105	110	110	113	115	109
P.Húmedo + Tara (gr)	71.41	63.56	100.31	50.69	63.73	78.83	53.02	57.18	68.44
Peso Seco + Tara (gr)	63.80	57.50	92.41	46.46	58.04	70.24	48.00	52.24	59.50
Peso Agua (gr)	7.61	6.06	7.90	4.23	5.69	8.59	5.02	4.94	8.94
Peso Tara (gr)	24.73	23.88	24.68	22.39	25.44	25.43	24.02	24.67	22.42
P. Muestra Seca (gr)	39.07	33.62	67.73	24.07	32.60	44.81	23.98	27.57	37.08
Contenido de Humedad (%)	19.48%	18.02%	11.66%	17.57%	17.45%	19.17%	20.93%	17.92%	24.11%
C.Humedad Promedio (%)	18.75%		11.66%		17.51%		19.43%		24.11%
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.125		1.180		1.204		1.263		1.334

ENSAYO DE HINCHAMIENTO

TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE N° 1			NUMERO DE MOLDE N° 2			NUMERO DE MOLDE N° 3		
(Hs)	(Días)	LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO	
			(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	0.030	0.762	0.43	0.060	1.524	0.86	0.250	6.350	3.59
48	2	0.040	1.016	0.57	0.080	2.032	1.15	0.290	7.366	4.16
72	3	0.050	1.270	0.72	0.090	2.286	1.29	0.310	7.874	4.45
96	4	0.050	1.270	0.72	0.090	2.286	1.29	0.320	8.128	4.59

ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
(mm)	(pulg)	CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO	
			(Kg/cm²)	(Lb/pulg²)		(Kg/cm²)	(Lb/pulg²)		(Kg/cm²)	(Lb/pulg²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	53.00	2.74	39.13	123.00	6.36	90.81	193.00	9.97	142.49
1.27	0.050	111.00	5.74	81.95	246.00	12.71	181.62	381.00	19.69	281.28
1.91	0.075	177.00	9.15	130.68	389.00	20.10	287.19	601.00	31.06	443.71
2.54	0.100	201.00	10.39	148.39	545.00	28.17	402.36	769.00	39.74	567.74
3.18	0.125	261.00	13.49	192.69	562.00	29.04	414.91	903.00	46.67	666.67
3.81	0.150	297.00	15.35	219.27	621.00	32.09	458.47	945.00	48.84	697.67
4.45	0.175	357.00	18.45	263.57	653.00	33.75	482.10	998.00	51.58	736.80
5.08	0.200	386.00	19.95	284.98	692.00	35.76	510.89	998.00	51.58	736.80
7.62	0.300	592.00	30.59	437.06	795.00	41.09	586.93	998.00	51.58	736.80
10.16	0.400	706.00	36.49	521.23	852.00	44.03	629.01	998.00	51.58	736.80
12.70	0.500	808.00	41.76	596.53	903.00	46.67	666.67	998.00	51.58	736.80

WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg-CIP, N° 214467

Ingeniero especialista

Aladino Sánchez Vásquez

Tesista

Miguel Ángel ESPINOZA TARRILLO
Ingeniero Civil
CIP 10770

Asesor (a)



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

TESIS "INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE SUELOS ARCILLOSOS CHOTA"

CBR

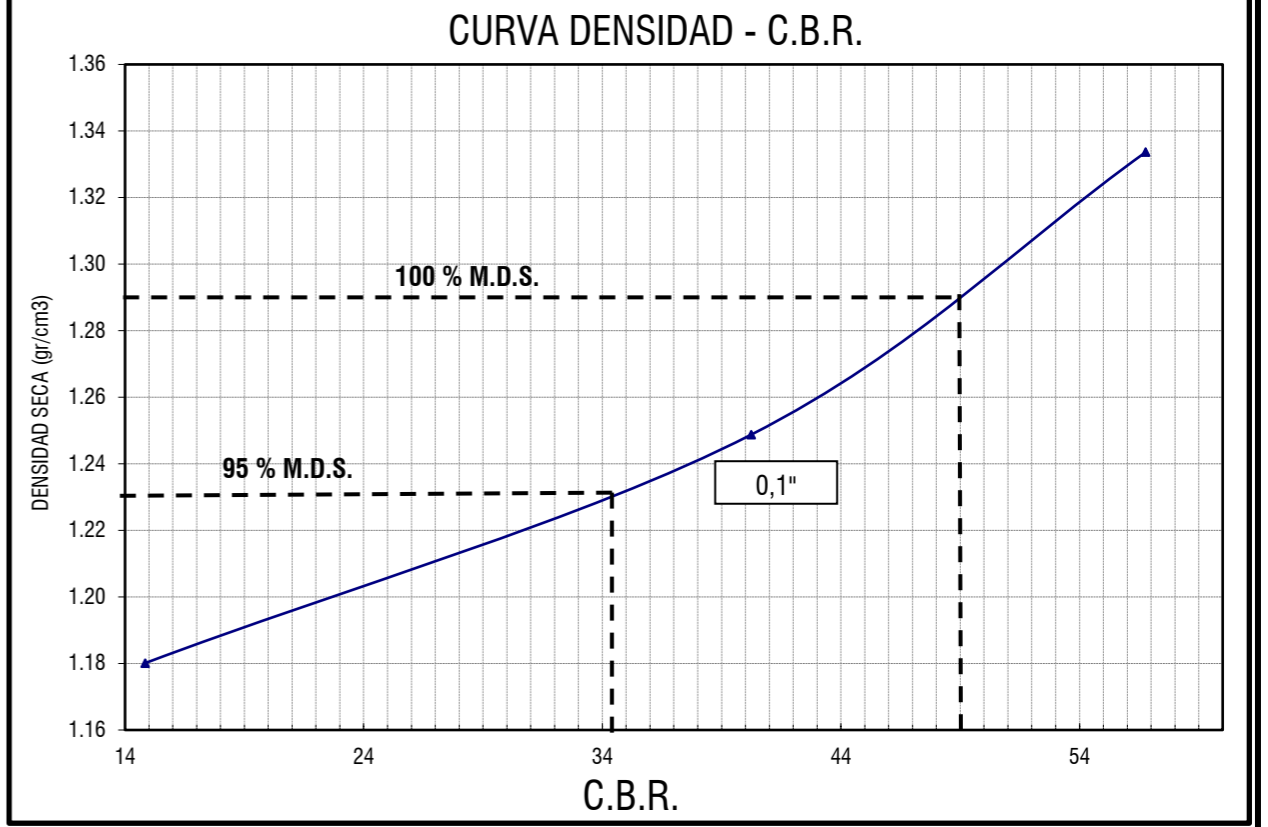
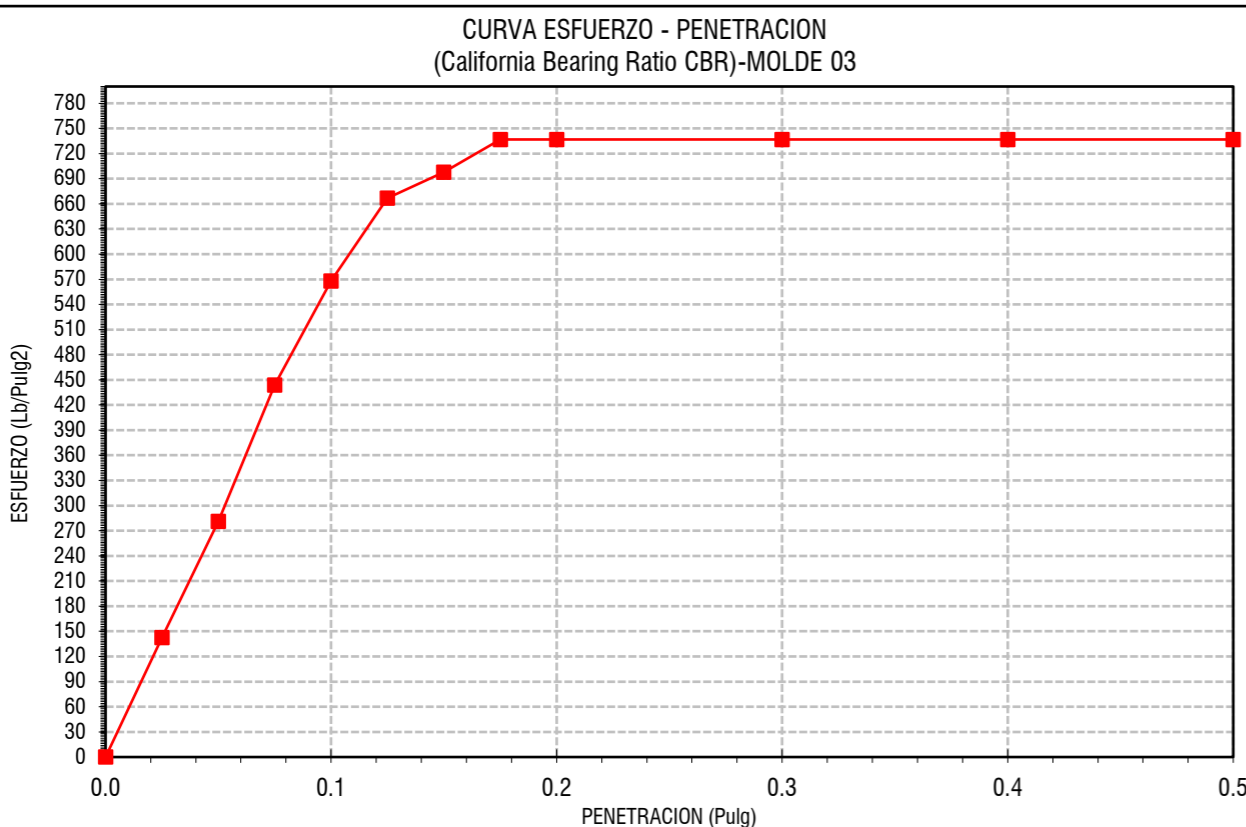
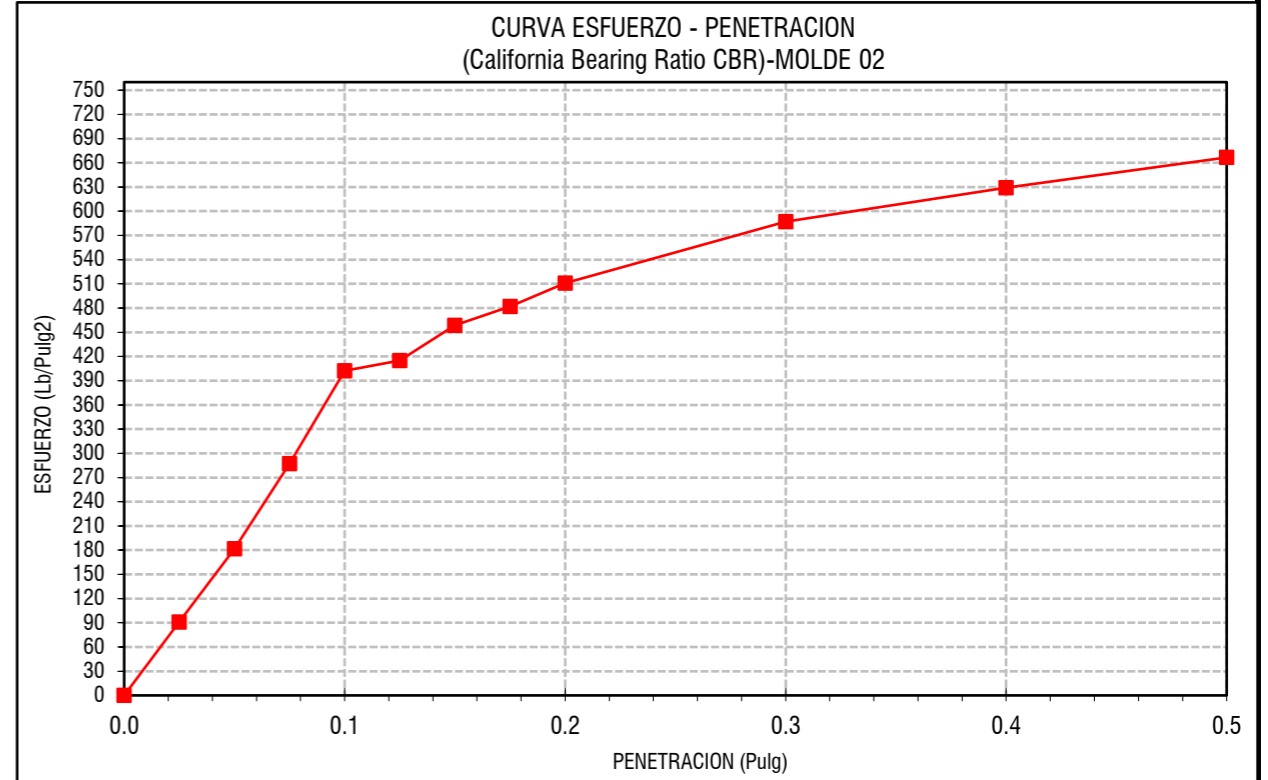
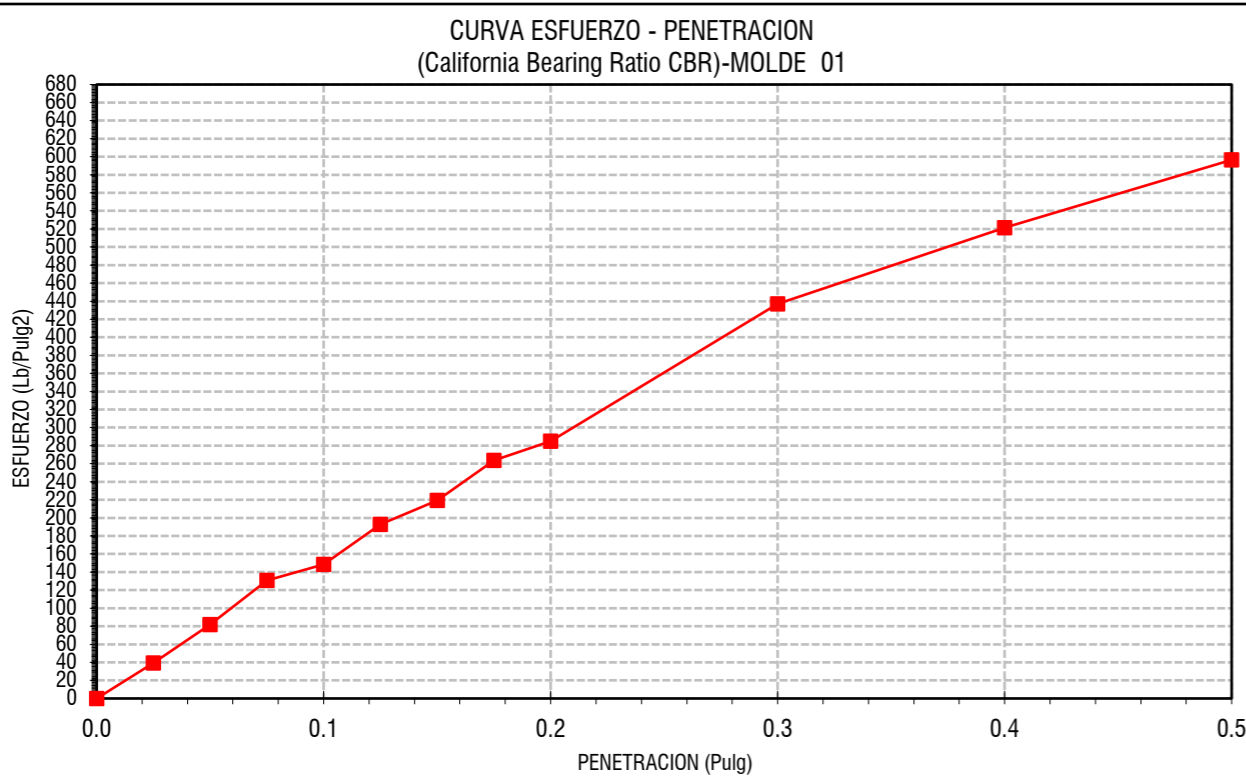
ASTM D 1883 Y AASHTO T 193

RESPONSABLE :
UBICACIÓN :
UBICACIÓN DE LA CALICATA :
CALICATA N° : C-1
PROFUNDIDAD :
FECHA : 13/09/2021

MUESTRA M-5
0.00 m A 1.50 m

ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN

COORDENADAS	
ESTE	761719.43
NORTE	9286201.22



(*) Valores Corregidos

MOLDE N°	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA CORREGIDA (Lb/pulg2)	PRESION PATRON (Lb/pulg2)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
MOLDE 01	0.1	148.39	1000	14.84	1.18
MOLDE 02	0.1	402.36	1000	40.24	1.25
MOLDE 03	0.1	567.74	1000	56.77	1.33

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (A.S.T.M. D 1557)		VALOR C.B.R. (A.S.T.M. D 1883)	
DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm3) :	1.29	C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. (0,1") =	34.50%
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMO (%) :	19.30	C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. (0,1") =	49.00%

OBSERVACIONES: PERIODO DE SUMERGIDO: 04 DIAS

Walter Manuel Vasquez Tapia
WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.CIP. N° 214467

Ingeniero especialista

Aladino Sánchez Vásquez

Tesista

Miguel Ángel Busta Tarrillo
Miguel Ángel BUSTA TARRILLO
Ingeniero Civil
CIP 157725

Asesor (a)



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

TESIS "INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL EN EL
MEJORAMIENTO DEL CBR DE SUELOS ARCILLOSOS CHOTA"

CONTENIDO DE HUMEDAD

A.S.T.M. D 2216

RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN DE CALICATA: KM+08+500 CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
CALICATA N° : C-2 **MUESTRA:** M-1
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m
FECHA : 22 DE JULIO DEL 2021

CONTENIDO DE HUMEDAD			
TARA N°	1	2	3
<i>Wt + M. Húmeda</i>	84.00	89.90	89.60
<i>Wt + M. Seca</i>	69.20	73.90	74.20
<i>W agua</i>	14.80	16.00	15.40
<i>W tara</i>	23.80	23.80	23.70
<i>W M. Seca</i>	45.40	50.10	50.50
<i>W(%)</i>	32.60	31.94	30.50
<i>W(%) PROMEDIO</i>	31.68		

COORDENADAS UTM	
ESTE	761324.08
NORTE	9286412.16

TEMPERATURA DE SECADO

PREPARACIÓN DE MUESTRA

60 °C 110 °C


WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.CIP. N° 214467

Ingeniero especialista



Tesista


Miguel Ángel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP 157792

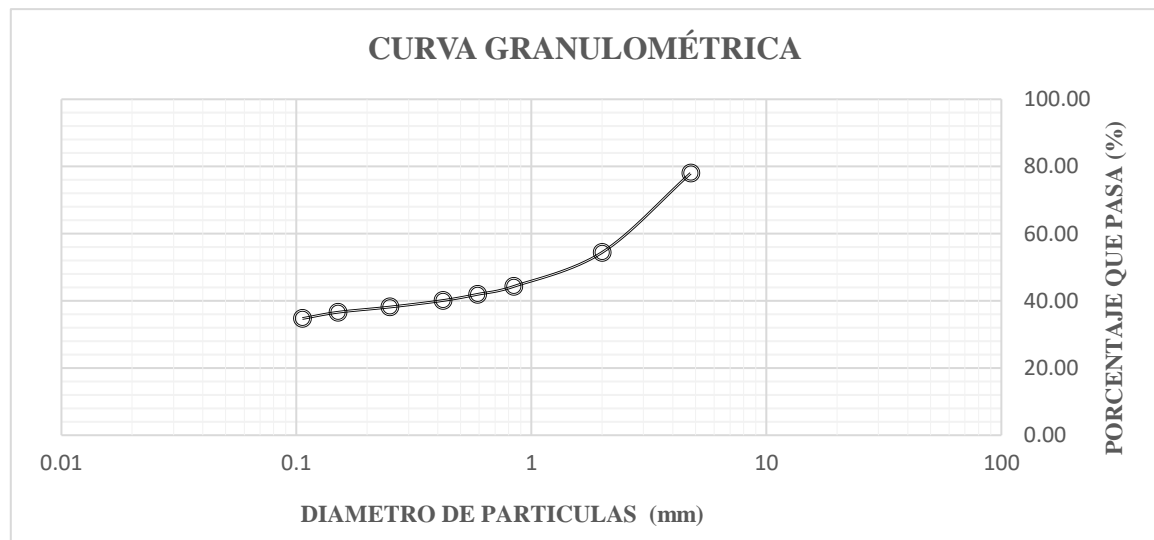
Asesor (a)



GRANULOMETRIA
ASTM D421

RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN: CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
MUESTRA: M-1
FECHA : 27 DE JULIO DE 2021

Wms	500	GRAMOS			
Malla	Malla (mm)	P.R.P	% R.P	% R.A	% P. PASA
1/4	6.35	61.3	12.26	12.26	87.74
N° 4	4.76	48.80	9.76	22.02	77.98
N° 10	2.00	117.80	23.56	45.58	54.42
N° 20	0.84	50.70	10.14	55.72	44.28
N°30	0.59	11.70	2.34	58.06	41.94
N° 40	0.42	9.20	1.84	59.90	40.10
N° 60	0.25	9.70	1.94	61.84	38.16
N° 100	0.15	7.80	1.56	63.40	36.60
N° 200	0.11	9.30	1.86	65.26	34.74
CASOLETA	.....	173.70	34.74	100.00	0.00



Walter
WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg. CIP. N° 214467

Ingeniero especialista

Aladino

Tesista

Miguel
Miguel Ángel TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP. 157723

Asesor (a)



LÍMITES DE ATTERBERG
A.S.T.M. D 4318

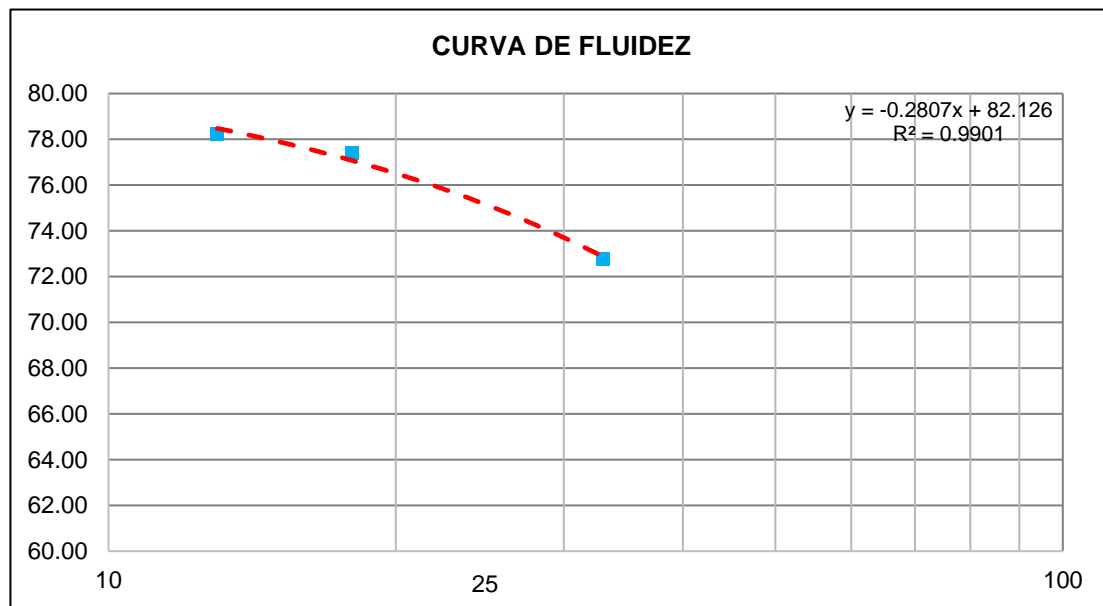
RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN DE CALICATA: KM+08+500 CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
CALICATA N° : C-2 **MUESTRA:** M-1
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m
FECHA : 29 DE JULIO DEL 2021

COORDENADAS UTM	
ESTE	761324.08
NORTE	9286412.16

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	1	2	3
Wt + M. Húmeda	29.32	29.11	29.67
Wt + M. Seca	26.84	26.85	27.21
W agua	2.48	2.26	2.46
W tara	23.67	23.93	23.83
W M. Seca	3.17	2.92	3.38
W(%)	78.23	77.40	72.78
N. GOLPES	13	18	33
LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	4	5	Promedio
Wt + M. Húmeda	24.26	24.11	
Wt + M. Seca	24.13	23.98	
W agua	0.13	0.13	
W tara	23.82	23.65	
W M. Seca	0.31	0.33	
W(%)	41.94	39.39	40.66

TEMPERATURA DE SECADO	
60 °C	110 °C
PREPARACIÓN DE MUESTRA	
60 °C	110 °C
CONTENIDO DE HUMEDAD	
60 °C	110 °C
AGUA USADA	
DESTILADA	
POTABLE	
OTRA	

LI = A*(x)+B	
A=	-0.2807
B=	82.126



LÍMITE LÍQUIDO
LL (%)= 75.11

LÍMITE PLÁSTICO
LP (%)= 40.66

ÍNDICE PLÁSTICO
IP (%)= 34.44

WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg. CIP. N° 214467
Ingeniero especialista

Tesisista

Miguel Ángel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP. 167792
Asesor (a)



LÍMITES DE ATTERBERG
A.S.T.M. D 4318

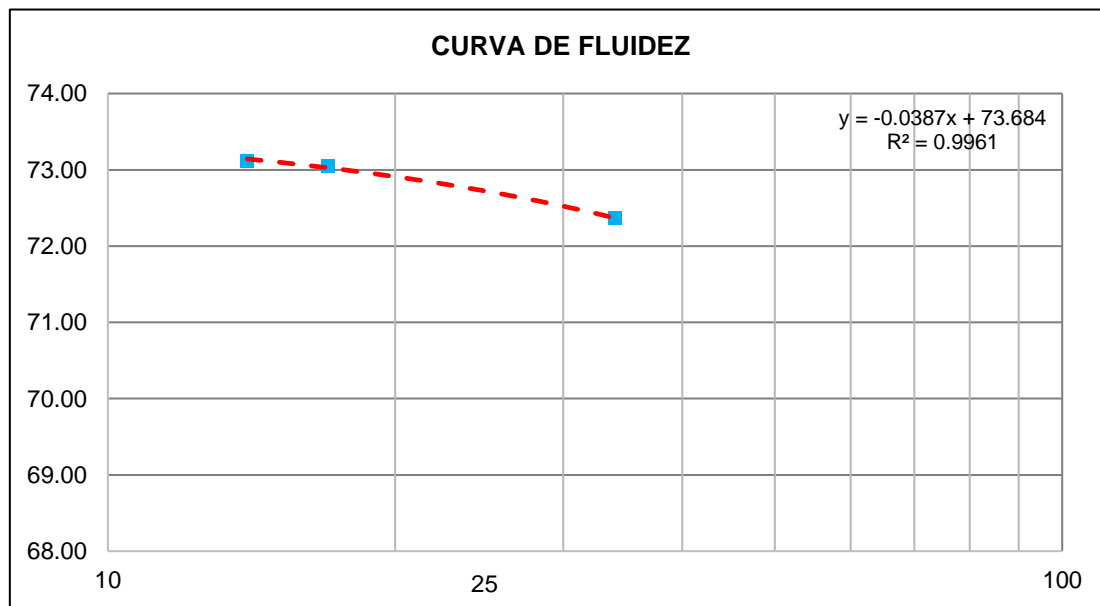
RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN DE CALICATA: KM+08+500 CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
CALICATA N° : C-2 **MUESTRA:** M-2
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m
FECHA : 29 DE JULIO DEL 2021

COORDENADAS UTM	
ESTE	761324.08
NORTE	9286412.16

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	1	2	3
Wt + M. Húmeda	28.83	29.56	28.64
Wt + M. Seca	26.79	27.12	26.65
W agua	2.04	2.44	1.99
W tara	24	23.78	23.9
W M. Seca	2.79	3.34	2.75
W(%)	73.12	73.05	72.36
N. GOLPES	14	17	34
LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	4	5	Promedio
Wt + M. Húmeda	24.17	24.71	
Wt + M. Seca	24.04	24.46	
W agua	0.13	0.25	
W tara	23.73	23.85	
W M. Seca	0.31	0.61	
W(%)	41.94	40.98	41.46

TEMPERATURA DE SECADO	
60 °C	110 °C
PREPARACIÓN DE MUESTRA	
60 °C	110 °C
CONTENIDO DE HUMEDAD	
60 °C	110 °C
AGUA USADA	
DESTILADA	
POTABLE	
OTRA	

LI = A*(x)+B	
A=	-0.0387
B=	73.684



LÍMITE LÍQUIDO LL (%)= 72.72	LÍMITE PLÁSTICO LP (%)= 41.46	ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)= 31.26
--	---	---

WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.CIP. N° 214467

Ingeniero especialista

Testista

Miguel Ángel SOSA TARRILLO
Ingeniero Civil
CIP. 157762

Asesor (a)



**LÍMITES DE ATTERBERG
A.S.T.M. D 4318**

RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN DE CALICATA: KM+08+500 CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
CALICATA N° : C-2 **MUESTRA:** M-3
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m
FECHA : 29 DE JULIO DEL 2021

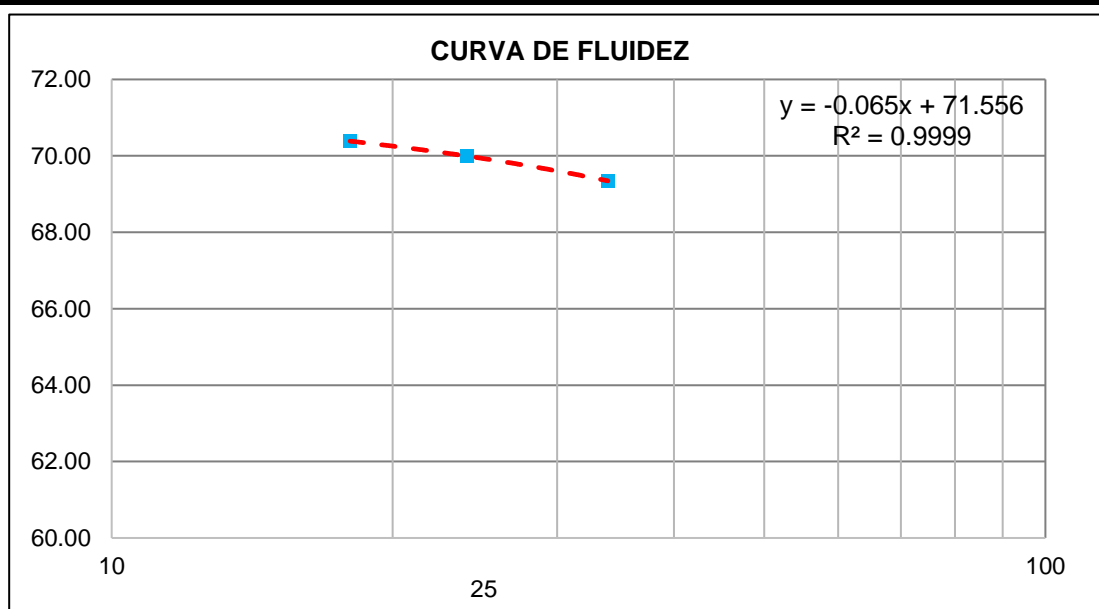
COORDENADAS UTM	
ESTE	761324.08
NORTE	9286412.16

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	1	2	3
Wt + M. Húmeda	29.1	28.7	28.44
Wt + M. Seca	26.89	26.74	26.54
W agua	2.21	1.96	1.9
W tara	23.75	23.94	23.8
W M. Seca	3.14	2.8	2.74
W(%)	70.38	70.00	69.34
N. GOLPES	18	24	34

TEMPERATURA DE SECADO	
60 °C	110 °C
PREPARACIÓN DE MUESTRA	
60 °C	110 °C
CONTENIDO DE HUMEDAD	
60 °C	110 °C
AGUA USADA	
DESTILADA	
POTABLE	
OTRA	

LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	4	5	Promedio
Wt + M. Húmeda	24.35	24.4	
Wt + M. Seca	24.23	24.19	
W agua	0.12	0.21	
W tara	23.97	23.74	
W M. Seca	0.26	0.45	
W(%)	46.15	46.67	46.41

LI = A*(x)+B	
A=	-0.065
B=	71.556



LÍMITE LÍQUIDO LL (%)= 69.93	LÍMITE PLÁSTICO LP (%)= 46.41	ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)= 23.52
--	---	---

Manuel
WALTER MANUEL VÁSQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.CIP. N° 214467

Ingeniero especialista

Aladino

Tesista

Miguel Ángel TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP 157763

Asesor (a)



LÍMITES DE ATTERBERG
A.S.T.M. D 4318

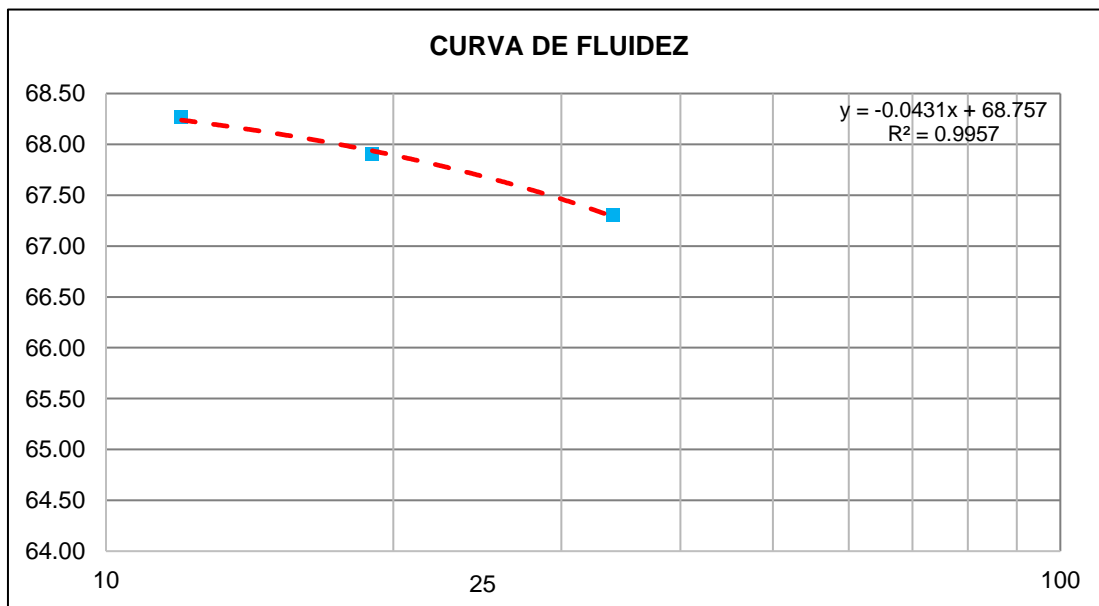
RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN DE CALICATA: KM+08+500 CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
CALICATA N° : C-2 **MUESTRA:** M-4
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m
FECHA : 29 DE JULIO DEL 2021

COORDENADAS UTM	
ESTE	761324.08
NORTE	9286412.16

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	1	2	3
Wt + M. Húmeda	29.56	29.29	29.31
Wt + M. Seca	27.28	27.09	27.19
W agua	2.28	2.2	2.12
W tara	23.94	23.85	24.04
W M. Seca	3.34	3.24	3.15
W(%)	68.26	67.90	67.30
N. GOLPES	12	19	34
LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	4	5	Promedio
Wt + M. Húmeda	24.63	24.83	
Wt + M. Seca	24.4	24.45	
W agua	0.23	0.38	
W tara	23.94	23.68	
W M. Seca	0.46	0.77	
W(%)	50.00	49.35	49.68

TEMPERATURA DE SECADO	
60 °C	110 °C
PREPARACIÓN DE MUESTRA	
60 °C	110 °C
CONTENIDO DE HUMEDAD	
60 °C	110 °C
AGUA USADA	
DESTILADA	
POTABLE	
OTRA	

LI = A*(x)+B	
A=	-0.0431
B=	68.757



LÍMITE LÍQUIDO LL (%)= 67.68	LÍMITE PLÁSTICO LP (%)= 49.68	ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)= 18.00
--	---	---

Walter
WALTER MANUEL VÁSQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg. CIP. N° 214467

Ingeniero especialista

Aladino

Tesisista

Miguel
Miguel Ángel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP 127792

Asesor (a)



**LÍMITES DE ATTERBERG
A.S.T.M. D 4318**

RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN DE CALICATA: KM+08+500 CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
CALICATA N° : C-2 **MUESTRA:** M-5
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m
FECHA : 29 DE JULIO DEL 2021

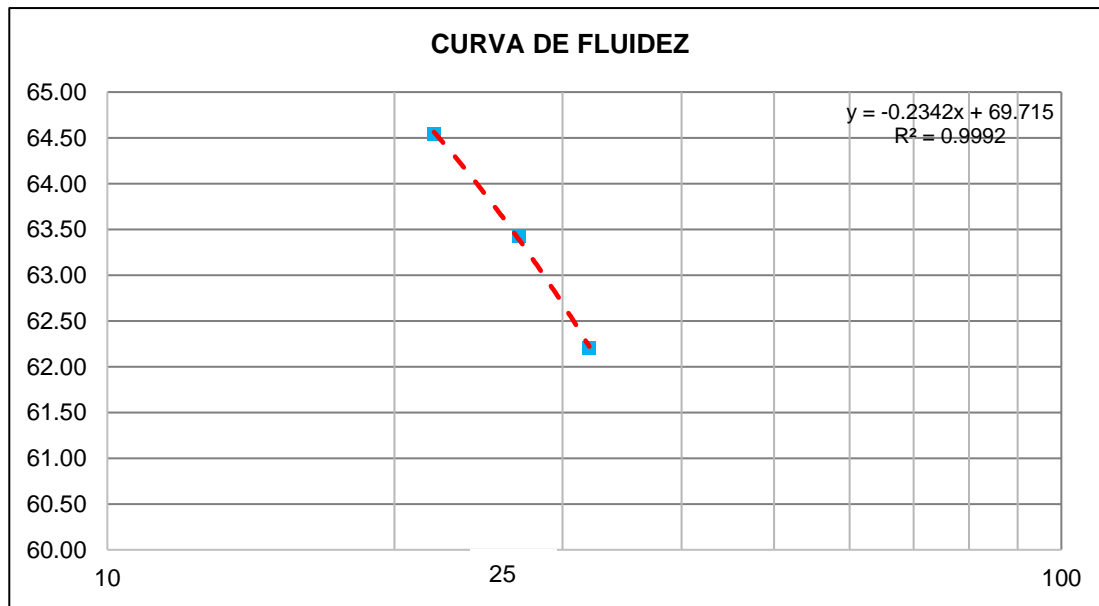
COORDENADAS UTM	
ESTE	761324.08
NORTE	9286412.16

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	1	2	3
Wt + M. Húmeda	29.8	28.9	30.6
Wt + M. Seca	27.47	26.94	28
W agua	2.33	1.96	2.6
W tara	23.86	23.85	23.82
W M. Seca	3.61	3.09	4.18
W(%)	64.54	63.43	62.20
N. GOLPES	22	27	32

TEMPERATURA DE SECADO	
60 °C	110 °C
PREPARACIÓN DE MUESTRA	
60 °C	110 °C
CONTENIDO DE HUMEDAD	
60 °C	110 °C
AGUA USADA	
DESTILADA	
POTABLE	
OTRA	

LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	4	5	Promedio
Wt + M. Húmeda	24.59	24.8	
Wt + M. Seca	24.29	24.57	
W agua	0.3	0.23	
W tara	23.73	24.12	
W M. Seca	0.56	0.45	
W(%)	53.57	51.11	52.34

LI = A*(x)+B	
A=	-0.2342
B=	69.715



LÍMITE LÍQUIDO
LL (%)= 63.86

LÍMITE PLÁSTICO
LP (%)= 52.34

ÍNDICE PLÁSTICO
IP (%)= 11.52

Walter
WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.CIP. N° 214467

Ingeniero especialista

Aladino

Tesista

Miguel
Miguel Ángel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP 127792

Asesor (a)

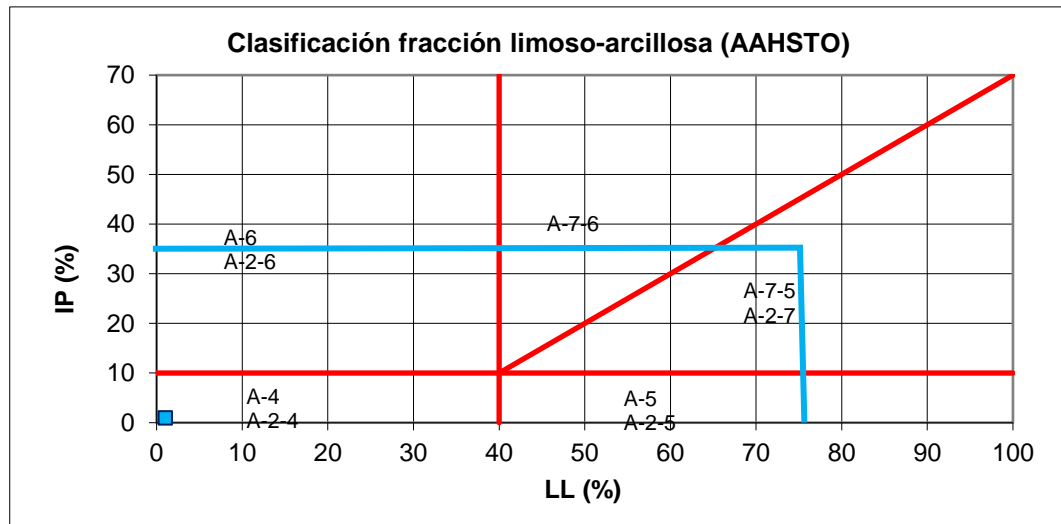


CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS

A.S.T.M. D-3282

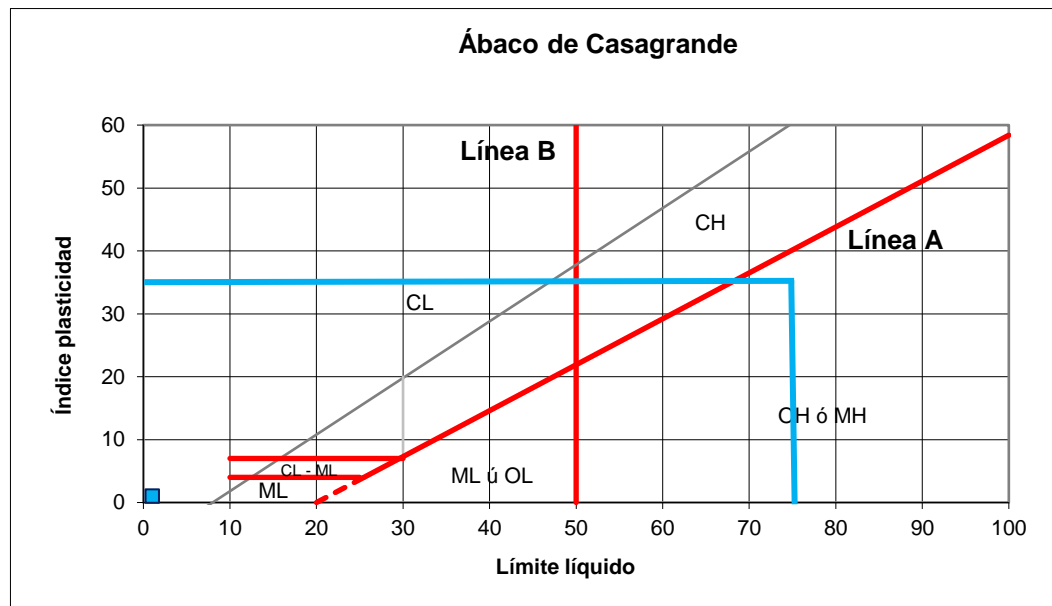
RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN DE CALICATA: CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
CALICATA N° : C-2 **MUESTRA:** M-1
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m
FECHA : 30 DE AGOSTO DEL 2021

