



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023”.

Presentado por:

Bach. Joselin Huarcaya Carrion

Bach. Edison Huaman Quispe

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Asesor:

Ing. Ronald Vera Gallegos

CUSCO - PERÚ

2023



METADATOS

Datos del autor (1)	
Nombres y apellidos	Joselin Huarcaya Carrion
Número de documento de identidad	77202333
URL de Orcid	https://orcid.org/0009-0009-4215-2946
Datos del autor (2)	
Nombres y apellidos	Edisson Huaman Quispe
Número de documento de identidad	76941182
URL de Orcid	https://orcid.org/0009-0001-5841-5714
Datos del asesor	
Nombres y apellidos	Ronal Vera Gallegos
Número de documento de identidad	40546948
URL de Orcid	https://orcid.org/0009-0003-0381-9986
Datos del jurado	
Presidente del jurado (jurado 1)	
Nombres y apellidos	Werner Calderón Gonzales
Número de documento de identidad	41834778
Jurado 2	
Nombres y apellidos	Walter Roberto Alvarez Monterola
Número de documento de identidad	24660325
Jurado 3	
Nombres y apellidos	Julio Benjamín Deza Cavero
Número de documento de identidad	23918608
Jurado 4	
Nombres y apellidos	Eigner Roman Villegas
Número de documento de identidad	23928061
Datos de la investigación	
Línea de investigación de la Escuela Profesional	Transporte – Ingeniería Civil



“Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023”

por JOSELIN HUARCAYA CARRION EDISSON HUAMAN QUISPE

Fecha de entrega: 06-nov-2023 09:04p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2220054431

Nombre del archivo: HUARCAYA_J._Y_HUAMAN_E_ADICION_DEL_SUELO_CEMENTO_CADUCO_LOF.pdf
(32.85M)

Total de palabras: 120295

Total de caracteres: 631530



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023”.

Presentado por:

Bach. **Joselin Huarcaya Carrion**

Bach. **Edisson Huaman Quispe**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Asesor:

Ing. **Ronald Vera Gallegos**

CUSCO - PERÚ

2023



REVISION FINAL 2

INFORME DE ORIGINALIDAD

6% EN

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

2%

★ Submitted to Universidad Andina del Cusco

Trabajo del estudiante

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: JOSELIN HUARCAYA CARRION
Título del ejercicio: REVISION FINAL
Título de la entrega: REVISION FINAL 2
Nombre del archivo: HUARCAYA_J_Y_HUAMAN_E_ADICION_DEL_SUELO_CEMENTO...
Tamaño del archivo: 32.85M
Total páginas: 418
Total de palabras: 120,295
Total de caracteres: 631,530
Fecha de entrega: 06-nov-2023 09:04p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega... 2220054431



Derechos de autor 2023 Turnitin. Todos los derechos reservados.



Dedicatoria

Con cariño a mis padres Lucio Huarcaya Zegarra y Nancy Carrion Condori, por el amor y apoyo incondicional brindado día a día. Por la calidad de seres humanos que ellos son y el gran ejemplo que representan en mi vida.

A mis docentes, por impulsarme a ser mejor cada día, por los consejos y momentos que ayudaron a forjar este camino, por la ayuda incondicional dentro y fuera de la universidad.

Joselin Huarcaya Carrion

Con cariño a mis padres Wilbert Huaman Quillahuaman, Luz Marina Quispe Escalante, y a mis abuelas Adriana y Anastasia y a mis hermanos y familiares por el amor y apoyo incondicional brindado día a día. Por la calidad de seres humanos que ellos son y el gran ejemplo que representan en mi vida.

A mi grupo de amigos “Chincherinitos UAC”, por la compañía, apoyo y ayuda incondicional dentro y fuera de la universidad.

Edisson Huaman Quispe



Agradecimiento

A Dios, por darnos la oportunidad de lograr esta meta, por ponernos personas que sumaron en nuestras vidas y nos apoyaron día a día a seguir adelante y cumplir con todo lo que nos proponíamos.

A nuestras familias, por el cariño y apoyo incondicional que nos brindaron todos estos años.

A la Universidad Andina del Cusco, y especialmente a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, que fue nuestra casa de estudios a lo largo de nuestra vida universitaria, que nos impartió conocimientos, ideas que nos formaron como profesionales siendo testigo de experiencias, de amistades y de logros, que recordare con mucho cariño como la fuente de nuestro conocimiento profesional.

A mis docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil por sus enseñanzas y consejos a lo largo de nuestra carrera universitaria, en especial al Ing. Julio Benjamín Deza Cavero que más que un docente fue un amigo y apoyo constante y fundamental.

A mi asesor M.Sc. Ing. Ronald Vera Gallegos, por el conocimiento que nos brindó en la realización de la investigación y que fue indispensable para culminarla satisfactoriamente.

Edisson y Joselin



Resumen

La presente investigación titulada “Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023”, nace de la necesidad de reutilizar el cemento caduco que normalmente se tiene que desechar y de la mano mejorar las propiedades del suelo arcilloso.

Los suelos arcillosos, generalmente, no poseen una calidad adecuada para conformar una subrasante por lo que deben ser mejorados con alguna técnica. Por ello, se evaluó la influencia del cemento Portland caduco en la estabilización de un suelo arcilloso.

Se realizó un estudio de suelos para identificar sus propiedades índice-físicas y mecánicas. Se empleó cemento Portland Tipo IP con tiempo de caducidad de 5 meses como aditivo estabilizador en porcentajes de 4, 7 y 10% del peso seco de la muestra de suelo.

Se realizó ensayos de contenido de humedad, análisis granulométrico, límite líquido, límite plástico, límite de contracción, proctor modificado, CBR y compresión inconfiada mediante los cuales se evaluó la influencia del cemento Portland Tipo IP caduco en su índice de plasticidad, grado de contracción, índice CBR, % de expansión, resistencia a la compresión inconfiada y por último determinar la cantidad de bolsas de cemento caduco requeridas para 1m³.

Con esta finalidad, hemos utilizado un diseño metodológico cuasi-experimental el cual se desarrolla con los grupos experimentales no aleatorios, tiene un enfoque cuantitativo, ya que se basa en la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, presenta un nivel de tipo descriptivo – correlacional porque será determinado a través de ensayos, una correlación porque existe una relación entre las variables y el método que se uso es el hipotético deductivo, porque primero se realizó la observación, luego se planteó la hipótesis, sometiéndola a pruebas científicas para finalmente validar o negarla.

El suelo arcilloso analizado se clasificó como CL según SUCS. Con la adición de 10% de cemento su índice de plasticidad se redujo de 15.07% a 5.69%, su grado de contracción se redujo de 31.92 % a 10.6%, su índice CBR se incrementó de 1.44% a 127.18% al 95%DSM, su % de expansión a 55 golpes se redujo de 0.9% a 0.08% y la resistencia a compresión inconfiada aumento de 3.85 kg/cm² a 5.06 kg/cm² y la cantidad necesaria de bolsas de



cemento caduco requeridas para 1 m³ de subrasante con un espesor de 0.15 cm para el 4,7 y 10 % es de 2,3 y 4 respectivamente.

Finalmente con los resultados expuestos se demuestra que la adición de cemento caduco mejora las propiedades índice-físicas y mecánicas pasando de un suelo arcilloso inadecuado para la subrasante a ser un suelo adecuado.

Palabras clave: suelo arcilloso, subrasante, cemento caduco, estabilización, índice de plasticidad, grado de contracción, índice CBR, incremento de resistencia.



Abstrac

The present investigation entitled "Evaluation of the influence of the effects of the addition of expired cement in different percentages, on the index-physical and mechanical properties of the clayey soil of the subgrade of Chacapunco Street in the District of Chinchero, 2023", was born from the need to reuse the expired cement that normally has to be discarded and, hand in hand, to improve the properties of the clayey soil.

Clay soils generally do not have an adequate quality to form a subgrade, so they must be improved with some technique. Therefore, the influence of expired Portland cement on the stabilization of a clayey soil was evaluated.

A soil study was carried out to identify its index-physical and mechanical properties. Type IP Portland cement with an expiration time of 5 months was used as a stabilizing additive in percentages of 4, 7 and 10% of the dry weight of the soil sample.

Moisture content, granulometric analysis, liquid limit, plastic limit, contraction limit, modified proctor, CBR and unconfined compression tests were carried out, through which the influence of expired Type IP Portland cement on its plasticity index, degree of contraction was evaluated. , CBR index, % expansion, resistance to unconfined compression and finally determine the number of bags of expired cement required for 1m³.

For this purpose, we have used a quasi-experimental methodological design which is developed with non-random experimental groups, has a quantitative approach, since it is based on data collection to test hypotheses, based on numerical measurement and analysis. Statistical, it presents a descriptive-correlational level because it will be determined through tests, a correlation because there is a relationship between the variables and the method used is the hypothetical deductive one, because first the observation was made, then the hypothesis was raised , subjecting it to scientific tests to finally validate or deny it.

The clayey soil analyzed was classified as CL according to SUCS. With the addition of 10% cement, its plasticity index was reduced from 15.07% to 5.69%, its degree of contraction was reduced from 31.92% to 10.6%, its CBR index increased from 1.44% to 127.18% to 95% DSM. , its % expansion at 55 blows was reduced from 0.9% to 0.08% and the unconfined compressive strength increased from 3.85 kg/cm² to 5.06 kg/cm² and the necessary number of bags of expired cement required for 1 m³ of subgrade with a thickness of 0.15 cm for 4.7 and 10% is 2.3 and 4 respectively.



Finally, with the exposed results, it is demonstrated that the addition of deciduous cement improves the index-physical and mechanical properties, going from an inadequate clayey soil for the subgrade to being an adequate soil.

Keywords: clayey soil, subgrade, deciduous cement, stabilization, plasticity index, degree of contraction, CBR index, increase in resistance.



Introducción

Uno de los medios de comunicación más importante y útiles para el desarrollo de una población es por medio de la construcción de vías de acceso, los cuales en muchos casos presentan problemas durante su construcción, y uno de los factores es la presencia de suelos malos como la arcilla.

En nuestro país el sistema nacional de carretera contempla 175 589 km, donde solo el 17% se encuentra pavimentada, el 83% restante contempla afirmado, sin afirmar y trocha (MTC - Oficina de Estadística - OGPP, 2021). Esto aborda la gran cantidad carreteras que están a nivel de trocha o sin afirmar, ya que forman parte del primer contacto entre poblaciones, en beneficio a los puntos de interés; por otro lado el suelo ha sido una condicionante para la ejecución de proyectos, más aún los suelos finos que presentan comportamientos inestables en condiciones de humedad y temperatura desfavorables.

El presente estudio de investigación: “Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023”, trata de probar la influencia que tiene el cemento caduco, en la incorporación en un suelo arcilloso, con el fin de otorgar bondades de las que otorga por si el cemento, incrementando en menor o mayor medida a sus propiedades. Con la mira de lograr un tratamiento de suelos con el uso de cemento caduco traducida en reducción de costos, obteniendo similares o los mismos beneficios. Por lo tanto, el presente trabajo de investigación pretende dar una alternativa con la adición de cemento portland tipo IP caduco a un suelo arcilloso, con el fin de mejorar sus propiedades índice-físico y mecánicas.

Este trabajo de investigación tiene el siguiente orden:

Capítulo I: Tiene como título principal el planteamiento del problema donde se ahonda la identificación del problema, justificación e importancia, limitaciones, objetivos generales y específicos de la investigación.

Capítulo II: Este capítulo detalla los antecedentes a nivel nacional como internacional, conceptos básicos tales como suelos, clasificación de suelos, estabilización de suelos, suelo-cemento, entre otros; todo esto con el fin de tener mayor conocimiento y así entender mejor el tema de la investigación.



Capítulo III: Tiene como fin detallar aspectos como el enfoque, nivel o alcance, método, población, muestra, instrumentos de la investigación; así también como la forma como se recolectó, procesamiento y presentación de los datos y/o ensayos.

Capítulo IV: En este capítulo podemos observar los resultados que se obtuvieron a base de los datos procesados estadísticamente y haciendo uso de diferentes tablas de los datos procesados en el anterior capítulo.

Capítulo V: Por último, se hizo un contraste de los resultados obtenidos en el capítulo IV, de manera individual dando a conocer las conclusiones que pudimos observar en el transcurso de la investigación.



Índice general

Dedicatoria.....	i
Agradecimiento.....	ii
Resumen	iii
Abstrac	v
Introducción.....	vii
Índice general.....	ix
Índice de tablas	xii
Índice de figuras	xix
Capítulo I: Planteamiento del problema	1
1.1 Identificación del problema.....	1
1.1.1 Descripción del problema.....	1
1.1.2 Formulación interrogativa del problema.	5
1.2 Justificación e importancia de la investigación.....	6
1.2.1 Justificación técnica.	6
1.2.2 Justificación social.	6
1.2.3 Justificación por viabilidad.	7
1.2.4 Justificación por relevancia.	7
1.3 Limitaciones de la investigación	8
1.4 Objetivo de la investigación.....	9
1.4.1 Objetivo general.	9
1.4.2 Objetivos específicos.....	10
Capítulo II: Marco teórico.....	11
2.1 Antecedentes de la tesis o investigación actual.....	11
2.1.1 Antecedentes a nivel nacional.	11
2.1.2 Antecedentes a nivel internacional.....	16
2.2 Aspectos teóricos pertinentes	19
2.2.1 Suelo.....	19
2.2.2 Principales tipos de suelo.	21
2.2.3 Suelos arcillosos.....	24
2.2.4 Propiedades del suelo.	30
2.2.5 Subrasante.	50
2.2.6 Cemento Portland como estabilizante.	53
2.2.7 Cemento caduco.	54
2.2.8 Estabilización de suelos.	56
2.2.9 Ensayos de laboratorio.	68
2.3 Hipótesis.....	77
2.3.1 Hipótesis general.	77



2.3.2 Sub hipótesis.	77
2.4 Definición de variables.....	77
2.4.1 Variables independientes.....	77
2.4.2 Variables dependientes.....	78
2.4.3 Cuadro de operacionalización de variables.	79
Capítulo III: Metodología.....	80
3.1 Metodología de la investigación	80
3.1.1 Enfoque de la investigación.	80
3.1.2 Nivel o alcance de la investigación.	80
3.1.3 Método de investigación.	80
3.2 Diseño de la investigación.....	81
3.2.1 Diseño metodológico.....	81
3.2.2 Diseño de ingeniería.....	83
3.3 Población y muestra	84
3.3.1 Población.....	84
3.3.2 Muestra.....	84
3.3.3 Criterios de inclusión.	90
3.4 Instrumentos	90
3.4.1 Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos.	90
3.4.2 Instrumentos de ingeniería.	105
3.5 Procedimientos de recolección de datos.....	110
3.5.1 Ensayo de finura del cemento.	114
3.5.2 Ensayo de consistencia del cemento hidráulico.	116
3.5.3 Ensayo de fraguado del cemento hidráulico con Vicat.	119
3.5.4 Ensayo de densidad In situ.	125
3.5.5 Ensayo de penetración dinámica ligera -DPL.....	129
3.5.6 Ensayo de contenido de humedad.	130
3.5.7 Ensayo de gravedad específica.....	131
3.5.8 Ensayo de análisis granulométrico por sedimentación – hidrómetro 152H.....	134
3.5.9 Ensayo de límite líquido.....	137
3.5.10 Ensayo de límite plástico.....	140
3.5.11 Ensayo de límite contracción.	143
3.5.12 Ensayo de proctor modificado.....	145
3.5.13 Ensayo de California Bearing Ratio.....	150
3.5.14 Ensayo de compresión inconfínada.....	155
3.6 Procedimientos de análisis de datos	159
3.6.1 Ensayo de finura del cemento por tamizado seco con tamices 150 y 75 μm	159



3.6.2 Ensayo de consistencia del cemento.	164
3.6.3 Ensayo de fraguado del cemento.....	175
3.6.4 Ensayo de densidad in situ.	191
3.6.5 Ensayo de Penetración dinámica ligera.....	197
3.6.6 Ensayo de contenido de humedad.	202
3.6.7 Ensayo de gravedad específica.....	205
3.6.8 Ensayo de análisis granulométrico por sedimentación.	210
3.6.9 Ensayo de límite líquido.....	223
3.6.10 Ensayo de límite plástico.....	224
3.6.11 Ensayo de límite de contracción.....	246
3.6.12 Ensayo de proctor modificado.....	256
3.6.13 Ensayo de CBR	272
3.6.14 Ensayo de compresión inconfiada.....	294
Capítulo IV: Resultados.....	338
4.1 Descripción de los perfiles estratigráficos de las calicatas realizadas	338
4.2 Clasificación del suelo que se usara para el estudio de la subrasante de la calle Chacapunco	341
4.3 Clasificación del cemento caduco que se usara como aditivo en el suelo arcilloso más desfavorable	342
4.4 Influencia del cemento caduco en 4 %, 7% y 10% en el índice de plasticidad y grado de contracción del suelo arcilloso más desfavorable	345
4.5 Influencia del cemento caduco en 4 %, 7% y 10% en el ensayo de proctor de proctor modificado del suelo arcilloso más desfavorable.....	348
4.6 Influencia del cemento caduco en 4 %, 7% y 10% en el índice de CBR del suelo arcilloso más desfavorable	349
4.7 Influencia del cemento caduco en 4 %, 7% y 10% en el porcentaje de expansión del suelo arcilloso más desfavorable	351
4.8 Influencia del cemento caduco en 4 %, 7% y 10% en la compresión inconfiada del suelo arcilloso más desfavorable	352
4.9 Cantidad necesaria de cemento caduco en 4 %, 7% y 10% para modificar el suelo arcilloso más desfavorable	353
Capítulo V: Discusión	354
Glosario	357
Conclusiones	359
Recomendaciones	361
Referencias.....	362
Anexos	370
Anexo 1: Matriz de consistencia	370
Anexo 2: Plano de ubicación y localización	371
Anexo 3: Plano geológico del lugar de estudio.....	372



Índice de tablas

Tabla 1 <i>Coordenas del punto de inicio y final del tramo</i>	3
Tabla 2 <i>Clasificación de suelos según tamaño de partículas</i>	22
Tabla 3 <i>Grupos arcillosos más representativos</i>	26
Tabla 4 <i>Escala de sensibilidad de una arcilla</i>	28
Tabla 5 <i>Correlaciones empíricas para determinar el índice de compresión Cc</i>	29
Tabla 6 <i>Compresibilidad de un suelo en función de su índice de compresión Cc</i>	29
Tabla 7 <i>Ensayos de clasificación para propiedades índice</i>	31
Tabla 8 <i>Clasificación de un suelo según el tamaño de sus partículas</i>	32
Tabla 9 <i>Clasificación de un suelo según su índice de plasticidad</i>	35
Tabla 10 <i>Caracterización de la plasticidad de un suelo</i>	35
Tabla 11 <i>Cambio volumetrico de un suelo en función de su IP y LC</i>	36
Tabla 12 <i>Calidad de un suelo en funcion de su grado de contracción</i>	36
Tabla 13 <i>Estado del depósito de una arcilla en función de su índice de liquidez</i>	37
Tabla 14 <i>Consistencia de un suelo en funcion de su índice de CBR</i>	38
Tabla 15 <i>Símbolos para fines de identificación de suelos en el Sistema Unificado</i>	40
Tabla 16 <i>Grupos de clasificación de suelos del Sistema Unificado</i>	41
Tabla 17 <i>Correlación entre los sistemas de clasificación AASHTO y SUCS</i>	42
Tabla 18 <i>Tamaño de los separados del suelo</i>	44
Tabla 19 <i>Clasificación de la porosidad del suelo</i>	45
Tabla 20 <i>Categorías de la subrasante</i>	51
Tabla 21 <i>Requisitos mínimos del cemento Portland tipo IP</i>	55
Tabla 22 <i>Guía referencial para seleccionar el aditivo estabilizador más adecuado</i>	59
Tabla 23 <i>Perdida máxima de peso de suelo – cemento</i>	63
Tabla 24 <i>Requerimiento inicial de cemento para la estabilización</i>	64
Tabla 25 <i>Cantidades de cemento</i>	64
Tabla 26 <i>Selección del tipo de estabilizador</i>	65
Tabla 27 <i>Diseño experimental</i>	82
Tabla 28 <i>Número de calicatas para la exploración</i>	85
Tabla 29 <i>Clasificación e identificación del suelo arcilloso más desfavorable</i>	86
Tabla 30 <i>Clasificación e identificación del estabilizador</i>	86
Tabla 31 <i>Ensayos realizados en el suelo arcilloso más desfavorable</i>	87
Tabla 32 <i>Ensayos de laboratorio realizados en la investigación</i>	88
Tabla 33 <i>Instrumento metodológico, para el adecuado almacenamiento del cemento</i>	90
Tabla 34 <i>Instrumento metodológico, finura con malla #100 y #200</i>	91
Tabla 35 <i>Instrumento metodológico, consistencia del cemento</i>	92
Tabla 36 <i>Instrumento metodológico, fraguado con aguja de vicat</i>	93
Tabla 37 <i>Instrumento metodológico, fraguado con aguja de vicat</i>	94
Tabla 38 <i>Instrumento metodológico, densidad In situ</i>	95



Tabla 39 Instrumento metodológico para el ensayo de DPL.....	96
Tabla 40 Instrumento metodológico, contenido de humedad.....	97
Tabla 41 Instrumento metodológico para el ensayo de gravedad específica.....	98
Tabla 42 Instrumento metodológico, AG por hidrómetro 152H.....	99
Tabla 43 Instrumento metodológico, límite líquido y plástico.....	100
Tabla 44 Instrumento metodológico, límite líquido de contracción.....	101
Tabla 45 Instrumento metodológico, proctor modificado.....	102
Tabla 46 Instrumento metodológico para el ensayo de proctor modificado – Parte II.....	102
Tabla 47 Instrumento metodológico para el ensayo de CBR.....	103
Tabla 48 Instrumento metodológico, compresión confinada – Parte I.....	104
Tabla 49 Datos del lugar de almacenamiento del cemento – Parte I.....	112
Tabla 50 Datos del lugar de almacenamiento del cemento – Parte II.....	113
Tabla 51 Coordenadas UTM WG – 84 de la ubicación de las calicatas.....	123
Tabla 52 Análisis de datos, finura del cemento por tamizado #100 – Parte I.....	160
Tabla 53 Análisis de datos, finura del cemento por tamizado #100 - parte II.....	161
Tabla 54 Análisis de datos, finura del cemento por tamizado #200 – parte I.....	162
Tabla 55 Análisis de datos, finura del cemento por tamizado #200- parte II.....	163
Tabla 56 Análisis de datos, consistencia del cemento, muestra 1,2 y 3.....	165
Tabla 57 Análisis de datos, consistencia del cemento, muestra 4,5,6 y 7.....	166
Tabla 58 Análisis de datos, consistencia del cemento - muestra 1.....	167
Tabla 59 Análisis de datos, consistencia del cemento - muestra 2.....	168
Tabla 60 Análisis de datos, consistencia del cemento - muestra 3.....	169
Tabla 61 Análisis de datos, consistencia del cemento - muestra 4.....	170
Tabla 62 Análisis de datos, consistencia del cemento - muestra 5.....	171
Tabla 63 Análisis de datos, consistencia del cemento - muestra 6.....	172
Tabla 64 Análisis de datos, consistencia del cemento - muestra 7.....	173
Tabla 65 Análisis de datos, consistencia del cemento - muestra 1,2,3,4,5,6 y7.....	174
Tabla 66 Análisis de datos, fraguado del cemento - muestra 1,2,3,4,5,6 y7.....	176
Tabla 67 Análisis de datos, fraguado del cemento - muestra 1 - P1 y P2.....	177
Tabla 68 Análisis de datos, fraguado del cemento, muestra 1 – P3 y P4.....	178
Tabla 69 Análisis de datos, fraguado del cemento, muestra 2 – P1 y P2.....	179
Tabla 70 Análisis de datos, fraguado del cemento, muestra 2 – P3 y P4.....	180
Tabla 71 Análisis de datos, fraguado del cemento, muestra 3 – P1 y P2.....	181
Tabla 72 Análisis de datos, fraguado del cemento, muestra 3 – P3 y P4.....	182
Tabla 73 Análisis de datos, fraguado del cemento, muestra 4 – P1 y P2.....	183
Tabla 74 Análisis de datos, fraguado del cemento, muestra 4 – P3 y P4.....	184
Tabla 75 Análisis de datos, fraguado del cemento, muestra 5 – P1 y P2.....	185
Tabla 76 Análisis de datos, fraguado del cemento, muestra 5 – P3 y P4.....	186
Tabla 77 Análisis de datos, fraguado del cemento, muestra 6 – P1 y P2.....	187



Tabla 78 <i>Análisis de datos, fraguado del cemento, muestra 6 – P3 y P4</i>	188
Tabla 79 <i>Análisis de datos, fraguado del cemento, muestra 7 – P1 y P2</i>	189
Tabla 80 <i>Análisis de datos, fraguado del cemento, muestra 1,2,3,4,5,6 y 7</i>	190
Tabla 81 <i>Análisis de datos, densidad in situ, calibración de equipo</i>	192
Tabla 82 <i>Análisis de datos, densidad in situ Punto 1 y 2 km 0+000</i>	193
Tabla 83 <i>Análisis de datos, densidad in situ Punto 3 y 4 km 0+295</i>	194
Tabla 84 <i>Análisis de datos, densidad in situ Punto 5 y 6 km 0+645</i>	195
Tabla 85 <i>Análisis de datos, densidad in situ de los Puntos 1,2,3,4,5 y 6</i>	196
Tabla 86 <i>Análisis de datos, DPL del km 0+000</i>	199
Tabla 87 <i>Análisis de datos, DPL del km 0+295</i>	200
Tabla 88 <i>Análisis de datos, DPL del km 0+645</i>	201
Tabla 89 <i>Análisis de datos, contenido de humedad - muestra 1al 6 - Parte I</i>	203
Tabla 90 <i>Análisis de datos, contenido de humedad, muestra 1al 6-Parte II</i>	204
Tabla 91 <i>Análisis de datos, gravedad específica, calicata N°1</i>	207
Tabla 92 <i>Análisis de datos, gravedad específica, calicata N°2</i>	208
Tabla 93 <i>Análisis de datos del ensayo, gravedad específica, calicata N°3</i>	209
Tabla 94 <i>Factores de corrección por temperatura CT</i>	210
Tabla 95 <i>Factores de corrección α para el peso unitario de sólidos</i>	211
Tabla 96 <i>Propiedades del agua destilada</i>	212
Tabla 97 <i>Valores del K para varias combinaciones de pesos unitarios y temperaturas</i>	212
Tabla 98 <i>Valores de L para usar en la fórmula de Stokes en la determinación de diámetros</i>	213
Tabla 99 <i>Análisis de datos, granulometría por hidrómetro 152H, calicata N°1 – Parte I</i>	214
Tabla 100 <i>Análisis de datos, granulometría por hidrómetro 152H, calicata N°1 – Parte II</i>	215
Tabla 101 <i>Análisis de datos, granulometría por hidrómetro 152H, calicata N°1 – Parte III</i>	216
Tabla 102 <i>Análisis de datos, granulometría por hidrómetro 152H, calicata N°2 – Parte I</i>	217
Tabla 103 <i>Análisis de datos, granulometría por hidrómetro 152H, calicata N°2 – Parte II</i>	218
Tabla 104 <i>Análisis de datos, granulometría por hidrómetro 152H, calicata N°2 – Parte III</i>	219
Tabla 105 <i>Análisis de datos, granulometría por hidrómetro 152H, calicata N°3 – Parte I</i>	220
Tabla 106 <i>Análisis de datos, granulometría por hidrómetro 152H, calicata N°3 – Parte II</i>	221
Tabla 107 <i>Análisis de datos, granulometría por hidrómetro 152H, calicata N°3 – Parte III</i>	222
Tabla 108 <i>Factor para limite liquido</i>	223
Tabla 109 <i>Análisis de datos, límite líquido y plástico, calicata N°1 – P1</i>	225
Tabla 110 <i>Análisis de datos, límite líquido y plástico, calicata N°1 – P2</i>	226
Tabla 111 <i>Análisis de datos, límite líquido y plástico, calicata N°1 –P3</i>	227
Tabla 112 <i>Análisis de datos, límite líquido y plástico, calicata N°2 –P1</i>	228
Tabla 113 <i>Análisis de datos, límite líquido y plástico, calicata N°2 –P2</i>	229
Tabla 114 <i>Análisis de datos, límite líquido y plástico, calicata N°2 –P3</i>	230
Tabla 115 <i>Análisis de datos, límite líquido y plástico, calicata N°3 –P1</i>	231
Tabla 116 <i>Análisis de datos, límite líquido y plástico, calicata N°3 –P2</i>	232



Tabla 117 <i>Análisis de datos, límite líquido y plástico, calicata N°3 –P3</i>	233
Tabla 118 <i>Análisis de datos, límite líquido y plástico, SP+4%CC-P1</i>	234
Tabla 119 <i>Análisis de datos, límite líquido y plástico, SP+4%CC-P2</i>	234
Tabla 120 <i>Análisis de datos, límite líquido y plástico, SP+4%CC-P3</i>	235
Tabla 121 <i>Análisis de datos, límite líquido y plástico, SP+4%CC-P1,P2 yP3</i>	235
Tabla 122 <i>Análisis de datos, límite líquido y plástico, SP+7%CC-P1</i>	236
Tabla 123 <i>Análisis de datos, límite líquido y plástico, SP+7%CC-P2</i>	236
Tabla 124 <i>Análisis de datos, límite líquido y plástico, SP+7%CC-P3</i>	237
Tabla 125 <i>Análisis de datos, límite líquido y plástico, SP+7%CC-P1,P2 yP3</i>	237
Tabla 126 <i>Análisis de datos, límite líquido y plástico, SP+10%CC-P1</i>	238
Tabla 127 <i>Análisis de datos, límite líquido y plástico, SP+10%CC-P2</i>	238
Tabla 128 <i>Análisis de datos, límite líquido y plástico, SP+10%CC-P3</i>	239
Tabla 129 <i>Análisis de datos, límite líquido y plástico, SP+10%CC-P1,P2 yP3</i>	239
Tabla 130 <i>Análisis de datos, límite líquido y plástico, SP+4%CN-P1</i>	240
Tabla 131 <i>Análisis de datos, límite líquido y plástico, SP+4%CN-P2</i>	240
Tabla 132 <i>Análisis de datos, límite líquido y plástico, SP+4%CN-P3</i>	241
Tabla 133 <i>Análisis de datos, límite líquido y plástico, SP+4%CN-P1,P2 yP3</i>	241
Tabla 134 <i>Análisis de datos, límite líquido y plástico, SP+7%CN-P1</i>	242
Tabla 135 <i>Análisis de datos, límite líquido y plástico, SP+7%CN-P2</i>	242
Tabla 136 <i>Análisis de datos, límite líquido y plástico, SP+7%CN-P3</i>	243
Tabla 137 <i>Análisis de datos, límite líquido y plástico, SP+7%CN-P1,P2 yP3</i>	243
Tabla 138 <i>Análisis de datos, límite líquido y plástico, SP+10%CN-P1</i>	244
Tabla 139 <i>Análisis de datos, límite líquido y plástico, SP+10%CN-P2</i>	244
Tabla 140 <i>Análisis de datos, límite líquido y plástico, SP+10%CN-P3</i>	245
Tabla 141 <i>Análisis de datos, límite líquido y plástico, SP+10%CN-P1,P2 yP3</i>	245
Tabla 142 <i>Análisis de datos, límite de contracción, calicata N°1</i>	247
Tabla 143 <i>Análisis de datos, límite de contracción, calicata N°2</i>	248
Tabla 144 <i>Análisis de datos, límite de contracción, calicata N°3</i>	249
Tabla 145 <i>Análisis de datos, límite de contracción, SP+4%CC</i>	250
Tabla 146 <i>Análisis de datos, límite de contracción, SP+7%CC</i>	251
Tabla 147 <i>Análisis de datos, límite de contracción, SP+10%CC</i>	252
Tabla 148 <i>Análisis de datos, límite de contracción, SP+4%CN</i>	253
Tabla 149 <i>Análisis de datos, límite de contracción, SP+7%CN</i>	254
Tabla 150 <i>Análisis de datos, límite de contracción, SP+10%CN</i>	255
Tabla 151 <i>Análisis de datos, proctor modificado, SP - Parte I</i>	258
Tabla 152 <i>Análisis de datos, proctor modificado, SP - Parte II</i>	259
Tabla 153 <i>Análisis de datos, proctor modificado, SP+4%CC - Parte I</i>	260
Tabla 154 <i>Análisis de datos, proctor modificado, SP+4%CC - Parte II</i>	261
Tabla 155 <i>Análisis de datos, proctor modificado, SP+7%CC - Parte I</i>	262



Tabla 156 <i>Análisis de datos, proctor modificado, SP+7%CC - Parte II</i>	263
Tabla 157 <i>Análisis de datos, proctor modificado, SP+10%CC - Parte I</i>	264
Tabla 158 <i>Análisis de datos, proctor modificado, SP+10%CC - Parte II</i>	265
Tabla 159 <i>Análisis de datos, proctor modificado, SP+4%CN - Parte I</i>	266
Tabla 160 <i>Análisis de datos, proctor modificado, SP+4%CN - Parte II</i>	267
Tabla 161 <i>Análisis de datos, proctor modificado, SP+7%CN - Parte I</i>	268
Tabla 162 <i>Análisis de datos, proctor modificado, SP+7%CN- Parte II</i>	269
Tabla 163 <i>Análisis de datos, proctor modificado, SP+10%CN - Parte I</i>	270
Tabla 164 <i>Análisis de datos, proctor modificado, SP+10%CN - Parte II</i>	271
Tabla 165 <i>Análisis de datos, CBR, SP - Parte I</i>	273
Tabla 166 <i>Análisis de datos, CBR, SP - Parte II</i>	274
Tabla 167 <i>Análisis de datos, CBR, SP - Parte III</i>	275
Tabla 168 <i>Análisis de datos, CBR, SP+4%CN - Parte I</i>	276
Tabla 169 <i>Análisis de datos, CBR, SP+4%CN - Parte II</i>	277
Tabla 170 <i>Análisis de datos, CBR, SP+4%CN- Parte III</i>	278
Tabla 171 <i>Análisis de datos, CBR, SP+7%CN - Parte I</i>	279
Tabla 172 <i>Análisis de datos, CBR, SP+7%CN - Parte II</i>	280
Tabla 173 <i>Análisis de datos, CBR, SP+7%CN - Parte III</i>	281
Tabla 174 <i>Análisis de datos, CBR, SP+10%CN - Parte I</i>	282
Tabla 175 <i>Análisis de datos, CBR, SP+10%CN - Parte II</i>	283
Tabla 176 <i>Análisis de datos, CBR, SP+10%CN - Parte III</i>	284
Tabla 177 <i>Análisis de datos, CBR, SP+4%CC - Parte I</i>	285
Tabla 178 <i>Análisis de datos, CBR, SP+4%CC- Parte II</i>	286
Tabla 179 <i>Análisis de datos, CBR, SP+4%CC- Parte III</i>	287
Tabla 180 <i>Análisis de datos, CBR, SP+7%CC - Parte I</i>	288
Tabla 181 <i>Análisis de datos, CBR, SP+7%CC - Parte II</i>	289
Tabla 182 <i>Análisis de datos, CBR, SP+7%CC - Parte III</i>	290
Tabla 183 <i>Análisis de datos, CBR, SP+10%CC- Parte I</i>	291
Tabla 184 <i>Análisis de datos, CBR, SP+10%CC - Parte II</i>	292
Tabla 185 <i>Análisis de datos, CBR, SP+10%CC - Parte III</i>	293
Tabla 186 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP- P1 - Parte I</i>	295
Tabla 187 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP- P1 - Parte II</i>	296
Tabla 188 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP- P2 - Parte I</i>	297
Tabla 189 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP- P2 - Parte II</i>	298
Tabla 190 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP- P3 - Parte I</i>	299
Tabla 191 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP- P3 - Parte II</i>	300
Tabla 192 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP+4%CC-P1 - Parte I</i>	301
Tabla 193 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP+4%CC-P1 - Parte II</i>	302
Tabla 194 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP+4%CC-P2 - Parte I</i>	303



Tabla 195 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP+4%CC-P2 - Parte II</i>	304
Tabla 196 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP+4%CC-P3- Parte I</i>	305
Tabla 197 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP+4%CC-P3- Parte II</i>	306
Tabla 198 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP+7%CC-P1 - Parte I</i>	307
Tabla 199 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP+7%CC-P1 - Parte II</i>	308
Tabla 200 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP+7%CC-P2 - Parte I</i>	309
Tabla 201 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP+7%CC-P2 - Parte II</i>	310
Tabla 202 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP+7%CC-P3- Parte I</i>	311
Tabla 203 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP+7%CC-P3- Parte II</i>	312
Tabla 204 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP+10%CC-P1 - Parte I</i>	313
Tabla 205 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP+10%CC-P1 - Parte II</i>	314
Tabla 206 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP+10%CC-P2 - Parte I</i>	315
Tabla 207 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP+10%CC-P2 - Parte II</i>	316
Tabla 208 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP+10%CC-P3- Parte I</i>	317
Tabla 209 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP+10%CC-P3- Parte II</i>	318
Tabla 210 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP+4%CN-P1 - Parte I</i>	319
Tabla 211 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP+4%CN-P1 - Parte II</i>	320
Tabla 212 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP+4%CN-P2 - Parte I</i>	321
Tabla 213 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP+4%CN-P2 - Parte II</i>	322
Tabla 214 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP+4%CN-P3- Parte I</i>	323
Tabla 215 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP+4%CN-P3- Parte II</i>	324
Tabla 216 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP+7%CN-P1 - Parte I</i>	325
Tabla 217 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP+7%CN-P1 - Parte II</i>	326
Tabla 218 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP+7%CN-P2 - Parte I</i>	327
Tabla 219 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP+7%CN-P2 - Parte II</i>	328
Tabla 220 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP+7%CN-P3- Parte I</i>	329
Tabla 221 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP+7%CN-P3- Parte II</i>	330
Tabla 222 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP+10%CN-P1 - Parte I</i>	331
Tabla 223 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP+10%CN-P1 - Parte II</i>	332
Tabla 224 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP+10%CN-P2 - Parte I</i>	333
Tabla 225 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP+10%CN-P2 - Parte II</i>	334
Tabla 226 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP+10%CN-P3- Parte I</i>	335
Tabla 227 <i>Análisis de datos, compresión inconfínada, SP+10%CN-P3- Parte II</i>	336
Tabla 228 <i>Consistencia del suelo en función a valores de Resistencia a la compresión simple</i>	337
Tabla 229 <i>Estatigrafía de la calicata N°1</i>	338
Tabla 230 <i>Estatigrafía de la calicata N°2</i>	339
Tabla 231 <i>Estatigrafía de la calicata N°3</i>	340
Tabla 232 <i>Clasificación de las muestras de suelo de cada calicata realizada</i>	341
Tabla 233 <i>Clasificación del cemento a usar</i>	343



Tabla 234 <i>Influencia del cemento en el IP e GC en el suelo arcilloso más desfavorable.....</i>	345
Tabla 235 <i>Resultados del ensayo de proctor modificado del SP y SP con adiciones</i>	348
Tabla 236 <i>Influencia del índice de CBR en el suelo más desfavorable.....</i>	349
Tabla 237 <i>Resultados de % de expansión en el SP y SP +adición.....</i>	351
Tabla 238 <i>Resultados de la compresión inconfiada en el SP y SP +adición.....</i>	352
Tabla 239 <i>Cantidad requerida de cemento caduco y normal x m3.....</i>	353



Índice de figuras

Figura 1 Vista panorámica del tramo de Chacapunco hasta Allpachaca.....	4
Figura 2 Vista satelital del tramo de Chacapunco hasta Allpachaca	4
Figura 3 Vista esquemática, ubicación en el mapa del tramo de Chacapunco - Allpachaca	5
Figura 4 Perfil del suelo.....	20
Figura 5 Esquema de una muestra de suelo y el modelo de sus 3 fases.....	20
Figura 6 Símbolos empleados para representar los suelos.....	23
Figura 7 Estratigrafía de un sondeo.....	23
Figura 8 Muestras de arcillas de distintos colores.....	24
Figura 9 Identificación de minerales comunes de arcilla en la carta de plasticidad.....	27
Figura 10 Curva granulométrica de distintos tipos de suelo.	32
Figura 11 Límites de Atterberg.....	33
Figura 12 Límites de consistencia y variación de la masa del suelo.....	34
Figura 13 Detalles típicos de los aparatos de cono de arena	42
Figura 14 Guía para la clasificación de la textura de los suelos.....	44
Figura 15 Diversos tipos de estructura	45
Figura 16 Curva de compactación	47
Figura 17 Diagrama de fases del material desde su retirada hasta su relleno compactado	48
Figura 18 Proceso de selección del método de estabilización más adecuado	58
Figura 19 Representación diagramática de la teoría de cementación.....	62
Figura 20 Fases del proceso de estabilización de suelos con cemento.....	68
Figura 21 Procedimiento Hipotético – Deductivo.....	81
Figura 22 Cemento almacenado en el almacén de la Municipalidad Distrital de Chinchero	111
Figura 23 Cemento almacenado en un lugar accesible para poder realizar los ensayos.....	111
Figura 24 Aparatos, equipos y materiales usados para el ensayo de finura del cemento.....	114
Figura 25 Pesado de la muestra de cemento, y muestras de su pasante y retenido.....	115
Figura 26 Muestras retenidas en las malla #100 y #200	115
Figura 27 Aparatos, equipos y materiales usados para el ensayo de consistencia del cemento.....	116
Figura 28 Preparación de la muestra para la prueba de consistencia de cemento	117
Figura 29 Llenado de muestras para el ensayo de consistencia del cemento.....	118
Figura 30 Determinación de la consistencia normal.	118
Figura 31 Aparatos y equipos utilizados en el ensayo de fraguado del cemento.....	119
Figura 32 Preparación de la muestra para el ensayo de fraguado del cemento.....	120
Figura 33 Llenado de muestras para evaluar el fraguado de cemento.....	121
Figura 34 Llenado de muestras para evaluar el fraguado inicial del cemento.....	122
Figura 35 Llenado de muestras para evaluar el fraguado final del cemento	122
Figura 36 Equipos y aparatos utilizados en el ensayo de la densidad In situ.....	125
Figura 37 Calibración del equipo de densidad in situ	126
Figura 38 Realización de la excavación del hueco	127



Figura 39 <i>Determinación de la densidad In situ</i>	128
Figura 40 <i>Determinación el contenido de la humedad de la muestra representativa</i>	128
Figura 41 <i>Determinación del ensayo DPL</i>	129
Figura 42 <i>Ensayo de contenido de humedad</i>	130
Figura 43 <i>Calibración de la fiola</i>	132
Figura 44 <i>Determinación de la gravedad específica</i>	133
Figura 45 <i>Determinación del peso de la muestra + fiola + agua</i>	133
Figura 46 <i>Aparatos a utilizar para la granulometría por sedimentación</i>	134
Figura 47 <i>Preparación de la solución (suelo+ hexametfosfato de sodio)</i>	135
Figura 48 <i>Preparación de la solución en el cilindro de hidrómetro</i>	135
Figura 49 <i>Registro de datos del hidrómetro</i>	136
Figura 50 <i>Observación de la muestra antes y después del horno</i>	136
Figura 51 <i>Aparatos y equipos usados para hallar el límite líquido</i>	137
Figura 52 <i>Preparado de la muestra de suelo a trabajar</i>	138
Figura 53 <i>Preparado de la muestra en la cuchara de Casagrande</i>	139
Figura 54 <i>Preparado de la muestra para determinar su peso seco y húmedo</i>	140
Figura 55 <i>Aparatos y equipos para determinar el límite plástico</i>	141
Figura 56 <i>Procedimiento para obtener el límite plástico</i>	142
Figura 57 <i>Preparación de la muestra y de la capsula</i>	143
Figura 58 <i>Preparación de la muestra en el recipiente húmedo y seco</i>	144
Figura 59 <i>Aparatos y equipos para el ensayo de Proctor Modificado</i>	145
Figura 60 <i>Preparación de la muestra para el ensayo de proctor modificado</i>	146
Figura 61 <i>Preparación del molde para el ensayo de proctor modificado</i>	146
Figura 62 <i>Pesado de la muestra para el ensayo de proctor modificado</i>	147
Figura 63 <i>Mezclado de la muestra para el ensayo de proctor modificado</i>	147
Figura 64 <i>Compactación de la muestra para el ensayo de proctor modificado</i>	148
Figura 65 <i>Extracción y pesado de la muestra+molde para el ensayo de proctor modificado</i>	148
Figura 66 <i>Determinación del contenido de humedad para el ensayo de proctor modificado</i>	149
Figura 67 <i>Aparatos y equipos para el ensayo de CBR</i>	150
Figura 68 <i>Preparación de la muestra para el ensayo de CBR</i>	151
Figura 69 <i>Toma de dimensiones del molde del ensayo de CBR</i>	152
Figura 70 <i>Compactación de la muestra + molde para el ensayo de CBR</i>	152
Figura 71 <i>Muestras listas para sumersión de agua para calcular la deformación</i>	153
Figura 72 <i>Determinar el hinchamiento</i>	153
Figura 73 <i>Determinar el CBR</i>	154
Figura 74 <i>Aparatos y equipos a usar para el ensayo de compresión inconfnada</i>	155
Figura 75 <i>Preparación de la muestra para el ensayo de compresión inconfnada</i>	156
Figura 76 <i>Preparación de la muestra en el molde para el ensayo de compresión inconfnada</i>	157
Figura 77 <i>Compactación del suelo en prensa de deformación, compresión inconfnada</i>	158



Figura 78 <i>Contenido de humedad para el ensayo de compresión inconfiada</i>	158
Figura 79 <i>Conversión de golpes de DPL a SPT</i>	198
Figura 80 <i>Gráfica del índice plástico</i>	342
Figura 81 <i>Gráfica de la finura del cemento</i>	343
Figura 82 <i>Gráfica de la Consistencia del cemento</i>	344
Figura 83 <i>Gráfica del fraguado del cemento</i>	344
Figura 84 <i>Gráfica del índice de plasticidad</i>	346
Figura 85 <i>Gráfica del grado de contracción</i>	347
Figura 86 <i>Gráfica del grado de densidad máxima seca y contenido de humedad</i>	348
Figura 87 <i>Gráfica del índice de CBR</i>	350
Figura 88 <i>Gráfica del % de expansión</i>	351
Figura 89 <i>Gráfica de la compresión inconfiada</i>	352



Capítulo I: Planteamiento del problema

1.1 Identificación del problema

1.1.1 Descripción del problema.

Uno de los medios de comunicación más importante y útiles para el desarrollo de una población es por medio de la construcción de vías de acceso, los cuales en muchos casos presentan problemas durante su construcción, y uno de los factores es la presencia de suelos malos como la arcilla.

Las arcillas en el sector Chacapunco, del distrito de Chinchero – Urubamba - Cusco, son un constante tema de interés, pues a menudo generan retos de ejecución respecto al desarrollo de infraestructura planteado por los ingenieros, retos que son abordados para disminuir las consecuencias de las reacciones de los suelos arcillosos.

Así mismo, en nuestro país y en el mundo se plantearon alternativas que reduzcan o mitiguen los efectos de un suelo deficiente, adicionando materiales como la cal, cemento, productos derivados del petróleo, polímeros entre otros. Un ejemplo el cual se realizó en Oxapampa, Pasco aplicando la estabilización con cemento (Castro y Navarro, 2020).

Ante ello se propone el desarrollo de la estabilización química mediante el cemento caducado, en la dosificación propuesta en la metodología de la presente tesis, que aporta directamente a sus propiedades mecánicas como también en sus propiedades índice-físicas en la reducción de cambios volumétricos.

La estabilización no solo brinda la mejora de las propiedades índice-físicas, mecánicas y químicas del suelo sino soluciona problemas de desechos de construcción, en este caso la mayoría de suelos que no son aptos para su uso como subrasante son desechado en depósitos de material excedente (DME); por lo que, la estabilización hace que el material que se iba a desechar se reutilice. De este modo se posibilita la reducción de los costos en movimientos de tierras en un proyecto y sobre todo la disminución del impacto al medio ambiente.

Para obtener una vía en buen estado se debe seguir las normas establecidas de diseño en la etapa de construcción, como prever ciertos cuidados antes, durante y después de la construcción de la misma.

Siendo la sub rasante uno de los componentes más importantes para el buen comportamiento del pavimento frente a los diferentes esfuerzos ya tomados en cuenta en el pre diseño, esta debe cumplir los parámetros mínimos de resistencia, pero si la sub rasante presenta problemas de



estabilidad se debe introducir algún componente estabilizante que ayude a mejorar sus características físicas, mecánicas y químicas del suelo.

No se ha determinado exactamente cuál es la solución más adecuada que se debe aplicar en un proyecto vial cuando este se encuentra frente a un suelo problemático con presencia de arcillas de alta plasticidad (Índice de Plasticidad >20), por lo cual es necesario el estudio de este tipo de suelo y la introducción de agentes estabilizadores para la mejora de las propiedades del suelo, ya sea la disminución del grado de erosión como el incremento en resistencia CBR.

La presente investigación busca, no solo agregar cemento caducado en distintos porcentajes, sino también lograr su estabilización. El cemento por sí mismo puede reaccionar de manera muy efectiva como estabilizador para suelos, particularmente en la construcción de carreteras y presas de tierra. “La primera construcción controlada con suelo-cemento en Estados Unidos se llevó a cabo cerca de Johnsonville, Carolina del Sur, en 1935” (Estabilización con cemento - mejoramiento del terreno, 2013).

El cemento se usa para estabilizar suelos arenosos y arcillosos, el cemento ayuda a disminuir el límite líquido y a incrementar el índice plástico y la manejabilidad de los suelos arcillosos. Para suelos arcillosos, la estabilización con cemento es efectiva cuando el límite líquido es menor que 45-50 y el índice plástico es menor que aproximadamente 25. El cemento ayuda a incrementar la resistencia de los suelos y la resistencia crece con el tiempo de curado.

La estabilización es una opción viable en la construcción de una vía el cual se define como un proceso de mejoramiento de las características del suelo mejorando sus propiedades índice-físicas y mecánicas.

Con todos los beneficios mencionados que se tiene con la relación de suelo arcilloso y cemento, para la investigación se decidió hacer uso del cemento pasado de cinco meses después de la fecha de caducidad colocada en la bolsa de cemento y adecuadamente almacenado, esto debido a que en la zona se están haciendo nuevas aperturas de trochas debido al inicio de la construcción del Aeropuerto de Chinchero y se hicieron reubicaciones por lo que se tienen que habilitar las vías de acceso y estas requieren un mejoramiento y mantenimiento siendo más costoso realizarlo con lastre, ya que en la zona no se cuenta con canteras, en cambio en almacén central de la Municipalidad de Chinchero se tiene un índice alto en los vincard de cemento caduco, por lo que esta investigación se toma como opción de solución a estos problemas.



El estudio se circunscribe al efecto sobre las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante cuando se añade cemento caducado, lo cual es estudiado mediante la resistencia al esfuerzo cortante del material; así mismo incluye el estudio del tamaño de las partículas para su clasificación, el límite líquido, plástico y de contracción, la determinación de la densidad máxima seca, contenido de humedad, índice de CBR, expansión, ángulo de fricción interna, cohesión y resistencia a la compresión inconfiada. Se lleva a cabo en la Región de Cusco desarrollado en el ámbito territorial donde se presentan este tipo de suelos, concretamente en el sector de Chacapunco del Distrito de Chinchero, Provincia de Urubamba, Departamento Cusco, 2023.

En la actualidad el sector de Chacapunco del distrito de Chinchero cuenta con producción agrícola y desarrollo de viviendas. A la fecha este sector posee un camino vecinal que se encuentra deteriorado, lo que dificulta la dinamicidad del flujo comercial de productos agrícolas hacia los mercados. Cabe mencionar que el tránsito en todo sentido se agrava más aún en el periodo de precipitaciones, que al no contar con un sistema adecuado de drenaje pluvial y la poca resistencia a la permeabilidad que ofrece el material afirmado, hacen que esta vía se torne de difícil tránsito.

La zona de estudio se ubica desde el paradero de Chacapunco hasta el paradero de Allpachaca que tiene una longitud desde el KM 0+000 hasta KM 0+960 ubicado en el distrito de Chinchero, provincia del Urubamba, departamento del Cusco. Esta zona en general en el distrito de Chinchero se caracteriza por poseer suelos arcillosos y en la zona de estudio se ha identificado un estrato de arcilla la cual podría causar problemas de inestabilidad en la construcción de futuras vías en la calle Chacapunco.

Tabla 1

Coordenadas del punto de inicio y final del tramo.

Descripción	Norte	Este
Inicio (Paradero de Chacapunco)	8515241.61	818708.867
Final (Paradero de Allpachaca)	8515907.46	819221.587

Figura 1

Vista panorámica del tramo de Chacapunco hasta Allpachaca.



Nota: En el gráfico se puede observar las características de la zona de estudio.

Figura 2

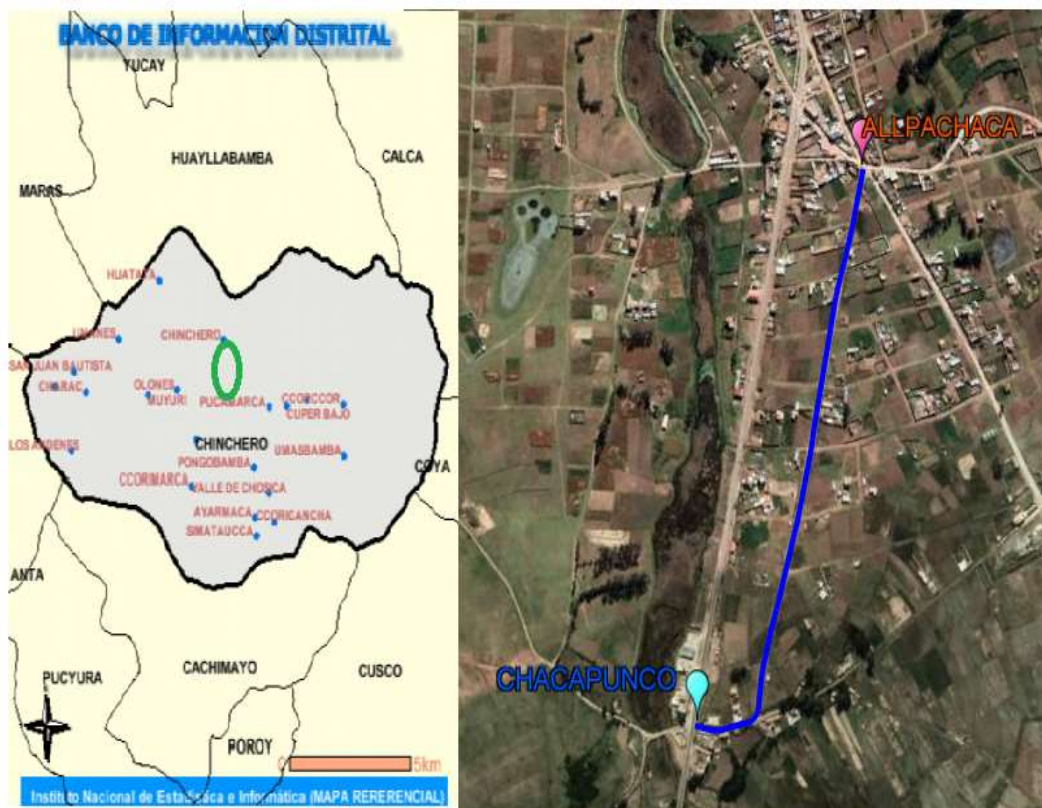
Vista satelital del tramo de Chacapunco hasta Allpachaca.



Nota: En el gráfico se muestra el tramo de estudio. Adaptado de *Google Earth* [Captura de imagen], por Maxar Technologies, 2023.

Figura 3

Vista esquemática, ubicación en el mapa del tramo de Chacapunco-Allpachaca.



Nota: En el mapa se observa la ubicación del tramo de estudio. Adaptado de *Distrito de Chinchero* [Imagen], por Isaías Cjuiro, 2013.

1.1.2 Formulación interrogativa del problema.

1.1.2.1 Formulación interrogativa del problema general.

¿Cuál es la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en 4%,7% y 10%, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023?

1.1.2.2 Formulación interrogativa de los problemas específicos.

- PE 1: ¿Cuál es la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en 4%,7%, y 10%, sobre los límites de Atterberg en el suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023?
- PE 2: ¿Cuál es la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en 4%,7%, y 10%, en la compactación del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023?



- PE 3: ¿Cuál es la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en 4%,7%, y 10%, en el índice de CBR y expansión del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023?
- PE 4: ¿Cuál es la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en 4%,7%, y 10% en el grado de compresión inconfinaada del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023?

1.2 Justificación e importancia de la investigación

1.2.1 Justificación técnica.

La presente investigación pertenece a la rama de ingeniería geotécnica e ingeniería de transportes, tomando como principal guía las normas nacionales e internacionales que nos dan parámetros específicos para la realización de los diferentes ensayos contemplados en la investigación. Para determinar el comportamiento de suelo arcilloso carente de propiedades geotécnicas óptimas, y comparar con el suelo arcilloso adicionado con cemento caduco en diferentes proporciones, que permita que los suelos carentes de propiedades geotécnicas óptimas sean usados y no reemplazados.

Así mismo, la investigación pretende incrementar las propiedades índice-físicas y mecánicas con el aporte de cemento caduco, para realizar un afirmado consistente en la vía en estudio. Y cumpla con los requerimientos del MTC Manual de Carreteras, Suelos Geología y Pavimentos 2013.

1.2.2 Justificación social.

El desarrollo de lo presentado en esta investigación pretende obtener datos resaltantes de las propiedades analizadas del suelo, como son las características físicas y mecánicas, mediante ensayos de laboratorio estandarizados, sobre un suelo anteriormente no abordado en la Región de Cusco, el cual existe en la zona alta de la carretera Chacapunco - Allpachaca, del distrito de Chinchero.

Desde perspectivas sociales la investigación beneficiará directamente a los habitantes del sector de Chacapunco-Allpachaca y quienes transitan y hacen uso de estas vías lo que permite optimizar el movimiento de las diferentes actividades cotidianas que se realizan en esta zona, así como también para evitar accidentes.

Otros beneficiarios serán los estudiantes de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Andina del Cusco que realizarán posteriores investigaciones tomando como



referencia esta investigación, y también a estudiantes de otras universidades interesados en este tema de tesis.

Y si en la medida se logren compartir los resultados obtenidos en la tesis con la sociedad, será posible alternativa para solucionar problemas con material arcilloso que se encuentren en carreteras, permitiendo que este suelo no se deseche y se aproveche al estabilizarlo alternativamente con la mezcla de cemento pasado.

1.2.3 Justificación por viabilidad.

Esta investigación es posible, porque el estudio es autofinanciado por el investigador y existe el compromiso de hacerlo con la finalidad de lograr los objetivos de la investigación.

Además, la vía es un bien público que permite el acceso para realizar trabajos de extracción del material para el estudio correspondiente y posterior análisis e interpretación de los resultados.

Para la investigación se evaluó lo siguiente:

- La investigación es viable puesto que se cuenta con los equipos necesarios para lograr la realización de los ensayos, en el laboratorio de suelos y asfaltos de la Universidad Andina del Cusco, Facultad de Ingeniería y Arquitectura siendo la máquina de CBR (relación de soporte california), moldes de CBR y Proctor Modificado, pisones de compactación, aparatos para determinar los límites de consistencia del suelo, serie de tamices, etc.
- En cuanto se refiere a la recopilación de información se tomara como tomado primordialmente del Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC, Manual de ensayos de material del MTC, tesis de investigación, etc.
- También se cuenta con el acceso al terreno y material a usar en la estabilización del suelo.
- El cemento pasado será de procedencia del almacén central de la Municipalidad de Chinchero.
- En cuanto al uso de software se hará uso de hojas Excel, Word, Minitab 18 y un software especializado Autodesk Civil 3D.

1.2.4 Justificación por relevancia.

Los resultados obtenidos de las propiedades analizadas, los cuales podrían considerarse confiables dentro de las características mecánicas, como de las características físicas del suelo y en el laboratorio donde se realizaron los ensayos, lo cual nos permitirá estar preparados en



caso se presente en el campo de acción, un suelo con las características como las que se detallan en el presente trabajo de investigación.

Un dato relevante de la región es la longitud de las vías en la zona, donde existe un total de 2648.6 km de vías, de las cuales 2094.6 son carreteras no pavimentadas (MTC, 2013), lo que hace que estudios nos sirvan para dotar de soluciones en el marco de estabilizar suelos que son utilizados como medio de transporte para muchas personas que buscan moverse de manera segura y más rápida.

El mejoramiento de las carreteras implica un mayor desarrollo económico para los puntos que éstas conectan, teniendo esto presente podemos afirmar que de manera indirecta el estudio e investigación de nuevos agentes estabilizantes para suelos cobran vital relevancia en un contexto de mejoras económicas y desarrollo.

El uso de cemento caduco para el mejoramiento de las carreteras será de gran aporte para la Municipalidad distrital de Chinchero, ya que en vez de desecharlo se podrá dar uso y se ahora un ahorro económico considerable.

1.3 Limitaciones de la investigación

Este estudio pretende ampliar los conocimientos en la evaluación el mejoramiento de las propiedades índice – físicas y mecánicas del comportamiento del suelo arcilloso al añadirle la propuesta de cemento caduco para el mejoramiento de la sub rasante, siendo analizado mediante algunos de los aspectos citados en la NORMA CE.020 (2012), cuyo fin es “establecer consideraciones técnicas mínimas, para el mejoramiento requerido de la resistencia de los suelos y de la estabilidad de taludes, mediante métodos químicos, mecánicos o de modificación topográfica” (p. 1), desde la caracterización del estabilizador y la evaluación de las propiedades de comportamiento.

- Para la presente investigación el material de muestra se limita al suelo natural obtenido de la trocha carrozable del sector de Chacapunco tomado de la calicata N°2 del km 0+295 que fue catalogado como el suelo más malo de las 3 muestras de las calicatas N°1, N°2 y N°3, teniendo como guía de información las siguientes normativas:
 - Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos (2013).
 - Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG – 2013.
 - Manual de Ensayo de Materiales – 2016
 - Norma CE – Suelos y Taludes – 2012.



- Nuestra investigación se limita solo al estudio de las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo antes de la estabilización al cual se le llamara la muestra patrón y posterior a estabilizar con las mezclas de cemento caduco en los diferentes porcentajes propuestos.
- Para determinar el uso del cemento caduco, para ser precisos de que fecha posterior a la recomendada se hará uso, se realizó los ensayos recomendados por la NTP para determinar la calidad del cemento los cuales son: finura, consistencia y fraguado, hicimos la verificación comparando con la normativa para hacer uso del cemento que este dentro de los parámetros recomendados.
- Como se indicó líneas arriba la investigación se limita a realizar las pruebas de calidad recomendadas a las bolsas de cemento caduco que se encuentren en el almacén central de la Municipalidad Distrital de Chinchero.
- Los porcentajes de cemento se determinaron en recomendación de libros y reglamentos que indican rangos recomendados, lo cuales varían de 2% a 12% para el caso del manual de carreteras y según (De la Fuente Lavalle, 2004) 7% a 12%. Teniendo como base estos rangos se determinó usar un rango medio (4 %, 7% y 10%), pero con más énfasis al manual de carreteras.
- Las propiedades índice-físicas a evaluar son: densidad, el contenido de humedad, granulometría, límites de consistencia y compactación; dentro de las propiedades mecánicas son: el índice de CBR, expansión, y resistencia la compresión confinada.

La falta de datos o de datos confiables, probablemente requerirá que se limite el alcance del análisis, el tamaño de la muestra, puede ser un obstáculo significativo para encontrar una tendencia y una relación debido a que anteriormente no se ha analizado este suelo con este método y la falta de estudios de investigación previos sobre el tema en la zona de intervención.

1.4 Objetivo de la investigación

1.4.1 Objetivo general.

Evaluar la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en 4%,7% y 10% en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023.



1.4.2 Objetivos específicos.

OE 1: Determinar la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en 4%,7% y 10% sobre los límites de Atterberg en el suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023.

OE 2: Determinar la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en 4%,7% y 10%, en la compactación del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023

OE 3: Determinar la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en 4%,7% y 12% en el índice de CBR y expansión del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023.

OE 4: Determinar la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en 4%,7%, y 10%, en el grado de compresión inconfiada del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco.



Capítulo II: Marco teórico

2.1 Antecedentes de la tesis o investigación actual

2.1.1 Antecedentes a nivel nacional.

No se encontraron como tal investigación sobre la evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso. Sin embargo se encontró algunos estudios relacionados que nos servirán de referencia.

Cana, D. y Quispe, S. (2018), realizó la investigación: *Análisis de las propiedades mecánicas del concreto aplicando cemento portland tipo IP almacenado en condiciones no favorables durante los meses más húmedos en la ciudad de Arequipa. En la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.*

- Su objetivo fue: Analizar el comportamiento de las propiedades mecánicas utilizando cemento almacenado en condiciones favorables y no favorables durante los meses más húmedos de Arequipa. Se realizó el diseño de mezclas siguiendo las especificaciones del comité ACI 211.1 para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm².
- La metodología: Con una metodología cuantitativa, experimental, aplicada. Los resultados de los ensayos fueron procesados estadísticamente siguiendo las consideraciones de precisión establecidas en las normas correspondientes para cada ensayo, además se estableció un criterio de aceptación según lo indicado por el comité ACI 318.
- Los resultados: Las propiedades mecánicas del mortero y concreto disminuyeron proporcionalmente al tiempo y condición de almacenamiento, es decir, las resistencias alcanzadas por el cemento bien almacenado fueron mayores que las del cemento mal almacenado. Esta disminución en las propiedades mecánicas del concreto es atribuida a los grumos presentes en el cemento, los cuales fueron cuantificados y comparados mediante la granulometría del cemento fresco, bien y mal almacenada.
- Por lo que se concluye que: Finalmente se realizó una comparación entre los costos de producción del concreto utilizando cemento en diferentes condiciones de almacenamiento, concluyendo que, para cualquier periodo de tiempo, es más económico utilizar cemento bien almacenado que mal almacenado.



Velásquez, C. (2018), realizo la investigación : *Influencia del cemento portland tipo I en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la Av, Dinamarca, Sector la Molina. En la Universidad Nacional de Cajamarca.*

- Su objetivo fue: Evaluar la influencia del cemento Portland Tipo I en la estabilización de suelo arcilloso de la subrasante de la avenida Dinamarca, sector la Molina.
- La metodología desarrollada fue: La investigación es de tipo aplicada, se encuentra en un nivel explicativa-correlacional, ya que busca explicar y relacionar el comportamiento de las variables dependientes en función de las variables independientes, con un diseño experimental siguiendo lineamientos y procedimientos establecidos en las normas técnicas empleadas.
- Los resultados: El índice de plasticidad del suelo arcilloso más desfavorable se redujo a 36, 23 y 15% con la adición de cemento portland tipo I en porcentajes de 1, 3 y 5% respectivamente, lo que significó que el suelo todavía era de plasticidad media. Su índice de contracción se redujo de 26,22 y 19% con la adición de cemento Portland tipo I en porcentaje de 1, 3 y 5 % respectivamente, lo que indico que el suelo aún estaba sujeto a cambios volumétricos, aunque más pequeños. Su índice de CBR se incrementó a 3.50, 6.63 y 13.75% a 95 % DMS con la adición de cemento Portland tipo I en porcentaje de 1, 3 y 5 % respectivamente, por lo que una subrasante regular a buena, según el índice CBR, se logró con una adición de 4% de cemento.
- Por lo que se concluye que: La influencia del cemento Portland tipo I, en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida Dinamarca, sector de La molina, se reflejó en la reducción de su índice de plasticidad e índice de contracción y en el incremento de su índice CBR.

Bravo, L. (2022), realizo la investigación: *Influencia del hidrogel como sustituto del agua en las propiedades físico-mecánicas de un suelo obtenido en la Apv. Sacsaccata – San Sebastián estabilizado con cemento portland tipo IP a nivel de subrasante – 2022. En la universidad Andina del Cusco.*

- Su objetivo fue: Determinar la influencia de la adición de Hidrogel como sustituto del agua en las propiedades físico-mecánicas de un suelo obtenido de la APV. Sacsaccata – San Sebastián estabilizado con cemento portland tipo IP a nivel de subrasante.
- La metodología desarrollada fue: La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, ya que se basa en la medición de las variables. Tiene como nivel de investigación explicativo, debido a que se busca establecer las causas probables y la influencia que produce el hidrogel en las distintas propiedades del suelo estabilizado



con cemento. Sigue el método hipotético-deductivo por la afirmación general planteada de que el hidrogel tendrá una mayor influencia en la estabilización del suelo con cemento a nivel de subrasante. La investigación realizada es cuasi experimental, por la manipulación intencional de la variable independiente.

- Los resultados: La densidad máxima seca tiene una clara tendencia alcista con la adición del cemento con respecto al suelo natural. Para el caso de la humedad óptima, presenta una tendencia en aumento por el incremento del cemento portland tipo IP en 5% y 7%. Se observa una clara relación del aumento de la resistencia a compresión con la adición de cemento portland tipo IP en 5% y 7%. Para el caso de 5% y 7% de cemento con hidrogel el CBR se incrementó. Con la adición de cemento al 5% se reduce en promedio 54% de la expansión del suelo natural, con el 7% se reduce aún más, llegando a mitigar el 93% de la expansión del suelo natural.
- Por lo que se concluye que: La capacidad de soporte CBR con la adición de cemento portland tipo IP en 5% y 7%, con la incorporación de hidrogel resulta mayor a comparación de solamente suelo con cemento portland tipo IP en 5% y 7%. La resistencia a compresión con la adición de hidrogel resulta ser mayor o superior a comparación del suelo adicionado con solamente cemento portland tipo IP en 5% y 7%. La densidad máxima seca con la adición de hidrogel se ve reducida en comparación al suelo estabilizado con cemento portland tipo IP al 5% y 7%.

Navarro, H. (2022), realizó la investigación: *Análisis comparativo de las características físico-mecánicas de suelos arcillosos en la vía Agua Buena- Colegio La Salle con la adición de cal (2 y 4%), y cemento (7; 9 y 11%) para subrasante. En la universidad Andina del Cusco.*

- Su objetivo fue: Determinar la variación de las propiedades físico- mecánicas con la adición de cal (2, 4%) y cemento (7; 9 y 11%) respectivamente, en suelos arcillosos procedentes de la vía Agua Buena- Colegio La Salle que serán utilizados para subrasante.
- La metodología desarrollada fue: La investigación es de tipo aplicativo, porque se hizo uso de estabilizantes para el suelo de la vía Agua Buena-Colegio la Salle, con la finalidad de establecer propiedades físico-mecánicas del suelo. El presente estudio tiene alcance explicativo, pero incluye elementos descriptivos, es decir la investigación se inicia como descriptiva y después alcance carácter explicativo. , se hizo uso del método hipotético deductivo que es propio de las investigaciones cuantitativas; tal como manifiestan Sánchez y Reyes (2017) este método parte de una hipótesis como resultado



de inferencias lógicas a partir de datos empíricos o teorías científicas, y que se puede contrastar experimentalmente. El estudio realizado es un diseño con pos prueba únicamente y grupo de control, corresponde el diseño de investigación experimental.

- Los resultados: Al adicionar cemento se pudo observar variaciones en el índice de plasticidad del suelo estudiado, con adición de cemento fluctúan entre 5.05, 4.62 y 4.55% respectivamente. Con adición de cemento existe una reducción de índice de plasticidad con respecto al suelo sin aditivo. Al realizar las pruebas de compactación de acuerdo con las normas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, se concluye que en las pruebas de compactación utilizando energía modificada con r 11% de cemento se obtuvo una densidad seca máxima de 1.64 gr/cm³ y un contenido de humedad óptimos de 11.01%, lo cual indica disminución del contenido de humedad óptimo y de la densidad seca máxima con respecto a la muestra patrón. El valor de CBR se determina correspondiente a la penetración de 2,54 mm y 5,08 mm y el mayor de los valores se utiliza para fines de diseño. Las muestras cilíndricas se han compactado en el molde CBR en Proctor máxima densidad seca y contenido óptimo de agua. Los valores de CBR se incrementan de acuerdo con el aumento de la densidad seca máxima para todos los tipos de estabilización de suelos. Con la adición de cal al 4% el valor del CBR al 95% densidad seca máxima es de 5.74%, observándose un incremento del 2.64%. Con la adición de cemento al 11% el valor del CBR al 95% densidad seca máxima es de 8.10 %, observándose un incremento del 5.00%. Las pruebas de resistencia a la compresión inconfiada se realizaron en suelo natural, suelo arcilloso con adición de cal, suelo arcilloso con adición de cemento. Todas las muestras se prepararon mediante molde de tubo de plástico de compactación estática en sus respectivos contenidos óptimos de humedad y densidades secas máximas. Con la adición del 4% de cal el esfuerzo a la compresión de la muestra es de 1.59 kg/cm², observándose un incremento con respecto a la muestra sin aditivo. Con la adición del 11% de cemento el esfuerzo a la compresión de la muestra es de 1.70 kg/cm², observándose un incremento con respecto a la muestra sin aditivo.
- Por lo que se concluye que: Los resultados de la investigación han demostrado que, con la adición de cal y cemento, las propiedades físico- mecánicas del suelo arcilloso presentó variaciones en función al porcentaje de los estabilizantes utilizado para su análisis. Sin embargo, al comparar los resultados, se obtuvo mejores beneficios en el suelo con adición de cemento al 11%; por lo tanto, para la estabilización de los suelos



arcillosos que serán usados para subrasantes desde el aspecto constructivo es mejor emplear el cemento como aditivo en porcentajes mayores a 10%.

Yanqui, M. (2021), realizo la investigación: *Efecto de la adición de polímero bicomponente, en las propiedades físicas y mecánicas de arcillas expansivas del sector de Ccapac Moqo - Cusco, 2021. En la universidad Continental.*

- Su objetivo fue: Determinar el efecto de la adición de polímero bi-componente, en las propiedades físicas y mecánicas de arcillas expansivas, del sector de Ccapac Moqo, Cusco 2021.
- La metodología desarrollada fue: El método es científico, con un enfoque cuantitativo, ya que usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, a fin de establecer patrones de comportamiento y probar teorías. El diseño de la investigación es experimental, sustentado teóricamente en que “La Concepción tiene como esencia la experimentación manipulando de manera intencional una acción para poder evaluar sus resultados”. Para el caso presente se desempeña la investigación experimental y el tipo de diseño es Cuasi – Experimental.
- Los resultados: El índice de plasticidad (IP) fue controlado y desciende según la dosificación de 0.2% del polímero bicomponente. Se alcanzó un índice de plasticidad (IP) más bajo de 44%, con una dosificación de polímero bi-componente de 3.6 %. El IP inicial sin polímero fue de 55.47%, de allí se logró una variación de 11.47% en relación al máximo descenso del IP. A partir de 3.6% del polímero bi-componente añadido ya no surte efecto en la disminución del índice de plasticidad IP, más por el contrario vuelve a incrementar la plasticidad. . La determinación del esfuerzo cortante pudo ser incrementada hasta 0,47 kg/cm², a una dosificación de 3.2% del polímero bi-componente. El esfuerzo cortante inicial sin polímero bi-componente es de 0.28 kg/cm², de allí se logró obtener una variación de 0.19 kg/cm² en relación al máximo esfuerzo cortante obtenido. Con dosificaciones superiores a 3.2% empieza a reducir su capacidad de mejora en el suelo. Al haber ensayado el espécimen con una dosificación de 3.4% del polímero bicomponente, se pudo reducir la expansión hasta 3.9%. La expansión inicial es de 5.18%, de allí se logró obtener una variación de expansión de 1.28% en relación a la expansión mínima. Este es el resultado con más bajo potencial de expansión, por ende esta alcanzado su estabilización.
- Por lo que se concluye que: Después de haber propuesto el objetivo general: Determinar el efecto de la adición de polímero bi-componente, en las propiedades físicas y mecánicas arcillas expansivas, del sector de Ccapac Moqo, Cusco 2021. Y al haber



determinado los efectos en las propiedades físicas y mecánicas en la muestra de suelo con la adición de polímero bi-componente del sector Ccapac Moqo, se puede evidenciar las mejoras respecto a la resistencia al corte del suelo y la estabilidad del material. El efecto del polímero actúa como aditivo según la dosificación propuesta y su límite de acción demostrado mediante los resultados, permitirá identificar las decisiones más apropiadas respecto a proporciones requeridas según se dé el caso. Estas mejoras sobre el material dispuesto, el cual es conocido únicamente por ser una arcilla expansiva, ahora mediante la adición de polímero puede ser utilizado como: Estabilizador.

2.1.2 Antecedentes a nivel internacional.

Igualmente no se encontraron como tales investigaciones sobre la evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso. Sin embargo se encontró algunos estudios relacionados que nos servirán de referencia.

Hidalgo, D. (2016), realizo la investigación: *Análisis comparativo de los procesos de estabilización de suelo con enzimas orgánicas y suelo-cemento, aplicado a suelos arcillosos de sub-rasante. En la Universidad Técnica de Ambato.*

- Tuvo como objetivo: Definir los procesos de estabilización de suelo con enzimas orgánicas y suelo-cemento, aplicado a suelos arcillosos de sub-rasante.
- La metodología desarrollada fue de tipo aplicada, debido a que en el proceso de conformación de la presente investigación se utilizará conocimientos aprendidos durante la carrera. Para el desarrollo de la investigación será necesario experimentar el suelo arcilloso con enzimas orgánicas y también con cemento, intentando mejorar las propiedades físico-mecánicas de este tipo de suelo en estudio. La investigación en mención será de carácter de laboratorio, ya que es preciso indicar que los ensayos realizados al suelo, y a las mezclas de suelo con enzimas orgánicas y suelo-cemento.
- Como parte final, se muestran que los resultados mostraron: La Identificación y clasificación del suelo obtenidos de la ciudad del Puyo, fue de una Arcilla de Alta Plasticidad CH para las 2 muestras, según indica la tabla SUCS correspondiente a Identificación y Clasificación del suelo. De acuerdo a los resultados obtenidos de CBR 3,81% para la muestra #1 obtenida del Barrio La Merced y CBR 2,05% para la muestra#2 obtenida del Barrio El Chofer, los suelos identificados son unas arcillas



de alta plasticidad de subrasante muy pobres de acuerdo a lo indicado en la tabla N°18. Este tipo de suelo demuestra ser adecuados para ser estabilizados. La aplicación del agente enzimático como estabilizador de suelos, se ve enmarcado en el resultado obtenido con la muestra #1 con un valor de 9,2% de CBR con respecto al valor de CBR natural de 3,81%; evidenciando el incremento en la capacidad portante que puede tener una arcilla de este tipo al ser estabilizada con este agente estabilizador.

- Por lo que se concluye que: La aplicación del cemento a las muestras de suelo, modifican su contenido de humedad, debido a que este ayuda a absorber el agua, por esta razón los contenidos óptimos de humedad identificados en el ensayo Proctor Modificado aumentan de acuerdo al porcentaje de cemento que se adicione a la combinación suelo-cemento. Para aplicación de estos sistemas de estabilización en campo, se debe tomar en cuenta los resultados obtenidos de CBR, es así que se opta por la aplicación de enzimas orgánicas, de acuerdo al beneficio que puede obtener una subrasante, debido al mejoramiento obtenido en suelos arcillosos de color anaranjado-rojizo representado por la muestra #1, los cuales se encuentran en mayor cantidad en la región amazónica. Además de ser este agente estabilizador amigable con el medio ambiente. Mientras que se opta por la aplicación de cemento como estabilizante de un suelo arcilloso, de acuerdo al costo que este puede originar, siendo un componente más económico y que se puede encontrar fácilmente en el mercado.

Camargo, H. y Duran, J. (2018), realizo la investigación: *Evaluación de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos de baja plasticidad mediante el uso del cemento para capa de rodadura en vías terciarias. En la Universidad de Cartagena.*

- El objetivo principal de esta investigación fue evaluar las propiedades mecánicas de suelos arcillosos de baja plasticidad, mediante el uso del cemento para capa de rodadura en vías terciarias.
- La metodología desarrollada fue de tipo: El tipo de investigación planteada en el proyecto es de carácter experimental, teniendo en cuenta que se realizó un análisis de datos obtenidos de ensayos a muestras representativas de la realidad. La investigación posee un enfoque cuantitativo, puesto que se analizó y se obtuvo valores medibles a través de diferentes procedimientos experimentales, como los son: el análisis granulométrico, determinación del contenido de agua, cálculo de los límites de



Atterberg, y determinación de la relación de soporte de California en el suelo típico de Membrillal.

- En la última parte se presentan los resultados: Luego de desarrollar la práctica concerniente al análisis y clasificación de suelo se puede afirmar que el suelo extraído de la perforación anteriormente realizada en Membrillal Bolívar presenta un límite líquido de 33.19%, un límite plástico de 18% y un índice de plasticidad de 15.19%. Por otra parte, se tiene que la humedad es inversamente proporcional al número de golpes, es decir, a mayor contenido de agua en la muestra de suelo menor es el número de golpes necesarios para unir las dos mitades, cumpliendo con la relación presentada por el experimento de Casagrande, para la determinación del límite líquido. El suelo estudiado en el anterior proyecto de grado se clasifica según la ASSHTO como un suelo tipo A-6 y según la SUCS es un tipo de suelo CL que significa que es una arcilla de baja plasticidad, por ende se utilizó como referencia la clasificación según la ASSHTO justo la indicada para mejorar sus propiedades aplicándole cemento y utilizarla como capa. En el ensayo de compactación se obtienen de acuerdo con el número de golpes las diferentes densidades secas máximas y además las humedades óptimas para llegar a dicha densidad. Para obtener una densidad seca máxima de 111.1 Lb/Pie³ se debe llevar a una humedad de 15.4% y aplicándole una energía determinada a través de 56 golpes, para 26 golpes se obtiene una densidad seca máxima de 105.9 Lb/Pie³ a una humedad de 18.3% y, por último, para una humedad de 19.2% y 12 golpes se obtiene una densidad seca máxima de 102.2 Lb/Pie³. Se observa que la relación de vacíos va disminuyendo hasta encontrar el punto óptimo y proporcionalmente con la porosidad, dándose de esta manera las relaciones esperadas para el ensayo de Proctor modificado. La finalidad de esta prueba es de suma importancia debido a que se si en el campo se reproducen las condiciones en las que se realiza la práctica en el laboratorio se pueden obtener resultados satisfactorios. Respecto a la expansividad se puede concluir que se encuentra en un rango no tan elevado y esperado, debido a que ya se conocía el índice de plasticidad del suelo. Los valores porcentuales obtenidos en la expansividad no superan ni siquiera el 10%, pero aun así nuestro índice de plasticidad se encuentra en el rango de grado de expansión medio, por lo tanto el suelo se encuentra en un rango de media-baja expansividad (M. Das, 2002), afirmando aún más que es un suelo apto para la estabilización con cemento ya que no es un suelo totalmente malo y que con ayuda de dicho estabilizante se mejoraría las propiedades mecánicas del suelo. En cuanto a los resultados obtenidos para la cantidad optima de agua que necesitó la mezcla de suelo-



cemento, podemos decir que la mezcla alcanza su máxima compactación con un contenido de humedad de 18% y una densidad seca máxima de 91.1 Lb/Pie³ indicando así que la mezcla de suelo-cemento necesita una humedad de 18% para que se comporte de la manera más resistente.

- Por lo que se concluye que la estabilización del suelo arcilloso típico de Membrillal con la tecnología de suelo-cemento no puede ser usado como capa de rodadura de forma directa, debido a que no cumple las especificaciones establecidas por el INVIAS, sin embargo, no deja de ser una alternativa completamente realizable si se usa como cualquier otro elemento de la estructura del pavimento. Se infiere con el proyecto presente, que los ensayos de desgaste no son muy prácticos para cilindros de suelo-cemento, con el tipo de suelo estudiado, debido a que se presentaron inconvenientes como el desmoronamiento de los cilindros al ser sometidos por el proceso de saturación.

2.2 Aspectos teóricos pertinentes

2.2.1 Suelo.

La definición de suelo varía mucho dependiendo del autor, del tipo de investigación e incluso el fin para el que se quiera conocer su definición, sin embargo, para efectos de la presente investigación nos centraremos en los conceptos de la rama mecánica de suelos, que hacen referencia al uso del suelo para obras civiles.

Crespo (2004), define al suelo como: “Una delgada capa sobre la corteza terrestre de material que proviene de la desintegración y/o alteración física y/o química de las rocas y de los residuos de las actividades de los seres vivos que sobre ella se asientan” (p.18).

Juárez y Rico (2005), define al suelo como: “El agregado de partículas orgánicas e inorgánicas, un conjunto de organización definida y propiedades que varían vectorialmente, en la dirección vertical generalmente sus propiedades cambian mucho más rápidamente que en el horizontal” (p.34).

M. Das (2015), el suelo se define como: “El agregado no cementado de granos minerales y materia orgánica descompuesta (partículas sólidas) con líquido y gas en los espacios vacíos entre las partículas sólidas” (p. 1).

Duque y Escobar (2002), define al suelo como: “Aquellas sedimentaciones no afirmadas de corpúsculos sólidos, resultado de la transformación de los peñascos, o suelos trasladados por aquellos agentes atmosféricos, como es el viento, agua o hielo por efecto de la gravedad, y que pueden contener materia orgánica” (p. 15).



En consecuencia, el contenido total de un suelo está compuesto por el volumen de sistema de partículas de sólidos y por el otro volumen de sistema de vacíos; pero, este último está constituido por agua, aire y otros elementos.

Por lo tanto podemos decir: que los ingenieros civiles utilizan al suelo como material de construcción en diversos proyectos, por lo que ellos deben estudiar las propiedades del suelo, así como: su origen, su distribución de su tamaño, la capacidad de drenar el agua, compresión, resistencia al corte y la capacidad de soporte de carga.

Figura 4 Perfil del suelo

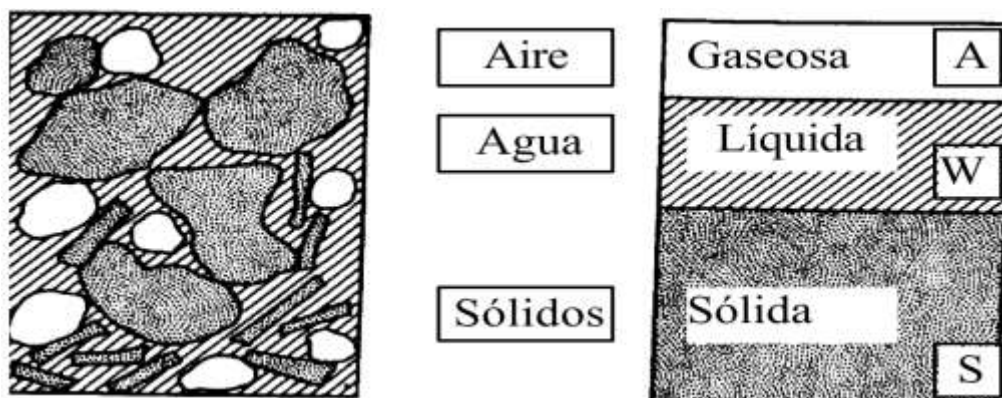
Perfil del suelo.

MECÁNICA DE SUELOS		VI Suelo con humus	Fábrica textural heredada. Zona de lixiviación susceptible a la erosión.
		V Suelo sin humus	
MECÁNICA DE GRANOS GRUESOS		IV Completamente descompuesto	Fábrica textural y estructural. Zona de acumulación. Inicia el control estructural.
		III Altamente descompuesto	
MECÁNICA DE ROCAS		II Parcialmente descompuesto	Fábrica estructural heredada.
		I Roca sana	Falla planar, en cuña o por caída.

Nota: El perfil geotécnico se describe con seis horizontes, del I en la base al VI en la superficie, pudiendo en ocasiones estar el perfil incompleto, por faltar en el algún horizonte. Fuente: Duque y Escobar (2002).

Figura 5 Esquema de una muestra de suelo y el modelo de sus 3 fases

Esquema de una muestra de suelo y el modelo de sus 3 fases.



Nota: Se presenta 3 fases la fase sólida: fragmentos de roca, minerales individuales, materiales orgánicos, la fase líquida: agua, sales, bases y ácidos disueltos, incluso hielo y la fase gaseosa: aire, gases, vapor de agua. Fuente: Duque y Escobar (2002).



2.2.2 Principales tipos de suelo.

De acuerdo con el origen de sus elementos, los suelos se dividen en dos amplios grupos: suelos cuyo origen se debe a la descomposición física y/o química de las rocas, o sea a los suelos inorgánicos, y suelos cuyo origen es principalmente orgánico.

2.2.2.1 Suelos inorgánicos.

Son suelos que fueron formados por la meteorización de las rocas, y su composición es principalmente de granos minerales, estos pueden formarse por procesos químicos y físicos.

Si en los suelos inorgánicos el producto del intemperismo de las rocas permanece en el sitio donde se formó, da origen a un suelo residual; en caso contrario, forman un suelo transportado, cualquiera que haya sido el agente transportador (por gravedad: talud; por agua: aluviales o lacustres; por viento: eólicos; por glaciares: depósitos glaciares).

2.2.2.2 Suelos orgánicos.

Generalmente estos suelos se forman in situ, la cantidad de materia orgánica que posean dependerá directamente de la cantidad de materia inorgánica del mineral que lo formó, uno de estos suelos es:

- **Turba:** es un suelo orgánico que contiene en su mayoría, tejido vegetal que varía en etapas de descomposición, su color es generalmente negro o café oscuro, por su poco peso cuando están secos y su gran compresibilidad y porosidad, la turba es el primer paso de la conversión de la materia vegetal en carbón. Se le considera un pésimo suelo para obras civiles.

A continuación se describen los suelos más comunes con los nombres generalmente utilizados por el ingeniero civil para su identificación.

- **Gravas:** Las gravas son depósitos de fragmentos de rocas, y dado que su origen es por el acarreo del agua, se suelen encontrar depósitos de gravas en los lechos de los ríos, normalmente al encontrar grava, estas vienen con una proporción de canto rodado, arenas, limos y arcillas.
- **Arenas:** La arena se forma por la denudación de las rocas o por su trituración artificial, convirtiéndose en granos finos. El origen de la arena es igual al de las gravas, por ende, suelen encontrarse en los mismos depósitos (lechos de ríos, mares, lagunas, etc.). No son plásticas y se comprimen instantáneamente al aplicarles cargas.



- *Limos*: Estos se caracterizan por ser granos finos con baja o nula plasticidad, pueden ser limos orgánicos y limos inorgánicos, dependiendo de esta clasificación su grado de plasticidad. Al estar saturados no se recomiendan para soportar cargas, tienen una baja permeabilidad y alta compresibilidad, por ende, son considerados suelos pobres para cimentar.
- *Arcillas*: Químicamente es un silicato de aluminio hidratado que en algunas ocasiones contiene silicatos de hierro o magnesio también hidratados. Las arcillas tienen la propiedad de volverse muy plásticas en contacto con el agua y a su vez tener una baja permeabilidad.

Tabla 2

Clasificación de suelos según tamaño de partículas.

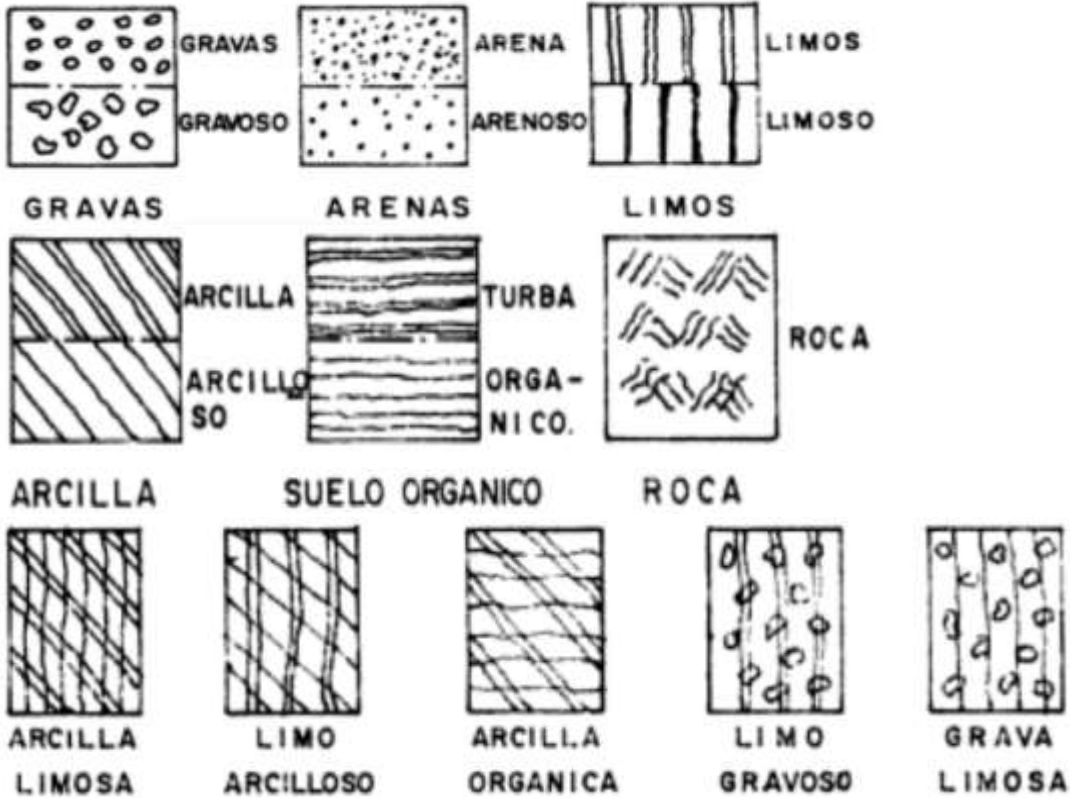
Tipo de material	Tamaño de las partículas
Grava	75mm - 4.75mm
	Arena gruesa: 4.75mm - 2.00mm
Arena	Arena media: 2.0000 - 0.425mm
	Arena fina: 0.425mm - 0.075mm
Material fino	Limo 0.075mm - 0.005mm
	arcilla Menor a 0.005mm

Nota: Clasificación del suelo de acuerdo al tamaño de las partículas, Fuente: Manual de Carreteras: Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos (2013).

Una característica que hace muy distintivos a diferentes tipos de suelos es la cohesión. Debido a ella los suelos se clasifican en cohesivos y no cohesivos. Los suelos cohesivos son los que poseen cohesión, es decir la propiedad de atracción intermolecular, cómo las arcillas. Los suelos no cohesivos son los formados por partículas de rocas sin ninguna cementación, como la arena y la grava.

Figura 6

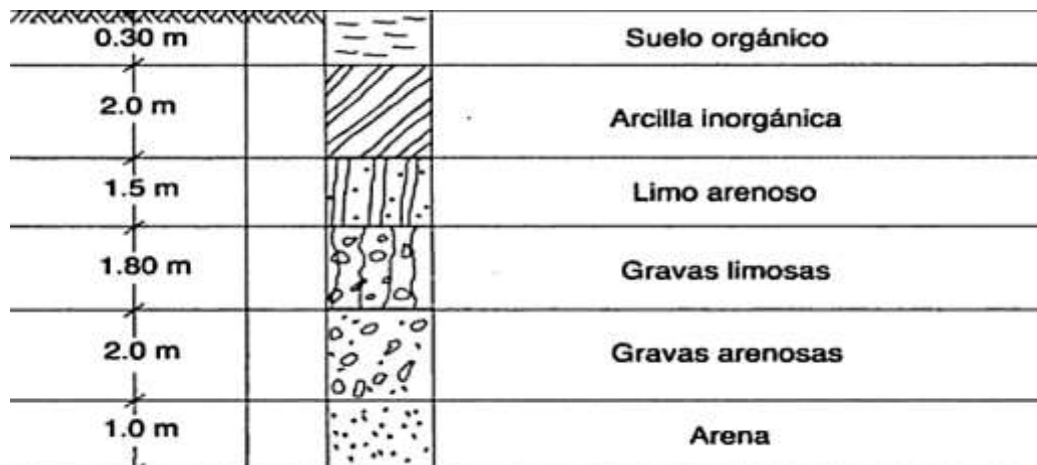
Símbolos empleados para representar los suelos.



Nota: Se muestran algunos símbolos para representar los suelos e incluso se muestran las combinaciones. Fuente: Crespo (2004).

Figura 7

Estratigrafía de un sondeo.



Nota: Se muestra la estratigrafía por sondeo, donde se puede observar la simbología del tipo de suelo. Fuente: Crespo (2004).



2.2.3 Suelos arcillosos.

Un suelo arcilloso se puede definir como, un suelo que contiene en su mayoría arcilla (partículas menores a 0.005mm), generalmente al encontrar suelos arcillosos estos vienen con una variedad granulométrica que incluye limo y arena e incluso hasta piedras y grava, dependiendo de la formación del suelo natural. Una característica de los suelos arcillosos es que tienen una permeabilidad muy baja al tener partículas tan pequeñas y una composición mineralógica predispuesta a retener el agua.

2.2.3.1 Arcillas.

Las arcillas son cualquier sedimento o depósito mineral formado por partículas muy pequeñas cuyo tamaño es inferior a los 0,002mm, y que se componen principalmente de silicatos de aluminio hidratados. Se caracterizan por ser plásticas cuando se las humedecen y por la sonoridad y dureza al calentarla por encima de los 800°C. Como fue mencionado anteriormente, provienen de la alteración físico-química, por acción principalmente del agua, de minerales que forman parte de otras rocas preexistentes (feldespatos, piroxenos y micas), surgiendo así los “minerales de la arcilla”, en función de que roca se altera y en qué grado (Zapata,2018,p. 7).

Figura 8

Muestras de arcillas de distintos colores.



Nota: Muestras de arcilla con composiciones diferentes en origen y composición y el color, el cual, es observable. Fuente: Zapata (2018).

Las arcillas pertenecen a una clase particular de minerales denominados silicatos, en particular, al grupo de los filosilicatos, o silicatos en hojas. Su estructura puede entenderse a partir de la combinación de hojas tetraédricas (T) y octaédricas (O) (Zapata, 2018, p. 7).



2.2.3.2 Tipos de arcilla.

Las propiedades de las arcillas son consecuencia de sus características estructurales. Por ello es imprescindible conocer la estructura de los filosilicatos para poder comprender sus propiedades (García y Suarez, 2015, p.4)

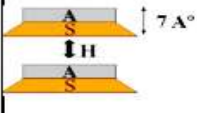
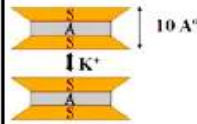
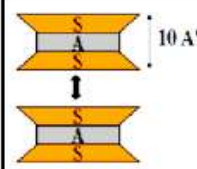
Se pueden dividir en tres grupos al clasificarlos por su estructura reticular:

- *Illitas*: Este tipo de arcillas tienen una estructuración igual a las montmorillonitas, una lámina alumínica entre dos laminas silícicas, sin embargo, la unión de retículas que esta presenta, tiende a formar grumos de materia, por lo que las moléculas de agua tienen una menor área expuesta para penetrar, esto se resume en un menor grado de expansibilidad, relativamente más favorable para obras civiles.
- *Caolinitas*: Este tipo de arcillas son relativamente estables en presencia de agua ya que las arcillas caolinitas presentan una estructura laminar que está integrada por una lámina silícica y una lámina alumínica, las cuales están superpuestas entre sí indefinidamente, esto genera un muy fuerte enlace entre las retículas, que, a nivel microscópico, impide a las moléculas de agua penetrar entre las retículas, lo que es conocido como absorción.
- *Esmectitas (montmorillonitas)*: Este tipo de arcillas a diferencia de las caolinitas presenta una estructura laminar conformada por: una lámina alumínica entre dos laminas silícicas superpuestas entre sí indefinidamente, sin embargo, la unión que tienen sus retículas son débiles, por ende las moléculas de agua pueden ingresar con mayor facilidad, esto sumado a su naturaleza dipolar (que generan fuerzas eléctricas), dan como resultado una expansión del suelo debido al aumento de volumen de los cristales, convirtiéndolo en suelos inestables en presencia de agua.

Además, que las arcillas, ya sean caolinitas, montmorillonitas o illitas, son plásticas, se contraen al secarse, presentan marcada cohesión según su humedad, son compresibles y al aplicárseles una carga en su superficie se comprimen lentamente.

Tabla 3

Grupos arcillosos más representativos.

	ORIGEN	ESTRUCTURA	ESPESOR (Å)	SUPERFICIE ESPECÍFICA (m ² /g)	φ/e	TIPO DE ENLACE	ABSORCIÓN DE AGUA	RETRACCIÓN/EXPANSIÓN	REPRESENTACIÓN
ILLITAS	Alteración de feldespatos y micas	T-O / 1:1 (sustitución de Si o Al escasa)	500 - 1000	50	10 a 20	Puente H ⁺ (FUERTE)	BAJA	BAJA	
CAOLINITAS	Alteración de feldespatos y muscovitas en medios marinos	T-O-T / 2:1	200 - 300	50	20 a 50	Enlace iónico de átomos de K ⁺ (FUERTE)	BAJA	BAJA	
ESMECTITAS (MOTMORILLONITAS)	Alteración adicional de la illita y de los feldespatos presentes en cenizas volcánicas	T-O-T / 2:1 (sustitución de Si ⁴⁺ por Al ³⁺ y de Al ³⁺ por Mg o Fe ³⁺)	200 - 400	80 - 300	10 a 30	Enlace de moléculas de agua adsorbida y iones metálicos (DÉBIL)	ALTA	ALTA	

Nota: Los grupos arcillosos son: Illitas, Caolinitas y Esmectitas, se observa su origen, estructura, características y representación. Fuente: Zapata (2018).

2.2.3.3 Identificación de los minerales de arcilla.

Holtz et al. (2011) sostienen que, debido al pequeño tamaño de los minerales de arcilla, su identificación por las técnicas mineralógicas ópticas usuales utilizadas en geología no es posible; por lo tanto, se deben emplear otros medios. Los materiales con patrones regulares o repetitivos de estructura de cristal difractan los rayos X. Diferentes minerales con diferentes estructuras cristalinas tendrán diferentes patrones de difracción de rayos X, estos patrones se usan para identificar los minerales en primera instancia. Sin embargo, surgen problemas con los suelos que son mezclas de minerales arcillosos, suelos que contienen compuestos orgánicos y otros constituyentes minerales que no son de arcilla, y suelos con minerales de capas mixtas. Por lo general, un análisis cuantitativo detallado es imposible, todo lo que uno puede saber es que minerales están presentes y aproximadamente cuánto de cada uno.

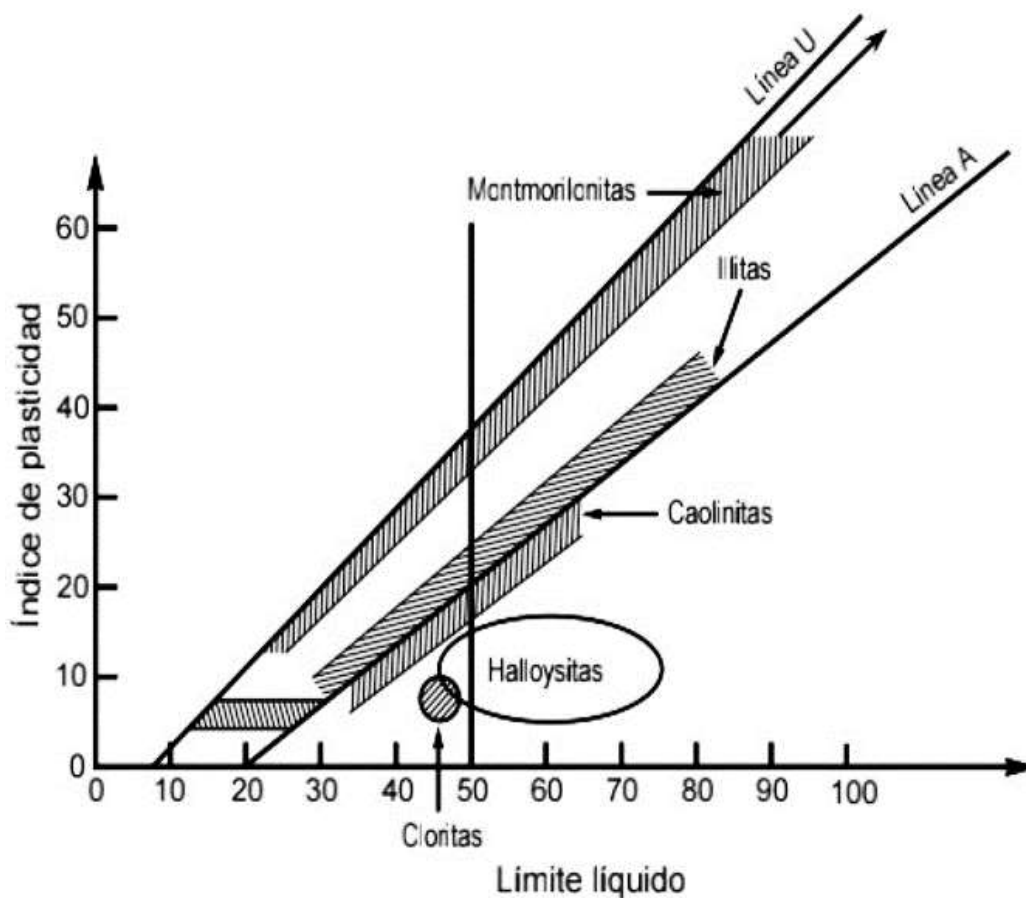
Así mismo, señalan qué otra técnica utilizada a veces para identificar minerales arcillosos es el análisis térmico diferencial (DTA). Una muestra del suelo desconocido junto con una sustancia de control inerte se calienta en un horno eléctrico a una velocidad constante de varios cientos de grados, y se mide la diferencia de temperatura entre la muestra y la sustancia inerte. Debido a que las pérdidas de agua y los cambios de fase ocurren a ciertas temperaturas únicas para

minerales arcillosos específicos, el registro de estos cambios puede compararse con los de minerales conocidos. En un proceso similar llamado análisis gravimétrico térmico (TGA) se mide la pérdida de masa de la muestra que ocurre durante el calentamiento.

Por último, indican un enfoque simple, sugerido por Arthur Casagrande, que también puede dar un alcance aproximado de la composición minero lógica de un suelo arcilloso, al menos desde el punto de vista de la ingeniería, más sofisticados de difracción de rayos X y DTA - TGA, es el que se muestra en la figura 9.

Figura 9

Identificación de minerales comunes de arcilla en la carta de plasticidad



Nota: Desarrollado por Arthur Casagrande en 1948. Fuente: Holtz et al. (2011).

Las pruebas de límite plástico y límite líquido generalmente se llevan a cabo en la fracción de suelo que pasa el tamiz número 40 (0.425mm). Ameratunga et al. (2016) consideran que esta fracción puede contener arcillas, limos y algunas arenas finas. Dos arcillas que tienen el mismo índice de plasticidad pueden tener un comportamiento bastante diferente dependiendo de sus características mineralógicas y su contenido de arcilla.



2.2.3.4 Sensibilidad de las arcillas.

Berry y Reid (1993) afirman que una masa de arcilla ha sido remodelado si se ha alterado severamente hasta el punto de destruir su estructura original. En general, se encuentra que la resistencia remodelada es inferior a la que corresponde a una inalterada. La pérdida de resistencia se atribuye a la ruptura de la adhesión electroquímica entre las partículas y a la redistribución de parte del agua adsorbida que se convierte en agua libre.

Asimismo, indican que la pérdida de resistencia debida al remodelo se caracteriza con la sensibilidad (S_t) de la arcilla, la cual se define como:

$$S_t = \frac{q_u(\text{muestra inalterada})}{q_u(\text{muestra remodelada})}$$

Donde:

- q_u : Resistencia a la Compresión inconfiada

Ameratunga et al. (2016) relacionan la tendencia de aumento de la sensibilidad con el índice de liquidez y lo expresan mediante la ecuación:

$$S_t = 0.87e^{2.28IL}$$

Donde:

- IL : Índice de liquidez

Complementariamente, Spangler y Handy (1973) a la de la sensibilidad de una arcilla de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 4

Escala de sensibilidad de una arcilla

Sensibilidad	Término descriptivo
< 2	Insensitiva
2 – 4	Moderadamente sensitiva
4 – 8	Sensitiva
8 – 16	Muy sensitiva
16 – 32	Ligeramente rápida
32 – 64	Medianamente rápida
> 64	Rápida

Nota: Término descriptivo con los rangos de la sensibilidad. Fuente: Spangler y Handy (1973).



2.2.3.5 Compresibilidad de las arcillas.

Para Fratelli (1993), la compresibilidad de los suelos es una característica propia que los distingue de la roca dura y de otros cuerpos sólidos, y consiste en poder variar substancialmente su estructura interna, volviéndose más compactos, con una reducción de su volumen. Si se comprime una masa húmeda de arcilla, la humedad y el aire pueden ser expelidos, lo que genera una reducción de volumen que no se recupere inmediatamente cuando se elimina la carga.

Crespo (2004) resalta que la compresibilidad de las arcillas, es un valor que se emplea bastante en el cálculo de asentamiento de estructuras para suelos normalmente consolidados.

El índice de compresión (C_c) es un indicador de la compresibilidad de un suelo, el cual se lo puede obtener mediante correlaciones empíricas de acuerdo al estado de la muestra de arcilla.

Tabla 5

Correlaciones empíricas para determinar el índice de compresión C_c

Correlación	Comentario
$C_c = 0.009(LL - 10)$	Arcilla inalterada de sensibilidad menor que 4. Confiabilidad $\pm 30\%$
$C_c = 0.007(LL - 10)$	Arcilla remoldeada
$C_c = 0.01(LL - 13)$	Todas las arcillas

Nota: Descripción según el índice de compresión. Fuente: Ameratunga et al. (2016).

La compresibilidad de los suelos arcillosos puede clasificarse de baja, media o alta según la siguiente tabla:

Tabla 6

Compresibilidad de un suelo en función de su índice de compresión C_c

índice de compresión (C_c)	Compresibilidad
0 a 0.19	Baja
0.20 a 0.39	Media
0.40 a más	Alta

Nota: Descripción de la compresibilidad según la escala del C_c . Fuente: Crespo (2004).



2.2.4 Propiedades del suelo.

2.2.4.1 Propiedades índices del suelo.

Las propiedades índices son todas aquellas utilizables para identificar o clasificar un suelo cualitativamente: relación de vacíos, peso volumétrico, contenido de agua, grado de saturación, límites de consistencia, distribución granulométrica, compacidad relativa, consistencia en los Estados inalterados y remoldeado, etc.

Estas propiedades solo sirven, finalmente, para encuadrar a los suelos dentro de grupos en que las propiedades mecánicas son burdamente similares. Sin embargo, el uso inteligente de aquellas propiedades y su consideración sistemática en todo estudio suelos hace posible, en cierta medida, el aprovechamiento de la experiencia ganada en otros sitios o por otras personas.

- *Determinación:* Las propiedades índices se pueden determinar de forma simple, rápida y a menor costo que las propiedades mecánicas. En ningún caso su obtención requiere de instalaciones costosas ocasionalmente ni siquiera exige un equipo más aún: con pocas excepciones, pueden medirse en muestras alteradas cuya extracción involucra técnicas muy sencillas.
- *Usos:* Su utilidad reside en la existencia de relaciones entre ellas y las propiedades mecánicas. Mediante tales correlaciones empíricas, índice se convierten en medios expeditos y económicos para hacer estimaciones a groso modo de las propiedades mecánicas para extrapolar racionalmente los valores medidos de estas últimas, amasas extensas del suelo. Así, las propiedades índices pueden usarse con ventaja en:
 - La selección, entre varias posibilidades, del sitio más apropiado para un proyecto.
 - La estimación preliminar de las propiedades mecánicas de los suelos en un sitio determinado.
 - La identificación de las zonas con condiciones más desfavorables en un sitio dado y de este modo, la programación bien fundada de investigaciones precisas sobre las propiedades mecánicas.
 - La cuantificación, en forma simple, de la variación de las propiedades mecánicas de intereses dentro de una masa extensa de suelo, mediante una correlación previa entre tales propiedades mecánicas y ciertas propiedades índices en los materiales del propio sitio en estudio.

La utilidad de las propiedades índices dependerá de la experiencia de; es decir, de su conocimiento de las relaciones entre propiedades índice y comportamiento mecánico.



Las propiedades índices se determinan a partir de ensayos de laboratorio; estos se conocen como ensayos de clasificación.

Tabla 7

Ensayos de clasificación para propiedades índice

Propiedad índice	Ensayo de clasificación	Justificación
Humedad	Humedad	Contenido de agua del suelo, índices derivados de la consistencia
Tamaño, forma	Granulometría por tamizado con lavado sobre la malla N°200	Distribución granulométrica, curva granulométrica
Consistencia	Límites de consistencia	Consistencia y plasticidad del suelo, límites e índices.

Nota: Adaptado de GeoJuanP (2021).

Las propiedades índices se expresaran en los siguientes numerales:

2.2.4.1.1 Granulometría.

Según MTC (2013), “La finalidad del análisis granulométrico de un suelo es determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes clasificados en función del tamaño de sus partículas, a partir de los cuales se define los términos grava, arena material fino (limo arcilla)” (p. 36). La clasificación de suelos según los tamaños de partículas se muestra en la Tabla 3.

A partir de la distribución de los granos de un suelo es posible formarse una idea aproximada de otras propiedades del mismo. Es un ensayo de identificación que en unión de otros permite obtener "descripción en cifras" del suelo, con lo cual pueden aprovecharse con seguridad los resultados de la experiencia, ya que se pone así de manifiesto cuando dos suelos son realmente parecidos y debe separarse de ellos, por lo tanto, análogo comportamiento.

El análisis granulométrico permite también establecer una clasificación de los suelos de acuerdo con su graduación y consiste en denominar a los suelos como: bien graduados (cuándo todos los tamaños de las partículas, desde las más pequeñas a las más grandes, se encuentran presentes en buena proporción), mal graduado, uniforme (cuando la mayor parte de los granos son del mismo tamaño) y graduación saltada (cuando hay ausencia de uno o más tamaños intermedios).

Tabla 8

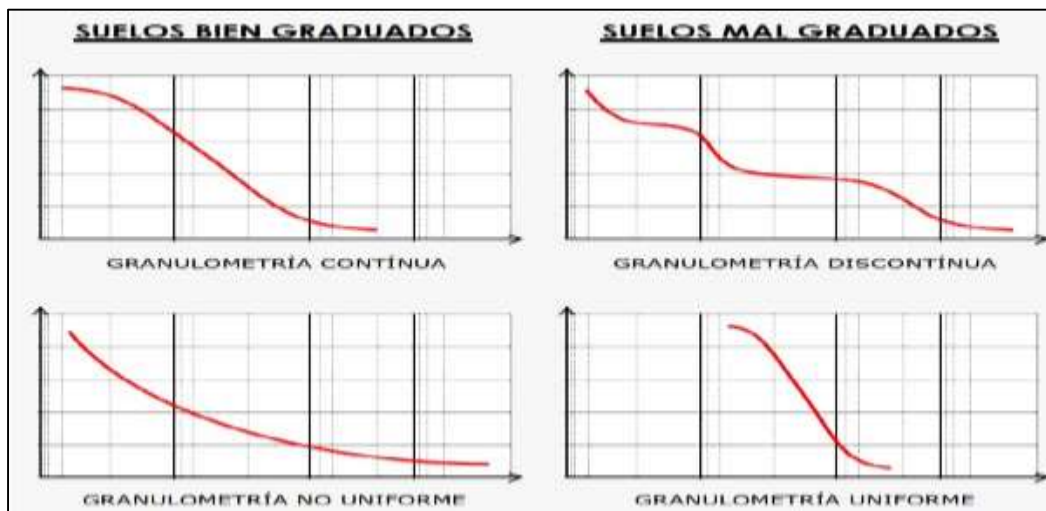
Clasificación de un suelo según el tamaño de sus partículas

Tipo de material		Tamaño de las partículas
Grava		75 mm - 4.75 mm
Arena	Arena gruesa	4.75 mm - 2.00 mm
	Arena media	2.00 mm - 0.425 mm
	Arena fina	0.425 mm - 0.075 mm
Material fino	Limo	0.075 mm - 0.005 mm
	Arcilla	menor a 0.005 mm

Nota: Adaptado del MTC (2014).

Figura 10

Curva granulométrica de distintos tipos de suelo.



Nota: Clasificación de suelos según su graduación. Fuente: Bañón y Beavía (2000).

2.2.4.1.2 Límites de consistencia

Las propiedades de un suelo formado por partículas finamente divididas, como una arcilla no es estructurada, dependen en gran parte de la humedad. “En 1900, un científico sueco llamado Albert Mauritz Atterberg desarrolló un método para describir la consistencia de los suelos de grano fino con diferentes contenidos de humedad” (M. Das, 2015, p. 64).

El agua forma una película de agua alrededor de los granos y su espesor puede ser determinante de comportamientos diferentes del material cuando el contenido de agua es muy elevado en realidad tenemos una suspensión muy concentrada sin resistencia estática al esfuerzo cortante; al perder agua, va a aumentar esa resistencia, hasta alcanzar un estado plástico en que el material

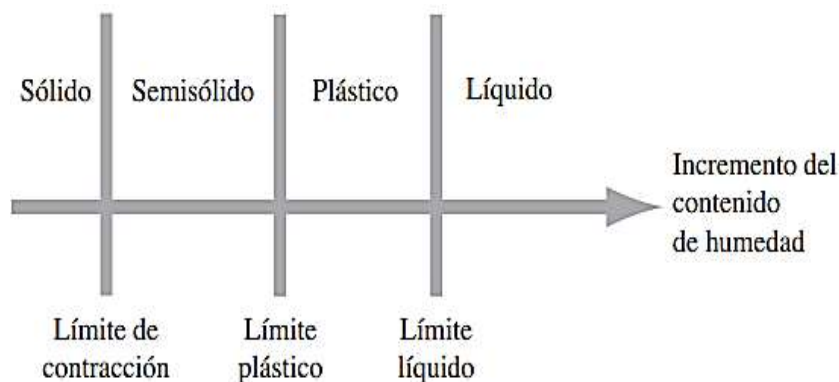


es fácilmente moldeable. Si el secado continúa, el suelo llega a adquirir las características de un sólido, pudiendo resistir esfuerzos de tensión y compresión considerables

Los límites establecen cuán sensible es el comportamiento de un suelo en relación con su contenido de humedad (agua), definiéndose los límites correspondientes a los tres estados de consistencia según su humedad y de acuerdo a ello puede presentarse un suelo: líquido, plástico o sólido (MTC, 2013,p.36).

Figura 11

Límites de Atterberg.



Nota: Dependiendo del contenido de humedad, la naturaleza del comportamiento del suelo puede ser dividido en cuatro estados básicos: sólidos, semisólidos, plásticos y líquido. Fuente: M. Das (2015).

El contenido de humedad, expresado en porcentaje, en el que se lleva a cabo la transición del estado sólido al estado semisólido se define como el límite de contracción. El contenido de humedad en el punto de transición del estado semisólido al estado plástico es el límite plástico, y del estado plástico al estado líquido es el límite líquido (M. Das, 2015, p. 65).

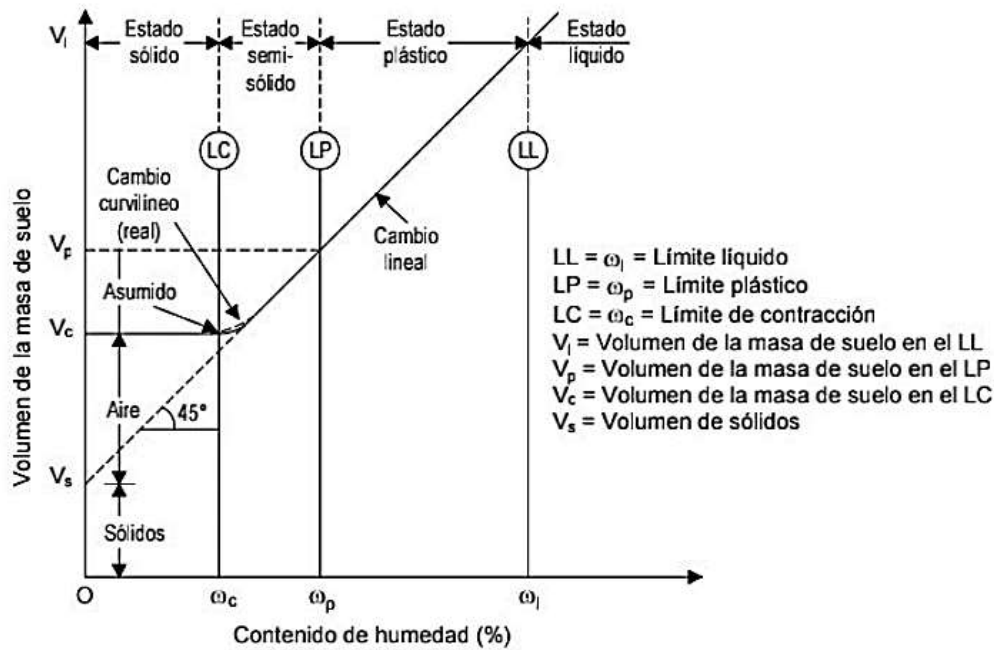
El límite de contracción, además, indica cuánto (en porcentaje) el suelo puede absorber sin hincharse; cuanto mayor sea el valor, menor será el potencial de expansión. También es útil para evaluar el comportamiento de cortes y terraplenes, principalmente en el posible surgimiento de grietas.

Algo muy útil para diferenciar si un suelo es orgánico o inorgánico, según Peck et al. (1983), es determinar dos límites líquidos con el mismo material, una con suelo húmedo o secado al aire, y otra con suelo secado al horno. El secado en el horno produce cambios irreversibles en los componentes orgánicos que producen un límite líquido significativo inferior. Si el límite de la muestra secada en horno es inferior a aproximadamente 0.75 veces el de la muestra que no

se secó de esa manera, el suelo puede clasificarse como orgánico. Unos cuantos minerales inorgánicos de arcilla y otros componentes de los suelos finos también experimentan cambios irreversibles al secarlos en el horno; por lo tanto, la identificación no puede basarse siempre en los resultados de las pruebas de los límites.

Figura 12

Límites de consistencia y variación del volumen de la masa del suelo



Nota: Se observa los límites consistencia en función al contenido de humedad y la variación del volumen de la masa del suelo. Fuente: Venkatramaiah (2006).

2.2.4.1.3 Índices obtenidos a partir de los límites de consistencia

a) **Índice de plasticidad:** Es un parámetro útil para cuantificar la plasticidad de un suelo. Se calcula como la diferencia entre límite líquido y el límite plástico.

$$IP = LL - LP$$

Donde:

- **LL:** Límite líquido
- **LP:** Límite plástico

Cuando el límite plástico del suelo no se puede determinar, se dice que este es no plástico (NP), y el índice de plasticidad se dice que es igual a cero.

El índice de plasticidad indica la magnitud del intervalo de humedades en el cual el suelo posee consistencia plástica y permite clasificar un suelo. Un índice de



plasticidad grande corresponde a un suelo muy arcilloso; por el contrario un índice de plasticidad pequeño es característico de un suelo poco arcilloso.

Tabla 9

Clasificación de un suelo segun su índice de plasticidad

Índice de plasticidad	Plasticidad	Característica
$IP > 20$	Alta	Suelos muy arcillosos
$7 < IP \leq 20$	Media	Suelos arcillosos
$IP \leq 7$	Baja	Suelos poco arcillosos
$IP = 0$	No plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

Nota: Adaptado del MTC (2014).

La PCA (1995) sostiene que los suelos con alto índice de plasticidad tienen cambios de volumen perjudiciales durante procesos de humedecimiento y secado, que pueden conducir posteriormente al deterioro del pavimento. La experiencia ha demostrado que los suelos con índice de plasticidades menores a 15 usualmente no causan problemas.