COORDENADAS UTM	
ESTE	761324.08
NORTE	9286412.16



Clasificación AASHTO

A-7-5



Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)

MH

Walter
WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
 Ingeniero Hidráulico
 Reg. CIP. N° 214467

Ingeniero especialista

Aladino

Tesista

Miguel
Miguel Ángel SILVA TARRILLO
 INGENIERO CIVIL
 CIP 187792

Asesor (a)



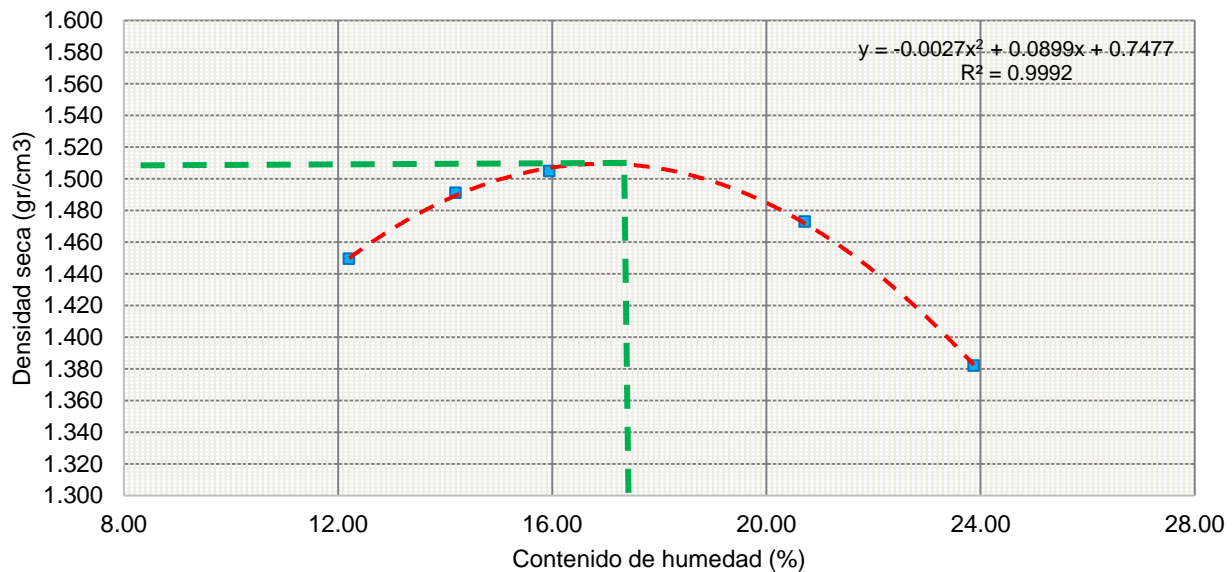
PROCTOR MODIFICADO
ASTM D 1557

RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN DE CALICATA: KM+08+500 CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
CALICATA N° : C-2 **MUESTRA:** M-1
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m
FECHA : 03 DE AGOSTO DEL 2021

COORDENADAS UTM	
ESTE	761324.08
NORTE	9286412.16

MÉTODO DE ENSAYO		"C"	CONDICIÓN DE SECADO: Horno 110 °C				DIÁMETRO DE MOLDE: 10.16 cm.				
NÚMERO DE ENSAYO		1	2	3	4	5					
DENSIDAD	N° de capas	5	5	5	5	5.00					
	N° de Golpes por Capa	25	25	25	25	25					
	Peso Húmedo + Molde (gr)	3269.60	3341.50	3381.20	3412.60	3350.20					
	Peso Molde (gr)	1734.60	1734.60	1734.60	1734.60	1734.60					
	Peso Húmedo (gr)	1535.00	1606.90	1646.60	1678.00	1615.60					
	Volumen del Molde (cm ³)	943.69	943.69	943.69	943.69	943.69					
	Densidad Húmeda (gr/cm³)	1.627	1.703	1.745	1.778	1.712					
HUMEDAD	Ensayo	1	2	3	4	5					
	Peso Húmedo + Tara (gr)	42.5	53.0	51.1	52.2	52.8	50.6	59.0	54.4	59.1	66.6
	Peso seco + Tara (gr)	40.4	50.0	47.7	48.7	48.8	46.9	52.9	49.2	52.3	58.3
	Peso Agua (gr)	2.1	3.0	3.4	3.5	4.0	3.7	6.1	5.2	6.8	8.3
	Peso Tara (gr)	23.8	24.5	23.8	24.0	23.6	23.8	23.8	23.8	23.6	23.8
	Peso Muestra Seca (gr)	16.6	25.5	23.9	24.7	25	23.1	29.1	25.4	28.7	34.5
	Contenido de Humedad (%)	12.65	11.76	14.23	14.17	15.87	16.02	20.96	20.47	23.69	24.06
	C. Humedad (%) promedio	12.21	14.20	15.95	20.72	23.88					
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.450	1.491	1.505	1.473	1.382						

CURVA DE COMPACTACIÓN



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.51 Gr/cm³ **CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO:** 17.50 %

WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg. CIP. N° 214467

Ingeniero especialista

Testista

Miguel Ángel SOTOMAYOR TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP 157702

Asesor

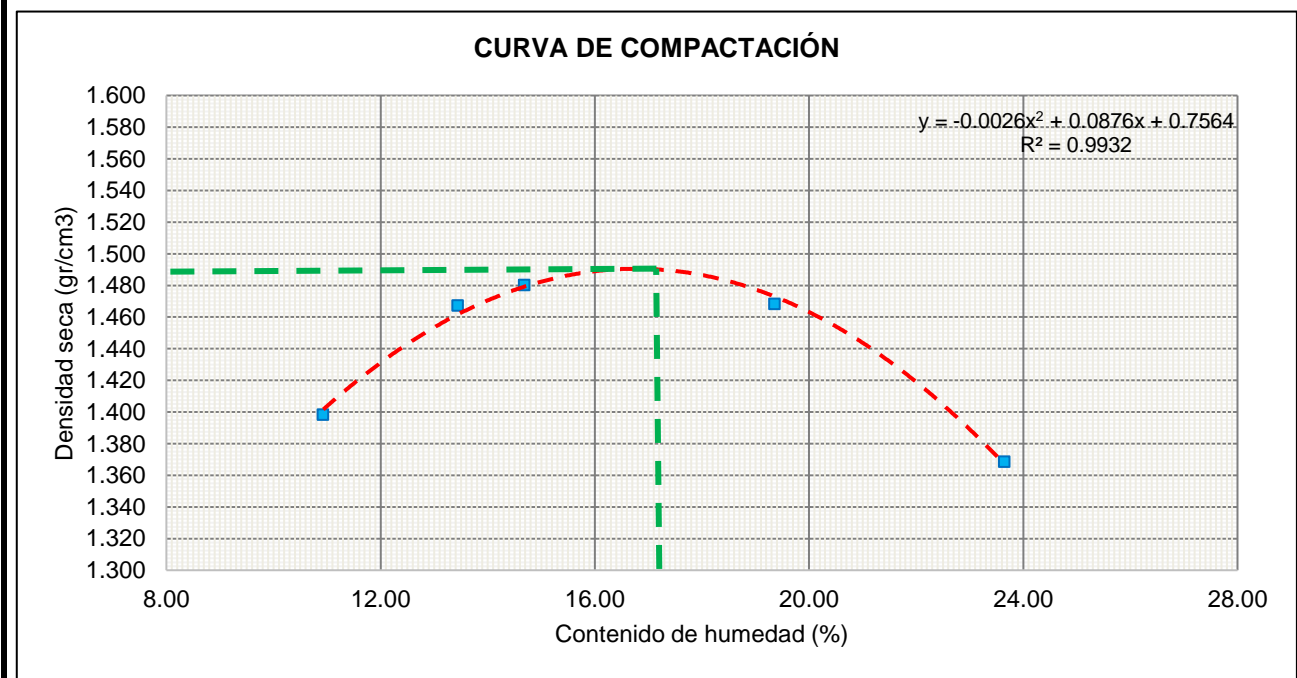


PROCTOR MODIFICADO
ASTM D 1557

RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN DE CALICATA: KM+08+500 CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
CALICATA N° : C-2 **MUESTRA:** M-2
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m
FECHA : 04 DE AGOSTO DEL 2021

COORDENADAS UTM	
ESTE	761324.08
NORTE	9286412.16

MÉTODO DE ENSAYO		"C"		CONDICIÓN DE SECADO: Horno 110 °C				DIÁMETRO DE MOLDE: 10.16 cm.			
NÚMERO DE ENSAYO		1		2		3		4		5	
DENSIDAD	N° de capas	5		5		5		5		5	
	N° de Golpes por Capa	25		25		25		25		25	
	Peso Húmedo + Molde (gr)	3198.20		3305.30		3336.56		3388.40		3331.50	
	Peso Molde (gr)	1734.60		1734.60		1734.60		1734.60		1734.60	
	Peso Húmedo (gr)	1463.60		1570.70		1601.96		1653.80		1596.90	
	Volumen del Molde (cm ³)	943.69		943.69		943.69		943.69		943.69	
	Densidad Húmeda (gr/cm³)	1.551		1.664		1.698		1.752		1.692	
HUMEDAD	Ensayo	1		2		3		4		5	
	Peso Húmedo + Tara (gr)	48.1	47.0	51.4	51.9	52.8	51.7	43.7	46.1	58.0	58.8
	Peso seco + Tara (gr)	45.7	44.7	48.1	48.6	49.3	47.9	40.5	42.4	51.6	52.0
	Peso Agua (gr)	2.4	2.3	3.3	3.3	3.5	3.8	3.2	3.7	6.4	6.8
	Peso Tara (gr)	23.8	23.6	23.9	23.7	23.7	23.7	23.6	23.7	23.9	23.9
	Peso Muestra Seca (gr)	21.9	21.1	24.2	24.9	26	24.2	16.9	18.7	27.7	28.1
	Contenido de Humedad (%)	10.96	10.90	13.64	13.25	13.67	15.70	18.93	19.79	23.10	24.20
	C. Humedad (%) promedio	10.93		13.44		14.69		19.36		23.65	
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.398		1.467		1.480		1.468		1.369		



DENSIDAD SECA MÁXIMA:	1.49 Gr/cm ³	CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO:	17.20 %
------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	----------------

Martel
WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg. CIP. N° 214467
Ingeniero especialista

Aladino Sánchez Vásquez
Tesista

Miguel Argos Silva Tarrillo
INGENIERO CIVIL
CIP. 157763
Asesor



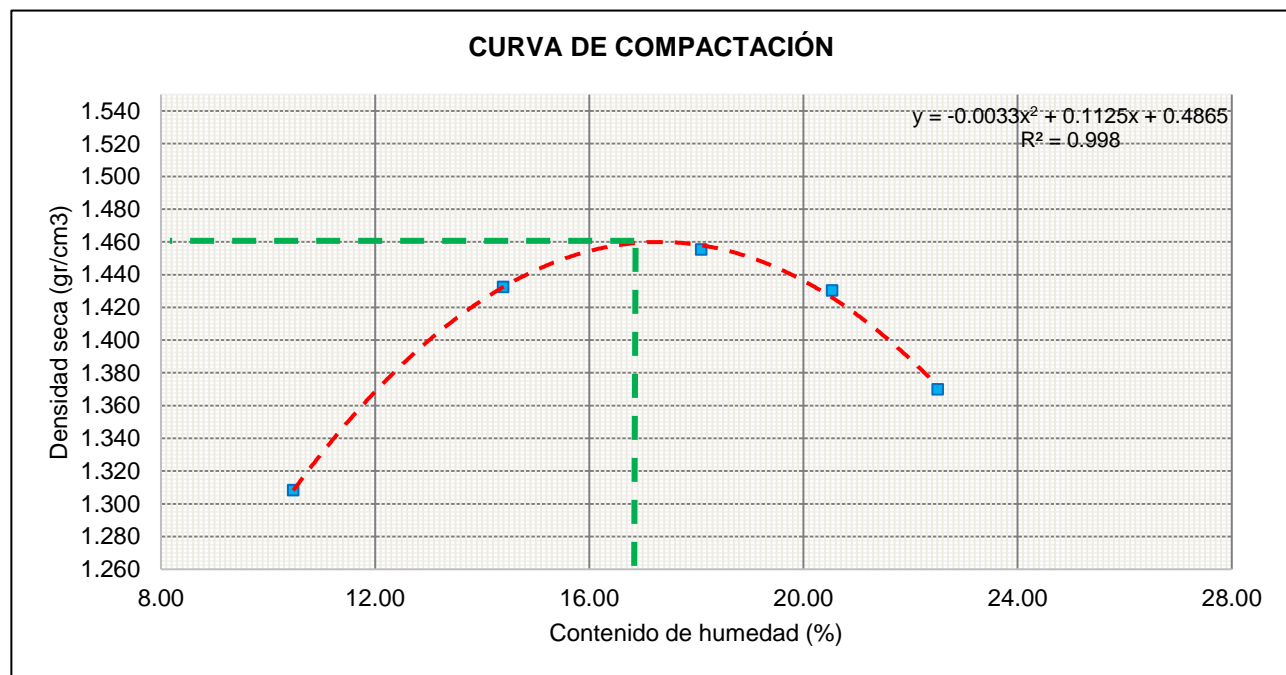
PROCTOR MODIFICADO
ASTM D 1557

RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN DE CALICATA: KM+08+500 CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
CALICATA N° : C-2 **MUESTRA:** M-3
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m
FECHA : 05 DE AGOSTO DEL 2021

COORDENADAS UTM	
ESTE	761324.08
NORTE	9286412.16

MÉTODO DE ENSAYO		"C"		CONDICIÓN DE SECADO: Horno 110 °C				DIÁMETRO DE MOLDE: 10.16 cm.			
NÚMERO DE ENSAYO		1		2		3		4		5	
DENSIDAD	N° de capas	5		5		5		5		5	
	N° de Golpes por Capa	25		25		25		25		25	
	Peso Húmedo + Molde (gr)	3098.56		3280.90		3356.50		3361.50		3318.30	
	Peso Molde (gr)	1734.60		1734.60		1734.60		1734.60		1734.60	
	Peso Húmedo (gr)	1363.96		1546.30		1621.90		1626.90		1583.70	
	Volumen del Molde (cm ³)	943.69		943.69		943.69		943.69		943.69	
	Densidad Húmeda (gr/cm³)	1.445		1.639		1.719		1.724		1.678	
HUMEDAD	Ensayo	1		2		3		4		5	
	Peso Húmedo + Tara (gr)	48.6	48.5	47.7	45.9	51.8	47.9	48.2	50.5	60.7	62.0
	Peso seco + Tara (gr)	46.0	46.4	44.7	43.1	47.5	44.2	44.0	46.0	54.0	54.9
	Peso Agua (gr)	2.6	2.1	3.0	2.8	4.3	3.7	4.2	4.5	6.7	7.1
	Peso Tara (gr)	23.6	23.9	23.8	23.7	23.9	23.6	23.9	23.7	23.8	23.8
	Peso Muestra Seca (gr)	22.4	22.5	20.9	19.4	24	20.6	20.1	22.3	30.2	31.1
	Contenido de Humedad (%)	11.61	9.33	14.35	14.43	18.22	17.96	20.90	20.18	22.19	22.83
	C. Humedad (%) promedio	10.47		14.39		18.09		20.54		22.51	
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.308		1.432		1.455		1.430		1.370		

CURVA DE COMPACTACIÓN



DENSIDAD SECA MÁXIMA:	1.46 Gr/cm ³	CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO:	17.00 %
------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	----------------

WALTER MANUEL VÁSQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg. CIP. N° 214467
Ingeniero especialista

Testista

Miguel Ángel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP. 157763
Asesor

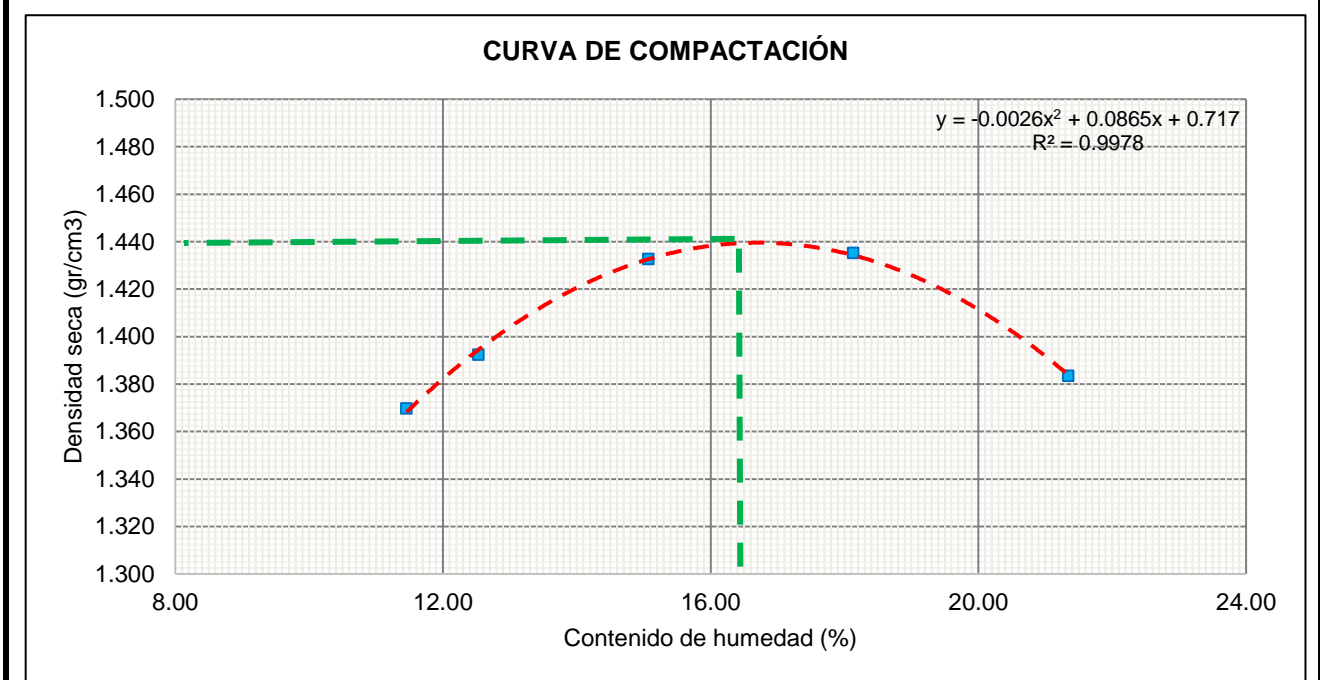


PROCTOR MODIFICADO
ASTM D 1557

RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN DE CALICATA: KM+08+500 CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
CALICATA N° : C-2 **MUESTRA:** M-4
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m
FECHA : 12 DE AGOSTO DEL 2021

COORDENADAS UTM	
ESTE	761324.08
NORTE	9286412.16

MÉTODO DE ENSAYO		"C"	CONDICIÓN DE SECADO: Horno 110 °C				DIÁMETRO DE MOLDE: 10.16 cm.				
DENSIDAD	NÚMERO DE ENSAYO	1	2		3		4		5		
	N° de capas	5	5		5		5		5		
	N° de Golpes por Capa	25	25		25		25		25		
	Peso Húmedo + Molde (gr)	3175.30	3213.20		3290.30		3334.50		3318.80		
	Peso Molde (gr)	1734.60	1734.60		1734.60		1734.60		1734.60		
	Peso Húmedo (gr)	1440.70	1478.60		1555.70		1599.90		1584.20		
	Volumen del Molde (cm ³)	943.69	943.69		943.69		943.69		943.69		
	Densidad Húmeda (gr/cm³)	1.527	1.567		1.649		1.695		1.679		
HUMEDAD	Ensayo	1		2		3		4		5	
	Peso Húmedo + Tara (gr)	50.6	52.1	50.4	52.1	49.8	51.8	49.9	48.4	48.9	48.8
	Peso seco + Tara (gr)	47.8	49.3	47.7	48.7	46.4	48.1	45.8	44.7	44.5	44.3
	Peso Agua (gr)	2.8	2.8	2.7	3.4	3.4	3.7	4.1	3.7	4.4	4.5
	Peso Tara (gr)	23.8	24.4	23.8	24.0	23.6	23.8	23.7	23.8	23.6	23.5
	Peso Muestra Seca (gr)	24.0	24.9	23.9	24.7	23	24.3	22.1	20.9	20.9	20.8
	Contenido de Humedad (%)	11.67	11.24	11.30	13.77	14.91	15.23	18.55	17.70	21.05	21.63
	C. Humedad (%) promedio	11.46	12.53		15.07		18.13		21.34		
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.370	1.392		1.433		1.435		1.383			



DENSIDAD SECA MÁXIMA:	1.44 Gr/cm ³	CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO:	16.20 %
------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	----------------

Walter
WALTER MANUEL VÁSQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg. CIP. N° 214487
Ingeniero especialista

Aladino
Tesista

Miguel
Miguel Ángel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP. 157783
Asesor

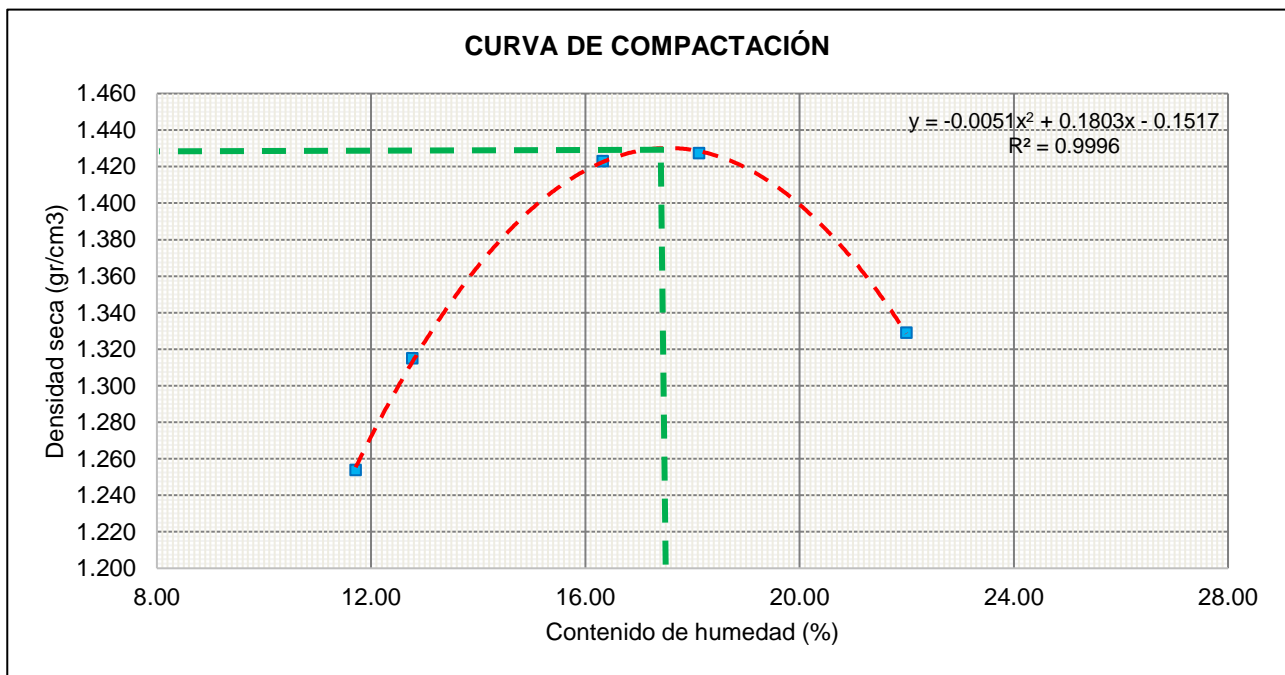


PROCTOR MODIFICADO
ASTM D 1557

RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN DE CALICATA: KM+08+500 CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
CALICATA N° : C-2 **MUESTRA:** M-5
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m
FECHA : 16 DE AGOSTO DEL 2021

COORDENADAS UTM	
ESTE	761324.08
NORTE	9286412.16

MÉTODO DE ENSAYO		"C"		CONDICIÓN DE SECADO: Horno 110 °C				DIÁMETRO DE MOLDE: 10.16 cm.			
NÚMERO DE ENSAYO		1		2		3		4		5	
DENSIDAD	N° de capas	5		5		5		5		5	
	N° de Golpes por Capa	25		25		25		25		25	
	Peso Húmedo + Molde (gr)	3056.30		3133.80		3296.50		3325.60		3264.50	
	Peso Molde (gr)	1734.60		1734.60		1734.60		1734.60		1734.60	
	Peso Húmedo (gr)	1321.70		1399.20		1561.90		1591.00		1529.90	
	Volumen del Molde (cm ³)	943.69		943.69		943.69		943.69		943.69	
	Densidad Húmeda (gr/cm³)	1.401		1.483		1.655		1.686		1.621	
HUMEDAD	Ensayo	1		2		3		4		5	
	Peso Húmedo + Tara (gr)	47.8	51.9	61.7	50.5	49.3	53.8	50.1	50.4	51.0	49.6
	Peso seco + Tara (gr)	45.3	49.0	57.4	47.5	45.7	49.6	46.1	46.3	46.2	44.8
	Peso Agua (gr)	2.5	2.9	4.3	3.0	3.6	4.2	4.0	4.1	4.8	4.8
	Peso Tara (gr)	24.4	23.7	24.0	23.8	23.7	23.8	23.8	23.9	23.6	23.7
	Peso Muestra Seca (gr)	20.9	25.3	33.4	23.7	22	25.8	22.3	22.4	22.6	21.1
	Contenido de Humedad (%)	11.96	11.46	12.87	12.66	16.36	16.28	17.94	18.30	21.24	22.75
	C. Humedad (%) promedio	11.71	12.77	16.32	18.12	21.99					
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.254	1.315	1.423	1.427	1.329						



DENSIDAD SECA MÁXIMA:	1.43 Gr/cm ³	CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO:	17.60 %
------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	----------------

WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg. CIP. N° 214467

Ingeniero especialista

Testista

Miguel Ángel TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP 157763

Asesor



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

TESIS "INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE SUELOS ARCILLOSOS CHOTA"

CBR

ASTM D 1883 Y AASHTO T 193

RESPONSABLE :

ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ

UBICACIÓN :

DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA

UBICACIÓN DE LA CALICATA :

CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN

CALICATA N° : C-2

MUESTRA M-1

PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m

FECHA : 13/09/2021

COORDENADAS

ESTE 761324.08

NORTE 9286412.16

COMPACTACION C B R

NUMERO MOLDE	1		2		3	
Altura Molde (mm)	177		177		177	
N° Capas	5		5		5	
N°Golpes x Capa	12		25		56	
Condición de Muestra	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES
P. Húmedo + Molde (gr)	10744.0	11334.0	10931.0	11397.0	11111.0	11550.0
Peso Molde (gr)	7491.0	7491.0	7532.0	7532.0	7464.0	7464.0
Peso Húmedo (gr)	3253.0	3843.0	3399.0	3865.0	3647.0	4086.0
Volumen del Molde (cm ³)	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.535	1.814	1.604	1.824	1.721	1.928

CONTENIDO DE HUMEDAD

Número de Ensayo	5	6	51	3	4	418	1	2	182
P.Húmedo + Tara (gr)	91.27	103.14	71.30	84.78	82.50	95.88	100.30	93.11	107.42
Peso Seco + Tara (gr)	82.09	92.82	60.25	76.67	74.86	81.10	90.39	84.98	89.60
Peso Agua (gr)	9.18	10.32	11.05	8.11	7.64	14.78	9.91	8.13	17.82
Peso Tara (gr)	26.01	28.65	22.53	27.38	29.40	23.04	32.42	32.50	24.08
P. Muestra Seca (gr)	56.08	64.17	37.72	49.29	45.46	58.06	57.97	52.48	65.52
Contenido de Humedad (%)	16.37%	16.08%	29.29%	16.45%	16.81%	25.46%	17.10%	15.49%	27.20%
C.Humedad Promedio (%)	16.23%		29.29%	16.63%		25.46%	16.29%		27.20%
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.321		1.403	1.375		1.454	1.480		1.516

ENSAYO DE HINCHAMIENTO

TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE N° 1			NUMERO DE MOLDE N° 2			NUMERO DE MOLDE N° 3		
(Hs)	(Días)	LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO	
			(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	1.790	45.466	25.69	2.670	67.818	38.32	3.890	98.806	55.82
48	2	1.850	46.990	26.55	2.740	69.596	39.32	4.090	103.886	58.69
72	3	1.900	48.260	27.27	2.790	70.866	40.04	4.190	106.426	60.13
96	4	1.920	48.768	27.55	2.810	71.374	40.32	4.230	107.442	60.70

ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
(mm)	(pulg)	CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO	
			(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	7.00	0.36	5.17	14.00	0.72	10.34	23.00	1.19	16.98
1.27	0.050	18.00	0.93	13.29	29.00	1.50	21.41	42.00	2.17	31.01
1.91	0.075	37.00	1.91	27.32	46.00	2.38	33.96	60.00	3.10	44.30
2.54	0.100	57.00	2.95	42.08	61.00	3.15	45.04	72.00	3.72	53.16
3.18	0.125	82.00	4.24	60.54	75.00	3.88	55.37	73.00	3.77	53.89
3.81	0.150	89.00	4.60	65.71	88.00	4.55	64.97	90.00	4.65	66.45
4.45	0.175	95.00	4.91	70.14	101.00	5.22	74.57	104.00	5.37	76.78
5.08	0.200	99.00	5.12	73.09	112.00	5.79	82.69	112.00	5.79	82.69
7.62	0.300	119.00	6.15	87.86	145.00	7.49	107.05	140.00	7.24	103.36
10.16	0.400	132.00	6.82	97.45	166.00	8.58	122.55	163.00	8.42	120.34
12.70	0.500	143.00	7.39	105.57	185.00	9.56	136.58	179.00	9.25	132.15

WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.CIP. N° 214467
Ingeniero especialista

Tesisista

Miguel Ángel TARRILLO
Ingeniero Civil
CIP. 157703
Asesor (a)



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

TESIS "INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE SUELOS ARCILLOSOS CHOTA"

CBR

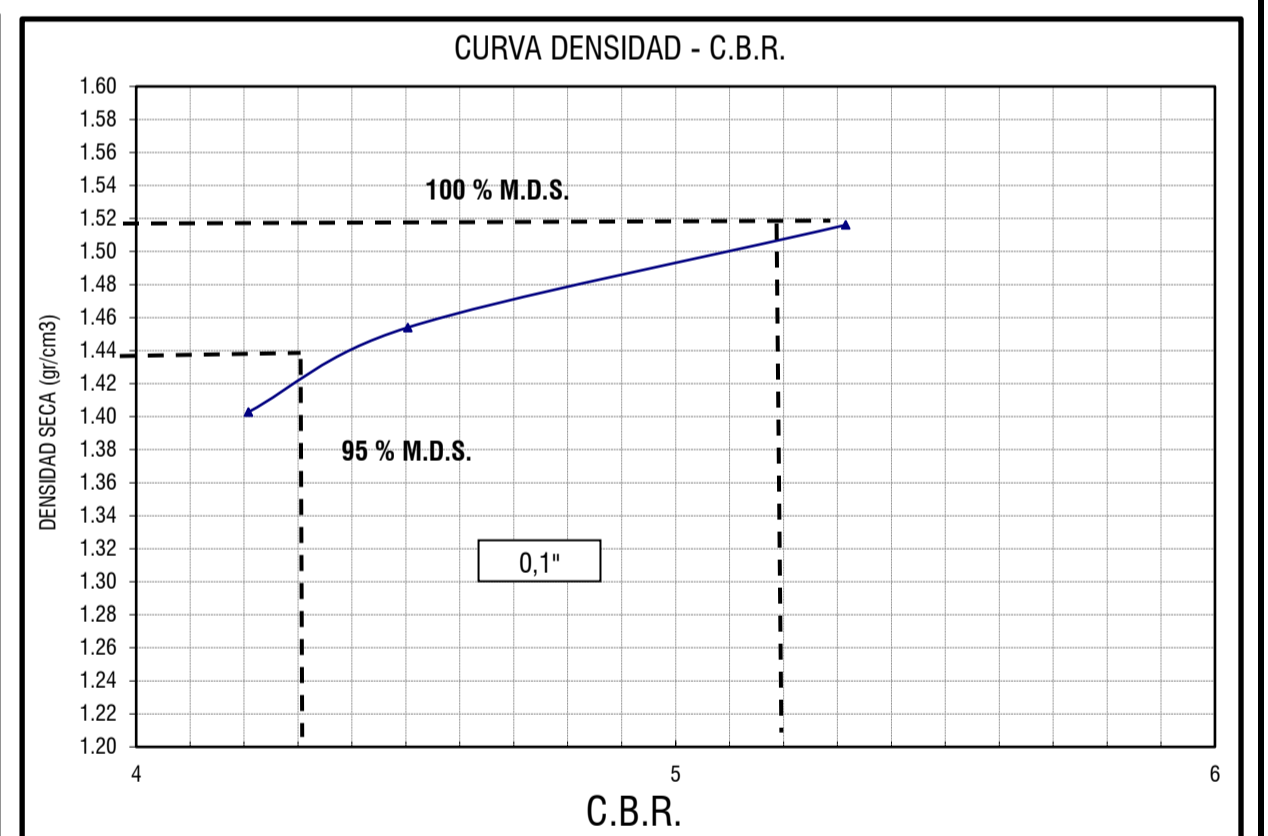
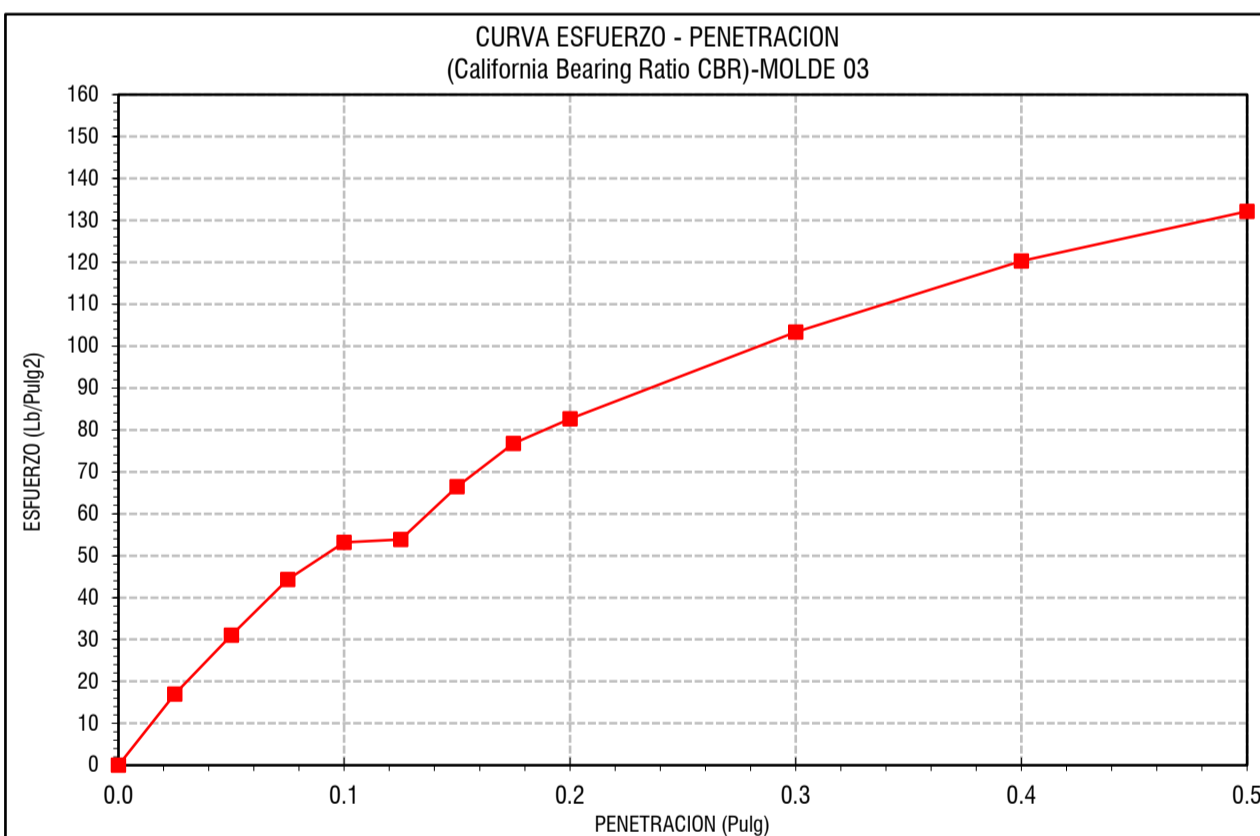
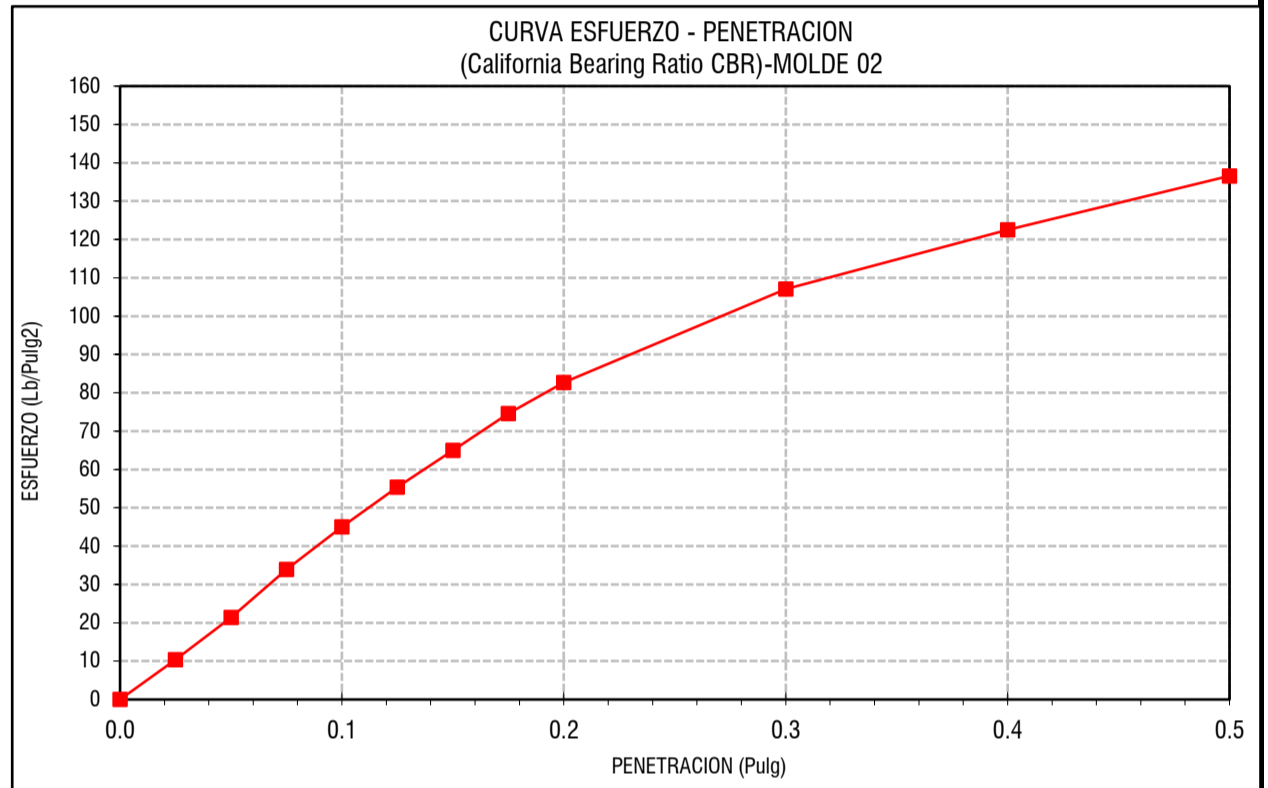
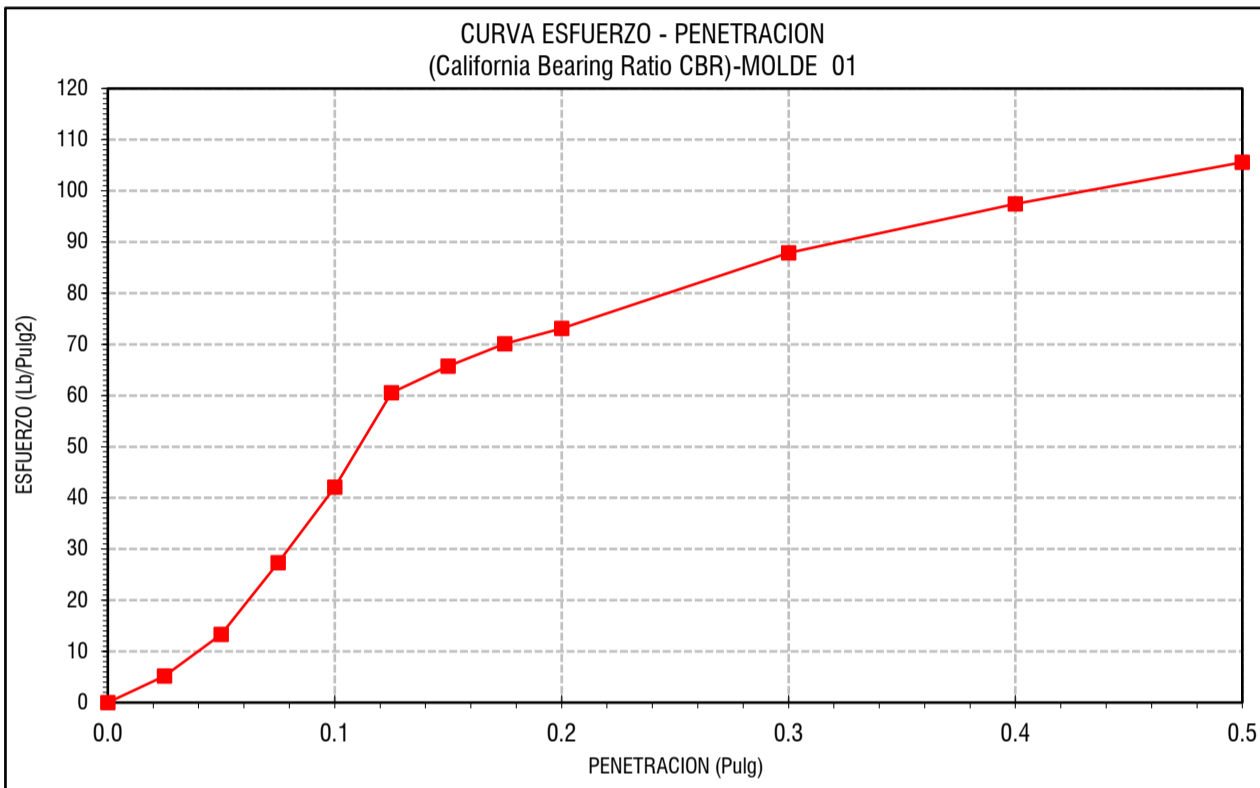
ASTM D 1883 Y AASHTO T 193

RESPONSABLE :
UBICACIÓN :
UBICACIÓN DE LA CALICATA :
CALICATA N° : C-2
PROFUNDIDAD :
FECHA :

MUESTRA M-1
0.00 m A 1.50 m
13/09/2021

ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN

COORDENADAS	
ESTE	761324.08
NORTE	9286412.16



(*) Valores Corregidos

MOLDE N°	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA CORREGIDA (Lb/pulg2)	PRESION PATRON (Lb/pulg2)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
MOLDE 01	0.1	42.08	1000	4.21	1.40
MOLDE 02	0.1	45.04	1000	4.50	1.45
MOLDE 03	0.1	53.16	1000	5.32	1.52

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (A.S.T.M. D 1557)		VALOR C.B.R. (A.S.T.M. D 1883)	
DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm3) :	1.51	C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. (0,1")=	4.32%
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMO (%) :	17.50	C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. (0,1")=	6.00%

OBSERVACIONES: PERIODO DE SUMERGIDO: 04 DIAS

Walter Manuel Vasquez Tapia
WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg. C.I.P. N° 214467
Ingeniero especialista

Aladino Sánchez Vásquez
Tecnista

Miguel Ángel Baza Tarrillo
Miguel Ángel BAZA TARRILLO
Ingeniero Civil
C.I.P. N° 37723
Asesor (a)



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

TESIS "INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE SUELOS ARCILLOSOS CHOTA"

CBR

ASTM D 1883 Y AASHTO T 193

RESPONSABLE :

ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ

UBICACIÓN :

DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA

UBICACIÓN DE LA CALICATA :

CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN

CALICATA N° : C-2

MUESTRA

M - 2

PROFUNDIDAD :

0.00 m A 1.50 m

FECHA :

30/09/2021

COORDENADAS

ESTE	761324.08
NORTE	9286412.16

COMPACTACION C B R

NUMERO MOLDE	1		2		3	
	Altura Molde (mm)	177	177	177	177	177
N° Capas	5		5		5	
N°Golpes x Capa	12		25		56	
Condición de Muestra	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES
P. Húmedo + Molde (gr)	10875.0	11869.0	10946.0	11980.0	11443.0	12200.0
Peso Molde (gr)	7965.0	7965.0	7625.0	7625.0	7999.0	7999.0
Peso Húmedo (gr)	2910.0	3904.0	3321.0	4355.0	3444.0	4201.0
Volumen del Molde (cm ³)	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.373	1.843	1.567	2.055	1.625	1.983

CONTENIDO DE HUMEDAD

Número de Ensayo	8	4	110	12	7	115	13	10	114
P.Húmedo + Tara (gr)	114.00	111.66	123.70	111.30	120.59	120.42	126.90	109.71	84.88
Peso Seco + Tara (gr)	103.53	101.06	92.23	101.50	109.86	93.18	114.54	99.72	69.66
Peso Agua (gr)	10.47	10.60	31.47	9.80	10.73	27.24	12.36	9.99	15.22
Peso Tara (gr)	27.85	27.11	25.41	28.60	28.41	24.66	28.75	28.63	21.74
P. Muestra Seca (gr)	75.68	73.95	66.82	72.90	81.45	68.52	85.79	71.09	47.92
Contenido de Humedad (%)	13.83%	14.33%	47.10%	13.44%	13.17%	39.75%	14.41%	14.05%	31.76%
C.Humedad Promedio (%)	14.08%		47.10%	13.31%		39.75%	14.23%		31.76%
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.204		1.253	1.383		1.471	1.423		1.505

ENSAYO DE HINCHAMIENTO

TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE N° 1			NUMERO DE MOLDE N° 2			NUMERO DE MOLDE N° 3		
(Hs)	(Días)	LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO	
			(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	1.040	26.416	14.92	3.770	95.758	54.10	0.580	14.732	8.32
48	2	1.060	26.924	15.21	3.810	96.774	54.67	0.600	15.240	8.61
72	3	1.080	27.432	15.50	3.830	97.282	54.96	1.080	27.432	15.50
96	4	1.090	27.686	15.64	3.840	97.536	55.11	1.620	41.148	23.25

ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
(mm)	(pulg)	CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO	
			(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	41.00	2.12	30.27	84.00	4.34	62.02	164.00	8.48	121.08
1.27	0.050	78.00	4.03	57.59	176.00	9.10	129.94	285.00	14.73	210.41
1.91	0.075	103.00	5.32	76.04	233.00	12.04	172.02	406.00	20.98	299.74
2.54	0.100	113.00	5.84	83.43	247.00	12.76	182.36	487.00	25.17	359.54
3.18	0.125	132.00	6.82	97.45	281.00	14.52	207.46	533.00	27.55	393.50
3.81	0.150	144.00	7.44	106.31	300.00	15.50	221.48	554.00	28.63	409.01
4.45	0.175	155.00	8.01	114.43	312.00	16.12	230.34	559.00	28.89	412.70
5.08	0.200	165.00	8.53	121.82	324.00	16.74	239.20	560.00	28.94	413.44
7.62	0.300	200.00	10.34	147.66	350.00	18.09	258.40	563.00	29.10	415.65
10.16	0.400	220.00	11.37	162.42	387.00	20.00	285.71	576.00	29.77	425.25
12.70	0.500	238.00	12.30	175.71	407.00	21.03	300.48	605.00	31.27	446.66

WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.C.I.P. N° 214467
Ingeniero especialista

Tesisista

Asesor (a)



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

TESIS "INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE SUELOS ARCILLOSOS CHOTA"

CBR

ASTM D 1883 Y AASHTO T 193

RESPONSABLE :

UBICACIÓN :

UBICACIÓN DE LA CALICATA :

CALICATA N° : C-2

PROFUNDIDAD :

FECHA :

MUESTRA

0.00 m A 1.50 m

30/09/2021

M - 2

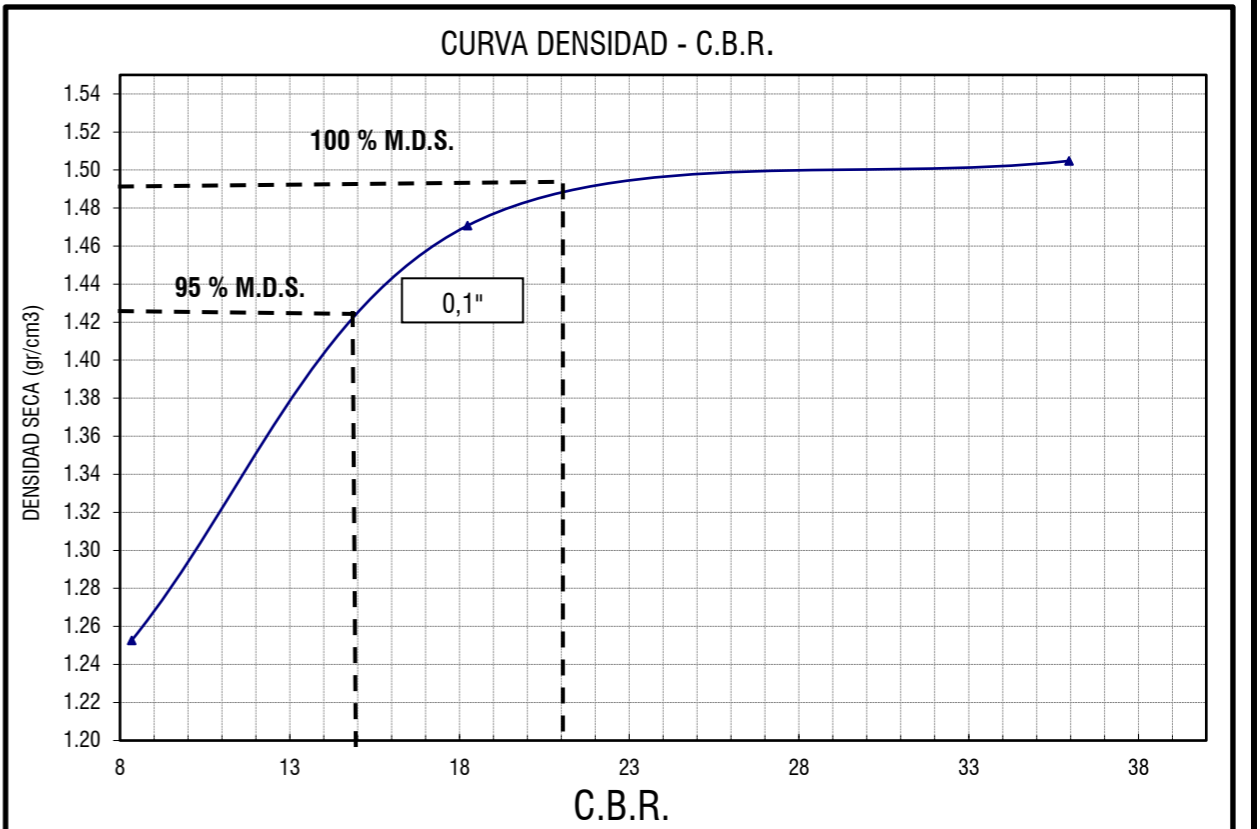
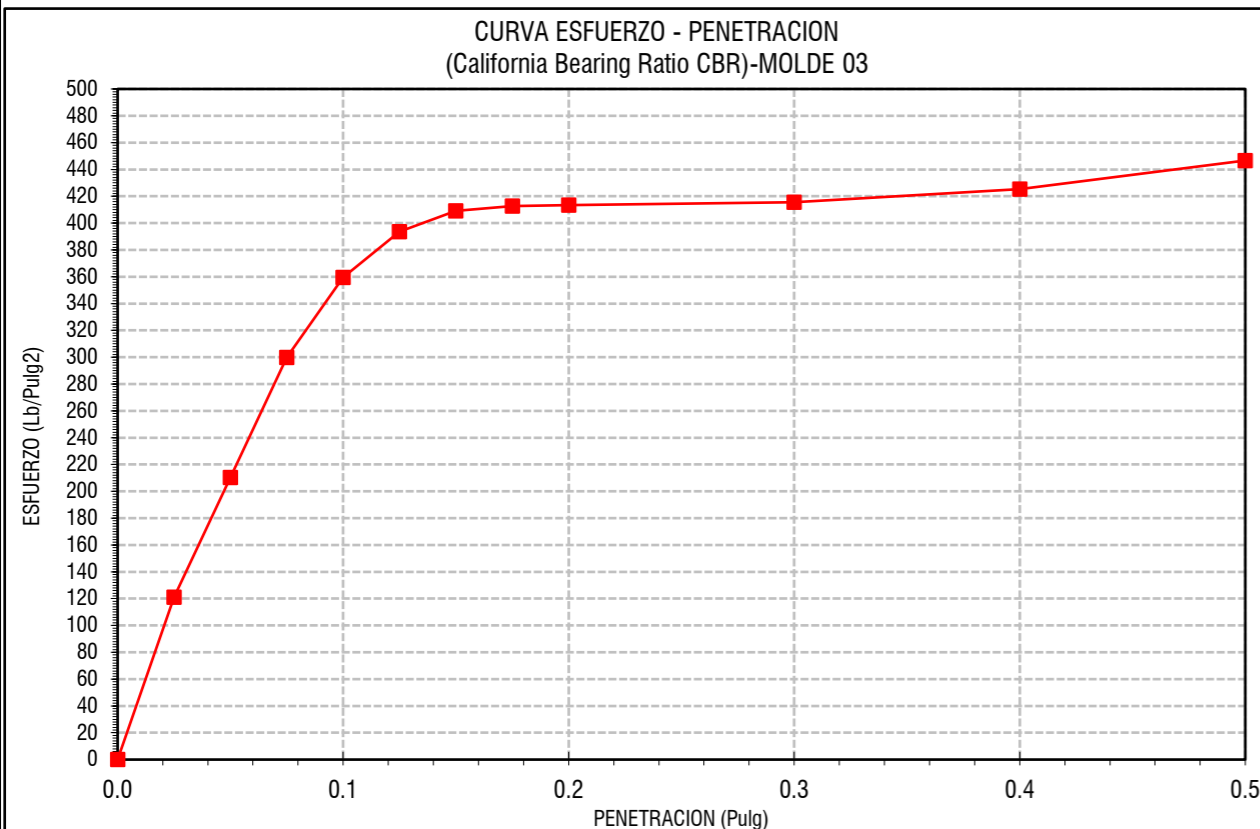
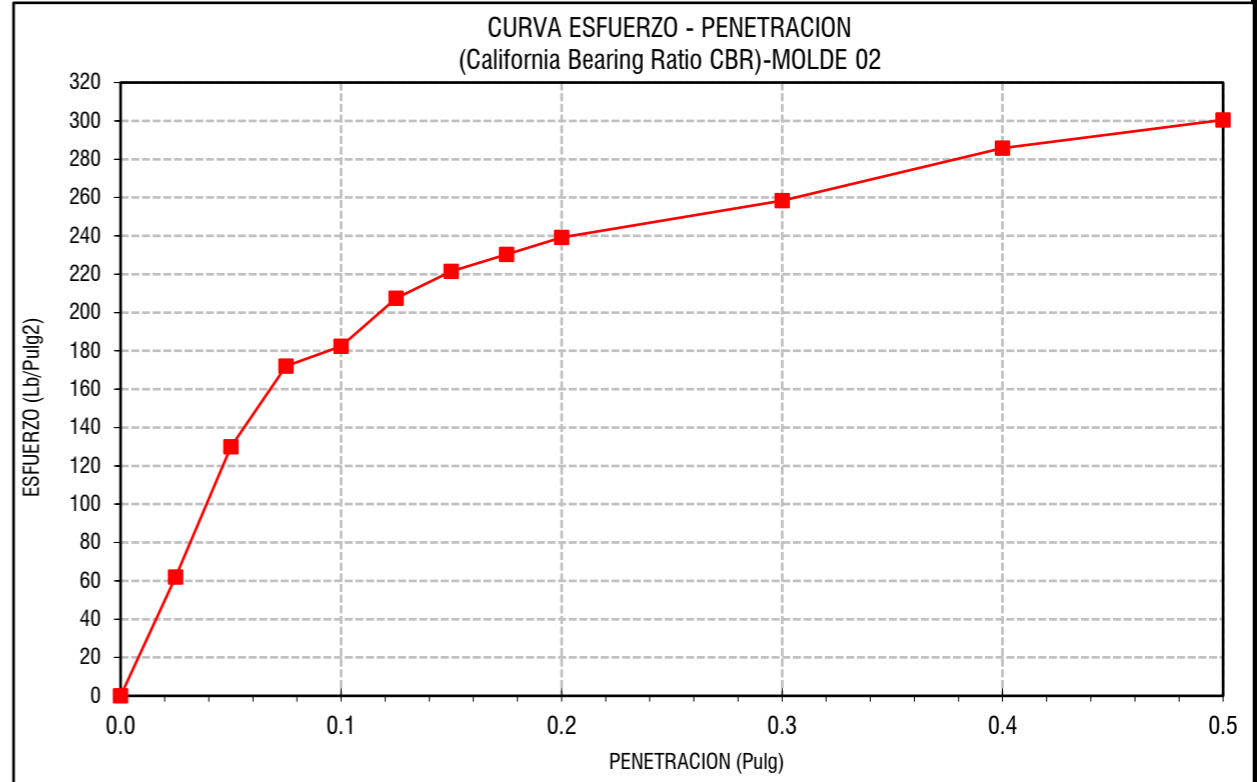
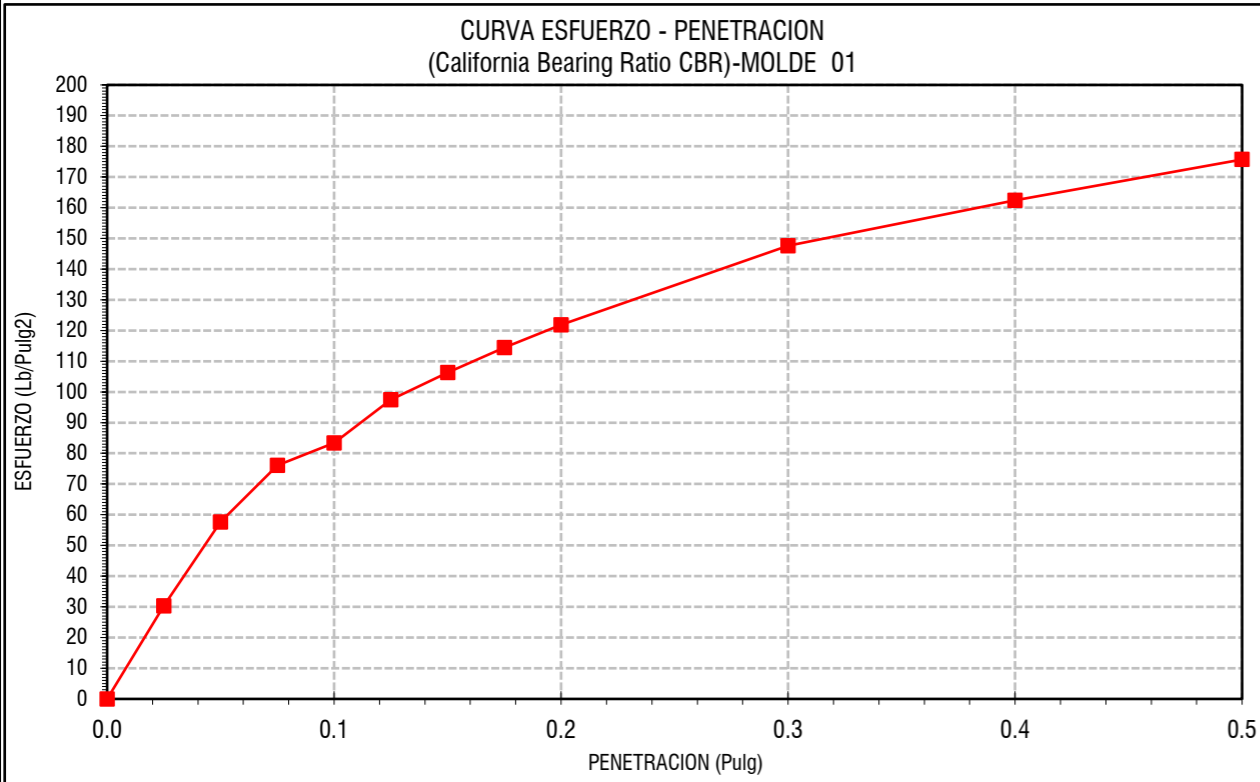
ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ

DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA

CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN

COORDENADAS

ESTE	761324.08
NORTE	9286412.16



(*) Valores Corregidos

MOLDE N°	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA CORREGIDA (Lb/pulg2)	PRESION PATRON (Lb/pulg2)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
MOLDE 01	0.1	83.43	1000	8.34	1.25
MOLDE 02	0.1	182.36	1000	18.24	1.47
MOLDE 03	0.1	359.54	1000	35.95	1.50

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (A.S.T.M. D 1557)

VALOR C.B.R. (A.S.T.M. D 1883)

DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm3) :	1.49	C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. (0,1")=	15.00%
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMO (%) :	17.20	C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. (0,1")=	21.00%

OBSERVACIONES: PERIODO DE SUMERGIDO: 04 DIAS

Walter Manuel Vasquez Tapia
WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg. CIP. N° 214467
Ingeniero especialista

Aladino Sánchez Vásquez
Tesisista

Miguel Ángel Tarrillo
Miguel Ángel TARRILLO
Ingeniero Civil
CIP 157758
Asesor (a)



CBR

ASTM D 1883 Y AASHTO T 193

RESPONSABLE :

ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ

UBICACIÓN :

DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA

UBICACIÓN DE LA CALICATA :

CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN

CALICATA N° : C-2

MUESTRA

M-3

PROFUNDIDAD :

0.00 m A 1.50 m

FECHA :

30/09/2021

COORDENADAS

ESTE

761324.08

NORTE

9286412.16

COMPACTACION C B R

NUMERO MOLDE	1		2		3			
Altura Molde (mm)	177		177		177			
N° Capas	5		5		5			
N°Golpes x Capa	12		25		56			
Condición de Muestra	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES		ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	
P. Húmedo + Molde (gr)	10572.0		11493.0		10786.0		11625.0	
Peso Molde (gr)	7464.0		7464.0		7532.0		7532.0	
Peso Húmedo (gr)	3108.0		4029.0		3254.0		4093.0	
Volumen del Molde (cm ³)	2118.80		2118.80		2118.80		2118.80	
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.467		1.902		1.536		1.932	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Número de Ensayo	112	105	106	109	113	102	107	104	109	
P.Húmedo + Tara (gr)	67.10	50.46	95.30	58.50	60.87	98.49	68.41	70.57	121.80	
Peso Seco + Tara (gr)	60.62	46.30	72.78	53.37	55.33	77.62	61.76	63.54	97.39	
Peso Agua (gr)	6.48	4.16	22.52	5.13	5.54	20.87	6.65	7.03	24.41	
Peso Tara (gr)	24.02	22.38	22.53	22.41	24.02	23.85	23.87	22.20	22.42	
P. Muestra Seca (gr)	36.60	23.92	50.25	30.96	31.31	53.77	37.89	41.34	74.97	
Contenido de Humedad (%)	17.70%	17.39%	44.82%	16.57%	17.69%	38.81%	17.55%	17.01%	32.56%	
C.Humedad Promedio (%)	17.55%		44.82%		17.13%		38.81%		17.28%	
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.248		1.313		1.311		1.392		1.419	

ENSAYO DE HINCHAMIENTO

TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE N° 1			NUMERO DE MOLDE N° 2			NUMERO DE MOLDE N° 3		
(Hs)	(Dias)	LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO	
			(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	0.610	15.494	8.75	0.500	12.700	7.18	0.510	12.954	7.32
48	2	0.620	15.748	8.90	0.520	13.208	7.46	0.570	14.478	8.18
72	3	0.630	16.002	9.04	0.540	13.716	7.75	0.590	14.986	8.47
96	4	0.640	16.256	9.18	0.550	13.970	7.89	0.590	14.986	8.47

ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
(mm)	(pulg)	CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO	
			(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	39.00	2.02	28.79	54.00	2.79	39.87	87.00	4.50	64.23
1.27	0.050	85.00	4.39	62.75	142.00	7.34	104.84	220.00	11.37	162.42
1.91	0.075	118.00	6.10	87.12	242.00	12.51	178.66	358.00	18.50	264.30
2.54	0.100	134.00	6.93	98.93	309.00	15.97	228.13	438.00	22.64	323.37
3.18	0.125	145.00	7.49	107.05	352.00	18.19	259.87	567.00	29.30	418.60
3.81	0.150	157.00	8.11	115.91	381.00	19.69	281.28	614.00	31.73	453.30
4.45	0.175	164.00	8.48	121.08	403.00	20.83	297.53	621.00	32.09	458.47
5.08	0.200	174.00	8.99	128.46	421.00	21.76	310.82	627.00	32.40	462.90
7.62	0.300	208.00	10.75	153.56	470.00	24.29	346.99	627.00	32.40	462.90
10.16	0.400	228.00	11.78	168.33	502.00	25.94	370.62	675.00	34.88	498.34
12.70	0.500	247.00	12.76	182.36	534.00	27.60	394.24	741.00	38.29	547.07

WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.CIP. N° 214467
Ingeniero especialista

Tesisista

Miguel Ángel TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP 27752
Asesor (a)



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

TESIS "INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE SUELOS ARCILLOSOS CHOTA"

CBR

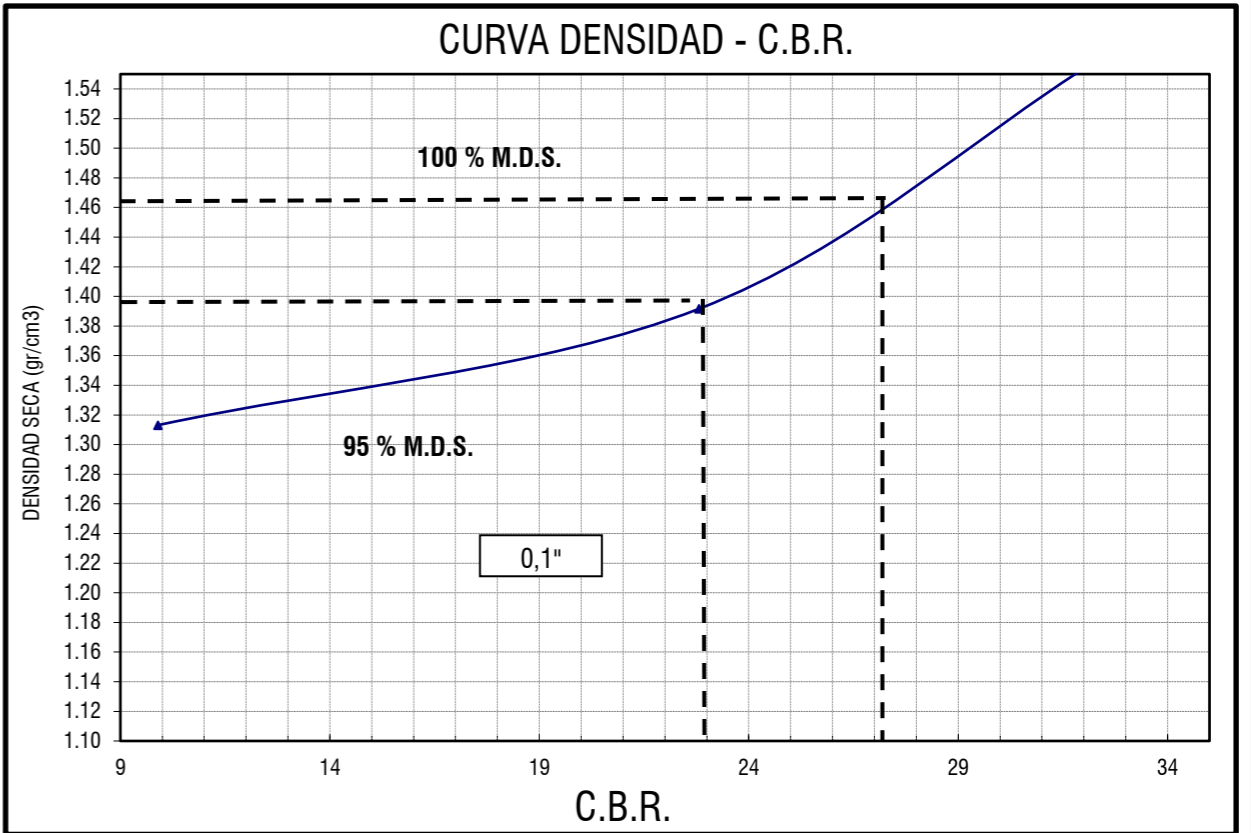
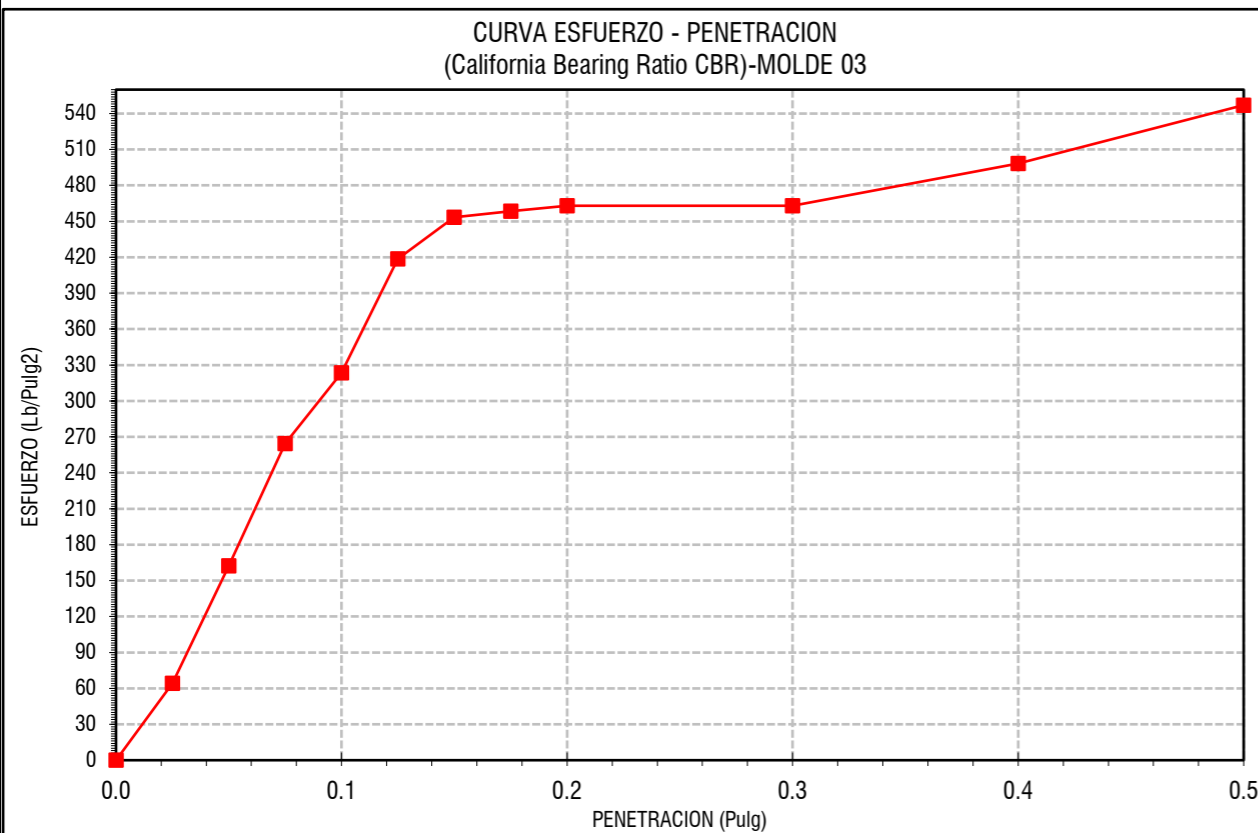
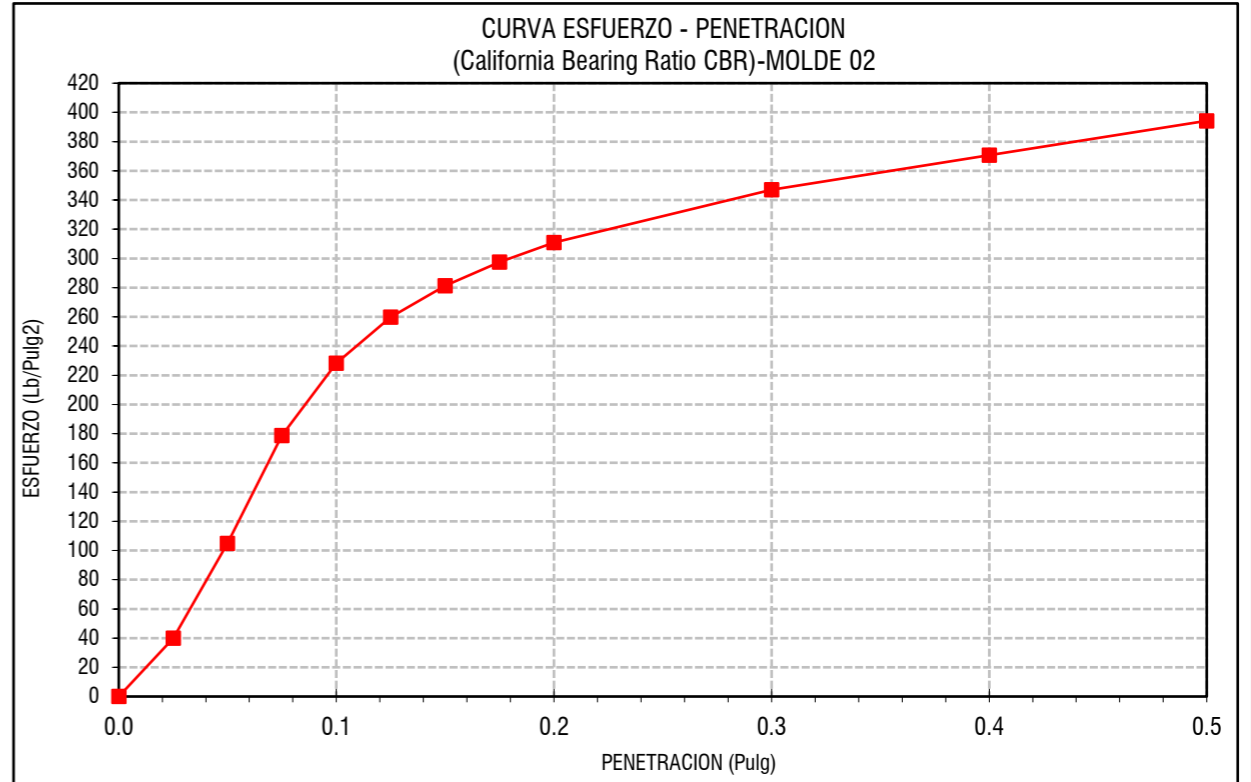
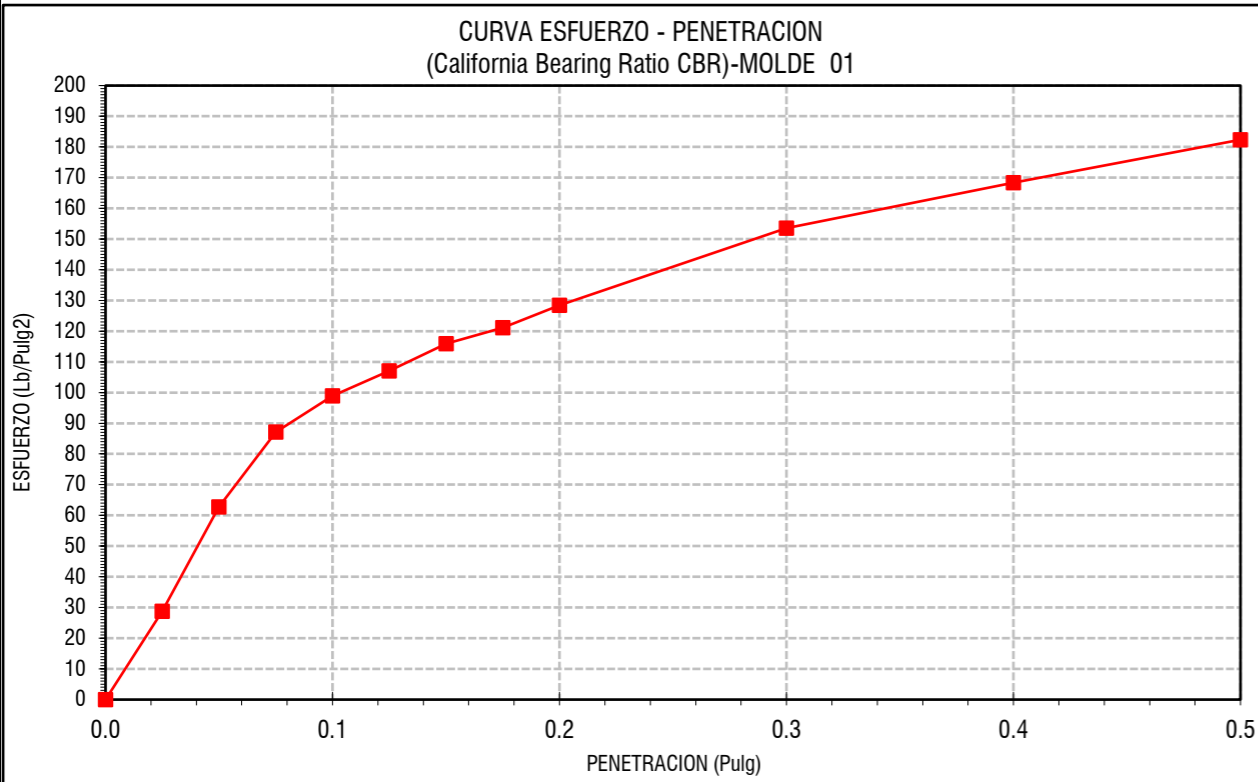
ASTM D 1883 Y AASHTO T 193

RESPONSABLE :
UBICACIÓN :
UBICACIÓN DE LA CALICATA :
CALICATA N° : C-2
PROFUNDIDAD :
FECHA :

MUESTRA M - 3
0.00 m A 1.50 m
30/09/2021

ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN

COORDENADAS	
ESTE	761324.08
NORTE	9286412.16



(*) Valores Corregidos

MOLDE N°	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA CORREGIDA (Lb/pulg2)	PRESION PATRON (Lb/pulg2)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
MOLDE 01	0.1	98.93	1000	9.89	1.31
MOLDE 02	0.1	228.13	1000	22.81	1.39
MOLDE 03	0.1	323.37	1000	32.34	1.56

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (A.S.T.M. D 1557)

VALOR C.B.R. (A.S.T.M. D 1883)

DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm3) :	1.46	C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. (0,1")=	23.00%
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMO (%) :	17.00	C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. (0,1")=	27.00%

OBSERVACIONES: PERIODO DE SUMERGIDO: 04 DIAS

Walter Manuel Vasquez Tapia
WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg. C.I.P. N° 214467
Ingeniero especialista

Aladino Sánchez Vásquez
Aladino Sánchez Vásquez
Testista

Miguel Absalón Tarrillo
Miguel Absalón TARRILLO
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 27763
Asesor (a)



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

TESIS "INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE SUELOS ARCILLOSOS CHOTA"

CBR

ASTM D 1883 Y AASHTO T 193

RESPONSABLE :

ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ

UBICACIÓN :

DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA

UBICACIÓN DE LA CALICATA :

CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN

CALICATA N° : C-2

MUESTRA

M - 4

PROFUNDIDAD :

0.00 m A 1.50 m

FECHA :

30/09/2021

COORDENADAS

ESTE	761324.08
NORTE	9286412.16

COMPACTACION C B R

NUMERO MOLDE	4	5	6			
Altura Molde (mm)	177	177	177			
N° Capas	5	5	5			
N°Golpes x Capa	12	25	56			
Condición de Muestra	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES
P. Húmedo + Molde (gr)	10950.0	11595.0	10920.0	11552.0	11540.0	12000.0
Peso Molde (gr)	7464.0	7464.0	7532.0	7532.0	7491.0	7491.0
Peso Húmedo (gr)	3486.0	4131.0	3388.0	4020.0	4049.0	4509.0
Volumen del Molde (cm ³)	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.645	1.950	1.599	1.897	1.911	2.128

CONTENIDO DE HUMEDAD

Número de Ensayo	8	105	114	103	104	112	109	113	104
P.Húmedo + Tara (gr)	75.24	81.68	94.64	112.89	106.08	106.20	82.80	58.06	102.41
Peso Seco + Tara (gr)	68.47	73.82	72.83	100.48	94.84	83.93	74.90	54.20	85.06
Peso Agua (gr)	6.77	7.86	21.81	12.41	11.24	22.27	7.90	3.86	17.35
Peso Tara (gr)	27.86	26.05	21.74	27.39	29.42	24.02	27.11	28.77	22.20
P. Muestra Seca (gr)	40.61	47.77	51.09	73.09	65.42	59.91	47.79	25.43	62.86
Contenido de Humedad (%)	16.67%	16.45%	42.69%	16.98%	17.18%	37.17%	16.53%	15.18%	27.60%
C.Humedad Promedio (%)	16.56%	42.69%	17.08%	37.17%	15.85%	27.60%			
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.411	1.366	1.366	1.383	1.649	1.668			

ENSAYO DE HINCHAMIENTO

TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE N° 1			NUMERO DE MOLDE N° 2			NUMERO DE MOLDE N° 3		
(Hs)	(Días)	LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
		DEFORM.	(mm)	(%)		DEFORM.	(mm)		(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	0.320	8.128	4.59	0.200	5.080	2.87	0.400	10.160	5.74
48	2	0.360	9.144	5.17	0.220	5.588	3.16	0.420	10.668	6.03
72	3	0.370	9.398	5.31	0.220	5.588	3.16	0.420	10.668	6.03
96	4	0.390	9.906	5.60	0.230	5.842	3.30	0.420	10.668	6.03

ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
(mm)	(pulg)	CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO	
			(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	41.00	2.12	30.27	23.00	1.19	16.98	137.00	7.08	101.14
1.27	0.050	104.00	5.37	76.78	95.00	4.91	70.14	275.00	14.21	203.03
1.91	0.075	185.00	9.56	136.58	168.00	8.68	124.03	453.00	23.41	334.44
2.54	0.100	245.00	12.66	180.88	341.00	17.62	251.75	608.00	31.42	448.87
3.18	0.125	289.00	14.94	213.36	362.00	18.71	267.26	719.00	37.16	530.82
3.81	0.150	315.00	16.28	232.56	371.00	19.17	273.90	795.00	41.09	586.93
4.45	0.175	334.00	17.26	246.59	432.00	22.33	318.94	809.00	41.81	597.27
5.08	0.200	351.00	18.14	259.14	445.00	23.00	328.53	820.00	42.38	605.39
7.62	0.300	410.00	21.19	302.69	650.00	33.59	479.88	833.00	43.05	614.99
10.16	0.400	444.00	22.95	327.80	724.00	37.42	534.51	853.00	44.08	629.75
12.70	0.500	481.00	24.86	355.11	774.00	40.00	571.43	853.00	44.08	629.75

WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.CIP. N° 214467
Ingeniero especialista

Tesisista

Asesor (a)



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

TESIS "INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE SUELOS ARCILLOSOS CHOTA"

CBR

ASTM D 1883 Y AASHTO T 193

RESPONSABLE :

ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ

UBICACIÓN :

DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA

UBICACIÓN DE LA CALICATA :

CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN

CALICATA N° : C-2

MUESTRA

M - 4

PROFUNDIDAD :

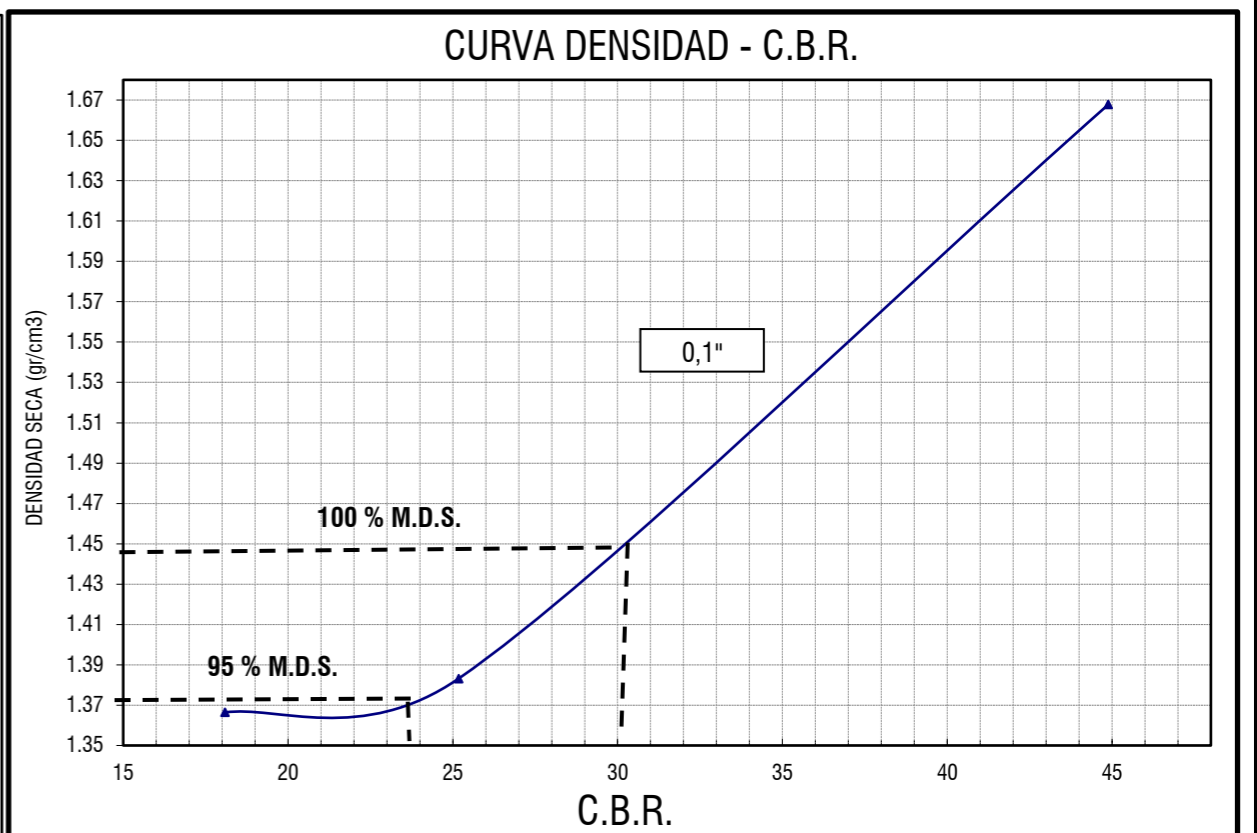
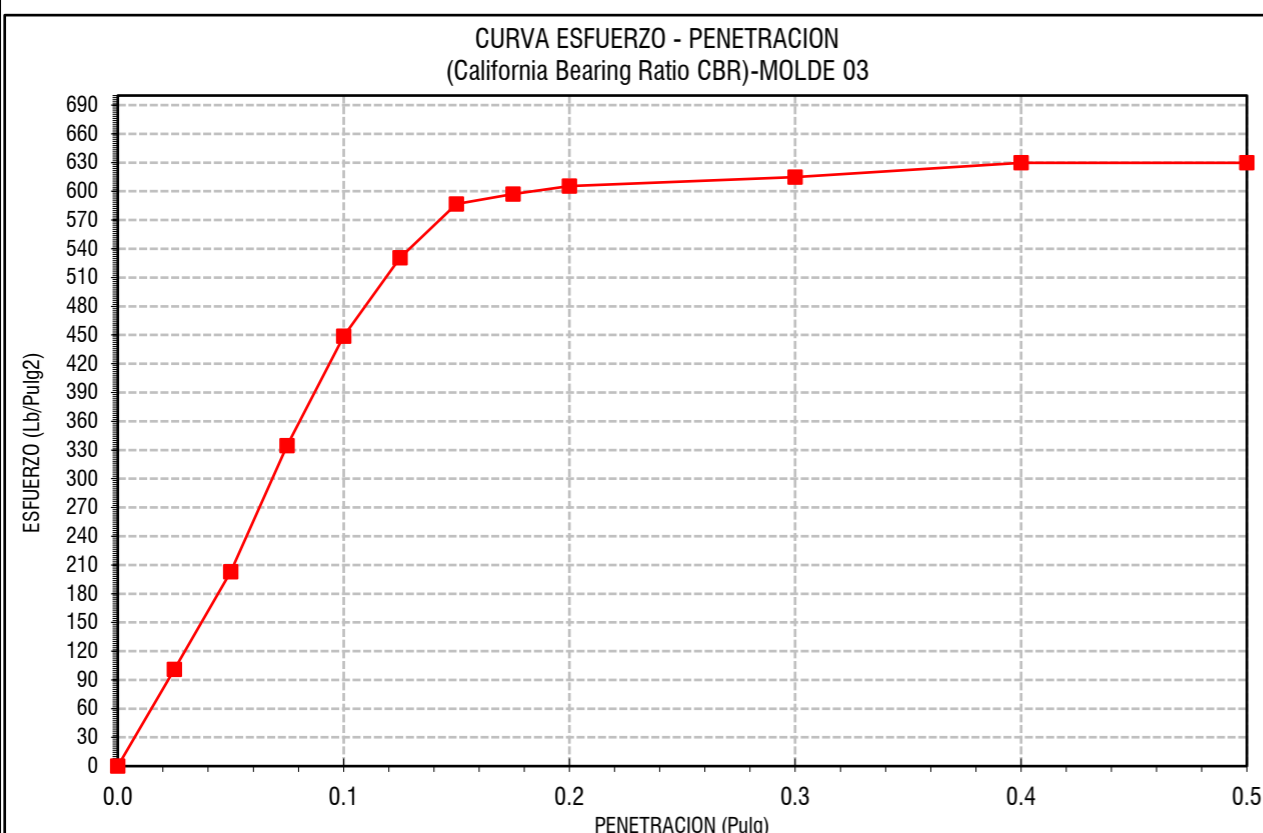
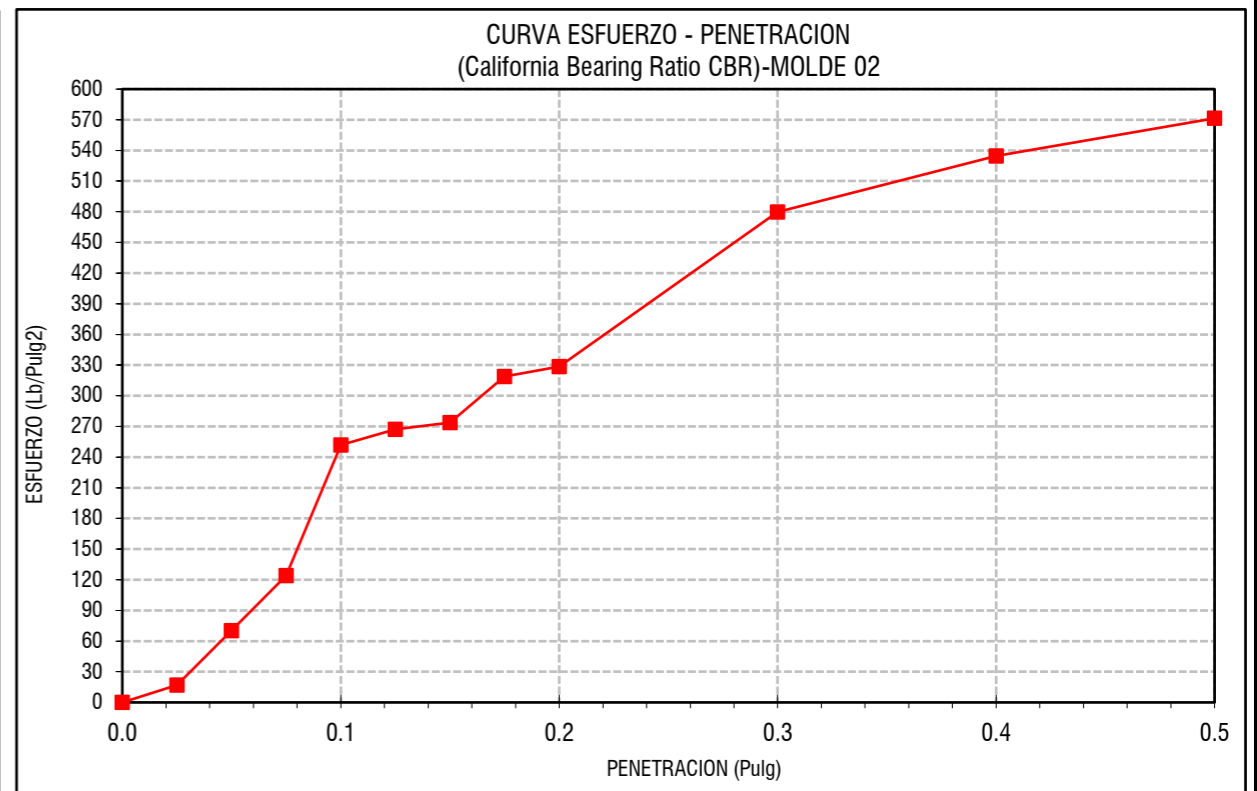
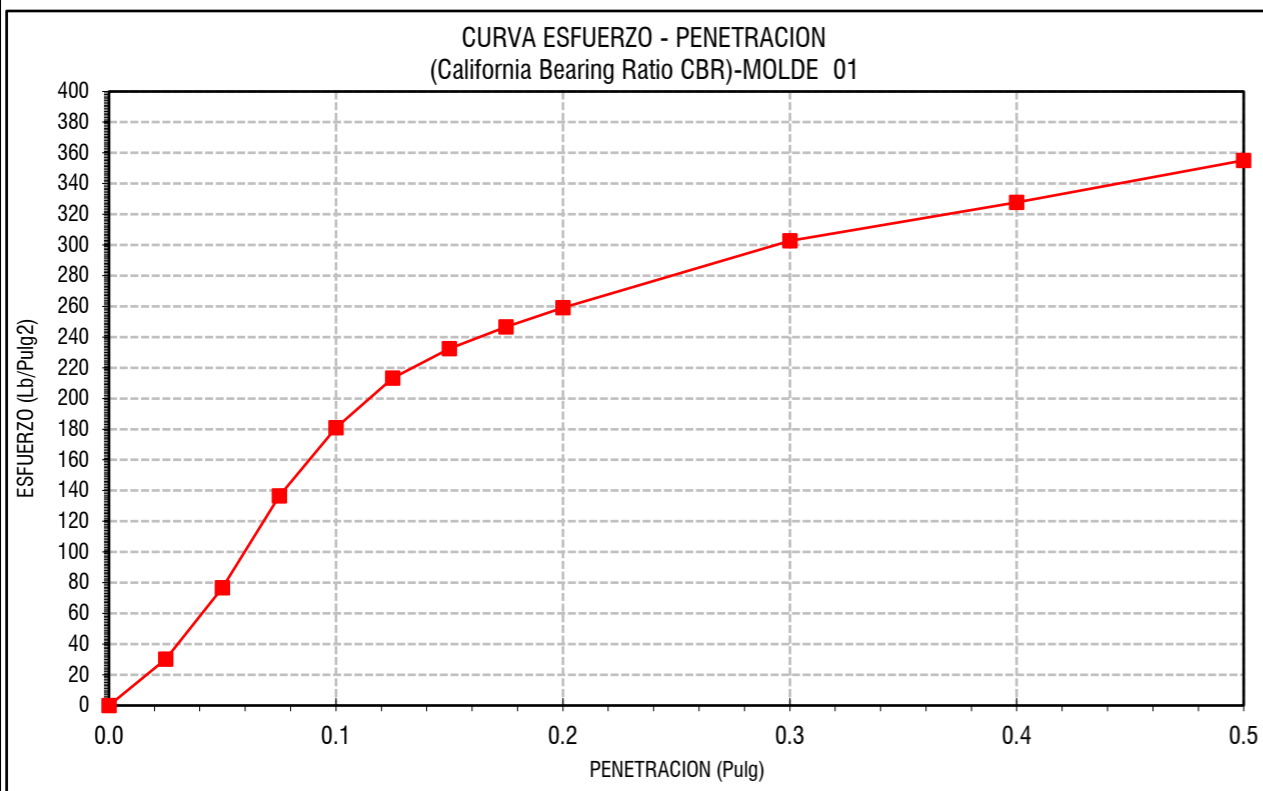
0.00 m A 1.50 m

FECHA :

30/09/2021

COORDENADAS

ESTE	761324.08
NORTE	9286412.16



(*) Valores Corregidos

MOLDE N°	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA CORREGIDA (Lb/pulg2)	PRESION PATRON (Lb/pulg2)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
MOLDE 01	0.1	180.88	1000	18.09	1.37
MOLDE 02	0.1	251.75	1000	25.18	1.38
MOLDE 03	0.1	448.87	1000	44.89	1.67

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (A.S.T.M. D 1557)

VALOR C.B.R. (A.S.T.M. D 1883)

DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm3) :	1.44	C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. (0,1")=	23.50%
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMO (%) :	16.20	C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. (0,1")=	30.00%

OBSERVACIONES: PERIODO DE SUMERGIDO: 04 DIAS

Manuel
WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg. CIP. N° 214467
Ingeniero especialista

Aladino
Aladino Sánchez Vásquez
Tesisista

Miguel
MIGUEL ANTONIO TARRILLO
INGENIERO EN INGENIERIA CIVIL
CIP. N° 27702
Asesor (a)



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

TESIS "INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE SUELOS ARCILLOSOS CHOTA"

CBR

ASTM D 1883 Y AASHTO T 193

RESPONSABLE :

ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ

UBICACIÓN :

DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA

UBICACIÓN DE LA CALICATA :

CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN

CALICATA N° : C-2

MUESTRA

M - 5

PROFUNDIDAD :

0.00 m A 1.50 m

FECHA :

05/10/2021

COORDENADAS

ESTE	761324.08
NORTE	9286412.16

COMPACTACION C B R

NUMERO MOLDE	3		1		2	
	Altura Molde (mm)	177	177	177	177	177
N° Capas	5	5	5	5	5	5
N°Golpes x Capa	12	12	25	25	25	25

Condición de Muestra	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES		ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	
	P. Húmedo + Molde (gr)	10874.0	11134.0	10809.0	11179.0	11173.0	11400.0	11400.0
Peso Molde (gr)	7964.0	7964.0	7532.0	7532.0	7491.0	7491.0	7491.0	
Peso Húmedo (gr)	2910.0	3170.0	3277.0	3647.0	3682.0	3909.0	3909.0	
Volumen del Molde (cm ³)	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80	
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.373	1.496	1.547	1.721	1.738	1.845	1.845	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Número de Ensayo	101	107	115	105	110	110	113	115	109
P.Húmedo + Tara (gr)	71.41	63.56	100.31	50.69	63.73	78.83	53.02	57.18	68.44
Peso Seco + Tara (gr)	63.80	57.50	92.41	46.46	58.04	70.24	48.69	52.24	59.50
Peso Agua (gr)	7.61	6.06	7.90	4.23	5.69	8.59	4.33	4.94	8.94
Peso Tara (gr)	24.73	23.88	24.68	22.39	25.44	25.43	24.02	24.67	22.42
P. Muestra Seca (gr)	39.07	33.62	67.73	24.07	32.60	44.81	24.67	27.57	37.08
Contenido de Humedad (%)	19.48%	18.02%	11.66%	17.57%	17.45%	19.17%	17.55%	17.92%	24.11%
C.Humedad Promedio (%)	18.75%		11.66%	17.51%		19.17%	17.73%		24.11%
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.157		1.340	1.316		1.444	1.476		1.487

ENSAYO DE HINCHAMIENTO

TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE N° 1			NUMERO DE MOLDE N° 2			NUMERO DE MOLDE N° 3		
(Hs)	(Dias)	LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO	
			(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	0.030	0.762	0.43	0.060	1.524	0.86	0.250	6.350	3.59
48	2	0.040	1.016	0.57	0.080	2.032	1.15	0.290	7.366	4.16
72	3	0.050	1.270	0.72	0.090	2.286	1.29	0.310	7.874	4.45
96	4	0.050	1.270	0.72	0.090	2.286	1.29	0.320	8.128	4.59

ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
(mm)	(pulg)	CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO	
			(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	56.00	2.89	41.34	127.00	6.56	93.76	198.00	10.23	146.18
1.27	0.050	114.00	5.89	84.16	250.00	12.92	184.57	386.00	19.95	284.98
1.91	0.075	180.00	9.30	132.89	393.00	20.31	290.14	606.00	31.32	447.40
2.54	0.100	204.00	10.54	150.61	549.00	28.37	405.32	774.00	40.00	571.43
3.18	0.125	264.00	13.64	194.91	566.00	29.25	417.87	908.00	46.93	670.36
3.81	0.150	300.00	15.50	221.48	625.00	32.30	461.42	950.00	49.10	701.37
4.45	0.175	360.00	18.60	265.78	657.00	33.95	485.05	1003.00	51.83	740.49
5.08	0.200	389.00	20.10	287.19	696.00	35.97	513.84	1003.00	51.83	740.49
7.62	0.300	595.00	30.75	439.28	799.00	41.29	589.89	1003.00	51.83	740.49
10.16	0.400	709.00	36.64	523.44	856.00	44.24	631.97	1003.00	51.83	740.49
12.70	0.500	811.00	41.91	598.74	907.00	46.87	669.62	1003.00	51.83	740.49

Walter
WALTER MANUEL VÁSQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.CIP. N° 214467
Ingeniero especialista

Aladino
Tesisista

Arbol
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 27728
Asesor (a)



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
UN SUEÑO HECHO REALIDAD!

TESIS "INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE SUELOS ARCILLOSOS CHOTA"

CBR

ASTM D 1883 Y AASHTO T 193

RESPONSABLE :

UBICACIÓN :

UBICACIÓN DE LA CALICATA :

CALICATA N° : C-2

PROFUNDIDAD :

FECHA :

MUESTRA

0.00 m A 1.50 m

05/10/2021

M - 5

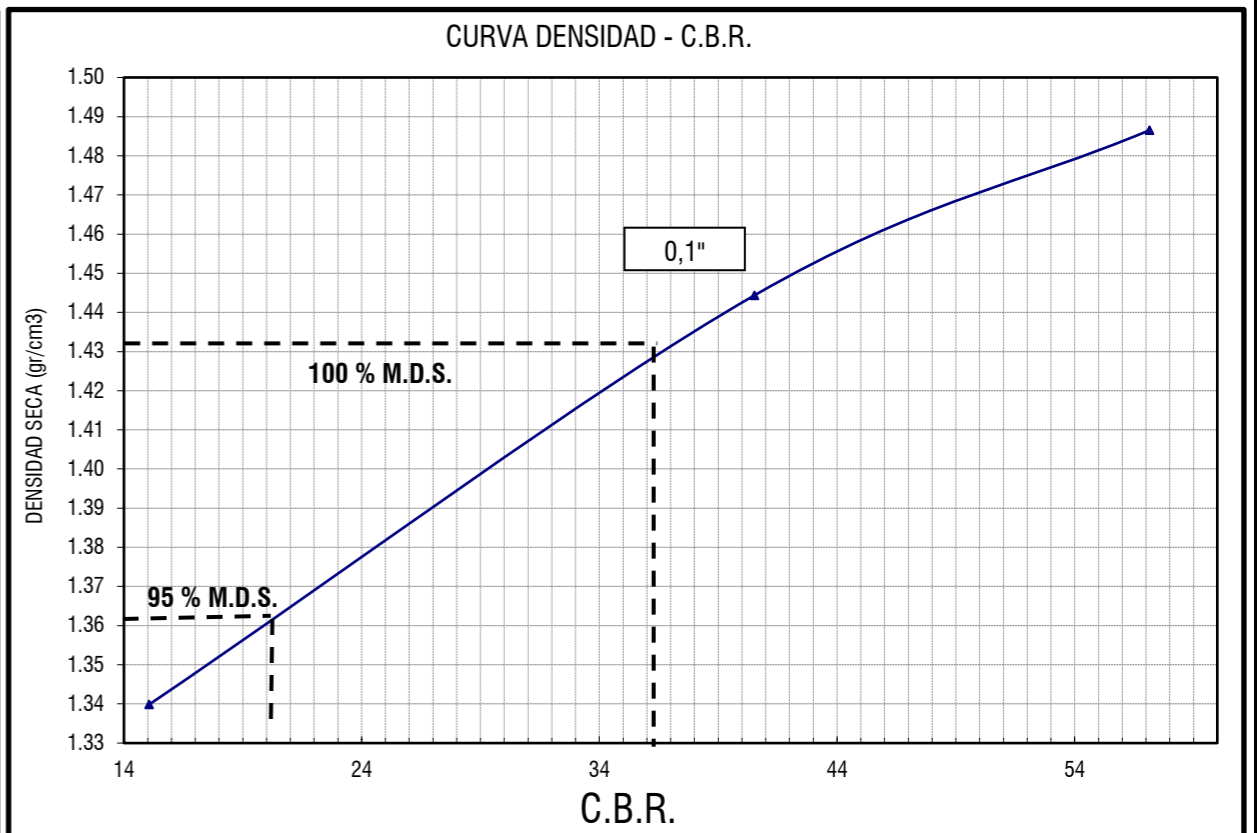
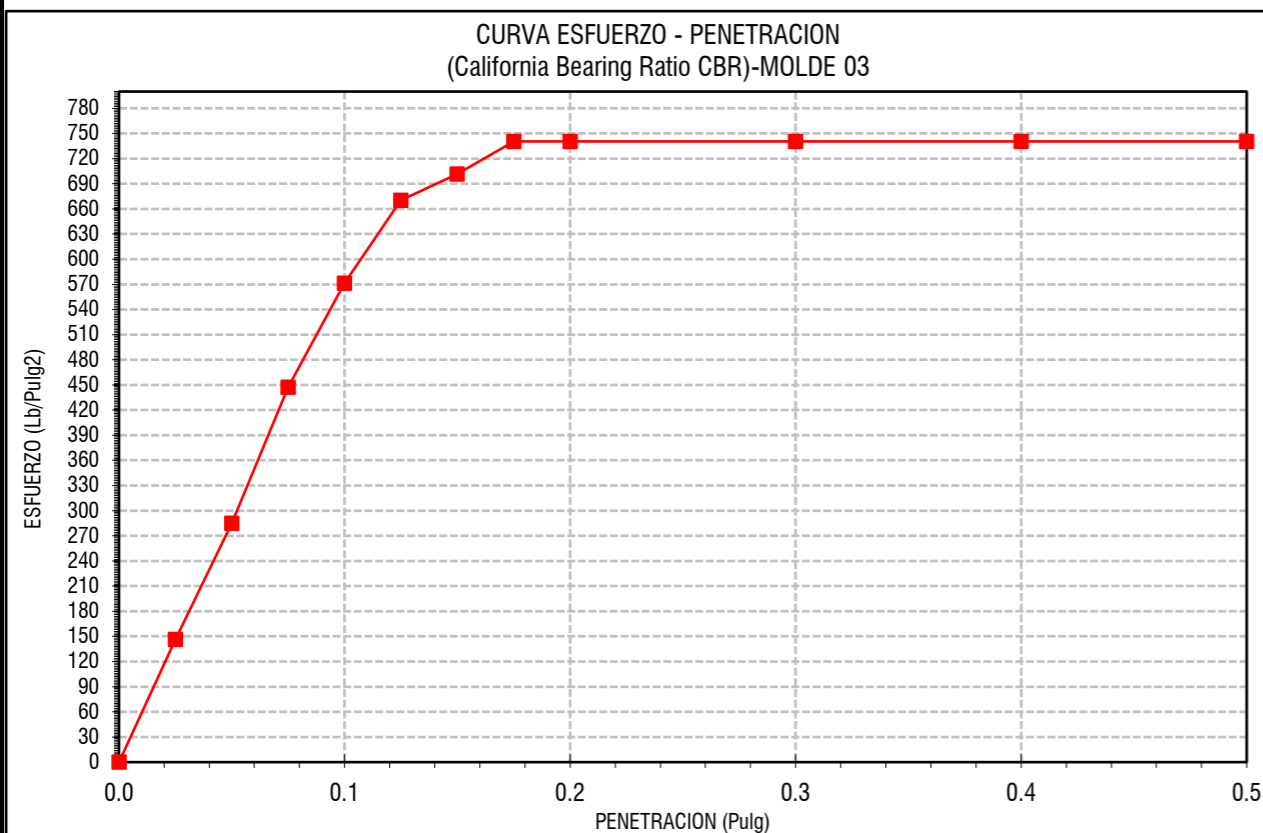
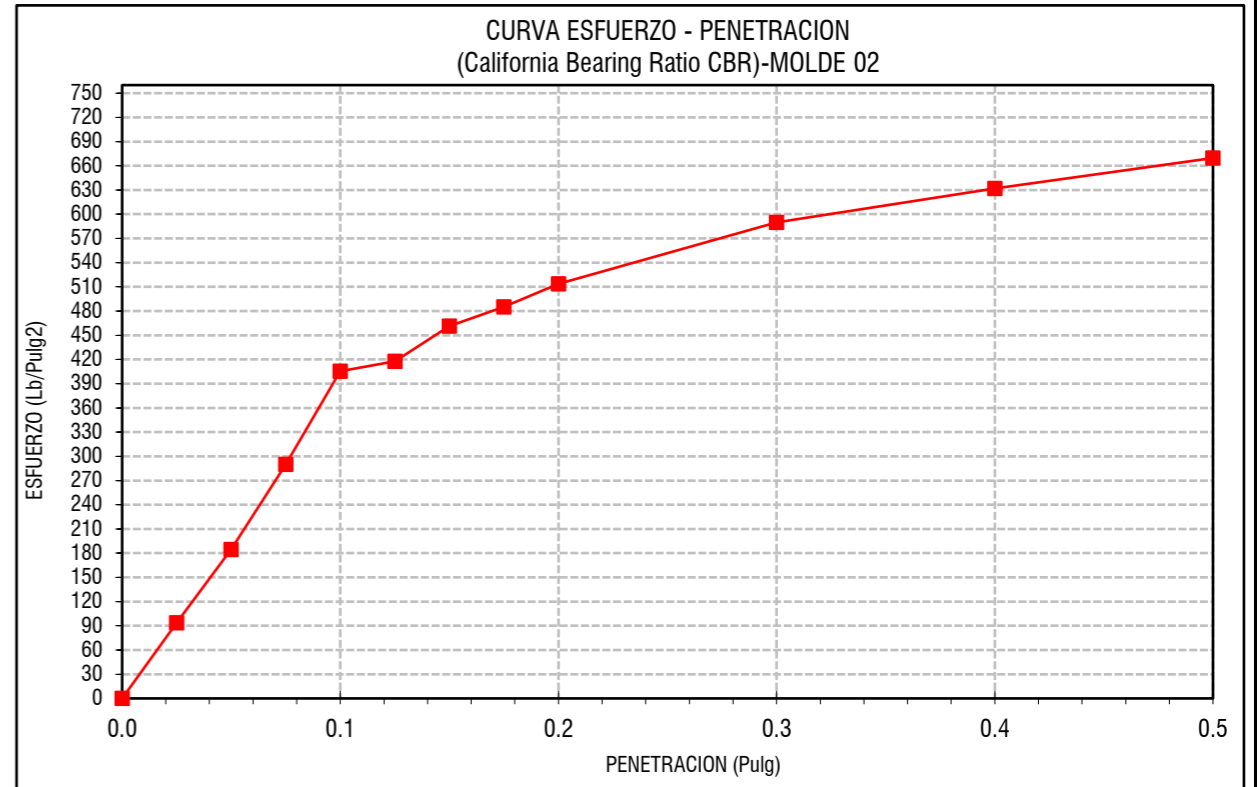
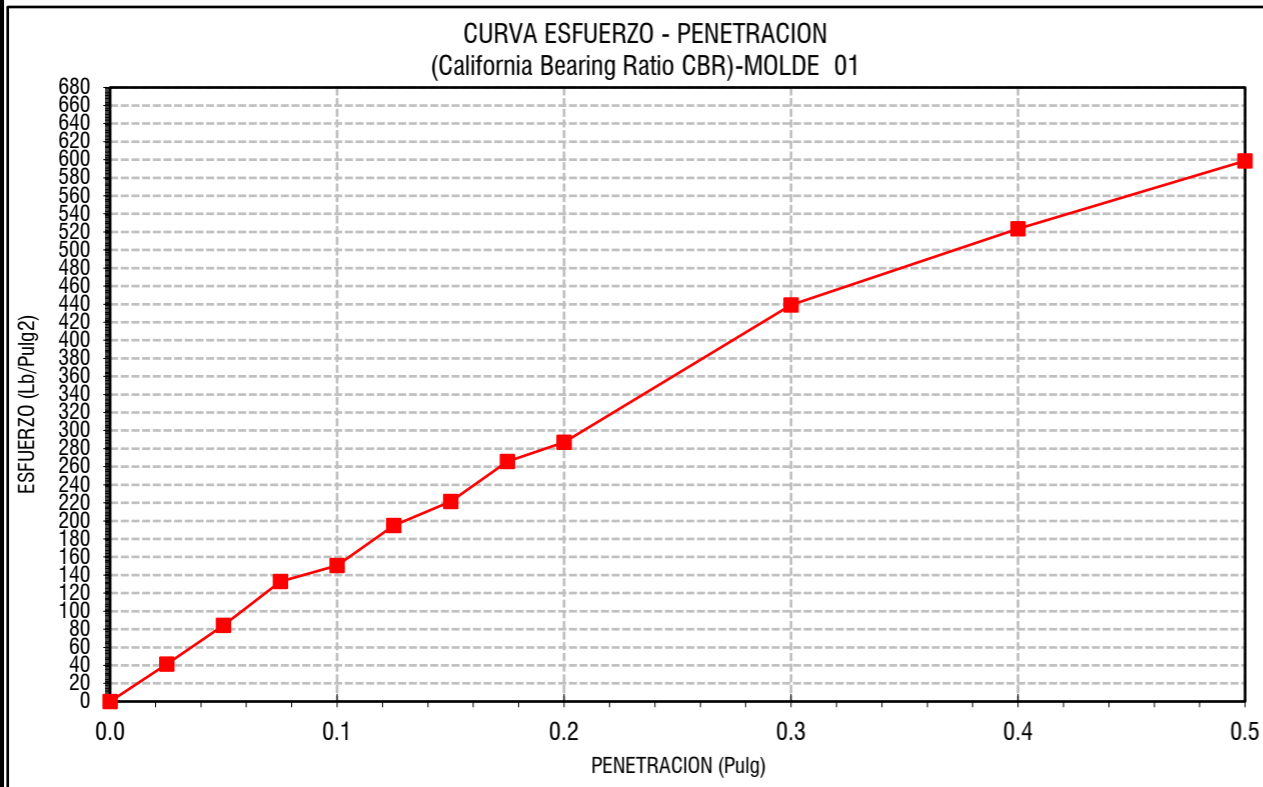
ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ

DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA

CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN

COORDENADAS

ESTE	761324.08
NORTE	9286412.16



(*) Valores Corregidos

MOLDE N°	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA CORREGIDA (Lb/pulg2)	PRESION PATRON (Lb/pulg2)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
MOLDE 01	0.1	150.61	1000	15.06	1.34
MOLDE 02	0.1	405.32	1000	40.53	1.44
MOLDE 03	0.1	571.43	1000	57.14	1.49

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (A.S.T.M. D 1557)

VALOR C.B.R. (A.S.T.M. D 1883)

DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm3) :	1.43	C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. (0,1")=	20.00%
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMO (%) :	17.60	C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. (0,1")=	36.00%

OBSERVACIONES:

PERIODO DE SUMERGIDO: 04 DIAS

Walter Manuel Vasquez Tapia
WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.CIP. N° 214467
Ingeniero especialista

Aladino Sánchez Vásquez
Testista

Miguel Ángel Escobar Tarrillo
Miguel Ángel ESCOBAR TARRILLO
Ingeniero Civil
CIP 157762
Asesor (a)



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

TESIS "INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL EN EL
MEJORAMIENTO DEL CBR DE SUELOS ARCILLOSOS CHOTA"

CONTENIDO DE HUMEDAD

A.S.T.M. D 2216

RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN DE CALICATA: KM+09+000 CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
CALICATA N° : C-3 **MUESTRA:** M-1
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m
FECHA : 22 DE JULIO DEL 2021

CONTENIDO DE HUMEDAD

TARA N°	1	2	3
<i>Wt + M. Húmeda</i>	100.90	99.70	88.70
<i>Wt + M. Seca</i>	80.80	80.00	71.50
<i>W agua</i>	20.10	19.70	17.20
<i>W tara</i>	23.90	23.60	23.70
<i>W M. Seca</i>	56.90	56.40	47.80
<i>W(%)</i>	35.33	34.93	35.98
<i>W(%) PROMEDIO</i>	35.41		

COORDENADAS UTM

ESTE	760923.06
NORTE	9286537.04

TEMPERATURA DE SECADO

PREPARACIÓN DE MUESTRA

60 °C	110 °C
-------	--------


WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.CIP. N° 214467

Ingeniero especialista



Tesista


Miguel Ángel ELVA TARRILLO
Ingeniero Civil
CIP 157722

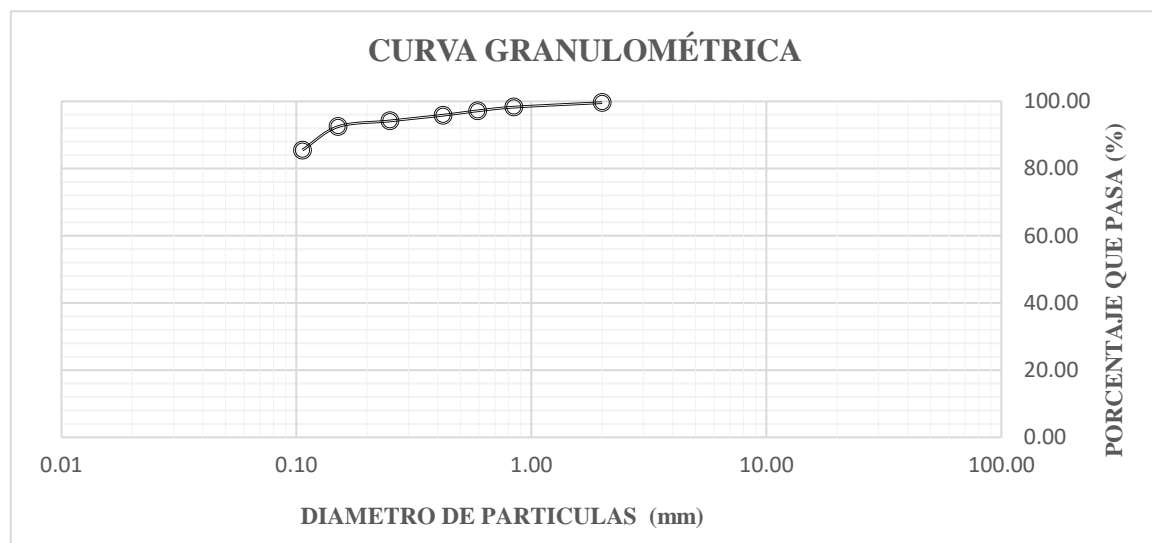
Asesor (a)



GRANULOMETRIA
ASTM D421

RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN: CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
MUESTRA: M-1
FECHA : 27 DE JULIO DE 2021

Wms	500	GRAMOS			
Malla	Malla (mm)	P.R.P	% R.P	% R.A	% P. PASA
N° 10	2.00	1.90	0.38	0.38	99.62
N° 20	0.84	6.70	1.34	1.72	98.28
N°30	0.59	5.50	1.10	2.82	97.18
N° 40	0.42	6.50	1.30	4.12	95.88
N° 60	0.25	8.50	1.70	5.82	94.18
N° 100	0.15	8.60	1.72	7.54	92.46
N° 200	0.11	34.90	6.98	14.52	85.48
CASOLETA	.....	427.40	85.48	100.00	0.00



Walter
WALTER MANUEL VÁSQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.CIP. N° 214467

Ingeniero especialista

Aladino

Tesista

Miguel Ángel
Miguel Ángel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP 157782

Asesor (a)



**LÍMITES DE ATTERBERG
A.S.T.M. D 4318**

RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN DE CALICATA: KM+09+000 CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
CALICATA N° : C-3 **MUESTRA:** M-1
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m
FECHA : 29 DE JULIO DEL 2021

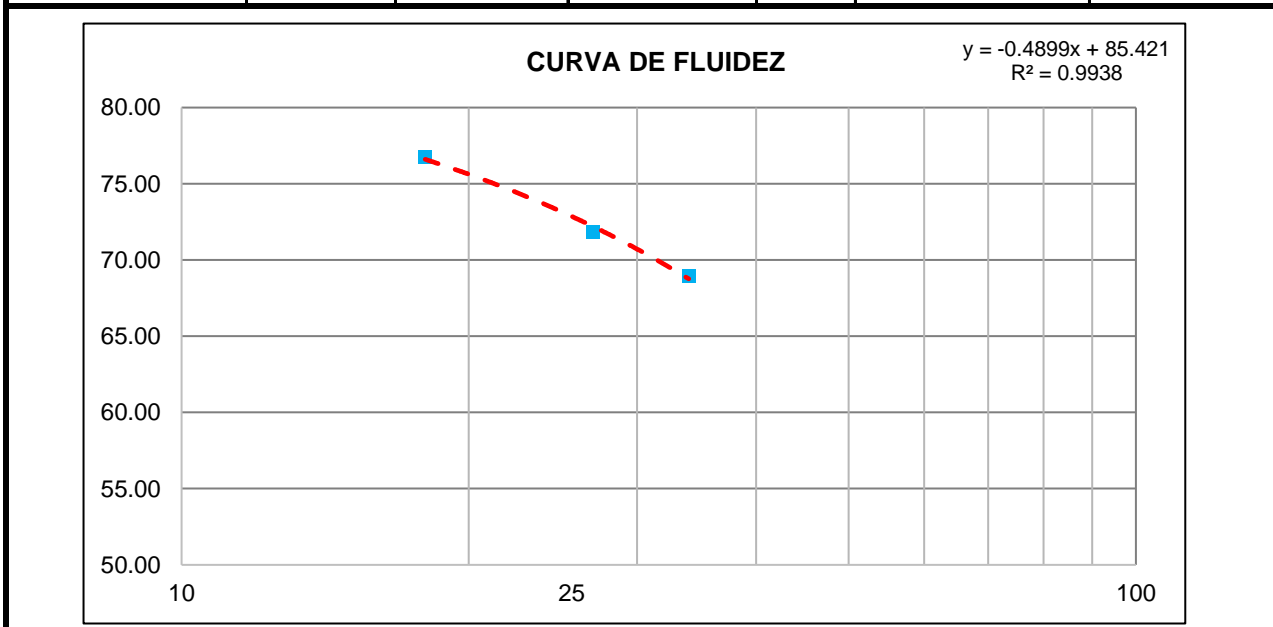
COORDENADAS UTM	
ESTE	760923.06
NORTE	9286537.04

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	1	2	3
Wt + M. Húmeda	32.12	29.23	29.13
Wt + M. Seca	28.52	26.96	26.93
W agua	3.6	2.27	2.2
W tara	23.83	23.8	23.74
W M. Seca	4.69	3.16	3.19
W(%)	76.76	71.84	68.97
N. GOLPES	18	27	34

TEMPERATURA DE SECADO	
PREPARACIÓN DE MUESTRA	
60 °C	110 °C
CONTENIDO DE HUMEDAD	
60 °C	110 °C
AGUA USADA	
DESTILADA	
POTABLE	
OTRA	

LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	4	5	Promedio
Wt + M. Húmeda	24.46	24.21	
Wt + M. Seca	24.28	24.12	
W agua	0.18	0.09	
W tara	23.74	23.84	
W M. Seca	0.54	0.28	
W(%)	33.33	32.14	32.74

LI = A*(x)+B	
A=	-0.4899
B=	85.421



LÍMITE LÍQUIDO LL (%)= 73.17	LÍMITE PLÁSTICO LP (%)= 32.74	ÍNDICE PLÁSTICO IP (%)= 40.44
--	---	---

WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.C.I.P. N° 214467

Ingeniero especialista

Tesisista

Miguel Angel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 1457703

Asesor (a)



LÍMITES DE ATTERBERG
A.S.T.M. D 4318

RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN DE CALICATA: KM+09+000 CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
CALICATA N° : C-3 **MUESTRA:** M-2
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m
FECHA : 29 DE JULIO DEL 2021

COORDENADAS UTM

ESTE	760923.06
NORTE	9286537.04

LÍMITE LÍQUIDO

TARA N°	1	2	3
Wt + M. Húmeda	31.46	30.23	30.65
Wt + M. Seca	28.29	27.68	27.79
W agua	3.17	2.55	2.86
W tara	23.92	24.13	23.8
W M. Seca	4.37	3.55	3.99
W(%)	72.54	71.83	71.68
N. GOLPES	14	29	34