La plasticidad, de acuerdo con Crespo (2004), es la propiedad que presentan los suelos de poder deformarse, hasta cierto límite, sin romperse. Por medio de ella se mide el comportamiento de los suelos en todas las épocas. Las arcillas presentan esta propiedad en grado variable.

Según Sowers, GB y Sowers, GF (1972) la plasticidad se cuantifica por el índice de plasticidad o puede estimarse por la resistencia de una muestra de suelo secado al aire.

Tabla 10

Caracterización de la plasticidad de un suelo

Término usado	IP	Resistencia en estado seco	Ensayos de campo
No plástico	0 – 3	Muy baja	Cae en pedazos fácilmente
Ligeramente plástico	4 – 15	Ligera	Se tritura fácilmente con los dedos
Medianamente plástico	15 – 30	Mediana	Difícil de triturar
Muy plástico	31 o mayor	Alta	Imposible de triturar con los dedos

Nota: Adaptado de Sowers, GB y Sowers, GF (1972).



El MTC (2014) recomienda tener en cuenta que, en un suelo el contenido de arcilla, de acuerdo a su magnitud, puede ser un elemento riesgoso en un suelo de subrasante y en una estructura de pavimento, debido a su gran sensibilidad al agua.

b) **Índice de contracción:** Este parámetro sirve para evaluar el potencial de contracción de un suelo. Se cuantifica como la diferencia entre límite plástico y límite de contracción.

$$IC = LP - LC$$

Donde:

- **LP:** Límite plástico
- **LC:** Límite de contracción

El potencial de cambio de volumen de un suelo puede estimarse aproximadamente a partir del índice de plasticidad y el límite de contracción.

Tabla 11

Cambio volumetrico de un suelo en función de su IP y LC

Cambio de volumen	Índice de plasticidad		Limite de contracción
	Región árida	Región húmeda	
Pequeño	0 – 15	0 – 30	≥ 12
Pequeño a moderado	15 – 30	30 – 50	10 – 12
Moderado a severo	≥ 30	≥ 50	≤ 10

Nota: Adaptado de Crespo (2004).

El grado de contracción es un parámetro que mide el cambio de volumen que experimenta un suelo al pasar de un estado húmedo a un estado seco. Se expresa como el porcentaje que representa la variación del volumen del suelo al secarse, respecto a su volumen inicial en estado húmedo.

Tabla 12

Calidad de un suelo en función a su grado de contracción

Grado de contracción (%)	Calidad del suelo
< 5	Bueno
5 a 10	Regular
10 a 15	Pobre
> 15	Muy pobre

Nota: Adaptado de Crespo (2004), quien clasifica a un suelo desde bueno a muy pobre, en función de la variación de su grado de contracción



- c) **Índice de liquidez:** Peck et al. (1983) resaltan que la humedad natural de una arcilla es en sí una propiedad índice útil. Sin embargo, una de las propiedades características más importantes es el índice de liquidez, el cual tiene un mayor significado ya que relaciona la humedad natural a los límites líquido y plástico. Los depósitos que tienen humedades cercanas al límite líquido son usualmente muchos más blandos que los que tienen humedades cercanas al límite plástico.

$$IL = \frac{\omega_n - LP}{IP}$$

Donde:

- ω_n : *Contenido de humedad natural*
- LL : *Límite plástico*
- IP : *Índice de plasticidad*

En los suelos plásticos, Crespo (2004), el índice de liquidez es indicativo de la historia de los esfuerzos a los que ha estado sometido el suelo. Además si la humedad inicial de un suelo corresponde a un índice de liquidez igual a 0.2 o más, el suelo, aun siendo altamente plástico, tendrá poca o nula expansión.

Terzaghi y Peck (1978) sugieren que la resistencia a la compresión simple de las arcillas inalteradas uniformes con un índice de liquidez cercano a la unidad varía comúnmente entre 0.3 y 1 kg/cm²; en aquellas con un índice de liquidez cercano a cero, dicho valor está comprendido, en general, entre 1 y 5 kg/cm²

Los valores del límite líquido y límite plástico, junto con el contenido de humedad natural, de acuerdo con Bowles (1997), son útiles para predecir si una masa de suelo cohesivo está pre consolidada o sobre consolidada.

Tabla 13

Estado del depósito de una arcilla en función de su índice de liquidez.

Condición	IL	Estado del depósito de arcilla
Si ω_n es menor que el LP	$IL < 0$	Fuertemente sobreconsolidado
Si ω_n es cercano al LP	$IL \approx 0$	Sobreconsolidado
Si ω_n está entre el LP y el LL	$0 < IL < 1$	Ligeramente sobreconsolidado
Si ω_n es cercano al LL	$IL \approx 1$	Normalmente consolidado
Si ω_n mayor que el LL	$IL > 1$	A punto de ser un líquido viscoso

Nota: Adaptado de Bowles (1997)



d) **Índice de consistencia relativa:** Este índice es útil en el estudio del comportamiento en campo de suelos de grano fino saturados y se puede calcular como:

$$CR = \frac{LL - \omega_n}{IP}$$

Donde:

- ω_n : *Contenido de humedad natural*
- LL : *Límite plástico*
- IP : *Índice de plasticidad*

Crespo (2004) indica que índices de consistencia relativas muy cercanas a cero indican un suelo con esfuerzo a ruptura a compresión axial no confinada (q_u) comprendido entre 0.25 y 1kg/cm². Y la consistencia relativa es aproximadamente igual a 1, el qu puede estar comprendido entre 1 y 5 kg/cm². Así mismo, considera que en general el esfuerzo de corte de un suelo crece a medida que el índice de consistencia relativa varía de 0 a 1.

Para Fratelli (1993) la consistencia de un suelo arcilloso varía desde dura, hasta fluida, dependiendo de un contenido de humedad natural.

Tabla 14

Consistencia de un suelo en función de su índice CR

Consistencia del suelo cohesivo	CR	Característica
Dura	> 0.8	Se puede penetrar solo con instrumentos filosos; el suelo forma terrones que ofrecen gran dificultad a ser pulverizados
Muy firme	0.65 a 0.8	Se penetra con gran esfuerzo
Firme	0.50 a 0.65	Se penetra a mano con dificultad
Mediana	0.35 a 0.5	Difícilmente moldeable
Blanda	0.2 a 0.35	Se moldea fácilmente a mano
Muy blanda	0 a 0.2	Se escurre entre los dedos cuando se la presiona
Fluida	< 0	Suelo saturado, se comporta como líquido viscoso

Nota: Adaptado de Fratelli (1993).



2.2.4.1.4 Clasificación del suelo

De acuerdo a las propiedades que posea un suelo, pueden ser clasificados en grupos y subgrupos, estas denominaciones que reciben no necesariamente tienen por fin tener una explicación detallada del suelo, más al contrario, buscan definir las principales características del suelo en un lenguaje común y entendible. Para la determinación de un tipo de suelo actualmente hay dos sistemas de clasificación que son usados con frecuencia en Ingeniería Civil, uno de ellos es, American Association of State Highway Officials (AASHTO) y el segundo, Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), como requisitos se necesita de los ensayos de granulometría, límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad.

- a. **Sistema de clasificación AASHTO:** De acuerdo con este sistema el suelo se clasifica en siete grupos principales: A-1 a A-7. Los suelos que clasifican en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares, donde el 35% o menos de las partículas pasan a través del tamiz núm. 200. Los suelos donde más de 35% pasa a través del tamiz núm. 200 se clasifican en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7. Estos son principalmente limo y materiales del tipo de arcilla. El sistema de clasificación se basa en los siguientes criterios: tamaño de grano y plasticidad (M. Das, 2015, p.78).

La evaluación del suelo dentro de cada grupo es hecha por medio del "índice de grupo" el cual es un valor calculado de una fórmula empírica.

El grupo de clasificación, incluyendo el índice de grupo debe ser utilizada para evaluar la calidad relativa del material que constituye el suelo para uso en estructuras de trabajo con tierra, terraplenes, subrasantes, sub base y bases. La evaluación del suelo dentro de cada grupo es hecha por medio del "índice de grupo" el cual es un valor calculado de una fórmula empírica.

El grupo de clasificación, incluyendo el índice de grupo debe ser utilizada para evaluar la calidad relativa del material que constituye el suelo para uso en estructuras de trabajo con tierra, terraplenes, subrasantes, sub base y bases.

- b. **Sistema de clasificación SUCS:** Este sistema de clasificación lo propuso originalmente Arthur Casagrande en 1942 y más tarde lo revisó y adoptó el United States Bureau of Reclamation (USBR) y el US Army Corps of Engineers (USACE). En la actualidad el sistema se utiliza prácticamente en todo el trabajo geotécnico.

Este sistema clasifica a los suelos en dos grandes categorías: Suelos de grano grueso que son de grava y arena en estado natural con menos de 50% que pasa a través del



tamiz núm. 200 y Suelos de grano fi no con 50% o más que pasa por el tamiz núm. 200.

El Sistema Unificado de Clasificación se presenta en la tabla 6 (M. Das, 2015, p.82)

En el Sistema Unificado se utilizan los siguientes símbolos para fines de identificación:

Tabla 15

Símbolos para fines de identificación de suelos en el Sistema Unificado

Símbolo	Descripción
G	Grava
S	Arena
M	Limo
C	Arcilla
O	Limos orgánicos y arcilla
H	Alta plasticidad
L	Baja plasticidad
W	Bien graduado
P	Mal graduado
Pt	Turba y suelos altamente orgánicos

Nota: Adaptado de Das (2012)

La ASTM en su designación D 2487 - 11 (práctica estándar para clasificación de suelos para propósitos de ingeniería) describe un sistema para clasificación mineral y orgánica - mineral de suelos para propósitos de ingeniería, basados en la determinación de laboratorio de características como tamaño de las partículas, límite líquido e índice de plasticidad y será usado cuando se requiera una clasificación precisa.

Como se muestra en la Tabla 17, este sistema de clasificación identifica tres divisiones mayores de suelos: suelos de grano grueso, suelos de grano fino y suelos altamente orgánicos. Estas tres divisiones se subdividen en un total 15 grupos básicos de suelos.



Tabla 16

Grupos de clasificación de suelos del Sistema Unificado

Tipo de suelo	Símbolo de grupo	Nombre de grupo	Descripción del material
Suelos de grano grueso (más de 50% retenido en el tamiz No. 200)	GW	Grava bien gradada	Mezclas gravosas – poco o ningún material fino. Variación en tamaños granulares
	GP	Grava mal gradada	Mezcla de grava – arena – poco o ningún material fino
	GM	Grava limosa	Mezcla de grava – arena – limo
	GC	Grava arcillosa	Mezcla de grava – arena – arcillas. Grava con material fino en cantidad apreciable
	SW	Arena bien gradada	Mezcla de arena bien gradada – grava – poco o ningún material fino. Arena limpia con poco o ningún material fino. Amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaños intermedios
	SP	Arena mal gradada	Mezcla de arena mal gradada - grava - poco o ningún material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedias
	SM	Arena limosa	Mezcla de arena - limo
	SC	Arena arcillosa	Mezcla de arena - arcilla
Suelos de grano fino (50% o más pasa el tamiz No. 200)	CL	Arcilla inorgánica de baja plasticidad	Arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras
	ML	Limo inorgánico de baja plasticidad	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, limo arcilloso, poco plástico, arenas finas limosas, arenas finas arcillosas
	OL	Arcilla orgánica Limo orgánico	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad
	CH	Arcilla inorgánica de alta plasticidad	Arcillas gruesas
	MH	Limo inorgánico de alta plasticidad	Limos inorgánicos, suelos finos limosos o arenosos micáceos o diatomáceos (ambiente marino, naturaleza orgánico silíceo), limos elásticos
	OH	Arcilla orgánica Limo orgánico	Arcilla orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos
Suelos altamente orgánicos	Pt	Turba	Turba (carbón en formación) y otros suelos altamente orgánicos

Nota: Adaptado de la norma ASTM D 2487 - 1 1 y el MTC (2014).

Los sistemas de clasificación de suelos AASHTO y SUCS, se pueden correlacionar de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 17

Correlación entre los sistemas de clasificación AASHTO y SUCS

Sistema de clasificación AASHTO (AASHTO M 145)	Sistema de clasificación SUCS (ASTM D 2487)
A - 1 - a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A - 1 - b	GM, GP, SM, SP
A - 2	GM, GC, SM, SC
A - 3	SP
A - 4	CL, ML
A - 5	ML, MH, CH
A - 6	CL, CH
A - 7	OH, MH, CH

Nota: Adaptado del MTC (2014).

2.2.4.1.5 Densidad.

Se define como densidad de un suelo la relación entre el peso de los sólidos y el peso del volumen de agua que desalojan. El valor de la densidad, que queda expresado por un número abstracto, fines de clasificación, interviene en la mayor parte de los cálculos de mecánica de suelos. Establecer el método de ensayo estándar para determinar la densidad y peso unitario del suelo in situ mediante el método del cono de arena.

Este método es usado para determinar la densidad de suelos compactados que se encuentran en el lugar durante la construcción de terraplenes de tierra, capas de rodadura, rellenos de carreteras y estructuras de contención. Es comúnmente utilizado como base de aceptación para suelos compactados a un porcentaje de densidad máxima determinada por un método de ensayo normado (Manual de Ensayos de laboratorio, 2016, p. 133).

Figura 13

Detalles típicos de los aparatos de cono de arena.



Nota: El método del cono de arena para obtener la densidad del suelo. Adaptado de Ingeniería Real [Imagen], 2015.



Este método implica llenar un cono de arena con una cantidad medida de suelo y compactar el suelo en el cono en capas. La diferencia entre el volumen original del cono de arena y el volumen ocupado por la arena y el suelo compactado se utiliza para calcular la densidad del suelo.

2.2.4.2 Propiedades físicas del suelo.

Las propiedades físicas del suelo tienen la responsabilidad del transporte del aire, calor, agua, sustancias solubles a través del suelo, éstas pueden ser deterioradas con la labranza haciendo al suelo menos permeables y más susceptible a pérdidas por escorrentía y erosión (Sánchez, 1981).

Los suelos, formados a través de los procesos descritos, se diferencian unos de otros por diversas características que les imprimen su carácter particular. Entre ellas las principales son el color textura estructura y porosidad (Suarez de Castro, 1979, p.13).

- *Color:* Los suelos, en general, exhiben diversas tonalidades de color pardo, aunque hay variaciones de los distintos horizontes del mismo perfil. En general, el color se aclara a medida que se profundiza. Esta característica sirve frecuentemente de guía en la valorización de otras condiciones que influyen sobre la manera cómo se utiliza y maneja los suelos. Es una de las características más distinguibles a simple vista.

El color rojo o pardo rojizo depende en gran parte del contenido de óxido de hierro no hidratado, el color amarillo depende de óxido de hierro hidratado, algunos tonos grises y blancuzcos indican condiciones de mal drenaje.

- *Textura:* La textura del suelo se refiere a las cantidades relativas de partículas de diversos tamaños que contiene el suelo. Es importante en conexión con la estructura, más adelante, y por qué muchas de las propiedades físicas y químicas de la porción mineral de los suelos dependen de las proporciones de partículas de tamaño pequeño que contienen.

Las partículas minerales de diámetro menor a 2 mm se clasifican, de acuerdo a su tamaño, en tres grupos o separados que se denominan arena, limo y arcilla.

La textura del suelo es una de las características más permanentes y dependen de las características del material parental y, de los procesos de formación que sobre este actúan.



Tabla 18
Tamaño de los separados del suelo.

Nombre del separado	Límites en diámetro de las partículas. Milímetros
Arena muy gruesa	2,0 – 1,0
Arena gruesa	1,0 – 0,5
Arena media	0,5 – 0,25
Arena fina	0,25 – 0,10
Arena muy fina	0,10 – 0,05
Limo	0,05 – 0,002
Arcilla	menos de 0,002

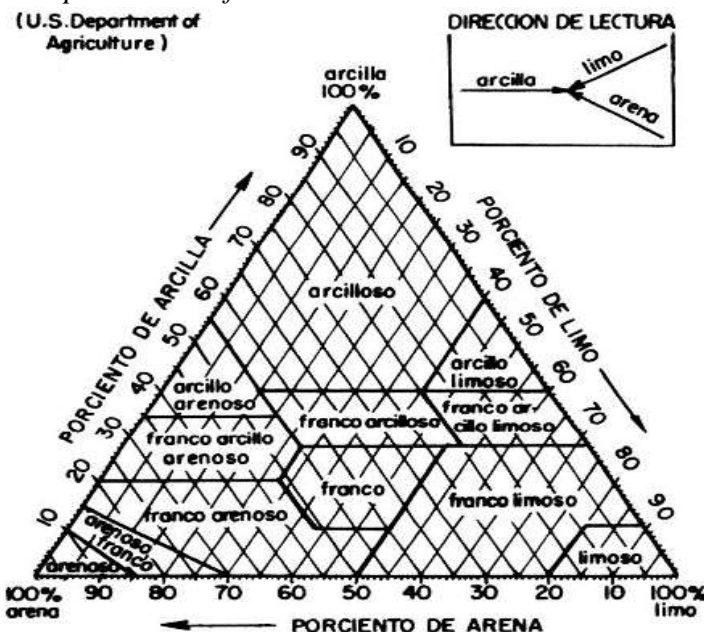
Nota: De acuerdo con el sistema del departamento de agricultura de los Estados Unidos, qué es el más ampliamente utilizado, estos son los límites para los diferentes separados. Fuente: Suarez de Castro (1979).

Los componentes del suelo son una mezcla de tres elementos principales: arcilla, limo y arena. La estructura del suelo es la relación de estos componentes:

- Facilitando su trabajo.
- Promover la retención de agua.
- Permite la circulación de aire.
- Estime la velocidad a la que el agua puede atravesar la tierra.

Para analizar la composición del suelo se debe tamizar la muestra y eliminar todos los elementos mayores de 2 mm. Así tenemos los tres elementos anteriores, arcilla, limo y arena, en diferentes proporciones, dando lugar a una pirámide que los clasifica según el USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos).

Figura 14
Guía para la clasificación de la textura de los suelos.



Nota: Guía para la clasificación de la textura de los suelos (porcentaje de arcilla, limo y arena). Fuente: Suarez de Castro (1979).

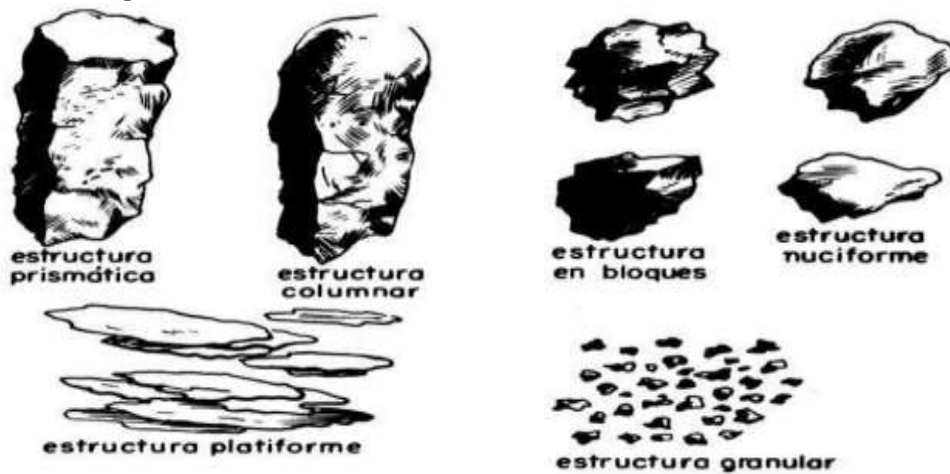


- *Estructura:* La estructura es una de las características de mayor importancia y se refiere a la forma en cómo se unen y ordenan las partículas primarias del suelo (arena, limo y arcilla), y determina en gran parte la facilidad para trabajar los terrenos, la permeabilidad de estos al agua y su resistencia a la erosión.

En los últimos años se han desarrollado algunos compuestos, tales como el krilium, canchones estructurales de los suelos que contengan buena cantidad de arcilla pero su uso es muy costoso y aún no se aplica.

Figura 15

Diversos tipos de estructura.



Nota: Nociones generales de los suelos. Fuente: Soil Survey Manual (como se citó en Suarez de Castro, 1979).

- *Porosidad:* La porosidad se refiere a la proporción de espacios o cavidades ocupados con el aire y agua que existe en la masa del suelo. Su importancia reside en el hecho de que por estos espacios o poros circulan los gases y las soluciones a través del perfil. Con estas nociones generales es posible formarse una idea de la complejidad y variaciones del suelo.

Tabla 19

Clasificación de la porosidad del suelo.

Unidad (%)	Propiedades
<40	Muy bajo
40 - 45	Bajo
45 - 55	Medio
55 - 65	Alto
>65	Muy alta

Nota: Clasificación de la porosidad mediante el %. Fuente: Cairo (1995).



2.2.4.3 Propiedades mecánicas del suelo.

“Las propiedades mecánicas son características que determinan el comportamiento del material cuando se sujeta a esfuerzos mecánicos” (Bermejo, s.f, p. 5).

Las propiedades mecánicas (resistencia, deformabilidad y permeabilidad), son las únicas directamente aplicables a la solución de un problema práctico. Son estas propiedades las que el ingeniero utiliza en el diseño racional de cimentaciones o estructuras de tierra, y por tanto, las únicas que finalmente interesan.

La medición de las propiedades mecánicas de los suelos requiere operaciones muy cuidadosas y equipo especial. Más aún, para qué tal medición tenga utilidad práctica, debe hacerse en muestras de suelo representativo de las características del prototipo.

El muestreo y manejo apropiado de los suelos para la determinación de propiedades mecánicas constituyen por sí mismos una técnica compleja; por tales motivos, la determinación de estas propiedades es generalmente complicada, costosa y lenta.

Las propiedades mecánicas de los suelos son funciones no solo de las características individuales de sus granos, de las relaciones volumétricas y gravimétricas entre sus fases y de la granulometría o la plasticidad del conjunto, sino que depende simultáneamente de todos esos factores y de la estructura o arreglo relativo de sus partículas.

Al ingeniero lo que en realidad le interesa del estudio de los suelos, es su comportamiento mecánico bajo las cargas a que estarán sometidos durante la vida útil de la obra. Las principales propiedades mecánicas del suelo, de importancia para el ingeniero son:

2.2.4.3.1 Compactación

Está relacionada con la comparación de suelos respecto a la resistencia y deformabilidad, así como también estabilidad. Todo esto hace que sea una propiedad importante que es influenciada por la presencia de la humedad, Por lo cual se trata de realizar mejoras en sus características propias de los suelos, todo en el ámbito del desarrollo de infraestructura para las carreteras (Montejo, 2002, p. 476).

“Se entiende por compactación todo proceso que aumente el peso volumétrico de un material. En general, es conveniente compactar un suelo para incrementar su resistencia al esfuerzo cortante, reducir su compresibilidad y hacerlo más impermeable” (Ingeniería Civil, 2012).

La prueba proctor consiste esencialmente en una repetición de un proceso de compactación, en un cilindro estándar de acero. El valor de la humedad que determine el máximo peso



volumétrico seco, constituye la humedad óptima del material y el peso volumétrico correspondiente se le denomina peso volumétrico seco óptimo.

El proctor modificado es una prueba con la que se puede encontrar la humedad requerida óptima y ver la compactación perfecta del suelo a través del volumen de peso contenido en un molde. Esto se denomina densidad relativa en volumen bajo una humedad requerida, y para ellos se realiza un proceso que consiste en una variedad de golpes que varían en 5 capas y están relacionadas con las herramientas utilizadas para encontrar la densidad (Castro, 2017).

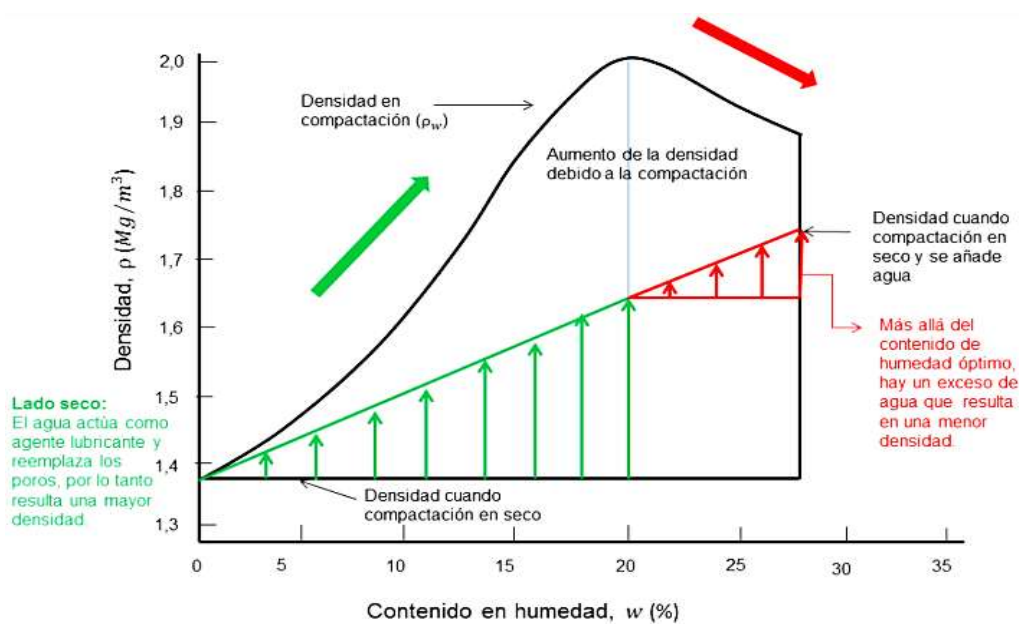
Según Gómez de Santos (2019), la modificación de las propiedades físicas de un suelo compactado radica en la reducción de la relación de vacíos, aumento de la densidad o peso específico y aumento del contacto entre granos, por lo tanto, de la resistencia friccional del suelo.

A su vez, gracias a la compactación las propiedades del terreno donde se aplican producen efectos mecánicos.

- Aumento de las propiedades de resistencia de los suelos; cohesión (c) y ángulo de rozamiento interno (ϕ).
- Disminución de la deformabilidad del suelo.
- Disminución de la conductividad hidráulica o permeabilidad (k)

Figura 16

Curva de compactación

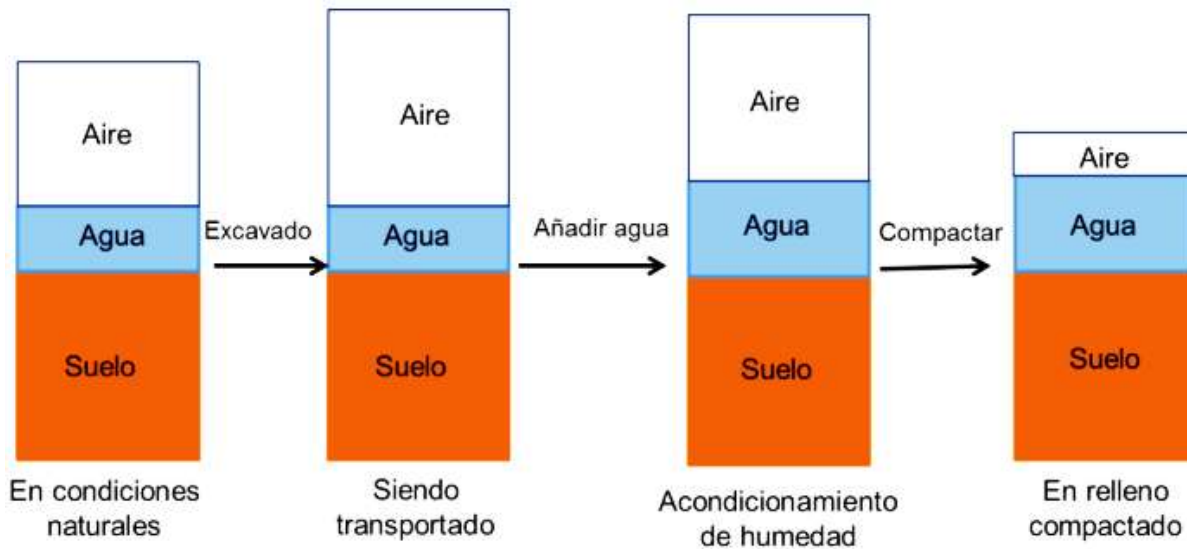


Nota: Adaptado de Johnson y Sallberg (1960).

Además del contenido de humedad, se tienen otros factores importantes que afectan la compactación son el tipo de suelo y esfuerzo de compactación. Con respecto al tipo de suelo esto radica principalmente en la forma y tamaño del grano. El esfuerzo de compactación se relaciona con la energía de compactación por unidad de volumen (M. Das, 2013).

Figura 17

Diagrama de fases del material desde su retirada hasta su relleno compactado



Nota: Adaptado de Gómez de Santos (2019).

Según Ingles y Metcalf (1972) las propiedades ingenieriles de los suelos consideradas más importantes son resistencia, compresibilidad, cambio de volumen, permeabilidad y durabilidad. Así mismo, las propiedades que se abordaron en esta investigación son la resistencia, compresibilidad y el cambio volumétrico.

2.2.4.3.2 Capacidad de soporte CBR del suelo.

Sowers, GB y Sowers, GF (1972) definen al valor relativo de soporte (California Bearing Ratio, CBR), como un índice semi empírico de las características de resistencia y deformación de un suelo. Este índice se ha correlacionado con el comportamiento del pavimento para establecer parámetros con los que se pueden determinar el espesor del mismo.

Indican, además, que este método ha sido criticado por considerársele demasiado conservador, ya que requiere la saturación previa del suelo. Aunque se debe admitir que constituye un requisito muy severo que se justifica en el hecho de que se puede desconocer las verdaderas condiciones de humedad máxima de la subrasante



Según el MTC (2014), una vez definido el valor del índice CBR de diseño para cada sector con características homogéneas, se determinará a que categoría de subrasante pertenece el referido sector o sub tramo.

Para poder asignar la categoría de la subrasante indicada en la tabla anterior, los suelos de la explanación, debajo del nivel superior de la subrasante, deberán tener un espesor mínimo de 0.60 m del material correspondiente a la categoría asignada, caso contrario se asignará a la categoría inmediata de calidad interior.

Referido al nivel superior de la subrasante, el MTC (2014) también recomienda que debe quedar encima del nivel freático como mínimo a 0.60 m cuando se trate de una subrasante excelente - muy buena ($CBR \geq 20\%$); a 0.80 m cuando se trate de una subrasante buena - regular ($6\% \leq CBR < 20\%$); a 1.00 m cuando se trate de una subrasante pobre ($3\% \leq CBR < 6\%$); a 1.20 m cuando se trate de una subrasante inadecuada ($CBR < 3\%$).

2.2.4.3.3 Resistencia al esfuerzo cortante.

La resistencia al esfuerzo cortante, en general se expresa mediante la fórmula de Coulomb, es un dato importancia primordial para conocer el grado de estabilidad en los casos en que esta dependa del comportamiento estructural de los suelos.

Tratándose de suelos propiamente dichos, susceptibles de emplearse para formar zonas convencionalmente impermeables, se ha encontrado que el método mecánico adecuado el ensayo de corte directo. El ensayo permite determinar la resistencia al esfuerzo cortante o capacidad portante del suelo en estudio, utilizando el ensayo de corte directo se puede determinar: determinar el ángulo de fricción interna, determinar la cohesión y determinar capacidad portante del suelo.

Consiste en determinar la resistencia de una muestra de suelo, sometida a fatigas y/o deformaciones que simulen las que existen o existirán en terreno producto de la aplicación de una carga. Para conocer una de estas resistencias en laboratorio se usa el aparato de corte directo, siendo el más típico una caja de sección cuadrada o circular dividida horizontalmente en dos mitades (Rojas, 2022).

Dentro de ella se coloca la muestra de suelo con piedras porosas en ambos extremos, se aplica una carga vertical de confinamiento (P_v) y luego una carga horizontal (P_h) creciente que origina el desplazamiento de la mitad móvil de la caja originando el corte de la muestra (Rojas, 2022).



2.2.4.3.4 Resistencia al esfuerzo de compresión inconfínada.

“Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área” (Administrador, 2020). Se calcula la relación de altura entre el diámetro $R = \frac{Altura}{diámetro}$. Para el cálculo del factor de corrección por la relación de altura y diámetro, se debe realizar una interpolación. Ya que según el MTC E 1103 se debe multiplicar a la resistencia por un factor 1.10, para que esta convierta la resistencia a la de una relación a/d (altura/diámetro) de 1.15.

La prueba de compresión no confinada se realiza para establecer la resistencia última o el estrés de los suelos arcillosos a la compresión inconfínada, aplicando una carga axial controlada por deformación y manipulando muestras de suelo no afectada en forma cilíndrica principalmente con un diámetro igual a 2. Este método proporciona una aproximación de la resistencia de los suelos cohesivos a la tensión total. Este ensayo se aplica solo a los materiales que están unidos de modo que no se pierda humedad durante la carga. El objetivo primordial de efectuar una prueba de compresión inconfínada es conseguir al momento una estimación aproximada de la resistencia a la compresión de un suelo con bastante cohesión para ser ensayado en una condición no compactada (Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC, 2016).

2.2.5 Subrasante.

Una subrasante o explanada es la superficie obtenida con las explanaciones, sobre la que se apoyará la superestructura de pavimento. Constituye el soporte directo de dicho pavimento, por lo que debe tener una resistencia y una regularidad geométrica adecuada (Kraemer et al, 2004)

También es la capa superior del o el fondo de las excavaciones en terreno natural, que soportará la estructura del pavimento. Está conformada por suelos seleccionados de características aceptables y compactadas por capas para constituir un cuerpo estable en óptimo estado, de tal manera que no se vea afectada por la carga de diseño que proviene del tránsito (MTC, 2014).

Según la Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), “La subrasante viene a ser la base o cimiento de la estructura del pavimento y forma parte del prisma de la carretera que está limitada entre el terreno natural y la estructura del pavimento”.

Para el Instituto de la Construcción y Gerencia (2016), el suelo de fundación o subrasante proporciona una parte sustancial de la capacidad general del sistema estructural del pavimento, especialmente para los pavimentos flexibles. Por otro lado, la calidad del suelo influye directamente en el trazo y en las dimensiones de la estructura del pavimento, y esto se ve reflejado en los trabajos de mantenimiento requerido a lo largo de la vida útil del pavimento.



Tabla 20

Categorías de la subrasante.

Categorías de Sub rasante	CBR
S ₀ : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

Nota: Categorías de la subrasante de acuerdo al índice de CBR. Fuente: MTC (2014).

2.2.5.1 Aspectos importantes de una subrasante.

El proyecto de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de la rueda a la capacidad de la subrasante. Aunque esto se puede hacer por reglas empíricas basadas en experiencias anteriores, una ingeniería económica y práctica requiere una evaluación de las propiedades físicas más significativas de la subrasantes y un proyecto de pavimento que se ajuste a la misma (G. Sowers; J. Sowers, 1972).

Montejo (2002), señala que de la calidad de la subrasante depende, en gran parte, el espesor que debe tener un pavimento, sea este flexible o rígido. Como parámetro de evaluación de esta capa se emplea la capacidad de soporte CBR o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas de tránsito.

Rico y Castillo (2005), destacan que una subrasante resistente será capaz de tolerar niveles de esfuerzo relativamente altos, con lo que podrán usarse sobre ella espesores reducidos de las capas del pavimento sin comprometer la estabilidad general lo que generará una importante reducción de costos.

De acuerdo con Kraemer et al. (2004), con la formación de una subrasante se debe conseguir una superficie:

- Sin excesivas irregularidades, de manera que el espesor de la capa inferior del pavimento puede hacer sensiblemente uniforme.
- Poco sensible a los cambios de humedad.



- Con pendientes que permiten drenar las precipitaciones ocurridas durante la ejecución de las obras.
- Con una resistencia suficiente para soportar el tráfico de obra sin presentar erosión o deformaciones.

2.2.5.2 Características que deben cumplir los suelos para conformar una subrasante.

El MTC (2014) indica que los suelos por debajo del nivel superior de la subrasante, en una profundidad no menor de 0.60 m, deberán ser suelos adecuados estables, con $CBR \geq 6\%$. En caso de que el suelo debajo del nivel superior de la subrasante tenga un $CBR < 6\%$, corresponde estabilizar los suelos, tal como se detalla más adelante.

Según Kraerner et al. (2004) los mejores suelos para una subrasante serán los que resulten fáciles de compactar, una vez compactados sean resistentes a la deformación, poco sensibles a las variaciones de humedad (especialmente en lo referido a los cambios de volumen) o a la helada en zonas sometidas a muy bajas temperaturas y sin alterabilidad potencial.

Por ello, añaden, que son preferibles los suelos granulares de granulometría continua, con una proporción pequeña de finos poco plásticos y sin piedras de gran tamaño. Los suelos de grano fino (materiales limosos y arcillosos) pueden ser empleados en núcleos, excepto las arcillas muy plásticas y limos muy compresibles de elevado límite líquido. En todo caso, los materiales que constituyan el cimientto del pavimento deben ser de una calidad mayor.

Referido a la susceptibilidad a la expansión, Rico y del Castillo (2005) consideran que debe tenerse en cuenta también en los materiales de las explanaciones, pues, naturalmente, si estos sufren fuertes cambios de volumen se tendrán deformaciones importantes en la superficie de la subbase, con los correspondientes problemas de pérdida de apoyo, aun si la subrasante, y la propia subbase están formadas con materiales no susceptibles. También refieren, que la mezcla con una cierta cantidad de cemento (estabilización), ha dado excelentes resultados para eliminar la susceptibilidad a los cambios volumétricos de los suelos finos.

Asimismo, dan importancia a la deformabilidad como requisito básico para la aceptación o rechazo de un material de subrasante y también el que condiciona su buen comportamiento como soporte de un buen pavimento.

Una subrasante deformable, sostienen, obligará al uso de pavimentos con mayores espesores de sus capas, que logren que los esfuerzos transmitidos lleguen a niveles suficientemente bajos. Si la deformabilidad se toma en cuenta en el diseño del pavimento, este será antieconómico y el



conjunto caro, ya que cuesta más el material del pavimento que el de subrasante: si la deformabilidad no se toma suficientemente en cuenta en el diseño del pavimento, como ocurre en la mayoría de casos, nunca se tendrá un pavimento con un buen comportamiento, por mejor que se conserve y por mucho que se reconstruya.

Adicional a lo anterior, Kraemer et al. (2004) recomiendan que los suelos naturales de mala calidad podrían ser desechados y sustituidos por otros de mayor calidad. Además, estos pueden ser considerados inaceptables como cimientado de un pavimento cuando:

- Presentan una elevada plasticidad, que, en todo caso, se puede reducir mediante su estabilización.
- Contienen una importante cantidad de materia orgánica.
- Son suelos evolutivos, cuyas propiedades se degradan con el tiempo, a veces incluso durante el propio proceso de puesta en obra.
- Son suelos expansivos, cuyos cambios de volumen afectarían al pavimento.
- Son suelos exageradamente heterogéneos, como son típicamente algunos rellenos constituidos de residuos producto de la actividad humana.
- Son muy erosionables, en los que, debido a corrientes de agua, se pueden formar oquedades de gran tamaño.

También refieren que la variación del nivel freático provoca la existencia de una capa activa (formada por suelos semi saturados, con un comportamiento difícil de predecir en comparación a los suelos totalmente secos o saturados) sensible a los cambios de humedad. Para hacer frente a estos problemas derivados de la influencia de la humedad de los suelos en la resistencia del cimientado, hay que prestar especial atención al drenaje subterráneo y sobre todo, construir subrasantes mediante técnicas de estabilización in situ de los suelos que las conforman

2.2.6 Cemento Portland como estabilizante.

Mezclado íntimamente con el suelo, produce una resistencia mecánica exigida y mejora así también la durabilidad con respecto a agentes físicos y químicos agresivos, como la estabilidad dimensional (Asociación Nacional Técnica de Estabilizados de Suelos y Reciclado de Firmes, 2008)

El empleo de los cementos en demasía no tiene gran influencia en la resistencia mecánica ya que esta última está más vinculada a la compactación. Esto permite recomendar el empleo del tipo I, por no requerir altos valores de resistencia mecánica a edades tempranas (Toirac, 2008)



2.2.7 Cemento caduco.

El cemento Portland, de acuerdo a Neville y Brooks (2010), le da a un cemento obtenido al mezclar íntimamente materiales calcarios y arcillosos, u otros materiales que contienen sílice, alúmina y óxido de hierro, quemando los a una temperatura de clinkerización y moliendo el clinker resultante.

De manera general, Pasquel (1998), define el cemento Portland como un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas, de tal manera que se obtenga un polvo muy fino que en presencia de agua endurece, viendo propiedades resistentes y adherentes.

Complementariamente el MTC (2013), señala que el cemento hidráulico es un producto obtenido por la pulverización del clinker Portland con adición eventual de yeso natural. El clinker Portland se forma tras la calcinación de la caliza y arcilla a temperaturas que fluctúan entre 1350 y 1450°C.

Lo comúnmente conocido es que una bolsa de cemento tenga una fecha de caducidad de 45 días después del día que fue empacado, para que así el cemento conserve todas sus propiedades, su utilidad y calidad. Después de ello se ha demostrado una significativa reducción de su utilidad y trabajabilidad de modo que no se garantiza el producto derivado de la utilización de este (Ravines, 2010).

El cemento Portland tipo I es un cemento de uso general en la construcción, que se emplea en obras que no requieren propiedades especiales. Se fabrica mediante la molienda conjunta de clinker tipo I y yeso.

Este tipo de cemento es un excelente cemento en general y es el cemento más usado, ampliamente en la industria de la construcción.

- *Características:* El cemento Portland tipo 1, generalmente presenta las siguientes características:
 - Lograr alcanzar mayores resistencias iniciales.
 - Posee menores tiempos de fraguado.
- *Usos:* Los usos del cemento Portland tipo I son:
 - Obras de concreto simple y concreto armado en general, edificaciones, estructuras industriales, pavimentos, puentes y entre otras.



- Estructuras que requieran un rápido desencofrado, debido a que logra alcanzar resistencias iniciales rápidas.
 - Concreto para clima frío.
 - La elaboración de productos prefabricados.
- *Requisitos mínimos a cumplir:* El cemento Portland tipo 1 debe cumplir la Norma Técnica Peruana 334. 009 y la norma ASTM C 150. Los requisitos mínimos de este tipo de cemento se muestran en la tabla 10.

Tabla 21

Requisitos mínimos del cemento Portland tipo IP.

REQUISITOS	CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA TIPO IP		REQUISITOS NORMA NTP 334.090 ASTM C-595	
REQUISITOS QUÍMICOS				
MgO (%)			6.00 Máx.	
SO ₃ (%)	1.5 a 3.0		4.00 Máx.	
Pérdida por ignición (%)	1.5 a 4.0		5.00 Máx.	
REQUISITOS FÍSICOS				
Peso específico (gr/cm ³)	2.75 a 2.85		-	
Expansión en autoclave (%)	0.07 a 0.03		-0.20 a 0.80	
Fraguado Vicat inicial (minutos)	170 a 270		45 a 420	
Contenido de aire	2.5 a 8.0		12 Máx	
Resistencia a la compresión	Kgf/cm ²	MPa	Kgf/cm ²	MPa
3 días	175 a 200	17.1 a 19.6	133 Mín	13
7 días	225 a 255	22 a 25	204 Mín	20
28 días	306 a 340	30 a 33.3	255 Mín	25
Resistencia a los sulfatos	%		%	
% Expansión a los 6 meses	< 0.04		0.05 Máx	
% Expansión a 1 año	< 0.05		0.10 Máx	

REQUISITOS NORMA NTP 334.009 ASTM C-150 (CEMENTO TIPO I)	
Kgf/cm ²	MPa
122 Mín	12Mín
194 Mín	19 Mín

Nota: Requerimientos químicos y físicos del cemento Yura Tipo IP. Fuente: Cemento Yura (2022).

Pasquel (1998) denomina a la hidratación como el conjunto de reacciones químicas entre el agua y los componentes del cemento, que llevan consigo el cambio del estado plástico al endurecido, con las propiedades inherentes a los nuevos productos formados.



Neville y Brooks (2010) indican que, en presencia de agua, los silicatos y aluminatos del cemento Portland forman productos de hidratación o hidratos, los cuales con el tiempo producen una masa firme y dura (pasta de cemento endurecida). Los dos silicatos de calcio (C3S y C2S) son los principales componentes cementantes en el cemento, el primero se hidrata mucho más rápidamente que el segundo.

Por último, Pasquel (1998) complementa que la reacción del cemento con el agua no une las partículas de cemento, sino que cada partícula se dispersa en millones de partículas de productos de hidratación desapareciendo los constituyentes iniciales. El proceso es exotérmico, generando un flujo de calor hacia el exterior denominado calor de hidratación.

2.2.8 Estabilización de suelos.

Rico y Castillo (2005), mencionan que con frecuencia se puede encontrar suelos no adecuados, en algún aspecto, qué deben utilizarse para un determinado fin y en un lugar específico; frente a ello consideran tres posibilidades:

- Aceptar el material tal como se encuentra, pero teniendo en cuenta en el diseño las limitaciones impuestas por su calidad.
- Eliminar el material insatisfactorio o prescindir de usarlo, por otro de características adecuadas.
- Modificar las propiedades del material existente para hacerlo capaz de cumplir en mejor forma los requisitos deseados o, cuando menos, que la calidad obtenida sea adecuada.

La última posibilidad es la que da lugar a los diferentes métodos de estabilización de suelos.

El MTC (2014), define la estabilización de suelos como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general se realizan en los suelos de subrasante inadecuado o pobre, según las categorías de subrasante que se muestran en la tabla 22.

En un sentido más amplio, Sowers (1972), indica que la estabilización incluye la compactación, el drenaje, la pre consolidación y la protección de la superficie contra la erosión o la infiltración de la humedad; sin embargo, el término estabilización se le va restringiendo gradualmente su alcance a un solo aspecto de mejoramiento: la modificación del propio material que constituye el suelo.



2.2.8.1 Propósito de la estabilización de suelo

La estabilización de un suelo es un proceso que tiene por objeto aumentar su resistencia a la deformación, disminuir su sensibilidad al agua, controlar la erosión y los cambios de volumen. Con ello se puede aprovechar suelos de baja calidad e incluso inadecuados en el cimiento del pavimento (Kraemer et al. 2004).

Según Das (2012), los fines principales de la estabilización de un suelo son:

- Modificar sus características físicas
- Agilizar la construcción
- Mejorar la resistencia y durabilidad del mismo.

La USACE (1984) destaca dos aspectos importantes que se pueden lograr con la estabilización de un suelo:

- *Mejorar su calidad.* Las mejoras más comunes en la calidad de un suelo mediante la estabilización incluyen la mejora de su gradación, una reducción de su índice de plasticidad o de su potencial de hinchamiento y un aumento de su durabilidad y resistencia. También es común estabilizar un suelo con un aditivo para proporcionar una plataforma de trabajo apta para todo tipo de clima y adecuada a las operaciones de construcción. Estos tipos de mejora de la calidad del suelo se conocen como modificaciones del suelo.
- *Reducir espesores.* La resistencia a la tensión y la rigidez de una capa de suelo se puede mejorar mediante el uso de aditivos y, por lo tanto, permite una reducción en el espesor de la capa estabilizada y las capas superpuestas dentro de la estructura del pavimento.

Además de lo anterior, Rico y del Castillo (2005) consideran que, mediante la estabilización, las propiedades del suelo que frecuentemente se estudian y se busca mejorar son: la estabilidad volumétrica, la resistencia, la permeabilidad, la compresibilidad y la durabilidad.

2.2.8.1 Criterios para establecer la estabilización de suelos

Es importante seleccionar el método de estabilización más efectivo, económico y fácil de aplicar de acuerdo al tipo de obra.

El MTC (2014) también establece factores a considerar para la correcta selección de dicho método de estabilización, tales como:

- El tipo de suelo a estabilizar.
- El uso propuesto del suelo estabilizado.



- El tipo y disponibilidad del aditivo estabilizador a emplear.
- La disponibilidad del equipo adecuado.
- Los costos comparativos.
- La experiencia en el tipo de estabilización que se quiere aplicar.

Complementario a estos factores, la USACE (1984), también considera:

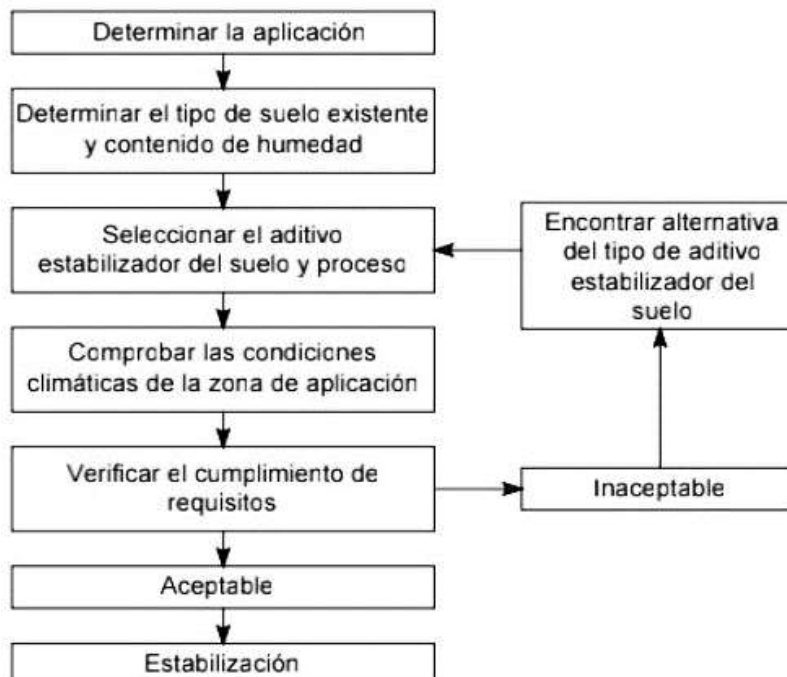
- El grado de mejora deseado en la calidad del suelo.
- La resistencia requerida y la durabilidad de la capa estabilizada.
- Las condiciones ambientales.

Además de ello si solo se desea modificar las propiedades del suelo para que adquiera una calidad de una subbase o material de base, la cal puede ser el mejor aditivo. Sin embargo, si se requieren altas resistencias y buena durabilidad para lograr una reducción en el espesor del pavimento, el uso de una combinación de cal - cemento o cal - cemento - cenizas volantes puede ser el mejor aditivo.

El siguiente diagrama muestra el procedimiento para determinar el método apropiado de estabilización:

Figura 18

Proceso de selección del método de estabilización más adecuado



Nota: Adaptado de MTC (2014).



En la siguiente tabla se muestra parámetros y restricciones para elegir el aditivo estabilizador más adecuado, de acuerdo al tipo de suelo a estabilizar.

Tabla 22

Guía referencial para seleccionar el aditivo estabilizador más adecuado

Área	Clase de suelo	Tipo de aditivo estabilizador recomendado	Restricción en el LL e IP del suelo	Restricción en el porcentaje que pasa el tamiz No. 200	Observaciones
1A	SW o SP	(1) Bituminoso			
		(2) Cemento Portland			
		(3) Cal - cemento - cenizas volantes	IP no debe exceder 25		
1B	SW - SM o SP - SM o SW - SC o SP - SC	(1) Bituminoso	IP no debe exceder 10		
		(2) Cemento Portland	IP no debe exceder 30		
		(3) Cal	IP no menor que 12		
		(4) Cal - cemento - cenizas volantes	IP no debe exceder 25		
1C	SM o SC o SM - SC	(1) Bituminoso	IP no debe exceder 10	No debe exceder el 30% en peso	
		(2) Cemento Portland	<i>b</i>		
		(3) Cal	IP no menor que 12		
		(4) Cal - cemento - cenizas volantes	IP no debe exceder 25		
2A	GW o GP	(1) Bituminoso			Solo material bien gradado
		(2) Cemento Portland			El material debe contener al menos el 45% en peso del material que pasa el tamiz No. 4
		(3) Cal - cemento - cenizas volantes	IP no debe exceder 25		
2B	GW - GM o GP - GM o GW - GC o GP - GC	(1) Bituminoso	IP no debe exceder 10		Solo material bien gradado
		(2) Cemento Portland	IP no debe exceder 30		El material debe contener al menos el 45% en peso del material que pasa el tamiz No. 4
		(3) Cal	IP no menor que 12		
		(4) Cal - cemento - cenizas volantes	IP no debe exceder 25		
2C	GM o GC o GM - GC	(1) Bituminoso	IP no debe exceder 10	No debe exceder el 30% en peso	Solo material bien gradado
		(2) Cemento Portland	<i>b</i>		El material debe contener al menos el 45% en peso del material que pasa el tamiz No. 4
		(3) Cal	IP no menor que 12		
		(4) Cal - cemento - cenizas volantes	IP no debe exceder 25		
3	CH o CL o MH o ML u OH o OL o ML - CL	(1) Cemento Portland	LL menor que 40 e IP menor que 20		Los suelos orgánicos y fuertemente ácidos que caen dentro de esta área no son susceptibles a la estabilización por medios ordinarios
		(2) Cal	IP no menor que 12		

LL: Límite líquido e IP: Índice de plasticidad

$$b = IP - 20 + \frac{50 - \text{porcentaje que pasa el tamiz No. 200}}{4}$$

Nota: Adaptado de USACE (1984)



2.2.8.2 Clasificación de los métodos de estabilización de suelos.

Actualmente son variadas las técnicas de estabilización de suelos, la aplicación de una u otra técnica dependerá de múltiples factores del entorno de obra y del propósito específico a lograr en la mejora de las propiedades del suelo.

El MTC (2014) considera distintas técnicas de estabilización de suelos que se los puede agrupar de la siguiente manera:

a) Estabilización por medios físicos y mecánicos. Dentro de este tipo de estabilización, las más utilizadas son:

- La compactación, con la cual se reduce el volumen de vacíos del suelo.
- La combinación de suelos, considera la mezcla de materiales existentes con materiales de préstamo.
- La sustitución de suelos, cuando el suelo natural existente debe ser excavado previamente y reemplazado por un material de adición.
- Uso de geosintéticos, los cuales proporcionan resistencia a la tracción y una mejora significativa en el rendimiento y construcción de pavimentos.

b) Estabilización por medios químicos. Generalmente lograda por la adición de agentes estabilizantes específicos, dentro de este tipo de estabilización tenemos:

- *Estabilización con cemento Portland*, que de manera general se obtiene por la mezcla íntima de un suelo suficientemente disgregado con cemento, agua y otras eventuales adiciones, seguida de una compactación y un curado adecuados, que mejora las propiedades físicas y mecánicas del suelo.
- *Estabilización con cal*, el suelo - cal se obtiene por mezcla íntima de suelo, cal y agua, con la finalidad de mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo.
- *Estabilización con escoria*, al emplearse la escoria, proveniente de la acerería o de otros hornos de fundición, en construcción de infraestructura vial se evita explotar nuevas canteras, manteniendo, el paisaje de la zona; como no requiere procesar los agregados se reduce el consumo de energía y combustibles, y las emisiones de CO₂ al ambiente.
- *Estabilización con cloruro de sodio*, el principal uso de la sal es como control del polvo en bases y superficies de rodadura para tránsito ligero. También se utiliza en zonas muy secas para evitar la rápida evaporación del agua de compactación.



- *Estabilización con cloruro de calcio*, el cloruro de calcio ayuda al proceso de compactación y contribuye con la resistencia del suelo, previene el desmoronamiento de la superficie y es un paliativo del polvo.
- *Estabilización con cloruro de magnesio*, el cloruro de magnesio es un cloruro más efectivo que el cloruro de calcio para incrementar la tensión superficial, produciendo una superficie de rodado más dura.
- *Estabilización con productos asfálticos*, para lograr en el suelo un aumento de su estabilidad (por las características aglomerantes del asfalto) y su impermeabilización, haciéndolo menos sensible a los cambios de humedad.

Rico y del Castillo (2005) señalan también otras técnicas de estabilización como:

- Estabilización por drenaje*. Consiste en diseñar las estructuras adecuadas de sub drenaje que permitan encauzar el agua por gravedad y eliminarla a las presiones más bajas posibles.
- Estabilización por medios eléctricos*. De los que la electroósmosis y la utilización de pilotes electrometálicos son los mejor conocidos.
- Estabilización por empleo de calor y calcinación*. Se fundamenta en la observación de como el calor convierte cualquier arcilla en un ladrillo resistente. A temperatura suficiente el proceso se vuelve irreversible y la resistencia adquirida no se pierde ni por inmersión.

2.2.8.3 Estabilización de suelo – cemento.

El cemento portland se puede utilizar para modificar y mejorar la calidad de suelo o para transformar el suelo en una masa cementada, lo que aumenta significativamente su resistencia y durabilidad (USACE, 1984).

M. Das (2013), indica que el cemento, además, puede ser empleado para estabilizar suelos arenosos y arcillosos. Igual que en el caso de la cal, disminuir el índice de plasticidad y aumenta la manejabilidad de los suelos arcillosos. Los suelos granulares y los suelos arcillosos con baja plasticidad son obviamente los más adecuados para la estabilización con cemento.

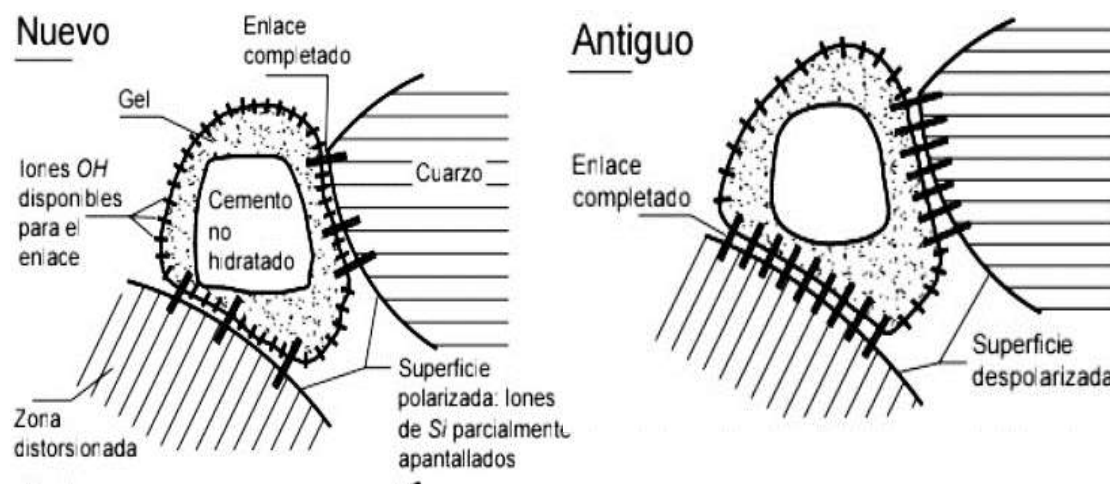
Laguros (1962), sostiene que cuando se agrega cemento al suelo y los dos se mezclan completamente en presencia de la cantidad adecuada de agua, la mezcla se genera propiedades resultantes del cambio en la estructura del suelo que conducen al logro de resistencia y durabilidad. Uno de los primeros intentos para explicar este cambio establece que las partículas del suelo se aglomeran y las aglomeraciones se unen para formar un nuevo material estructural.



Explica también que el material cementante se distribuye en la masa del suelo-cemento como un esqueleto de enrejado, con películas delgadas que envuelven las microagregaciones del suelo. Además, pequeñas mezclas de cemento se distribuyen en el suelo tratado como afloramiento separado que no están interconectados y no forman un esqueleto reticular continuo. En este caso, la interacción del suelo y el cemento se dirige principalmente hacia una mayor cohesión. Con el aumento del contenido de cemento se obtiene una ganancia en la resistencia mecánica y la impermeabilidad debido a la formación de un esqueleto ramificado en el suelo-cemento y al relleno de los poros entre las agregaciones del suelo por las partículas hidratadas de cemento individuales.

Figura 19

Representación diagramática de la teoría de cementación.



Nota: La unión que se da en la cementación temprana es débil debido a la distorsión de la polarización en la superficie de cuarzo. Sin embargo, la unión química temprana hace que la distorsión desaparezca lentamente. Esto a su vez permite una mayor unión química. Fuente: Handy (1958).

2.2.8.4 Suelo – cemento.

El suelo-cemento es un material elaborado a partir de una mezcla de suelos finos o granulares, cemento y agua, la cual se compacta y se cura para formar un material endurecido con propiedades mecánicas específicas. El suelo-cemento se utiliza normalmente como capa de apoyo (sub base) de otros materiales tratados con cemento o de concreto hidráulico, o bien como capa resistente (base) bajo capas bituminosas (Quintanilla, 2007).



El suelo-cemento es ampliamente utilizado como base de pavimentos de bajo costo en carreteras, calles residenciales, áreas de estacionamiento, hasta aeropuertos e instalaciones de almacenamiento industrial (PCA, 2017).

Kraemer et al. (2004), consideran que, a diferencia del concreto, en el suelo-cemento, los granos del suelo no están envueltos en pasta de cemento, sino que están puntualmente unidos entre sí, por lo que este material tiene una resistencia y un módulo de elasticidad moderado. Las propiedades finales del suelo-cemento dependen de:

- El tipo de suelo y las proporciones de cemento y agua.
- El proceso de ejecución.
- El curado y la edad de la mezcla compactada.

Además, destacan que el contenido más apropiado de agua se determina con el ensayo proctor modificado. Cuanto más alto es la densidad alcanzada, mayor es la resistencia del material. Al añadirle cemento al suelo de partida, de iniciarse el fraguado, su índice de plasticidad disminuye y la densidad máxima y la humedad óptima varían ligeramente en un sentido u otro según el tipo de suelo.