LÍMITE PLÁSTICO

TARA N°	4	5	Promedio
Wt + M. Húmeda	24.27	24.53	
Wt + M. Seca	24.12	24.37	
W agua	0.15	0.16	
W tara	23.71	23.86	
W M. Seca	0.41	0.51	
W(%)	36.59	31.37	33.98

TEMPERATURA DE SECADO

PREPARACIÓN DE MUESTRA

60 °C 110 °C

CONTENIDO DE HUMEDAD

60 °C 110 °C

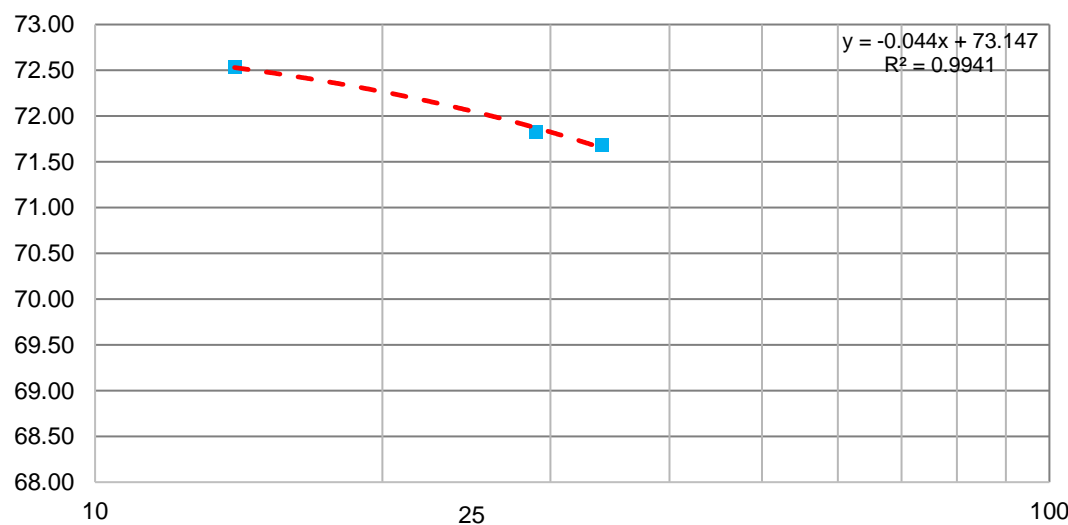
AGUA USADA

DESTILADA
POTABLE
OTRA

LI = A*(x)+B

A=	-0.044
B=	73.147

CURVA DE FLUIDEZ



LÍMITE LÍQUIDO
LL (%)= 72.05

LÍMITE PLÁSTICO
LP (%)= 33.98

ÍNDICE PLÁSTICO
IP (%)= 38.07

Walter
WALTER MANUEL VÁSQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.CIP. N° 214467

Ingeniero especialista

Aladino

Tesista

Miguel Ángel ALVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP 157793

Asesor (a)



**LÍMITES DE ATTERBERG
A.S.T.M. D 4318**

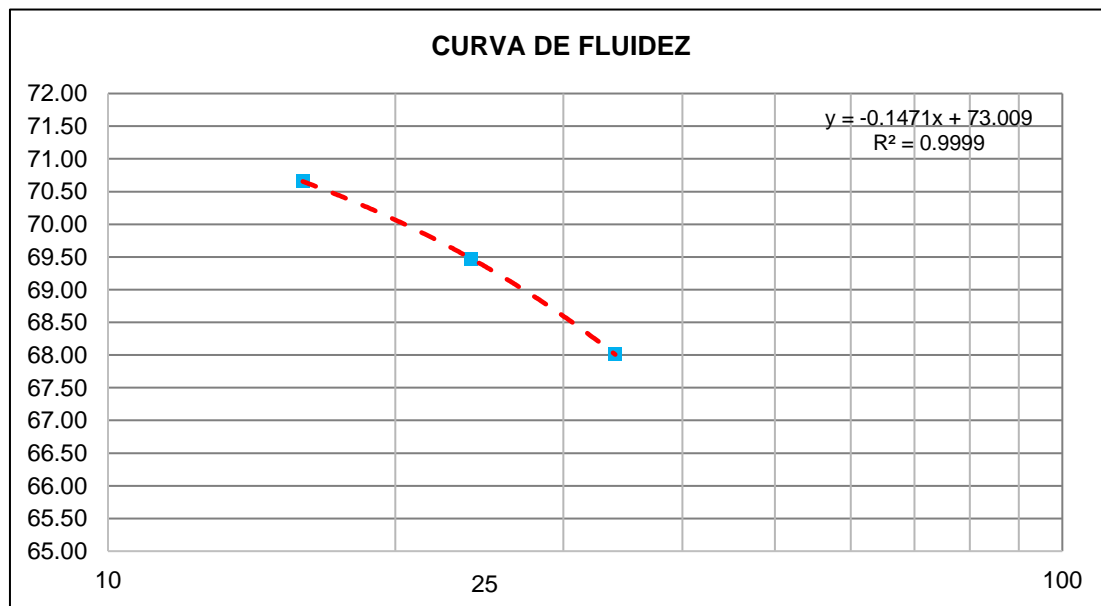
RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN DE CALICATA: KM+09+000 CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
CALICATA N° : C-3 **MUESTRA:** M-3
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m
FECHA : 29 DE JULIO DEL 2021

COORDENADAS UTM	
ESTE	760923.06
NORTE	9286537.04

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	1	2	3
Wt + M. Húmeda	31.81	30.96	32.95
Wt + M. Seca	28.51	27.98	29.25
W agua	3.3	2.98	3.7
W tara	23.84	23.69	23.81
W M. Seca	4.67	4.29	5.44
W(%)	70.66	69.46	68.01
N. GOLPES	16	24	34
LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	4	5	Promedio
Wt + M. Húmeda	24.47	24.56	
Wt + M. Seca	24.32	24.39	
W agua	0.15	0.17	
W tara	23.89	23.92	
W M. Seca	0.43	0.47	
W(%)	34.88	36.17	35.53

TEMPERATURA DE SECADO	
60 °C	110 °C
PREPARACIÓN DE MUESTRA	
60 °C	110 °C
CONTENIDO DE HUMEDAD	
60 °C	110 °C
AGUA USADA	
DESTILADA	
POTABLE	
OTRA	

LI = A*(x)+B	
A=	-0.1471
B=	73.009



LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE PLÁSTICO
LL (%)= 69.33	LP (%)= 35.53	IP (%)= 33.80

M. Tapia
WALTER MANUEL VÁSQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.CIP. N° 214467

Ingeniero especialista

Aladino Sánchez Vásquez

Tesisista

Miguel Ángel Silva Tarrillo
Miguel Ángel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP. 157793

Asesor (a)



LÍMITES DE ATTERBERG
A.S.T.M. D 4318

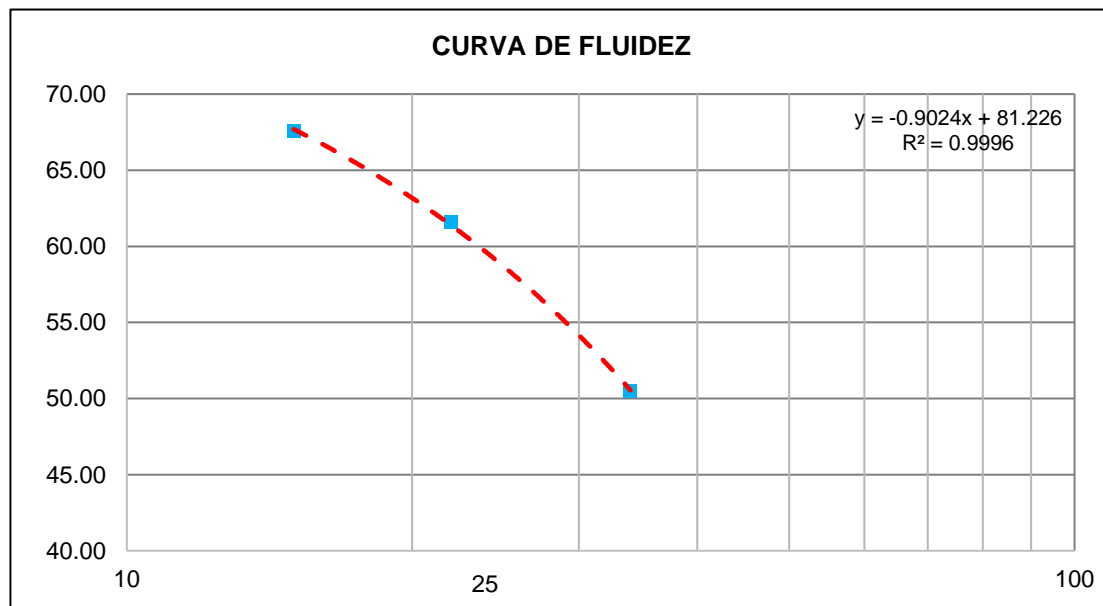
RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN DE CALICATA: KM+09+000 CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
CALICATA N° : C-3 **MUESTRA:** M-4
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m
FECHA : 29 DE JULIO DEL 2021

COORDENADAS UTM	
ESTE	760923.06
NORTE	9286537.04

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	1	2	3
<i>Wt + M. Húmeda</i>	32.5	34.26	33.58
<i>Wt + M. Seca</i>	29.23	30.35	30.35
<i>W agua</i>	3.27	3.91	3.23
<i>W tara</i>	24.39	24	23.95
<i>W M. Seca</i>	4.84	6.35	6.4
<i>W(%)</i>	67.56	61.57	50.47
<i>N. GOLPES</i>	15	22	34
LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	4	5	Promedio
<i>Wt + M. Húmeda</i>	24.66	25.02	
<i>Wt + M. Seca</i>	24.49	24.71	
<i>W agua</i>	0.17	0.31	
<i>W tara</i>	24.06	23.91	
<i>W M. Seca</i>	0.43	0.8	
<i>W(%)</i>	39.53	38.75	39.14

TEMPERATURA DE SECADO	
60 °C	110 °C
PREPARACIÓN DE MUESTRA	
60 °C	110 °C
CONTENIDO DE HUMEDAD	
60 °C	110 °C
AGUA USADA	
DESTILADA	
POTABLE	
OTRA	

LI = A*(x)+B	
A=	-0.918
B=	90.92



LÍMITE LÍQUIDO
LL (%)= 67.97

LÍMITE PLÁSTICO
LP (%)= 39.14

ÍNDICE PLÁSTICO
IP (%)= 28.83

Walter
WALTER MANUEL VÁSQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.CIP. N° 214467

Ingeniero especialista

Aladino

Tesista

Miguel
Miguel Angel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP 157763

Asesor (a)



LÍMITES DE ATTERBERG
A.S.T.M. D 4318

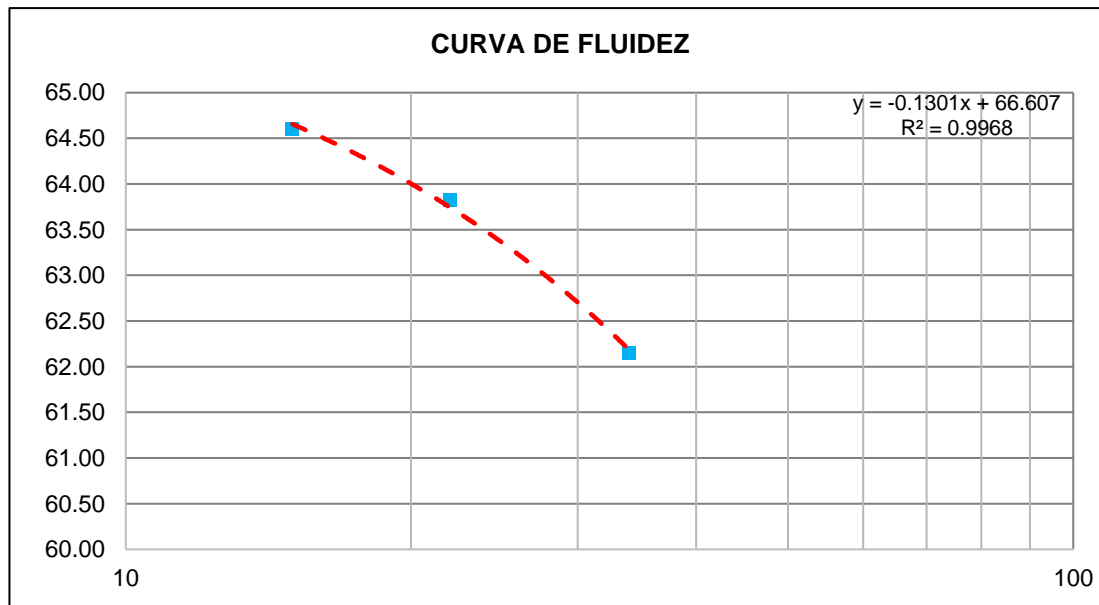
RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN DE CALICATA: KM+09+000 CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
CALICATA N° : C-3 **MUESTRA:** M-5
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m
FECHA : 29 DE JULIO DEL 2021

COORDENADAS UTM	
ESTE	760923.06
NORTE	9286537.04

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA N°	1	2	3
Wt + M. Húmeda	32.86	30.34	32.69
Wt + M. Seca	29.52	27.87	29.34
W agua	3.34	2.47	3.35
W tara	24.35	24	23.95
W M. Seca	5.17	3.87	5.39
W(%)	64.60	63.82	62.15
N. GOLPES	22	28	33
LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	4	5	Promedio
Wt + M. Húmeda	40.1	38.9	
Wt + M. Seca	35.9	34.8	
W agua	4.2	4.1	
W tara	23.7	23.8	
W M. Seca	12.2	11	
W(%)	34.43	37.27	35.85

TEMPERATURA DE SECADO	
60 °C	110 °C
PREPARACIÓN DE MUESTRA	
60 °C	110 °C
CONTENIDO DE HUMEDAD	
60 °C	110 °C
AGUA USADA	
DESTILADA	
POTABLE	
OTRA	

LI = A*(x)+B	
A=	-0.1301
B=	66.607



LÍMITE LÍQUIDO
LL (%)= 63.35

LÍMITE PLÁSTICO
LP (%)= 35.85

ÍNDICE PLÁSTICO
IP (%)= 27.51

Walter
WALTER MANUEL VÁSQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.C.I.P. N° 214467

Ingeniero especialista

Aladino

Tesista

Miguel
Miguel Angel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 157723

Asesor (a)

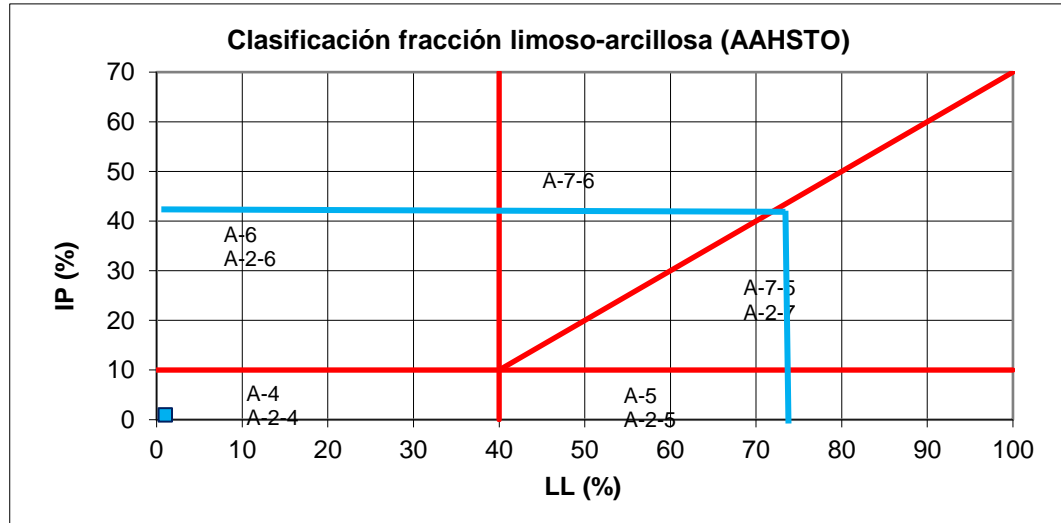


CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS

A.S.T.M. D-3282

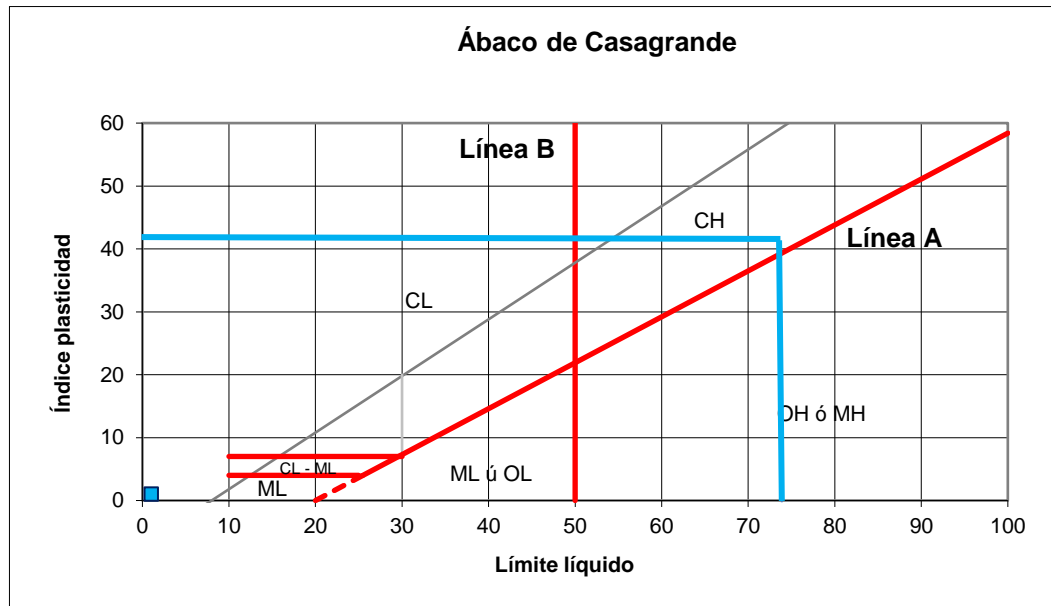
RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN DE CALICATA: CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
CALICATA N° : C-3 **MUESTRA:** M-1
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m
FECHA : 30 DE JULIO DEL 2021

COORDENADAS UTM	
ESTE	760923.06
NORTE	9286537.04



Clasificación AASHTO

A-7-5



Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)

CH

WALTER MANUEL VÁSQUEZ TAPIA
 Ingeniero Hidráulico
 Reg.CIP. N° 214467

Ingeniero especialista

Tesista

Miguel Ángel SOSA TARRILLO
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 157782

Asesor (a)



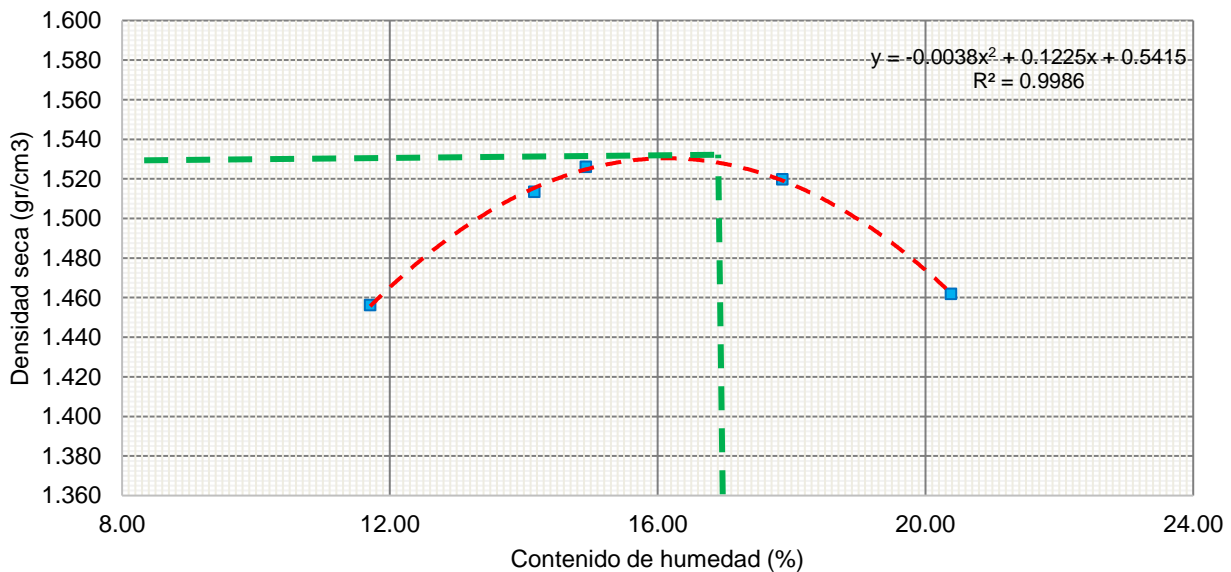
PROCTOR MODIFICADO
ASTM D 1557

RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN DE CALICATA: KM+09+000 CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
CALICATA N° : C-3 **MUESTRA:** M-1
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m
FECHA : 18 DE AGOSTO DEL 2021

COORDENADAS UTM	
ESTE	760923.06
NORTE	9286537.04

MÉTODO DE ENSAYO		"C"		CONDICIÓN DE SECADO: Horno 110 °C				DIÁMETRO DE MOLDE: 10.16 cm.			
NÚMERO DE ENSAYO		1		2		3		4		5	
DENSIDAD	N° de capas	5		5		5		5		5.00	
	N° de Golpes por Capa	25		25		25		25		25	
	Peso Húmedo + Molde (gr)	3269.60		3365.00		3389.60		3425.00		3395.30	
	Peso Molde (gr)	1734.60		1734.60		1734.60		1734.60		1734.60	
	Peso Húmedo (gr)	1535.00		1630.40		1655.00		1690.40		1660.70	
	Volumen del Molde (cm ³)	943.69		943.69		943.69		943.69		943.69	
	Densidad Húmeda (gr/cm³)	1.627		1.728		1.754		1.791		1.760	
HUMEDAD	Ensayo	1		2		3		4		5	
	Peso Húmedo + Tara (gr)	47.1	48.1	56.5	55.4	68.4	62.3	63.7	58.3	64.5	64.2
	Peso seco + Tara (gr)	44.7	45.5	52.4	51.5	62.8	57.1	57.8	52.9	57.5	57.5
	Peso Agua (gr)	2.4	2.6	4.1	3.9	5.6	5.2	5.9	5.4	7.0	6.7
	Peso Tara (gr)	23.9	23.6	23.7	23.7	23.6	23.7	23.7	23.6	23.8	24.0
	Peso Muestra Seca (gr)	20.8	21.9	28.7	27.8	39	33.4	34.1	29.3	33.7	33.5
	Contenido de Humedad (%)	11.54	11.87	14.29	14.03	14.29	15.57	17.30	18.43	20.77	20.00
	C. Humedad (%) promedio	11.71	11.87	14.16	14.03	14.93	15.57	17.30	18.43	20.77	20.00
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.456		1.513		1.526		1.520		1.462		

CURVA DE COMPACTACIÓN



DENSIDAD SECA MÁXIMA:	1.53 Gr/cm ³	CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO:	17.00 %
------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	----------------

Walter Manuel Vasquez Tapia
WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg. CIP. N° 214467

Ingeniero especialista

Aladino Sánchez Vásquez

Tesista

Miguel Ángel Silva Tarrillo
Miguel Ángel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP 157763

Asesor

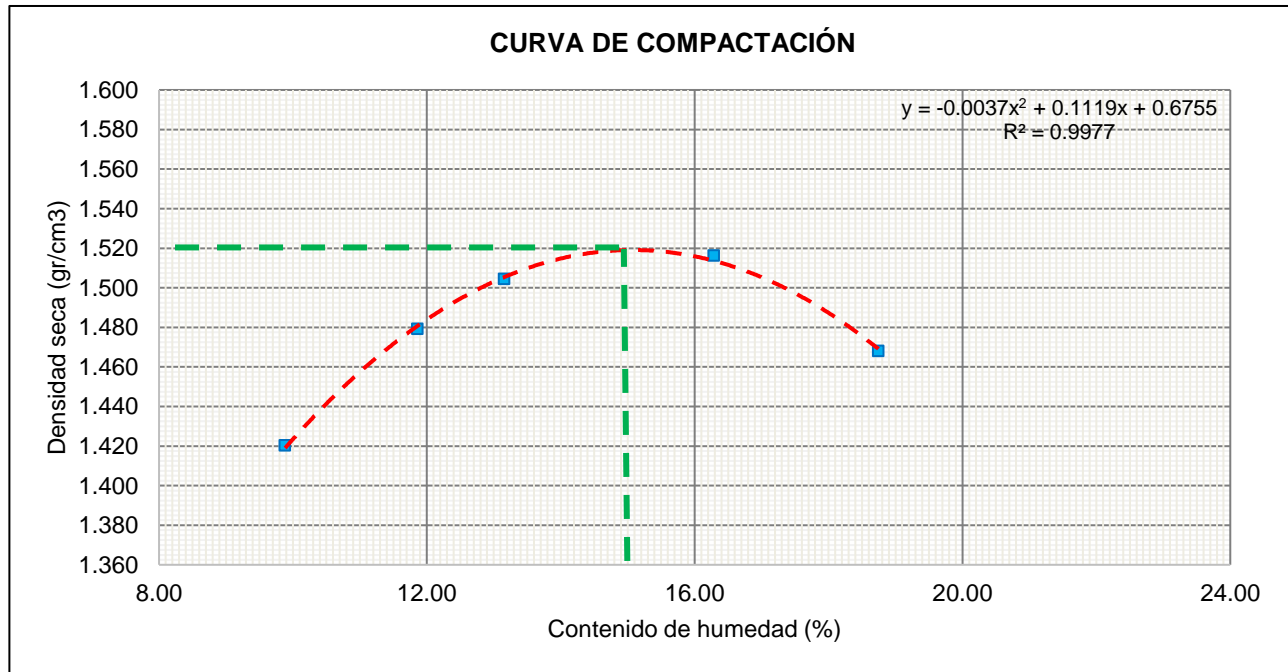


PROCTOR MODIFICADO
ASTM D 1557

RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN DE CALICATA: KM+09+000 CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
CALICATA N° : C-3 **MUESTRA:** M-2
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m
FECHA : 19 DE AGOSTO DEL 2021

COORDENADAS UTM	
ESTE	760923.06
NORTE	9286537.04

MÉTODO DE ENSAYO		"C"		CONDICIÓN DE SECADO: Horno 110 °C				DIÁMETRO DE MOLDE: 10.16 cm.			
NÚMERO DE ENSAYO		1		2		3		4		5	
DENSIDAD	N° de capas	5		5		5		5		5	
	N° de Golpes por Capa	25		25		25		25		25	
	Peso Húmedo + Molde (gr)	3207.30		3296.00		3341.00		3398.50		3379.60	
	Peso Molde (gr)	1734.60		1734.60		1734.60		1734.60		1734.60	
	Peso Húmedo (gr)	1472.70		1561.40		1606.40		1663.90		1645.00	
	Volumen del Molde (cm ³)	943.69		943.69		943.69		943.69		943.69	
	Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.561		1.655		1.702		1.763		1.743	
HUMEDAD	Ensayo	1		2		3		4		5	
	Peso Húmedo + Tara (gr)	53.1	58.5	62.1	51.8	55.0	59.8	55.4	60.5	54.9	58.1
	Peso seco + Tara (gr)	50.4	55.5	58.2	48.7	51.3	55.7	50.9	55.4	50.1	52.5
	Peso Agua (gr)	2.7	3.0	3.9	3.1	3.7	4.1	4.5	5.1	4.8	5.6
	Peso Tara (gr)	23.8	24.3	23.6	23.8	23.8	23.8	23.6	23.7	23.5	23.7
	Peso Muestra Seca (gr)	26.6	31.2	34.6	24.9	28	31.9	27.3	31.7	26.6	28.8
	Contenido de Humedad (%)	10.15	9.62	11.27	12.45	13.45	12.85	16.48	16.09	18.05	19.44
C. Humedad (%) promedio	9.88		11.86		13.15		16.29		18.74		
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.420		1.479		1.504		1.516		1.468		



DENSIDAD SECA MÁXIMA:	1.52 Gr/cm ³	CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO:	15.00 %
------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	----------------

Walter
WALTER MANUEL VÁSQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg. CIP. N° 214467

Ingeniero especialista

Aladino

Tesista

Miguel
MIGUEL ARGENTIJA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP 157782

Asesor

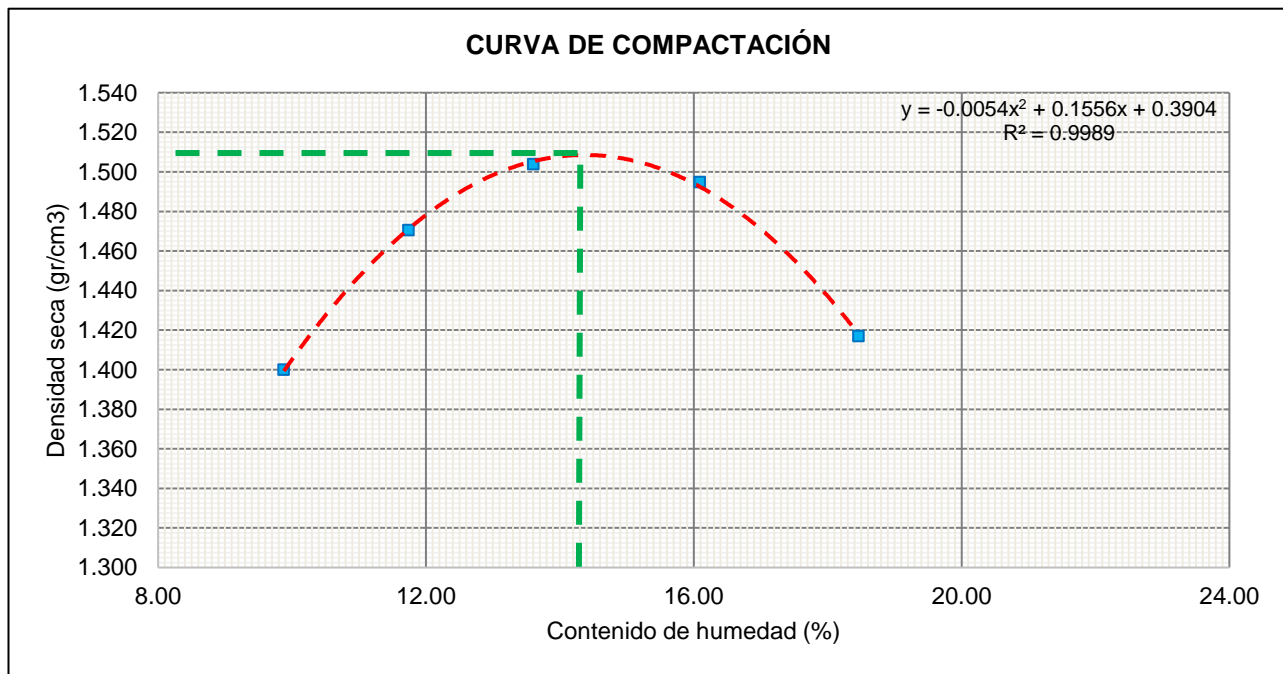


PROCTOR MODIFICADO
ASTM D 1557

RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN DE CALICATA: KM+09+000 CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
CALICATA N° : C-3 MUESTRA: M-3
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m
FECHA : 19 DE AGOSTO DEL 2021

COORDENADAS UTM	
ESTE	760923.06
NORTE	9286537.04

MÉTODO DE ENSAYO		"C"		CONDICIÓN DE SECADO: Horno 110 °C				DIÁMETRO DE MOLDE: 10.16 cm.			
NÚMERO DE ENSAYO		1		2		3		4		5	
DENSIDAD	N° de capas	5		5		5		5		5	
	N° de Golpes por Capa	25		25		25		25		25	
	Peso Húmedo + Molde (gr)	3186.30		3285.30		3346.90		3372.30		3318.60	
	Peso Molde (gr)	1734.60		1734.60		1734.60		1734.60		1734.60	
	Peso Húmedo (gr)	1451.70		1550.70		1612.30		1637.70		1584.00	
	Volumen del Molde (cm ³)	943.69		943.69		943.69		943.69		943.69	
	Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.538		1.643		1.709		1.735		1.679	
HUMEDAD	Ensayo	1		2		3		4		5	
	Peso Húmedo + Tara (gr)	51.4	52.8	45.8	44.6	46.3	47.1	47.2	47.3	50.5	52.9
	Peso seco + Tara (gr)	48.8	50.3	43.6	42.3	43.7	44.2	43.9	44.1	46.4	48.3
	Peso Agua (gr)	2.6	2.5	2.2	2.3	2.6	2.9	3.3	3.2	4.1	4.6
	Peso Tara (gr)	23.7	23.7	23.7	23.8	23.8	23.7	23.8	23.8	23.9	23.7
	Peso Muestra Seca (gr)	25.1	26.6	19.9	18.5	20	20.5	20.1	20.3	22.5	24.6
	Contenido de Humedad (%)	10.36	9.40	11.06	12.43	13.07	14.15	16.42	15.76	18.22	18.70
C. Humedad (%) promedio	9.88		11.74		13.61		16.09		18.46		
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.400		1.471		1.504		1.495		1.417		



DENSIDAD SECA MÁXIMA:	1.51 Gr/cm ³	CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO:	14.20 %
-----------------------	-------------------------	--------------------------	---------

Walter Manuel Vasquez Tapia
WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg. CIP. N° 214487
Ingeniero especialista

Aladino Sánchez Vásquez
Tesista

Miguel Ángel Silva Tarrillo
Miguel Ángel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP. 157723
Asesor

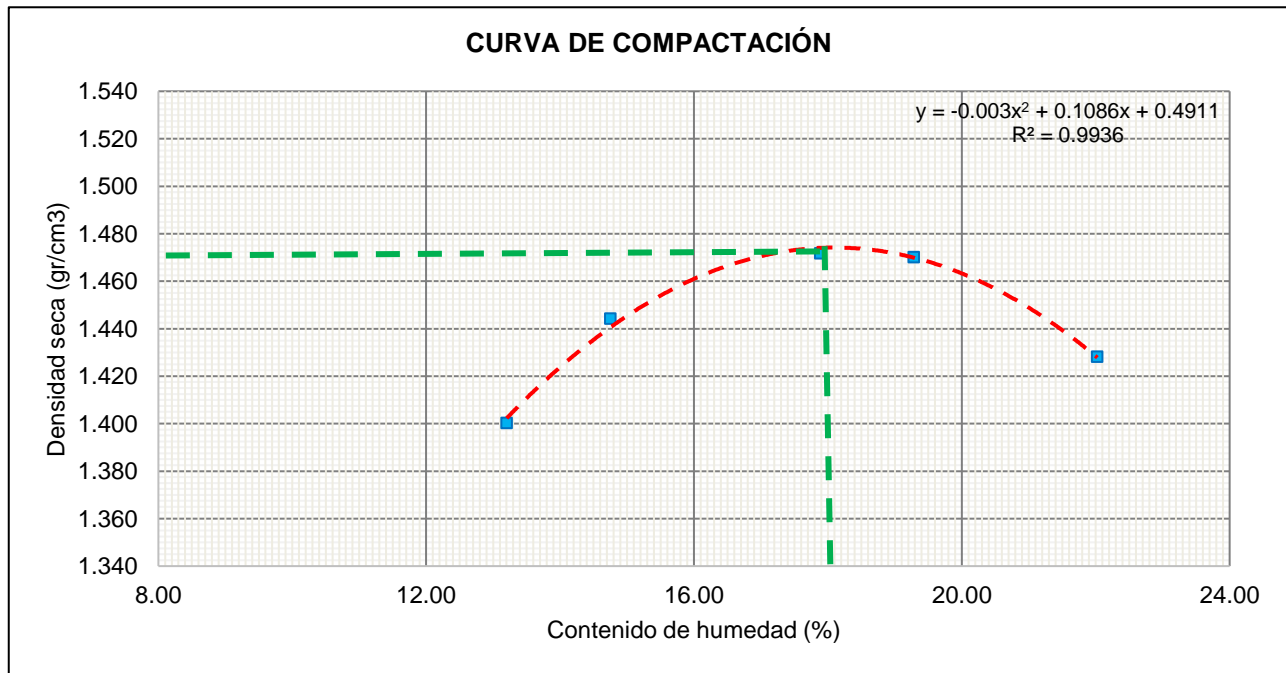


PROCTOR MODIFICADO
ASTM D 1557

RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN DE CALICATA: KM+09+000 CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
CALICATA N° : C-3 **MUESTRA:** M-4
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m
FECHA : 24 DE AGOSTO DEL 2021

COORDENADAS UTM	
ESTE	760923.06
NORTE	9286537.04

MÉTODO DE ENSAYO		"C"		CONDICIÓN DE SECADO: Horno 110 °C				DIÁMETRO DE MOLDE: 10.16 cm.			
NÚMERO DE ENSAYO		1		2		3		4		5	
DENSIDAD	N° de capas	5		5		5		5		5	
	N° de Golpes por Capa	25		25		25		25		25	
	Peso Húmedo + Molde (gr)	3230.50		3298.50		3371.90		3389.50		3379.30	
	Peso Molde (gr)	1734.60		1734.60		1734.60		1734.60		1734.60	
	Peso Húmedo (gr)	1495.90		1563.90		1637.30		1654.90		1644.70	
	Volumen del Molde (cm ³)	943.69		943.69		943.69		943.69		943.69	
	Densidad Húmeda (gr/cm³)	1.585		1.657		1.735		1.754		1.743	
HUMEDAD	Ensayo	1		2		3		4		5	
	Peso Húmedo + Tara (gr)	58.4	61.1	63.5	61.2	48.9	49.8	63.9	61.9	62.0	63.4
	Peso seco + Tara (gr)	54.4	56.7	56.5	58.4	45.0	46.0	57.6	55.6	56.4	55.0
	Peso Agua (gr)	4.0	4.4	7.0	2.8	3.9	3.8	6.3	6.3	5.6	8.4
	Peso Tara (gr)	23.8	23.7	23.8	23.8	24.1	23.8	23.9	23.9	23.7	23.8
	Peso Muestra Seca (gr)	30.6	33.0	32.7	34.6	21	22.2	33.7	31.7	32.7	31.2
	Contenido de Humedad (%)	13.07	13.33	21.41	8.09	18.66	17.12	18.69	19.87	17.13	26.92
C. Humedad (%) promedio	13.20		14.75		17.89		19.28		22.02		
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.400		1.444		1.472		1.470		1.428		



DENSIDAD SECA MÁXIMA:	1.47 Gr/cm ³	CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO:	18.00 %
------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	----------------

Mapeel
WALTER MANUEL VÁSQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg. CIP. N° 214487
Ingeniero especialista

Aladino Sánchez Vásquez
Tesista

Miguel Ángel Silva Tarrillo
INGENIERO CIVIL
CIP 187788
Asesor

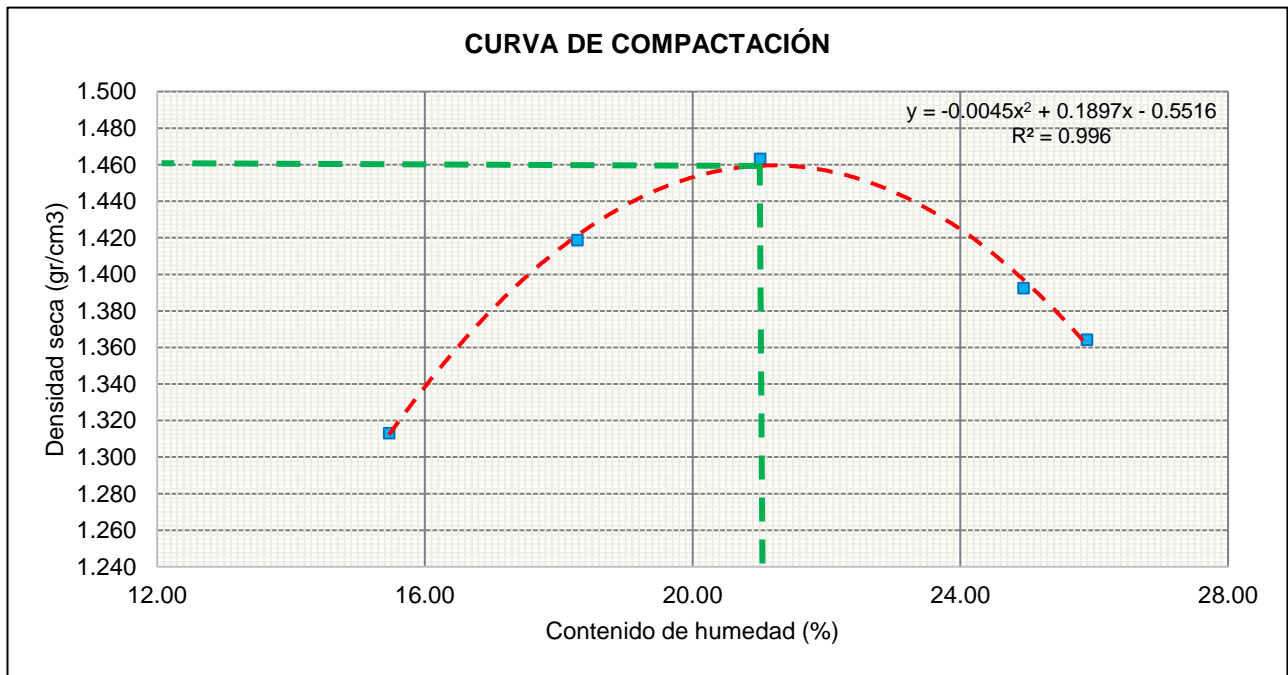


PROCTOR MODIFICADO
ASTM D 1557

RESPONSABLE: ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
UBICACIÓN DE CALICATA: KM+09+000 CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN
CALICATA N° : C-3 **MUESTRA:** M-5
PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m
FECHA : 24 DE AGOSTO DEL 2021