2.2.8.4.1 Cantidad referencial de cemento para la estabilización suelo – cemento.

Según lo que especifica el MTC (2013), la mezcla de suelo-cemento debe diseñarse mediante el método de la PCA (Portland Cement Association). Como parámetros de diseño se toman los ensayos de resistencia a compresión simple y humedecimiento-secado (normas MTC E 1103 y MTC E 1104). En el primero de ellos, se debe garantizar una resistencia mínima de 1.8MPa, luego de 7 días de curado húmedo, mientras que, en el segundo, el contenido de cemento deberá ser tal, que la pérdida de peso de la mezcla compactada, al ser sometida al ensayo de durabilidad (humedecimiento-secado), no supere los siguientes límites de acuerdo con la clasificación que presente el suelo a estabilizar:

Tabla 23

Perdida máxima de peso de suelo – cemento.

Tipo de suelo a estabilizar	Pérdida máxima (%)
A – 1, A – 2 – 4, A – 2 – 5, A – 3	14
A – 2 – 6, A – 2 – 7, A – 4, A – 5	10
A – 6, A – 7	7

Nota: tipo de suelo a estabilizar mediante la pérdida máxima (%), mediante el ensayo de durabilidad. Fuente: MTC (2013).



En todo caso, según Kraemer et al. (2004), la cantidad de cemento necesaria para obtener un material suficientemente resistente es muy variable, dependiendo del tipo de suelo. Los suelos más adecuados para lograr un suelo-cemento, son los granulares con finos de plasticidad reducida (suelos A-1, A-2 y A-3), con los que son necesarias proporciones de cemento que pueden ir del 3 al 8% sobre la masa seca del suelo, aunque habitualmente no se suele sobrepasar el 6%.

De acuerdo con Quintanilla (2007), en el suelo -cemento, el contenido de cemento suele ser de orden de 3 a 7% del peso del material seco y a largo plazo su resistencia a compresión suele ser superior a 4 Mpa. La USACE (1984), recomienda cantidades mínimas iniciales de cemento para lograr la estabilización suelo-cemento de acuerdo al tipo de suelo.

Tabla 24

Requerimiento inicial de cemento para la estabilización.

Clasificación del suelo	Requerimiento inicial estimado de cemento en porcentaje del peso seco
GW - SW	5
GP, SW - SM, SW - SC, SW - GM, SW - GC	6
GM, SM, GC, SC, SP - SM, SP - SC, GP - GM, GP - GC, SM - SC, GM - GC	7
SP, CL, ML, ML - CL	10
MH, OH	11
CH	10

Nota: Requerimiento inicial de cemento para la estabilización suelo - cemento en porcentaje de peso seco. Fuente: USACE (1984).

Además, se puede establecer, aproximadamente rangos de cantidades de cemento necesario para lograr la estabilización de un suelo-cemento.

Tabla 25

Cantidades de cemento.

GRUPO DE SUELOS SEGUN AASHO	PORCIENTO POR VOLUMEN	PORCIENTO POR PESO*
A-1-a	5 - 7	3 - 5
A-1-b	7 - 9	5 - 8
A-2-4	7 - 10	5 - 9
A-2-5	7 - 10	5 - 9
A-2-6	7 - 10	5 - 9
A-2-7	7 - 10	5 - 9
A-3	8 - 12	7 - 11
A-4	8 - 12	7 - 12
A-5	8 - 12	8 - 13
A-6	10 - 14	9 - 15
A-7	10 - 14	10 - 16

Nota: Cantidad de cemento requerido, PCA. Fuente: De la Fuente Lavalle (2004).



Tabla 26

Selección del Tipo de Estabilizador.

Tipo de Estabilizador Recomendado	Normas Técnicas	Suelo ⁽¹⁾	Dosificación ⁽²⁾	Curado (Apertura Al Tránsito) ⁽³⁾	Observaciones
Cemento	EG-CBT-2008 Sección 3068 ASTM C150 AASHTO M85	A-1-A-2-A-3-A-4-A-5-A-6 y A-7 LL > 40% IP ≥ 18% CMO ⁽⁴⁾ < 1.0% Sulfatos (SO ₄ ²⁻) < 0.2% Abrasión < 50% Durabilidad SO ₄ Ca ⁽⁵⁾ - AF ≤ 10% - AG ≤ 12% Durabilidad SO ₄ Mg - AF ≤ 15% - AG ≤ 18%	2- 12%	7 días	Diseño de mezcla de acuerdo a recomendaciones de la PCA (Portland Cement Association)

Nota: Guía Complementaria Referencial para la Selección del Tipo de Estabilizador. Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014).

Teniendo como recomendación los contenidos de cementos descritos por distintas fuentes, se optó por un rango medio tomando más realce en la guía que da el Ministerio de Transportes de acuerdo con el tipo de estabilizador, siendo estos de 2% y 12% para la investigación. El costo, esta razón está relacionada con la máxima adición dentro del rango recomendado por el MTC.

2.2.8.4.2 Ventajas del suelo – cemento.

La PCA (2017), destaca diferentes ventajas que se logran con el uso de suelo- cemento:

- Tiene un buen rendimiento, bajo costo inicial, larga vida útil y alta resistencia.
- El suelo-cemento se construye rápida y fácilmente.
- Los espesores de la capa de suelo-cemento son menores que los espesores requeridos para las bases granulares que transportan el mismo tráfico sobre la misma subrasante.
- El costo del suelo-cemento se compara favorablemente con el costo de una base granular. Cuando se construye para una capacidad de carga igual, el suelo-cemento es casi siempre menos costoso que otros pavimentos de bajo costo. La economía se logra mediante el uso o la reutilización de materiales de préstamo locales o cercanos. No se requiere el acarreo de costosos materiales de base granular por ello se pueden ahorrar energía y materiales.

Kraemer et al. (2004), indican que los suelos mejorados con cemento, suelen ser los mismos que se encuentran en el trazo del camino. Es una técnica destinada fundamentalmente a conseguir subrasantes de calidad suficiente, aprovechando suelos algo plásticos.

Además de ello, se recomienda que un suelo modificado con cemento, por su limitada o nula resistencia mecánica, se usa en subrasantes de pavimentos de tráfico ligero y medios. Para el



caso de tráfico pesado y de alto volumen, se sugiere colocar una subrasante de mayor capacidad de soporte sobre el suelo modificado con cemento.

2.2.8.4.3 Propiedades de un suelo modificado con cemento.

La PCA (1995), indica que la mejora en las propiedades de ingeniería de un suelo, debido a la adición de pequeñas cantidades de cemento, se puede medir de varias maneras incluyendo:

- La reducción de las características de plasticidad, medida por el índice de plasticidad (IP).
- La reducción de la cantidad de partículas de tamaño de limo y arcilla.
- El incremento del valor del índice de CBR
- El incremento de la resistencia al corte.
- La disminución de las propiedades de cambios de volumen.

2.2.8.4.4 Materiales por metro cúbico de suelo - cemento compactado.

Se debe tener en cuenta que en obra una mezcla de suelo - cemento estará conformada por suelo, cemento y agua. Para calcular la cantidad de estos tres materiales por cada metro cúbico de suelo - cemento se necesitarán previamente los siguientes datos de entrada:

- Contenido de humedad natural del suelo (ω_n)
- Contenido de humedad óptimo de la mezcla de suelo - cemento ,(ω_{OP})
- Densidad seca máxima de la mezcla de suelo - cemento (DSM)
- Porcentaje de cemento del peso seco del suelo (PC)

a) Cantidad de agua adicional

$$A = DSM * \left(\omega_{OP} - \frac{\omega_n}{1 + PC} \right)$$

Donde:

- **A:** es el agua a añadir a la mezcla de suelo - cemento en lts/m³
- **DSM:** de la mezcla de suelo - cemento en kg/m³
- **PC, ω_n y ω_{OP}** en decimales

Se debe considerar una cantidad de agua adicional por evaporación de alrededor del 2%, lo cual queda a criterio del ejecutor de obra.

b) Cantidad de cemento

$$C = \frac{DSM * PC}{1 + PC}$$



Donde:

- **C** : es la cantidad de cemento en kg/m^3
- **DSM**: de la mezcla de suelo - cemento en kg/m^3
- **PC**: en decimales

c) **Cantidad de suelo seco**

$$S = \frac{DSM}{1 + PC}$$

Donde:

- **S**: es la cantidad de suelo seco en kg/m^3
- **DSM**: de la mezcla de suelo - cemento en kg/m^3
- **PC**: en decimales

2.2.8.4.5 Proceso de ejecución de una estabilización de suelos con cemento.

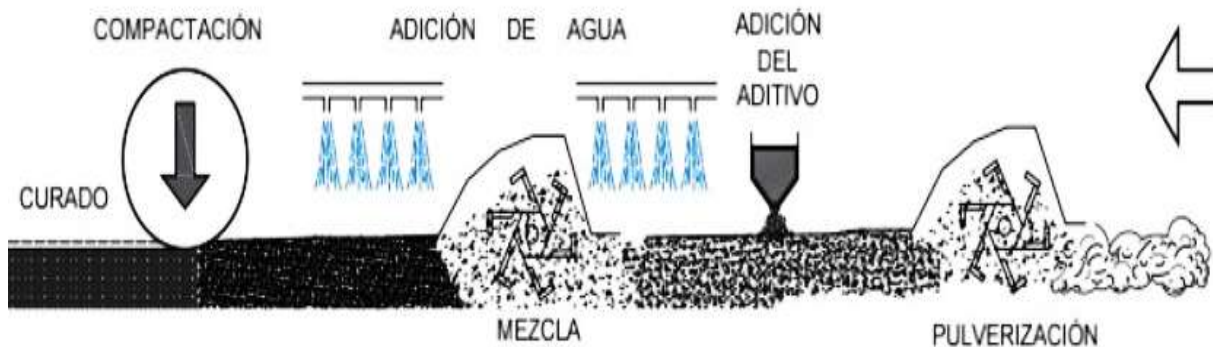
De manera general, Kraemer et al. (2004), proponen una serie de etapas a ejecutar in situ, para lograr una adecuada estabilización de un suelo empleando cemento Portland:

- Caracterización del suelo en laboratorio. Realización de los ensayos previos necesarios.
- Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo. Diseño de la mezcla de ser el caso.
- Preparación previa de la superficie existente, en caso de incorporar un material de préstamo o aportación.
- Disgregación del suelo, en todo el espesor proyectado de la capa de suelo a estabilizar.
- Humificación o desecación, según sea el caso, del suelo, hasta lograr la humedad óptima determinada con el ensayo Proctor modificado, con una tolerancia de variación de $\pm 1.5\%$.
- Aplicación y distribución uniforme del cemento Portland sobre el suelo disgregado, en bolsas o a granel.
- Ejecución del mezclado del suelo, cemento y agua, en todo el espesor proyectado. La operación de mezclado se realiza hasta garantizar la obtención de una mezcla lo más homogénea posible.
- Compactación: se debe comprobar que la superficie que va a servir de apoyo tenga la densidad mínima del 95% del ensayo Proctor modificado.
- Terminación de la superficie, de tal forma que se obtenga un acabado uniforme, en todo el espesor proyectado.

- Ejecución de juntas. Las juntas entre trabajos realizados en días sucesivos deberán cuidarse para proteger la capa construida cuando se vaya a esparcir y compactar la adyacente.
- Curado y protección de la superficie por métodos adecuados, durante un periodo no menor de siete días, esto para evitar pérdidas de humedad.

Figura 20

Fases del proceso de estabilización de suelos con cemento



Nota: Adaptado de Kraerner et al. (2004).

2.2.9 Ensayos de laboratorio.

2.2.9.1 Ensayos realizados al cemento

Las pruebas aplicadas en el cemento descritas en este apartado corresponden a los ensayos de finura, consistencia y fraguado que se realizan para determinar la calidad del cemento según la NTP 334.090.

Realizaremos estos ensayos con la finalidad de determinar cuál de todas las bolsas de cemento que se encuentran en el almacén central de la Municipalidad Distrital de Chinchero que tienen diferentes tiempos de caducidad están dentro de lo permitido y de esta manera nos limitaremos a hacer uso de dicho cemento y poder utilizarlo como aditivo al suelo de estudio.

2.2.9.1.1 Ensayo de finura del cemento por tamizado seco con tamices 150 y 75 μm

A. Normativa

- ASTM C 184
- AASTHO T128
- NTP 334.058

B. Objetivo

Tiene como objetivo la determinación de la finura del cemento por tamizado seco, mediante el empleo de tamices 150 μm (N° 100) y 75 μm (N°200).



C. Finalidad y alcance

- Este modo operativo describe el método para determinar el porcentaje de cemento retenido y pasante del tamiz $150 \mu m$ (N° 100) y con esos datos determinar la finura.
- Este modo operativo describe el método para determinar el porcentaje de cemento retenido y pasante del tamiz $75 \mu m$ (N°200), y con esos datos determinar la finura.

D. Fundamento teórico

La finura del cemento una propiedad íntimamente relacionada con el valor hidráulico del cemento, ya que afecta decisivamente a la velocidad de las reacciones químicas que se producen durante el fraguado y fraguado inicial del cemento.

Si el cemento es demasiado fino, su retracción y calor de endurecimiento o fraguado es elevado (normalmente muy perjudicial); después de un almacenamiento a largo plazo, el conglomerado es más sensible a meteorización (envejecimiento); su resistencia al agua agresiva disminuye, pero la resistencia mecánica aumenta con la finura, se llega a una situación de compromiso, el cemento debe ser molido fino, pero no en exceso.

Las propiedades del cemento que más afectan la formación de resistencia son la finura, la composición y la temperatura. Cuanto más fino es el cemento, más rápido se desarrolla su tasa de hidratación y resistencia temporal; por lo tanto, el cemento con aditivos generalmente se muele más fino para compensar su fraguado lento.

2.2.9.1.2 Ensayo de consistencia del cemento

A. Normativa

- ASTM C 187
- AASHTO T 129
- NTP 334.074:2019

B. Objetivo

Tiene como objetivo comprobar y determinar la consistencia normal del cemento por medio del equipo Vicat.

C. Finalidad y alcance

Este modo operativo describe el método para determinar consistencia normal del cemento que está definida por la cantidad de agua requerida para obtener una pasta que permita la penetración de 10 ± 1 mm del émbolo del equipo Vicat, después de 30 segundos de concluida su preparación.



D. Fundamento teórico

La prueba de consistencia normal permite conocer la cantidad de agua que es necesaria agregar a un peso de cemento. El agua de consistencia normal puede definirse como el agua necesaria para que la aguja de 1 cm de diámetro del aparato Vicat penetre $10 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ a los 30 segundos de haber sido soltado en la pasta de cemento.

La determinación de esta consistencia sirve como referencia para la realización de otras pruebas como: determinación de la resistencia a la tensión, tiempos de fraguado, sanidad del cemento, expansión en autoclave, y otras.

2.2.9.1.3 Ensayo de fraguado del cemento

A. Normativa

- ASTM C 187-98
- AASHTO T-129
- NTP 334.006:2019

B. Objetivo

Determinar el tiempo de fraguado del cemento hidráulico por medio de la aguja de Vicat, utilizando dos métodos de prueba; Método A usando el aparato de Vicat normalizado, operado manualmente.

C. Finalidad y alcance

Este modo operativo describe el método para determinar el tiempo que pasa desde el momento de la adición del agua hasta cuando la pasta deja de tener fluidez y de ser plástica (llamado fraguado inicial) y del tiempo requerido para que la pasta adquiera un cierto grado de endurecimiento (llamado fraguado final).

Para determinar si un cemento se fragua de acuerdo con los límites especificados en las especificaciones de cemento, los ensayos se realizan con el uso del aparato de Vicat.

D. Fundamento teórico

El estudio de los tiempos de fragua del cemento es uno de los puntos más importantes dentro de la ingeniería, puesto que este es el principal constituyente de uno de los elementos más utilizados en estructuras del mundo, el concreto.

Cuando el cemento y el agua entran en contacto, se inicia una reacción química exotérmica que determina el paulatino endurecimiento de la mezcla. Dentro del proceso general de endurecimiento se presenta un estado en que la mezcla pierde apreciablemente su plasticidad y se vuelve difícil de manejar; tal estado corresponde al fraguado inicial de



la mezcla. A medida que se produce el endurecimiento normal de la mezcla, se presenta un nuevo estado en el cual la consistencia ha alcanzado un valor muy apreciable; este estado se denomina fraguado final.

El fraguado inicial de la pasta de cemento no debe ocurrir demasiado pronto, así como tampoco debe ocurrir demasiado tarde el fraguado final. Los tiempos de fraguado indican si la pasta está desarrollando sus reacciones de hidratación de manera normal. El yeso, incluido dentro del cemento, regula el tiempo de fraguado, pero también influye la finura del cemento, la relación agua/cemento y los aditivos usados. Los tiempos de fraguado de los concreto no están relacionados directamente con los tiempos de fraguado de las pastas debido a la pérdida de agua en el aire (evaporación) o en los lechos debido a las diferencias de temperatura en la obra en contraste con la temperatura controlada que existe en el laboratorio.

2.2.9.2 Ensayos realizados al suelo y suelo-cemento

Se realizaron ensayos de laboratorio con el propósito de obtener información geotécnica del suelo estudiado, para obtener propiedades índice –físicas y mecánicas del suelo patrón y del suelo con aditivo (cemento caduco).

2.2.9.2.1 Ensayo de densidad in situ

A. Normativa

- ASTM D – 1556
- MTC E 117 – 2000
- NTP 339.143

B. Objetivo

Establecer el método de ensayo estándar para determinar la densidad y peso unitario del suelo in situ mediante el método del cono de área.

Se limita a suelos saturados y muy blandos o muy sueltos.

C. Finalidad y alcance

Este método es usado para determinar la densidad de suelos compactados que se encuentran en el lugar durante la construcción de terraplenes de tierra, capas de rodadura, rellenos de carreteras y estructuras de contención o en estado natural. Este método de ensayo se aplica a suelos que no contengan una cantidad excesiva de roca o materiales gruesos con un diámetro mayor a 1 ½ pulg (38 mm).



D. Fundamento teórico

El ensayo permite obtener la densidad de terreno y así verificar los resultados obtenidos en el proceso de la compactación de suelos, la densidad in situ del suelo natural es necesaria para la determinación de la capacidad de carga de los suelos, en las que existen especificaciones en cuanto a la humedad y la densidad, con el fin de analizar la estabilidad de las pendientes, determinar las presiones sobre los estratos subyacentes para el cálculo del asentamiento y el diseño de las estructuras subterráneas (Universidad Católica de Valparaíso, 2004).

2.2.9.2.2 Ensayo de Penetración dinámica ligera

A. Normativa

- ASTM D 1558
- NTP 339.133

B. Objetivo

Determinar la resistencia del suelo a través de un equipo de uso dinámico y ligero llamado DPL (Penetración dinámica ligera) y a la vez ver la capacidad de soporte in-situ.

C. Finalidad y alcance

Este ensayo consiste en hincar un toma muestra partido con un diámetro de 50.8 mm., en la parte inferior de la excavación, acoplado a él una barra de perforación de 45 cm, dividido en 3 secciones de 15 cm. Luego, se deja caer libremente un martillo de 65 kg, de peso desde una altura de 75 cm., contabilizando el número de golpes necesarios para penetrar cada 15 cm.

D. Fundamento teórico

El ensayo DPL es un método de prospección indirecta (auscultación) para análisis geotécnico de suelos que permite estimar la resistencia de los suelos a través del número de golpes. La ventaja de este instrumento es que es un equipo muy práctico y se puede transportar fácilmente.

Aunque se dice que es un ensayo estándar, el ensayo tiene muchas variantes en especial al aplicarle la energía para ejecutar los golpes. Es por ello que, para todas esas variantes hay factores de corrección a la energía teoría y el valor del número de golpes (Nspt), dentro de las correcciones tenemos, por energía, nivel freático, por eficiencia, por longitud y por corrección de diámetro; con la finalidad de obtener el Nspt corregido, dicho valor será usado en los análisis continuos (Ortiz,2020).



2.2.9.2.3 Ensayo de contenido de humedad.

A. Normativa

- ASTM D 2216
- MTC E 108

B. Objetivo

Establecer el método de ensayo para determinar la humedad o contenido de humedad de un suelo.

C. Finalidad y alcance

La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas.

2.2.9.2.4 Ensayo de gravedad específica

A. Normativa

- ASTM D 854
- MTC E 113

B. Objetivo

La determinación de la gravedad específica de sólidos de suelo que pasan el tamiz de 4,75 mm (Nº 4) mediante un picnómetro de agua. Cuando el suelo contiene partículas más grandes, el Método de Ensayo MTC E 206 podrá ser usado.

C. Finalidad y alcance

La gravedad específica de los sólidos de suelo es usado en el cálculo de las relaciones de fase de suelos, tales como relación de vacíos y grado de saturación.

La gravedad específica de sólidos de suelo es usado para calcular la densidad de los sólidos de suelo. Esto se logra multiplicando su gravedad específica por la densidad de agua (a una temperatura apropiada).

2.2.9.2.5 Ensayo de análisis granulométrico por sedimentación.

A. Normativa

- MTC E 109
- NTP 339.128
- ASTM D7928 – 17
- AASHTO T88



B. Objetivo

Determinar experimentalmente la distribución cuantitativa del tamaño de las partículas, basándose en la sedimentación del material en un líquido.

C. Finalidad y alcance

Este modo operativo describe el método para determinar el tamaño de las partículas de una fracción fina (limo y arcilla), teniendo en cuenta que este es material que pasa el tamiz N°200 (0.075 mm), basándose en la sedimentación del material en un líquido. Y conocer la variación de caída de la densidad de la suspensión con el trascurso del tiempo, esto por medio del hidrómetro 152 H.

2.2.9.2.6 Ensayo de límite líquido.

A. Normativa

- MTC E 110
- NTP 339.129

B. Objetivo

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico.

C. Finalidad y alcance

Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos (SUCS y AASHTO) y para especificar la fracción de grano de materiales de construcción. El límite líquido, el límite plástico, y el índice de plasticidad de suelos con extensamente usados, tanto individual como en conjunto, con otras propiedades de suelo para correlacionarlos con su comportamiento ingenieril tal como la compresibilidad, permeabilidad, compactibilidad, contracción-expansión y resistencia al corte

2.2.9.2.7 Ensayo de límite plástico.

A. Normativa

- MTC E 111
- NTP 339.129

B. Objetivo

Determinar en el laboratorio el límite plástico de un suelo y el cálculo del índice de plasticidad (I.P.) si se conoce el límite líquido (L.L.) del mismo suelo.



C. Finalidad y alcance

Se denomina límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen. Lo plástico de un suelo se puede utilizar con el contenido de humedad natural del mismo para expresar su consistencia relativa o índice de liquidez y puede ser usado con el porcentaje más fino que $2\mu\text{m}$ para determinar su número de actividad.

2.2.9.2.8 Ensayo de límite de contracción.

A. Normativa

- MTC E 112
- AASHTO T 92-68
- ASTM D 427-93

B. Objetivo

Determinar el límite de contracción de la muestra del suelo, definido como el contenido de humedad al cual un material al ser secado cesa de perder el volumen.

C. Finalidad y alcance

Este modo operativo describe el método para determinar el límite de contracción de un suelo que consiste en la realización de mediciones frecuentes y peso de un mismo prisma, hasta que ya no se observara ninguna disminución de la longitud y un peso constante.

2.2.9.2.9 Ensayo de proctor modificado.

A. Normativa

- NTP 339.141
- MTC E 115

B. Objetivo

Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada ($2700\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}^3$ ($56000\text{pie}\cdot\text{lbf}/\text{pie}^3$)).

C. Finalidad y alcance

Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101,6 o 152,4 mm (4 o 6 pulg) de diámetro común pisón de 44,5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg), produciendo una Energía de Compactación de ($2700\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}^3$ ($56000\text{pie}\cdot\text{lbf}/\text{pie}^3$)). Este



ensayo se aplica sólo para suelos que tienen 30% o menos en peso de sus partículas retenidas en el tamiz de 19,0 mm ($\frac{3}{4}$ "pulg).

2.2.9.2.10 Ensayo de CBR.

A. Normativa

- ASTM D 1883
- MTC E 132 –CBR

B. Objetivo

Es la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte. El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno (MTC, 2016).

C. Finalidad y alcance

El índice de california (CBR) es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de densidad y humedad cuidadosamente controladas. Se usa en el proyecto de pavimentos flexibles auxiliándose de curvas empíricas. Se expresa en porcentaje como la razón de la carga unitaria que se requiere para introducir un pistón dentro del suelo, a la carga unitaria requerida para introducir el mismo pistón a la misma profundidad en una muestra tipo de piedra partida.

2.2.9.2.11 Ensayo de compresión inconfiada

A. Normativa

- MTC E 121
- AASHTO T 208
- ASTM D 2166

B. Objetivo

Determinar la resistencia a la compresión no confinada de suelos cohesivos bajo condiciones inalteradas o remoldeados, aplicando carga axial, usando cualquiera de los métodos de resistencia controlada o deformación controlada. Sirve únicamente para suelos cohesivos.

C. Finalidad y alcance

El propósito principal de realizar la prueba de compresión no confinada es para rápida obtención de un valor aproximado de resistencia a la compresión de suelos que poseen suficiente cohesión para poder ser ensayados en el estado no confinado.



La resistencia a la compresión simple (q_u) es la carga por unidad de área la cual una probeta de suelo cilíndrica alcanza la falla en el ensayo de compresión simple. El ensayo consiste en la aplicación de una carga axial a la muestra de suelo, sin confinamiento lateral, por lo que también se conoce como compresión inconfiada o no confiada. Con la resistencia a la compresión simple, se puede determinar la cohesión no drenada (C_u) de suelos arcillosos blandos y saturados y, consecuentemente, la resistencia al corte no drenada (S_u). Adicionalmente, la resistencia a la compresión simple se utiliza para calificar cualitativamente la consistencia de arcillas saturadas (Meza, 2013).

2.3 Hipótesis

2.3.1 Hipótesis general.

La adición de cemento caduco en 4%, 7% y 10%, altera las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023.

2.3.2 Sub hipótesis.

- H1: La adición de cemento caduco en 4%, 7% y 10%, reduce los límites de Atterberg en el suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023.
- H2: La adición de cemento caduco en 4%, 7% y 10%, incrementa la compactación del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023.
- H3: La adición de cemento caduco en 4%, 7% y 10%, incrementa el índice de CBR y reduce la variación de expansión del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023.
- H4: La adición de cemento caduco en 4%, 7% y 10%, incrementa la resistencia al grado de compresión del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023.

2.4 Definición de variables

2.4.1 Variables independientes.

* $X_1 \rightarrow$ *Cemento caduco y suelo arcilloso*

2.4.1.1 Indicadores de la variable independiente

- El peso de suelo arcilloso.
- El porcentaje de cemento caduco a utilizar en función de peso seco del suelo.



2.4.2 Variables dependientes.

* $Y_1 \rightarrow$ *Propiedades índice físicas*

* $Y_2 \rightarrow$ *Propiedades mecánicas*

2.4.2.1 Indicadores de la variable dependiente

* $Y_1 \rightarrow$ *Propiedades índice físicas*

- Límite líquido
- Límite plástico
- Límite de consistencia.
- Densidad Máxima Seca
- Contenido de humedad.

* $Y_2 \rightarrow$ *Propiedades mecánicas*

- Índice de CBR
- Expansión
- Carga por unidad de área



2.4.3 Cuadro de operacionalización de variables.

Título	Objetivos de la investigación	Variables de Investigación	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador	Und de medida	Instrumento de medición
Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023.	Objetivo General	Variable Independiente						
	Evaluar la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en 4%,7% y 10%, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023.	Suelo arcilloso	El suelo es una delgada capa sobre la corteza terrestre de material que proviene de desintegración y/o alteración física y/o química de las rocas y de los residuos de las actividades de los seres vivos que sobre ella se asientan .Se da el nombre de arcilla a las partículas sólidas con diámetro menor de 0.005 mm y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con agua (Villalaz,2004,p.18-22).	Se despliega en su desarrollo por medio de la masa de suelo requerido de acuerdo a lo requerido por los ensayos a realizar.	El porcentaje de suelo arcilloso.	El peso de suelo arcilloso.	Peso (kg)	Guías y formatos de observación de campo y laboratorio. Pruebas de registro para recolección de datos. MTC E 104
		Cemento caduco	Es el cemento u hormigón que permaneció mucho tiempo sin ser utilizado y queda endurecido en un saco no puede ser utilizado para su propósito original (Eslava y Gutiérrez,2021).	Se despliega en su desarrollo por medio de las dosis propuestas según el diseño experimental que se desarrollara acorde a las repeticiones de los ensayos determinados.	El porcentaje de cemento caduco.	El porcentaje de cemento caduco a utilizar en función de peso seco del suelo.	Peso (kg)	
	Objetivos Específicos	Variable Dependiente						
	Determinar la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en 4%,7% y 10%, sobre los límites de Atterberg en el suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023.	Propiedades índice-físicas	La proporción de los componentes determina una de propiedades que se conocen como propiedades físicas, las propiedades índices son todas aquellas utilizables para identificar o clasificar un suelo cualitativamente.Los métodos sencillos para identificar la mayor parte de los componentes del suelo sirven para describir los materiales, estos se deben completar con procesos que den resultados cuantitativos que puedan relacionarse a las propiedades físicas.	Se realizara muestras de suelo remoldeadas con suelo natural y adicionadas con cemento caduco el fin de obtener el límite liquido, el índice de plasticidad e índice de contracción.	Límites de Atterberg	* Límite liquido	%	Fichas de Recolección Hojas de cálculo MTC E 110 MTC E 111 MTC E 112
				* Límite plástico				
				* Límite de contracción				
	Determinar la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en 4%,7% y 10%, en la compactación del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023.		Se realizara el ensayo de compactación proctor modificado con suelo natural y con la adición de cemento caduco con el fin de conseguir la densidad maxima y contenido de humedad optimo.	Compactación	Densidad Máxima Seca	gr/cm3	Fichas de Recolección Hojas de cálculo MTC E 115	
				Contenido de Humedad Optimo	%			
	Determinar la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en 4%,7% y 10%, en el índice de CBR y expansión del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023.	Propiedades Mecánicas	Las propiedades mecánicas de los suelos son funciones de las características individuales de sus granos,de las relaciones volumétricas y gravimétricas entre sus fases y de la granulometría o plasticidad del conjunto y de la estructura o arreglo relativo de sus partículas. Las propiedades mecánicas son las únicas directamente aplicables a la solución de un problema práctico,cómo el diseño racional de estructuras de tierra.	Se realizara el ensayo de capacidad de soporte california con la finalidad de obtener el indice CBR con suelo natural y adicionado con cemento caduco y determinar la variación de expansión.	Capacidad de soporte (CBR)	Indice de CBR	%	Fichas de Recolección Hojas de cálculo MTC E 132
				Expansión		%		
Determinar la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en 4%,7%, y 10%, en la compresión inconfínada del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco.			Se realizara muestras de suelo remoldeadas con suelo natural y adicionadas con cemento caduco el fin de obtener la carga y el área del testigo.	Resistencia a la compresión no confinada	Carga por unidad de área	kg/cm2	Fichas de Recolección Hojas de cálculo MTC E 121	



Capítulo III: Metodología

3.1 Metodología de la investigación

3.1.1 Enfoque de la investigación.

La presente investigación tiene un **enfoque cuantitativo**, ya que se basa en la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, a fin de establecer patrones de comportamiento y probar teorías (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 4).

Para describir objetivamente los fenómenos de las mediciones, es fundamental definir índices para cuantificar las observaciones que ensayaremos en las variables, dichas variables tienen que poder ser cuantificables, dando así, una naturaleza numérica a la investigación, que en general busca entender y aclarar la hipótesis mediante pruebas (Colomé, 2018).

En ese sentido considerando el propósito de la investigación es de **tipo aplicativo**, porque se hará uso del cemento caduco para el suelo del sector de Chacapunco, con la finalidad de establecer propiedades índice-físico y mecánicas del suelo.

3.1.2 Nivel o alcance de la investigación.

La presente investigación según Hernández et al (2014) presenta un nivel de **tipo descriptivo – explicativo**. Es descriptivo porque se realizó la identificación de la manera más precisa y minuciosa de las propiedades índice-físicas y mecánicas del objeto en estudio, así como con sus adicciones para de esta manera realizar las inferencias en base a esta relación. También decimos que es de nivel explicativo porque se pretende determinar las causas por las que se produce un efecto o fenómeno, el interés se centra en explicar el por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables. Van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos.

3.1.3 Método de investigación.

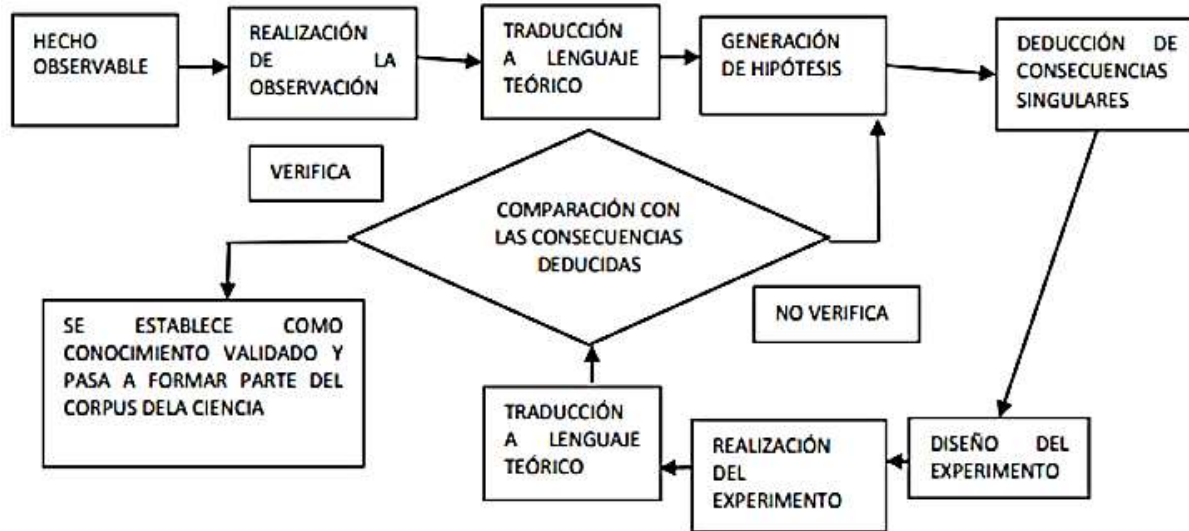
El método **hipotético-deductivo** consiste en pasos que parte de unas aseveraciones o afirmaciones en calidad de hipótesis y busca refutar o falsear tales hipótesis, deduciendo de ellas conclusiones que deben confrontarse con los hechos o resultados obtenidos (Bernal, 2010).

El método hipotético deductivo es el camino que sigue el investigador para ser de su actividad una práctica científica, el método hipotético deductivo tiene varios pasos: observación del fenómeno a estudiar, creación de una hipótesis para explicar dicho fenómeno, deducción de consecuencias o preposiciones más elementales que la propia hipótesis y verificación o

comprobación de la verdad de los enunciados deducidos dándolos con experiencia (Hernández, 2006).

Figura 21

Procedimiento Hipotético – Deductivo



Nota. Flujograma de una investigación hipotética – deductiva, la cual fue empleada en la presente investigación. Tomado de Procedimiento Hipotético – deductivo [Imagen], Hernández, Fernández y Baptista, 2006.

Para la presente investigación se utilizó el método hipotético – deductivo, debido a que observaremos el fenómeno para luego plantear hipótesis, sometiéndola a pruebas científicas para finalmente verificar o comprobar la veracidad de los enunciados deducidos y de esta forma, poder explicarlo.

3.2 Diseño de la investigación

3.2.1 Diseño metodológico.

Un diseño de investigación expresa tanto la estructura del problema de investigación como el plan de investigación para obtener resultados empíricos para responder a las preguntas de indagación. En ese sentido, Kerlinger y Lee (2002) consideran que los criterios para un diseño de investigación deben responder convenientemente a las preguntas de investigación, y el control de las variables independientes.

El diseño de la investigación es experimental, sustentado teóricamente en que “La concepción tiene como esencia la experimentación manipulando de manera intencional una acción para poder evaluar sus resultados” (Campbell y Stanley, 1973).



Es así que la investigación desarrolló la manipulación de la variable (adición de cemento caducado en diferentes proporciones) para determinar el efecto en las variables dependientes (propiedades índice-físicas y mecánicas de arcillas), del sector de Chacapunco, Cusco.

Asimismo Manterola y Otzen (2015) definió al cuasi-experimento como la derivación de los estudios experimentales, en los cuales la asignación de los individuos no es aleatoria aunque el factor de exposición (V.I) es manipulado por el investigador.

Para el caso presente se desempeña la investigación experimental y el tipo de diseño es Cuasi - Experimental, el cual se desarrolla con los Grupos Experimentales no aleatorios que recibirán el tratamiento de prueba (GE01 hasta GE6) distribuidos con sus respectivas dosis de cemento caducado y normal y un Grupo Control (GC).

Tabla 27

Diseño experimental

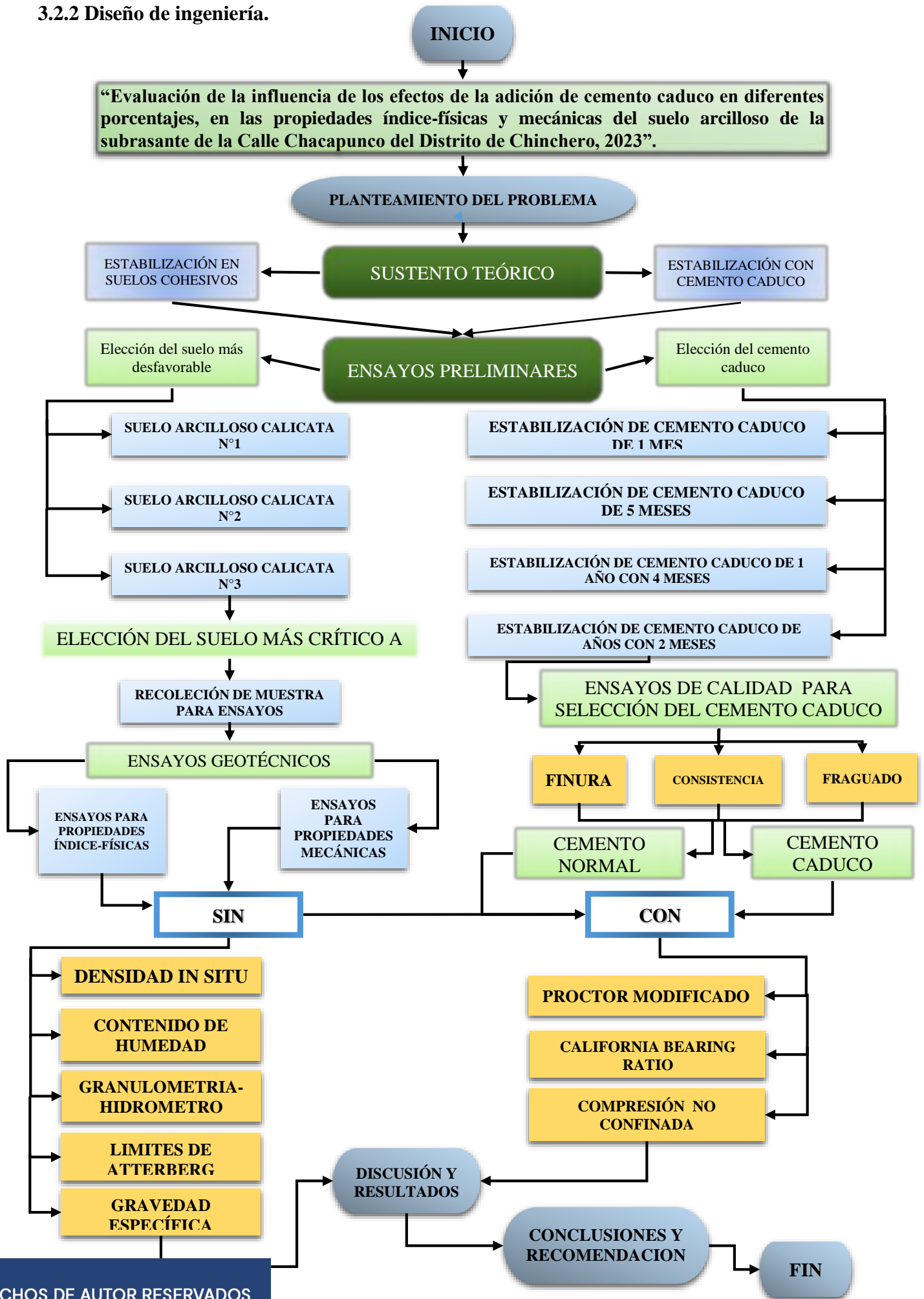
GC	0 (%)	O1	-	O2
GE 01	4 (%)	O3	X1	O4
GE 02	7 (%)	O5	X2	O6
GE 03	10 (%)	O7	X3	O8
GE 04	4 (%)	-	X4	O9
GE 05	7 (%)	-	X5	O10
GE 06	10 (%)	-	X6	O11

Donde:

- **X** = Variable experimental
- **O1 – O7** = Mediciones Pre – Test de la Variable Dependiente.
- **O2 – O14** = Mediciones Post – Test de la Variable Dependiente.
- **GE 01 – GE 03** = Espécimen + cemento caducado.
- **GE 04 – GE 06** = Espécimen + cemento normal.
- **GC** = Muestra patrón sin adición de ningún cemento.



3.2.2 Diseño de ingeniería.





3.3 Población y muestra

3.3.1 Población.

3.3.1.1 Descripción de la población.

La población constituye un conjunto de elementos que forman parte del grupo de estudio, por tanto, se refiere a todos los elementos que en forma individual puede ser cobijado en la investigación (Ramírez, 2005).

En el presente trabajo de investigación la población está delimitada a los suelos arcillosos que existen en la zona de Chacapunco hasta el paradero de Allpachaca que tiene una longitud desde el KM 0+000 hasta KM 0+960 ubicado en el distrito de Chinchero, provincia del Urubamba, departamento del Cusco, tramo que no está pavimentado y que se puede evidenciar las características del suelo.

3.3.1.2 Cuantificación de la población.

La población cuantificada se considera como la totalidad del suelo de la zona de Chacapunco hasta el paradero de Allpachaca, de suelo natural y con la adición de cemento caduco y cemento normal, ubicado en el distrito de Chinchero, provincia del Urubamba, departamento del Cusco

3.3.2 Muestra.

3.3.2.1 Descripción de la muestra.

La muestra por otro lado, consiste en un grupo reducido de elementos de dicha población al cual se le evalúan características particulares, generalmente, aunque no siempre, con el propósito de inferir tales características a toda la población. En estos casos hablamos de muestras representativas y los elementos que la componen son tomados al azar muestreos aleatorios simples, estratificado aleatorio, sistemático con inicio aleatorio u otros. En el muestreo aleatorio, todos los elementos tienen las mismas probabilidades de ser incluidos en la muestra (Ramírez, 2005).

En la presente investigación la muestra está conformada por las muestras sin y con cemento caduco y normal mediante su caracterización y evaluación de las propiedades índice físicas y mecánicas del suelo mejorado bajo los lineamientos de las normas ya mencionadas.

3.3.2.2 Cuantificación de la muestra.

La cuantificación de la muestra se hizo tomando en cuenta los siguientes puntos:

- Primero se realizó la identificación del tipo de carretera que teníamos en estudio, para lo cual se hizo uso del Manual de Carretera Diseño Geométrico DG-2018.



Dando como resultado que estábamos frente a una trocha carrozable según su IMDA, y teniendo en cuenta la tabla 30 podemos decir que requerimos de 1 calicata como mínimo para el estudio.

Tabla 28

Número de calicatas para la exploración

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 4 calicatas x km 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 3 calicatas x km 	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 2 calicatas x km 	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA \leq 200 veh/día, de una calzada.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 1 calicata x km 	

Nota: Adaptado de Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección: Suelos y Pavimentos (2014)

Teniendo en cuenta esto, donde se resalta como mínimo 1 calicata para la trocha carrozable, se decidió realizar 3 calicatas esto con el fin de ver la estratigrafía del suelo de la trocha. Se obtuvo muestras de suelo arcilloso de cada calicata, para posteriormente obtener el suelo más desfavorable y poder realizar los ensayos previsto a este suelo con y sin aditivo estabilizador.



Tabla 29

Clasificación e identificación del suelo arcilloso más desfavorable

Calicata	C1	C2	C3
Muestra	M1	M2	M3
Ensayo sobre cada muestra para identificar el suelo más desfavorable			
Contenido de humedad	2	2	2
Gravedad específica	3	3	3
Análisis granulométrico – Hidrómetro	1	1	1
Límite líquido	3	3	3
Límite plástico	3	3	3
Suelo más desfavorable	$M_n - C_n$		
Subtotal ensayos	12	12	12
Total de ensayos para la identificación	36		

Una vez que se identificó el suelo arcilloso más desfavorable, se procedió a identificar el estabilizador, ya que en el lugar de estudio se encontró cementos caducos de diferentes fechas, por lo que se realizaron ensayos para establecer cuál de estos se encuentra dentro del parámetro o al límite de la normativa NTP 334.090 para ser utilizado, en la siguiente tabla se dan a conocer los ensayos que se realizaron:

Tabla 30

Clasificación e identificación del estabilizador

Calicata	C_n						
Muestra	M_n						
Tiempo de caducidad del cemento	0 meses	1 mes	5 meses	1 año 4 meses	1 año 4 meses-M	2 años 2 meses	2 años 2 meses-M
Ensayo sobre cada muestra para identificar el cemento caduco más favorable							
Finura del cemento	3	3	3	3	3	3	3
Consistencia del cemento	4	4	4	4	4	4	4
Fraguado del cemento	4	4	4	4	4	4	4
Estabilizador seleccionada	Cc_n						
Subtotal ensayos	11	11	11	11	11	11	11
Total de ensayos	77						



Se da a conocer que estos ensayos también se le aplico al cemento que está dentro de su fecha de vencimiento recomendada, al cual conoceremos como cemento normal o cemento patrón (0 meses de vencimiento), esto nos ayudara a identificar en que porcentaje difiere con el cemento caduco aplicados como estabilizadores.

Una vez que se identificó de que tiempo de caducidad se usara el estabilizador, se procedió a aplicar un proceso de estabilización con el cemento normal y el cemento caduco seleccionado, en el suelo arcilloso seleccionado, el cual se comprobó realizando los ensayos que se indican en la siguiente tabla:

Tabla 31

Ensayos realizados en el suelo arcilloso más desfavorable

Calicata	C_n							
Muestra	M_n							
Tiempo de caducidad del cemento	----	0 meses				Cc_n		
Porcentaje de aditivo estabilizador propuesto suelo cemento caduco	0%	4%	7%	10%	4%	7%	10%	
Ensayos necesarios para comprobar la estabilización:								
Densidad In situ	6	-	-	-	-	-	-	
DPL	3	-	-	-	-	-	-	
Límite líquido	-	3	3	3	3	3	3	
Límite plástico	-	3	3	3	3	3	3	
Límite de contracción	4	4	4	4	4	4	4	
Proctor modificado	6	6	6	6	6	6	6	
CBR	3	3	3	3	3	3	3	
Compresión inconfiada	3	3	3	3	3	3	3	
Subtotal ensayos	25	22	22	22	22	22	22	
Total de ensayos	157							

Tomando como referencia las Tablas 31,32 y 33, se realizó 270 ensayos de laboratorio, con los cuales se determinó la influencia del cemento Portland Tipo IP Yura con tiempo de caducidad de 5 meses y de 0 meses en la estabilización del suelo arcilloso más desfavorable, esto para verificar en que porcentaje difieren en la estabilización.



3.3.2.3 Método de muestreo.

En el proceso de la investigación existen dos tipos de muestras: probabilísticas y no probabilísticas. El método de muestreo probabilístico consiste en la selección adecuado mediante un procedimiento que permita la aleatoriedad en la selección; mientras que, en el muestreo no probabilístico, la elección de los elementos no depende del cálculo probabilístico, sino con las características de la investigación o del proceso de toma de decisiones del investigador (Hernández, Fernández, y Baptista, 2014).

En esta investigación se realizará el método no probabilístico porque no se utiliza fórmulas estadísticas para la selección de las muestras (Hernández, 2006)

El procedimiento de muestreo aplicado en la presente investigación es la no probabilística, debido a que no se seleccionó al azar, sino por conveniencia e intencionada por el investigador, de modo que la muestra es obtenida de la trocha carrozable de Chacapunco hasta el paradero de Allpachaca, que fue de interés para la evaluación de esta investigación.

3.3.2.4 Criterios de evaluación de muestra.

Para la realización y determinación de los ensayos en laboratorio de las muestras extraídas de trocha carrozable de Chacapunco hasta el paradero de Allpachaca se usaron los parámetros básicos que debe tener un suelo para subrasante de acuerdo a las normativas expuestas en la siguiente tabla.

Tabla 32

Ensayos de laboratorio realizados en la investigación

Ensayo	Normativa	Descripción
Finura del cemento	*NTP 334.058 *ASTM C 184 *AASHTO T 128	La finura del cemento una propiedad íntimamente relacionada con el valor hidráulico del cemento, ya que afecta decisivamente a la velocidad de las reacciones químicas que se producen durante el fraguado y fraguado inicial del cemento.
Consistencia del cemento	*NTP 334.074 *ASTM C 187 *AASHTO T 129	Método operativo para determinar consistencia normal del cemento que está definida por la cantidad de agua requerida para obtener una pasta que permita la penetración de 10 ± 1 mm del émbolo del equipo Vicat, después de 30 segundos de concluida su preparación.
Fraguado del cemento	*NTP 334.006 *ASTM D 187-98 *AASHTO T 129	Método operativo para determinar el tiempo que pasa desde el momento de la adición del agua hasta cuando la pasta deja de tener fluidez y de ser plástica (llamado fraguado inicial) y del tiempo requerido para que la pasta adquiera un cierto grado de endurecimiento (llamado fraguado final).



Densidad in situ	*MTC E 117 *ASTM D 1556 *AASHTO T 191-61	Este método es usado para determinar la densidad de suelos compactados que se encuentran en el lugar, se aplica a suelos que no contengan una cantidad excesiva de roca o materiales gruesos con un diámetro mayor a 1 ½ pulg (38 mm).
DPL	*NPT 339 133 *ASTM D 1558 *AASHTO T 197	Es un método de prospección indirecta (auscultación) para análisis geotécnico de suelos que permite estimar la resistencia de los suelos a través del número de golpes. La ventaja de este instrumento es que es un equipo muy práctico y se puede transportar fácilmente
Gravedad específica	*MTC E 113 *ASTM D 854 *AASHTO T 100-70	La gravedad específica de sólidos de suelo es usado para calcular la densidad de los sólidos de suelo. Esto se logra multiplicando su gravedad específica por la densidad de agua (a una temperatura apropiada).
Contenido de humedad	*MTC E 108 *ASTM D 2216 *AASHTO T 265	El contenido de humedad de un suelo, es la relación entre el peso del agua presente en la masa de suelo, al peso de las partículas sólidas del mismo.
Granulometría por hidrómetro	*MTC E 109 *ASTM D 421 *AASHTO T 88	Método para determinar el tamaño de las partículas de una fracción fina (limo y arcilla), teniendo en cuenta que este es material que pasa el tamiz N°200 (0.075 mm), basándose en la sedimentación del material en un líquido. Y conocer la variación de caída de la densidad de la suspensión con el transcurso del tiempo, esto por medio del hidrómetro 152 H.
Límite líquido	*MTC E 110 *ASTM D 4318 *AASHTO T 89	Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, del suelo secado en horno, cuando este se halla en el límite entre el estado plástico y el estado líquido.
Límite plástico	*MTC E 111 *ASTM D 4318 *AASHTO T 90	Es la humedad más baja con la que pueden formarse cilindros de suelo de unos 3.2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho susto entre la palma de la mano y una superficie lisa, sin que dichos cilindros se desintegren.
Límite de contracción	*MTC E 112 *ASTM D 427 *AASHTO T 92	Representa la cantidad de agua necesaria para llenar los vacíos de un suelo cohesivo dado, cuando se halla en su relación de vacíos más baja. Se puede emplearse para evaluar el potencial de contracción de suelo.
Proctor modificado	*MTC E 115 *ASTM D 1557 *AASHTO T 180	Método de prueba establecido para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco del suelo, compactados en un molde de 4" o 6" de diámetro con un pistón de 10 lb, que cae de una altura de 18", produciendo una energía de compactación de 56 000 lbf - pie/pie ³ .
CBR (California Bearing Ratio)	*MTC E 132 *ASTM D 1883 *AASHTO T 193	Método de prueba para determinar un índice de resistencia de los suelos, denominado valor de la relación de soporte, conocido como CBR. Se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de subbase, base y de afirmado de un pavimento.
Compresión inconfiada	*MTC E 121 *ASTM D 2166 *AASHTO T 208	El propósito principal de realizar la prueba de compresión no confinada es para rápida obtención de un valor aproximado de resistencia a la compresión de suelos que poseen suficiente cohesión para poder ser ensayados en el estado no confinado.



3.3.3 Criterios de inclusión.

Los criterios de inclusión definen las principales características de la población a estudiar.

- Los elementos muestrales son elaborados con agua potable
- Los elementos muestrales son elaborados en probetas de dimensiones indicadas según normativa estándar.
- Los elementos muestrales son elaborados con un tipo de suelo arcilloso.
- Los elementos muestrales son elaborados bajo la misma mano de obra.
- Los elementos muestrales son elaborados según la dosificación de 4%, 7% y 10% que están dentro rangos recomendados, lo cuales varían de 2% a 12% para el caso del manual de carreteras y según (De la Fuente Lavalle, 2004).

3.4 Instrumentos

3.4.1 Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos.

Tabla 33

Instrumento metodológico, para el adecuado almacenamiento del cemento

	ALMACENAMIENTO DEL CEMENTO CADUCO POSTERIOR A LO RETIRADO DEL ALMACEN DE CHINCHERO. NTP 334.009:2022			
Nombre de la tesis:	"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".			
Tesista 1 :	Joselin Huarcaya Carrión	Fecha :	DEL 01 AL 31 DE MAYO - 2023	
Tesista 2 :	Edisson Huaman Quispe	N° de hoja :	01 de 02	
Ubicación :	AV. Garcilaso Chinchero	Número de muestra :	Nº 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7.	
Provincia :	Urubamba	Ensayo :	Almacenamiento del cemento	
Región :	Cusco			
Hoja de registro de datos - Almacenamiento de cemento caduco				
Nº	FECHA	CLIMA	TEMPERATURA	HUMEDAD
				





3.4.1.1 Ensayos realizados al cemento caduco.

3.4.1.1.1 Finura del cemento por tamizado seco con tamices N°100 (150 μm) y N° 200(75 μm).

Tabla 34

Instrumento metodológico para el ensayo de finura con malla #100 y #200



 FINURA DEL CEMENTO POR TAMIZADO SECO CONTAMICES N° 100 (150 μm) y N° 200(75 μm) NTP 334.058:2018 - ASTM C 184 						
Nombre de la tesis:	"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".					
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edison Huaman Quispe Ubicación: Av. Garcilaso Chinchero Provincia: Urubamba Región : Cusco	Fecha : 18 de mayo del 2023 N° de hoja : 01 de 02 Número de muestra : N° 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7. Ensayo: Ensayo para determinar la calidad del cemento					
Hoja de registro de datos - Ensayo para determinar la finura del cemento portland tipo IP (Yura) por tamizado seco con tamices N° 100 (150 μm)						
DESCRIPCIÓN	DATOS TOMADOS	Und.	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3	PROMEDIO
CEMENTO NORMAL	Peso de la muestra	(gr)				
	Peso del material retenido	(gr)				
	Peso del material pasante	(gr)				
CEMENTO CADUCO DE 1 MES	Peso de la muestra	(gr)				
	Peso del material retenido	(gr)				
	Peso del material pasante	(gr)				
CEMENTO CADUCO DE 5 MES	Peso de la muestra	(gr)				
	Peso del material retenido	(gr)				
	Peso del material pasante	(gr)				
CEMENTO CADUCO DE 1 AÑO CON 4 MESES	Peso de la muestra	(gr)				
	Peso del material retenido	(gr)				
	Peso del material pasante	(gr)				
CEMENTO CADUCO DE 1 AÑO CON 4 MESES MOLIDO	Peso de la muestra	(gr)				
	Peso del material retenido	(gr)				
	Peso del material pasante	(gr)				
CEMENTO CADUCO DE 2 AÑO CON 2 MESES	Peso de la muestra	(gr)				
	Peso del material retenido	(gr)				
	Peso del material pasante	(gr)				
CEMENTO CADUCO DE 2 AÑO CON 2 MESES MOLIDO	Peso de la muestra	(gr)				
	Peso del material retenido	(gr)				
	Peso del material pasante	(gr)				



3.4.1.1.2 Consistencia normal del cemento hidráulico.

Tabla 35

Instrumento metodológico para el ensayo de consistencia del cemento

 DETERMINACION DE LA CONSISTENCIA NORMAL DEL CEMENTO HIDRÁULICO NTP 334.074:2019 - ASTM C 187 - AASHTO T 129 						
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".				
Tesista 1:	Joselin Huarcaya Carrión	Fecha:	19 de mayo del 2023			
Tesista 2:	Edisson Huaman Quispe	N° de hoja:	01 de 02			
Ubicación:	AV. Garcilaso Chinchero	Número de muestra:	N° 1, 2 y 3			
Provincia:	Urubamba	Ensayo:	Ensayo para determinar la calidad del cemento			
Región:	Cusco					
Hoja de registro de datos - Ensayo para determinar la consistencia del cemento portland tipo IP (Yura) por la prueba de Vicat						
DESCRIPCIÓN	DATOS TOMADOS	UND	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3	PRUEBA 4
CEMENTO NORMAL	Peso del cemento	gr				
	Peso del agua	gr				
	Volumen de agua	ml				
	Temperatura del agua	°C				
	Lectura inicial Li	mm				
	Lectura final Lf	mm				
	Tiempo desde el mezclado hasta la Lf	min				
	Penetración	mm				
	Porcentaje de humedad	%				
CEMENTO CADUCO DE 1 MES	Peso del cemento	gr				
	Peso del agua	gr				
	Volumen de agua	ml				
	Temperatura del agua	°C				
	Lectura inicial Li	mm				
	Lectura final Lf	mm				
	Tiempo desde el mezclado hasta la Lf	min				
	Penetración	mm				
	Porcentaje de humedad	%				
CEMENTO CADUCO DE 5 MES	Peso del cemento	gr				
	Peso del agua	gr				
	Volumen de agua	ml				
	Temperatura del agua	°C				
	Lectura inicial Li	mm				
	Lectura final Lf	mm				
	Tiempo desde el mezclado hasta la Lf	min				
	Penetración	mm				
	Porcentaje de humedad	%				



3.4.1.1.3 Determinación del tiempo de fraguado del cemento con aguja de Vicat.

Tabla 36

Instrumento metodológico para el ensayo de fraguado con aguja de Vicat





 DETERMINACION DEL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRAULICO CON AGUJA DE VICAT NTP 334.006:2019 - ASTM C187-98 						
Nombre de la tesis:	"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".					
Tesista 1 : Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2 : Edisson Huaman Quispe Ubicación : AV. Garcilaso Chinchero Provincia : Urubamba Región : Cusco	Fecha : 19 de mayo del 2023 N° de hoja : 01 de 15 Número de muestra : N° 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7. Ensayo : Ensayo para determinar la calidad del cemento					
Hoja de registro de datos - Ensayo para determinar el fraguado del cemento portland tipo IP (Yura) por la prueba de Vicat						
DESCRIPCIÓN	DATOS TOMADOS	UND	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3	PRUEBA 4
CEMENTO NORMAL	Peso del cemento	gr				
	Peso del agua	gr				
	Volumen de agua	ml				
	Temperatura del agua	°C				
CEMENTO CADUCO DE 1 MES	Peso del cemento	gr				
	Peso del agua	gr				
	Volumen de agua	ml				
	Temperatura del agua	°C				
CEMENTO CADUCO DE 5 MES	Peso del cemento	gr				
	Peso del agua	gr				
	Volumen de agua	ml				
	Temperatura del agua	°C				
CEMENTO CADUCO DE 1 AÑO CON 4 MESES	Peso del cemento	gr				
	Peso del agua	gr				
	Volumen de agua	ml				
	Temperatura del agua	°C				
CEMENTO CADUCO DE 1 AÑO CON 4 MESES MOLIDO	Peso del cemento	gr				
	Peso del agua	gr				
	Volumen de agua	ml				
	Temperatura del agua	°C				
CEMENTO CADUCO DE 2 AÑO CON 2 MESES	Peso del cemento	gr				
	Peso del agua	gr				
	Volumen de agua	ml				
	Temperatura del agua	°C				
CEMENTO CADUCO DE 2 AÑO CON 2 MESES - MOLIDO	Peso del cemento	gr				
	Peso del agua	gr				
	Volumen de agua	ml				
	Temperatura del agua	°C				



Tabla 37

Instrumento metodológico para el ensayo de fraguado con aguja de Vicat

 Universidad Andina del Cusco		DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO CON AGUJA DE VICAT NTP 334.006:2019 - ASTM C187-98					
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".					
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación: Av. Garcilaso Chinchero Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 19 de mayo del 2023 N° de hoja: 02 de 15 Número de muestra: N° 1 Ensayo: Ensayo para determinar la calidad del cemento					
Hoja de registro de datos - Ensayo para determinar el fraguado del cemento portland tipo IP (Yura) por la prueba de Vicat							
CEMENTO PORTLAND YURA TIPO IP - NORMAL (PRUEBA 1)				CEMENTO PORTLAND YURA TIPO IP - NORMAL (PRUEBA 2)			
N°	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	PENETRACIÓN (mm)	OBSERVACIÓN	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	PENETRACIÓN (mm)	OBSERVACIÓN	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							





3.4.1.2 Ensayos para la identificación de las propiedades índice-físicas.

3.4.1.2.1 Ensayo de densidad In situ.

Tabla 38

Instrumento metodológico para el ensayo de densidad In situ

 Universidad Andina del Cusco		DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO IN - SITU MEDIANTE EL MÉTODO DEL CONO DE ARENA MTC E 117 - NTP 339.143- ASTM D 1556			
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".			
Tesista 1	: Joselin Huarcaya Carrión	Fecha	: 22 de mayo del 2023	N° de hoja	: 01 de 04
Tesista 2	: Edison Huaman Quispe	Detalle de Hoja:	Calibración de equipo		
Ubicación de la muestra	: Chacapunco	Ensayo	Ensayo de propiedades índice -físicas del suelo.		
Provincia	: Cusco				
Región	: Cusco				
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de Densidad y Peso Unitario IN SITU					
Determinación del Volumen del frasco incluyendo el Cono hasta la válvula					
N°	Descripción	Datos	Und		
1	Peso del aparato de densidad vacío		gr		
2	Peso del aparato de densidad + agua - 1		gr		
	Temperatura -1		°C		
3	Peso del aparato de densidad + agua - 2		gr		
	Temperatura -2		°C		
4	Peso del aparato de densidad + agua - 3		gr		
	Temperatura -3		°C		
5	Peso del aparato de densidad + agua - promedio		gr		
	Temperatura - promedio		°C		
6	Peso del agua		gr		
	Corrección de la temperatura		cm ³ /gr		
7	Volumen del recipiente (V)		cm ³		
Determinación de la densidad aparente de la arena a usar					
N°	Descripción	Datos	Und		
1	Peso del aparato de densidad vacío		gr		
2	Peso del aparato de densidad + arena - 1		gr		
3	Peso del aparato de densidad + arena - 2		gr		
4	Peso del aparato de densidad + arena - 3		gr		
5	Peso del aparato de densidad + arena - promedio		gr		
6	Peso neto de la arena (W 1)		gr		
7	Densidad volumétrica de la arena (δ _l)		gr/cm ³		
Determinación de la densidad aparente de la arena a usar para llenar el embudo					
N°	Descripción	Datos	Und		
1	Peso del aparato de densidad + arena		gr		
2	Peso del aparato de densidad + arena sobrante en recipiente -1		gr		
3	Peso del aparato de densidad + arena sobrante en recipiente -2		gr		
4	Peso del aparato de densidad + arena sobrante en recipiente -3		gr		
5	Peso del aparato de densidad + arena sobrante en recipiente -promedio		gr		
6	Peso neto de la arena en embudo (W 2)		gr		



3.4.1.2.2 Ensayo de penetración dinámica ligera -DPL.

Tabla 39

Instrumento metodológico para el ensayo de DPL



	ENSAYO DE PENETRACION DINAMICA LIGERA (DPL) - NTP 339.159 - MTC E 119																																																																																																														
"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".																																																																																																															
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS																																																																																																															
Testista 1: Joselin Huarcaya Carrión Testista 2: Edison Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapunco Provincia: Cusco Región: Cusco	Fecha: : 02 de junio del 2023 N° de hoja: : 01 de 01 N° de muestra: : NI. 2y3 Ensayo: : Ensayo de propiedades mecánicas del suelo																																																																																																														
ESTRUCTURA: TROCHA CARROZABLE	N° DE SONDEO: 1																																																																																																														
PROGRESIVA :																																																																																																															
COTA DEL NIVEL: m.s.n.m																																																																																																															
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">Grafico de Penetracion PDL</p> </div>	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Profundidad Metros</th> <th>Numero de golpes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Cota msnm</th> <th>N DPL</th> <th>N SPT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Profund. M.</th> <th>Nº de golpes SPT</th> <th>Coreccion por efec.</th> <th>Coreccion por long.</th> <th>Coreccion por diam.</th> <th>Angulo de fricción (j)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	Profundidad Metros	Numero de golpes																					Cota msnm	N DPL	N SPT																															Profund. M.	Nº de golpes SPT	Coreccion por efec.	Coreccion por long.	Coreccion por diam.	Angulo de fricción (j)																															<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">Angulo de fricción</p> </div> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Penemetro</th> <th>Sub Indice</th> <th>Peso W (kg)</th> <th>Caida H (cm)</th> <th>Af (cm2)</th> <th>Penet. E (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SPT</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>DPL</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>	Penemetro	Sub Indice	Peso W (kg)	Caida H (cm)	Af (cm2)	Penet. E (cm)	SPT						DPL					
Profundidad Metros	Numero de golpes																																																																																																														
Cota msnm	N DPL	N SPT																																																																																																													
Profund. M.	Nº de golpes SPT	Coreccion por efec.	Coreccion por long.	Coreccion por diam.	Angulo de fricción (j)																																																																																																										
Penemetro	Sub Indice	Peso W (kg)	Caida H (cm)	Af (cm2)	Penet. E (cm)																																																																																																										
SPT																																																																																																															
DPL																																																																																																															
<p>ÁNGULO DE PRICCION POR DPL (NORMA DIN 4094)</p> $N_1 = N_2 \frac{W_1 * H_1 * A_2 * e_2}{W_2 * H_2 * A_1 * e_1}$ <p>N2= Numero de golpes obtenidos en PDL N1= Numero de golpes equivalente en SPT</p> <p>CALCULO ANGULO DE FRICCIÓN Y COHECION</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>j=</td> <td>o</td> </tr> <tr> <td>qu=</td> <td>kg/cm2</td> </tr> <tr> <td>c=</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>c=</td> <td>kg/cm2</td> </tr> </table>			j=	o	qu=	kg/cm2	c=		c=	kg/cm2																																																																																																					
j=	o																																																																																																														
qu=	kg/cm2																																																																																																														
c=																																																																																																															
c=	kg/cm2																																																																																																														
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">Grafico de penetracion SPT</p> </div>																																																																																																															



3.4.1.2.3 Ensayo de contenido de humedad.

Tabla 40

Instrumento metodológico para el ensayo de contenido de humedad



 Universidad Andina del Cusco		Contenido de Humedad del suelo MTC E108 -ASTMD2216						
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".						
Tesista 1	: Joselin Huarcaya Carrión	Fecha :	23 de mayo del 2023					
Tesista 2	: Edisson Huaman Quispe	N° de hoja :	01 de 01					
Ubicación de la muestra	: Chacapunco	Número de muestra :	N° 1, 2, 3, 4, 5 y 6					
Provincia	: Cusco	Ensayo :	Ensayo de propiedades índice-físicas del suelo.					
Región	: Cusco							
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de determinación del contenido de humedad del suelo								
N°	Descripción del molde	Und	1	2	3	4	PROMEDIO	
Muestra 1	Peso de la tara	gr						
	Peso de la tara + muestra húmeda	gr						
	Peso de la tara + muestra seca	gr						
	Peso del agua	gr						
	Peso de la muestra seca	gr						
	Contenido de Humedad	%						
Muestra 2	Peso de la tara	gr						
	Peso de la tara + muestra húmeda	gr						
	Peso de la tara + muestra seca	gr						
	Peso del agua	gr						
	Peso de la muestra seca	gr						
	Contenido de Humedad	%						
Muestra 3	Peso de la tara	gr						
	Peso de la tara + muestra húmeda	gr						
	Peso de la tara + muestra seca	gr						
	Peso del agua	gr						
	Peso de la muestra seca	gr						
	Contenido de Humedad	%						
Muestra 4	Peso de la tara	gr						
	Peso de la tara + muestra húmeda	gr						
	Peso de la tara + muestra seca	gr						
	Peso del agua	gr						
	Peso de la muestra seca	gr						
	Contenido de Humedad	%						
Muestra 5	Peso de la tara	gr						
	Peso de la tara + muestra húmeda	gr						
	Peso de la tara + muestra seca	gr						
	Peso del agua	gr						
	Peso de la muestra seca	gr						
	Contenido de Humedad	%						
Muestra 6	Peso de la tara	gr						
	Peso de la tara + muestra húmeda	gr						
	Peso de la tara + muestra seca	gr						
	Peso del agua	gr						
	Peso de la muestra seca	gr						
	Contenido de Humedad	%						



3.4.1.2.4 Ensayo de gravedad específica.

Tabla 41

Instrumento metodológico para el ensayo de gravedad específica

 Universidad Andina del Cusco		GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SÓLIDOS MTC E121 - ASTM D 2166 - AASHTO T 208			
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".			
Tesista 1	: Joselin Huarcaya Carrión	Fecha :	01 de junio del 2023		
Tesista 2	: Edison Huaman Quispe	N° de hoja :	01 de 03		
Ubicación de la muestra	: Chacapunco	Número de muestra :	N° 1, 2 y 3		
Provincia	: Cusco	Ensayo :	Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo de la Calicata N°1		
Región	: Cusco				
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Gravedad específica de los sólidos					
N°	Descripción	Abreviatura	Datos	Und	
1	Método de remoción de aire		vacio		
	Volumen del frasco a 20° C	V =		ml	
	Peso del frasco volumétrico vacío y seco	Wb =		gr	
	Peso del frasco + agua hasta la marca	Wbw =		gr	
	Plato evaporador Nro.		GE-C1-M-01		
	Peso de plato evaporador + sólidos seco	Recp + Ws =		gr	
	Peso del plato evaporador	Recp =		gr	
	Peso de los sólidos seco	Ws =		gr	
	Peso de frasco + Peso de sólidos seco + Agua hasta la marca	Wbws =		gr	
	Temperatura del agua	T°C =		°C	
	Densidad a la Temperatura del agua	γ (T°C) =		°C	
	Densidad a la Temperatura de 20°C	γ (20°C) =		°C	
	Corrección de temperatura	α =			
	Gravedad específica muestra Nro. 01		Gs =		
2	Método de remoción de aire		vacio		
	Volumen del frasco a 20° C	V =		ml	
	Peso del frasco volumétrico vacío y seco	Wb =		gr	
	Peso del frasco + agua hasta la marca	Wbw =		gr	
	Plato evaporador Nro.		GE-C1-M-02		
	Peso de plato evaporador + sólidos seco	Recp + Ws =		gr	
	Peso del plato evaporador	Recp =		gr	
	Peso de los sólidos seco	Ws =		gr	
	Peso de frasco + Peso de sólidos seco + Agua hasta la marca	Wbws =		gr	
	Temperatura del agua	T°C =		°C	
	Densidad a la Temperatura del agua	γ (T°C) =		°C	
	Densidad a la Temperatura de 20°C	γ (20°C) =		°C	
	Corrección de temperatura	α =			
	Gravedad específica muestra Nro. 02		Gs =		
3	Método de remoción de aire		vacio		
	Volumen del frasco a 20° C	V =		ml	
	Peso del frasco volumétrico vacío y seco	Wb =		gr	
	Peso del frasco + agua hasta la marca	Wbw =		gr	
	Plato evaporador Nro.		GE-C1-M-03		
	Peso de plato evaporador + sólidos seco	Recp + Ws =		gr	
	Peso del plato evaporador	Recp =		gr	
	Peso de los sólidos seco	Ws =		gr	
	Peso de frasco + Peso de sólidos seco + Agua hasta la marca	Wbws =		gr	
	Temperatura del agua	T°C =		°C	
	Densidad a la Temperatura del agua	γ (T°C) =		°C	
	Densidad a la Temperatura de 20°C	γ (20°C) =		°C	
	Corrección de temperatura	α =			
	Gravedad específica muestra Nro. 03		Gs =		



3.4.1.2.5 Ensayo de análisis granulométrico por sedimentación – hidrómetro 152H.

Tabla 42

Instrumento metodológico para el ensayo de AG por hidrómetro 152H

		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR EL MÉTODO DEL HIDRÓMETRO										
		NTP 339.128 - MTC E109 - ASTM D7928 - ASTM D6913										
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".										
Tesista 1 : Joselin Huarcaya Carrión		Fecha : 22 de mayo del 2023		Descripción del suelo :				Agente dispersante : Hexametáfosfato de sodio NAPO3				
Tesista 2 : Edison Huaman Quispe		N° de hoja : 01 de 06										
Ubicación de la muestra : Chacapuncu		Número de muestra : Nº 1 - Calicata Nº1										
Provincia : Cusco		Descripción : Ensayo de propiedades índice-físicas del suelo.										
Región : Cusco												
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de Granulometría mediante Hidrómetro												
Día	Hora de la lectura	Tiempo transcurrido min	Temperatura °C	Lectura real del hidrómetro Rc	α	Lectura corregida del hidrómetro Rc	más fino %	Hidrómetro corregido por menisco Rc	L caída de partícula	L/t	K	D (mm)



3.4.1.2.6 Ensayo de límite líquido y plástico

Tabla 43

Instrumento metodológico para el ensayo del límite líquido y plástico

	LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO - IP ASTM D4318, MTC E110, MTC E111, NTP 339.129																																									
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".																																										
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Cusco Región: Cusco	Fecha : 31 de mayo del 2023 N° de hoja : 01 de 09 muestra : N° 1 - Calicata N° 1 Descripción : Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo	NÚMERO DE PRUEBA: N° 01 DE 09 CÓDIGO: CI-01-LL-LP																																								
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Límites de Consistencia: Límite líquido y Límite plástico																																										
LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D4318 1ra Muestra <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Nombre de cápsula</th> <th>CI-L-1.1</th> <th>CI-L-1.2</th> <th>CI-L-1.3</th> <th>CI-L-1.4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Peso cápsula (g)</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Peso cápsula +SH</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Peso cápsula+SS (g)</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Número de golpes</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Peso SS (g)</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Peso Agua (g)</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Cont. Hum. (W)%</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Nombre de cápsula	CI-L-1.1	CI-L-1.2	CI-L-1.3	CI-L-1.4	Peso cápsula (g)					Peso cápsula +SH					Peso cápsula+SS (g)					Número de golpes					Peso SS (g)					Peso Agua (g)					Cont. Hum. (W)%					<div style="border: 2px solid black; padding: 10px;"> <h3 style="text-align: center;">LÍMITE LÍQUIDO</h3> </div>
Nombre de cápsula	CI-L-1.1	CI-L-1.2	CI-L-1.3	CI-L-1.4																																						
Peso cápsula (g)																																										
Peso cápsula +SH																																										
Peso cápsula+SS (g)																																										
Número de golpes																																										
Peso SS (g)																																										
Peso Agua (g)																																										
Cont. Hum. (W)%																																										
LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D4318 1ra Muestra <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Nombre de cápsula</th> <th>CI-P-1.1</th> <th>CI-P-1.2</th> <th>CI-P-1.3</th> <th>CI-P-1.4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Peso cápsula (g)</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Peso cápsula +SH</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Peso cápsula+SS (g)</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Peso SS (g)</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Peso Agua (g)</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Cont. Hum. (W)%</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Nombre de cápsula	CI-P-1.1	CI-P-1.2	CI-P-1.3	CI-P-1.4	Peso cápsula (g)					Peso cápsula +SH					Peso cápsula+SS (g)					Peso SS (g)					Peso Agua (g)					Cont. Hum. (W)%										
Nombre de cápsula	CI-P-1.1	CI-P-1.2	CI-P-1.3	CI-P-1.4																																						
Peso cápsula (g)																																										
Peso cápsula +SH																																										
Peso cápsula+SS (g)																																										
Peso SS (g)																																										
Peso Agua (g)																																										
Cont. Hum. (W)%																																										
		Límite plástico (%) = Límite líquido (%) L = Índice plástico (%) =																																								
Carta de plasticidad de Casagrande (Según ASTM D-2487)																																										
		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> CLASIFICACION SUCS </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> LEYENDA SS: Suelo Seco SH: Suelo Húmedo </div>																																								



3.4.1.2.7 Ensayo de límite de contracción.

Tabla 44

Instrumento metodológico para el ensayo del límite líquido de contracción

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍMITE DE CONTRACCIÓN MTC E121 - ASTM D 2166 - AASHTOT 208			
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".					
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edison Huaman Quispe de la muestra: Chacapunco Provincia: Cusco Región: Cusco		Fecha : 31 de mayo del 2023 N° de hoja : 01 de 03 Número de muestra : N° 1, 2, 3 y 4 - Calicata N°1 Ensayo : Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo.	NÚMERO DE PRUEBA: N° 04 DE 04 CÓDIGO: CI-01-02-03-04-LC		
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Límites de Consistencia: Límite de Contracción					
DESCRIPCIÓN	UND	DATOS			
Temperatura del agua - 01	°C				
Temperatura del agua - 02	°C				
Temperatura del agua - 03	°C				
Temperatura del agua - promedio	°C				
Muestra del suelo natural	Und	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04
Descripción del recipiente	Und				
Nombre del recipiente	Und				
Peso del recipiente	gr				
Peso recipiente + Suelo Húmedo (g)	gr				
Peso recipiente + Suelo Seco	gr				
Peso Suelo Seco	gr				
Peso Agua	gr				
Contenido de Humedad	%				
Diametro del recipiente - 01	cm				
Diametro del recipiente - 02	cm				
Diametro del recipiente - 03	cm				
Diametro del recipiente - 04	cm				
Promedio del diámetro del recipiente	cm				
Altura del recipiente - 01	cm				
Altura del recipiente - 02	cm				
Altura del recipiente - 03	cm				
Altura del recipiente - 04	cm				
Promedio de la altura del recipiente	cm				
Volumen de recipiente	cm ³				
Volumen de la muestra de suelo húmeda = Vo	cm ³				
Diametro de la muestra seca - 01	cm				
Diametro de la muestra seca - 02	cm				
Diametro de la muestra seca - 03	cm				
Diametro de la muestra seca - 04	cm				
Promedio del diámetro de la muestra seca	cm				
Altura de la muestra seca - 01	cm				
Altura de la muestra seca - 02	cm				
Altura de la muestra seca - 03	cm				
Altura de la muestra seca - 04	cm				
Promedio de la altura de la muestra seca	cm				
Volumen de la muestra de suelo seca = Vf	cm ³				
Límite de contracción	%				

3.4.1.2.8 Ensayo de proctor modificado.

Tabla 45

Instrumento metodológico para el ensayo de proctor modificado

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO						MTC E115 - ASTM D1557 - NTP 339.1410	
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".							
Tesista 1 : Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2 : Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra : Chacapunco Provincia : Cusco Región : Cusco		Fecha : 25 de mayo del 2023 N° de hoja : 01 de 01 Número de muestra : N° 1, 2, 3, 4, 5 y 6. Ensayo : Ensayo de propiedades mecánicas del suelo		NÚMERO DE PRUEBA: 06 Pruebas de Suelo - Calicata N°2 CÓDIGO: C2-01-02-03-04-05-06-PM					
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Compactación Proctor Modificado del suelo									
DESCRIPCIÓN	UNID	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04	MUESTRA 05	MUESTRA 06		
Peso de la muestra húmeda +molde	gr								
Peso del molde	gr								
Peso muestra húmeda	gr								
Volumen del molde	cm ³								
Densidad húmeda	gr/cm ³								
Recipiente metálico	und	C2-01	C2-02	C2-02	C2-03	C2-03	C2-03		
Peso de la muestra húmeda +tara	gr								
Peso de la muestra seca +tara	gr								
Peso del agua	gr								
Peso de la tara	gr								
Peso muestra seca	gr								
Contenido de humedad	%								
Contenido de humedad promedio	%								
Densidad Seca	gr/cm ³								

Tabla 46

Instrumento metodológico para el ensayo de proctor modificado – Parte II

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO						MTC E115 - ASTM D1557 - NTP 339.1410	
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".							
Tesista 1 : Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2 : Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra : Chacapunco Provincia : Cusco Región : Cusco		Fecha : 27 de mayo del 2023 N° de hoja : 01 de 01 Número de muestra : N° 1, 2, 3, 4, 5 y 6. Ensayo : Ensayo de propiedades mecánicas del suelo		NÚMERO DE PRUEBA: 06 Pruebas de Suelo - Calicata N°2 CÓDIGO: C2-01-02-03-04-05-06-PM					
Hoja de resultados - Ensayo Compactación Proctor Modificado del suelo									
								LEYENDA SS: Suelo Seco SH: Suelo Húmedo	
								CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO	
								DENSIDAD SECA MÁXIMA	



3.4.1.3 Ensayos para la identificación de las propiedades mecánicas.

3.4.1.3.1 Ensayo de California Bearing Ratio

Tabla 47

Instrumento metodológico para el ensayo de CBR

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS - CBR										UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		MTC E132 - ASTM D1883 □										UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero 2023".										
Tesisista 1: Joselin Huarcaya Carrión		Fecha		30 de mayo del 2023								
Tesisista 2: Edisson Huarran Quispe		N° de hoja		01 de 01								
Ubicación de la muestra: Chacapunco		N° de muestra		N°1, 2y3								
Provincia: Cusco		Ensayo		Ensayo de propiedades mecánicas del suelo								
Región: Cusco												
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo CBR (California Bearing Ratio) del suelo												
DESCRIPCIÓN		UND	MUESTRA 1			MUESTRA 2			MUESTRA 3			
Número de golpes		Und	12			26			55			
Diámetro del molde		cm										
Altura de molde		cm										
Altura de disco espaciador		cm										
Volumen de la muestra húmeda compactada		cm ³										
Peso del molde más base		gr										
Peso del molde + base + muestra húmeda		gr										
Peso Muestra Húmeda		gr										
Densidad Húmeda		cm ³										
Recipiente metálico			1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Peso de la muestra húmeda + tara		gr										
Peso de la muestra seca + tara		gr										
Peso del agua		gr										
Peso de la tara		gr										
Peso muestra seca		gr										
Contenido de humedad		%										
Contenido de humedad promedio		%										
Densidad Seca		gr/cm ³										
DATOS DE HINCHAMIENTO												
DESCRIPCIÓN		UND	MUESTRA 1			MUESTRA 2			MUESTRA 3			
Lectura original		mm										
Lectura después de 24 horas		mm										
Lectura después de 48 horas		mm										
Lectura después de 72 horas		mm										
Lectura después de 96 horas		mm										
Hinchamiento		mm										
Porcentaje de hinchamiento		%										



3.4.2 Instrumentos de ingeniería.

3.4.2.1 Instrumentos de ingeniería para ensayos realizados al cemento caduco.

3.4.2.1.1 Finura del cemento por tamizado seco con tamices N°100 (150 μ m) y N° 200(75 μ m).

A. Aparatos, equipos y muestra

- Tamices de 150 μ m (N° 100) y 75 μ m (N°200), limpio y seco.
- Base y tapa del tamiz, limpio y seco.
- Balanza analítica con una sensibilidad de 0.01gr.
- Cepillo de cerdas para limpiar los tamices.
- Taras metálicas
- Recipientes metálicos.
- Cucharones metálicos.
- Guantes y barbijo para la protección.
- Cemento

3.4.2.1.2 Consistencia normal del cemento hidráulico.

A. Aparatos, equipos y muestra

- Aparato de Vicat.
- Mezcladora mecánica.
- Probeta graduada de 100 ml de capacidad.
- Balanza analítica con una sensibilidad de 0.01gr.
- Termómetro
- Cronometro
- Espátula
- Recipientes metálicos.
- Cucharones metálicos.
- Guantes de jebe.
- Cemento

3.4.2.1.3 Determinación del tiempo de fraguado del cemento con aguja de Vicat.

A. Aparatos, equipos y muestra

- Aparato de Vicat.
- Mezcladora mecánica.
- Probeta graduada de 100 ml de capacidad.
- Balanza analítica con una sensibilidad de 0.01gr.
- Termómetro



- Cronometro
- Espátula
- Recipientes metálicos.
- Cucharones metálicos.
- Guantes de jebe.
- Cemento

3.4.2.2 Ensayos para la identificación de las propiedades índice-físicas.

3.4.2.2.1 Ensayo de densidad In situ.

A. Aparatos y equipos

- Aparato de densidad de cono de arena
- Balanza analítica con una sensibilidad de 0.01gr.
- Arena calibrada
- Equipo de secado
- Tamiz de ¾"
- Termómetro
- Brocha
- Cincel
- Espátula pequeña
- Recipientes metálicos.
- Bandejas metálicas.
- Cucharones metálicos.
- Guantes y lentes de protección.

3.4.2.2.2 Ensayo de penetración dinámica ligera -DPL.

A. Aparatos y equipos

- Martillo
- Barra Guía
- Yunque
- Varillaje
- Cono cilíndrico
- Flexómetro
- Pico
- Pala
- GPS



3.4.2.2.3 *Ensayo de contenido de humedad.*

A. Aparatos y equipos

- Balanza analítica con una sensibilidad de 0.01 gr.
- Horno de secado
- Equipo de secado
- Taras metálicas
- Recipientes metálicos.
- Cucharones metálicos.
- Guantes y lentes de protección.

3.4.2.2.4 *Ensayo de gravedad específica.*

A. Aparatos y equipos

- Fiola con una capacidad mínima de 250 ml.
- Balanza de sensibilidad 0.01 gr.
- Termómetro
- Bomba de vacíos
- Embudo
- Recipientes metálicos
- Tamiz N°4
- Horno de secado
- Espátula
- Mortero
- Taras metálicas
- Pipeta

3.4.2.2.5 *Ensayo de análisis granulométrico por sedimentación – hidrómetro 152H.*

A. Aparatos y equipos

- Tres balanzas, de sensibilidades y precisión de 0,01 gr; 0,1 gr y 1 gr.
- Tamices de N° 10 y de N° 200.
- Hidrómetro - 152H por designación de la ASTM.
- Cilindro de hidrómetro o similar para sedimentación.
- Termómetro de inmersión, con apreciación de 0.5 °C.
- Un cronometro o un reloj para controlar el tiempo.
- Un horno capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes.
- Un recipiente para baño de temperatura controlada para el cilindro de vidrio.



- Plancha de calentamiento.
- Vasijas apropiadas para la colocación de muestras y su secado.
- Un par de guantes de asbesto o caucho.
- Agente dispersante, solución de hexametáfosfato (meta fosfato $NaPO_3$)
- Agua destilada o desmineralizada.

3.4.2.2.6 *Ensayo de límite líquido.*

A. Aparatos y equipos

- Una vasija de porcelana de 115 mm (4 ½") de diámetro aproximadamente.
- Aparato de Casagrande de límite líquido.
- Acanalador con las dimensiones normadas.
- Calibrador de acuerdo con la dimensión indicada según normativa.
- Recipientes cuya masa no cambie con repetidos calentamientos y enfriamientos.
- Tamiz N°40
- Balanza con sensibilidad de 0,01 g.
- Horno que pueda conservar temperaturas de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ para secar la muestra.
- Espátula de hoja flexible de unos 3"-4" de longitud y ¾" de ancho aproximadamente.
- Agua destilada o agua desmineralizada.

3.4.2.2.7 *Ensayo de límite plástico.*

A. Aparatos y equipos

- Espátula, de hoja flexible, de unos 3" a 4" de longitud por ¾" de ancho.
- Recipiente para almacenaje, de porcelana o similar, de 4 ½" de diámetro.
- Balanza con aproximación a 0,01 g.
- Horno termostáticamente controlado regulable a $110 \pm 5^\circ\text{C}$.
- Tamiz Nro. 40
- Agua destilada.
- Recipientes adecuados para determinación de humedades.
- Un vidrio grueso esmerilado.

3.4.2.2.8 *Ensayo de límite de contracción.*

A. Aparatos y equipos

- Espátula, de 3" de longitud y con 20 mm ¾" de ancho.
- Recipiente, con 2 ¼" de diámetro y 1 ¼" de altura, con bordes lisos y nivelados.



- Placa plana lo suficiente grande para cubrir el recipiente.
- Probeta graduada de vidrio, con capacidad de 25 ml y graduada cada 0,2 ml.
- Recipiente de alrededor de 20x20cm y 5cm de profundidad para contener derrames de parafina.
- Lubricante a base de petróleo.
- Vernier
- Balanza de sensibilidad 0.01 gr.
- Tamiz N° 40
- Horno de secado

3.4.2.2.9 Ensayo de proctor modificado.

A. Aparatos y equipos

- Molde de 4 pulgadas
- Pisón o Martillo
- Balanza con una aproximación de 1 gramo.
- Horno de secado capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5 °c
- Tamices de 19,0 mm ($\frac{3}{4}$ pulg), 9,5 mm ($\frac{3}{8}$ pulg) y 4,75mm (N° 4).
- Extractor de muestras
- Regla recta metálica
- Recipientes metálicos
- Bandejas metálicas
- Cucharones
- Badilejos
- Espátula
- Taras

3.4.2.3 Ensayos para la identificación de las propiedades mecánicas.

3.4.2.3.1 Ensayo de California Bearing Ratio

A. Aparatos y equipos

- Molde de metal cilíndrico de 6" de diámetro interior, 7" de altura, provisto de un collar de metal suplementario de 2" de altura y una placa de base perforada de $\frac{3}{8}$ " de espesor.
- Disco espaciador de metal.
- Pisón de compactación.
- Aparato medidor de expansión: vástago con placa de metal perforada.



- Dial (Deformímetro) montado en un trípode con aproximación de 0.001".
- Pesas anular y ranurada de 2.27 o 4.54 kg.
- Aparato para aplicar la carga: Prensa hidráulica con anillo de carga.
- Balanza
- Tamices Nro. 4, $\frac{3}{4}$ " y 2".
- Cucharón.
- Enrazado.
- Bandejas
- Recipientes metálicos
- Taras
- Probeta
- Piseta
- Vernier

3.4.2.3.2 *Ensayo de compresión in confinado*

A. Aparatos y equipos

- Aparato de Compresión
- Extractor de muestras
- Aparatos para determinar la humedad de la muestra
- Un cronómetro, si el control de la prensa es manual
- Balanzas que den el peso de la muestra con una precisión del 0,1.
- Calibrador Vernier o similar
- Estufa capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C

3.5 Procedimientos de recolección de datos

Fase 1: Obtención del estabilizante

- Se reconoció el lugar donde se ubica la trocha carrozable.
- Se realizó la solicitud correspondiente para acceder al almacén central de la entidad del lugar de estudio.
- Se identificaron bolsas cementos con diversos tiempos de vencimiento, de los cuales se solicitó una de cada una.
- Se llevó las bolsas cemento a un lugar adecuado para su almacenamiento según la NTP 334.009, de esta manera poder tener acceso al lugar y poder realizar los ensayos necesarios.

- Se preparó las muestras de cemento de manera adecuada para la realización de los ensayos de laboratorio necesarios de acuerdo a las normativas expuestas en la tabla 32.

Figura 22

Cemento almacenado en el almacén de la Municipalidad Distrital de Chinchero



Figura 23



Cemento almacenado en un lugar accesible para poder realizar los ensayos





Tabla 49

Datos del lugar de almacenamiento del cemento – Parte I

 Universidad Andina del Cusco		ALMACENAMIENTO DEL CEMENTO CADUCO POSTERIOR A LO RETIRADO DEL ALMACEN DE CHINCHERO. NTP 334.009:2022			
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".			
Tesista 1:	Joselin Huarcaya Carrión	Fecha:	DEL 01 AL 31 DE MAYO - 2023		
Tesista 2:	Edisson Huaman Quispe	N° de hoja:	01 de 02		
Ubicación:	AV. Garcilaso Chinchero	Número de muestra:	N° 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7.		
Provincia:	Urubamba	Ensayo:	Almacenamiento del cemento		
Región:	Cusco				
Hoja de registro de datos - Almacenamiento de cemento caduco					
N°	FECHA	CLIMA	TEMPERATURA	HUMEDAD	
1	01/05/2023	PARCIALMENTE NUBLADO	21°C	27%	
2	02/05/2023	PARCIALMENTE NUBLADO	22°C	28%	
3	03/05/2023	PARCIALMENTE NUBLADO	19°C	26%	
4	04/05/2023	MAYORMENTE NUBLADO	17°C	25%	
5	05/05/2023	NUBLADO	14°C	20%	
6	06/05/2023	PARCIALMENTE NUBLADO	20°C	27%	
7	07/05/2023	MAYORMENTE NUBLADO	14°C	19%	
8	08/05/2023	MAYORMENTE NUBLADO	9°C	10%	
9	09/05/2023	NUBLADO	13°C	20%	
10	10/05/2023	MAYORMENTE NUBLADO	18°C	27%	
11	11/05/2023	PARCIALMENTE NUBLADO	18°C	27%	
12	12/05/2023	MAYORMENTE NUBLADO	15°C	24%	
13	13/05/2023	MAYORMENTE NUBLADO	18°C	27%	
14	14/05/2023	MAYORMENTE DESPEJADO	20°C	28%	
15	15/05/2023	MAYORMENTE DESPEJADO	20°C	28%	
16	16/05/2023	POCAS NUBES	20°C	27%	
17	17/05/2023	MAYORMENTE NUBLADO	20°C	28%	
18	18/05/2023	PARCIALMENTE NUBLADO	20°C	27%	
19	19/05/2023	POCAS NUBES	20°C	27%	
20	20/05/2023	MAYORMENTE NUBLADO	19°C	28%	
21	21/05/2023	POCAS NUBES	21°C	26%	
22	22/05/2023	MAYORMENTE DESPEJADO	20°C	26%	
23	23/05/2023	PARCIALMENTE NUBLADO	20°C	28%	
24	24/05/2023	PARCIALMENTE NUBLADO	19°C	27%	
25	25/05/2023	MAYORMENTE NUBLADO	18°C	26%	
26	26/05/2023	MAYORMENTE NUBLADO	18°C	26%	
27	27/05/2023	PARCIALMENTE NUBLADO	18°C	26%	
28	28/05/2023	MAYORMENTE NUBLADO	18°C	26%	
29	29/05/2023	MAYORMENTE NUBLADO	16°C	25%	
30	30/05/2023	POCAS NUBES	19°C	26%	
31	31/05/2023	POCAS NUBES	20°C	26%	





frígida	helada	muy fría	fría	fresca	cómoda	caliente	muy caliente	tórrida
-9 °C	0 °C	7 °C	13 °C	18 °C	24 °C	29 °C	35 °C	

despejado	mayormente despejado	parcialmente nublado	mayormente nublado	nublado
0 %	20 %	40 %	60 %	80 % 100 %



Tabla 50

Datos del lugar de almacenamiento del cemento – Parte II

 Universidad Andina del Cusco		ALMACENAMIENTO DEL CEMENTO CADUCO POSTERIOR A LO RETIRADO DEL ALMACEN DE CHINCHERO. NTP 334.009:2022			
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".			
Tesista 1:		Joselin Huarcaya Carrión	Fecha:		DEL 1 AL 30 DE JUNO - 2023
Tesista 2:		Edisson Huaman Quispe	N° de hoja:		01 de 02
Ubicación:		AV. Garcilaso Chinchero	Número de muestra:		N° 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7.
Provincia:		Urubamba	Ensayo:		Almacenamiento del cemento
Región:		Cusco			
Hoja de registro de datos - Almacenamiento de cemento caduco					
N°	FECHA	CLIMA	TEMPERATURA	HUMEDAD	
1	01/06/2023	POCAS NUBES	21°C	27%	
2	02/06/2023	POCAS NUBES	20°C	26%	
3	03/06/2023	POCAS NUBES	20°C	26%	
4	04/06/2023	POCAS NUBES	21°C	27%	
5	05/06/2023	MAYORMENTE DESPEJADO	18°C	25%	
6	06/06/2023	PARCIALMENTE NUBLADO	20°C	28%	
7	07/06/2023	PARCIALMENTE NUBLADO	19°C	27%	
8	08/06/2023	POCAS NUBES	19°C	26%	
9	09/06/2023	POCAS NUBES	21°C	26%	
10	10/06/2023	MAYORMENTE DESPEJADO	19°C	27%	
11	11/06/2023	PARCIALMENTE NUBLADO	19°C	28%	
12	12/06/2023	PARCIALMENTE NUBLADO	18°C	27%	
13	13/06/2023	MAYORMENTE NUBLADO	16°C	25%	
14	14/06/2023	MAYORMENTE DESPEJADO	19°C	26%	
15	15/06/2023	PARCIALMENTE NUBLADO	19°C	27%	
16	16/06/2023	MAYORMENTE DESPEJADO	19°C	26%	
17	17/06/2023	POCAS NUBES	18°C	25%	
18	18/06/2023	POCAS NUBES	18°C	25%	
19	19/06/2023	POCAS NUBES	20°C	25%	
20	20/06/2023	POCAS NUBES	19°C	26%	
21	21/06/2023	POCAS NUBES	19°C	26%	
22	22/06/2023	PARCIALMENTE NUBLADO	20°C	27%	
23	23/06/2023	POCAS NUBES	19°C	26%	
24	24/06/2023	POCAS NUBES	19°C	26%	
25	25/06/2023	POCAS NUBES	19°C	26%	
26	26/06/2023	POCAS NUBES	20°C	27%	
27	27/06/2023	POCAS NUBES	18°C	25%	
28	28/06/2023	POCAS NUBES	19°C	27%	
29	29/06/2023	PARCIALMENTE NUBLADO	16°C	25%	
30	30/06/2023	POCAS NUBES	19°C	27%	
					
					
En ambos meses los datos se tomo a la 13:00 horas ,durante el día.					

Fase 2: Ensayos para la elección del estabilizante

3.5.1 Ensayo de finura del cemento.

A. Equipos utilizados en la prueba.

- Tamices de $150\ \mu\text{m}$ (N° 100) y $75\ \mu\text{m}$ (N°200), limpio y seco.
- Base y tapa del tamiz, limpio y seco.
- Balanza analítica con una sensibilidad de 0.01gr.
- Cepillo de cerdas para limpiar los tamices.
- Taras metálicas
- Recipientes metálicos.
- Cucharones metálicos.
- Guantes y barbijo para la protección.

Figura 24

Aparatos, equipos y materiales usados para el ensayo de finura del cemento



B. Procedimiento.

- Se realiza el pesado de 50 gr de cemento.
- Se coloca la muestra de 50 gr de cemento en un tamiz de $150\ \mu\text{m}$ (N° 100) limpio y seco, con su respectiva base y tapa, para evitar pérdida de muestra.
- Se realiza el tamizado con un suave movimiento de rotación de 3 a 5 min hasta que la mayor parte del material fino pase a través de la malla, y el residuo aparezca prácticamente limpio.
- Se separa las partículas retenidas en el tamiz $150\ \mu\text{m}$ (N° 100), se vacía y se lo pone en una tara el material retenido.



- Se realizan el pesado de las fracciones retenidas en la malla $150 \mu\text{m}$ (N° 100) y el recipiente de fondo.
- Este procedimiento se repiten para todas las muestras

Figura 25

Pesado de la muestra de cemento y muestras de su pasante y retenido



Figura 26 *Muestras retenidas en las malla #100 y #200*

Muestras retenidas en las malla #100 y #200



C. Toma de datos.

La toma de datos que se realizaron para este ensayo, finura del cemento por tamizado seco malla #100 y #200, se observa en la tabla 52 al 55.



3.5.2 Ensayo de consistencia del cemento hidráulico.

A. Equipos utilizados en la prueba.

- Aparato de Vicat.
- Mezcladora mecánica.
- Probeta graduada de 100 ml de capacidad.
- Balanza analítica con una sensibilidad de 0.01gr.
- Termómetro
- Cronometro
- Espátula
- Recipientes metálicos.
- Cucharones metálicos.
- Guantes de jebe.

Figura 27

Aparatos, equipos y materiales usados para el ensayo de consistencia del cemento



B. Procedimiento.

Para la preparación de la muestra.

- Pesar 650 g \pm 0,1 g de cemento.
- Colocar toda el agua (agua desionizada o destilada, de no disponer puede ser agua potable limpia) en el recipiente de mezclado.
- Agregar el cemento al agua y así permitir la absorción de agua durante 30 segundos.



- Encender la mezcladora y mezclar a velocidad lenta (140 ± 5 rpm), durante 30 segundos.
- Detener la mezcladora durante 15 segundos, en este tiempo se raspa la pasta que pueda haber quedado adherida a las paredes del recipiente y se incorpora al resto de la pasta.
- Encender la mezcladora, nuevamente, a velocidad media (285 ± 10 rpm) y se mezcla durante 1 minuto para obtener la pasta.

Figura 28

Preparación de la muestra para la prueba de consistencia de cemento



Para el llenado de moldes.

- Con la pasta de cemento preparada, formar rápidamente una masa esférica con las manos protegidas de guantes.
- Manteniéndolas separadas unos 150 mm, arrojar la masa de una mano a otra 6 veces.
- Manteniendo la masa esférica en la palma de una de las manos, y la base menor del molde sobre la otra mano, llenar completamente el molde (G).
- Retirar el exceso de masa en la base mayor, colocar encima la placa de vidrio (H). Y voltear el conjunto, retirando el exceso de masa en la base menor con la ayuda de la espátula. Alisar la parte superior, si es necesario con unos cuantos toques ligeros con la espátula, teniendo cuidado de no comprimir la pasta.



Figura 29

Llenado de muestras para el ensayo de consistencia del cemento



Para la determinación de la consistencia normal.

- Colocar y centrar debajo del vástago (B) la placa de vidrio con el molde que contiene la pasta, se hace descender el vástago hasta que el extremo de la sonda (C) haga contacto con la superficie de la pasta y se fija en esta posición por medio del tornillo (E).
- Se lee la posición inicial del indicador (F) en la escala o se desplaza el indicador hasta que coincida con el cero superior; 30 segundos después de terminada la mezcla, se suelta el vástago cuidando que el equipo no esté sometido a ninguna vibración durante el ensayo. Se considera que la pasta tiene consistencia normal cuando la sonda penetra 10 – 1 mm, 30 segundos después de haber sido soltado.
- Si no se obtiene la consistencia normal en el primer ensayo, debe repetirse toda la operación, variando la cantidad de agua, hasta obtenerla; cada vez hay que emplear cemento nuevo.
- Este mismo procedimiento se repitió para todas las muestras de cemento, para posteriormente después de contar con su consistencia realizar el ensayo de fraguado del cemento.

Figura 30

Determinación de la consistencia normal.



C. Toma de datos.

La toma de datos que se realizaron para este ensayo, consistencia del cemento, se observa en la tabla 56 al 65.

3.5.3 Ensayo de fraguado del cemento hidráulico con Vicat.

A. Equipos utilizados en la prueba.

- Aparato de Vicat.
- Mezcladora mecánica.
- Probeta graduada de 100 ml de capacidad.
- Balanza analítica con una sensibilidad de 0.01 gr.
- Termómetro
- Cronometro
- Espátula
- Recipientes metálicos.
- Cucharones metálicos.
- Guantes de jebe.

Figura 31

Aparatos y equipos utilizados en el ensayo de fraguado del cemento



B. Procedimiento.

Para la preparación de la muestra.

- Pesar 650 g \pm 0,1 g de cemento.



- Colocar toda el agua (agua desionizada o destilada, de no disponer puede ser agua potable limpia) en el recipiente de mezclado.
- Agregar el cemento al agua y así permitir la absorción de agua durante 30 segundos.
- Encender la mezcladora y mezclar a velocidad lenta (140 ± 5 rpm), durante 30 segundos.
- Detener la mezcladora durante 15 segundos, en este tiempo se raspa la pasta que pueda haber quedado adherida a las paredes del recipiente y se incorpora al resto de la pasta.
- Encender la mezcladora, nuevamente, a velocidad media (285 ± 10 rpm) y se mezcla durante 1 minuto para obtener la pasta.

Figura 32

Preparación de la muestra para el ensayo de fraguado del cemento



Para el llenado de moldes.

- Con la pasta de cemento preparada, formar rápidamente una masa esférica con las manos protegidas de guantes.
- Manteniéndolas separadas unos 150 mm, arrojar la masa de una mano a otra 6 veces.
- Manteniendo la masa esférica en la palma de una de las manos, y la base menor del molde sobre la otra mano, llenar completamente el molde (G).
- Retirar el exceso de masa en la base mayor, colocar encima la placa de vidrio (H). Y voltear el conjunto, retirando el exceso de masa en la base menor con la ayuda



de la espátula. Alisar la parte superior, si es necesario con unos cuantos toques ligeros con la espátula, teniendo cuidado de no comprimir la pasta.

- Inmediatamente después del moldeado, colocar el espécimen de prueba y la placa de vidrio en un gabinete húmedo o en un cuarto húmedo y dejarlo reposar por 30 minutos luego del moldeado sin ser alterado hasta que las determinaciones de penetración se realicen.

Figura 33

Llenado de muestras para evaluar el fraguado de cemento



Para la determinación del tiempo de fraguado inicial.

- Montar el espécimen y la placa de vidrio en el aparato de Vicat y colocar la aguja de 1 mm de diámetro debajo del émbolo.
- Colocar la aguja en la parte superior de la pasta de cemento y fijar el tornillo de sujeción y registrar la lectura inicial.
- Soltar el émbolo y dejar que la aguja se asiente por 30 s y registrar la lectura de penetración.
- Retirar la aguja y limpiarla, y tomar lecturas sucesivas a intervalos de 15 minutos (a cada 10 minutos para cementos tipo III) hasta que una penetración de 25 mm o menor sea obtenida.

Para la determinación del tiempo de fraguado final.

- Continuar las penetraciones hasta determinar el tiempo transcurrido en el primer instante en que la aguja no haga una marca visible en la pasta endurecida. Éste tiempo será reportado como el tiempo de fraguado final.

- Este procedimiento se repitió para todas las muestras de cemento.

Figura 34

Llenado de muestras para evaluar el fraguado inicial del cemento



Figura 35

Llenado de muestras para evaluar el fraguado final del cemento



C. Toma de datos.

La toma de datos que se realizaron para este ensayo, fraguado del cemento, se observa en la tabla 66 al 80.



Fase 3: Obtención y preparación de las muestras de suelo

- Se reconoció el lugar donde se ubica la trocha carrozable desde Chacapunco hasta el paradero de Allpachaca
- Luego, se determinó el número de calicatas necesarias a realizar en el área de estudio.
- Se obtuvo las coordenadas UTM de cada calicata.
- Se realizó la excavación de las calicatas hasta una profundidad mínima de 1.50 m, de acuerdo a la norma ASTM D 420.
- Seguidamente, se describió e identificó in situ las calicatas, de acuerdo a la Norma ASTM O 2488 (Práctica estándar para la descripción e identificación de suelos mediante procedimientos visuales - manuales). Registrándose las principales características del suelo como: espesor de estrato, color, olor, consistencia, humedad, etc.
- Se obtuvo y transportó las muestras representativas de suelo de cada calicata, de acuerdo a la Norma MTC E 104 (conservación y transporte de muestras de suelo).
- En el caso de las muestras para el ensayo de contenido de humedad natural, se utilizó bolsas herméticas para evitar la pérdida de humedad, mientras se las transportó al laboratorio.
- Se preparó las muestras de suelo de manera adecuada para la realización de los ensayos de laboratorio necesarios de acuerdo a las Normas MTC E 105 (obtención en laboratorio de muestras representativas - cuarteo) y determinación de las constantes del suelo.

Tabla 51

Coordenadas UTM WG – 84 de la ubicación de las calicatas.

PUNTO	KM	ESTE	NORTE	ALTURA
C-1	Km 0+00	818713.142	8515244.58	3766 m.s.n.m
C-2	Km 0+295	818903.412	8515382.54	3774 m.s.n.m
C-3	Km 0+645	819129.75	8515773.87	3770 m.s.n.m



Fase 4: Ensayos para la obtención y preparación de las muestras de suelo

- En primer lugar, se realizó el ensayo de contenido de humedad natural de las muestras de suelo, el cual se llevó a cabo inmediatamente después de transportar las muestras al laboratorio.
- Luego se realizó los ensayos de análisis granulométrico por medio de sedimentación – hidrómetro 152H, límite líquido y límite plástico, con la finalidad de poder clasificar las muestras de suelo obtenidas de cada calicata. Seguidamente, se procedió a clasificar las muestras de suelo utilizando los sistemas SUCS.
- Asimismo, se realizó los ensayos de densidad In situ, DPL y gravedad específica.
- Se seleccionó la muestra de suelo arcilloso más desfavorable (suelo arcilloso con mayor índice de plasticidad), de acuerdo a su clasificación, para luego aplicar el proceso de estabilización utilizando cemento Portland Tipo IP caduco de 5 meses como aditivo estabilizador.
- En la muestra de suelo elegida, se realizó el ensayo de Proctor modificado para el suelo sin aditivo estabilizador (0%) y para cada adición de aditivo estabilizador en porcentajes de 4, 7 y 10% del peso seco de la muestra de suelo. También se realizó esa dosificación con cemento normal para posteriormente realizar una comparación.
- Una vez que se obtuvo el contenido de humedad óptimo y la densidad seca máxima del ensayo Proctor modificado, se procedió a realizar el ensayo CBR para el suelo sin aditivo estabilizador (0%) y para cada adición de aditivo estabilizador en porcentajes de 4, 7 y 10% del peso seco de la muestra de suelo. También se realizó esa dosificación con cemento normal para posteriormente realizar una comparación.
- Posteriormente se realizó el ensayo de compresión inconfiada para determinar la cohesión y la resistencia a la compresión inconfiada para el suelo sin aditivo estabilizador (0%) y para cada adición de aditivo estabilizador en porcentajes de 4, 7 y 10% del peso seco de la muestra de suelo. También se realizó esa dosificación con cemento normal para posteriormente realizar una comparación.
- Asimismo, se realizó los ensayos de límite líquido y límite plástico, para cada porcentaje de 4, 7 y 10% de aditivo estabilizador. El límite líquido y el límite plástico sin aditivo estabilizador se determinó previamente para la clasificación de la muestra de suelo. Finalmente se realizó el ensayo de límite de contracción sin aditivo estabilizador (0%) y para cada porcentaje de 4, 7 y 10% de aditivo estabilizador del peso seco de la muestra de suelo.



3.5.4 Ensayo de densidad In situ.

A. Equipos utilizados en la prueba.

- Aparato de densidad de cono de arena
- Balanza analítica con una sensibilidad de 0.01gr.
- Arena calibrada
- Equipo de secado
- Tamiz de $\frac{3}{4}$ "
- Termómetro
- Brocha
- Cincel
- Espátula pequeña
- Recipientes metálicos.
- Bandejas metálicas.
- Cucharones metálicos.
- Guantes y lentes de protección.

Figura 36

Equipos y aparatos utilizados en el ensayo de la densidad In situ



B. Procedimiento.

Para la calibración del equipo (UNI, 1996)

- Pesar el aparato de densidad.
- Llenar con agua el recipiente hasta donde se localiza la válvula.
- Pesar el aparato de densidad más agua.
- Tomar temperatura.
- Repetir el procedimiento tres veces.
- Determinar un promedio del peso y la temperatura.
- Determinar el peso del agua y el factor de corrección por temperatura.
- Determinar el volumen del recipiente ml.
- Colocar el aparato vacío, válvula cerrada, con el cono hacia arriba y llenarlo con arena. Abra la válvula y seguir llenando de arena el cono de manera que no se vacié mientras llene el recipiente.
- Pesar aparato de densidad con arena.
- Determinar peso neto de la arena.
- Calcular la densidad volumétrica de la arena.
- Seleccione una ubicación que sea representativa del área que se va a estudiar.
- Inspeccione el cono por si hubiera algún daño, la rotación libre de la válvula y cerciórese de que el plato de base funcione apropiadamente. Llene el contenedor del cono con la arena condicionada para la cual ya se ha determinado la densidad (MTC, 2016).

Figura 37

Calibración del equipo de densidad in situ





Para determinar la densidad In situ (Chang Chang, 2002)

- Colocar la base metálica puesta en la superficie horizontal y se excava según el diámetro de la base. Se observa que el suelo es arena limosa, medio densa y se realiza el ensayo a 1.20 m.
- La base y la cuchara, la pared interior debe ser lo más perfilado posible. Se ha extraído toda la muestra hasta la profundidad que especifica el diseño.
- La profundidad dependerá de un volumen mínimo del orificio en función a un TM.

Figura 38

Realización de la excavación del hueco



- Se pesa el material extraído de la capa que se está investigando para llevarlo al laboratorio y tomar muestra para el contenido de humedad.
- En la base se colocara el cono y el recipiente con arena calibrada.
- Colocar el recipiente cono abajo abrir válvula y llenar el cono, cerrar válvula una vez que se pueda apreciar que ya no descienda arena, se recomienda que se efectuó este paso sobre un recipiente capaz de contener la arena que lleno el cono al momento de levantar el recipiente y el cono, para no perder material.
- Después de llenar el hueco se pesa la arena que sobra en la botella de plástico.
- Finalmente se procede a recoger toda la arena utilizada, se realiza los cálculos en laboratorio.
- Se lleva una muestra representativa de suelo húmedo se realiza el pesado y posteriormente se realiza el secado por horno, para determinar su contenido de humedad, todo el procedimiento se realizó para los 6 puntos establecidos.

Figura 39

Determinación de la densidad In situ



Figura 40

Determinación el contenido de la humedad de la muestra representativa



C. Toma de datos

La toma de datos que se realizaron para este ensayo, densidad in situ, en los 6 puntos se observan de la tabla 81 a la 85.

3.5.5 Ensayo de penetración dinámica ligera -DPL

A. Equipos utilizados en la prueba.

- Martillo
- Barra Guía
- Yunque
- Varillaje
- Cono cilíndrico
- Flexómetro
- Pico
- Pala
- GPS

B. Procedimiento.

- Se realiza la limpieza del área donde se tomara la prueba.
- Se realiza el armado del equipo de DPL, verificando el acople correcto de sus complementos.
- Realizar el marcado del varillaje cada 10 cm.
- Se sostiene el equipo en posición vertical o la plomada.
- Se levanta y suelta el martillo desde un altura estándar (50 cm).
- Se toma nota de la penetración o hundimiento y el número de golpes.
- Se toma nota desde la altura inicial a la final de acuerdo al número de golpes.
- Si se encuentra agregado grueso o roca se debe detener el ensayo.
- Este mismo procedimiento se repitió para los puntos restantes.

Figura 41

Determinación del ensayo DPL





C. Toma de datos.

La toma de datos que se realizaron para este ensayo, DPL, en los 3 puntos se observan de la tabla 86 a la 88.

3.5.6 Ensayo de contenido de humedad.

A. Equipos utilizados en la prueba.

- Balanza analítica con una sensibilidad de 0.01gr.
- Horno de secado
- Equipo de secado
- Taras metálicas
- Recipientes metálicos.
- Cucharones metálicos.
- Guantes y lentes de protección.

B. Procedimiento.

- Seleccionar especímenes de ensayo representativos de acuerdo para lo que se requiera. Colocar el espécimen de ensayo húmedo en el contenedor y colocar la tapa asegurada en su posición.
- Determinar el peso del contenedor y material húmedo de acuerdo al peso del espécimen.
- Remover la tapa y colocar el contenedor con material húmedo en el horno a 110 ± 5 °C a menos que se especifique otra temperatura durante toda la noche (de 12 a 16 horas) es suficiente.
- Luego que el material se haya secado a peso constante, se removerá el contenedor del horno. Se permitirá el enfriamiento del material y del contenedor a temperatura ambiente.
- Determinar el peso del contenedor y el material secado al horno. Este mismo procedimiento se repitió para los puntos restantes.

Figura 42

Ensayo de contenido de humedad





C. Toma de datos

La toma de datos que se realizaron para este ensayo, contenido de humedad, en los 6 puntos se observan de la tabla 89 a la 90.

3.5.7 Ensayo de gravedad específica.

A. Equipos utilizados en la prueba.

- Fiola con una capacidad mínima de 250 ml.
- Balanza de sensibilidad 0.01 gr.
- Termómetro
- Bomba de vacíos
- Embudo
- Recipientes metálicos
- Tamiz N°4
- Horno de secado
- Espátula
- Mortero
- Taras metálicas
- Pipeta

B. Procedimiento.

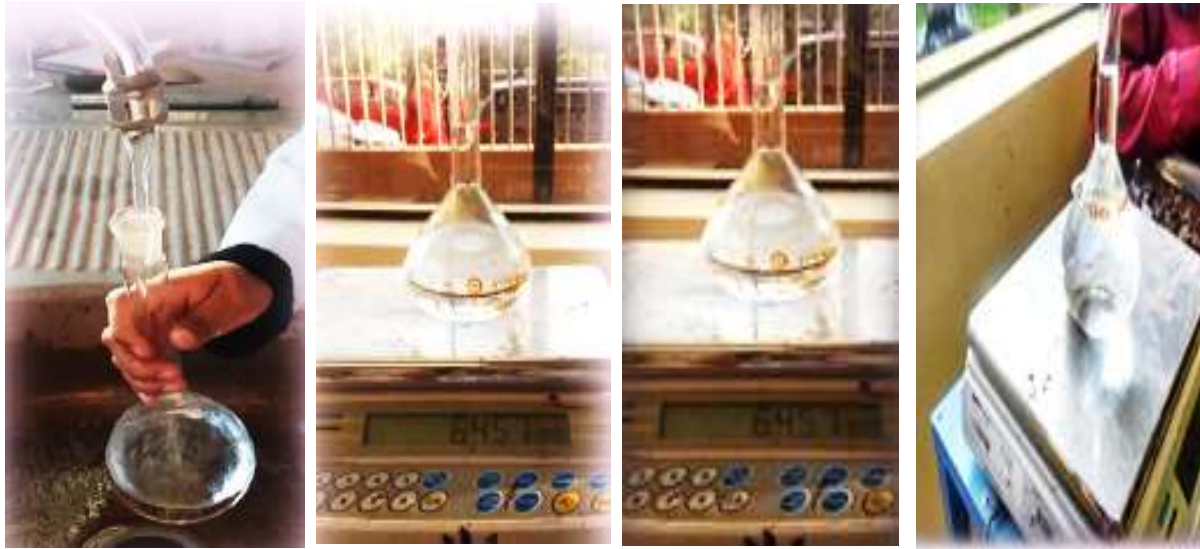
Para la calibración de la fiola o picnómetro.

- Para obtener así una constante K para corregir el volumen por temperatura. Se colocó agua destilada en el picnómetro hasta el volumen conocido a diferentes temperaturas y pesarlo para saber el volumen real que contiene.
- Se ajusta el nivel del agua usando una pipeta, hasta que el fondo del nivel del menisco coincida con la marca de calibración.
- Seque cualquier gota de agua que esté en el exterior del picnómetro y en el interior del cuello usando papel absorbente.
- Introduzca el termómetro en el agua destilada hasta la profundidad apropiada de inmersión y mida y registre la temperatura del agua con una precisión de 0.01 °C.
- Mida y registre la masa del picnómetro lleno de agua.
- Repita el procedimiento 4 veces como mínimo.
- Con los valores obtenidos grafique la curva masa del picnómetro en el eje vertical, versus temperatura de equilibrio en el eje horizontal.



Figura 43

Calibración de fiola



Para determinar la gravedad específica.

- Se determina la masa del picnómetro limpio y seco con una aproximación de 0,01g.
- Llenar el picnómetro con agua desairada por encima o debajo de la marca de calibración.
- Remover el agua para llevar el nivel de agua a la marca de calibración.
- Secar usando una toalla de papel la punta o corona y el exterior, del picnómetro.
- Medir y registrar la masa del picnómetro y el agua con una aproximación al 0,01g y calcular el volumen del picnómetro.
- Se dispersó el suelo usando un mezclador y añadí al suelo alrededor de 100 ml de agua en un picnómetro de 500 ml, con el embudo se vierte la pasta aguada en el picnómetro enjuagando cualquier partícula de suelo remanente usando un spray de lavado, usando la máquina de vacío se prosigue con el desairado de la pasta aguada añadiendo agua desairada hasta que el nivel del agua esté entre $\frac{1}{3}$ y $\frac{1}{2}$ de la profundidad del cuerpo principal del picnómetro hasta que la pasta aguada se forme enjuagando cualquier suelo adherido al picnómetro en la pasta.
- Se mide y registra la masa del picnómetro, suelo, y agua con una aproximación de 0,01g, registrando la temperatura de la mezcla pastosa aguada de suelo agua con una aproximación de $0,1^{\circ}\text{C}$.
- Se registra la masa del suelo seco con una aproximación de 0,01g; se transfiere el suelo pastoso aguado a la tara enjuagando el picnómetro de todo residuo de suelo añadiendo agua y transfiriendo el suelo pastoso aguado a la tara.



- Se seca el espécimen hasta una masa constante en un horno manteniéndolo a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ y enfriarlo de manera que el suelo no pueda absorber humedad durante el enfriamiento, se calcula y registra la masa de los sólidos de suelo secos con una aproximación de 0,01 g. Este procedimiento se repitió para todas las muestras de las calicatas.

Figura 44

Determinación de la gravedad específica

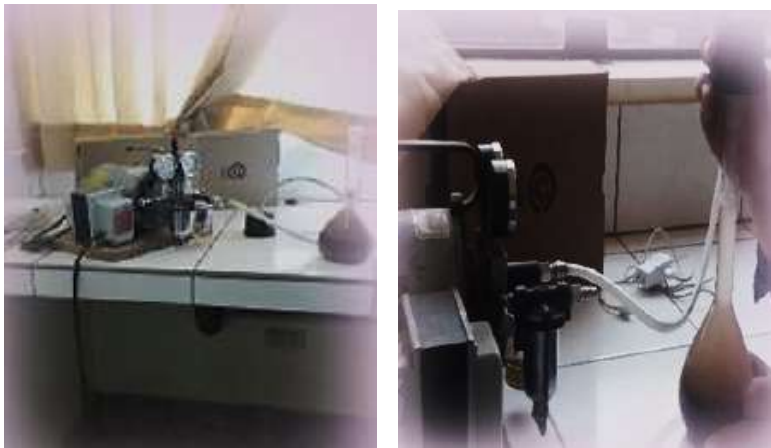


Figura 45

Determinación del peso de la muestra + fiola + agua



C. Toma de datos

La toma de datos que se realizaron para este ensayo, gravedad específica, en las 3 calicatas se observan de la tabla 91 a la 933.



3.5.8 Ensayo de análisis granulométrico por sedimentación – hidrómetro 152H.

A. Equipos utilizados en la prueba.

- Tres balanzas, de sensibilidades y precisión de 0,01 gr; 0,1 gr y 1 gr.
- Tamices de N° 10 y de N° 200.
- Hidrómetro - 152H por designación de la ASTM.
- Cilindro de hidrómetro o similar para sedimentación.
- Termómetro de inmersión, con apreciación de 0.5 °C.
- Un cronometro o un reloj para controlar el tiempo.
- Un horno capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes.
- Un recipiente para baño de temperatura controlada para el cilindro de vidrio.
- Plancha de calentamiento.
- Vasijas apropiadas para la colocación de muestras y su secado.
- Un par de guantes de asbesto o caucho.
- Agente dispersante, solución de hexametáfosfato (meta fosfato $NaPO_3$)
- Agua destilada o desmineralizada.