COORDENADAS UTM	
ESTE	760923.06
NORTE	9286537.04

MÉTODO DE ENSAYO		"C"		CONDICIÓN DE SECADO: Horno 110 °C				DIÁMETRO DE MOLDE: 10.16 cm.			
NÚMERO DE ENSAYO		1		2		3		4		5	
DENSIDAD	N° de capas	5		5		5		5		5	
	N° de Golpes por Capa	25		25		25		25		25	
	Peso Húmedo + Molde (gr)	3165.30		3318.10		3405.40		3376.30		3355.30	
	Peso Molde (gr)	1734.60		1734.60		1734.60		1734.60		1734.60	
	Peso Húmedo (gr)	1430.70		1583.50		1670.80		1641.70		1620.70	
	Volumen del Molde (cm ³)	943.69		943.69		943.69		943.69		943.69	
	Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.516		1.678		1.770		1.740		1.717	
HUMEDAD	Ensayo	1		2		3		4		5	
	Peso Húmedo + Tara (gr)	59.0	62.0	61.7	59.1	60.1	59.0	62.8	60.8	67.6	55.4
	Peso seco + Tara (gr)	55.6	58.1	57.3	54.8	54.9	54.2	56.9	54.8	61.5	49.2
	Peso Agua (gr)	3.4	3.9	4.4	4.3	5.2	4.8	5.9	6.0	6.1	6.2
	Peso Tara (gr)	23.8	24.4	23.8	24.0	23.6	23.8	23.7	23.8	23.6	23.5
	Peso Muestra Seca (gr)	23.6	23.6	23.6	24.0	24	23.8	23.9	23.8	23.8	23.7
	Contenido de Humedad (%)	14.41	16.53	18.64	17.92	21.85	20.17	24.69	25.21	25.63	26.16
C. Humedad (%) promedio	15.47		18.28		21.01		24.95		25.90		
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.313		1.419		1.463		1.392		1.364		



DENSIDAD SECA MÁXIMA:	1.46 Gr/cm ³	CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO:	21.00 %
------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	----------------

Walter
WALTER MANUEL VÁSQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg. CIP. N° 214467
Ingeniero especialista

Aladino
Tesista

Miguel
Miguel Ángel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP 1427703
Asesor



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

TESIS "INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE SUELOS ARCILLOSOS CHOTA"

CBR

ASTM D 1883 Y AASHTO T 193

RESPONSABLE :

ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ

UBICACIÓN :

DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA

UBICACIÓN DE LA CALICATA :

CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN

CALICATA N° : C-3

MUESTRA

M-1

PROFUNDIDAD :

0.00 m A 1.50 m

FECHA :

05/10/2021

COORDENADAS

ESTE	760923.06
NORTE	9286537.04

COMPACTACION C B R

NUMERO MOLDE	3	4	5
Altura Molde (mm)	177	177	177
N° Capas	5	5	5
N°Golpes x Capa	12	25	56

Condición de Muestra	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES		ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	
P. Húmedo + Molde (gr)	10874.0	11434.0	11597.0	12112.0	11606.0	12090.0		
Peso Molde (gr)	7464.0	7464.0	7532.0	7532.0	7491.0	7491.0		
Peso Húmedo (gr)	3410.0	3970.0	4065.0	4580.0	4115.0	4599.0		
Volumen del Molde (cm ³)	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80		
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.609	1.874	1.919	2.162	1.942	2.171		

CONTENIDO DE HUMEDAD

Número de Ensayo	101	107	115	103	108	105	14	107	113
P.Húmedo + Tara (gr)	71.41	63.56	100.31	61.57	53.53	104.76	72.61	82.23	120.19
Peso Seco + Tara (gr)	63.60	57.05	80.41	55.15	48.80	83.44	64.70	73.71	98.21
Peso Agua (gr)	7.81	6.51	19.90	6.42	4.73	21.32	7.91	8.52	21.98
Peso Tara (gr)	24.73	23.88	24.68	22.30	23.41	22.39	22.75	28.41	24.02
P. Muestra Seca (gr)	38.87	33.17	55.73	32.85	25.39	61.05	41.95	45.30	74.19
Contenido de Humedad (%)	20.09%	19.63%	35.71%	19.54%	18.63%	34.92%	18.86%	18.81%	29.63%
C.Humedad Promedio (%)	19.86%		35.71%	19.09%		34.92%	18.83%		29.63%
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.343		1.381	1.611		1.602	1.634		1.674

ENSAYO DE HINCHAMIENTO

TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE N° 1			NUMERO DE MOLDE N° 2			NUMERO DE MOLDE N° 3		
(Hs)	(Días)	LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO	
			(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	4.700	119.380	67.45	4.720	119.888	67.73	7.620	193.548	109.35
48	2	4.840	122.936	69.46	4.850	123.190	69.60	7.840	199.136	112.51
72	3	4.900	124.460	70.32	4.910	124.714	70.46	8.040	204.216	115.38
96	4	4.920	124.968	70.60	4.920	124.968	70.60	8.040	204.216	115.38

ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
(mm)	(pulg)	CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO	
			(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	8.00	0.41	5.91	7.00	0.36	5.17	9.00	0.47	6.64
1.27	0.050	13.00	0.67	9.60	11.00	0.57	8.12	17.00	0.88	12.55
1.91	0.075	17.00	0.88	12.55	15.00	0.78	11.07	27.00	1.40	19.93
2.54	0.100	19.00	0.98	14.03	21.00	1.09	15.50	40.00	2.07	29.53
3.18	0.125	21.00	1.09	15.50	22.00	1.14	16.24	44.00	2.27	32.48
3.81	0.150	25.00	1.29	18.46	26.00	1.34	19.20	49.00	2.53	36.18
4.45	0.175	27.00	1.40	19.93	29.00	1.50	21.41	52.00	2.69	38.39
5.08	0.200	29.00	1.50	21.41	31.00	1.60	22.89	55.00	2.84	40.61
7.62	0.300	36.00	1.86	26.58	44.00	2.27	32.48	63.00	3.26	46.51
10.16	0.400	42.00	2.17	31.01	55.00	2.84	40.61	76.00	3.93	56.11
12.70	0.500	47.00	2.43	34.70	65.00	3.36	47.99	86.00	4.44	63.49

WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.C.I.P. N° 214467

Ingeniero especialista

Tesista

Miguel Ángel BERRIO TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP 187724

Aesor (a)



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

TESIS "INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE SUELOS ARCILLOSOS CHOTA"

CBR

ASTM D 1883 Y AASHTO T 193

RESPONSABLE :

UBICACIÓN :

UBICACIÓN DE LA CALICATA :

CALICATA N° : C-3

PROFUNDIDAD :

FECHA :

MUESTRA

0.00 m A 1.50 m

05/10/2021

M-1

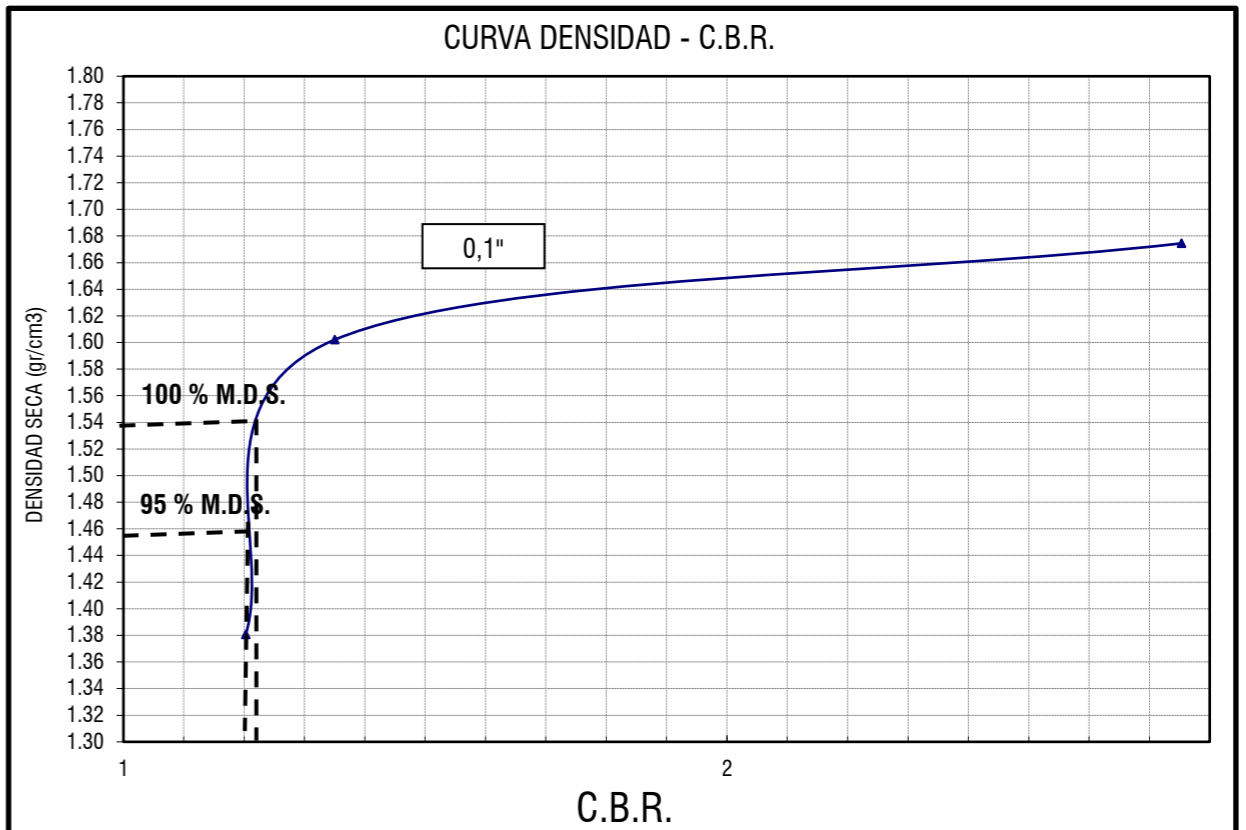
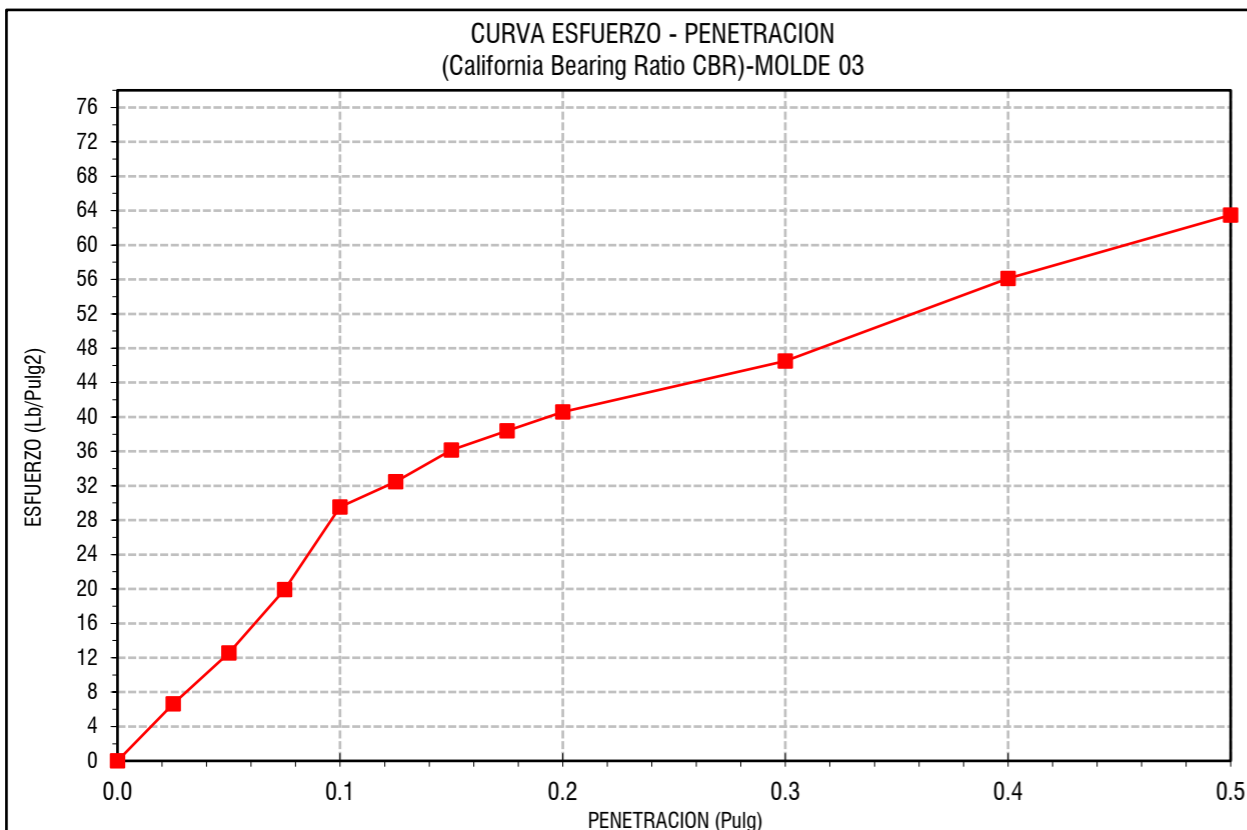
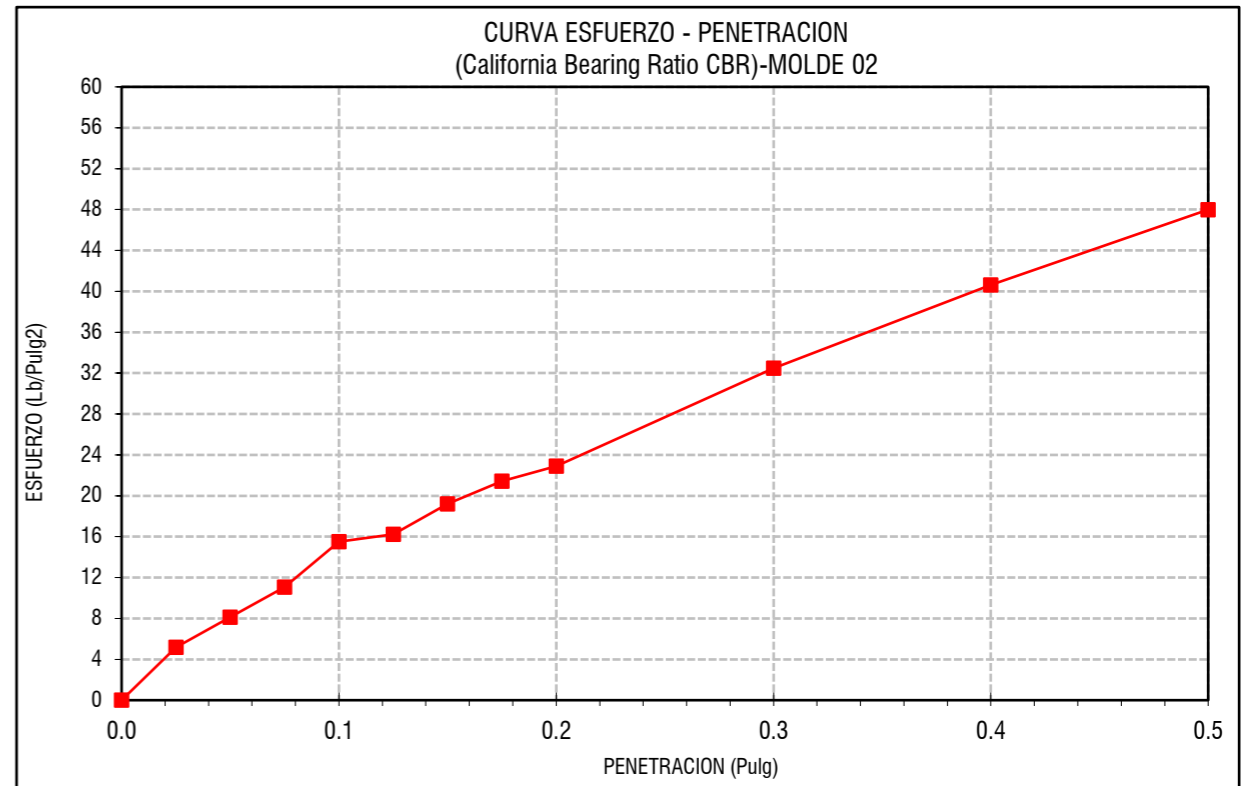
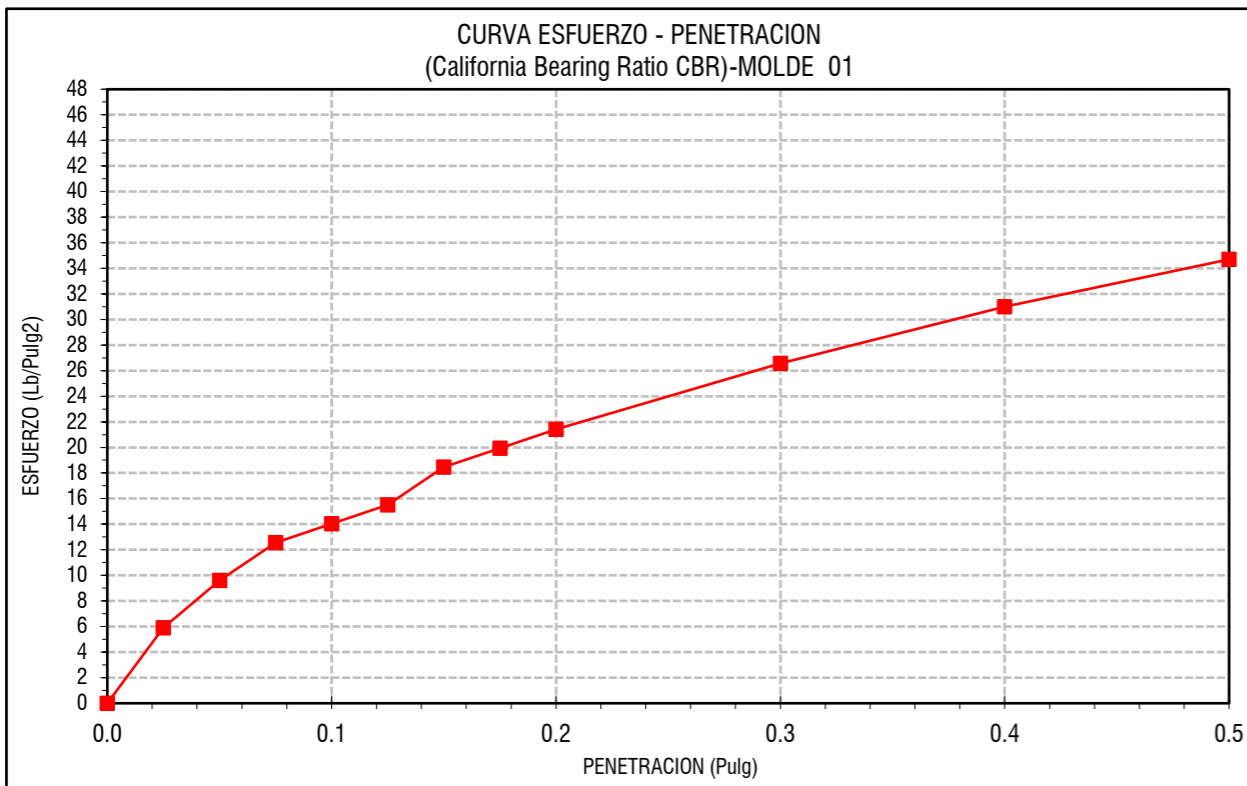
ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ

DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA

CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN

COORDENADAS

ESTE	760923.06
NORTE	9286537.04



(*) Valores Corregidos

MOLDE N°	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA CORREGIDA (Lb/pulg2)	PRESION PATRON (Lb/pulg2)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
MOLDE 01	0.1	14.03	1000	1.40	1.38
MOLDE 02	0.1	15.50	1000	1.55	1.60
MOLDE 03	0.1	29.53	1000	2.95	1.67

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (A.S.T.M. D 1557)

DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm3) :	1.53
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMO (%) :	17.00

VALOR C.B.R. (A.S.T.M. D 1883)

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. (0,1")=	1.20%
C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. (0,1")=	1.21%

OBSERVACIONES:

PERIODO DE SUMERGIDO: 04 DIAS

Walter Manuel Vasquez Tapia
WALTER MANUEL VÁSQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.CIP. N° 214467
Ingeniero especialista

Aladino Sánchez Vásquez
Tesisista

Miguel Ángel Luján Tarrillo
Miguel Ángel LUJÁN TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP 187702
Asesor (a)



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

TESIS "INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE SUELOS ARCILLOSOS CHOTA"

CBR

ASTM D 1883 Y AASHTO T 193

RESPONSABLE :

ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ

UBICACIÓN :

DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA

UBICACIÓN DE LA CALICATA :

CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN

CALICATA N° : C-3

MUESTRA

M - 2

PROFUNDIDAD :

0.00 m A 1.50 m

FECHA :

05/10/2021

COORDENADAS

ESTE	760923.06
NORTE	9286537.04

COMPACTACION C B R

NUMERO MOLDE	1		2		3	
	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES
Altura Molde (mm)	177	177	177	177	177	177
N° Capas	5	5	5	5	5	5
N° Golpes x Capa	12	12	25	25	25	25
P. Húmedo + Molde (gr)	10779.0	11478.0	10919.0	11615.0	11147.0	11718.0
Peso Molde (gr)	7464.0	7464.0	7532.0	7532.0	7491.0	7491.0
Peso Húmedo (gr)	3315.0	4014.0	3387.0	4083.0	3656.0	4227.0
Volumen del Molde (cm ³)	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.565	1.894	1.599	1.927	1.726	1.995

CONTENIDO DE HUMEDAD

Número de Ensayo	111	106	7	102	114	8	101	107	9
P.Húmedo + Tara (gr)	65.30	85.54	347.83	68.46	52.07	271.96	65.79	56.98	274.88
Peso Seco + Tara (gr)	59.61	76.20	283.08	62.53	47.99	229.42	60.14	52.29	235.82
Peso Agua (gr)	5.69	9.34	64.75	5.93	4.08	42.54	5.65	4.69	39.06
Peso Tara (gr)	22.71	22.54	113.25	23.86	21.74	108.48	24.70	23.88	110.87
P. Muestra Seca (gr)	36.90	53.66	169.83	38.67	26.25	120.94	35.44	28.41	124.95
Contenido de Humedad (%)	15.42%	17.41%	38.13%	15.33%	15.54%	35.17%	15.94%	16.51%	31.26%
C.Humedad Promedio (%)	16.41%		38.13%	15.44%		35.17%	16.23%		31.26%
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.344		1.372	1.385		1.426	1.485		1.520

ENSAYO DE HINCHAMIENTO

TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE N° 1			NUMERO DE MOLDE N° 2			NUMERO DE MOLDE N° 3		
(Hs)	(Días)	LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO	
			(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	3.920	99.568	56.25	5.030	127.762	72.18	3.760	95.504	53.96
48	2	3.970	100.838	56.97	5.130	130.302	73.62	3.820	97.028	54.82
72	3	4.000	101.600	57.40	5.110	129.794	73.33	3.850	97.790	55.25
96	4	4.000	101.600	57.40	5.170	131.318	74.19	3.860	98.044	55.39

ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
(mm)	(pulg)	CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO	
			(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	9.00	0.47	6.64	16.00	0.83	11.81	50.00	2.58	36.91
1.27	0.050	18.00	0.93	13.29	28.00	1.45	20.67	96.00	4.96	70.87
1.91	0.075	38.00	1.96	28.05	43.00	2.22	31.75	133.00	6.87	98.19
2.54	0.100	53.00	2.74	39.13	56.00	2.89	41.34	167.00	8.63	123.29
3.18	0.125	63.00	3.26	46.51	66.00	3.41	48.73	194.00	10.03	143.23
3.81	0.150	74.00	3.82	54.63	79.00	4.08	58.32	214.00	11.06	157.99
4.45	0.175	82.00	4.24	60.54	91.00	4.70	67.18	240.00	12.40	177.19
5.08	0.200	91.00	4.70	67.18	103.00	5.32	76.04	265.00	13.70	195.64
7.62	0.300	115.00	5.94	84.90	131.00	6.77	96.71	313.00	16.18	231.08
10.16	0.400	130.00	6.72	95.98	156.00	8.06	115.17	353.00	18.24	260.61
12.70	0.500	143.00	7.39	105.57	181.00	9.35	133.63	392.00	20.26	289.41

WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.CIP. N° 214467
Ingeniero especialista

Tesisista

Miguel Ángel TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP 257722
Asesor (a)



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
UN SUEÑO HECHO REALIDAD!

TESIS "INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE SUELOS ARCILLOSOS CHOTA"

CBR

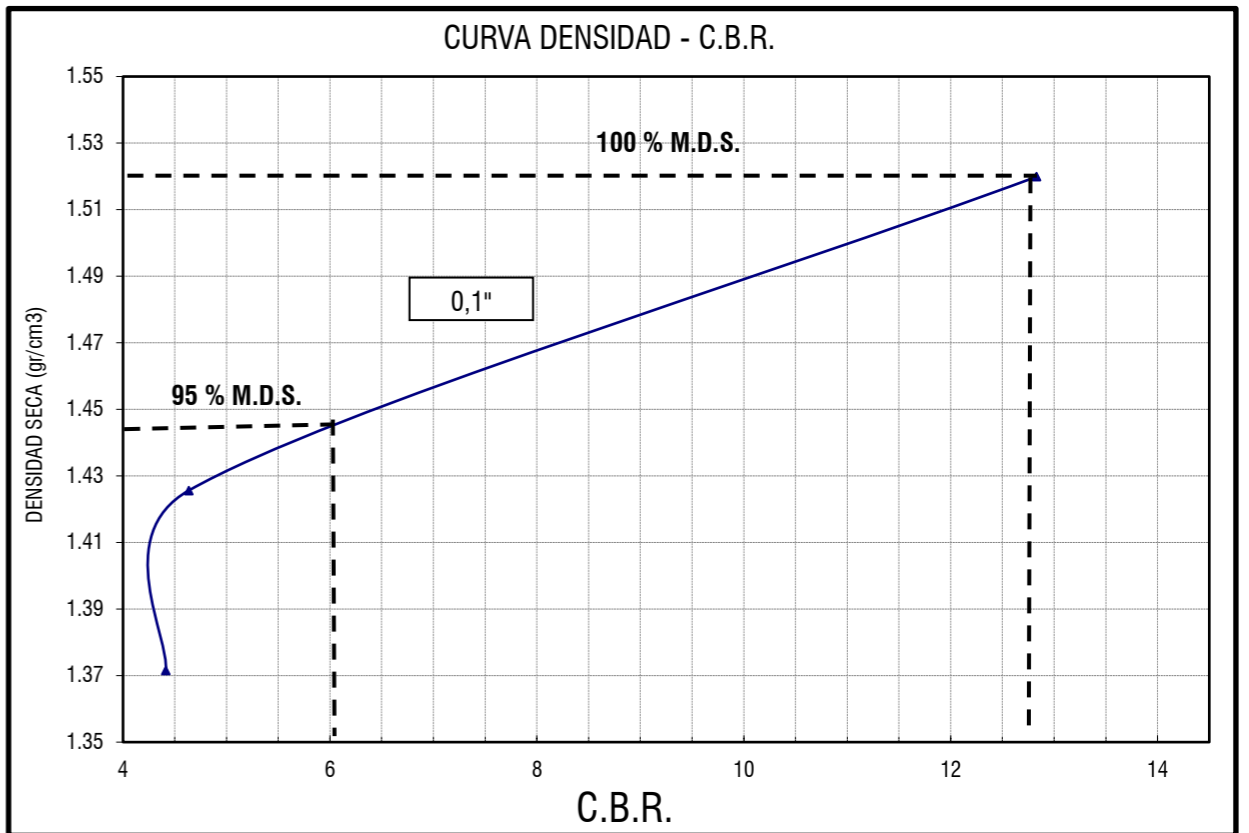
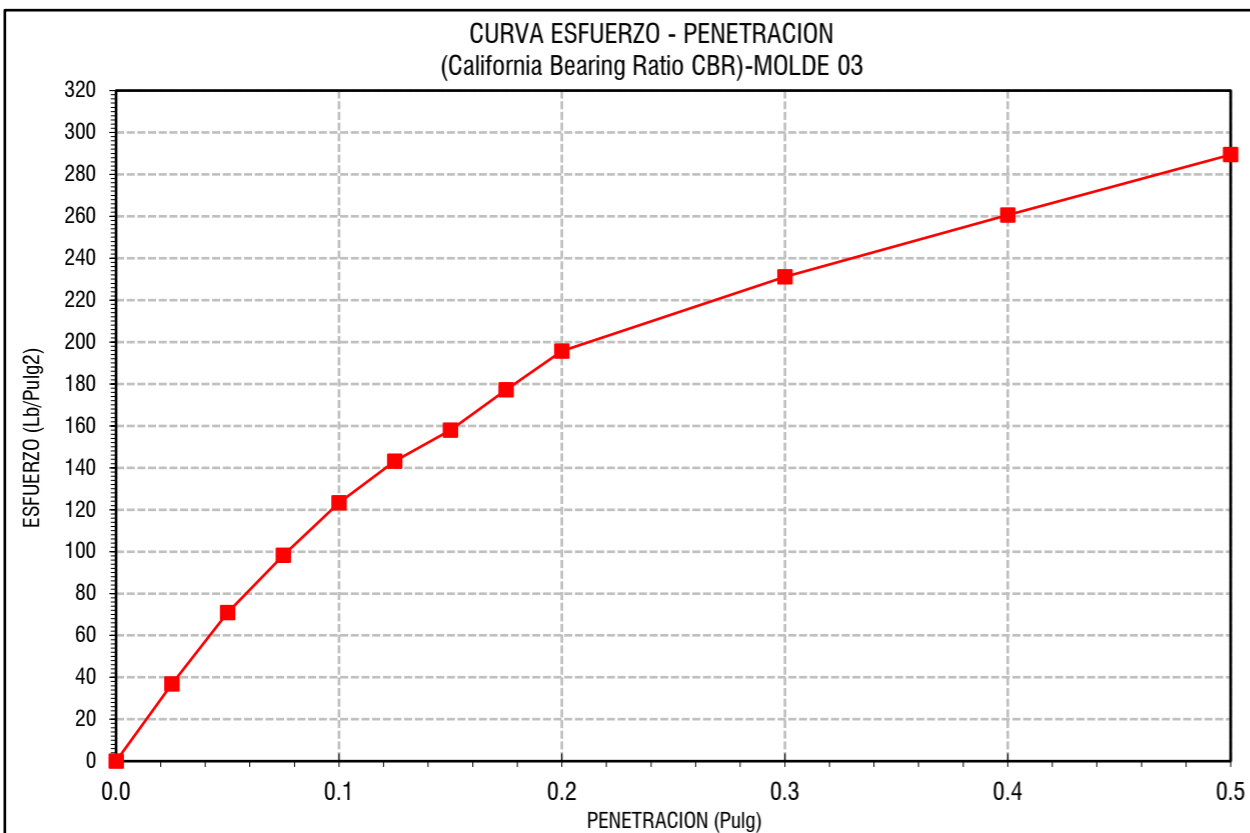
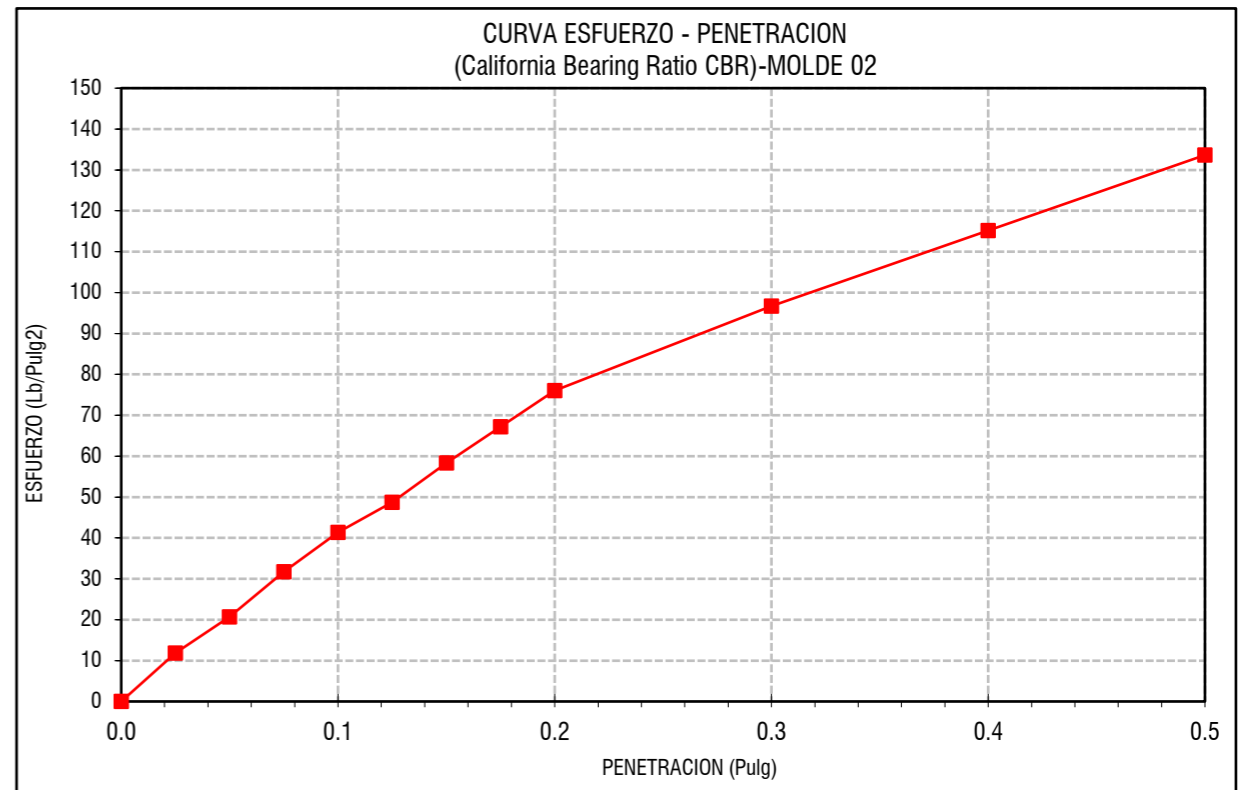
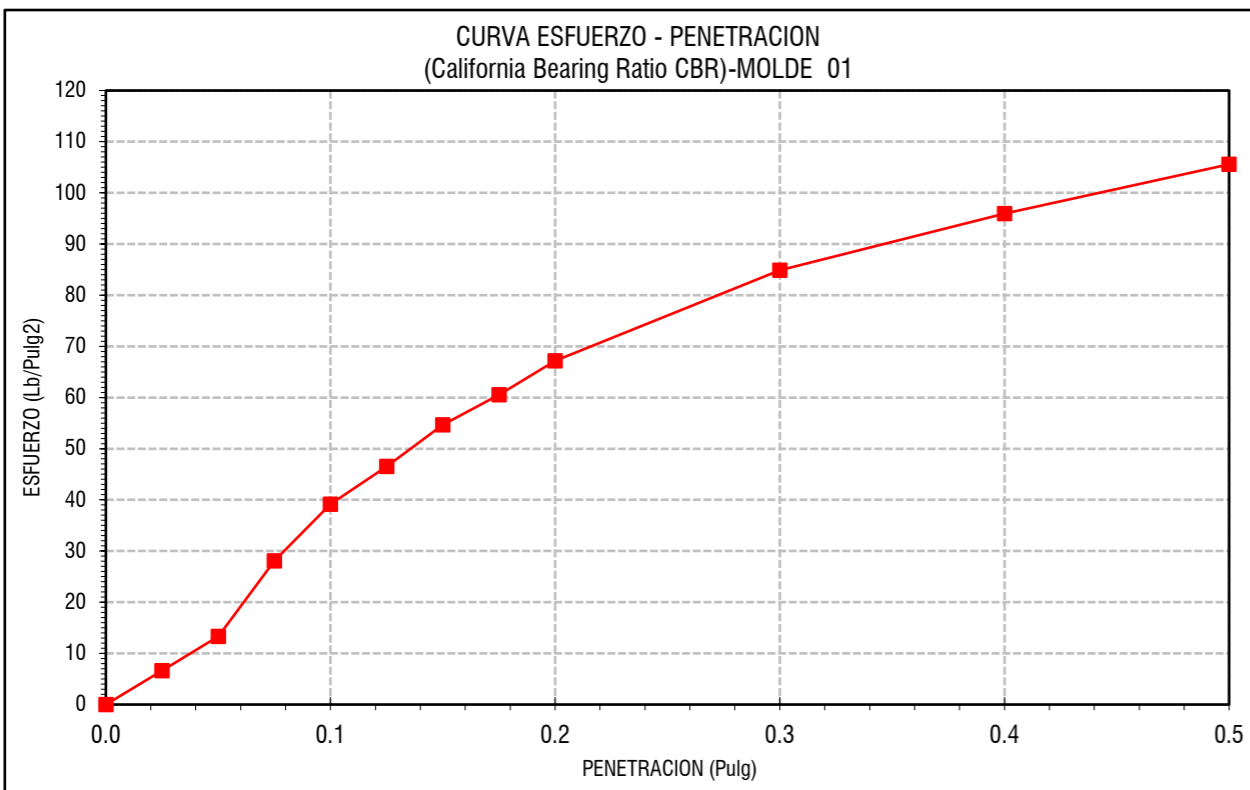
ASTM D 1883 Y AASHTO T 193

RESPONSABLE :
UBICACIÓN :
UBICACIÓN DE LA CALICATA :
CALICATA N° : C-3
PROFUNDIDAD :
FECHA :

MUESTRA M - 2
0.00 m A 1.50 m
05/10/2021

ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ
DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA
CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN

COORDENADAS	
ESTE	760923.06
NORTE	9286537.04



(*) Valores Corregidos

MOLDE N°	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA CORREGIDA (Lb/pulg2)	PRESION PATRON (Lb/pulg2)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
MOLDE 01	0.1	39.13	1000	3.91	1.37
MOLDE 02	0.1	41.34	1000	4.13	1.43
MOLDE 03	0.1	123.29	1000	12.33	1.52

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (A.S.T.M. D 1557)			VALOR C.B.R. (A.S.T.M. D 1883)	
DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm3) :	1.52		C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. (0,1")=	6.00%
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMO (%) :	15.00		C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. (0,1")=	12.30%

OBSERVACIONES: PERIODO DE SUMERGIDO: 04 DIAS

Walter Manuel Vasquez Tapia
WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg. CIP. N° 214487
Ingeniero especialista

Aladino Sánchez Vásquez
Tesisista

Elisvel Argenteña Tarrillo
ELISVEL ARGENTEÑA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP 157752
Asesor (a)



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

TESIS "INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE SUELOS ARCILLOSOS CHOTA"

CBR

ASTM D 1883 Y AASHTO T 193

RESPONSABLE :

ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ

UBICACIÓN :

DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA

UBICACIÓN DE LA CALICATA :

CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN

CALICATA N° : C-3

MUESTRA M - 3

PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m

FECHA : 14/10/2021

COORDENADAS

ESTE	760923.06
NORTE	9286537.04

COMPACTACION C B R

NUMERO MOLDE	4	5	6
Altura Molde (mm)	177	177	177
N° Capas	5	5	5
N°Golpes x Capa	12	25	56

Condición de Muestra	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES		ANTES DE EMPAPAR		DESPUES		ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	
	P. Húmedo + Molde (gr)	11264.0	11962.0	11068.0	11786.0	11575.0	12195.0					
Peso Molde (gr)	7999.0	7999.0	7625.0	7625.0	7965.0	7965.0						
Peso Húmedo (gr)	3265.0	3963.0	3443.0	4161.0	3610.0	4230.0						
Volumen del Molde (cm ³)	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80						
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.541	1.870	1.625	1.964	1.704	1.996						

CONTENIDO DE HUMEDAD

Número de Ensayo	112	104	4	103	108	5	51	418	6			
P.Húmedo + Tara (gr)	64.35	56.58	197.94	78.80	73.46	151.37	72.22	101.63	174.34			
Peso Seco + Tara (gr)	60.06	52.46	165.56	71.99	67.61	132.46	66.65	94.12	149.96			
Peso Agua (gr)	4.29	4.12	32.38	6.81	5.85	18.91	5.57	7.51	24.38			
Peso Tara (gr)	24.02	22.23	71.44	22.28	23.42	72.55	25.79	23.06	70.35			
P. Muestra Seca (gr)	36.04	30.23	94.12	49.71	44.19	59.91	40.86	71.06	79.61			
Contenido de Humedad (%)	11.90%	13.63%	34.40%	13.70%	13.24%	31.56%	13.63%	10.57%	30.62%			
C.Humedad Promedio (%)	12.77%		34.40%		13.47%		31.56%		12.10%		30.62%	
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.367		1.392		1.432		1.493		1.520		1.528	

ENSAYO DE HINCHAMIENTO

TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE N° 1			NUMERO DE MOLDE N° 2			NUMERO DE MOLDE N° 3		
(Hs)	(Dias)	LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO	
			(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	2.600	66.040	37.31	2.710	68.834	38.89	2.750	69.850	39.46
48	2	2.620	66.548	37.60	2.730	69.342	39.18	2.780	70.612	39.89
72	3	2.630	66.802	37.74	2.740	69.596	39.32	2.790	70.866	40.04
96	4	2.650	67.310	38.03	2.740	69.596	39.32	2.790	70.866	40.04

ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
(mm)	(pulg)	CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO	
			(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	16.00	0.83	11.81	16.00	0.83	11.81	105.00	5.43	77.52
1.27	0.050	50.00	2.58	36.91	57.00	2.95	42.08	227.00	11.73	167.59
1.91	0.075	82.00	4.24	60.54	102.00	5.27	75.30	322.00	16.64	237.73
2.54	0.100	105.00	5.43	77.52	154.00	7.96	113.70	395.00	20.41	291.62
3.18	0.125	127.00	6.56	93.76	199.00	10.28	146.92	442.00	22.84	326.32
3.81	0.150	140.00	7.24	103.36	226.00	11.68	166.85	504.00	26.05	372.09
4.45	0.175	152.00	7.86	112.22	247.00	12.76	182.36	546.00	28.22	403.10
5.08	0.200	167.00	8.63	123.29	262.00	13.54	193.43	574.00	29.66	423.77
7.62	0.300	212.00	10.96	156.52	325.00	16.80	239.94	658.00	34.01	485.79
10.16	0.400	240.00	12.40	177.19	378.00	19.53	279.07	722.00	37.31	533.04
12.70	0.500	267.00	13.80	197.12	411.00	21.24	303.43	795.00	41.09	586.93

WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.CIP. N° 214467
Ingeniero especialista

Testista

Asesor (a)



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

TESIS "INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE SUELOS ARCILLOSOS CHOTA"