Figura 46

Aparatos a utilizar para la granulometría por sedimentación



B. Procedimiento.

- Se realizó el secado del material pasante del tamiz No. 200.
- Se realiza el pesado de 50gr de la muestra secada.
- Se mezcla 4% hexametáfosfato de sodio $NaPO_3$ en 125 ml de agua.
- Se mezcla con ayuda de la batidora mecánica durante 5 min la muestra de 50gr de suelo con la solución de agua + hexametáfosfato de sodio.
- Se transfiere el contenido del vaso de la batidora en un cilindro de sedimentación, teniendo mucho cuidado de no perder material en el proceso.



- Se deja la solución por un periodo de 24 horas para que actúe el hexametáfosfato de sodio, dispersando las partículas del suelo.
- Se deja preparado otra probeta de hexametáfosfato de sodio al 4% en 125 ml de agua que servirá para reposar el hidrómetro después de tomar las medidas.

Figura 47

Preparación de la solución (suelo+ hexametáfosfato de sodio)



- Pasado las 24 horas se le añade agua a la solución hasta completar la marca de 1000 ml en el cilindro.
- Se toma un tapón o similar para tapan la boca del cilindro y se agita por un minuto con mucho cuidado para evitar derrames.
- Luego se coloca el cilindro sobre la mesa y se inserta el hidrómetro.
- Para mantener la misma temperatura del agua en el cilindro de sedimentación y en el de control, estos son colocados en un solo contenedor con agua.

Figura 48

Preparación de la solución en el cilindro de hidrómetro



- Se coloca el hidrómetro y el termómetro en el recipiente de control y en el de sedimentación. Se registran lecturas con los siguientes intervalos de tiempo de 1,2,3,4,5,15,30,60 minutos y 2,4,8,16 y 32 horas, o también puede ser un ciclo de 24 horas o más.
- Se determina el peso de la muestra al final del ensayo, luego se levanta cuidadosamente toda la suspensión transfiriéndola a una cápsula de evaporación.
- Séquese el material al horno, déjese enfriar y se determina el peso de la muestra.
- El peso seco de la muestra de suelo empleada se obtendrá restándole a este valor el peso seco del agente defloculante empleado.
- Este mismo procedimiento se repitió para todas las muestras

Figura 49

Registro de datos del hidrómetro



Figura 50

Observación de la muestra antes y después del horno





C. Toma de datos

La toma de datos que se realizaron para este ensayo, análisis granulométrico por sedimentación – hidrómetro 152H, en las 3 calicatas se observan de la tabla 99 a la 107.

3.5.9 Ensayo de límite líquido.

A. Equipos utilizados en la prueba.

- Una vasija de porcelana de 115 mm (4 ½”) de diámetro aproximadamente.
- Aparato de Casagrande de límite líquido.
- Acanalador con las dimensiones normadas.
- Calibrador de acuerdo con la dimensión indicada según normativa.
- Recipientes cuya masa no cambie con repetidos calentamientos y enfriamientos.
- Tamiz N°40
- Balanza con sensibilidad de 0,01 g.
- Horno que pueda conservar temperaturas de $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ para secar la muestra.
- Espátula de hoja flexible de unos 3”-4” de longitud y ¾” de ancho aproximadamente.
- Agua destilada o agua desmineralizada.

Figura 51

Aparatos y equipos usados para hallar el límite líquido



B. Procedimiento.

- Se obtiene una porción representativa de la muestra total suficiente para proporcionar 150 g a 200 g de material pasante del tamiz $425\ \mu\text{m}$ (N° 40).
- Las muestras cohesivas deben ser mezcladas totalmente en un recipiente con una espátula, o cuchara y se obtendrá una porción representativa de la masa total extrayéndola dos veces con la cuchara.



Figura 52

Preparado de la muestra de suelo a trabajar



- Colocar una porción del suelo preparado, en la copa del dispositivo de límite líquido en el punto en que la copa descansa sobre la base, presionándola, y esparciéndola en la copa hasta una profundidad de aproximadamente 10 mm en su punto más profundo, formando una superficie aproximadamente horizontal.
- Tener cuidado en no dejar burbujas de aire atrapadas en la pasta con el menor número de pasadas de espátula como sea posible.
- Mantener el suelo no usado en el plato de mezclador. Cubrir el plato de mezclador con un paño húmedo (o por otro medio) para retener la humedad en la muestra.
- Utilizando el acanalador, dividir la muestra contenida en la copa, haciendo una ranura a través del suelo siguiendo una línea que una el punto más alto y el punto más bajo sobre el borde de la copa.
- Cuando se corte la ranura, mantener el acanalador contra la superficie de la copa y trazar un arco, manteniendo la corriente perpendicular a la superficie de la copa en todo su movimiento.
- Verificar que no existen restos de suelo por debajo de la copa.



- Levantar y soltar la copa girando el manubrio a una velocidad de 1,9 a 2,1 golpes por segundo hasta que las dos mitades de suelo estén en contacto en la base de la ranura una longitud de 13 mm (1/2 pulg).
- Verificar que no se haya producido el cierre prematuro de la ranura debido a burbujas de aire, observando que ambos lados de la ranura se hayan desplazado en conjunto aproximadamente con la misma forma.
- Registrar el número de golpes, N, necesario para cerrar la ranura.

Figura 53

Preparado de la muestra en la cuchara de Casagrande



- Tomar una tajada de suelo de aproximadamente de ancho de la espátula, extendiéndola de extremo a extremo de la torta de suelo en ángulos rectos a la ranura e incluyendo la porción de la ranura en la cual el suelo se deslizó en conjunto, colocarlo en un recipiente de peso conocido, y cubrirlo.
- Regresar el suelo remanente en la copa al plato de mezclado. Lavar y secar la copa y el acanalador y fijar la copa nuevamente a su soporte como preparación para la siguiente prueba.
- Mezclar nuevamente todo el espécimen de suelo en el plato de mezclado añadiéndole agua destilada para aumentar su contenido de humedad y disminuir el número de golpes necesarios para cerrar la ranura.
- Repetir el procedimiento para al menos dos pruebas adicionales produciendo números de golpes sucesivamente más bajos para cerrar la ranura.

- Una de estas pruebas se realizará para un cierre que requiera de 25 a 35 golpes, una para un cierre entre 20 y 30 golpes, y una prueba para un cierre que requiera de 15 a 25 golpes.
- Este procedimiento se realizó para el suelo patrón (Calicata N°1-Calicata N°2 – Calicata N°3) también se realizó el procedimiento para cada adición de aditivo estabilizador (cemento caduco y cemento normal) en porcentajes de 4, 7 y 10% del peso seco de la muestra de suelo.

Figura 54

Preparado de la muestra para determinar su peso seco y húmedo



3.5.10 Ensayo de límite plástico.

A. Equipos utilizados en la prueba.

- Espátula, de hoja flexible, de unos 3" a 4" de longitud por 3/4" de ancho.



- Recipiente para almacenaje, de porcelana o similar, de 4 ½" de diámetro.
- Balanza con aproximación a 0,01 g.
- Horno termostáticamente controlado regulable a 110 ± 5 °C.
- Tamiz Nro. 40
- Agua destilada.
- Recipientes adecuados para determinación de humedades.
- Un vidrio grueso esmerilado.

Figura 55

Aparatos y equipos para determinar el límite plástico



B. Procedimiento.

- Se toman aproximadamente 20 g de la muestra que pase por el tamiz de 426 mm (N° 40), preparado para el ensayo de límite líquido.
- Se amasa con agua destilada hasta que pueda formarse con facilidad una esfera con la masa de suelo.
- Se toma una porción de 1,5 g a 2,0 g de dicha esfera como muestra para el ensayo.
- Se moldea la mitad de la muestra en forma de elipsoide y, a continuación, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros.
- Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3,2 mm (1/8") no se ha desmoronado, se vuelve a hacer una elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro.
- El desmoronamiento puede manifestarse de modo distinto, en los diversos tipos de suelo: En suelos muy plásticos, el cilindro queda dividido en trozos de unos 6 mm de longitud, mientras que en suelos plásticos los trozos son más pequeños.



- Porción así obtenida se coloca en vidrios de reloj o pesa-filtros tarados, se continúa el proceso hasta reunir unos 6 g de suelo y se determina la humedad de acuerdo con la norma MTC E 108.

Figura 56

Procedimiento para obtener el límite plástico



- Este procedimiento se realizó para el suelo patrón (Calicata N°1-Calicata N°2 – Calicata N°3) también se realizó el procedimiento para cada adición de aditivo estabilizador (cemento caduco y cemento normal) en porcentajes de 4, 7 y 10% del peso seco de la muestra de suelo.

C. Toma de datos

La toma de datos que se realizaron para este ensayo, límite líquido y límite plástico, para las muestras de cada calicata, y muestras con aditivo se observan de la tabla 109 a la 141.



3.5.11 Ensayo de límite contracción.

A. Equipos utilizados en la prueba.

- Espátula, de 3" de longitud y con 20 mm 3/4 " de ancho.
- Recipiente, con 2 1/4" de diámetro y 1 1/4" de altura, con bordes lisos y nivelados.
- Placa plana lo suficiente grande para cubrir el recipiente.
- Probeta graduada de vidrio, con capacidad de 25 ml y graduada cada 0,2 ml.
- Recipiente de alrededor de 20x20cm y 5cm de profundidad para contener derrames de parafina.
- Lubricante a base de petróleo.
- Vernier
- Balanza de sensibilidad 0.01 gr.
- Tamiz N° 40
- Horno de secado

B. Procedimiento.

- Se toma aproximadamente 50 gr de suelo de material representativo, del utilizado para las prácticas de límite líquido y plástico, que pase a través del tamiz Nro. 40.
- Se toma las dimensiones con la ayuda de un calibrador, altura y diámetro interno, en 4 direcciones variables de la capsula donde se moldeará la muestra con agua.
- Se realiza el peso de la capsula.

Figura 57

Preparación de la muestra y de la capsula





- Se mezcla la muestra de suelo pasante con agua destilada hasta lograr una pasta cremosa que pueda colocarse dentro del recipiente de contracción sin dejar ningún vacío.
- Se cubre el interior del recipiente de contracción con vaselina de petróleo para prevenir que el suelo se adhiera al recipiente o se formen grietas durante el secado. Se pesa el recipiente y se registra su peso.
- Se llena el recipiente en tres capas colocando aproximadamente $\frac{1}{3}$ de la cantidad de suelo seco necesaria para llenar el recipiente cada vez y darle golpes suaves sobre una base firme hasta que el suelo fluya dentro del recipiente y se note la ausencia total de burbujas de aire, se repite el procedimiento con la segunda y tercera capa para luego enrasar utilizando una espátula de tamaño mediano y pesar el recipiente con el suelo húmedo.
- Se realiza el pesado de la muestra más el recipiente.
- La muestra debe secar al aire libre hasta un promedio de 24 a 48 horas hasta que su coloración se torne blanquecina, hasta que se obtiene un peso constante, luego se registra el peso de la muestra más el recipiente.
- Se realiza el pesado de la muestra seca con recipiente.
- Luego con ayuda del vernier se toma las medidas de altura y diámetro en 4 direcciones, rotándolo para tener un volumen más preciso.
- Este procedimiento se realizó para el suelo patrón (Calicata N°1-Calicata N°2 – Calicata N°3) también se realizó el procedimiento para cada adición de aditivo estabilizador (cemento caduco y cemento normal) en porcentajes de 4, 7 y 10% del peso seco de la muestra de suelo.

Figura 58

Preparación de la muestra en el recipiente húmedo y seco



C. Toma de datos



La toma de datos que se realizaron para este ensayo, límite de contratación, para las muestras de cada calicata, y muestras con aditivo se observan de la tabla 142 a la 150.

3.5.12 Ensayo de proctor modificado.

A. Equipos utilizados en la prueba.

- Molde de 4 pulgadas
- Pisón o Martillo
- Balanza con una aproximación de 1 gramo.
- Horno de secado capaz de mantener una temperatura uniforme de $110 \pm 5^\circ\text{C}$
- Tamices de 19,0 mm ($\frac{3}{4}$ pulg), 9,5 mm ($\frac{3}{8}$ pulg) y 4,75mm (Nº 4).
- Extractor de muestras
- Regla recta metálica
- Recipientes metálicos
- Bandejas metálicas
- Cucharones
- Badilejos
- Espátula
- Taras

Figura 59

Aparatos y equipos para el ensayo de Proctor Modificado



B. Procedimiento.

- Si la muestra está demasiado húmeda, reducir el contenido de agua por secado al aire hasta que el material sea fiable.
- Disgregar por completo los grumos de tal forma de evitar quebrar las partículas individuales.
- Tamizar a través de las mallas: 4,75mm(Nº4); 9,5mm (3/8 pulg) o 19, 0mm (3/4pulg).

Figura 60

Preparación de la muestra para el ensayo de proctor modificado



- Se selecciona el molde de compactación apropiado de acuerdo al material pasante
- Determinar y anotar su masa con aproximación a 1 gramo del molde y base.
- Se ensambla el molde, base y collar de extensión.
- Se examina el alineamiento de la pared interior del molde, el collar de extensión del molde y se ajusta.

Figura 61

Preparación del molde para el ensayo de proctor modificado



- Usar aproximadamente 2,3kg (5lbm) del suelo tamizado para cada espécimen a ser compactado cuando se emplee.

Figura 62

Pesado de la muestra para el ensayo de proctor modificado



- Se preparó 6 especímenes.
- Seleccionar los contenidos de agua para el resto de los especímenes de tal forma que varíen alrededor del 2%. Algunos suelos con muy alto contenido óptimo de agua requieren grandes incrementos de agua para obtener un Peso Unitario Seco Máximo bien definido.
- Realizar el mezclado de suelo con agua propuesta y luego dividirlo en 5 partes iguales

Figura 63

Mezclado de la muestra para el ensayo de proctor modificado



- Antes de la compactación, colocar el suelo suelto dentro del molde y extenderlo en una capa de espesor uniforme.
- Suavemente apisonar el suelo antes de la compactación hasta que este no esté en estado suelto o esponjoso, usando el pisón manual de compactación.



- Compactar el espécimen en cinco capas.
- Compactar cada capa con 25 golpes/min para el molde de 101,6 mm (4pulg) o 56 golpes/min para el molde de 152,4mm (6pulgadas). Después de la compactación, cada capa deberá tener aproximadamente el mismo espesor.

Figura 64

Compactación de la muestra para el ensayo de proctor modificado



- Después de la compactación de la última capa, remover el collar.
- Cuidadosamente enrasar el espécimen compactado, por medio de una regla recta a través de la parte superior para formar una superficie plana en la parte superior e inferior del molde.
- Rellenar cualquier hoyo de la superficie, con suelo no usado o cortado del espécimen, presionar con los dedos y vuelva a raspar con la regla recta a través de la parte superior.
- Determine y registre la masa del espécimen, molde y base con aproximación al gramo.

Figura 65

Extracción y pesado de la muestra + molde para el ensayo de proctor modificado



- Extraiga el material del molde.
- Obtener el contenido de humedad de acuerdo al Método de ensayo NTP339.127, una porción representativa.
- De otra manera se puede obtener una porción cortando axialmente por el centro del espécimen compactado y removiendo 500g del material de los lados cortados.
- Colocar la muestra representativa en el horno y posterior a su secado tomar su peso, para de esta manera determinar el porcentaje de humedad.
- Este procedimiento se realizó para el suelo patrón (Calicata N°2) también se realizó el procedimiento para cada adición de aditivo estabilizador (cemento caduco y cemento normal) en porcentajes de 4, 7 y 10% del peso seco de la muestra de suelo.

Figura 66

Determinación del contenido de humedad para el ensayo de proctor modificado



C. Toma de datos

La toma de datos que se realizaron para este ensayo, proctor modificado, para las muestras patrón y muestras con aditivo se observan de la tabla 151 a la 164.



3.5.13 Ensayo de California Bearing Ratio

A. Equipos utilizados en la prueba.

- Molde de metal cilíndrico de 6" de diámetro interior, 7" de altura, provisto de un collar de metal suplementario de 2" de altura y una placa de base perforada de 3/8" de espesor.
- Disco espaciador de metal.
- Pisón de compactación.
- Aparato medidor de expansión: vástago con placa de metal perforada.
- Dial (Deformímetro) montado en un trípode con aproximación de 0.001".
- Pesas anular y ranurada de 2.27 o 4.54 kg.
- Aparato para aplicar la carga: Prensa hidráulica con anillo de carga.
- Balanza
- Tamices Nro. 4, 3/4" y 2".
- Cucharón.
- Enrazado.
- Bandejas
- Recipientes metálicos
- Taras
- Probeta
- Piseta
- Vernier

Figura 67

Aparatos y equipos para el ensayo de CBR



B. Procedimiento.

- La muestra deberá ser preparada y los especímenes para la compactación deberán de prepararse de acuerdo con los procedimientos dados en los métodos de prueba NTP 339.141, para la compactación de un molde de 6".
- Analizamos el contenido de humedad óptimo.
- Analizamos su humedad natural.
- Procedemos a realizar el cálculo para el ajuste de humedad.
- Pesamos una cantidad suficiente para moldear las tres muestras.
- Se procede a añadir el óptimo contenido de humedad, de acuerdo al ensayo de proctor.

Figura 68

Preparación de la muestra para el ensayo de CBR



- Se procede a tomar dimensiones de diámetro, altura de molde y altura de disco espaciador.
- Se procede a pesar el molde y la base.
- Luego colocamos el collarín.
- Colocamos un papel filtro y el disco espaciador en tres moldes.

Figura 69

Toma de dimensiones del molde del ensayo de CBR



- Se compacta cada molde a diferente energía de compactación.
- La energía de compactación se controla con el N° de golpes y serán de 12, 26 y 55 golpes por capa respectivamente.
- Son en total 5 capas por cada molde.
- Luego de compactado, se quita el collarín.
- Se gira el molde de modo que la parte superior quede abajo, se retira el disco espaciador y quedo un espacio para luego colocar la sobrecargar.
- Se procede a pesar el molde con base y la muestra compactada.

Figura 70

Compactación de la muestra + molde para el ensayo de CBR





Figura 71

Muestras listas para sumersión de agua para calcular la deformación



Para determinar el hinchamiento:

- Se coloca un papel filtro sobre la parte superior de la muestra. Luego se sitúa la placa perforada con vástago ajustable y sobre ella se coloca las pesas de sobrecarga.
- El trípode con el cuadrante medidor de deformaciones se coloca sobre el canto del molde y se ajusta al vástago de la placa perforada.
- Se registra la lectura original y se quita el trípode.
- Se sumerge el molde en un recipiente con agua y se deja saturar durante cuatro días.
- Colocar el soporte de trípode sobre la muestra todos los días y tomar nota la lectura de la expansión después de 4 días.

Figura 72

Determinación de hinchamiento





Para determinar el CBR:

- Después de cuatro días, se saca el molde, se deja drenar durante 15 minutos aproximadamente
- Se saca la muestra del pozo de inmersión.
- Se quita el vástago y la placa, se vuelve a colocar las pesas y se deja drenar durante 15 minutos.
- Se procede con el registro de los datos en el equipo de CBR.
- Se coloca en cero el indicador de presión del anillo de carga y el dial de deformación.
- La velocidad de penetración del pistón en el suelo es de 0.05 de pulgada por minuto. La velocidad se controla por tiempo con un cronometro.
- Se registran las lecturas de la presión a 0.025, 0.050, 0.075, 0.100, 0.200, 0.300, 0.400 y 0.500 pulgadas de penetración.
- Luego terminada la prueba, se retira las sobrecargas, se recupera el suelo ensayado y se toma muestra para determinar la humedad final.
- Este procedimiento se realizó para el suelo patrón (Calicata N°2) también se realizó el procedimiento para cada adición de aditivo estabilizador (cemento caduco y cemento normal) en porcentajes de 4, 7 y 10% del peso seco de la muestra de suelo.

Figura 73

Determinar el CBR



C. Toma de datos

La toma de datos que se realizaron para este ensayo, CBR, para la muestra patrón y muestras con aditivo se observan de la tabla 165 a la 185.



3.5.14 Ensayo de compresión inconfiada.

A. Equipos utilizados en la prueba.

- Aparato de Compresión
- Extractor de muestras
- Aparatos para determinar la humedad de la muestra
- Un cronómetro, si el control de la prensa es manual
- Balanzas que den el peso de la muestra con una precisión del 0,1.
- Calibrador Vernier o similar
- Estufa capaz de mantener una temperatura de $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$

Figura 74

Aparatos y equipos a usar para el ensayo de compresión inconfiada



B. Procedimiento.

- Para el remoldeo de la probeta se amasa perfectamente el suelo en su contenido de humedad óptimo de manera que se destruya completamente su estructura anterior.
- Para conservar la humedad de la muestra original, se envuelve el material en una membrana fina que no permita la pérdida de humedad.
- Se coloca las muestras en recipientes herméticos para prevenir pérdida de humedad mientras se espera turno para la máquina de compresión

Figura 75

Preparación de la muestra para el ensayo de compresión inconfiada



- Para formar el espécimen se emplea un molde metálico cilíndrico hueco de altura algo mayor que el doble del diámetro que se encuentre en una relación L/d entre dos y tres, en cuyo interior penetra un cilindro del mismo diámetro que la probeta donde la pared del molde se lubrica con vaselina.
- La probeta se moldea teniendo cuidado de que no se introduzca aire en la probeta durante esta operación, con el objeto de mantener el grado de saturación en el contenido óptimo de agua al cual es preparada la muestra.
- Ya que la muestra para esta investigación se compacta a una humedad y peso unitario prefijado.
- Después que la probeta se haya formado, se le cortan extremos perpendiculares al eje longitudinal, se extrae del molde y se determinan su peso y dimensiones.
- Se pesa la muestra, se miden la altura y el diámetro de la probeta, con una precisión de 0,1 mm

Figura 76

Preparación de la muestra en el molde para el ensayo de compresión inconfiada



- Se coloca la probeta en la prensa de modo que quede perfectamente centrada.
- Se acciona el dispositivo de avance lo estrictamente necesario para que la probeta toque a la placa superior de la prensa.
- Se pone en cero el indicador de deformaciones. El ensayo se realiza controlando la deformación (la carga) donde se acciona la prensa de modo que la velocidad de deformación unitaria de la probeta esté comprendida entre $\frac{1}{2}$ % y 2% por minuto.
- Se toman medidas de las deformaciones y de la carga cada 30 segundos hasta que las cargas comiencen a disminuir o hasta llegar a una deformación axial del 20% (lo que suceda antes).
- Se escogerá una velocidad (normalmente entre 10 a 15 puntos serán suficientes) en que la rotura ocurra en un lapso entre 1 y 10 minutos.
- Cuando se empleen esfuerzos controlados, se aplicará la carga para que produzca una deformación axial a una razón de $\frac{1}{2}$ % a 2 % por minuto y se registrarán los esfuerzos y las deformaciones cada 30 s.
- La velocidad de deformación se regulará en tal forma que la falla de probetas sin refrendar nunca sobrepase de 10 minutos.
- La carga deberá proseguirse hasta que decrezcan los valores de la carga con el aumento de sección que se produce en la probeta durante la rotura, lo cual se traduce en una disminución del esfuerzo aplicado.

- De la parte de la probeta donde se produjo la rotura se toma una pequeña muestra en un recipiente y se coloca en el horno de temperatura controlada para determinar su humedad.
- Este procedimiento se realizó para el suelo patrón (Calicata N°2) también se realizó el procedimiento para cada adición de aditivo estabilizador (cemento caduco y cemento normal) en porcentajes de 4, 7 y 10% del peso seco de la muestra de suelo.

Figura 77

Compactación del suelo en prensa de deformación, ensayo de compresión inconfiada



Figura 78 *Contenido de humedad para el ensayo de compresión inconfiada*

Contenido de humedad para el ensayo de compresión inconfiada





C. Toma de datos

La toma de datos que se realizaron para este ensayo, compresión inconfiada, para las muestras patrón y muestras con aditivo se observan de la tabla 186 a la 227.

3.6 Procedimientos de análisis de datos

3.6.1 Ensayo de finura del cemento por tamizado seco con tamices 150 y 75 μm .

a) Procesamiento o cálculo de la prueba

- La finura del cemento se calcula con la siguiente fórmula:

$$F = 100 - \left[\left(\frac{R_s * 100}{W} \right) \right]$$

Donde:

- F : Finura del cemento (porcentaje que pasa la malla 150 μm y 75 μm)
 - R_s : Residuo de muestra retenida en la malla 150 μm y 75 μm .
 - W : Peso de la muestra
- El promedio de finura del cemento se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Promedio de finura } (\%F) = \frac{F_1 + F_2 + F_3}{3} * 100$$

- El residuo no más del 25% en la malla #200.

$$W * 25\% \rightarrow 50 * 25\% = 12.5 \text{ gr}$$

- En las muestras de la malla # 200 debe quedar menos de 12.5 gr.

b) Análisis de la prueba

Se realizó el ensayo de finura por la malla #100 y #200 a 6 muestras de cemento caduco con el fin de determinar si su porcentaje está dentro de lo establecido, y a 1 muestra de cemento normal para que se puede observar en cuanto varían las muestras caducas con respecto al normal, esto ya que la finura nos permite conocer el valor hidráulico del cemento, y esta está ligada decisivamente a la velocidad de las reacciones químicas que se producen durante el fraguado y fraguado inicial del cemento.

Como se puede observar en las tablas siguientes todas las muestras están dentro de lo permitido, pero se observa que mientras más tiempo de caducidad tiene el cemento sus partículas se agrupan y endurecen siendo más grandes y no pasan las mallas establecidas, teniendo un menor porcentaje de finura dando entender que la calidad va siendo menor.



c) Diagramas y tablas de la prueba

Tabla 52

Análisis de datos del ensayo, finura del cemento por tamizado seco con tamiz #100 – Parte I



 FINURA DEL CEMENTO POR TAMIZADO SECO CONTAMICES Nº 100 (150 µm) y Nº 200(75 µm) 						
NTP 334.058:2018 - ASTM C184						
Nombre de la tesis:	"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".					
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación: Av. Garcilaso Chinchero Provincia: Urubamba Región : Cusco	Fecha : 18 de mayo del 2023 N° de hoja : 01 de 02 Número de muestra : Nº 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7. Ensayo : Ensayo para determinar la calidad del cemento					
Hoja de registro de datos - Ensayo para determinar la finura del cemento portland tipo IP (Yura) por tamizado seco con tamices Nº 100 (150 µm)						
DESCRIPCIÓN	DATOS TOMADOS	Und.	PRUEBA1	PRUEBA 2	PRUEBA 3	PROMEDIO
CEMENTO NORMAL	Peso de la muestra	(gr)	50.00	50.00	50.00	50.00
	Peso del material retenido	(gr)	0.05	0.05	0.08	0.06
	Peso del material pasante	(gr)	49.95	49.95	49.92	49.94
CEMENTO CADUCO DE 1 MES	Peso de la muestra	(gr)	50.01	50.01	50.01	50.01
	Peso del material retenido	(gr)	0.08	0.08	0.085	0.08
	Peso del material pasante	(gr)	49.93	49.93	49.925	49.93
CEMENTO CADUCO DE 5 MES	Peso de la muestra	(gr)	50.00	50.00	50.00	50.00
	Peso del material retenido	(gr)	0.07	0.075	0.08	0.08
	Peso del material pasante	(gr)	49.93	49.925	49.92	49.93
CEMENTO CADUCO DE 1 AÑO CON 4 MESES	Peso de la muestra	(gr)	50.03	50.03	50.03	50.03
	Peso del material retenido	(gr)	4.98	5.00	4.97	4.98
	Peso del material pasante	(gr)	45.05	45.03	45.06	45.05
CEMENTO CADUCO DE 1 AÑO CON 4 MESES MOLIDO	Peso de la muestra	(gr)	50.08	50.08	50.08	50.08
	Peso del material retenido	(gr)	3.06	3.04	3.08	3.06
	Peso del material pasante	(gr)	47.02	47.04	47	47.02
CEMENTO CADUCO DE 2 AÑO CON 2 MESES	Peso de la muestra	(gr)	50.06	50.06	50.06	50.06
	Peso del material retenido	(gr)	15.47	15.45	15.48	15.47
	Peso del material pasante	(gr)	34.59	34.61	34.58	34.59
CEMENTO CADUCO DE 2 AÑO CON 2 MESES MOLIDO	Peso de la muestra	(gr)	50.02	50.02	50.02	50.02
	Peso del material retenido	(gr)	4.36	4.31	4.4	4.36
	Peso del material pasante	(gr)	45.66	45.71	45.62	45.66



Tabla 53

Análisis de datos del ensayo, finura del cemento por tamizado seco con tamiz #100 - Parte II



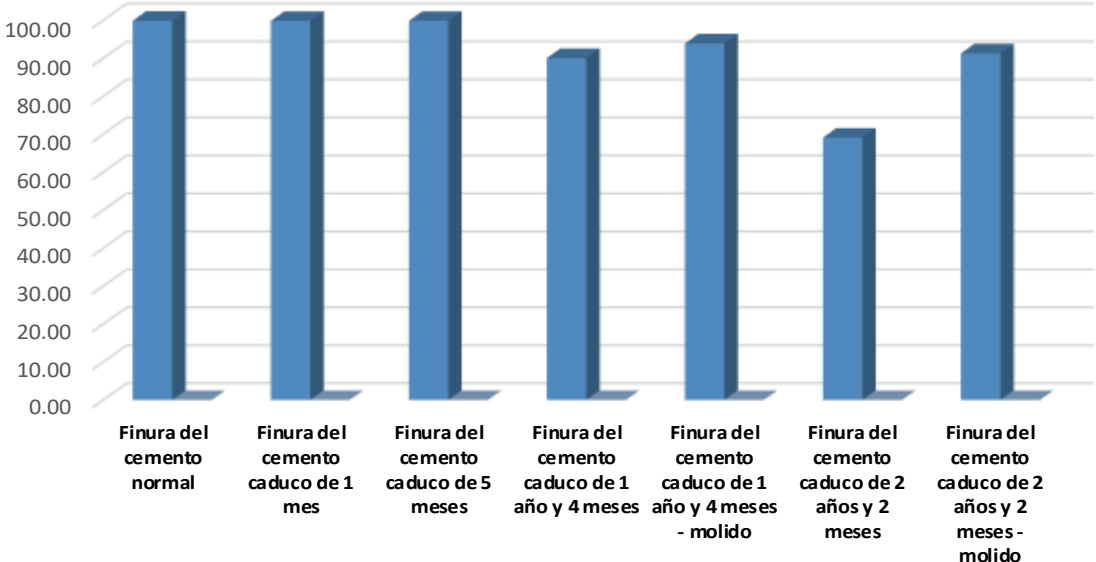
 FINURA DEL CEMENTO POR TAMIZADO SECO CONTAMICES Nº 100 (150 µm) y Nº 200(75 µm) 			
NTP 334.058:2018 - ASTM C184			
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".			
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edison Huaman Quispe Ubicación: AV. Garcilaso Chinchero Provincia: Urubamba Región : Cusco	Fecha : 19 de mayo del 2023 Nº de hoja : 01 de 02 Número de muestra : Nº 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7. Ensayo : Ensayo para determinar la calidad del cemento		
Hoja de resultados - Ensayo para determinar la finura del cemento portland tipo IP (Yura) por tamizado seco con tamices Nº 100 (150 µm)			
Nº	Descripción	Resultados	
1	Finura del cemento normal	99.88	%
2	Finura del cemento caduco de 1 mes	99.84	%
3	Finura del cemento caduco de 5 meses	99.85	%
4	Finura del cemento caduco de 1 año y 4 meses	90.04	%
5	Finura del cemento caduco de 1 año y 4 meses - molido	93.89	%
6	Finura del cemento caduco de 2 años y 2 meses	69.10	%
7	Finura del cemento caduco de 2 años y 2 meses - molido	91.29	%
Finura del cemento (%) = $100 - \left[\frac{(R_s * 100)}{w} \right]$		* R_s : Residuo de la muestra retenida en la malla. * w : Peso de la muestra.	
Finura del cemento caduco tamizado por la malla Nº 100			
			

Tabla 54



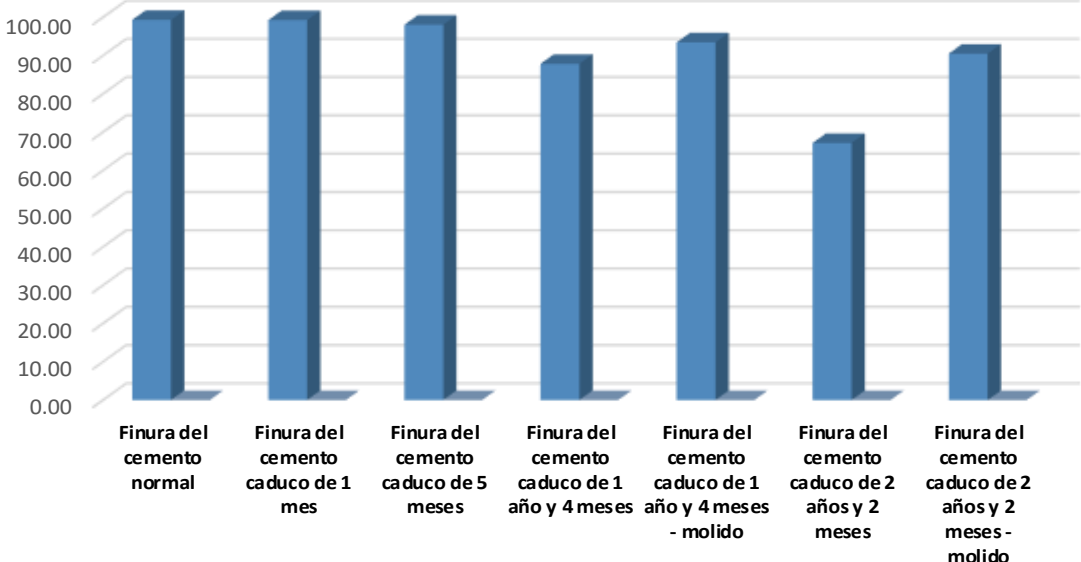
Análisis de datos del ensayo, finura del cemento por tamizado seco con tamiz #200 – Parte I

DESCRIPCIÓN		DATOS TOMADOS	Und.	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3	PRUEBA 4
CEMENTO NORMAL	Peso de la muestra	(gr)	50.01	50.01	50.01	50.01	50.01
	Peso del material retenido	(gr)	0.37	0.34	0.35	0.35	0.35
	Peso del material pasante	(gr)	49.64	49.67	49.66	49.66	49.66
CEMENTO CADUCO DE 1 MES	Peso de la muestra	(gr)	50.03	50.03	50.03	50.03	50.03
	Peso del material retenido	(gr)	0.38	0.39	0.37	0.38	0.38
	Peso del material pasante	(gr)	49.65	49.64	49.66	49.65	49.65
CEMENTO CADUCO DE 5 MES	Peso de la muestra	(gr)	50.03	50.03	50.03	50.03	50.03
	Peso del material retenido	(gr)	0.97	0.99	0.95	0.97	0.97
	Peso del material pasante	(gr)	49.06	49.04	49.08	49.06	49.06
CEMENTO CADUCO DE 1 AÑO CON 4 MESES	Peso de la muestra	(gr)	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
	Peso del material retenido	(gr)	6.09	6.00	6.17	6.09	6.09
	Peso del material pasante	(gr)	43.91	44	43.83	43.91	43.91
CEMENTO CADUCO DE 1 AÑO CON 4 MESES MOLIDO	Peso de la muestra	(gr)	50.02	50.02	50.02	50.02	50.02
	Peso del material retenido	(gr)	3.28	3.29	3.26	3.28	3.28
	Peso del material pasante	(gr)	46.74	46.73	46.76	46.74	46.74
CEMENTO CADUCO DE 2 AÑO CON 2 MESES	Peso de la muestra	(gr)	50.02	50.02	50.02	50.02	50.02
	Peso del material retenido	(gr)	16.42	16.4	16.44	16.42	16.42
	Peso del material pasante	(gr)	33.6	33.62	33.58	33.60	33.60
CEMENTO CADUCO DE 2 AÑO CON 2 MESES MOLIDO	Peso de la muestra	(gr)	50.04	50.04	50.04	50.04	50.04
	Peso del material retenido	(gr)	4.76	4.71	4.8	4.76	4.76
	Peso del material pasante	(gr)	45.28	45.33	45.24	45.28	45.28



Tabla 55

Análisis de datos del ensayo, finura del cemento por tamizado seco con tamiz #200 – Parte II

 FINURA DEL CEMENTO POR TAMIZADO SECO CONTAMCES N° 100 (150 µm) y N° 200(75 µm) 																			
NTP 334.058:2018 – ASTM C184																			
Nombre de la tesis:	"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".																		
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación: AV. Garcilaso Chinchero Provincia: Urubamba Región : Cusco	Fecha: 19 de mayo del 2023 N° de hoja: 02 de 02 Número de muestra: N° 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7. Ensayo: Ensayo para determinar la calidad del cemento																		
Hoja de resultados - Ensayo para determinar la finura del cemento portland tipo IP (Yura) por tamizado seco con tamices N° 200 (75 µm)																			
N°	Descripción	Resultados																	
1	Finura del cemento normal	99.29	%																
2	Finura del cemento caduco de 1 mes	99.24	%																
3	Finura del cemento caduco de 5 meses	98.06	%																
4	Finura del cemento caduco de 1 año y 4 meses	87.83	%																
5	Finura del cemento caduco de 1 año y 4 meses - molido	93.45	%																
6	Finura del cemento caduco de 2 años y 2 meses	67.17	%																
7	Finura del cemento caduco de 2 años y 2 meses - molido	90.49	%																
Finura del cemento (%) = $100 - \left[\frac{(R_s * 100)}{w} \right]$		* R_s : Residuo de la muestra retenida en la malla. * w : Peso de la muestra.																	
<div style="text-align: center;"> Finura del cemento caduco tamizado por la malla N°200 </div>  <table border="1"> <caption>Finura del cemento caduco tamizado por la malla N°200</caption> <thead> <tr> <th>Descripción</th> <th>Finura (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Finura del cemento normal</td> <td>99.29</td> </tr> <tr> <td>Finura del cemento caduco de 1 mes</td> <td>99.24</td> </tr> <tr> <td>Finura del cemento caduco de 5 meses</td> <td>98.06</td> </tr> <tr> <td>Finura del cemento caduco de 1 año y 4 meses</td> <td>87.83</td> </tr> <tr> <td>Finura del cemento caduco de 1 año y 4 meses - molido</td> <td>93.45</td> </tr> <tr> <td>Finura del cemento caduco de 2 años y 2 meses</td> <td>67.17</td> </tr> <tr> <td>Finura del cemento caduco de 2 años y 2 meses - molido</td> <td>90.49</td> </tr> </tbody> </table>				Descripción	Finura (%)	Finura del cemento normal	99.29	Finura del cemento caduco de 1 mes	99.24	Finura del cemento caduco de 5 meses	98.06	Finura del cemento caduco de 1 año y 4 meses	87.83	Finura del cemento caduco de 1 año y 4 meses - molido	93.45	Finura del cemento caduco de 2 años y 2 meses	67.17	Finura del cemento caduco de 2 años y 2 meses - molido	90.49
Descripción	Finura (%)																		
Finura del cemento normal	99.29																		
Finura del cemento caduco de 1 mes	99.24																		
Finura del cemento caduco de 5 meses	98.06																		
Finura del cemento caduco de 1 año y 4 meses	87.83																		
Finura del cemento caduco de 1 año y 4 meses - molido	93.45																		
Finura del cemento caduco de 2 años y 2 meses	67.17																		
Finura del cemento caduco de 2 años y 2 meses - molido	90.49																		



3.6.2 Ensayo de consistencia del cemento.

a) Procesamiento o cálculo de la prueba

- La cantidad de agua requerida para obtener una pasta de consistencia normal debe calcular como un porcentaje en peso del cemento seco, con aproximación del 0,1% y reportarse con aproximación del 0,5% y se calcula con la siguiente formula:

$$\%CN = \frac{Vol H_2O[ml]}{500 [gr]} \times 100$$

Donde:

- *CN: Consistencia normal*

- Los valores típicos de la consistencia normal están entre **23% y 33%**. Se utiliza principalmente para determinar el tiempo de fraguado, la estabilidad de volumen, el calor de hidratación y la resistencia mecánica.

b) Análisis de la prueba

Se realizó el ensayo de consistencia normal para determinar la cantidad de agua que es necesaria agregar al cemento, esta prueba se realizó 4 veces por muestra para poder trabajar con el promedio y minimizar el error, se tuvieron 6 muestras de cemento caduco y a 1 muestra de cemento normal para que se puede observar en cuanto varían las muestras caducas con respecto al normal. Este ensayo no define la calidad del cemento, pero es necesario realizarlo para posteriormente realizar el ensayo de fraguado, el cual, si determina la calidad del cemento.

Como se puede observar en las tablas siguientes la muestra de cemento normal necesita un 30.71% de agua y mientras más tiempo de caducidad tienen el agua requerida es menor, y esto puede ser debido a que se está perdiendo la capacidad hidráulica del cemento ya que se baja hasta un 28.97 % de agua, a pesar de esa variación se demuestra que todas las muestras están dentro del parámetro establecido y que normalmente se maneja.



c) Diagramas y tablas de la prueba

Tabla 56

Análisis de datos del ensayo, consistencia del cemento, muestra 1, 2 y 3



 Universidad Andina del Cusco		DETERMINACION DE LA CONSISTENCIA NORMAL DEL CEMENTO HIDRÁULICO NTP 334.074:2019 - ASTM C 187 - AASHTO T 129					
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".					
Tesista 1:	Joselin Huarcaya Carrión	Fecha:	19 de mayo del 2023				
Tesista 2:	Edisson Huaman Quispe	N° de hoja:	01 de 02				
Ubicación:	AV. Garcilaso Chinchero	Número de muestra:	N° 1, 2 y 3				
Provincia:	Urubamba	Ensayo:	Ensayo para determinar la calidad del cemento				
Región:	Cusco						
Hoja de registro de datos - Ensayo para determinar la consistencia del cemento portland tipo IP (Yura) por la prueba de Vicat							
DESCRIPCIÓN	DATOS TOMADOS	UND	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3	PRUEBA 4	
CEMENTO NORMAL	Peso del cemento	gr	650.00	650.00	650.00	650.00	
	Peso del agua	gr	180.00	190.00	200.00	210.00	
	Volumen de agua	ml	180.00	190.00	200.00	210.00	
	Temperatura del agua	°C	23.10	23.10	23.10	23.00	
	Lectura inicial Li	mm	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Lectura final Lf	mm	5.00	7.00	10.00	13.00	
	Tiempo desde el mezclado hasta la Lf	min	00:03:50	00:03:50	00:03:45	00:03:50	
	Penetración	mm	5.00	7.00	10.00	13.00	
	Porcentaje de humedad	%	27.69	29.23	30.77	32.31	
CEMENTO CADUCO DE 1 MES	Peso del cemento	gr	650.01	650.01	650.00	650.01	
	Peso del agua	gr	180.00	190.00	200.00	210.00	
	Volumen de agua	ml	180.00	190.00	200.00	210.00	
	Temperatura del agua	°C	23.00	23.00	23.10	23.00	
	Lectura inicial Li	mm	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Lectura final Lf	mm	4.00	7.20	10.10	13.10	
	Tiempo desde el mezclado hasta la Lf	min	00:03:48	00:03:48	00:03:45	00:03:45	
	Penetración	mm	4.00	7.20	10.10	13.10	
	Porcentaje de humedad	%	27.69	29.23	30.77	32.31	
CEMENTO CADUCO DE 5 MES	Peso del cemento	gr	650.02	650.00	650.00	650.02	
	Peso del agua	gr	180.00	190.00	200.00	210.00	
	Volumen de agua	ml	180.00	190.00	200.00	210.00	
	Temperatura del agua	°C	23.00	23.00	23.00	23.10	
	Lectura inicial Li	mm	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Lectura final Lf	mm	5.00	7.20	10.00	15.00	
	Tiempo desde el mezclado hasta la Lf	min	00:03:45	00:03:45	00:03:45	00:03:50	
	Penetración	mm	5.00	7.20	10.00	15.00	
	Porcentaje de humedad	%	27.69	29.23	30.77	32.31	



Tabla 57

Análisis de datos del ensayo, consistencia del cemento, muestra 4, 5, 6 y 7

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		DETERMINACIÓN DE LA CONSISTENCIA NORMAL DEL CEMENTO HIDRÁULICO					UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
		NTP 334.074:2019 - ASTM C187 - AASHTO T 129					
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023"					
Tesiستا 1 : Tesiستا 2 : Ubicación : Provincia : Región :		Joselin Huarcaya Carrión Edisson Huaman Quispe AV. Garcilaso Chinchero Urubamba Cusco		Fecha : N° de hoja : Número de muestra : Ensayo :		19 de mayo del 2023 02 de 02 N° 4, 5, 6 y 7. Ensayo para determinar la calidad del cemento	
Hoja de registro de datos - Ensayo para determinar la consistencia del cemento portland tipo IP (Yura) por la prueba de Vicat							
DESCRIPCIÓN	DATOS TOMADOS	UND	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3	PRUEBA 4	
CEMENTO CADUCO DE 1 AÑO CON 4 MESES	Peso del cemento	gr	650.02	650.02	650.02	650.00	
	Peso del agua	gr	180.00	190.00	200.00	210.00	
	Volumen de agua	ml	180.00	190.00	200.00	210.00	
	Temperatura del agua	°C	23.10	23.10	23.10	23.10	
	Lectura inicial Li	mm	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Lectura final Lf	mm	7.00	10.00	13.00	16.00	
	Tiempo desde el mezclado hasta la Lf	min	00:03:50	00:03:50	00:03:50	00:03:50	
	Penetración	mm	7.00	10.00	13.00	16.00	
	Porcentaje de humedad	%	27.69	29.23	30.77	32.31	
CEMENTO CADUCO DE 1 AÑO CON 4 MESES MOLIDO	Peso del cemento	gr	650.00	650.00	650.00	650.01	
	Peso del agua	gr	180.00	190.00	200.00	210.00	
	Volumen de agua	ml	180.00	190.00	200.00	210.00	
	Temperatura del agua	°C	23.10	23.10	23.10	23.00	
	Lectura inicial Li	mm	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Lectura final Lf	mm	4.50	7.00	8.10	11.00	
	Tiempo desde el mezclado hasta la Lf	min	00:03:47	00:03:46	00:03:50	00:03:45	
	Penetración	mm	4.50	7.00	8.10	11.00	
	Porcentaje de humedad	%	27.69	29.23	30.77	32.31	
CEMENTO CADUCO DE 2 AÑO CON 2 MESES	Peso del cemento	gr	650.30	650.30	650.00	650.02	
	Peso del agua	gr	180.00	190.00	200.00	210.00	
	Volumen de agua	ml	180.00	190.00	200.00	210.00	
	Temperatura del agua	°C	23.00	23.10	23.00	23.10	
	Lectura inicial Li	mm	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Lectura final Lf	mm	7.50	10.50	13.50	16.50	
	Tiempo desde el mezclado hasta la Lf	min	00:03:48	00:03:50	00:03:52	00:03:50	
	Penetración	mm	7.50	10.50	13.50	16.50	
	Porcentaje de humedad	%	27.68	29.22	30.77	32.31	
CEMENTO CADUCO DE 2 AÑO CON 2 MESES MOLIDO	Peso del cemento	gr	650.02	650.00	650.00	650.02	
	Peso del agua	gr	180.00	190.00	200.00	210.00	
	Volumen de agua	ml	180.00	190.00	200.00	210.00	
	Temperatura del agua	°C	23.00	23.10	23.10	23.10	
	Lectura inicial Li	mm	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Lectura final Lf	mm	5.50	7.50	9.00	11.00	
	Tiempo desde el mezclado hasta la Lf	min	00:03:48	00:03:48	00:03:49	00:03:50	
	Penetración	mm	5.50	7.50	9.00	11.00	
	Porcentaje de humedad	%	27.69	29.23	30.77	32.31	



Tabla 58

Análisis de datos del ensayo, consistencia del cemento, muestra 1



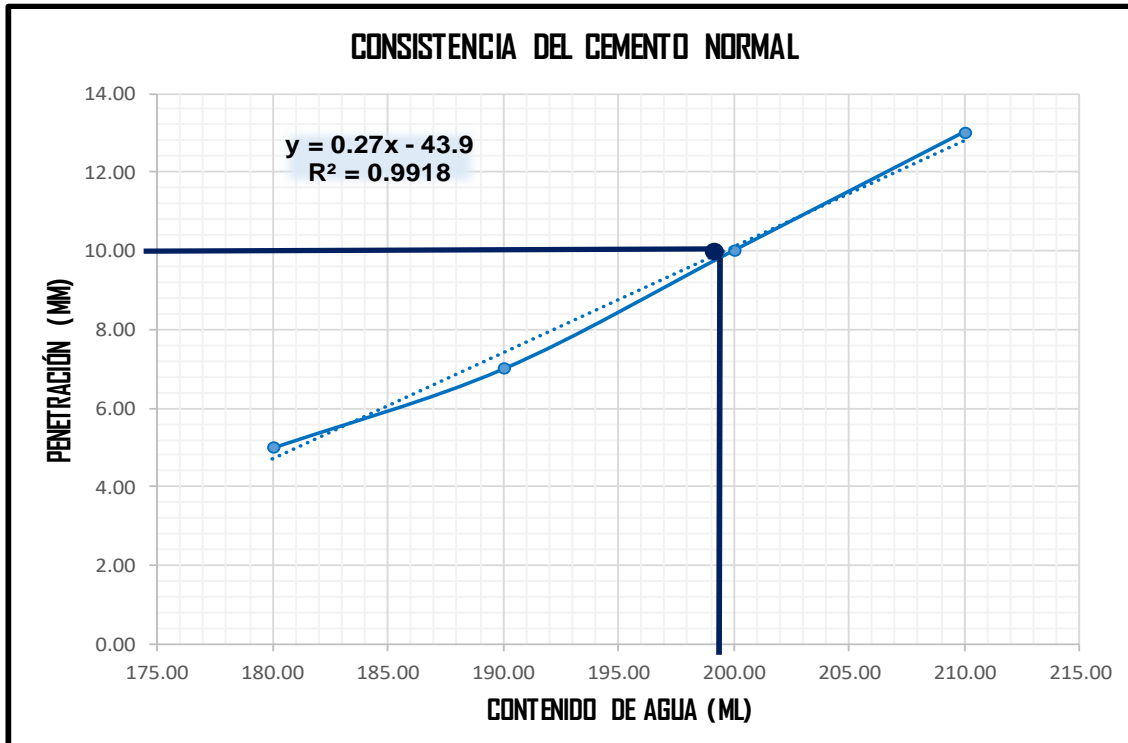
 Universidad Andina del Cusco		DETERMINACIÓN DE LA CONSISTENCIA NORMAL DEL CEMENTO HIDRÁULICO NTP 334.074:2019 - ASTM C 187 - AASHTO T 129			
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".			
Tesista 1: Tesista 2: Ubicación: Provincia: Región :	Joselin Huarcaya Carrión Edisson Huaman Quispe Av. Garcilaso Chinchero Uubamba Cusco	Fecha : N° de hoja : Número de muestra : Ensayo :	19 de mayo del 2023 01 de 08 N° 1 Ensayo para determinar la calidad del cemento		
Hoja de Resultados - Ensayo para determinar la consistencia del cemento portland tipo IP (Yura) por la prueba de Vicat					
CEMENTO NORMAL					
N°	DESCRIPCIÓN	CONT. AGUA (ML)	PENETRACIÓN (MM)		
1	Prueba 1	180.00	5.00		
2	Prueba 2	190.00	7.00		
3	Prueba 3	200.00	10.00		
4	Prueba 4	210.00	13.00		
$* P = (L_f - L_i)$ $* W\% = \left(\frac{W_w}{W_s} \right) * 100$					
CONTENIDO DE AGUA OPTIMO PARA 10 MM DE PENETRACIÓN		199.63	ML	30.71	%
CONSISTENCIA DEL CEMENTO NORMAL					
					



Tabla 59

Análisis de datos del ensayo, consistencia del cemento, muestra 2



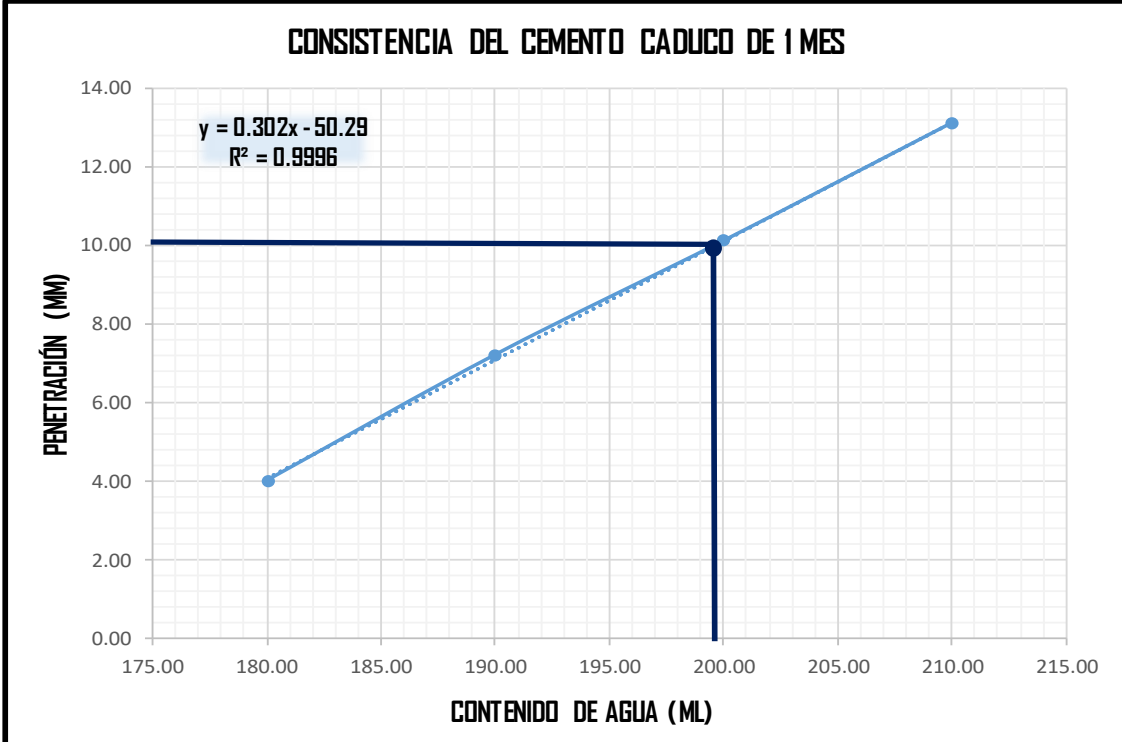
 Universidad Andina del Cusco		DETERMINACION DE LA CONSISTENCIA NORMAL DEL CEMENTO HIDRÁULICO NTP 334.074:2019 - ASTM C187 - AASHTO T 129			
<p>Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".</p>					
<p>Tesista 1 : Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2 : Edisson Huaman Quispe Ubicación : AV. Garcilaso Chinchero Provincia : Urubamba Región : Cusco</p>			<p>Fecha : 19 de mayo del 2023 N° de hoja : 02 de 08 Número de muestra : N° 2 Ensayo : Ensayo para determinar la calidad del cemento</p>		
<p>Hoja de Resultados - Ensayo para determinar la consistencia del cemento portland tipo IP (Yura) por la prueba de Vicat</p>					
<p align="center">CEMENTO CADUCO DE 1 MES</p>					
Nº	DESCRIPCIÓN	CONT. AGUA (ML)	PENETRACIÓN (MM)		
1	Prueba 1	180.00	4.00		
2	Prueba 2	190.00	7.20		
3	Prueba 3	200.00	10.10		
4	Prueba 4	210.00	13.10		
<p align="center"> * $P = (L_f - L_i)$ * $W\% = \left(\frac{W_w}{W_s}\right) * 100$ </p>					
<p>CONTENIDO DE AGUA OPTIMO PARA 10 MM DE PENETRACIÓN</p>		199.64	ML	30.71	%
<p align="center">CONSISTENCIA DEL CEMENTO CADUCO DE 1 MES</p>  <p>The graph plots Penetration (MM) on the y-axis (0.00 to 14.00) against Water Content (ML) on the x-axis (175.00 to 215.00). Four data points are shown: (180, 4.00), (190, 7.20), (200, 10.10), and (210, 13.10). A linear regression line is fitted to these points with the equation $y = 0.302x - 50.29$ and $R^2 = 0.9996$. A vertical line is drawn at 199.64 ML, which corresponds to the optimal water content for 10 mm penetration, intersecting the regression line at 10.10 MM.</p>					



Tabla 60

Análisis de datos del ensayo, consistencia del cemento, muestra 3



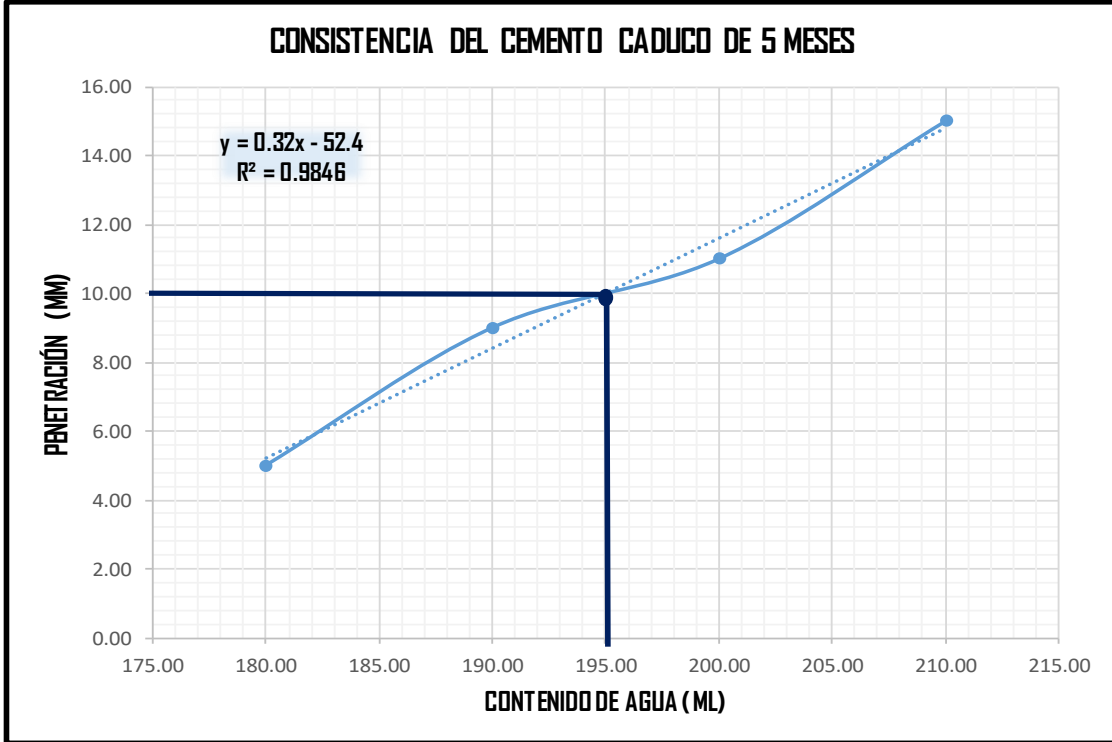
 Universidad Andina del Cusco		DETERMINACIÓN DE LA CONSISTENCIA NORMAL DEL CEMENTO HIDRÁULICO NTP 334.074:2019 - ASTM C187 - AASHTO T 129			
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".			
Tesista 1:	Joselin Huarcaya Carrión	Fecha:	19 de mayo del 2023		
Tesista 2:	Edisson Huaman Quispe	N° de hoja:	03 de 08		
Ubicación:	AV. Garcilaso Chinchero	Número de muestra:	N° 3		
Provincia:	Urubamba	Ensayo:	Ensayo para determinar la calidad del cemento		
Región:	Cusco				
Hoja de Resultados - Ensayo para determinar la consistencia del cemento portland tipo IP (Yura) por la prueba de Vicat					
CEMENTO CADUCO DE 5 MESES					
N°	DESCRIPCIÓN	CONT. AGUA (ML)	PENETRACIÓN (MM)		
1	Prueba 1	180.00	5.00		
2	Prueba 2	190.00	9.00		
3	Prueba 3	200.00	11.00		
4	Prueba 4	210.00	15.00		
$* P = (L_f - L_i)$ $* W\% = \left(\frac{W_w}{W_s}\right) * 100$					
CONTENIDO DE AGUA OPTIMO PARA 10 MM DE PENETRACIÓN		195.00	ML	30.00	%
<div style="text-align: center;"> CONSISTENCIA DEL CEMENTO CADUCO DE 5 MESES </div> 					



Tabla 61

Análisis de datos del ensayo, consistencia del cemento, muestra 4



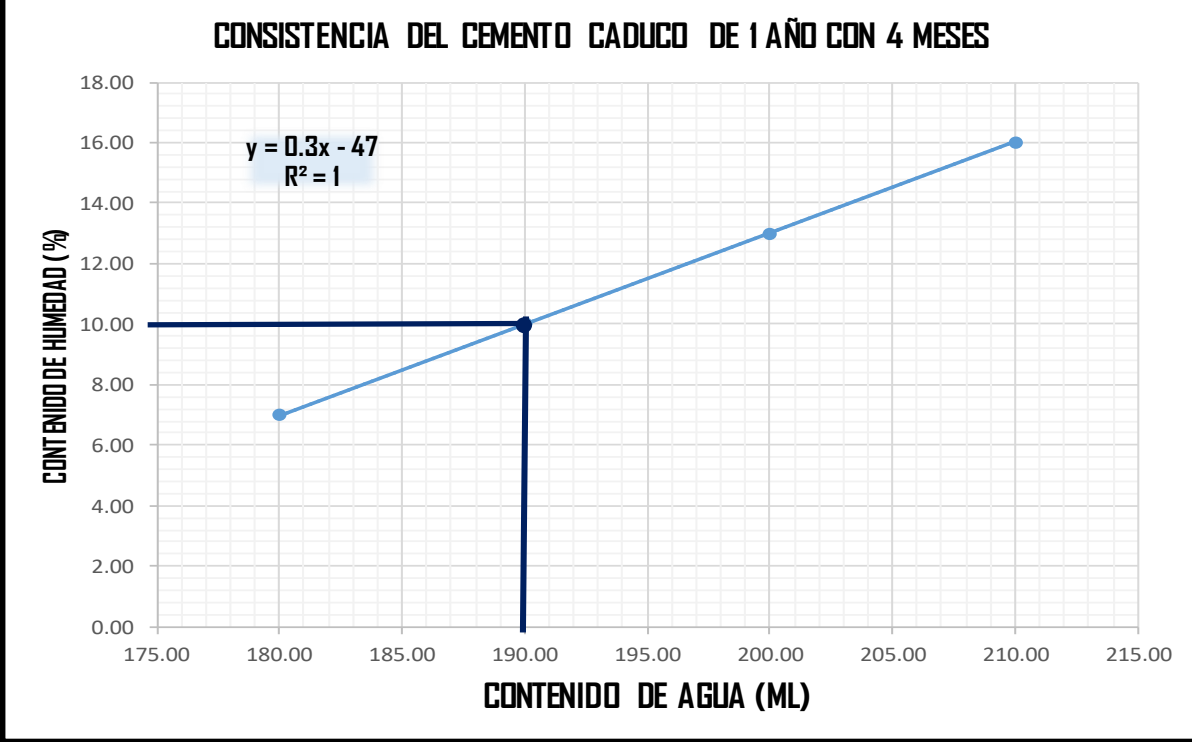
 DETERMINACIÓN DE LA CONSISTENCIA NORMAL DEL CEMENTO HIDRÁULICO NTP 334.074:2019 - ASTM C187 - AASHTO T 129 					
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".					
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación: Av. Garcilaso Chinchero Provincia: Urubamba Región: Cusco	Fecha: 19 de mayo del 2023 N° de hoja: 04 de 08 Número de muestra: N° 4 Ensayo: Ensayo para determinar la calidad del cemento				
Hoja de Resultados - Ensayo para determinar la consistencia del cemento portland tipo IP (Yura) por la prueba de Vicat CEMENTO CADUCO DE 1 AÑO CON 4 MESES					
N°	DESCRIPCIÓN	CONT. AGUA (ML)	PENETRACIÓN (MM)		
1	Prueba 1	180.00	7.00		
2	Prueba 2	190.00	10.00		
3	Prueba 3	200.00	13.00		
4	Prueba 4	210.00	16.00		
$* P = (L_f - L_i)$		$* W\% = \left(\frac{W_w}{W_s} \right) * 100$			
CONTENIDO DE AGUA OPTIMO PARA 10 MM DE PENETRACIÓN		190.00	ML	29.23	%
CONSISTENCIA DEL CEMENTO CADUCO DE 1 AÑO CON 4 MESES					
					



Tabla 62

Análisis de datos del ensayo, consistencia del cemento, muestra 5



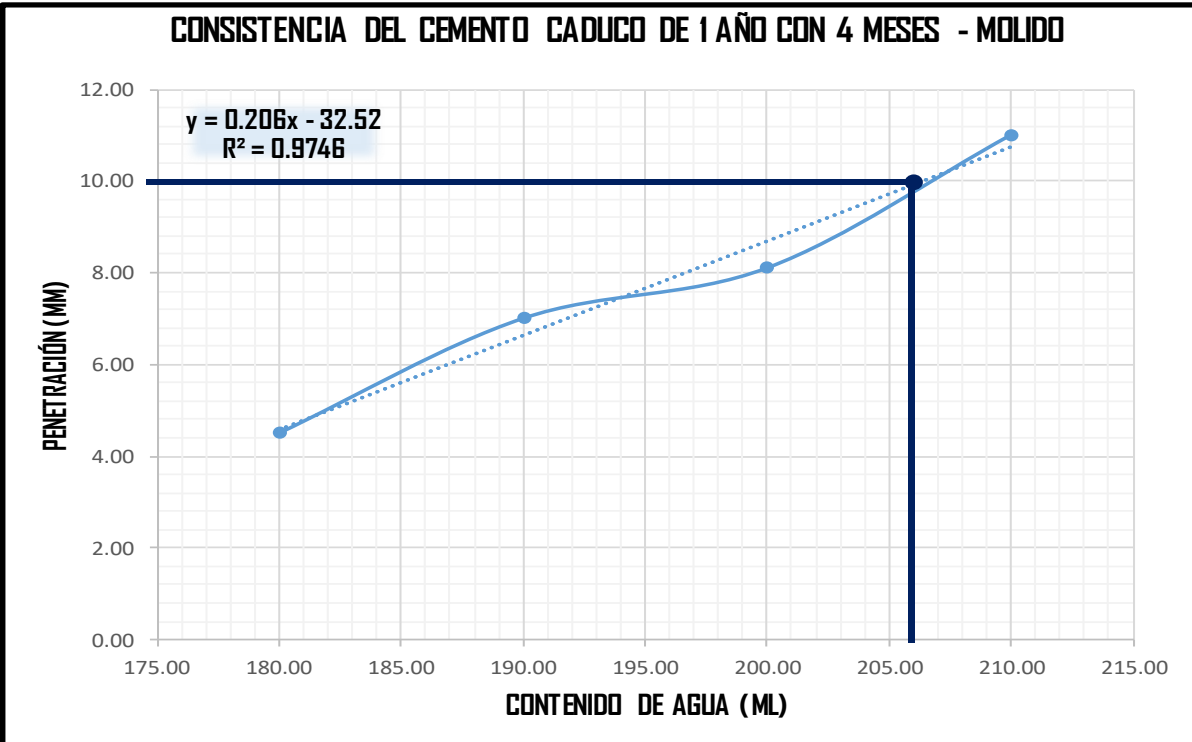
 DETERMINACIÓN DE LA CONSISTENCIA NORMAL DEL CEMENTO HIDRÁULICO NTP 334.074:2019 - ASTM C 187 - AASHTO T 129 					
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".					
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación: AV Garcilaso Chinchero Provincia: Urubamba Región : Cusco	Fecha : 19 de mayo del 2023 N° de hoja : 05 de 08 Número de muestra : N° 5 Ensayo: Ensayo para determinar la calidad del cemento				
Hoja de Resultados - Ensayo para determinar la consistencia del cemento portland tipo IP (Yura) por la prueba de Vicat CEMENTO CADUCO DE 1 AÑO CON 4 MESES - MOLIDO					
N°	DESCRIPCIÓN	CONT. AGUA (ML)	PENETRACIÓN (MM)		
1	Prueba 1	180.00	4.50		
2	Prueba 2	190.00	7.00		
3	Prueba 3	200.00	8.10		
4	Prueba 4	210.00	11.00		
$* P = (L_f - L_i)$		$* W\% = \left(\frac{W_w}{W_s} \right) * 100$			
CONTENIDO DE AGUA OPTIMO PARA 10 MM DE PENETRACIÓN		206.41	ML	31.76	%
CONSISTENCIA DEL CEMENTO CADUCO DE 1 AÑO CON 4 MESES - MOLIDO					
					



Tabla 63

Análisis de datos del ensayo, consistencia del cemento, muestra 6



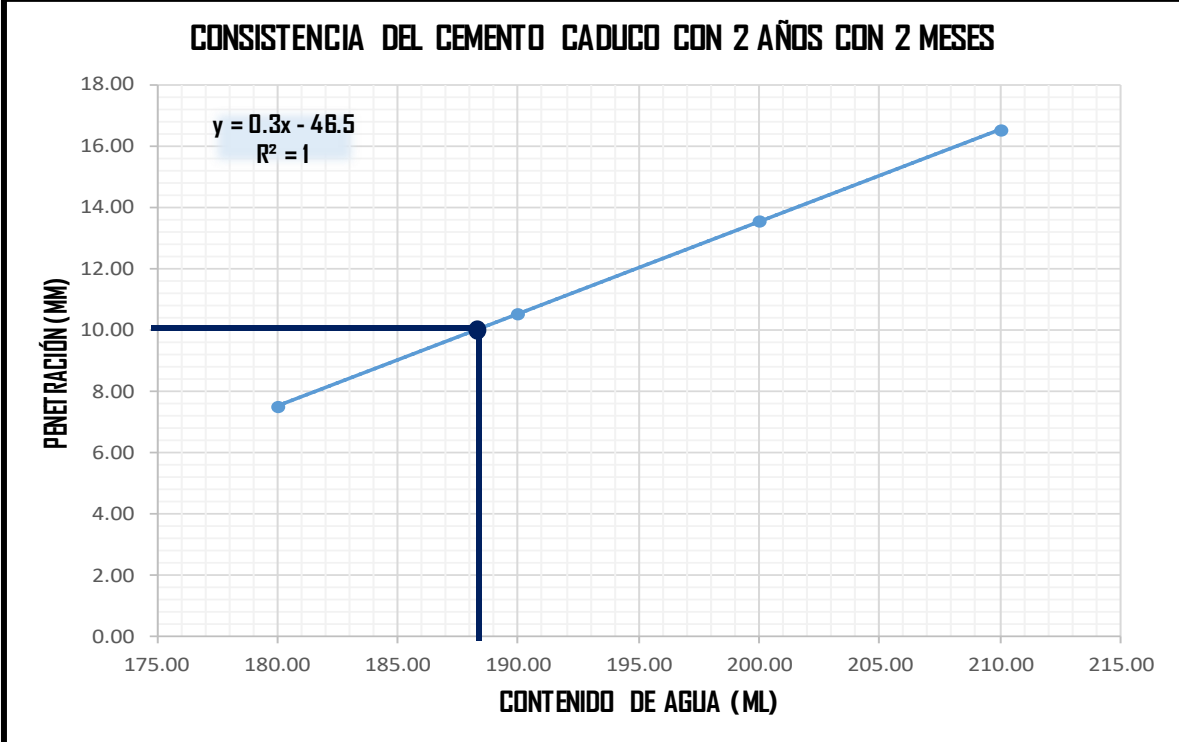
 Universidad Andina del Cusco		DETERMINACION DE LA CONSISTENCIA NORMAL DEL CEMENTO HIDRÁULICO NTP 334.074:2019 - ASTM C 187 - AASHTO T 129			
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".			
Tesista 1: Tesista 2: Ubicación: Provincia: Región :	Joselin Huarcaya Carrión Edisson Huaman Quispe Av. Garcilaso Chinchero Urubamba Cusco	Fecha : Nº de hoja : Número de muestra : Ensayo :	19 de mayo del 2023 06 de 08 Nº 6 Ensayo para determinar la calidad del cemento		
Hoja de Resultados - Ensayo para determinar la consistencia del cemento portland tipo IP (Yura) por la prueba de Vicat					
CEMENTO CADUCO DE 2 AÑOS CON 2 MESES					
Nº	DESCRIPCIÓN	CONT. AGUA (ML)	PENETRACIÓN (MM)		
1	Prueba 1	180.00	7.50		
2	Prueba 2	190.00	10.50		
3	Prueba 3	200.00	13.50		
4	Prueba 4	210.00	16.50		
$* P = (L_f - L_i) \qquad * W\% = \left(\frac{W_w}{W_s} \right) * 100$					
CONTENIDO DE AGUA OPTIMO PARA 10 MM DE PENETRACIÓN		188.33	ML	28.97	%
CONSISTENCIA DEL CEMENTO CADUCO CON 2 AÑOS CON 2 MESES					
					



Tabla 64

Análisis de datos del ensayo, consistencia del cemento, muestra 7



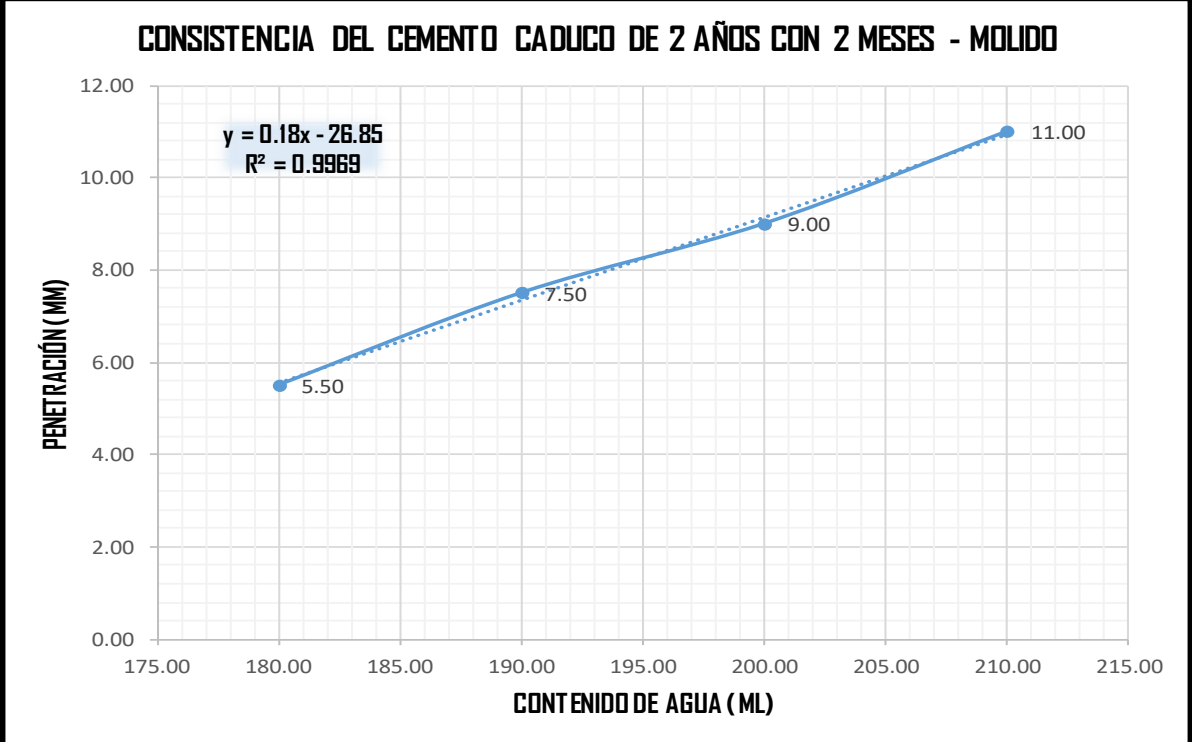


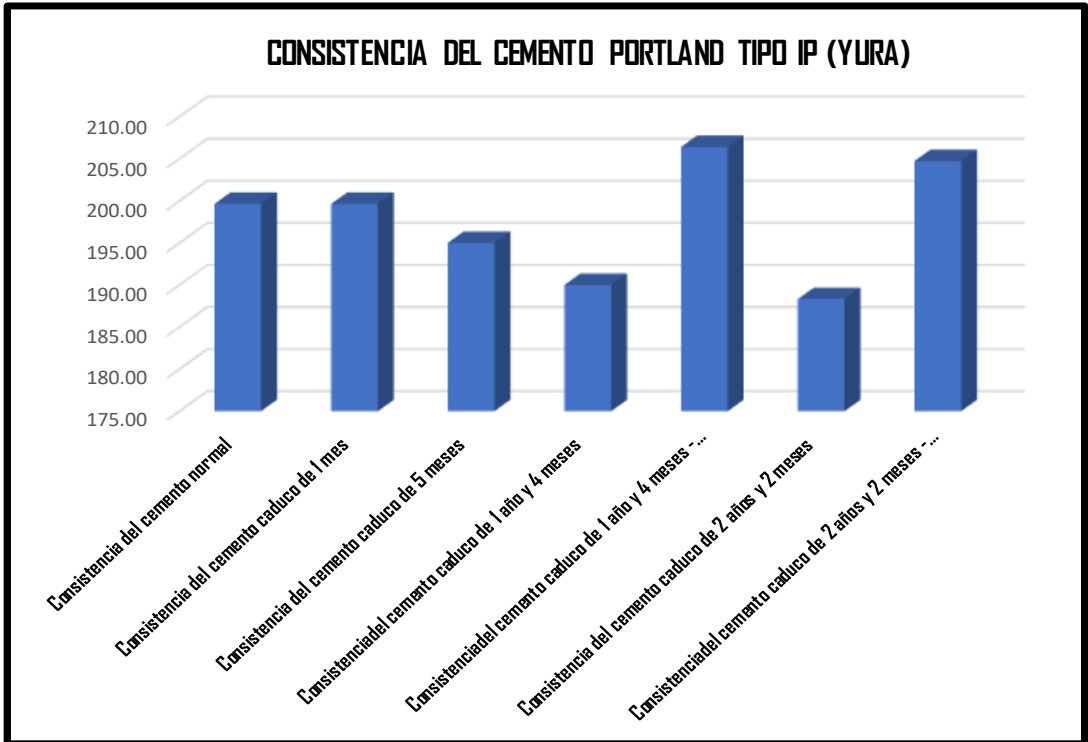
 Universidad Andina del Cusco		DETERMINACIÓN DE LA CONSISTENCIA NORMAL DEL CEMENTO HIDRÁULICO NTP 334.074:2019 - ASTM C187 - AASHTO T 129			
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".			
Tesista 1:	Joselin Huarcaya Carrión	Fecha:	19 de mayo del 2023		
Tesista 2:	Edisson Huaman Quispe	N° de hoja:	07 de 08		
Ubicación:	AV. Garcilaso Chinchero	Número de muestra:	N° 7		
Provincia:	Urubamba	Ensayo:	Ensayo para determinar la calidad del cemento		
Región:	Cusco				
Hoja de Resultados - Ensayo para determinar la consistencia del cemento portland tipo IP (Yura) por la prueba de Vicat					
CEMENTO CADUCO CON 2 AÑOS CON 2 MESES - MOLIDO					
N°	DESCRIPCIÓN	CONT. AGUA (ML)	PENETRACIÓN (MM)		
1	Prueba 1	180.00	5.50		
2	Prueba 2	190.00	7.50		
3	Prueba 3	200.00	9.00		
4	Prueba 4	210.00	11.00		
$* P = (L_f - L_i)$ $* W\% = \left(\frac{W_w}{W_s} \right) * 100$					
CONTENIDO DE AGUA OPTIMO PARA 10 MM DE PENETRACIÓN		204.72	ML	31.50	%
CONSISTENCIA DEL CEMENTO CADUCO DE 2 AÑOS CON 2 MESES - MOLIDO					
					



Tabla 65

Análisis de datos del ensayo, consistencia del cemento - muestra 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7

 DETERMINACION DE LA CONSISTENCIA NORMAL DEL CEMENTO HIDRÁULICO NTP 334.074:2019 - ASTM C 187 - AASHTO T 129 			
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".			
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación: AV. Garcilaso Chinchero Provincia: Urubamba Región: Cusco	Fecha: 19 de mayo del 2023 Nº de hoja: 08 de 08 Número de muestra: Nº 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7. Ensayo: Ensayo para determinar la calidad del cemento		
Hoja de Resultados - Ensayo para determinar la consistencia del cemento portland tipo IP (Yura) por la prueba de Vicat			
Nº	DESCRIPCIÓN	CONT. AGUA (ML)	CONT. AGUA (%)
1	Consistencia del cemento normal	199.63	30.71
2	Consistencia del cemento caduco de 1 mes	199.64	30.71
3	Consistencia del cemento caduco de 5 meses	195.00	30.00
4	Consistencia del cemento caduco de 1 año y 4 meses	190.00	29.23
5	Consistencia del cemento caduco de 1 año y 4 meses - molido	206.41	31.76
6	Consistencia del cemento caduco de 2 años y 2 meses	188.33	28.97
7	Consistencia del cemento caduco de 2 años y 2 meses - molido	204.72	31.50
$* P = (L_f - L_i)$		$* W\% = \left(\frac{W_w}{W_s} \right) * 100$	
CONSISTENCIA DEL CEMENTO PORTLAND TIPO IP (YURA)			
			



3.6.3 Ensayo de fraguado del cemento.

a) Procesamiento o cálculo de la prueba

- Determinar por interpolación el tiempo requerido para una penetración correspondiente a 25 mm, el cual se reportará como el tiempo de fraguado inicial.
- La precisión encontrada para un solo operador es una desviación estándar de 12 minutos para el tiempo de fraguado inicial. A través del rango de 49 a 202 minutos, y de 20 minutos para un tiempo de fraguado final que esté dentro del rango de 185 a 312 minutos.

b) Análisis de la prueba

Se realizó el ensayo de fraguado normal para determinar el tiempo de fragua y que estos estén dentro de los límites especificados, esta prueba se realizó 4 veces por muestra para poder trabajar con el promedio y minimizar el error, se tuvieron 6 muestras de cemento caduco y a 1 muestra de cemento normal para que se puede observar en cuanto varían las muestras caducas con respecto al normal.

Los tiempos de fraguado indican si la pasta está desarrollando sus reacciones de hidratación de manera normal. Este ensayo es uno de los más importantes debido a que es el principal constituyente de uno de los elementos más utilizados en estructuras de concreto y nos ayuda a definir la calidad del cemento.

Como se puede observar en las tablas siguientes la muestra de cemento normal inicia su fraguado a los 152.63 min y concluye a los 273.75 y se observa que mientras más tiempo de caducidad tienen el cemento, el tiempo de fraguado inicial es mayor llegando a 212.8 min como fraguado inicial y 360min como fraguado final. Según lo establecido en el ítem anterior la muestras de cemento caducas 1 y 2 estarían dentro del rango aceptable y las restantes estarían descartadas.

c) Diagramas y tablas de la prueba

Tabla 66

Análisis de datos del ensayo, fraguado del cemento - muestra 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7



		DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRAULICO CON AGUJA DE VICAT NTP 334.006:2019 - ASTM C187-98					
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".					
Tesista 1 :	Joselin Huarcaya Carrión	Fecha :		19 de mayo del 2023			
Tesista 2 :	Edisson Huaman Quispe	N° de hoja :		01 de 15			
Ubicación :	AV. Garcilaso Chinchero	Número de muestra :		N° 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7.			
Provincia :	Urubamba	Ensayo :		Ensayo para determinar la calidad del cemento			
Región :	Cusco						
Hoja de registro de datos - Ensayo para determinar el fraguado del cemento portland tipo IP (Yura) por la prueba de Vicat							
DESCRIPCIÓN	DATOS TOMADOS	UND	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3	PRUEBA 4	
CEMENTO NORMAL	Peso del cemento	gr	650.00	650.00	650.00	650.00	
	Peso del agua	gr	199.63	199.63	199.63	199.63	
	Volumen de agua	ml	199.63	199.63	199.63	199.63	
	Temperatura del agua	°C	23.20	23.20	23.20	23.20	
CEMENTO CADUCO DE 1 MES	Peso del cemento	gr	650.00	650.00	650.00	650.00	
	Peso del agua	gr	199.64	199.64	199.64	199.64	
	Volumen de agua	ml	199.64	199.64	199.64	199.64	
	Temperatura del agua	°C	23.19	23.19	23.20	23.20	
CEMENTO CADUCO DE 5 MES	Peso del cemento	gr	650.00	650.00	650.00	650.00	
	Peso del agua	gr	195.00	195.00	195.00	195.00	
	Volumen de agua	ml	195.00	195.00	195.00	195.00	
	Temperatura del agua	°C	23.20	23.20	23.19	23.19	
CEMENTO CADUCO DE 1 AÑO CON 4 MESES	Peso del cemento	gr	650.00	650.00	650.00	650.00	
	Peso del agua	gr	190.00	190.00	190.00	190.00	
	Volumen de agua	ml	190.00	190.00	190.00	190.00	
	Temperatura del agua	°C	23.20	23.20	23.20	23.20	
CEMENTO CADUCO DE 1 AÑO CON 4 MESES MOLIDO	Peso del cemento	gr	650.00	650.00	650.00	650.00	
	Peso del agua	gr	199.63	199.63	199.63	199.63	
	Volumen de agua	ml	206.41	206.41	199.63	199.63	
	Temperatura del agua	°C	23.21	23.21	23.21	23.21	
CEMENTO CADUCO DE 2 AÑO CON 2 MESES	Peso del cemento	gr	650.00	650.00	650.00	650.00	
	Peso del agua	gr	199.63	199.63	199.63	199.63	
	Volumen de agua	ml	188.83	188.83	199.63	199.63	
	Temperatura del agua	°C	23.20	23.20	23.20	23.20	
CEMENTO CADUCO DE 2 AÑO CON 2 MESES - MOLIDO	Peso del cemento	gr	650.00	650.00	650.00	650.00	
	Peso del agua	gr	199.63	199.63	199.63	199.63	
	Volumen de agua	ml	204.72	204.72	199.63	199.63	
	Temperatura del agua	°C	23.20	23.20	23.20	23.20	

Tabla 67

Análisis de datos del ensayo, fraguado del cemento, muestra 1 – P1 y P2

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO CON AGUJA VICAT NTP 334.006:2019 - ASTM C 187-98				UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO	
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".					
Tesista 1:	Joselin Huarcaya Carrión	Fecha:	19 de mayo del 2023				
Tesista 2:	Edisson Huaman Quispe	N° de hoja:	02 de 15				
Ubicación:	AV. Garcilaso Chinchero	Número de muestra:	N° 1				
Provincia:	Urubamba	Ensayo:	Ensayo para determinar la calidad del cemento				
Región:	Cusco						
Hoja de registro de datos - Ensayo para determinar el fraguado del cemento portland tipo IP (Yura) por la prueba de Vicat							
CEMENTO PORTLAND YURA TIPO IP - NORMAL (PRUEBA 1)				CEMENTO PORTLAND YURA TIPO IP - NORMAL (PRUEBA 2)			
N°	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	PENETRACIÓN (mm)	OBSERVACIÓN	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	PENETRACIÓN (mm)	OBSERVACIÓN	
1	11:00:00	0.00	----	11:05:00	0.00	----	Hora de inicio
2	11:30:00	30.00	40.00	11:35:00	30.00	40.00	Descenso rápido
3	11:45:00	45.00	40.00	11:50:00	45.00	40.00	Descenso rápido
4	12:00:00	60.00	40.00	12:05:00	60.00	40.00	Descenso rápido
5	12:15:00	75.00	40.00	12:20:00	75.00	40.00	Descenso rápido
6	12:30:00	90.00	40.00	12:35:00	90.00	40.00	Descenso lento
7	12:45:00	105.00	40.00	12:50:00	105.00	40.00	Descenso lento
8	13:00:00	120.00	40.00	13:05:00	120.00	39.00	Descenso lento
9	13:15:00	135.00	39.00	13:20:00	135.00	39.00	Descenso lento
10	13:30:00	150.00	27.00	13:35:00	150.00	30.00	Descenso lento
11	13:45:00	165.00	20.00	13:50:00	165.00	20.00	Descenso lento
12	14:00:00	180.00	7.00	14:05:00	180.00	8.00	Superficie pastosa
13	14:15:00	195.00	2.00	14:20:00	195.00	5.00	Superficie suave
14	14:30:00	210.00	2.00	14:35:00	210.00	5.00	Superficie suave
15	14:45:00	225.00	1.50	14:50:00	225.00	2.50	Superficie suave
16	15:00:00	240.00	1.00	15:05:00	240.00	2.00	Superficie suave
17	15:15:00	255.00	1.00	15:20:00	255.00	1.00	Superficie suave
18	15:30:00	270.00	0.00	15:35:00	270.00	0.00	Sin marca
19	15:45:00	285.00	-	15:50:00	285.00	-	-
20	16:00:00	300.00	-	16:05:00	300.00	-	-
21	16:15:00	315.00	-	16:20:00	315.00	-	-
22	16:30:00	330.00	-	16:35:00	330.00	-	-
23	16:45:00	345.00	-	16:50:00	345.00	-	-
24	17:00:00	360.00	-	17:05:00	360.00	-	-
25	17:15:00	375.00	-	17:20:00	375.00	-	-
26	17:30:00	390.00	-	17:35:00	390.00	-	-
27	17:45:00	405.00	-	17:50:00	405.00	-	-
28	18:00:00	420.00	-	18:05:00	420.00	-	-
29	18:15:00	435.00	-	18:20:00	435.00	-	-
30	18:30:00	450.00	-	18:35:00	450.00	-	-

Tabla 68

Análisis de datos del ensayo, fraguado del cemento, muestra 1 – P3 y P4

Universidad Andina del Cusco		DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRAULICO CON AGUJA VICAT NTP 334.006:2019 - ASTM C191-01							
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".							
Tesista 1 :	Joselin Huarcaya Carrión	Fecha :		19 de mayo del 2023					
Tesista 2 :	Edisson Huaman Quispe	N° de hoja :		03 de 15					
Ubicación :	Av. Garcilaso Chinchero	Número de muestra :		N° 1					
Provincia :	Urubamba	Ensayo :		Ensayo para determinar la calidad del cemento					
Región :	Cusco								
Hoja de registro de datos - Ensayo para determinar el fraguado del cemento portland tipo IP (Yura) por la prueba de Vicat									
CEMENTO PORTLAND YURA TIPO IP - NORMAL (PRUEBA 3)					CEMENTO PORTLAND YURA TIPO IP - NORMAL (PRUEBA 4)				
N°	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)		PENETRACIÓN (mm)	OBSERVACIÓN	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)		PENETRACIÓN (mm)	OBSERVACIÓN	
1	11:10:00	0.00	----	Hora de inicio	11:15:00	0.00	----	Hora de inicio	
2	11:40:00	30.00	40.00	Descenso rápido	11:45:00	30.00	40.00	Descenso rápido	
3	11:55:00	45.00	40.00	Descenso rápido	12:00:00	45.00	40.00	Descenso rápido	
4	12:10:00	60.00	40.00	Descenso rápido	12:15:00	60.00	40.00	Descenso rápido	
5	12:25:00	75.00	40.00	Descenso rápido	12:30:00	75.00	40.00	Descenso rápido	
6	12:40:00	90.00	40.00	Descenso lento	12:45:00	90.00	39.00	Descenso lento	
7	12:55:00	105.00	39.00	Descenso lento	13:00:00	105.00	39.00	Descenso lento	
8	13:10:00	120.00	39.00	Descenso lento	13:15:00	120.00	38.00	Descenso lento	
9	13:25:00	135.00	38.00	Descenso lento	13:30:00	135.00	38.00	Descenso lento	
10	13:40:00	150.00	32.00	Descenso lento	13:45:00	150.00	28.00	Descenso lento	
11	13:55:00	165.00	22.00	Descenso lento	14:00:00	165.00	20.00	Descenso lento	
12	14:10:00	180.00	9.00	Superficie pastosa	14:15:00	180.00	6.50	Superficie pastosa	
13	14:25:00	195.00	3.00	Superficie suave	14:30:00	195.00	6.00	Superficie suave	
14	14:40:00	210.00	3.00	Superficie suave	14:45:00	210.00	5.00	Superficie suave	
15	14:55:00	225.00	2.50	Superficie suave	15:00:00	225.00	2.50	Superficie suave	
16	15:10:00	240.00	1.50	Superficie suave	15:15:00	240.00	2.00	Superficie suave	
17	15:25:00	255.00	1.00	Superficie suave	15:30:00	255.00	1.00	Superficie suave	
18	15:40:00	270.00	1.00	Superficie suave	15:45:00	270.00	0.00	Sin marca	
19	15:55:00	285.00	0.00	Sin marca	16:00:00	285.00	-	-	
20	16:10:00	300.00	-	-	16:15:00	300.00	-	-	
21	16:25:00	315.00	-	-	16:30:00	315.00	-	-	
22	16:40:00	330.00	-	-	16:45:00	330.00	-	-	
23	16:55:00	345.00	-	-	17:00:00	345.00	-	-	
24	17:10:00	360.00	-	-	17:15:00	360.00	-	-	
25	17:25:00	375.00	-	-	17:30:00	375.00	-	-	
26	17:40:00	390.00	-	-	17:45:00	390.00	-	-	
27	17:55:00	405.00	-	-	18:00:00	405.00	-	-	
28	18:10:00	420.00	-	-	18:15:00	420.00	-	-	
29	18:25:00	435.00	-	-	18:30:00	435.00	-	-	
30	18:40:00	450.00	-	-	18:45:00	450.00	-	-	

Tabla 69

Análisis de datos del ensayo, fraguado del cemento, muestra 2 – P1 y P2

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO CON AGUA DE VICAT NTP 334.006:2019 - ASTM C191-01							
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".					
Tesista 1:	Joselin Huarcaya Carrión	Fecha:	19 de mayo del 2023				
Tesista 2:	Edisson Huaman Quispe	Nº de hoja:	04 de 15				
Ubicación:	AV. Garcilaso Chinchero	Número de muestra:	Nº 2				
Provincia:	Urubamba	Ensayo:	Ensayo para determinar la calidad del cemento				
Región:	Cusco						
Hoja de registro de datos - Ensayo para determinar el fraguado del cemento portland tipo IP (Yura) por la prueba de Vicat							
CEMENTO PORTLAND YURA TIPO IP - CADUCO DE 1 MES (PRUEBA 1)				CEMENTO PORTLAND YURA TIPO IP - CADUCO DE 1 MES (PRUEBA 2)			
Nº	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	PENETRACIÓN (mm)	OBSERVACIÓN	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	PENETRACIÓN (mm)	OBSERVACIÓN	
1	13:50:00	0.00	----	13:55:00	0.00	----	Hora de inicio
2	14:20:00	30.00	40.00	14:25:00	30.00	40.00	Descenso rápido
3	14:35:00	45.00	40.00	14:40:00	45.00	39.00	Descenso rápido
4	14:50:00	60.00	40.00	14:55:00	60.00	39.00	Descenso rápido
5	15:05:00	75.00	40.00	15:10:00	75.00	38.00	Descenso lento
6	15:20:00	90.00	40.00	15:25:00	90.00	38.00	Descenso lento
7	15:35:00	105.00	40.00	15:40:00	105.00	36.00	Descenso lento
8	15:50:00	120.00	39.00	15:55:00	120.00	36.00	Descenso lento
9	16:05:00	135.00	36.00	16:10:00	135.00	33.00	Descenso lento
10	16:20:00	150.00	31.00	16:25:00	150.00	33.00	Descenso lento
11	16:35:00	165.00	24.00	16:40:00	165.00	20.00	Descenso lento
12	16:50:00	180.00	17.00	16:55:00	180.00	15.00	Descenso lento
13	17:05:00	195.00	7.00	17:10:00	195.00	9.00	Descenso lento
14	17:20:00	210.00	2.00	17:25:00	210.00	5.00	Superficie pastosa
15	17:35:00	225.00	1.50	17:40:00	225.00	3.50	Superficie suave
16	17:50:00	240.00	1.00	17:55:00	240.00	3.00	Superficie suave
17	18:05:00	255.00	1.00	18:10:00	255.00	1.00	Superficie suave
18	18:20:00	270.00	0.00	18:25:00	270.00	0.00	Sin marca
19	18:35:00	285.00	-	18:40:00	285.00	-	-
20	18:50:00	300.00	-	18:55:00	300.00	-	-
21	19:05:00	315.00	-	19:10:00	315.00	-	-
22	19:20:00	330.00	-	19:25:00	330.00	-	-
23	19:35:00	345.00	-	19:40:00	345.00	-	-
24	19:50:00	360.00	-	19:55:00	360.00	-	-
25	20:05:00	375.00	-	20:10:00	375.00	-	-
26	20:20:00	390.00	-	20:25:00	390.00	-	-
27	20:35:00	405.00	-	20:40:00	405.00	-	-
28	20:50:00	420.00	-	20:55:00	420.00	-	-
29	21:05:00	435.00	-	21:10:00	435.00	-	-
30	21:20:00	450.00	-	21:25:00	450.00	-	-



Tabla 70

Análisis de datos del ensayo, fraguado del cemento, muestra 2 – P3 y P4



 Universidad Andina del Cusco		DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRAULICO CON AGUJA VICAT NTP 334.006:2019 - ASTM C191-01					
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".							
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación: Av. Garcilaso Chinchero Provincia: Urubamba Región: Cusco				Fecha: 19 de mayo del 2023 Nº de hoja: 05 de 15 Número de muestra: Nº 2 Ensayo: Ensayo para determinar la calidad del cemento			
Hoja de registro de datos - Ensayo para determinar el fraguado del cemento portland tipo IP (Yura) por la prueba de Vicat							
CEMENTO PORTLAND YURA TIPO IP - CADUCO DE 1 MES (PRUEBA 3)				CEMENTO PORTLAND YURA TIPO IP - CADUCO DE 1 MES (PRUEBA 4)			
Nº	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	PENETRACIÓN (mm)	OBSERVACIÓN	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	PENETRACIÓN (mm)	OBSERVACIÓN	
1	14:00:00	0.00	----	14:05:00	0.00	----	Hora de inicio
2	14:30:00	30.00	40.00	14:35:00	30.00	40.00	Descenso rápido
3	14:45:00	45.00	40.00	14:50:00	45.00	40.00	Descenso rápido
4	15:00:00	60.00	40.00	15:05:00	60.00	40.00	Descenso rápido
5	15:15:00	75.00	40.00	15:20:00	75.00	40.00	Descenso rápido
6	15:30:00	90.00	39.00	15:35:00	90.00	39.00	Descenso lento
7	15:45:00	105.00	39.00	15:50:00	105.00	39.00	Descenso lento
8	16:00:00	120.00	38.00	16:05:00	120.00	38.00	Descenso lento
9	16:15:00	135.00	37.00	16:20:00	135.00	37.00	Descenso lento
10	16:30:00	150.00	32.00	16:35:00	150.00	37.00	Descenso lento
11	16:45:00	165.00	22.00	16:50:00	165.00	28.00	Descenso lento
12	17:00:00	180.00	12.50	17:05:00	180.00	23.00	Descenso lento
13	17:15:00	195.00	12.00	17:20:00	195.00	12.50	Descenso lento
14	17:30:00	210.00	9.50	17:35:00	210.00	12.00	Descenso lento
15	17:45:00	225.00	3.00	17:50:00	225.00	9.50	Superficie pastosa
16	18:00:00	240.00	2.50	18:05:00	240.00	3.00	Superficie suave
17	18:15:00	255.00	2.00	18:20:00	255.00	2.50	Superficie suave
18	18:30:00	270.00	0.00	18:35:00	270.00	2.00	Superficie suave
19	18:45:00	285.00	-	18:50:00	285.00	2.00	Superficie suave
20	19:00:00	300.00	-	19:05:00	300.00	1.00	Superficie suave
21	19:15:00	315.00	-	19:20:00	315.00	0.00	Sin marca
22	19:30:00	330.00	-	19:35:00	330.00	-	-
23	19:45:00	345.00	-	19:50:00	345.00	-	-
24	20:00:00	360.00	-	20:05:00	360.00	-	-
25	20:15:00	375.00	-	20:20:00	375.00	-	-
26	20:30:00	390.00	-	20:35:00	390.00	-	-
27	20:45:00	405.00	-	20:50:00	405.00	-	-
28	21:00:00	420.00	-	21:05:00	420.00	-	-
29	21:15:00	435.00	-	21:20:00	435.00	-	-
30	21:30:00	450.00	-	21:35:00	450.00	-	-



Tabla 71

Análisis de datos del ensayo, fraguado del cemento, muestra 3 – P1 y P2



 Universidad Andina del Cusco		DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO CON AGUJA VICAT NTP 334.006:2019 - ASTM C 191-01					
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".					
Tesista 1: Tesista 2: Ubicación: Provincia: Región:	Joselin Huarcaya Carrión Edison Huaman Quispe Av. Garcilaso Chinchero Urubamba Cusco	Fecha: N° de hoja: Número de muestra: Ensayo:	19 de mayo del 2023 06 de 15 N° 3 Ensayo para determinar la calidad del cemento				
Hoja de registro de datos - Ensayo para determinar el fraguado del cemento portland tipo IP (Yura) por la prueba de Vicat							
CEMENTO PORTLAND YURA TIPO IP - CADUCO DE 5 MESES (PRUEBA 1)				CEMENTO PORTLAND YURA TIPO IP - CADUCO DE 5 MESES (PRUEBA 2)			
N°	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	PENETRACIÓN (mm)	OBSERVACIÓN	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	PENETRACIÓN (mm)	OBSERVACIÓN	
1	14:10:00	0.00	----	14:15:00	0.00	----	Hora de inicio
2	14:40:00	30.00	46.00	14:45:00	30.00	46.00	Descenso rápido
3	14:55:00	45.00	42.00	15:00:00	45.00	42.00	Descenso rápido
4	15:10:00	60.00	42.00	15:15:00	60.00	42.00	Descenso rápido
5	15:25:00	75.00	42.00	15:30:00	75.00	42.00	Descenso rápido
6	15:40:00	90.00	41.00	15:45:00	90.00	41.00	Descenso rápido
7	15:55:00	105.00	40.00	16:00:00	105.00	40.00	Descenso rápido
8	16:10:00	120.00	38.00	16:15:00	120.00	39.00	Descenso lento
9	16:25:00	135.00	37.00	16:30:00	135.00	38.00	Descenso lento
10	16:40:00	150.00	26.00	16:45:00	150.00	33.00	Descenso lento
11	16:55:00	165.00	21.00	17:00:00	165.00	29.00	Descenso lento
12	17:10:00	180.00	15.00	17:15:00	180.00	20.00	Descenso lento
13	17:25:00	195.00	12.00	17:30:00	195.00	16.00	Descenso lento
14	17:40:00	210.00	9.50	17:45:00	210.00	10.00	Descenso lento
15	17:55:00	225.00	9.00	18:00:00	225.00	9.00	Descenso lento
16	18:10:00	240.00	5.00	18:15:00	240.00	7.00	Superficie pastosa
17	18:25:00	255.00	2.50	18:30:00	255.00	3.50	Superficie suave
18	18:40:00	270.00	2.00	18:45:00	270.00	2.00	Superficie suave
19	18:55:00	285.00	2.00	19:00:00	285.00	1.00	Superficie suave
20	19:10:00	300.00	1.00	19:15:00	300.00	1.00	Superficie suave
21	19:25:00	315.00	0.00	19:30:00	315.00	0.00	Sin marca
22	19:40:00	330.00	-	19:45:00	330.00	-	-
23	19:55:00	345.00	-	20:00:00	345.00	-	-
24	20:10:00	360.00	-	20:15:00	360.00	-	-
25	20:25:00	375.00	-	20:30:00	375.00	-	-
26	20:40:00	390.00	-	20:45:00	390.00	-	-
27	20:55:00	405.00	-	21:00:00	405.00	-	-
28	21:10:00	420.00	-	21:15:00	420.00	-	-
29	21:25:00	435.00	-	21:30:00	435.00	-	-
30	21:40:00	450.00	-	21:45:00	450.00	-	-



Tabla 72

Análisis de datos del ensayo, fraguado del cemento, muestra 3 – P3 y P4



 Universidad Andina del Cusco		DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRAULICO CONAGUJA DE VICAT NTP 334.006:2019 - ASTM C 191-01					
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".					
Tesista 1:	Joselin Huarcaya Carrión	Fecha:	19 de mayo del 2023				
Tesista 2:	Edisson Huaman Quispe	Nº de hoja:	07 de 15				
Ubicación:	AV. Garcilaso Chinchero	Número de muestra:	Nº 3				
Provincia:	Urubamba	Ensayo:	Ensayo para determinar la calidad del cemento				
Región:	Cusco						
Hoja de registro de datos - Ensayo para determinar el fraguado del cemento portland tipo IP (Yura) por la prueba de Vicat							
CEMENTO PORTLAND YURA TIPO IP - CADUCO DE 5 MESES (PRUEBA 3)				CEMENTO PORTLAND YURA TIPO IP - CADUCO DE 5 MESES (PRUEBA 4)			
Nº	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	PENETRACIÓN (mm)	OBSERVACIÓN	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	PENETRACIÓN (mm)	OBSERVACIÓN	
1	14:20:00	0.00	----	14:25:00	0.00	----	Hora de inicio
2	14:50:00	30.00	46.00	14:55:00	30.00	46.00	Descenso rápido
3	15:05:00	45.00	42.00	15:10:00	45.00	42.00	Descenso rápido
4	15:20:00	60.00	42.00	15:25:00	60.00	41.00	Descenso rápido
5	15:35:00	75.00	41.00	15:40:00	75.00	40.00	Descenso rápido
6	15:50:00	90.00	40.00	15:55:00	90.00	40.00	Descenso rápido
7	16:05:00	105.00	40.00	16:10:00	105.00	40.00	Descenso rápido
8	16:20:00	120.00	39.00	16:25:00	120.00	39.00	Descenso lento
9	16:35:00	135.00	38.00	16:40:00	135.00	37.00	Descenso lento
10	16:50:00	150.00	36.00	16:55:00	150.00	33.00	Descenso lento
11	17:05:00	165.00	33.00	17:10:00	165.00	28.00	Descenso lento
12	17:20:00	180.00	28.00	17:25:00	180.00	23.00	Descenso lento
13	17:35:00	195.00	16.00	17:40:00	195.00	13.50	Descenso lento
14	17:50:00	210.00	10.00	17:55:00	210.00	10.50	Descenso lento
15	18:05:00	225.00	9.00	18:10:00	225.00	7.50	Superficie pastosa
16	18:20:00	240.00	7.00	18:25:00	240.00	6.00	Superficie pastosa
17	18:35:00	255.00	2.50	18:40:00	255.00	3.50	Superficie suave
18	18:50:00	270.00	2.00	18:55:00	270.00	3.00	Superficie suave
19	19:05:00	285.00	1.50	19:10:00	285.00	1.50	Superficie suave
20	19:20:00	300.00	1.00	19:25:00	300.00	1.00	Superficie suave
21	19:35:00	315.00	1.00	19:40:00	315.00	0.00	Sin marca
22	19:50:00	330.00	0.00	19:55:00	330.00	-	-
23	20:05:00	345.00	-	20:10:00	345.00	-	-
24	20:20:00	360.00	-	20:25:00	360.00	-	-
25	20:35:00	375.00	-	20:40:00	375.00	-	-
26	20:50:00	390.00	-	20:55:00	390.00	-	-
27	21:05:00	405.00	-	21:10:00	405.00	-	-
28	21:20:00	420.00	-	21:25:00	420.00	-	-
29	21:35:00	435.00	-	21:40:00	435.00	-	-
30	21:50:00	450.00	-	21:55:00	450.00	-	-



Tabla 73

Análisis de datos del ensayo, fraguado del cemento, muestra 4 – P1 y P2



 Universidad Andina del Cusco		DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO CON AGUA DE VICAT NTP 334.006:2019 - ASTM C 191-01							
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".							
Tesista 1 :		Joselin Huarcaya Carrión			Fecha :		19 de mayo del 2023		
Tesista 2 :		Edisson Huaman Quispe			N° de hoja :		08 de 15		
Ubicación :		Av. Garcilaso Chinchero			Número de muestra :		N° 4		
Provincia :		Urubamba			Ensayo :		Ensayo para determinar la calidad del cemento		
Región :		Cusco							
Hoja de registro de datos - Ensayo para determinar el fraguado del cemento portland tipo IP (Yura) por la prueba de Vicat									
CEMENTO PORTLAND YURA TIPO IP - CADUCO DE 1 AÑO CON 4 MESES (PRUEBA 1)					CEMENTO PORTLAND YURA TIPO IP - CADUCO DE 1 AÑO CON 4 MESES (PRUEBA 2)				
N°	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)		PENETRACIÓN (mm)	OBSERVACIÓN	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)		PENETRACIÓN (mm)	OBSERVACIÓN	
1	14:30:00	0.00	----	Hora de inicio	14:35:00	0.00	----	Hora de inicio	
2	15:00:00	30.00	45.00	Descenso rápido	15:05:00	30.00	45.00	Descenso rápido	
3	15:15:00	45.00	45.00	Descenso rápido	15:20:00	45.00	45.00	Descenso rápido	
4	15:30:00	60.00	45.00	Descenso rápido	15:35:00	60.00	45.00	Descenso rápido	
5	15:45:00	75.00	43.00	Descenso rápido	15:50:00	75.00	45.00	Descenso rápido	
6	16:00:00	90.00	43.00	Descenso rápido	16:05:00	90.00	45.00	Descenso rápido	
7	16:15:00	105.00	43.00	Descenso rápido	16:20:00	105.00	43.00	Descenso rápido	
8	16:30:00	120.00	33.00	Descenso lento	16:35:00	120.00	43.00	Descenso rápido	
9	16:45:00	135.00	33.00	Descenso lento	16:50:00	135.00	33.00	Descenso lento	
10	17:00:00	150.00	31.00	Descenso lento	17:05:00	150.00	31.00	Descenso lento	
11	17:15:00	165.00	29.00	Descenso lento	17:20:00	165.00	29.00	Descenso lento	
12	17:30:00	180.00	27.00	Descenso lento	17:35:00	180.00	27.00	Descenso lento	
13	17:45:00	195.00	26.00	Descenso lento	17:50:00	195.00	27.00	Descenso lento	
14	18:00:00	210.00	23.00	Descenso lento	18:05:00	210.00	27.00	Descenso lento	
15	18:15:00	225.00	14.00	Descenso lento	18:20:00	225.00	27.00	Descenso lento	
16	18:30:00	240.00	7.50	Superficie pastosa	18:35:00	240.00	24.00	Descenso lento	
17	18:45:00	255.00	2.50	Superficie suave	18:50:00	255.00	23.00	Descenso lento	
18	19:00:00	270.00	2.00	Superficie suave	19:05:00	270.00	12.00	Descenso lento	
19	19:15:00	285.00	1.50	Superficie suave	19:20:00	285.00	9.00	Superficie pastosa	
20	19:30:00	300.00	1.00	Superficie suave	19:35:00	300.00	3.00	Superficie suave	
21	19:45:00	315.00	1.00	Superficie suave	19:50:00	315.00	3.00	Superficie suave	
22	20:00:00	330.00	0.00	Sin marca	20:05:00	330.00	3.00	Superficie suave	
23	20:15:00	345.00	-	-	20:20:00	345.00	2.00	Superficie suave	
24	20:30:00	360.00	-	-	20:35:00	360.00	1.00	Superficie suave	
25	20:45:00	375.00	-	-	20:50:00	375.00	1.00	Superficie suave	
26	21:00:00	390.00	-	-	21:05:00	390.00	0.00	Sin marca	
27	21:15:00	405.00	-	-	21:20:00	405.00	-	-	
28	21:30:00	420.00	-	-	21:35:00	420.00	-	-	
29	21:45:00	435.00	-	-	21:50:00	435.00	-	-	
30	22:00:00	450.00	-	-	22:05:00	450.00	-	-	



Tabla 74

Análisis de datos del ensayo, fraguado del cemento, muestra 4 – P3 y P4



 Universidad Andina del Cusco		DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRAULICO CONAGUA DE VICAT NTP 334.006:2019 - ASTM C 191-01							
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".							
Tesista 1:		Joselin Huarcaya Carrión			Fecha:		19 de mayo del 2023		
Tesista 2:		Edisson Huaman Quispe			N° de hoja:		09 de 15		
Ubicación:		Av. Garcilaso Chinchero			Número de muestra:		N° 4		
Provincia:		Urubamba			Ensayo:		Ensayo para determinar la calidad del cemento		
Región:		Cusco							
Hoja de registro de datos - Ensayo para determinar el fraguado del cemento portland tipo IP (Yura) por la prueba de Vicat									
CEMENTO PORTLAND YURA TIPO IP - CADUCO DE 1 AÑO CON 4 MESES (PRUEBA 3)					CEMENTO PORTLAND YURA TIPO IP - CADUCO DE 1 AÑO CON 4 MESES (PRUEBA 4)				
N°	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)		PENETRACIÓN (mm)	OBSERVACIÓN	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)		PENETRACIÓN (mm)	OBSERVACIÓN	
1	14:40:00	0.00	----	Hora de inicio	14:45:00	0.00	----	Hora de inicio	
2	15:10:00	30.00	45.00	Descenso rápido	15:15:00	30.00	45.00	Descenso rápido	
3	15:25:00	45.00	45.00	Descenso rápido	15:30:00	45.00	45.00	Descenso rápido	
4	15:40:00	60.00	45.00	Descenso rápido	15:45:00	60.00	45.00	Descenso rápido	
5	15:55:00	75.00	43.00	Descenso rápido	16:00:00	75.00	45.00	Descenso rápido	
6	16:10:00	90.00	43.00	Descenso rápido	16:15:00	90.00	43.00	Descenso rápido	
7	16:25:00	105.00	43.00	Descenso rápido	16:30:00	105.00	43.00	Descenso rápido	
8	16:40:00	120.00	43.00	Descenso rápido	16:45:00	120.00	33.00	Descenso lento	
9	16:55:00	135.00	33.00	Descenso lento	17:00:00	135.00	33.00	Descenso lento	
10	17:10:00	150.00	33.00	Descenso lento	17:15:00	150.00	33.00	Descenso lento	
11	17:25:00	165.00	31.00	Descenso lento	17:30:00	165.00	31.00	Descenso lento	
12	17:40:00	180.00	29.00	Descenso lento	17:45:00	180.00	29.00	Descenso lento	
13	17:55:00	195.00	28.00	Descenso lento	18:00:00	195.00	26.00	Descenso lento	
14	18:10:00	210.00	22.50	Descenso lento	18:15:00	210.00	20.00	Descenso lento	
15	18:25:00	225.00	11.00	Descenso lento	18:30:00	225.00	9.50	Descenso lento	
16	18:40:00	240.00	9.00	Superficie pastosa	18:45:00	240.00	7.00	Superficie pastosa	
17	18:55:00	255.00	9.00	Superficie suave	19:00:00	255.00	7.00	Superficie suave	
18	19:10:00	270.00	3.50	Superficie suave	19:15:00	270.00	2.50	Superficie suave	
19	19:25:00	285.00	3.50	Superficie suave	19:30:00	285.00	2.50	Superficie suave	
20	19:40:00	300.00	3.00	Superficie suave	19:45:00	300.00	2.00	Superficie suave	
21	19:55:00	315.00	2.00	Superficie suave	20:00:00	315.00	2.00	Superficie suave	
22	20:10:00	330.00	1.00	Superficie suave	20:15:00	330.00	1.00	Superficie suave	
23	20:25:00	345.00	0.00	Sin marca	20:30:00	345.00	0.00	Sin marca	
24	20:40:00	360.00	-	-	20:45:00	360.00	-	-	
25	20:55:00	375.00	-	-	21:00:00	375.00	-	-	
26	21:10:00	390.00	-	-	21:15:00	390.00	-	-	
27	21:25:00	405.00	-	-	21:30:00	405.00	-	-	
28	21:40:00	420.00	-	-	21:45:00	420.00	-	-	
29	21:55:00	435.00	-	-	22:00:00	435.00	-	-	
30	22:10:00	450.00	-	-	22:15:00	450.00	-	-	



Tabla 75

Análisis de datos del ensayo, fraguado del cemento, muestra 5 – P1 y P2



		DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO CON AGUA DE VICAT NTP 334.006:2019 - ASTM C191-01								
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".								
Tesista 1 :		Joselin Huarcaya Carrión			Fecha :		19 de mayo del 2023			
Tesista 2 :		Edisson Huaman Quispe			N° de hoja :		10 de 15			
Ubicación :		Av. Garcilaso Chinchero			Número de muestra :		N° 5			
Provincia :		Urubamba			Ensayo :		Ensayo para determinar la calidad del cemento			
Región :		Cusco								
Hoja de registro de datos - Ensayo para determinar el fraguado del cemento portland tipo IP (Yura) por la prueba de Vicat										
CEMENTO PORTLAND YURA TIPO IP - CADUCO DE 1 AÑO CON 4 MESES - MOLIDO (PRUEBA 1)					CEMENTO PORTLAND YURA TIPO IP - CADUCO DE 1 AÑO CON 4 MESES - MOLIDO (PRUEBA 2)					
N°	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)		PENETRACIÓN (mm)	OBSERVACIÓN	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)		PENETRACIÓN (mm)	OBSERVACIÓN		
1	14:50:00	0.00	----	Hora de inicio	14:55:00	0.00	----	Hora de inicio		
2	15:20:00	30.00	44.00	Descenso rápido	15:25:00	30.00	44.00	Descenso rápido		
3	15:35:00	45.00	42.00	Descenso rápido	15:40:00	45.00	42.00	Descenso rápido		
4	15:50:00	60.00	42.00	Descenso rápido	15:55:00	60.00	42.00	Descenso rápido		
5	16:05:00	75.00	41.00	Descenso rápido	16:10:00	75.00	42.00	Descenso rápido		
6	16:20:00	90.00	41.00	Descenso rápido	16:25:00	90.00	42.00	Descenso rápido		
7	16:35:00	105.00	41.00	Descenso lento	16:40:00	105.00	41.00	Descenso rápido		
8	16:50:00	120.00	41.00	Descenso lento	16:55:00	120.00	41.00	Descenso lento		
9	17:05:00	135.00	27.00	Descenso lento	17:10:00	135.00	40.00	Descenso lento		
10	17:20:00	150.00	27.00	Descenso lento	17:25:00	150.00	29.00	Descenso lento		
11	17:35:00	165.00	27.00	Descenso lento	17:40:00	165.00	29.00	Descenso lento		
12	17:50:00	180.00	22.00	Descenso lento	17:55:00	180.00	24.00	Descenso lento		
13	18:05:00	195.00	19.00	Descenso lento	18:10:00	195.00	18.50	Descenso lento		
14	18:20:00	210.00	12.00	Descenso lento	18:25:00	210.00	12.00	Descenso lento		
15	18:35:00	225.00	5.00	Superficie pastosa	18:40:00	225.00	5.50	Superficie pastosa		
16	18:50:00	240.00	3.00	Superficie suave	18:55:00	240.00	5.00	Superficie suave		
17	19:05:00	255.00	3.00	Superficie suave	19:10:00	255.00	3.50	Superficie suave		
18	19:20:00	270.00	2.50	Superficie suave	19:25:00	270.00	3.00	Superficie suave		
19	19:35:00	285.00	1.00	Superficie suave	19:40:00	285.00	2.00	Superficie suave		
20	19:50:00	300.00	1.00	Superficie suave	19:55:00	300.00	2.00	Superficie suave		
21	20:05:00	315.00	0.00	Sin marca	20:10:00	315.00	1.00	Superficie suave		
22	20:20:00	330.00	-	-	20:25:00	330.00	0.00	Sin marca		
23	20:35:00	345.00	-	-	20:40:00	345.00	-	-		
24	20:50:00	360.00	-	-	20:55:00	360.00	-	-		
25	21:05:00	375.00	-	-	21:10:00	375.00	-	-		
26	21:20:00	390.00	-	-	21:25:00	390.00	-	-		
27	21:35:00	405.00	-	-	21:40:00	405.00	-	-		
28	21:50:00	420.00	-	-	21:55:00	420.00	-	-		
29	22:05:00	435.00	-	-	22:10:00	435.00	-	-		
30	22:20:00	450.00	-	-	22:25:00	450.00	-	-		



Tabla 76

Análisis de datos del ensayo, fraguado del cemento, muestra 5 – P3 y P4



 Universidad Andina del Cusco		DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRAULICO CON AGUA DE VICAT NTP 334.006:2019 – ASTM C 191-01					
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice- físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".					
Tesista 1: Tesista 2: Ubicación: Provincia: Región :	Joselin Huarcaya Carrión Edisson Huaman Quispe Av. Garcilaso Chinchero Urubamba Cusco	Fecha : N° de hoja : Número de muestra : Ensayo :	19 de mayo del 2023 11 de 15 N° 5 Ensayo para determinar la calidad del cemento				
Hoja de registro de datos - Ensayo para determinar el fraguado del cemento portland tipo IP (Yura) por la prueba de Vicat							
CEMENTO PORTLAND YURA TIPO IP - CADUCO DE 1 AÑO CON 4 MESES - MOLIDO (PRUEBA 3)				CEMENTO PORTLAND YURA TIPO IP - CADUCO DE 1 AÑO CON 4 MESES - MOLIDO (PRUEBA 4)			
N°	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	PENETRACIÓN (mm)	OBSERVACIÓN	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	PENETRACIÓN (mm)	OBSERVACIÓN	
1	15:00:00	0.00	----	15:05:00	0.00	----	Hora de inicio
2	15:30:00	30.00	44.00	15:35:00	30.00	44.00	Descenso rápido
3	15:45:00	45.00	42.00	15:50:00	45.00	44.00	Descenso rápido
4	16:00:00	60.00	42.00	16:05:00	60.00	42.00	Descenso rápido
5	16:15:00	75.00	41.00	16:20:00	75.00	42.00	Descenso rápido
6	16:30:00	90.00	40.00	16:35:00	90.00	41.00	Descenso rápido
7	16:45:00	105.00	40.00	16:50:00	105.00	41.00	Descenso rápido
8	17:00:00	120.00	29.00	17:05:00	120.00	40.00	Descenso rápido
9	17:15:00	135.00	29.00	17:20:00	135.00	29.00	Descenso lento
10	17:30:00	150.00	29.50	17:35:00	150.00	28.00	Descenso lento
11	17:45:00	165.00	29.50	17:50:00	165.00	27.00	Descenso lento
12	18:00:00	180.00	23.00	18:05:00	180.00	27.00	Descenso lento
13	18:15:00	195.00	17.50	18:20:00	195.00	19.00	Descenso lento
14	18:30:00	210.00	12.00	18:35:00	210.00	10.00	Descenso lento
15	18:45:00	225.00	7.00	18:50:00	225.00	5.50	Superficie pastosa
16	19:00:00	240.00	3.00	19:05:00	240.00	2.50	Superficie suave
17	19:15:00	255.00	3.00	19:20:00	255.00	2.00	Superficie suave
18	19:30:00	270.00	2.50	19:35:00	270.00	2.00	Superficie suave
19	19:45:00	285.00	2.00	19:50:00	285.00	1.00	Superficie suave
20	20:00:00	300.00	1.00	20:05:00	300.00	1.00	Superficie suave
21	20:15:00	315.00	0.00	20:20:00	315.00	1.00	Sin marca
22	20:30:00	330.00	-	20:35:00	330.00	0.00	Sin marca
23	20:45:00	345.00	-	20:50:00	345.00	-	-
24	21:00:00	360.00	-	21:05:00	360.00	-	-
25	21:15:00	375.00	-	21:20:00	375.00	-	-
26	21:30:00	390.00	-	21:35:00	390.00	-	-
27	21:45:00	405.00	-	21:50:00	405.00	-	-
28	22:00:00	420.00	-	22:05:00	420.00	-	-
29	22:15:00	435.00	-	22:20:00	435.00	-	-
30	22:30:00	450.00	-	22:35:00	450.00	-	-