CBR

ASTM D 1883 Y AASHTO T 193

RESPONSABLE :

UBICACIÓN :

UBICACIÓN DE LA CALICATA :

CALICATA N° : C-3

PROFUNDIDAD :

FECHA :

MUESTRA

0.00 m A 1.50 m

14/10/2021

M - 3

ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ

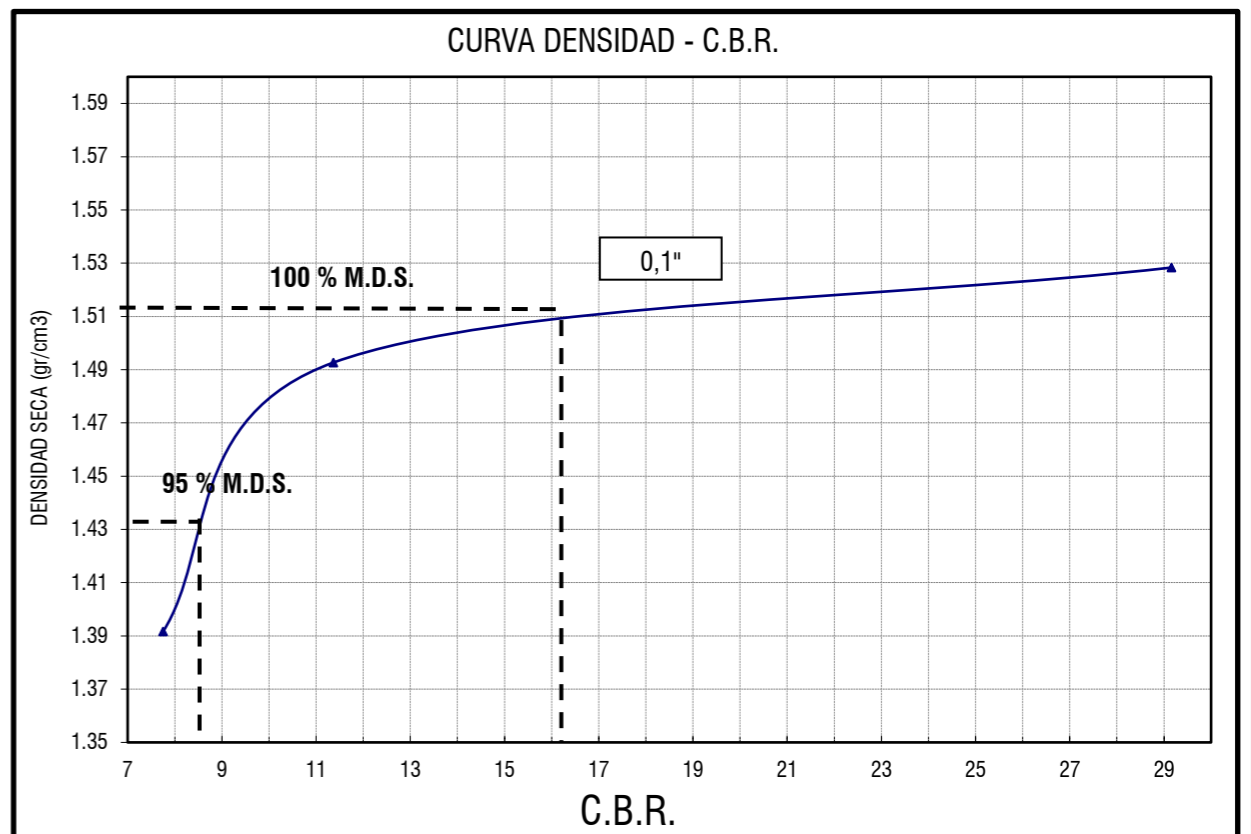
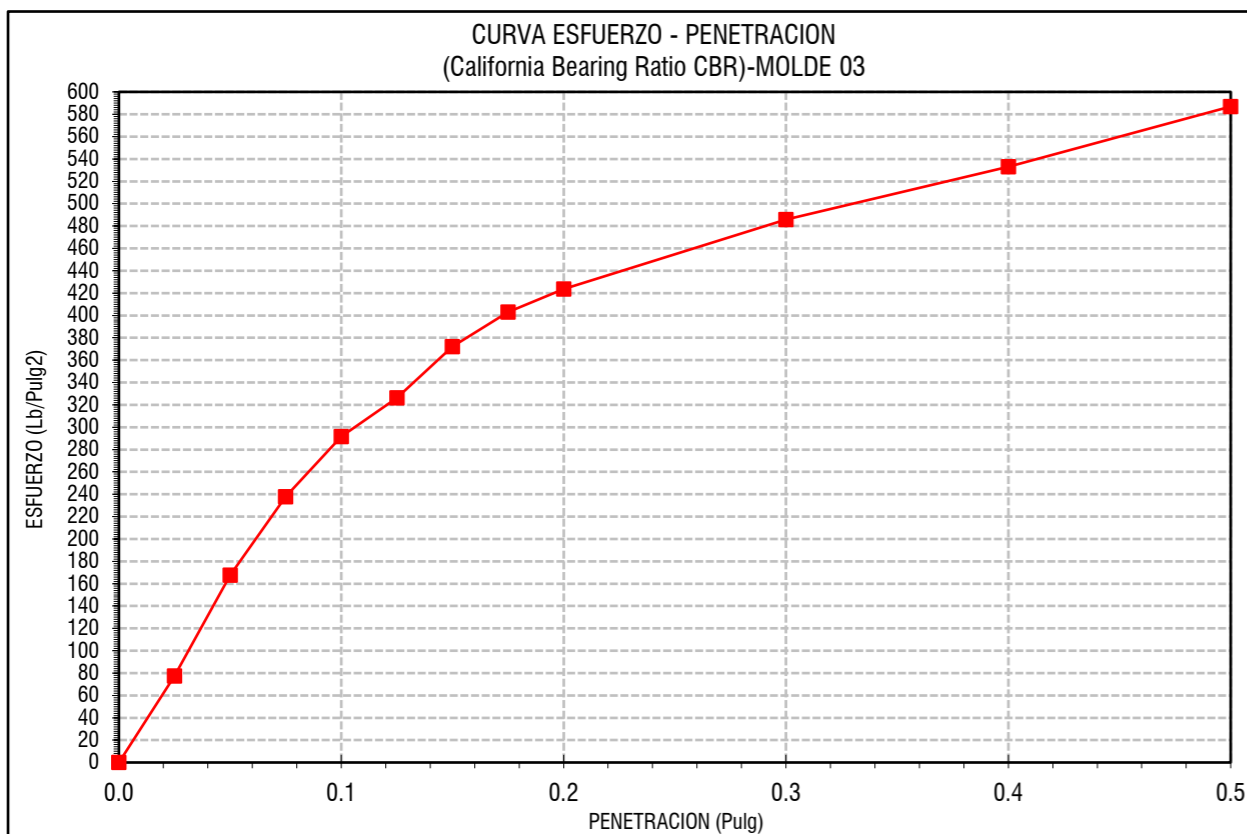
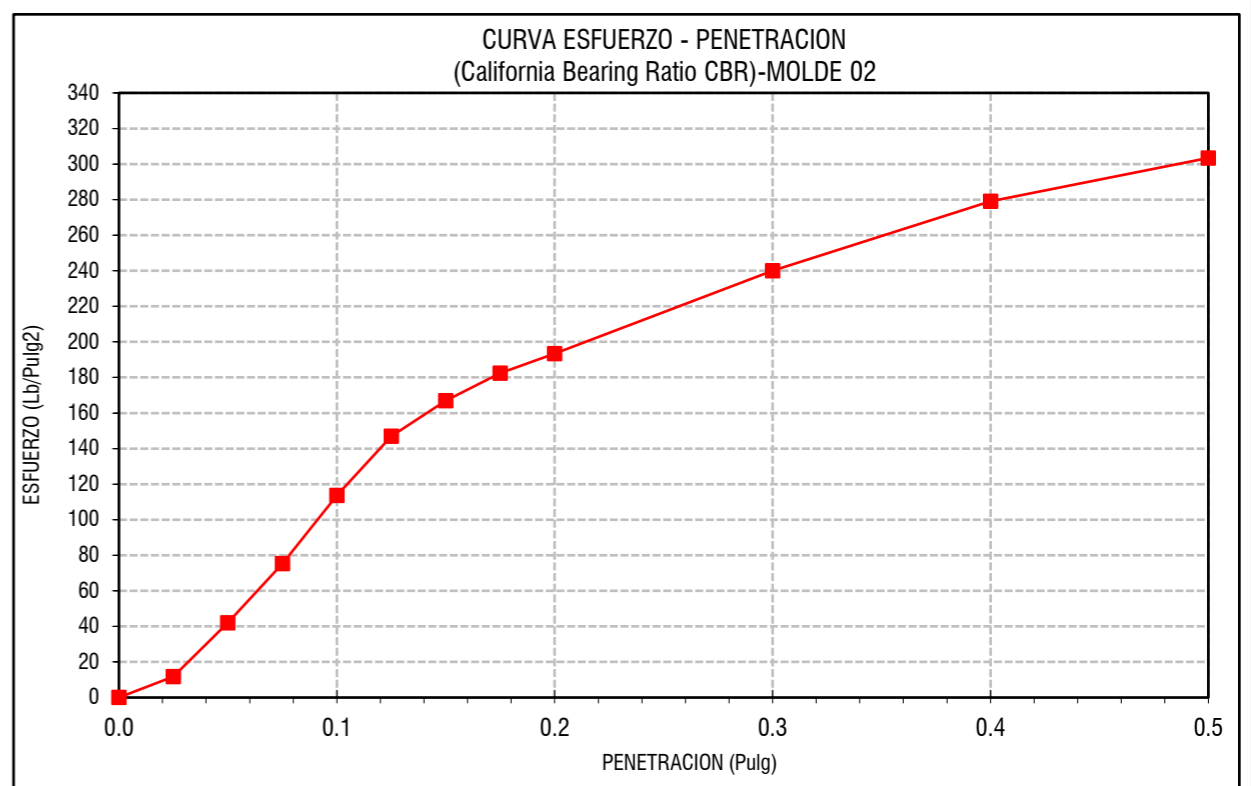
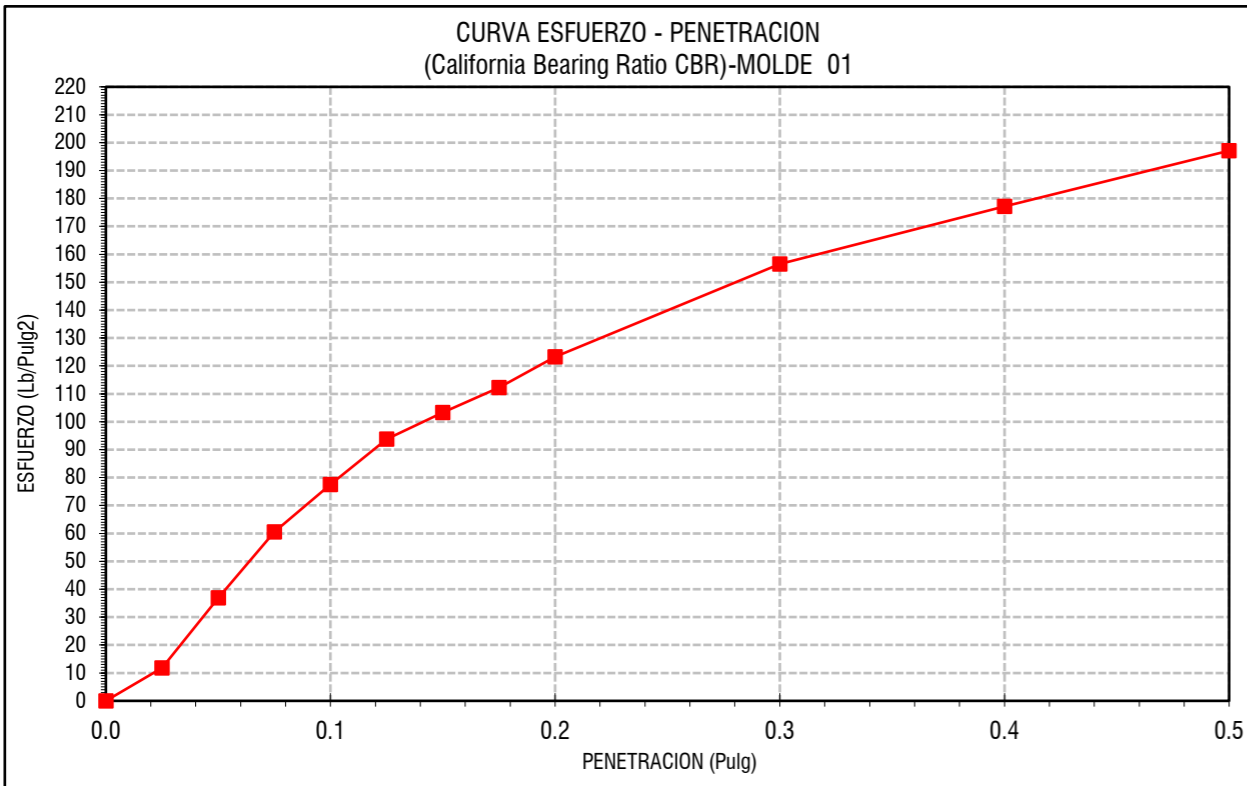
DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA

CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN

COORDENADAS

ESTE 760923.06

NORTE 9286537.04



(*) Valores Corregidos

MOLDE N°	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA CORREGIDA (Lb/pulg2)	PRESION PATRON (Lb/pulg2)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
MOLDE 01	0.1	77.52	1000	7.75	1.39
MOLDE 02	0.1	113.70	1000	11.37	1.49
MOLDE 03	0.1	291.62	1000	29.16	1.53

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (A.S.T.M. D 1557)

DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm3) :	1.51
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMO (%) :	14.20

VALOR C.B.R. (A.S.T.M. D 1883)

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. (0,1")=	8.50%
C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. (0,1")=	16.00%

OBSERVACIONES:

PERIODO DE SUMERGIDO: 04 DIAS

Walter Manuel Vasquez Tapia
WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.CIP. N° 214467
Ingeniero especialista

Aladino Sánchez Vásquez
Testista

Miguel Ángel Espinoza Tarrillo
Miguel Ángel ESPINOZA TARRILLO
Ingeniero Civil
CIP 157703
Asesor (a)



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

TESIS "INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE SUELOS ARCILLOSOS CHOTA"

CBR

ASTM D 1883 Y AASHTO T 193

RESPONSABLE :

ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ

UBICACIÓN :

DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA

UBICACIÓN DE LA CALICATA :

CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN

CALICATA N° : C-3

MUESTRA M - 4

PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m

FECHA : 14/10/2021

COORDENADAS

ESTE	760923.06
NORTE	9286537.04

COMPACTACION C B R

NUMERO MOLDE	1	2	3
Altura Molde (mm)	177	177	177
N° Capas	5	5	5
N°Golpes x Capa	12	25	56

Condición de Muestra	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES		ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	
P. Húmedo + Molde (gr)	10620.0	11381.0	10800.0	11663.0	11200.0	11870.0		
Peso Molde (gr)	7746.0	7746.0	7532.0	7532.0	7490.0	7490.0		
Peso Húmedo (gr)	2874.0	3635.0	3268.0	4131.0	3710.0	4380.0		
Volumen del Molde (cm ³)	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80		
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.356	1.716	1.543	1.950	1.751	2.067		

CONTENIDO DE HUMEDAD

Número de Ensayo	222	257	112	182	104	104	51	114	115
P.Húmedo + Tara (gr)	126.00	127.00	102.75	127.30	106.65	104.65	141.90	118.40	122.46
Peso Seco + Tara (gr)	114.12	115.36	81.43	115.81	96.40	83.59	129.19	107.73	98.70
Peso Agua (gr)	11.88	11.64	21.32	11.49	10.25	21.06	12.71	10.67	23.76
Peso Tara (gr)	25.60	24.20	24.02	24.10	22.23	22.23	25.40	24.70	24.03
P. Muestra Seca (gr)	88.52	91.16	57.41	91.71	74.17	61.36	103.79	83.03	74.67
Contenido de Humedad (%)	13.42%	12.77%	37.14%	12.53%	13.82%	34.32%	12.25%	12.85%	31.82%
C.Humedad Promedio (%)	13.09%		37.14%	13.17%		34.32%	12.55%		31.82%
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.199		1.251	1.363		1.452	1.556		1.568

ENSAYO DE HINCHAMIENTO

TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE N° 1			NUMERO DE MOLDE N° 2			NUMERO DE MOLDE N° 3		
(Hs)	(Dias)	LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO	
			(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	1.750	44.450	25.11	0.460	11.684	6.60	9.390	238.506	134.75
48	2	1.560	39.624	22.39	0.510	12.954	7.32	9.460	240.284	135.75
72	3	1.410	35.814	20.23	0.520	13.208	7.46	10.480	266.192	150.39
96	4	1.370	34.798	19.66	0.530	13.462	7.61	9.490	241.046	136.18

ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
(mm)	(pulg)	CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO	
			(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	145.00	7.49	107.05	139.00	7.18	102.62	328.00	16.95	242.16
1.27	0.050	244.00	12.61	180.14	307.00	15.87	226.65	607.00	31.37	448.14
1.91	0.075	313.00	16.18	231.08	437.00	22.58	322.63	770.00	39.79	568.48
2.54	0.100	354.00	18.29	261.35	480.00	24.81	354.37	870.00	44.96	642.30
3.18	0.125	395.00	20.41	291.62	651.00	33.64	480.62	926.00	47.86	683.65
3.81	0.150	423.00	21.86	312.29	690.00	35.66	509.41	965.00	49.87	712.44
4.45	0.175	446.00	23.05	329.27	713.00	36.85	526.39	965.00	49.87	712.44
5.08	0.200	462.00	23.88	341.09	721.00	37.26	532.30	965.00	49.87	712.44
7.62	0.300	489.00	25.27	361.02	724.00	37.42	534.51	965.00	49.87	712.44
10.16	0.400	509.00	26.30	375.78	724.00	37.42	534.51	965.00	49.87	712.44
12.70	0.500	538.00	27.80	397.19	792.00	40.93	584.72	965.00	49.87	712.44

WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.C.I.P. N° 214467
Ingeniero especialista

Tesisista

MIGUEL ÁNGEL DE LA TORRE TARRILLO
Ingeniero Civil
C.I.P. N° 207723
Asesor (a)



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

TESIS "INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE SUELOS ARCILLOSOS CHOTA"

CBR

ASTM D 1883 Y AASHTO T 193

RESPONSABLE :

UBICACIÓN :

UBICACIÓN DE LA CALICATA :

CALICATA N° : C-3

PROFUNDIDAD :

FECHA :

MUESTRA

0.00 m A 1.50 m

14/10/2021

M - 4

ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ

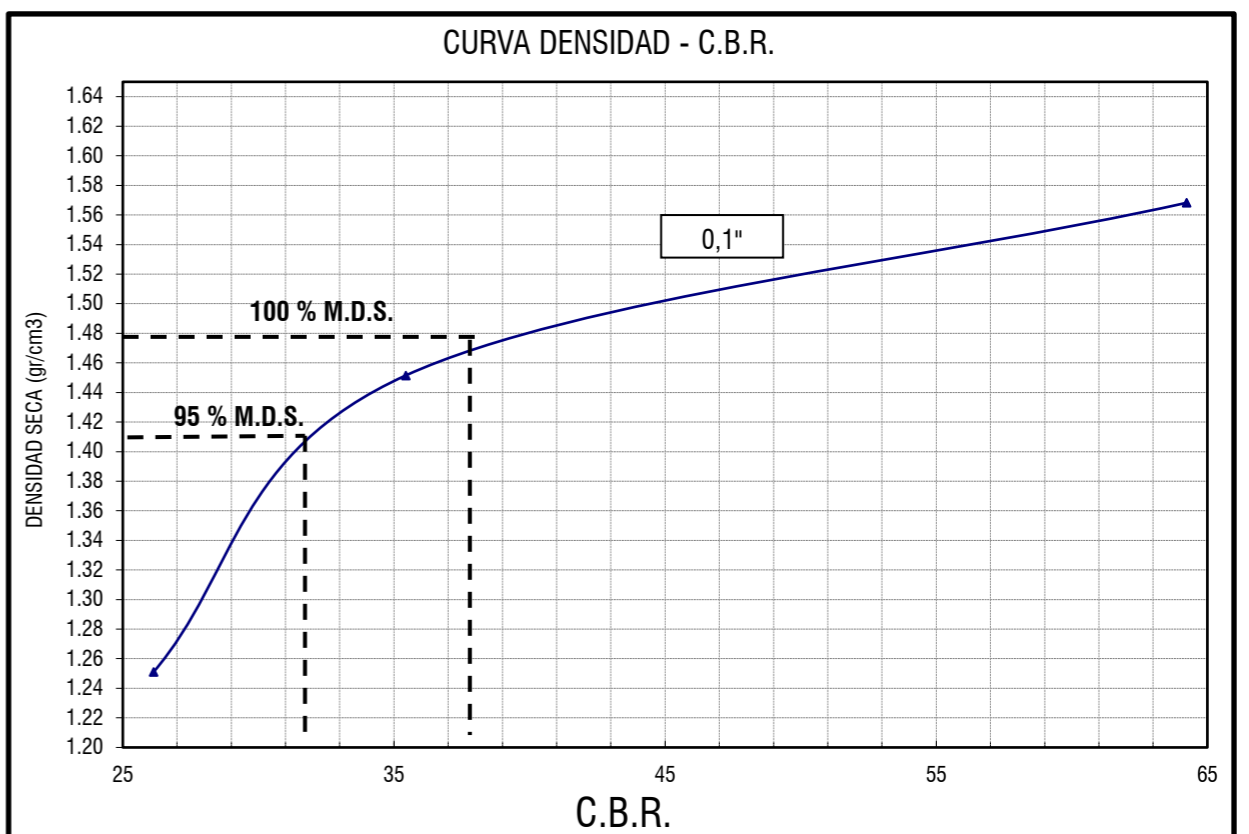
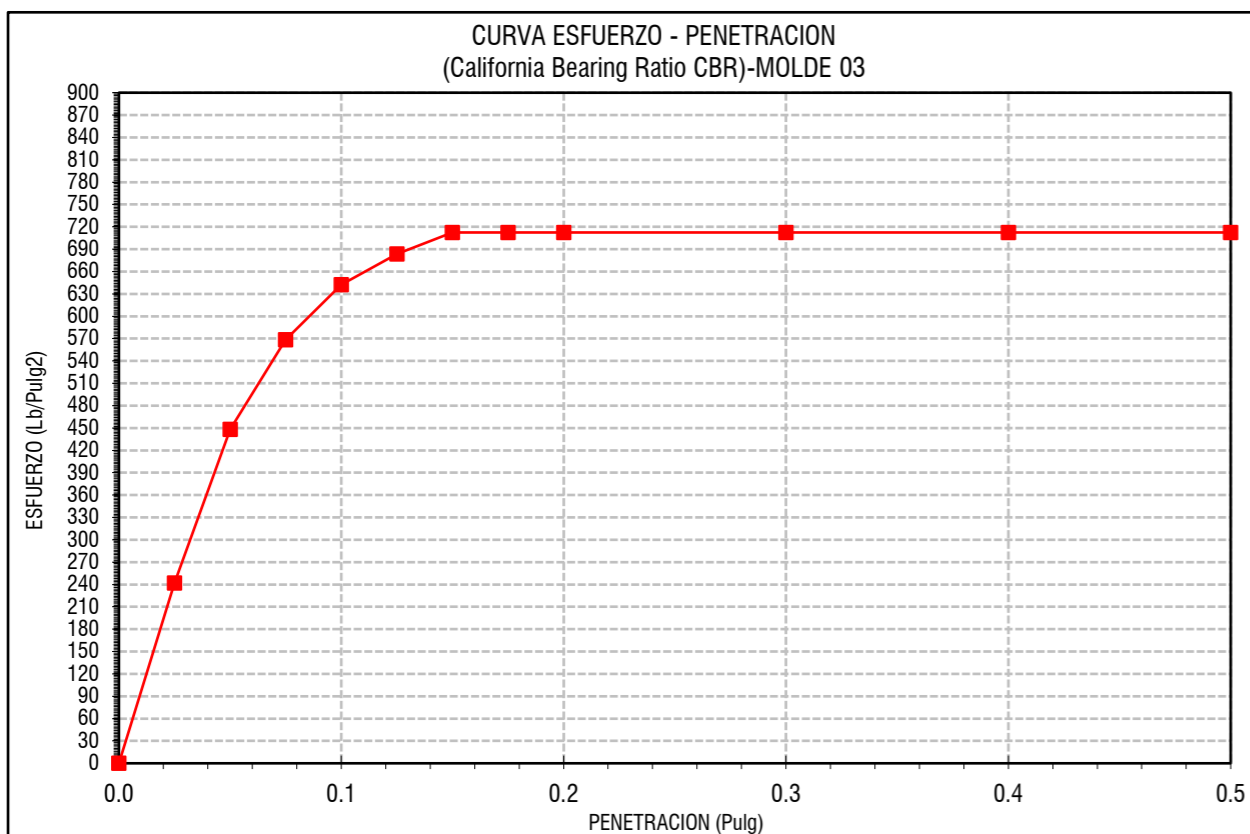
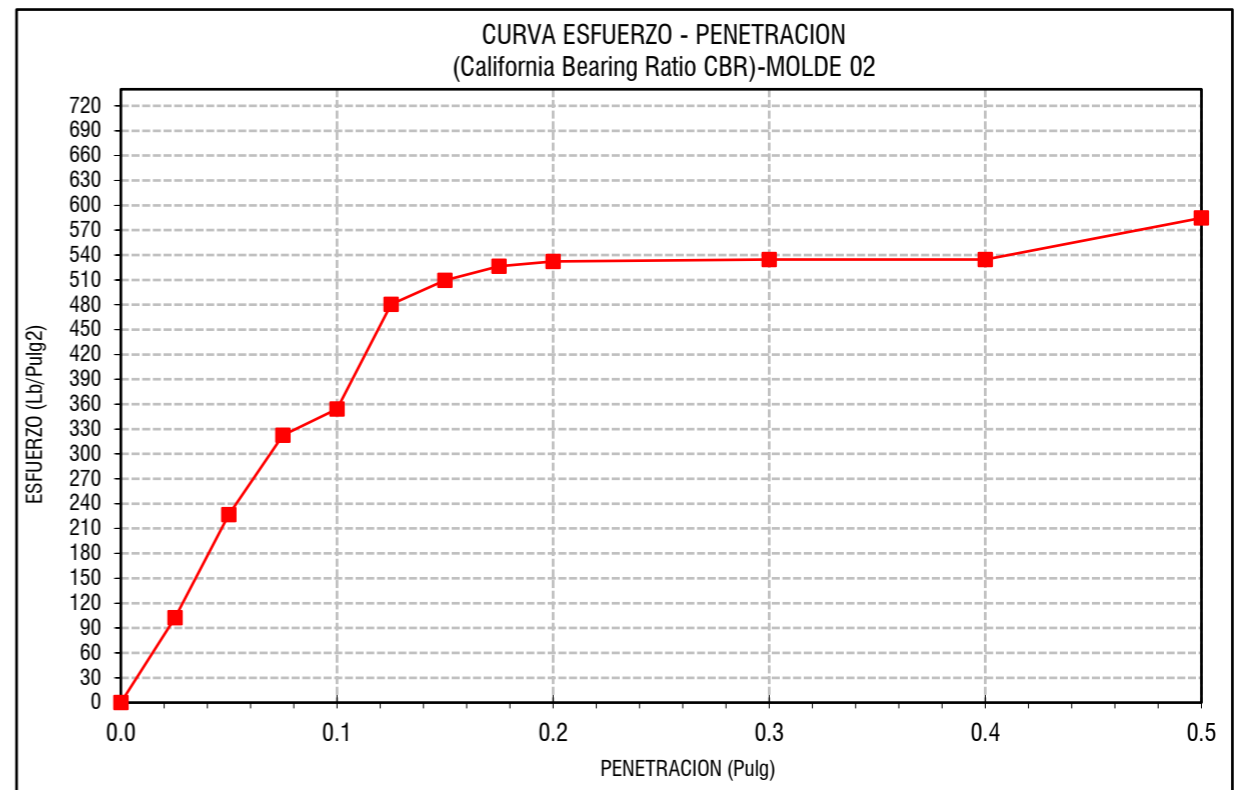
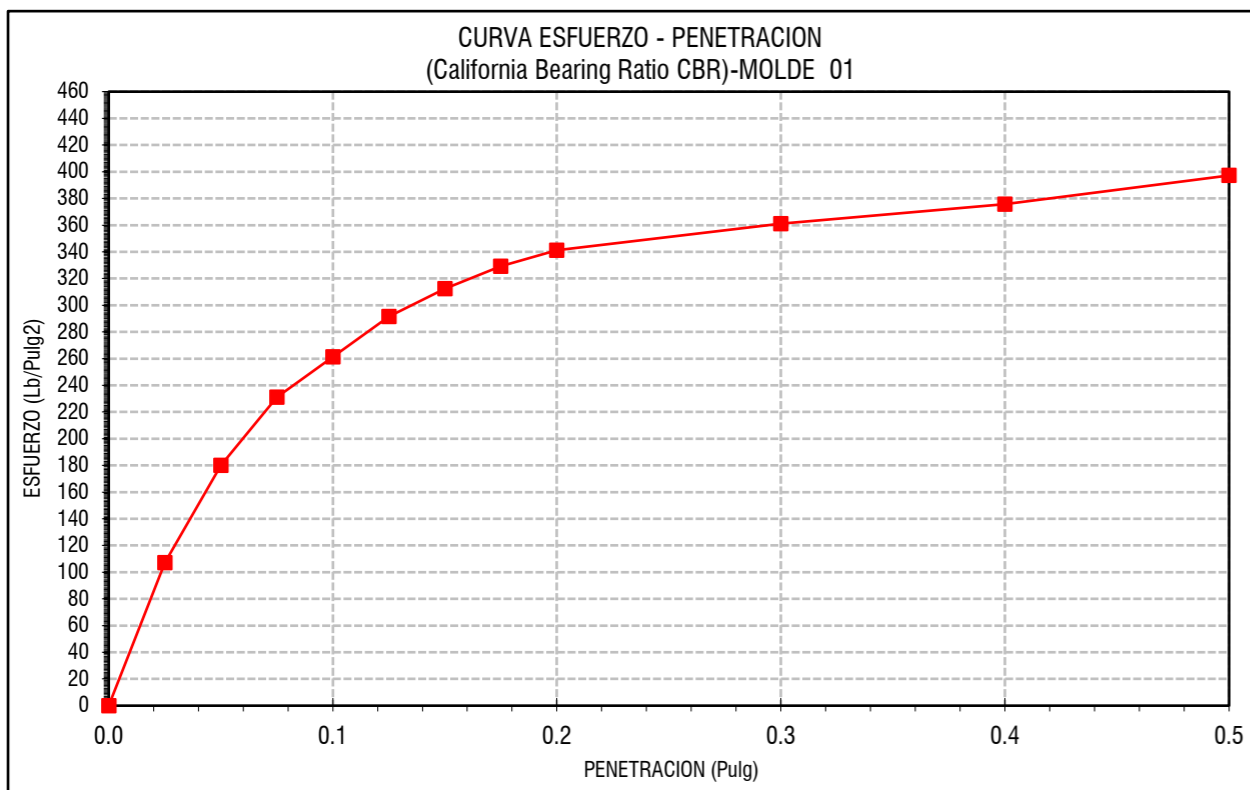
DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA

CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN

COORDENADAS

ESTE 760923.06

NORTE 9286537.04



(*) Valores Corregidos

MOLDE N°	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA CORREGIDA (Lb/pulg ²)	PRESION PATRON (Lb/pulg ²)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)
MOLDE 01	0.1	261.35	1000	26.14	1.25
MOLDE 02	0.1	354.37	1000	35.44	1.45
MOLDE 03	0.1	642.30	1000	64.23	1.57

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (A.S.T.M. D 1557)

VALOR C.B.R. (A.S.T.M. D 1883)

DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm ³) :	1.47	C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. (0,1")=	31.00%
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMO (%) :	18.00	C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. (0,1")=	38.00%

OBSERVACIONES:

PERIODO DE SUMERGIDO: 04 DIAS

Walter
WALTER MANUEL VÁSQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.CIP. N° 214467
Ingeniero especialista

Aladino
Tesisista

Miguel
Miguel Ángel TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP 187752
Asesor (a)



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

TESIS "INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE SUELOS ARCILLOSOS CHOTA"

CBR

ASTM D 1883 Y AASHTO T 193

RESPONSABLE :

ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ

UBICACIÓN :

DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA

UBICACIÓN DE LA CALICATA :

CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN

CALICATA N° : C-3

MUESTRA M - 5

PROFUNDIDAD : 0.00 m A 1.50 m

FECHA : 14/10/2021

COORDENADAS

ESTE	760923.06
NORTE	9286537.04

COMPACTACION C B R

NUMERO MOLDE	1		2		3			
	Altura Molde (mm)	N° Capas	N° Capas	N° Golpes x Capa	N° Capas	N° Golpes x Capa		
Altura Molde (mm)	177	5	177	5	177	5		
N° Capas	5	12	5	25	5	56		
N° Golpes x Capa	12		25		56			
Condición de Muestra	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES		ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	
P. Húmedo + Molde (gr)	11450.0	11999.0	11622.0	11713.0	11904.0	12210.0		
Peso Molde (gr)	7996.0	7996.0	7532.0	7532.0	7490.0	7490.0		
Peso Húmedo (gr)	3454.0	4003.0	4090.0	4181.0	4414.0	4720.0		
Volumen del Molde (cm ³)	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80	2118.80		
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.630	1.889	1.930	1.973	2.083	2.228		

CONTENIDO DE HUMEDAD

Número de Ensayo	203	297	113	182	105	115	51	114	106	
P. Húmedo + Tara (gr)	102.75	127.00	104.95	127.30	126.82	126.82	141.90	118.40	133.37	
Peso Seco + Tara (gr)	81.43	111.36	83.07	102.81	103.41	101.41	114.19	100.73	108.05	
Peso Agua (gr)	21.32	15.64	21.88	24.49	23.41	25.41	27.71	17.67	25.32	
Peso Tara (gr)	24.02	24.20	24.03	24.10	22.40	22.40	25.40	24.70	25.55	
P. Muestra Seca (gr)	57.41	87.16	59.04	78.71	81.01	79.01	88.79	76.03	82.50	
Contenido de Humedad (%)	37.14%	17.94%	37.06%	31.11%	28.90%	32.16%	31.21%	23.24%	30.69%	
C. Humedad Promedio (%)	27.54%		37.06%		30.01%		32.16%		27.22%	
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.278		1.378		1.485		1.493		1.637	

ENSAYO DE HINCHAMIENTO

TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE N° 1			NUMERO DE MOLDE N° 2			NUMERO DE MOLDE N° 3		
(Hs)	(Dias)	LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO	
			(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	4.400	111.760	63.14	10.460	265.684	150.10	0.800	20.320	11.48
48	2	4.440	112.776	63.72	10.700	271.780	153.55	0.820	20.828	11.77
72	3	4.450	113.030	63.86	10.600	269.240	152.11	0.830	21.082	11.91
96	4	4.460	113.284	64.00	9.300	236.220	133.46	0.840	21.336	12.05

ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
(mm)	(pulg)	CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO		CARGA Kg.	ESFUERZO	
			(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)		(Kg/cm ²)	(Lb/pulg ²)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	108.00	5.58	79.73	21.00	1.09	15.50	139.00	7.18	102.62
1.27	0.050	194.00	10.03	143.23	71.00	3.67	52.42	298.00	15.40	220.01
1.91	0.075	251.00	12.97	185.31	150.00	7.75	110.74	484.00	25.01	357.33
2.54	0.100	299.00	15.45	220.75	620.00	32.04	457.73	720.00	37.21	531.56
3.18	0.125	346.00	17.88	255.44	648.00	33.49	478.41	832.00	43.00	614.25
3.81	0.150	384.00	19.84	283.50	656.00	33.90	484.31	887.00	45.84	654.85
4.45	0.175	389.00	20.10	287.19	685.00	35.40	505.72	933.00	48.22	688.82
5.08	0.200	399.00	20.62	294.57	699.00	36.12	516.06	970.00	50.13	716.13
7.62	0.300	475.00	24.55	350.68	721.00	37.26	532.30	1146.00	59.22	846.07
10.16	0.400	531.00	27.44	392.03	734.00	37.93	541.90	1256.00	64.91	927.28
12.70	0.500	570.00	29.46	420.82	786.00	40.62	580.29	1404.00	72.56	1036.54

Walter
WALTER MANUEL VÁSQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg. CIP. N° 214467
Ingeniero especialista

Aladino
Aladino Sánchez Vásquez
Tesisista

Luis
Luis Argenteo Tarrillo
Ingeniero Civil
CIP. N° 257752
Asesor (a)



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

TESIS "INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL EN EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE SUELOS ARCILLOSOS CHOTA"

CBR

ASTM D 1883 Y AASHTO T 193

RESPONSABLE :

UBICACIÓN :

UBICACIÓN DE LA CALICATA :

CALICATA N° : C-3

PROFUNDIDAD :

FECHA :

MUESTRA

0.00 m A 1.50 m

14/10/2021

M - 5

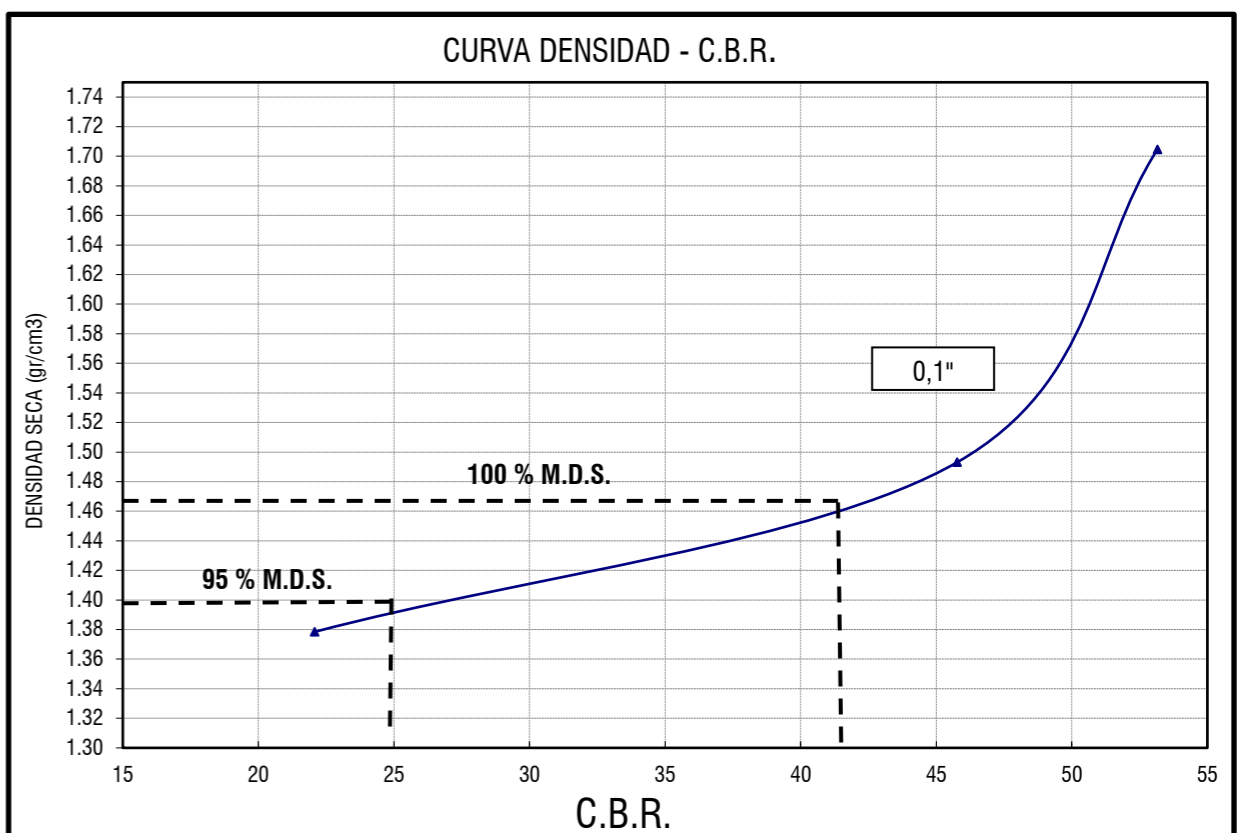
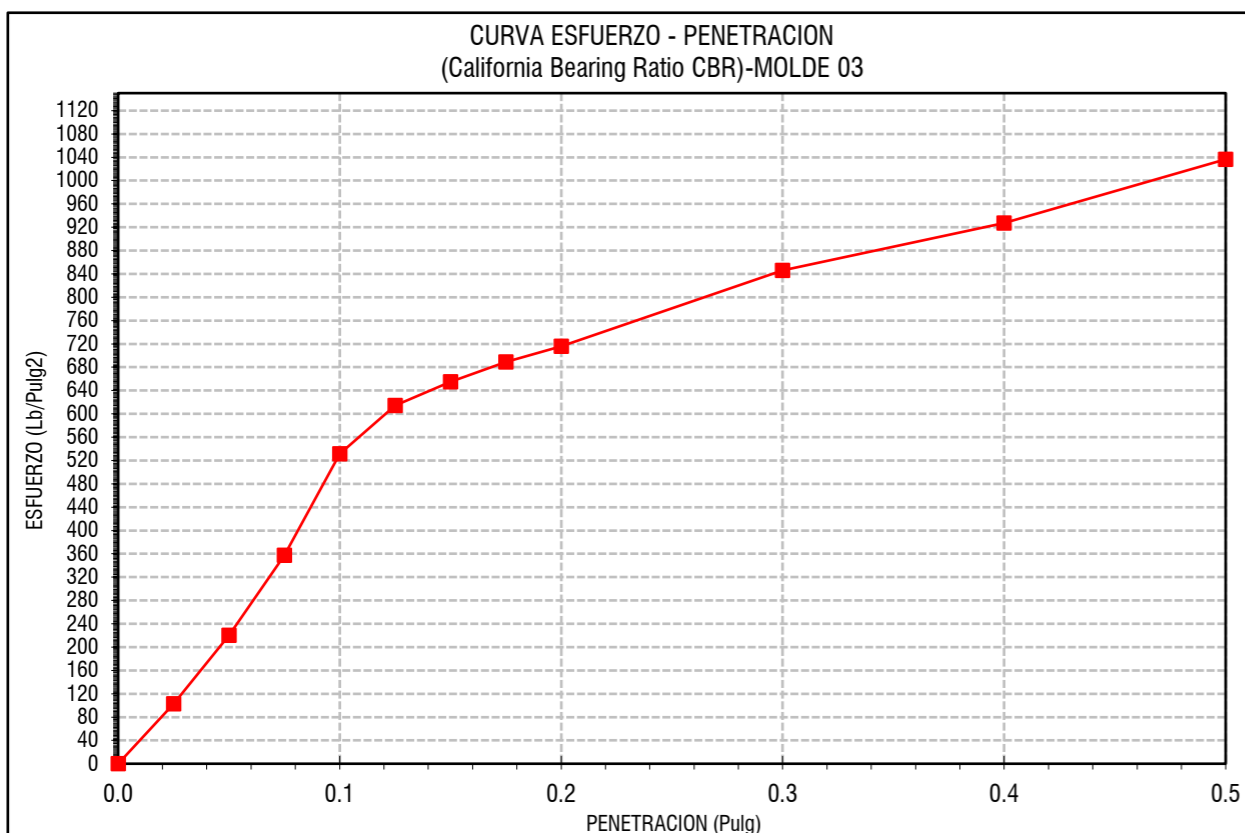
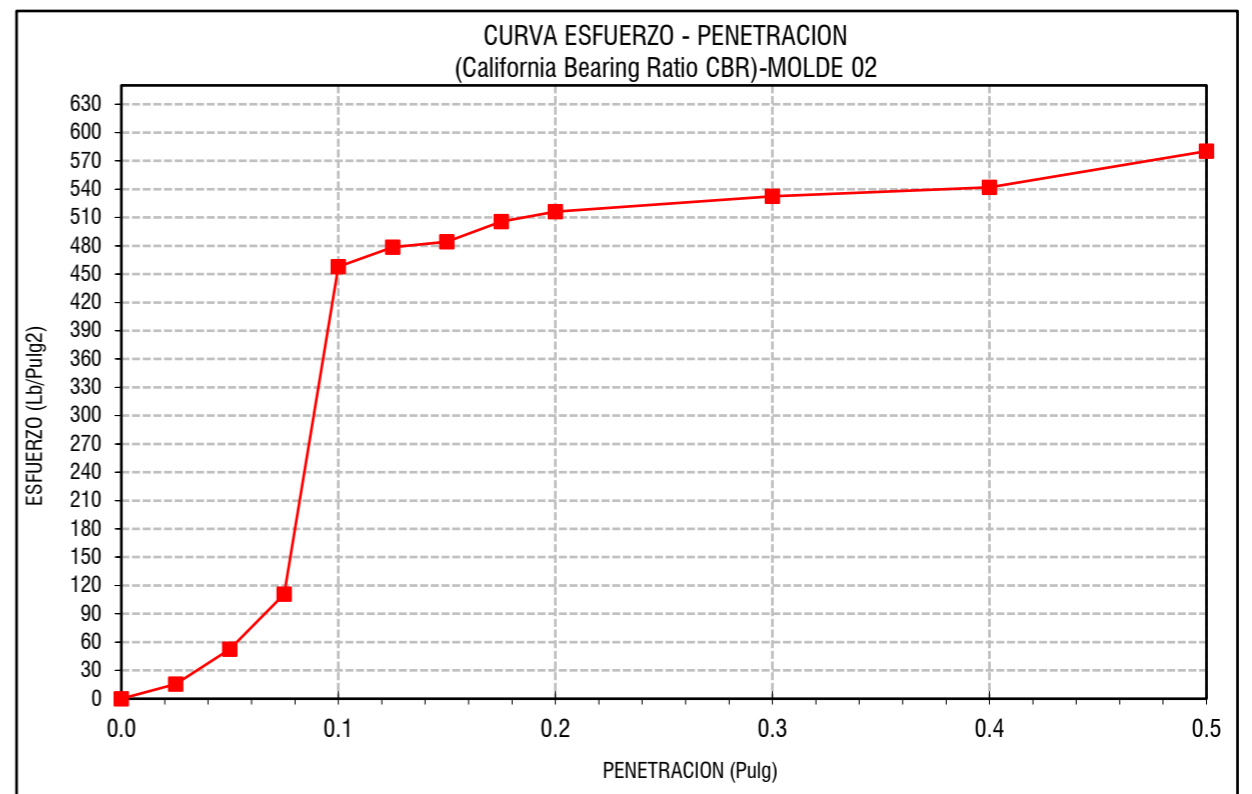
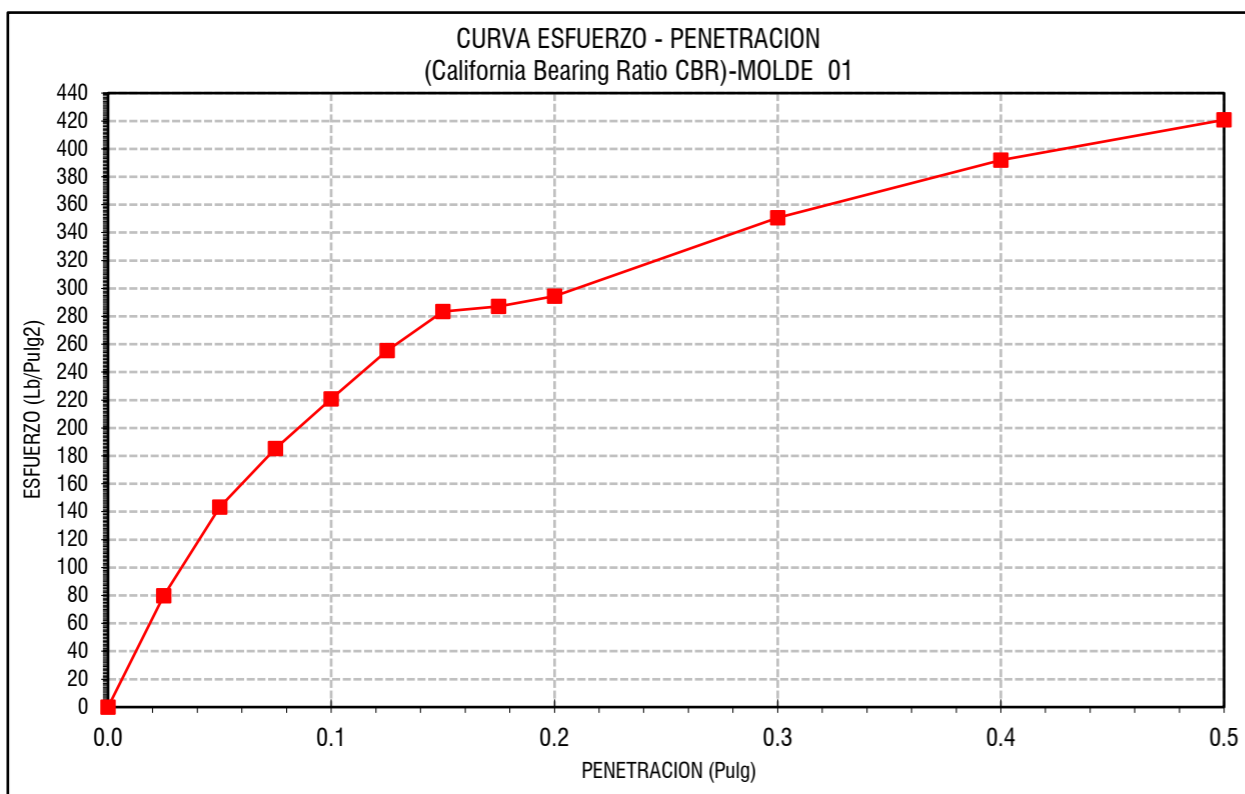
ALADINO SÁNCHEZ VÁSQUEZ

DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA

CARRETERA LA PALMA - CONCHÁN

COORDENADAS

ESTE	760923.06
NORTE	9286537.04



(*) Valores Corregidos

MOLDE N°	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA CORREGIDA (Lb/pulg ²)	PRESION PATRON (Lb/pulg ²)	C.B.R. %	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)
MOLDE 01	0.1	220.75	1000	22.07	1.38
MOLDE 02	0.1	457.73	1000	45.77	1.49
MOLDE 03	0.1	531.56	1000	53.16	1.70

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (A.S.T.M. D 1557)

DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm ³) :	1.46
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMO (%) :	21.00

VALOR C.B.R. (A.S.T.M. D 1883)

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. (0,1")=	25.00%
C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. (0,1")=	41.00%

OBSERVACIONES:

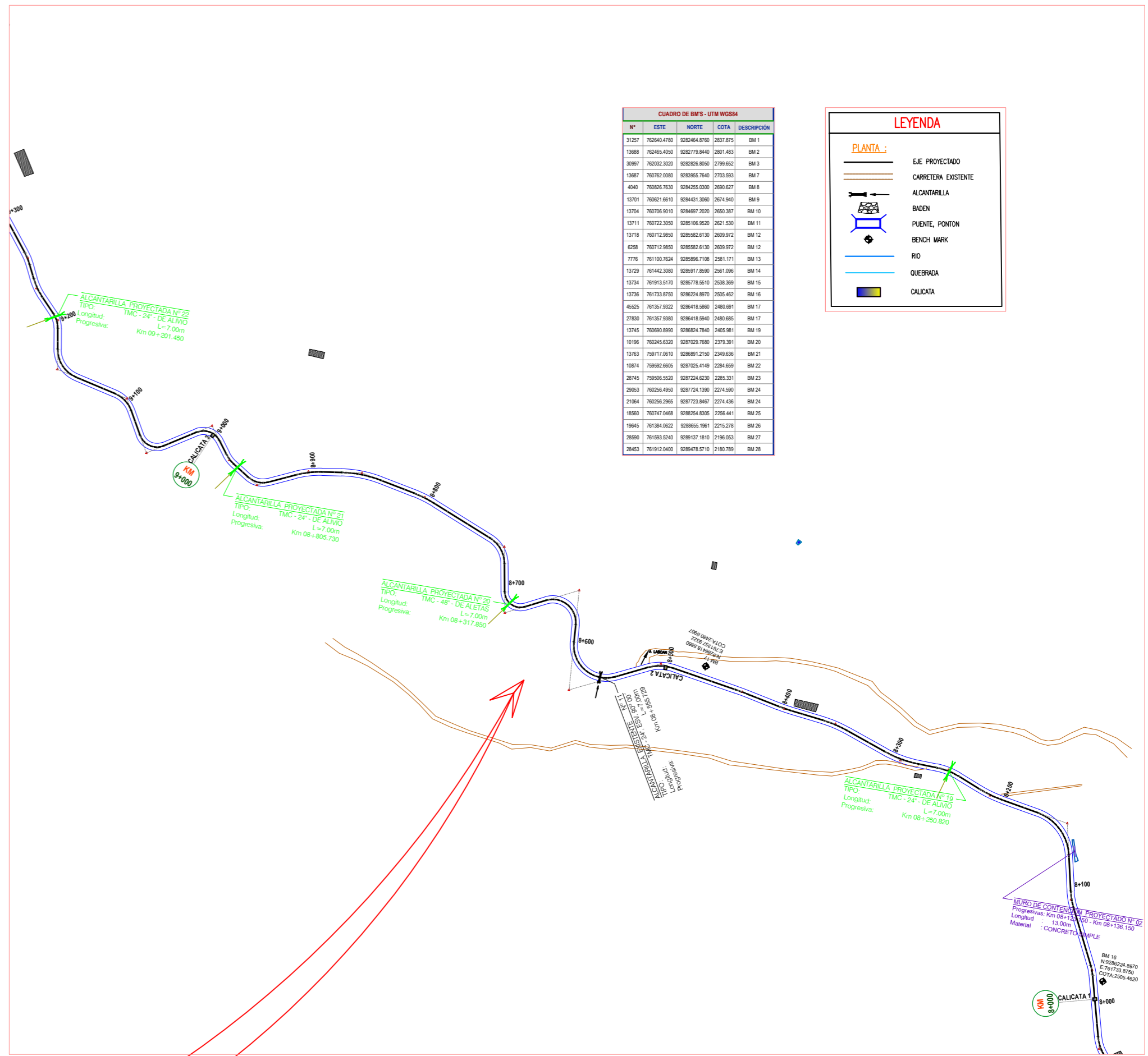
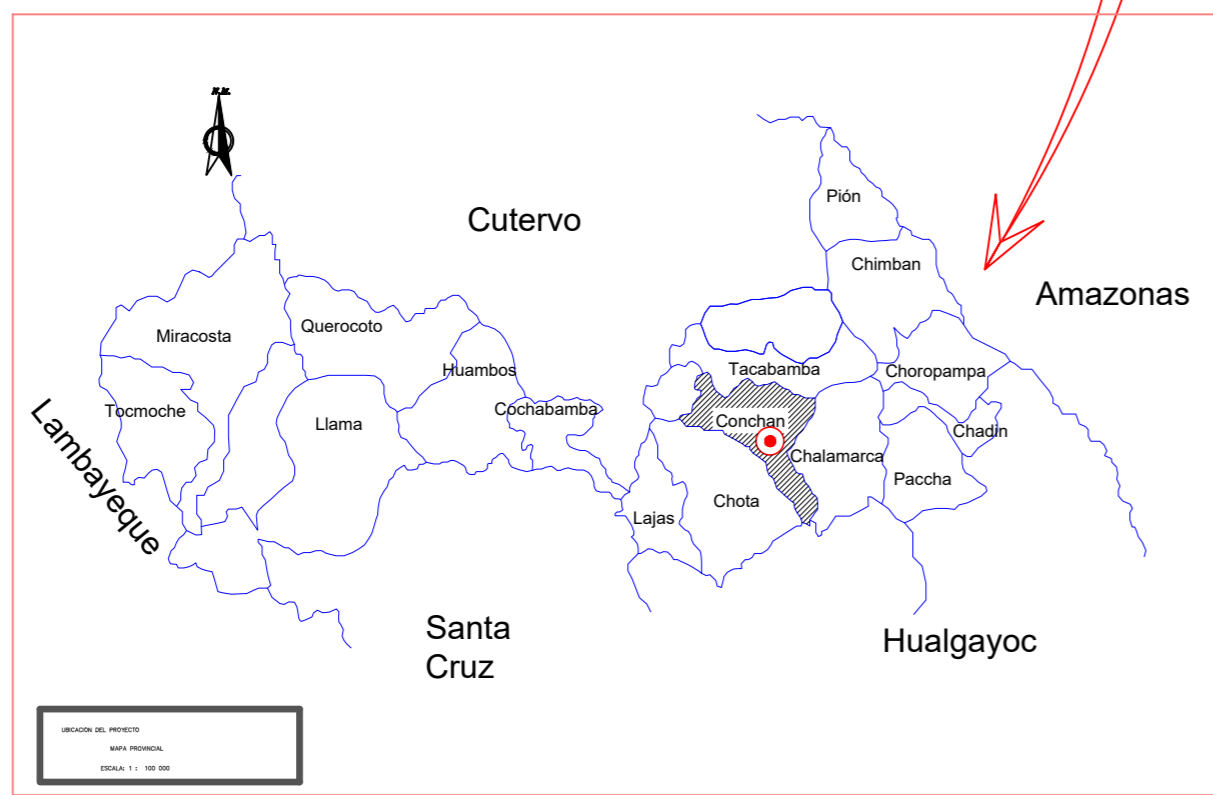
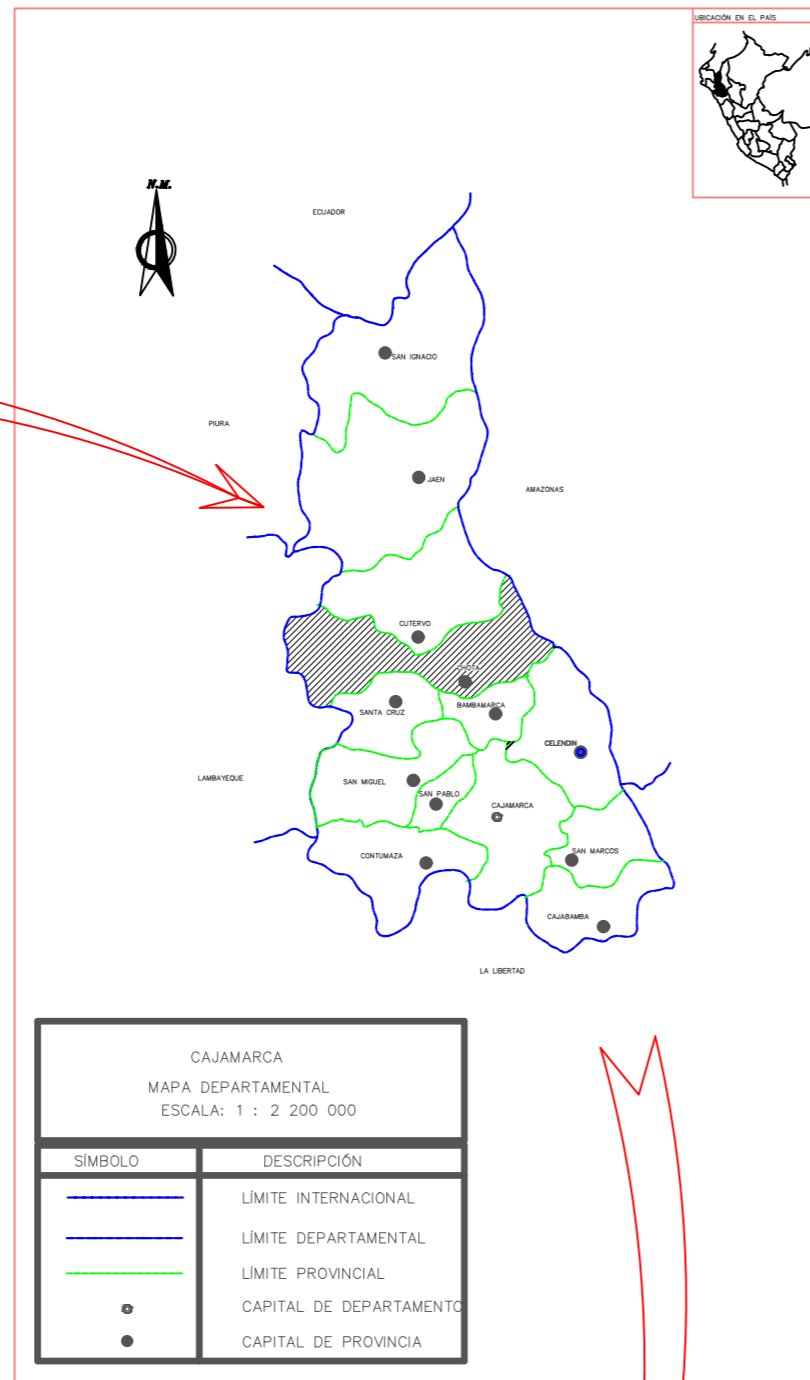
PERIODO DE SUMERGIDO: 04 DIAS

Walter Manuel Vasquez Tapia
WALTER MANUEL VASQUEZ TAPIA
Ingeniero Hidráulico
Reg.CIP. N° 214467
Ingeniero especialista

Aladino Sánchez Vásquez
Aladino Sánchez Vásquez
Tesis

Miguel Ángel Baza Tarrillo
Miguel Ángel BAZA TARRILLO
Ingeniero Civil
CIP 55762
Asesor (a)

Anexo H. Planos

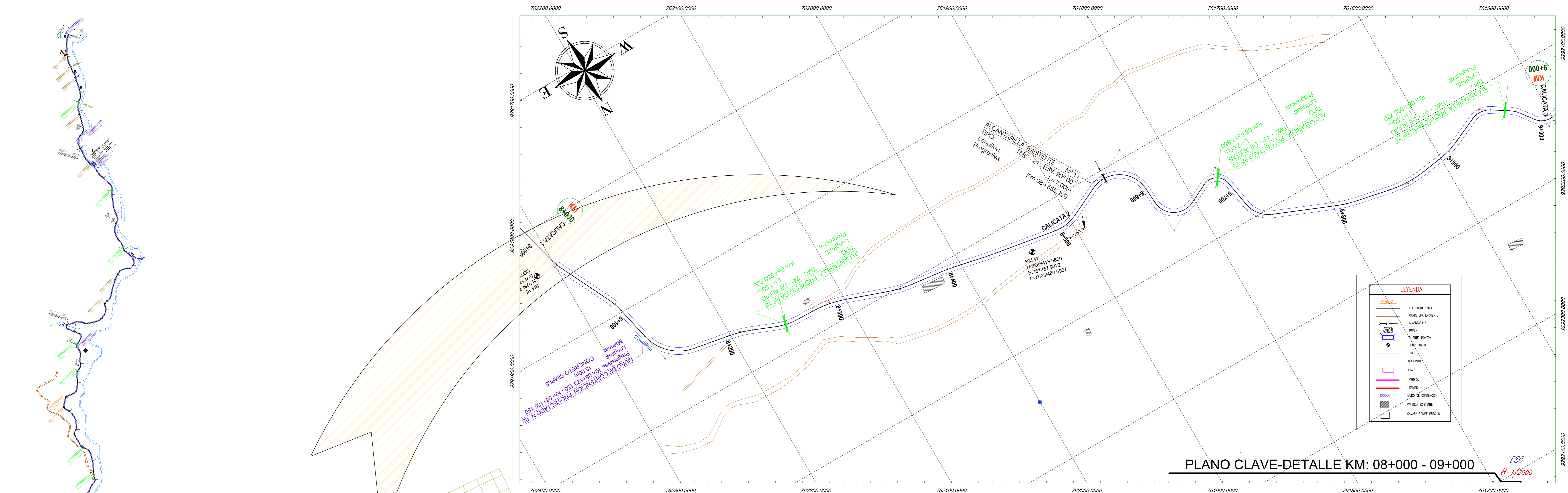


PLANO:
PLANO UBICACIÓN
KM: 8+000 - 09+000

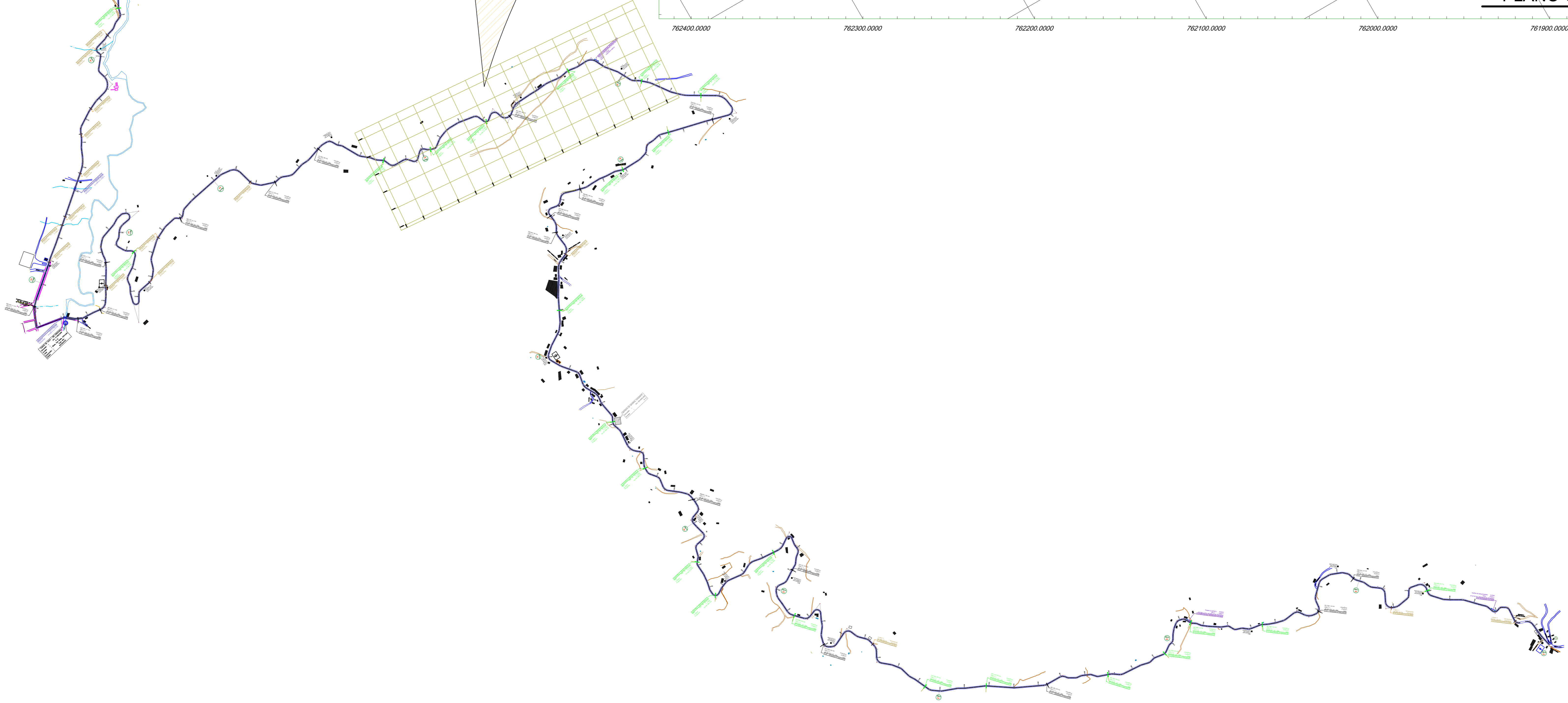
REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CONCHAN

ESCALA: INDICADA

LAMINA
PU-01



PLANO CLAVE-DETALLE KM: 08+000 - 09+000
E.S.C. H. 1/2000



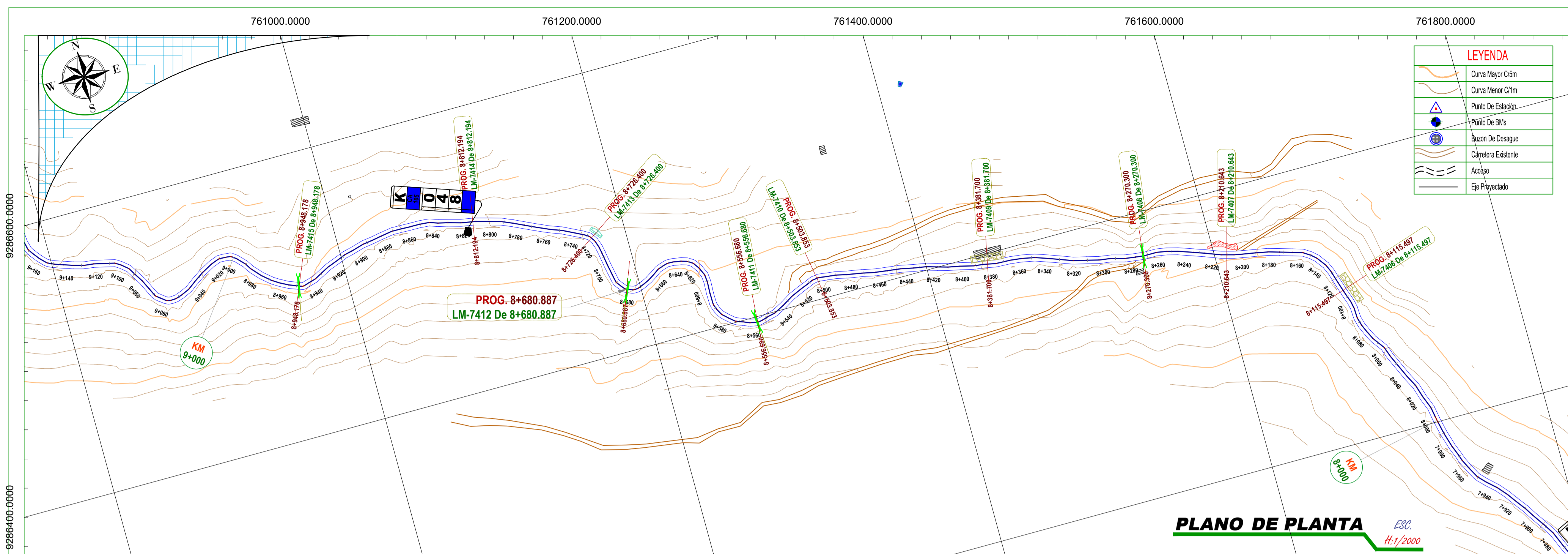
PLANO CLAVE KM:00+000-16+012.75
E.S.C. H. 1/500

CUADRO DE BM'S - UTM WGS84				
Nº	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCIÓN
31257	762640.4780	9282464.8760	2837.875	BM 1
13688	762465.4050	9282779.8440	2801.483	BM 2
30987	762032.3020	9282826.8050	2799.652	BM 3
13687	760762.0080	9283955.7640	2703.593	BM 7
4040	760826.7630	9284255.0300	2690.627	BM 8
13701	760621.6610	9284431.3060	2674.940	BM 9
13704	760706.9010	9284697.2020	2650.387	BM 10
13711	760722.3050	9285106.9520	2621.530	BM 11
13718	760712.9850	9285582.6130	2609.972	BM 12
6258	760712.9850	9285582.6130	2609.972	BM 12
7776	761100.7624	9285896.7108	2581.171	BM 13
13729	761442.3080	9285917.8590	2561.096	BM 14
13734	761913.5170	9285778.5510	2538.369	BM 15
13736	761733.8750	9286224.8970	2505.462	BM 16
45525	761357.9322	9286418.5860	2480.691	BM 17
27830	761357.9380	9286418.5940	2480.685	BM 17
13745	760690.8990	9286824.7840	2405.981	BM 19
10196	760245.6320	9287029.7680	2379.391	BM 20
13763	759717.0610	9286891.2150	2349.636	BM 21
10874	759592.6605	9287025.4149	2284.659	BM 22
28745	759506.5520	9287224.6230	2285.331	BM 23
29053	760256.4950	9287724.1390	2274.590	BM 24
21064	760256.2965	9287723.8467	2274.436	BM 24
18560	760747.0468	9288254.8305	2256.441	BM 25
19645	761384.0622	9288655.1961	2215.278	BM 26
28590	761593.5240	9289137.1810	2196.053	BM 27
28453	761912.0400	9289478.5710	2180.789	BM 28

PLANO: **PLANO CLAVE**
 KM: 00+000 - 16+012.75

REGION: CAJAMARCA ESCALA: INDICADA
 PROVINCIA: CHOTA
 DISTRITO: CONCHAN JULIO-2022

LAMINA
PC-01



ELEMENTOS DE CURVA

N°	S	R	L	T	A	C	E	M	P.C.	P.T.	P.I. ESTE	P.I. NORTE
PA-980	8	12	5.04	2.52	002°56'46"	5.04	0.03	0.03	7+998.43	8+033.47	76171.724	9286201.867
PA-981	1	12	0.66	0.33	011°46'25"	0.66	0.02	0.02	8+009.88	8+010.53	761720.134	9286210.986
PA-982	1	12	0.26	0.13	004°42'18"	0.26	0.00	0.00	8+019.62	8+019.89	761716.607	9286219.863
PA-983	1	12	0.60	0.30	010°49'57"	0.60	0.01	0.01	8+028.77	8+029.38	761713.889	9286228.779
PA-984	8	12	0.18	0.09	003°17'23"	0.18	0.00	0.00	8+037.81	8+037.99	761709.772	9286236.587
PA-985	8	12	0.29	0.15	005°14'55"	0.29	0.00	0.00	8+056.86	8+057.16	761701.846	9286253.976
PA-986	1	12	0.97	0.49	017°20'54"	0.96	0.04	0.04	8+064.03	8+065	761699.370	9286261.065
PA-987	8	12	0.26	0.13	004°44'45"	0.26	0.00	0.00	8+067.66	8+067.66	761702.765	9286243.496
PA-988	1	12	0.92	0.46	016°33'54"	0.92	0.03	0.03	8+072.22	8+073.15	761698.194	9286248.231
PA-989	1	12	1.40	0.71	029°05'17"	1.39	0.08	0.08	8+075.25	8+076.65	761694.926	9286244.508
PA-990	8	12	0.26	0.13	003°05'45"	0.26	0.00	0.00	8+081.29	8+081.29	761699.122	9286243.712
PA-991	8	12	0.55	0.28	009°52'44"	0.55	0.01	0.01	8+074.18	8+074.73	761693.441	9286269.047
PA-992	8	12	0.28	0.14	002°42'45"	0.28	0.00	0.00	8+080.35	8+080.50	761690.757	9286274.378
PA-993	8	12	0.50	0.25	008°54'45"	0.50	0.01	0.01	8+086.97	8+087.47	761687.990	9286280.931
PA-994	8	12	0.70	0.35	012°32'40"	0.70	0.02	0.02	8+093.15	8+093.65	761686.355	9286286.650
PA-995	1	12	0.54	0.27	009°39'44"	0.54	0.01	0.01	8+100.43	8+100.97	761686.034	9286293.851
PA-996	1	12	0.38	0.19	006°47'53"	0.38	0.01	0.01	8+105.34	8+105.72	761685.011	9286298.574
PA-997	8	12	0.07	0.04	001°16'42"	0.07	0.00	0.00	8+113.90	8+113.97	761682.275	9286306.514
PA-998	1	12	0.04	0.02	000°36'41"	0.04	0.00	0.00	8+121.58	8+121.58	761679.950	9286313.783
PA-999	1	12	0.40	0.20	007°09'05"	0.40	0.01	0.01	8+131.19	8+131.59	761677.061	9286323.177
PA-1000	1	12	0.69	0.35	012°21'01"	0.69	0.02	0.02	8+136.76	8+137.45	761674.714	9286328.288
PA-1001	1	12	0.70	0.35	012°30'52"	0.70	0.02	0.02	8+144.94	8+145.64	761669.832	9286334.964
PA-1002	1	12	0.43	0.22	007°45'56"	0.43	0.01	0.01	8+150.10	8+150.53	761666.035	9286338.252
PA-1003	1	12	0.92	0.46	016°28'11"	0.91	0.03	0.03	8+155.62	8+156.54	761661.201	9286341.407
PA-1004	1	12	0.01	0.01	000°12'41"	0.01	0.00	0.00	8+163.47	8+163.48	761654.117	9286343.526
PA-1005	1	12	0.02	0.01	000°21'51"	0.02	0.00	0.00	8+172.69	8+172.71	761645.266	9286346.139
PA-1006	1	12	0.29	0.15	005°17'05"	0.29	0.00	0.00	8+180.74	8+181.03	761637.405	9286348.405
PA-1007	1	12	0.05	0.02	000°52'17"	0.05	0.00	0.00	8+189.52	8+189.56	761628.901	9286350.027
PA-1008	8	12	0.05	0.02	000°53'45"	0.05	0.00	0.00	8+199.32	8+199.37	761619.247	9286351.716
PA-1009	8	12	0.25	0.13	004°30'01"	0.25	0.00	0.00	8+204.95	8+205.20	761613.610	9286352.793
PA-1010	8	12	0.30	0.15	005°23'14"	0.30	0.00	0.00	8+214.04	8+214.34	761604.820	9286355.202
PA-1011	1	12	0.07	0.03	001°12'47"	0.07	0.00	0.00	8+225.98	8+226.04	761593.766	9286359.380
PA-1012	1	12	0.00	0.00	000°02'24"	0.00	0.00	0.00	8+234.15	8+234.15	761586.096	9286362.095
PA-1013	1	12	0.27	0.14	004°54'15"	0.27	0.00	0.00	8+245.08	8+245.35	761575.664	9286365.797
PA-1014	1	12	0.28	0.14	009°48'27"	0.28	0.00	0.00	8+252.79	8+253.06	761568.205	9286367.744
PA-1015	1	12	0.55	0.27	009°48'27"	0.55	0.01	0.01	8+260.37	8+260.91	761560.599	9286369.033
PA-1016	1	12	0.38	0.19	006°52'40"	0.38	0.01	0.01	8+269.14	8+269.53	761551.901	9286369.004
PA-1017	8	12	0.06	0.03	001°01'01"	0.06	0.00	0.00	8+275.81	8+275.87	761545.444	9286369.761
PA-1018	8	12	0.43	0.22	007°42'45"	0.43	0.01	0.01	8+283.11	8+283.54	761538.028	9286370.754
PA-1019	1	12	0.42	0.21	007°30'11"	0.42	0.01	0.01	8+292.81	8+293.23	761528.678	9286373.343
PA-1020	8	12	0.35	0.18	006°19'41"	0.35	0.00	0.00	8+301.74	8+302.10	761519.861	9286374.568
PA-1021	1	12	0.02	0.01	000°19'45"	0.02	0.00	0.00	8+310.84	8+310.86	761511.208	9286376.765
PA-1022	1	12	0.36	0.18	006°24'18"	0.36	0.00	0.00	8+320.13	8+320.48	761502.028	9286379.039
PA-1023	1	12	0.01	0.01	000°13'28"	0.01	0.00	0.00	8+330.01	8+330.02	761492.923	9286382.410
PA-1024	1	12	0.07	0.03	001°11'47"	0.07	0.00	0.00	8+338.32	8+338.38	761485.069	9286385.276
PA-1025	1	12	0.40	0.20	007°06'21"	0.40	0.01	0.01	8+347.39	8+347.79	761476.349	9286386.267
PA-1026	1	12	0.28	0.14	005°02'45"	0.28	0.00	0.00	8+356.51	8+356.79	761467.481	9286390.119
PA-1027	1	12	0.27	0.13	004°47'16"	0.27	0.00	0.00	8+365.46	8+365.72	761458.604	9286391.169
PA-1028	8	12	0.53	0.27	009°32'48"	0.53	0.01	0.01	8+375.36	8+375.89	761448.573	9286391.511
PA-1029	1	12	0.28	0.14	004°56'44"	0.28	0.00	0.00	8+384.63	8+384.63	761439.882	9286393.280
PA-1030	8	12	0.39	0.19	006°55'48"	0.39	0.01	0.01	8+391.01	8+391.40	761433.213	9286394.047
PA-1031	1	12	0.11	0.05	001°57'43"	0.11	0.00	0.00	8+401.36	8+401.47	761423.291	9286396.427
PA-1032	8	12	0.23	0.11	004°03'18"	0.23	0.00	0.00	8+409.86	8+410.09	761414.899	9286398.138
PA-1033	8	12	0.07	0.03	001°10'26"	0.07	0.00	0.00	8+417.37	8+417.43	761407.749	9286400.132
PA-1034	1	12	0.39	0.20	007°03'36"	0.39	0.01	0.01	8+425.07	8+425.46	761400.215	9286402.400
PA-1035	1	12	0.13	0.06	002°08'45"	0.13	0.00	0.00	8+434.50	8+434.62	761391.054	9286403.965
PA-1036	1	12	0.25	0.12	004°28'59"	0.25	0.00	0.00	8+443.40	8+443.65	761382.280	9286405.605
PA-1037	1	12	0.01	0.00	000°05'28"	0.01	0.00	0.00	8+453.33	8+453.34	761372.551	9286407.061
PA-1038	1	12	0.26	0.13	004°37'22"	0.26	0.00	0.00	8+461.81	8+462.07	761364.010	9286408.150
PA-1039	1	12	0.12	0.06	003°01'02"	0.12	0.00	0.00	8+471.42	8+471.54	761354.681	9286410.115
PA-1040	8	12	0.17	0.08	006°21'19"	0.17	0.00	0.00	8+482.34	8+482.51	761343.897	9286411.981
PA-1041	1	12	0.35	0.18	006°37'53"	0.35	0.00	0.00	8+489.87	8+490.22	761336.462	9286413.676
PA-1042	8	12	0.05	0.03	001°56'40"	0.05	0.00	0.00	8+496.71	8+496.76	761329.813	9286414.433
PA-1043	1	12	0.93	0.47	014°05'18"	0.92	0.03	0.03	8+502.45	8+503.38	761323.686	9286415.230
PA-1044	1	12	0.78	0.39	001°58'48"	0.78	0.02	0.02	8+507.04	8+507.83	761319.219	9286414.504
PA-1045	8	12	0.11	0.06	001°59'31"	0.11	0.00	0.00	8+511.73	8+511.84	761315.224	9286412.781
PA-1046	1	12	0.11	0.06	007°50'07"	0.11	0.00	0.00	8+517.21	8+517.32	761310.117	9286410.786
PA-1047	1	12	0.44	0.22	004°15'25"	0.44	0.01	0.01	8+525.68	8+526.12	761302.189	9286407.365
PA-1048	8	12	0.24	0.12	014°37'06"	0.24	0.00	0.00	8+534.52	8+534.76	761294.707	9286402.840
PA-1049	1	12	0.81	0.41	004°13'15"	0.81	0.03	0.03	8+542.56	8+543.38	761287.282	9286399.070
PA-1050	1	12	0.24	0.12	006°37'53"	0.24	0.00	0.00	8+548.39	8+548.63	761281.863	9286397.889
PA-1051	8	12	0.37	0.18	021°20'10"	0.37	0.01	0.01	8+553.06	8+553.43	761277.324	9286396.545
PA-1052	8	12	1.19	0.60	011°10'01"	1.18	0.06	0.06	8+555.91	8+557.10	761274.103	9286395.982
PA-1053	8	12	0.62	0.31	002°01'04"	0.62	0.02	0.02	8+562.06	8+562.68	761268.348	9286397.148
PA-1054	1	12	1.11	0.56	019°29'15"	1.11	0.00	0.00	8+567.12	8+567.83	761263.915	9286399.995
PA-1055	8	12	1.09	0.55	002°44'03"	1.08	0.05	0.05	8+572.06	8+573.15	761258.827	9286400.907
PA-1056	8	12	0.15	0.08	018°14'02"	0.15	0.00	0.00	8+578.05	8+578.20	761254.597	9286404.488
PA-1057	1	12	1.02	0.51	009°28'08"	1.01	0.04	0.04	8+583.10	8+584.12	761250.572	9286408.198
PA-1058	8	12	0.53	0.26	018°07'45"	0.53	0.01	0.01	8+588.24	8+588.77	761248.201	9286412.485
PA-1059	8	12	1.01	0.51	003°41'01"	1.01	0.04	0.04	8+592.32	8+593.33	761246.759	9286416.563
PA-1060	8	12	0.21	0.11	007°38'21"	0.21	0.00	0.00	8+600.75	8+600.95	761246.570	9286424.588
PA-1061	1	12	0.43	0.21	019°13'39"	0.43	0.01	0.01	8+608.99	8+609.42	761246.911	9286423.935
PA-1062	1	12	1.07	0.54	009°56'04"	1.07	0.05	0.04	8+614.25	8+615.32	761246.395	9286438.500
PA-1063	1	12	0.55	0.28	022°38'45"	0.55	0.01	0.01	8+620.64	8		