Tabla 77

Análisis de datos del ensayo, fraguado del cemento, muestra 6 – P1 y P2

Universidad Andina del Cusco		DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO CON AGUJA VICAT NTP 334.006:2019 - ASTM C191-01							
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".							
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edison Huaman Quispe Ubicación: Av. Garcilaso Chinchero Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 19 de mayo del 2023 N° de hoja: 12 de 15 Número de muestra: N° 6 Ensayo: Ensayo para determinar la calidad del cemento							
Hoja de registro de datos - Ensayo para determinar el fraguado del cemento portland tipo IP (Yura) por la prueba de Vicat									
CEMENTO PORTLAND YURA TIPO IP - CADUCO DE 2 AÑOS CON 2 MESES (PRUEBA 1)					CEMENTO PORTLAND YURA TIPO IP - CADUCO DE 2 AÑOS CON 2 MESES (PRUEBA 2)				
N°	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)		PENETRACIÓN (mm)	OBSERVACIÓN	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)		PENETRACIÓN (mm)	OBSERVACIÓN	
1	15:10:00	0.00	----	Hora de inicio	15:15:00	0.00	----	Hora de inicio	
2	15:40:00	30.00	46.00	Descenso rápido	15:45:00	30.00	46.00	Descenso rápido	
3	15:55:00	45.00	46.00	Descenso rápido	16:00:00	45.00	46.00	Descenso rápido	
4	16:10:00	60.00	44.00	Descenso rápido	16:15:00	60.00	44.00	Descenso rápido	
5	16:25:00	75.00	44.00	Descenso rápido	16:30:00	75.00	44.00	Descenso rápido	
6	16:40:00	90.00	38.00	Descenso rápido	16:45:00	90.00	39.00	Descenso rápido	
7	16:55:00	105.00	38.00	Descenso rápido	17:00:00	105.00	39.00	Descenso rápido	
8	17:10:00	120.00	38.00	Descenso rápido	17:15:00	120.00	39.00	Descenso rápido	
9	17:25:00	135.00	38.00	Descenso rápido	17:30:00	135.00	39.00	Descenso rápido	
10	17:40:00	150.00	38.00	Descenso lento	17:45:00	150.00	37.00	Descenso lento	
11	17:55:00	165.00	38.00	Descenso lento	18:00:00	165.00	37.00	Descenso lento	
12	18:10:00	180.00	32.00	Descenso lento	18:15:00	180.00	31.00	Descenso lento	
13	18:25:00	195.00	30.00	Descenso lento	18:30:00	195.00	31.00	Descenso lento	
14	18:40:00	210.00	30.00	Descenso lento	18:45:00	210.00	31.00	Descenso lento	
15	18:55:00	225.00	24.00	Descenso lento	19:00:00	225.00	20.00	Descenso lento	
16	19:10:00	240.00	12.00	Superficie suave	19:15:00	240.00	11.00	Superficie suave	
17	19:25:00	255.00	10.00	Superficie suave	19:30:00	255.00	11.00	Superficie suave	
18	19:40:00	270.00	10.00	Superficie suave	19:45:00	270.00	9.00	Superficie suave	
19	19:55:00	285.00	4.00	Superficie pastosa	20:00:00	285.00	7.00	Superficie pastosa	
20	20:10:00	300.00	3.00	Superficie suave	20:15:00	300.00	4.00	Superficie suave	
21	20:25:00	315.00	3.00	Superficie suave	20:30:00	315.00	4.00	Superficie suave	
22	20:40:00	330.00	1.00	Superficie suave	20:45:00	330.00	2.00	Superficie suave	
23	20:55:00	345.00	1.00	Superficie suave	21:00:00	345.00	1.00	Superficie suave	
24	21:10:00	360.00	0.00	Sin marca	21:15:00	360.00	0.00	Sin marca	
25	21:25:00	375.00	-	-	21:30:00	375.00	-	-	
26	21:40:00	390.00	-	-	21:45:00	390.00	-	-	
27	21:55:00	405.00	-	-	22:00:00	405.00	-	-	
28	22:10:00	420.00	-	-	22:15:00	420.00	-	-	
29	22:25:00	435.00	-	-	22:30:00	435.00	-	-	
30	22:40:00	450.00	-	-	22:45:00	450.00	-	-	



Tabla 78

Análisis de datos del ensayo, fraguado del cemento, muestra 6 – P3 y P4



 Universidad Andina del Cusco		DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRAULICO CON AGUA DE VICAT NTP 334.006:2019 – ASTM C 191-01					
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".					
Tesista 1: Tesista 2: Ubicación: Provincia: Región :	Joselin Huarcaya Carrión Edisson Huaman Quispe Av. Garcilaso Chinchero Urubamba Cusco	Fecha : N° de hoja : Número de muestra : Ensayo :	19 de mayo del 2023 13 de 15 N° 6 Ensayo para determinar la calidad del cemento				
Hoja de registro de datos - Ensayo para determinar el fraguado del cemento portland tipo IP (Yura) por la prueba de Vicat							
CEMENTO PORTLAND YURA TIPO IP - CADUCO DE 2 AÑOS CON 2 MESES (PRUEBA 3)				CEMENTO PORTLAND YURA TIPO IP - CADUCO DE 2 AÑOS CON 2 MESES (PRUEBA 4)			
N°	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	PENETRACIÓN (mm)	OBSERVACIÓN	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	PENETRACIÓN (mm)	OBSERVACIÓN	
1	15:20:00	0.00	----	15:25:00	0.00	----	Hora de inicio
2	15:50:00	30.00	46.00	15:55:00	30.00	46.00	Descenso rápido
3	16:05:00	45.00	46.00	16:10:00	45.00	46.00	Descenso rápido
4	16:20:00	60.00	46.00	16:25:00	60.00	46.00	Descenso rápido
5	16:35:00	75.00	44.00	16:40:00	75.00	46.00	Descenso rápido
6	16:50:00	90.00	40.00	16:55:00	90.00	44.00	Descenso rápido
7	17:05:00	105.00	39.00	17:10:00	105.00	44.00	Descenso rápido
8	17:20:00	120.00	38.00	17:25:00	120.00	40.00	Descenso rápido
9	17:35:00	135.00	38.00	17:40:00	135.00	40.00	Descenso rápido
10	17:50:00	150.00	38.00	17:55:00	150.00	39.00	Descenso rápido
11	18:05:00	165.00	32.00	18:10:00	165.00	38.00	Descenso lento
12	18:20:00	180.00	32.00	18:25:00	180.00	32.00	Descenso lento
13	18:35:00	195.00	31.00	18:40:00	195.00	30.00	Descenso lento
14	18:50:00	210.00	29.00	18:55:00	210.00	30.00	Descenso lento
15	19:05:00	225.00	21.00	19:10:00	225.00	22.00	Descenso lento
16	19:20:00	240.00	12.00	19:25:00	240.00	10.00	Superficie suave
17	19:35:00	255.00	12.00	19:40:00	255.00	10.00	Superficie suave
18	19:50:00	270.00	10.00	19:55:00	270.00	9.00	Superficie suave
19	20:05:00	285.00	5.00	20:10:00	285.00	5.50	Superficie pastosa
20	20:20:00	300.00	3.50	20:25:00	300.00	3.50	Superficie suave
21	20:35:00	315.00	3.00	20:40:00	315.00	3.00	Superficie suave
22	20:50:00	330.00	1.00	20:55:00	330.00	1.00	Superficie suave
23	21:05:00	345.00	1.00	21:10:00	345.00	1.00	Superficie suave
24	21:20:00	360.00	0.00	21:25:00	360.00	0.00	Sin marca
25	21:35:00	375.00	-	21:40:00	375.00	-	-
26	21:50:00	390.00	-	21:55:00	390.00	-	-
27	22:05:00	405.00	-	22:10:00	405.00	-	-
28	22:20:00	420.00	-	22:25:00	420.00	-	-
29	22:35:00	435.00	-	22:40:00	435.00	-	-
30	22:50:00	450.00	-	22:55:00	450.00	-	-

Tabla 79



Análisis de datos del ensayo, fraguado del cemento, muestra 7 – P1 y P2

Universidad Andina del Cusco		DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO CON AGUA DE VICAT NTP 334.006:2019 – ASTM C 191-01							
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".							
Tesista 1:	Joselin Huarcaya Carrión	Fecha:	19 de mayo del 2023						
Tesista 2:	Edisson Huaman Quispe	N° de hoja:	14 de 15						
Ubicación:	AV. Garcilaso Chinchero	Número de muestra:	N° 7						
Provincia:	Urubamba	Ensayo:	Ensayo para determinar la calidad del cemento						
Región:	Cusco								
Hoja de registro de datos - Ensayo para determinar el fraguado del cemento portland tipo IP (Yura) por la prueba de Vicat									
CEMENTO PORTLAND YURA TIPO IP - CADUCO DE 2 AÑOS CON 2 MESES - MOLIDO (PRUEBA 1)					CEMENTO PORTLAND YURA TIPO IP - CADUCO DE 2 AÑOS CON 2 MESES - MOLIDO (PRUEBA 2)				
N°	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)		PENETRACIÓN (mm)	OBSERVACIÓN	N°	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)		PENETRACIÓN (mm)	OBSERVACIÓN
1	15:30:00	0.00	----	Hora de inicio	15:35:00	0.00	----	----	Hora de inicio
2	16:00:00	30.00	43.00	Descenso rápido	16:05:00	30.00	43.00	43.00	Descenso rápido
3	16:15:00	45.00	43.00	Descenso rápido	16:20:00	45.00	43.00	43.00	Descenso rápido
4	16:30:00	60.00	43.00	Descenso rápido	16:35:00	60.00	43.00	43.00	Descenso rápido
5	16:45:00	75.00	41.00	Descenso rápido	16:50:00	75.00	41.00	41.00	Descenso rápido
6	17:00:00	90.00	40.00	Descenso rápido	17:05:00	90.00	40.00	40.00	Descenso rápido
7	17:15:00	105.00	30.00	Descenso lento	17:20:00	105.00	39.00	39.00	Descenso rápido
8	17:30:00	120.00	30.00	Descenso lento	17:35:00	120.00	37.00	37.00	Descenso lento
9	17:45:00	135.00	27.00	Descenso lento	17:50:00	135.00	37.00	37.00	Descenso lento
10	18:00:00	150.00	27.00	Descenso lento	18:05:00	150.00	30.00	30.00	Descenso lento
11	18:15:00	165.00	27.00	Descenso lento	18:20:00	165.00	30.00	30.00	Descenso lento
12	18:30:00	180.00	23.00	Descenso lento	18:35:00	180.00	24.50	24.50	Descenso lento
13	18:45:00	195.00	23.00	Descenso lento	18:50:00	195.00	22.00	22.00	Descenso lento
14	19:00:00	210.00	23.00	Descenso lento	19:05:00	210.00	22.00	22.00	Descenso lento
15	19:15:00	225.00	12.00	Superficie pastosa	19:20:00	225.00	14.00	14.00	Descenso lento
16	19:30:00	240.00	12.00	Superficie suave	19:35:00	240.00	14.00	14.00	Descenso lento
17	19:45:00	255.00	10.00	Superficie suave	19:50:00	255.00	9.00	9.00	Superficie pastosa
18	20:00:00	270.00	4.00	Superficie suave	20:05:00	270.00	4.00	4.00	Superficie suave
19	20:15:00	285.00	3.00	Superficie suave	20:20:00	285.00	3.50	3.50	Superficie suave
20	20:30:00	300.00	3.00	Superficie suave	20:35:00	300.00	3.00	3.00	Superficie suave
21	20:45:00	315.00	1.00	Superficie suave	20:50:00	315.00	1.00	1.00	Superficie suave
22	21:00:00	330.00	1.00	Superficie suave	21:05:00	330.00	1.00	1.00	Superficie suave
23	21:15:00	345.00	0.00	Sin marca	21:20:00	345.00	0.00	0.00	Sin marca
24	21:30:00	360.00	-	-	21:35:00	360.00	-	-	-
25	21:45:00	375.00	-	-	21:50:00	375.00	-	-	-
26	22:00:00	390.00	-	-	22:05:00	390.00	-	-	-
27	22:15:00	405.00	-	-	22:20:00	405.00	-	-	-
28	22:30:00	420.00	-	-	22:35:00	420.00	-	-	-
29	22:45:00	435.00	-	-	22:50:00	435.00	-	-	-
30	23:00:00	450.00	-	-	23:05:00	450.00	-	-	-

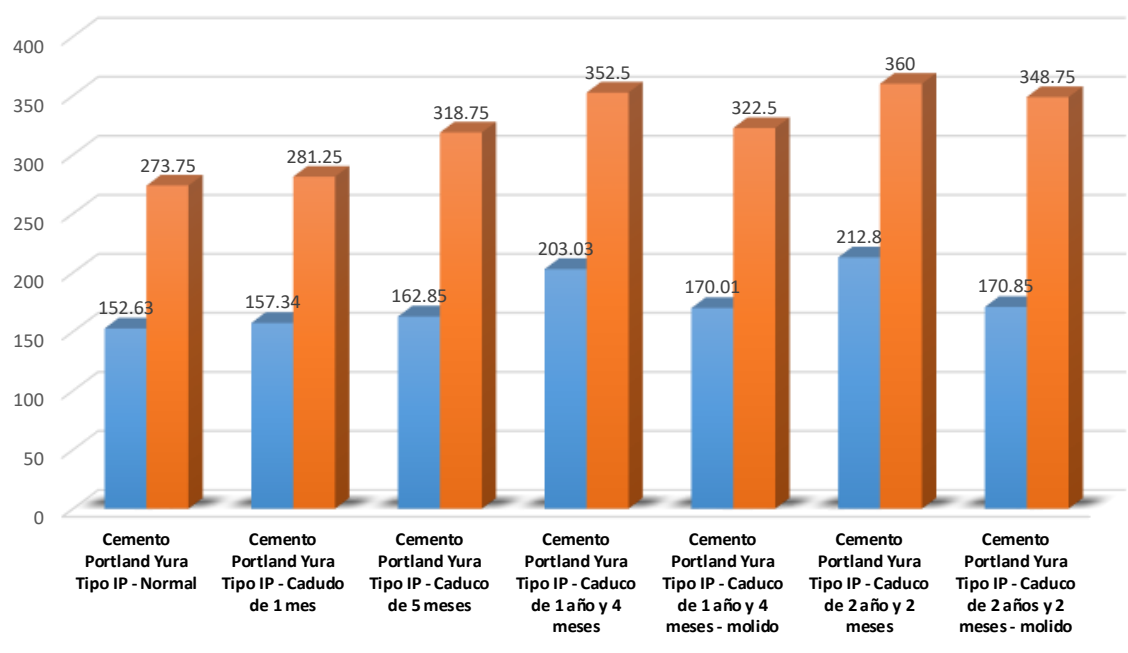


Tabla 80

Análisis de datos del ensayo, fraguado del cemento, muestra 1,2, 3, 4, 5,6 y 7

 DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO CONAGUA DE VICAT NTP 334.006:2019 – ASTM C 187-98 			
Nombre de la tesis:	"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".		
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edison Huaman Quispe Ubicación: Av. Garcilaso Chinchero Provincia: Urubamba Región: Cusco	Fecha: 20 de mayo del 2023 N° de hoja: 36 de 36 Número de muestra: N° 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7. Ensayo: Ensayo para determinar la calidad del cemento		
Hoja de Resultados - Ensayo para determinar el fraguado del cemento portland tipo IP (Yura) por la prueba de Vicat			
CEMENTO PORTLAND YURA TIPO IP - FRAGUADO			
N°	DESCRIPCIÓN	TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL (MIN)	TIEMPO DE FRAGUADO FINAL (MIN)
1	Cemento Portland Yura Tipo IP - Normal	152.63	273.75
2	Cemento Portland Yura Tipo IP - Caduco de 1 mes	157.34	281.25
3	Cemento Portland Yura Tipo IP - Caduco de 5 meses	162.85	318.75
4	Cemento Portland Yura Tipo IP - Caduco de 1 año y 4 meses	203.03	352.5
5	Cemento Portland Yura Tipo IP - Caduco de 1 año y 4 meses - molido	170.01	322.5
6	Cemento Portland Yura Tipo IP - Caduco de 2 años y 2 meses	212.8	360
7	Cemento Portland Yura Tipo IP - Caduco de 2 años y 2 meses - molido	170.85	348.75

TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL Y FINAL DE LAS 7 MUESTRAS DE CEMENTO



Muestra	Descripción	TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL (MIN)	TIEMPO DE FRAGUADO FINAL (MIN)
1	Cemento Portland Yura Tipo IP - Normal	152.63	273.75
2	Cemento Portland Yura Tipo IP - Caduco de 1 mes	157.34	281.25
3	Cemento Portland Yura Tipo IP - Caduco de 5 meses	162.85	318.75
4	Cemento Portland Yura Tipo IP - Caduco de 1 año y 4 meses	203.03	352.5
5	Cemento Portland Yura Tipo IP - Caduco de 1 año y 4 meses - molido	170.01	322.5
6	Cemento Portland Yura Tipo IP - Caduco de 2 años y 2 meses	212.8	360
7	Cemento Portland Yura Tipo IP - Caduco de 2 años y 2 meses - molido	170.85	348.75

■ TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL (MIN) ■ TIEMPO DE FRAGUADO FINAL (MIN)



3.6.4 Ensayo de densidad in situ.

a) Procesamiento o cálculo de la prueba

- Se realizarán los cálculos para calibrar el equipo con la siguiente fórmula:

$$* \text{Peso del agua} = (P.A.D + AGUA_{prom}) - (P.A.D_{vacio})$$

$$* V_1 = \text{Peso del agua} \times K$$

$$* W_1 = (P.A.D + ARENA) - (P.A.D_{vacio})$$

$$* \delta_1 = \frac{W_1}{V_1}$$

$$* W_2 = (P.A.D + ARENA) - (P.A.D + ARENA \text{ SOBRANTE})$$

Donde:

- *P.A.D*: Peso del aparato de densidad
 - *V₁*: Volumen del recipiente
 - *W₁*: Peso neto de la arena
 - *δ₁*: Densidad volumétrica de la arena
 - *K*: Factor de corrección por temperatura
 - *W₂*: Peso neto de arena en el embudo
- Se realizarán los cálculos para determinar la densidad In situ con las siguientes fórmulas:

$$* W = \frac{W_4 - W_5}{W_5} \times 100$$

$$* W_6 = \frac{100 \times W_4}{(W + 100)}$$

$$* V_2 = \frac{W_7 - W_2}{\delta_1}$$

$$* \delta_2 = \frac{W_6}{V_2}$$

Donde:

- *W₄*: Peso húmedo de muestra representativa
- *W₅*: Peso seco de muestra representativa
- *W₆*: Peso seco del material extraído
- *W₇*: Peso de arena utilizada en agujero
- *W*: Contenido de humedad
- *V₂*: Volumen del agujero
- *δ₂*: Densidad en seco del material



b) Diagramas y tablas de la prueba

Tabla 81

Análisis de datos del ensayo, densidad in situ, calibración de equipo



 Universidad Andina del Cusco		DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO IN - SITU MEDIANTE EL MÉTODO DEL CONO DE ARENA MTC E 117 - NTP 339.143- ASTM D 1556		
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".		
Tesista 1	: Joselin Huarcaya Carrión	Fecha	: 22 de mayo del 2023	
Tesista 2	: Edisson Huaman Quispe	N° de hoja	: 01 de 04	
Ubicación de la muestra	: Chacapunco	Detalle de Hoja:	Calibración de equipo	
Provincia	: Cusco	Ensayo	: Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo.	
Región	: Cusco			
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de Densidad y Peso Unitario IN SITU				
Determinación del Volumen del frasco incluyendo el Cono hasta la válvula				
N°	Descripción	Datos	Und	
1	Peso del aparato de densidad vacío	817.20	gr	
2	Peso del aparato de densidad + agua - 1	4871.00	gr	
	Temperatura -1	17.50	°C	
3	Peso del aparato de densidad + agua - 2	4871.01	gr	
	Temperatura -2	17.50	°C	
4	Peso del aparato de densidad + agua - 3	4870.99	gr	
	Temperatura -3	17.50	°C	
5	Peso del aparato de densidad + agua - promedio	4871.00	gr	
	Temperatura - promedio	17.50	°C	
6	Peso del agua	4053.80	gr	
	Corrección de la temperatura	1.001293	cm ³ /gr	
7	Volumen del recipiente (V)	4059.04	cm ³	
Determinación de la densidad aparente de la arena a usar				
N°	Descripción	Datos	Und	
1	Peso del aparato de densidad vacío	817.20	gr	
2	Peso del aparato de densidad + arena - 1	6835.40	gr	
3	Peso del aparato de densidad + arena - 1	6835.38	gr	
4	Peso del aparato de densidad + arena - 1	6835.41	gr	
5	Peso del aparato de densidad + arena - promedio	6835.40	gr	
6	Peso neto de la arena (W 1)	6018.20	gr	
7	Densidad volumétrica de la arena (δ_1)	1.48	gr/cm ³	
Determinación de la densidad aparente de la arena a usar para llenar el embudo				
N°	Descripción	Datos	Und	
1	Peso del aparato de densidad + arena	6835.40	gr	
2	Peso del aparato de densidad + arena sobrante en recipiente -1	4971.22	gr	
3	Peso del aparato de densidad + arena sobrante en recipiente -2	4971.24	gr	
4	Peso del aparato de densidad + arena sobrante en recipiente -3	4971.28	gr	
5	Peso del aparato de densidad + arena sobrante en recipiente -promedio	4971.25	gr	
6	Peso neto de la arena en embudo (W 2)	1864.15	gr	



Tabla 82

Análisis de datos del ensayo, densidad in situ Punto 1 y 2 km 0+000



 Universidad Andina del Cusco		DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO IN - SITU MEDIANTE EL MÉTODO DEL CONO DE ARENA MTC E 117 - NTP 339.143- ASTM D 1556			
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".					
Tesista 1 : Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2 : Edisson Huaman Quispe Ubicación de la Chacapunco Provincia : Cusco Región : Cusco		Fecha : 22 de mayo del 2023 Nº de hoja : 02 de 04 Número de Nº 1 y 2. Ensayo : Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo.			
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de Densidad y Peso Unitario IN SITU					
Determinación de la densidad "In Situ" del Punto 1 KM 0+000					
Nº	Descripción	Datos	Und		
1	Tamaño máximo	3/4"	pulgada		
	Volumen mínimo del orificio	4144.35	cm ³		
2	Diámetro interior de placa base	16.45	cm		
	Profundidad en función al volumen	19.50	cm		
3	Peso humedo material extraido (W3)	5341.45	gr		
4	Peso del aparato de densidad + arena sobrante en recipiente - promedio	817.2	gr		
5	Peso humedo de la muestra representativa (W4)	1000	gr		
	Peso seco de la muestra representativa (W5)	988.7	gr		
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (w)	1.143	%		
7	Peso seco del material extraido (W6)	5281.09	gr		
8	Peso de arena utilizada en agujero (W7)	4154.05	gr		
9	Peso neto de la arena en embudo (W2)	1864.15	gr		
10	Volumen del agujero (V2)	4144.35	cm ³		
11	Densidad en seco del material ensayado (δ ₂)	1.27	gr/cm ³		
Determinación de la densidad "In Situ" del Punto 2 KM 0+000					
Nº	Descripción	Datos	Und		
1	Tamaño máximo	3/4"	pulgada		
	Volumen mínimo del orificio	4016.83	cm ³		
2	Diámetro interior de placa base	16.45	cm		
	Profundidad en función al volumen	18.90	cm		
3	Peso humedo material extraido (W3)	5201.45	gr		
4	Peso del aparato de densidad + arena sobrante en recipiente - promedio	817.2	gr		
5	Peso humedo de la muestra representativa (W4)	1000	gr		
	Peso seco de la muestra representativa (W5)	992.76	gr		
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (w)	0.729	%		
7	Peso seco del material extraido (W6)	5163.79	gr		
8	Peso de arena utilizada en agujero (W7)	4154.05	gr		
9	Peso neto de la arena en embudo (W2)	1864.15	gr		
10	Volumen del agujero (V2)	4016.83	cm ³		
11	Densidad en seco del material ensayado (δ ₂)	1.29	gr/cm ³		



Tabla 83

Análisis de datos del ensayo, densidad in situ Punto 3 y 4 km 0+295



 Universidad Andina del Cusco		DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO IN - SITU MEDIANTE EL MÉTODO DEL CONO DE ARENA			
		MTC E 117 - NTP 339.143- ASTM D 1556			
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".			
Tesista 1	: Joselin Huarcaya Carrión	Fecha :	23 de mayo del 2023		
Tesista 2	: Edisson Huaman Quispe	N° de hoja :	03 de 04		
Ubicación de la muestra	: Chacapunco	Número de muestra :	N° 3 y 4.		
Provincia	: Cusco	Ensayo :	Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo.		
Región	: Cusco				
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de Densidad y Peso Unitario IN SITU					
Determinación de la densidad "In Situ" del Punto 3 KM 0+295					
N°	Descripción	Datos	Und		
1	Tamaño máximo	3/4"	pulgada		
	Volumen mínimo del orificio	4208.11	cm ³		
2	Diámetro interior de placa base	16.45	cm		
	Profundidad en función al volumen	19.80	cm		
3	Peso humedo material extraído (W 3)	5001.45	gr		
4	Peso del aparato de densidad + arena sobrante en recipiente -promedio	817.20	gr		
5	Peso humedo de la muestra representativa (W 4)	1000	gr		
	Peso seco de la muestra representativa (W 5)	995.76	gr		
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (w)	0.426	%		
7	Peso seco del material extraído (W 6)	4980.24	gr		
8	Peso de arena utilizada en agujero (W 7)	4154.05	gr		
9	Peso neto de la arena en embudo (W 2)	1864.15	gr		
10	Volumen del agujero (V2)	4208.11	cm ³		
11	Densidad en seco del material ensayado (δ ₂)	1.18	gr/cm ³		
Determinación de la densidad "In Situ" del Punto 4 KM 0+295					
N°	Descripción	Datos	Und		
1	Tamaño máximo	3/4"	pulgada		
	Volumen mínimo del orificio	4208.11	cm ³		
2	Diámetro interior de placa base	16.45	cm		
	Profundidad en función al volumen	19.80	cm		
3	Peso humedo material extraído (W 3)	5001.45	gr		
4	Peso del aparato de densidad + arena sobrante en recipiente -promedio	817.20	gr		
5	Peso humedo de la muestra representativa (W 4)	1000	gr		
	Peso seco de la muestra representativa (W 5)	983.76	gr		
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (w)	1.651	%		
7	Peso seco del material extraído (W 6)	4920.23	gr		
8	Peso de arena utilizada en agujero (W 7)	4154.05	gr		
9	Peso neto de la arena en embudo (W 2)	1864.15	gr		
10	Volumen del agujero (V2)	4208.11	cm ³		
11	Densidad en seco del material ensayado (δ ₂)	1.17	gr/cm ³		

Tabla 84

Análisis de datos del ensayo, densidad in situ Punto 5 y 6 km 0+645





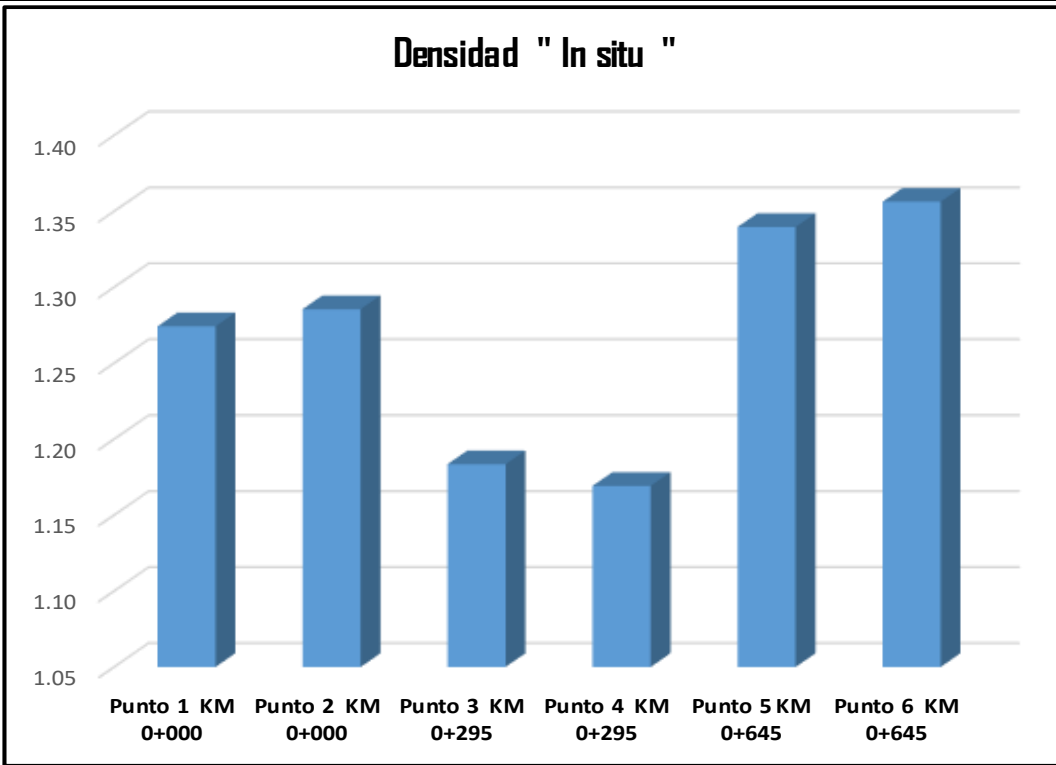
 Universidad Andina del Cusco		DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO IN - SITU MEDIANTE EL MÉTODO DEL CONO DE ARENA			
		MTC E 117 - NTP 339.143- ASTM D 1556			
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".			
Tesista 1	: Joselin Huarcaya Carrión	Fecha	: 23 de mayo del 2023		
Tesista 2	: Edisson Huaman Quispe	Nº de hoja	: 04 de 04		
Ubicación de la muestra	: Chacapunco	Número de muestra	: Nº 5 y 6.		
Provincia	: Cusco	Ensayo	: Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo.		
Región	: Cusco				
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de Densidad y Peso Unitario IN SITU					
Determinación de la densidad "In Situ" del Punto 5 KM 0+645					
Nº	Descripción	Datos	Und		
1	Tamaño máximo	3/4"	pulgada		
	Volumen mínimo del orificio	4038.08	cm ³		
2	Diámetro interior de placa base	16.45	cm		
	Profundidad en función al volumen	19.00	cm		
3	Peso humedo material extraido (W 3)	5451.45	gr		
4	Peso del aparato de densidad + arena sobrante en recipiente - promedio	817.20	gr		
5	Peso humedo de la muestra representativa (W 4)	1000	gr		
	Peso seco de la muestra representativa (W 5)	992.34	gr		
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (<i>w</i>)	0.772	%		
7	Peso seco del material extraido (W 6)	5409.69	gr		
8	Peso de arena utilizada en agujero (W 7)	4154.05	gr		
9	Peso neto de la arena en embudo (W 2)	1864.15	gr		
10	Volumen del agujero (V2)	4038.08	cm ³		
11	Densidad en seco del material ensayado (δ_2)	1.34	gr/cm ³		
Determinación de la densidad "In Situ" del Punto 6 KM 0+645					
Nº	Descripción	Datos	Und		
1	Tamaño máximo	3/4"	pulgada		
	Volumen mínimo del orificio	4059.34	cm ³		
2	Diámetro interior de placa base	16.45	cm		
	Profundidad en función al volumen	19.10	cm		
3	Peso humedo material extraido (W 3)	5551.45	gr		
4	Peso del aparato de densidad + arena sobrante en recipiente - promedio	817.20	gr		
5	Peso humedo de la muestra representativa (W 4)	1000	gr		
	Peso seco de la muestra representativa (W 5)	991.76	gr		
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (<i>w</i>)	0.831	%		
7	Peso seco del material extraido (W 6)	5505.71	gr		
8	Peso de arena utilizada en agujero (W 7)	4154.05	gr		
9	Peso neto de la arena en embudo (W 2)	1864.15	gr		
10	Volumen del agujero (V2)	4059.34	cm ³		
11	Densidad en seco del material ensayado (δ_2)	1.36	gr/cm ³		



Tabla 85

Análisis de datos del ensayo, densidad in situ de los Puntos 1, 2, 3, 4, 5 y 6

 Universidad Andina del Cusco		DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO IN - SITU MEDIANTE EL MÉTODO DEL CONO DE ARENA MTC E 117 - NTP 339.143- ASTM D 1556			
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".			
Tesista 1	: Joselín Huarcaya Carrión	Fecha	: 25 de mayo del 2023		
Tesista 2	: Edison Huaman Quispe	Nº de hoja	: 01 de 01		
Ubicación de la muestra	: Chacapunco	Número de muestra	: Nº 1, 2, 3, 4, 5 y 6.		
Provincia	: Urubamba	Ensayo	: Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo.		
Región	: Cusco				
Hoja de resultados - Ensayo de Densidad y Peso Unitario IN SITU					
Nº	Descripción		Resultados		
1	Determinación de la densidad "In Situ" del Punto1 KM0+000		1.27		
2	Determinación de la densidad "In Situ" del Punto2 KM0+000		1.29		
3	Determinación de la densidad "In Situ" del Punto3 KM0+295		1.18		
4	Determinación de la densidad "In Situ" del Punto4 KM0+295		1.17		
5	Determinación de la densidad "In Situ" del Punto5 KM0+645		1.34		
6	Determinación de la densidad "In Situ" del Punto6 KM0+645		1.36		
Densidad en seco del material: $\delta = \frac{W_6}{V_3}$ * W_6 : Peso seco del material extraído * V_3 = Volumen del agujero					
Densidad " In situ" del suelo					1.27
					



c) Análisis de la prueba

Se realizó el ensayo de densidad in situ para determinar la densidad de suelos compactados que se encuentran en el lugar, esta prueba se realizó en 6 puntos 2 por calicata.

Este método es usado para determinar la densidad in situ del suelo natural es necesaria para la determinación de la capacidad de carga de los suelos, en las que existen especificaciones en cuanto a la humedad y la densidad, con el fin de analizar la estabilidad de las pendientes, determinar las presiones sobre los estratos subyacentes para el cálculo del asentamiento y el diseño de las estructuras subterráneas.

3.6.5 Ensayo de Penetración dinámica ligera.

a) Procesamiento o cálculo de la prueba

- El ensayo DPL al no contar con correcciones normadas para la obtención del ángulo de fricción interna, es por ello que, los valores del número de golpes del ensayo DPL (N_{dpl}) se correlacionan con el número de golpes del ensayo de penetración estándar (N_{spt}), a fin de determinar el ángulo de fricción interna corregido, y posteriormente calcular la capacidad de carga admisible usando la fórmula de Terzaghi.
- En base a las características del terreno se utiliza un fórmula empírica que relaciona los parámetros de los equipos de DPL y SPT, tales como: peso del martillo, altura de caída del martillo, área de la punta cónica, el espesor de la hincas y el número de golpes obtenidos con el DPL, tal como se detalla a continuación:

$$N_1 = N_2 \frac{W_1 * H_1 * A_2 * e_2}{W_2 * H_2 * A_1 * e_1}$$

Donde:

- **N1:** Número de golpes equivalente en SPT
- **N2:** Número de golpes obtenidos en DPL
- **W1:** Peso del martillo del DPL
- **W2:** Peso del martillo SPT
- **H1:** Altura de caída de DPL
- **H2:** Altura de caída del SPT
- **A1:** Área de la punta cónica del DPL
- **A2:** Área de la punta cónica del SPT
- **e1:** Espesor de la hincas del DPL
- **e2:** Espesor de la hincas del SPT



- Una vez calculado los valores de golpes con el SPT (N_{spt}), se realiza las siguientes correcciones: por nivel freático, eficiencia, longitud y diámetro, para así obtener el nuevo número de golpes corregido por ensayo SPT (N_{spt}), con este último se procede a estimar el ángulo de fricción interna de los suelos.
- Como se indica en la figura 80 tenemos los datos de número de golpes del DPL la cual necesitamos para poder calcular el ($N1$) número de golpes equivalentes del SPT con la cual hallaremos los ángulos de fricción y se elegirá el mayor.

$$\phi = \sqrt{20 + N1} + 15$$

Donde:

- $N1$ =Numero de golpes equivalentes del SPT
- ϕ =ángulo de fricción

Figura 79

Conversión de golpes de DPL a SPT

Penetrómetro	Sub Índice	Peso W(kg)	Caída H (cm)	Af (cm ²)	Penet. E (cm)
SPT	1	63.5	76	20.27	30
DPL	2	10	61	4.99	10

b) Análisis de la prueba

- Se realizó el ensayo para determinar la resistencia del suelo a través de un equipo de uso dinámico y ligero y a la vez ver la capacidad de soporte in-situ, esta prueba se realizó en 3 puntos a lo largo de la trocha carrozable.
- La ventaja de este instrumento es que es un equipo muy práctico y se puede transportar fácilmente. Es un método de prospección indirecta para análisis geotécnico de suelos que permite estimar la resistencia de los suelos a través del número de golpes



c) Diagramas y tablas de la prueba

Tabla 86

Análisis de datos del ensayo, DPL del km 0+000

	ENSAYO DE PENETRACION DINAMICA LIGERA (DPL) - NTP 339.159 - MTC E 119	
"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".		
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS		
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapunco Provincia: Urubamba Región: Cusco	Fecha: : 02 de junio del 2023 N° de hoja: : 01 de 03 N° de muestra: : N1 Ensayo: : Ensayo de propiedades mecánicas del suelo	
ESTRUCTURA: TROCHA CARROZABLE	N° DE SONDEO: 1	
PROGRESIVA: km 00+000		
COTA DEL NIVEL: 3766 m.s.n.m		

Gráfico de Penetración PDL

Profundidad Metros	Número de golpes
0	0
0.1	29
0.2	25
0.3	19
0.4	23
0.5	22
0.6	24
0.7	23
0.8	22
0.9	24
1.0	28

Cota msnm	N DPL	N SPT
3766.0	0	0
3765.9		
3765.8		
3765.7	73	47.40
3765.6		
3765.5		
3765.4	69	44.80
3765.3		
3765.2		
3765.1	69	44.80

Profund. M.	N° de golpes SPT	Corección por efec.	Corección por long.	Corección por diam.	Ángulo de fricción (j)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	47.40	35.55	26.66	26.66	10.66
0.6	44.80	33.60	25.20	25.20	10.08
0.9	44.80	33.60	25.20	25.20	10.08

ANGULO DE PRICCION POR DPL (NORMA DIN 4094)

$$N_1 = N_2 \frac{W_1 * H_1 * A_2 * e_2}{W_2 * H_2 * A_1 * e_1}$$

N2= Numero de golpes obtenidos en PDL
 N1= Numero de golpes equivalente en SPT

CÁLCULO ÁNGULO DE FRICCIÓN Y COHECIÓN

j=	10.66 °
qu=	3.55 kg/cm2
c=	0.5qu
c=	1.18 kg/cm2

Ángulo de fricción

Penemetro	Sub Indice	Peso W (kg)	Caida H (cm)	Af (cm2)	Penet. E (cm)
SPT	1	63.5	76	20.27	30
DPL	2	10	61	4.99	10

Gráfico de penetración SPT



Tabla 87

Análisis de datos del ensayo, DPL del km 0+295

	ENSAYO DE PENETRACION DINAMICA LIGERA (DPL) - NTP 339.159 - MTC E 119	
"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".		
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS		
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edison Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapunco Provincia: Urubamba Región: Cusco	Fecha: 02 de junio del 2023 N° de hoja: 02 de 02 N° de muestra: N°2 Ensayo: Ensayo de propiedades mecánicas del suelo	
ESTRUCTURA: TROCHA CARROZABLE 3RA CLASE	N° DE SONDEO: 2	
PROGRESIVA: km 00+295		
COTA DEL NIVEL: 3774 m.s.n.m		

Gráfico de Penetración PDL

Profundidad Metros	Numero de golpes
0	0
0.1	46
0.2	40
0.3	42
0.4	75
0.5	70
0.6	73
0.7	76
0.8	80
0.9	79
1.0	78

Cota msnm	N DPL	N SPT
3774.0	0	0
3773.9		
3773.8		
3773.7	128	83.11
3773.6		
3773.5		
3773.4	218	141.54
3773.3		
3773.2		
3773.1	235	152.58

Profund. M.	Nº de golpes SPT	Corección por efic.	Corección por long.	Corección por diam.	Angulo de fricción (j)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	83.11	62.33	46.75	46.75	20.26
0.6	141.54	106.15	79.62	79.62	34.50
0.9	152.58	114.43	85.82	85.82	37.19

Gráfico de Penetración SPT

Ángulo de fricción

Penemometro	Sub Indice	Peso W (kg)	Caida H (cm)	Af (cm2)	Penet. E (cm)
SPT	1	63.5	76	20.27	30
DPL	2	10	61	4.99	10

ÁNGULO DE FRICCIÓN POR DPL (NORMA DIN 4094)

$$N_1 = N_2 \frac{W_1 * H_1 * A_2 * e_2}{W_2 * H_2 * A_1 * e_1}$$

N2= Numero de golpes obtenidos en PDL
N1= Numero de golpes equivalente en SPT

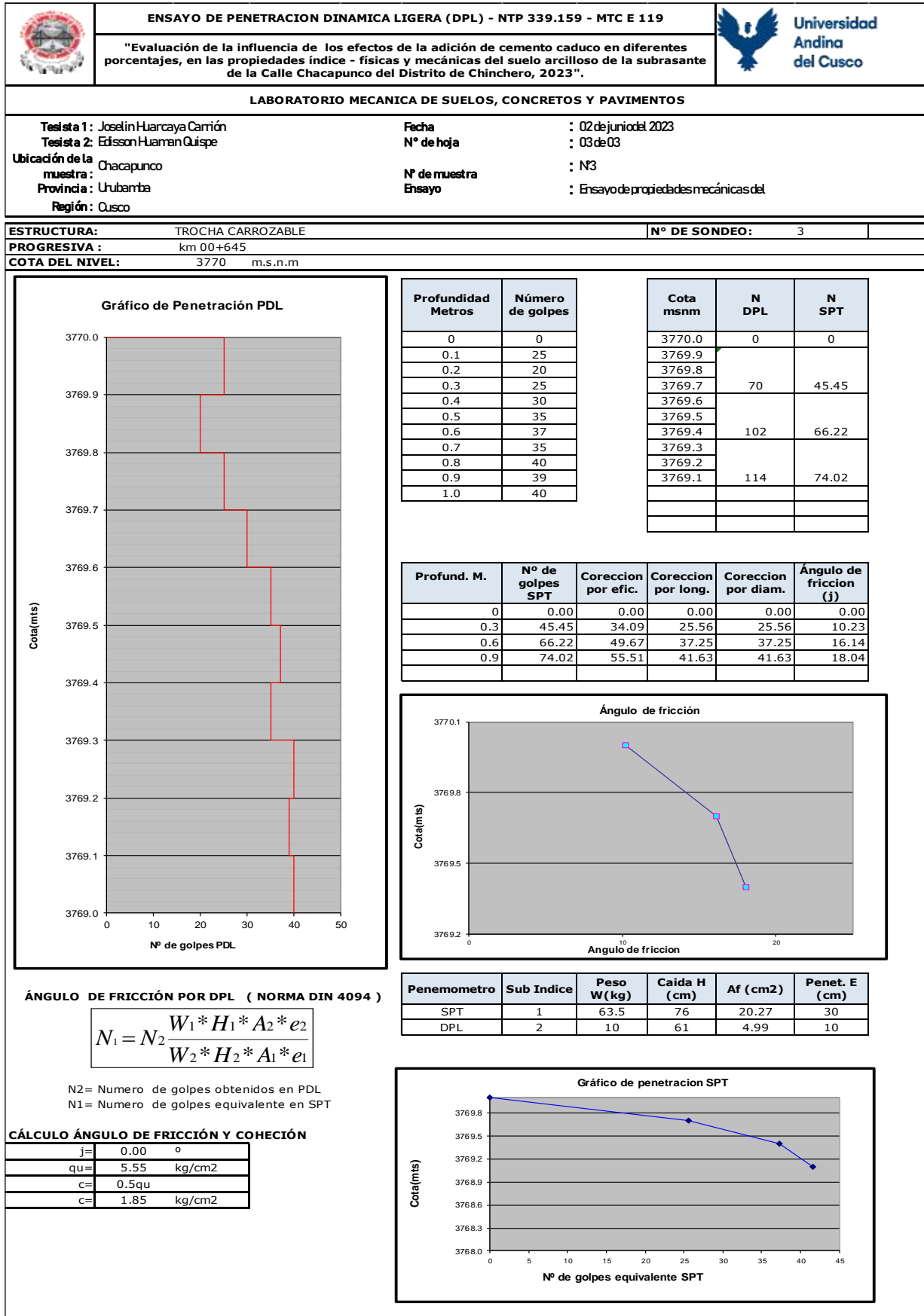
CÁLCULO ÁNGULO DE FRICCIÓN Y COHECIÓN

j=	37.19	°
qu=	11.44	kg/cm2
c=	0.5qu	
c=	3.81	kg/cm2



Tabla 88

Análisis de datos del ensayo, DPL del km 0+645





3.6.6 Ensayo de contenido de humedad.

a) Procesamiento o cálculo de la prueba

- Se realiza el cálculo del contenido de humedad con la siguiente formula:

$$W = \frac{M_{csw} - M_{css}}{M_{css} - M_c} \times 100 \rightarrow W = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

Donde:

- M_{csw} : *Peso del recipiente más agregado humedo*
- M_{css} : *Peso del recipiente más agregado seco*
- M_c : *Peso del recipiente*
- M_w : *Peso del agua*
- M_s : *Peso de la muestra seca*

b) Análisis de la prueba

- Se registra una gran cantidad de muestras de contenido de humedad replicadas antes y después de cada prueba para obtener un adecuado control sobre los resultados. Los datos registrados, en particular los datos obtenidos en las pruebas de contenido de humedad son importantes en la investigación porque de ellos depende la precisión de los resultados realizado en las siguientes pruebas de laboratorio, que corresponden a las propiedades índice-físico y mecánicas.



c) Diagramas y tablas de la prueba

Tabla 89

Análisis de datos del ensayo, contenido de humedad, muestra 1, 2, 3, 4, 5 y 6-Parte I





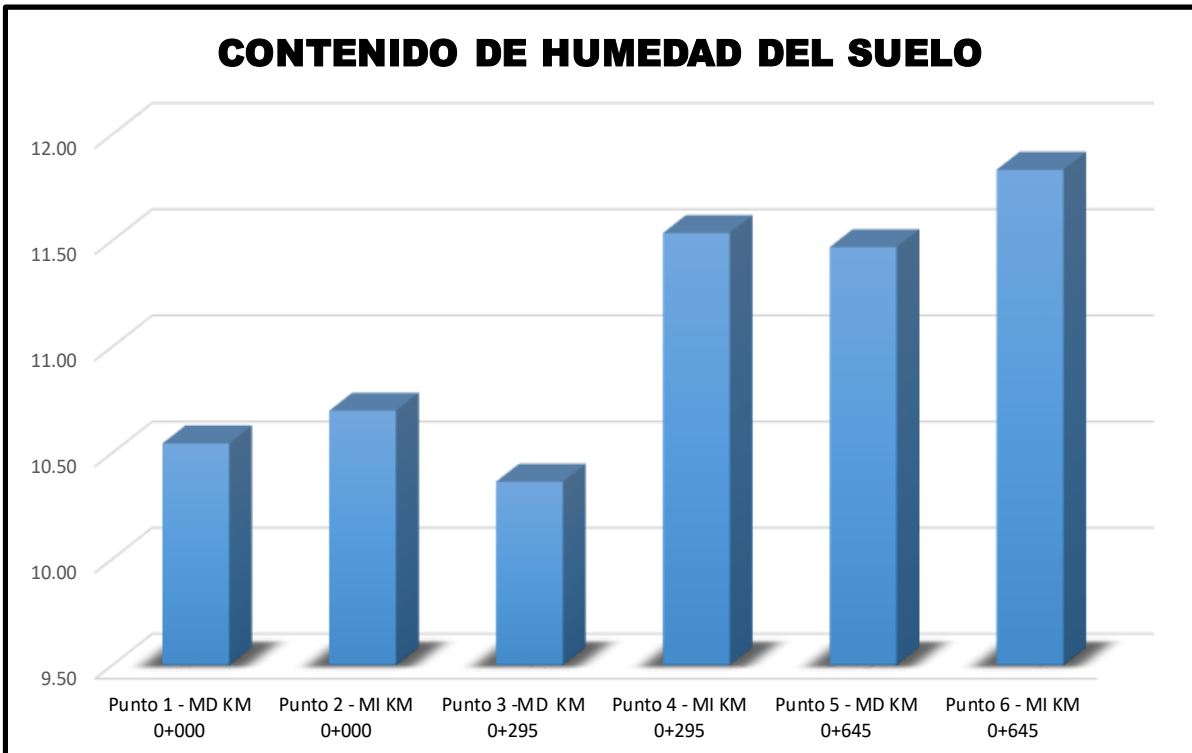
 Universidad Andina del Cusco		Contenido de Humedad del suelo MTC E108 -ASTMD2216						
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".						
Tesista 1	: Joselin Huarcaya Carrión	Fecha	: 23 de mayo del 2023					
Tesista 2	: Edisson Huaman Quispe	N° de hoja	: 01 de 01					
Ubicación de la muestra	: Chacapunco	Número de muestra	: N° 1, 2, 3, 4, 5 y 6					
Provincia	: Urubamba	Ensayo	: Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo					
Región	: Cusco							
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de determinación del contenido de humedad del suelo								
N°	Descripción del molde	Und	1	2	3	4	PROMEDIO	
Muestra 1	Peso de la tara	gr	15.90	16.00	15.70	15.60	15.80	
	Peso de la tara + muestra húmeda	gr	58.80	58.82	59.40	59.39	59.10	
	Peso de la tara + muestra seca	gr	54.69	54.68	55.27	55.25	54.97	
	Peso del agua	gr	4.11	4.14	4.13	4.14	4.13	
	Peso de la muestra seca	gr	38.79	38.68	39.57	39.65	39.17	
	Contenido de Humedad	%	10.60	10.70	10.44	10.44	10.54	
Muestra 2	Peso de la tara	gr	15.50	15.70	15.70	15.60	15.63	
	Peso de la tara + muestra húmeda	gr	61.50	57.80	56.70	50.70	56.68	
	Peso de la tara + muestra seca	gr	57.13	53.81	52.58	47.32	52.71	
	Peso del agua	gr	4.37	3.99	4.12	3.38	3.97	
	Peso de la muestra seca	gr	41.63	38.11	36.88	31.72	37.09	
	Contenido de Humedad	%	10.50	10.47	11.17	10.66	10.70	
Muestra 3	Peso de la tara	gr	15.80	15.90	16.00	15.90	15.90	
	Peso de la tara + muestra húmeda	gr	55.50	55.50	61.50	61.00	58.38	
	Peso de la tara + muestra seca	gr	51.70	51.72	57.55	56.60	54.39	
	Peso del agua	gr	3.80	3.78	3.95	4.40	3.98	
	Peso de la muestra seca	gr	35.90	35.82	41.55	40.70	38.49	
	Contenido de Humedad	%	10.58	10.55	9.51	10.81	10.36	
Muestra 4	Peso de la tara	gr	15.80	15.70	15.80	15.80	15.78	
	Peso de la tara + muestra húmeda	gr	64.70	64.72	60.60	60.68	62.68	
	Peso de la tara + muestra seca	gr	59.65	59.66	56.00	55.99	57.83	
	Peso del agua	gr	5.05	5.06	4.60	4.69	4.85	
	Peso de la muestra seca	gr	43.85	43.96	40.20	40.19	42.05	
	Contenido de Humedad	%	11.52	11.51	11.44	11.67	11.53	
Muestra 5	Peso de la tara	gr	15.70	15.80	15.70	15.70	15.73	
	Peso de la tara + muestra húmeda	gr	55.90	58.40	58.38	55.89	57.14	
	Peso de la tara + muestra seca	gr	51.81	53.97	53.95	51.79	52.88	
	Peso del agua	gr	4.09	4.43	4.43	4.10	4.26	
	Peso de la muestra seca	gr	36.11	38.17	38.25	36.09	37.16	
	Contenido de Humedad	%	11.33	11.61	11.58	11.36	11.47	
Muestra 6	Peso de la tara	gr	15.80	15.70	15.70	15.70	15.73	
	Peso de la tara + muestra húmeda	gr	59.80	59.80	59.90	58.79	59.57	
	Peso de la tara + muestra seca	gr	55.25	55.26	55.26	53.97	54.94	
	Peso del agua	gr	4.55	4.54	4.64	4.82	4.64	
	Peso de la muestra seca	gr	39.45	39.56	39.56	38.27	39.21	
	Contenido de Humedad	%	11.53	11.48	11.73	12.59	11.83	



Tabla 90

Análisis de datos del ensayo, contenido de humedad, muestra 1, 2, 3, 4, 5 y 6-Parte II

 Universidad Andina del Cusco		Contenido de Humedad del suelo MTC E108 -ASTMD2216		
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".		
Tesista 1	: Joselin Huarcaya Carrión	Fecha	: 24 de junio del 2023	
Tesista 2	: Edisson Huaman Quispe	N° de hoja	: 01 de 01	
Ubicación de la muestra	: Chacapunco	Número de muestra	: N° 1, 2, 3, 4, 5 y 6	
Provincia	: Urubamba	Ensayo	: Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo.	
Región	: Cusco			
Hoja de resultados - Ensayo de determinación del contenido de humedad del suelo				
N°	Descripción		Resultados	
1	Determinación del contenido de humedad del suelo Punto 1-MD KM 0+000		10.54	
2	Determinación del contenido de humedad del suelo Punto 2-MI KM 0+000		10.70	
3	Determinación del contenido de humedad del suelo Punto 3-MD KM 0+295		10.36	
4	Determinación del contenido de humedad del suelo Punto 4-MI KM 0+295		11.53	
5	Determinación del contenido de humedad del suelo Punto 5-MD KM 0+645		11.47	
6	Determinación del contenido de humedad del suelo Punto 6-MI KM 0+645		11.83	
Contenido de humedad del suelo: $* W = \frac{M_W}{M_S} * 100$ * M_S = Peso de la muestra seca del agua * M_W : Peso del agua				
Contenido de humedad del suelo				11.07
				



3.6.7 Ensayo de gravedad específica.

a) Procesamiento o cálculo de la prueba

- Se realiza el cálculo del volumen promedio calibrado del picnómetro mediante la siguiente formula:

$$V_p = \frac{(M_{pw,c} - M_p)}{\rho_{w,c}}$$

Donde:

- V_p : Volumen promedio calibrado de la fiola
 - $M_{pw,c}$: Masa del recipiente y agua a la temperatura de calibración
 - M_p : Peso del recipiente volumétrico
 - $\rho_{w,c}$: Densidad del agua a temperatura de calibración
- Se realiza el cálculo del peso específico de los sólidos del suelo a la temperatura del ensayo mediante la siguiente formula:

$$G_t = \frac{\rho_s}{\rho_{w,t}} = \frac{M_s}{(M_{pwt} - (M_{pws,t} - M_s))}$$

Donde:

- ρ_s : La densidad del sólido de suelo Mg/m³ o g/cm³.
 - $\rho_{w,t}$: La densidad del agua a la temperatura del ensayo g/ml.
 - M_s : La masa de los sólidos de suelo secadas al horno g
 - M_{pwt} : Masa del picnómetro y agua a la temperatura del ensayo.
 - $M_{pws,t}$: La masa del picnómetro, agua y solidos a la tp del ensayo.
- Se realiza el cálculo de la gravedad específica de los sólidos del suelo a la temperatura de 20°C mediante la siguiente formula:

$$G_{20^\circ C} = K \times G_t$$

Donde:

- K : Coeficiente de temperatura
- Se realiza el cálculo del peso específico promedio mediante la siguiente formula:

$$G_{avg@20^\circ C} = \frac{1}{\frac{R}{100 \times G_{1@20^\circ C}} + \frac{P}{100 \times G_{2@20^\circ C}}}$$

Donde:

- R : Porcentaje de suelo retenido en la malla 4,75mm.



- P : Porcentaje de suelo que pasa la malla 4,75 mm.
- $G_{1@20^{\circ}C}$: Peso específico del suelo retenido en la malla 4,75mm.
- $G_{2@20^{\circ}C}$: Peso específico del suelo pasante de la malla 4,75mm.

b) Análisis de la prueba

- Se realizó el ensayo para determinar la gravedad específica de los sólidos del suelo que es usado en el cálculo de las relaciones de fase de suelos, esta prueba se realizó en las 3 calicatas propuestas y se tomaron 3 muestras por calicata, para de esta manera poder trabajar con el promedio y permitarnos un menor error en los cálculos.
- Los valores obtenidos de la gravedad específica muestran que el suelo de la calicata 1 y 2 es una arcilla inorgánica de plasticidad baja a media y arcillas limosas y la calicata 3 presenta suelos arcillo limosos orgánicos de baja plasticidad.
- Con estos resultados podemos realizar los cálculos de análisis granulométrico por medio de sedimentación –hidrómetro 152H, este ensayo nos permite identificar las características índice-físicas del suelo estudiado.



c) Diagramas y tablas de la prueba

Tabla 91

Análisis de datos del ensayo, gravedad específica, calicata N°1



 Universidad Andina del Cusco		GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SÓLIDOS MTC E121 - ASTM D 2166 - AASHTO T 208			
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".			
Tesista 1	: Joselin Huarcaya Carrión	Fecha :	01 de junio del 2023		
Tesista 2	: Edisson Huaman Quispe	N° de hoja :	01 de 03		
Ubicación de la muestra	: Chacapunco	Número de muestra :	N° 1, 2 y 3.		
Provincia	: Urubamba	Ensayo :	Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo de la Calicata N°1		
Región	: Cusco				
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Gravedad específica de los sólidos					
N°	Descripción	Abreviatura	Datos	Und	
1	Método de remoción de aire		vacio		
	Volumen del frasco a 20° C	V =	500.00	ml	
	Peso del frasco volumétrico vacío y seco	Wb =	142.12	gr	
	Peso del frasco + agua hasta la marca	Wbw =	637.78	gr	
	Plato evaporador N°.		GE-C1-M-01		
	Peso de plato evaporador + sólidos seco	Recp + Ws =	152.38	gr	
	Peso del plato evaporador	Recp =	47.78	gr	
	Peso de los sólidos seco	Ws =	104.60	gr	
	Peso de frasco + Peso de sólidos seco + Agua hasta la marca	Wbws =	703.05	gr	
	Temperatura del agua	T°C =	18.00	°C	
	Densidad a la Temperatura del agua	γ (T°C) =	0.9986244	°C	
	Densidad a la Temperatura de 20°C	γ (20°C) =	0.9982343	°C	
Corrección de temperatura	α =	1.0004			
	Gravedad específica muestra Nro. 01	Gs =	2.661		
2	Método de remoción de aire		vacio		
	Volumen del frasco a 20° C	V =	500.00	ml	
	Peso del frasco volumétrico vacío y seco	Wb =	142.12	gr	
	Peso del frasco + agua hasta la marca	Wbw =	637.78	gr	
	Plato evaporador N°.		GE-C1-M-02		
	Peso de plato evaporador + sólidos seco	Recp + Ws =	152.30	gr	
	Peso del plato evaporador	Recp =	47.70	gr	
	Peso de los sólidos seco	Ws =	104.60	gr	
	Peso de frasco + Peso de sólidos seco + Agua hasta la marca	Wbws =	703.00	gr	
	Temperatura del agua	T°C =	18.00	°C	
	Densidad a la Temperatura del agua	γ (T°C) =	0.9986244	°C	
	Densidad a la Temperatura de 20°C	γ (20°C) =	0.9982343	°C	
Corrección de temperatura	α =	1.0004			
	Gravedad específica muestra Nro. 02	Gs =	2.657		
3	Método de remoción de aire		vacio		
	Volumen del frasco a 20° C	V =	500.00	ml	
	Peso del frasco volumétrico vacío y seco	Wb =	142.12	gr	
	Peso del frasco + agua hasta la marca	Wbw =	637.78	gr	
	Plato evaporador N°.		GE-C1-M-03		
	Peso de plato evaporador + sólidos seco	Recp + Ws =	152.15	gr	
	Peso del plato evaporador	Recp =	47.71	gr	
	Peso de los sólidos seco	Ws =	104.44	gr	
	Peso de frasco + Peso de sólidos seco + Agua hasta la marca	Wbws =	702.35	gr	
	Temperatura del agua	T°C =	18.00	°C	
	Densidad a la Temperatura del agua	γ (T°C) =	0.9986244	°C	
	Densidad a la Temperatura de 20°C	γ (20°C) =	0.9982343	°C	
Corrección de temperatura	α =	1.0004			
	Gravedad específica muestra Nro. 03	Gs =	2.621		



Tabla 92

Análisis de datos del ensayo, gravedad específica, calicata N°2





		GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SÓLIDOS MTC E121 - ASTM D2166 - AASHTO T 208			
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".			
Tesista 1 : Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2 : Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra : Chacapunco Provincia : Urubamba Región : Cusco		Fecha : 01 de junio del 2023 N° de hoja : 02 de 03 Número de muestra : N° 1, 2 y 3. Ensayo : Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo de la Calicata N°2			
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Gravedad específica de los sólidos					
N°	Descripción	Abreviatura	Datos	Und	
1	Método de remoción de aire		vacio		
	Volumen del frasco a 20° C	V =	500.00	ml	
	Peso del frasco volumétrico vacío y seco	Wb =	142.12	gr	
	Peso del frasco + agua hasta la marca	Wbw =	637.78	gr	
	Plato evaporador Nro.		GE-C2-M-01		
	Peso de plato evaporador + sólidos seco	Recp + Ws =	148.04	gr	
	Peso del plato evaporador	Recp =	42.98	gr	
	Peso de los sólidos seco	Ws =	105.06	gr	
	Peso de frasco + Peso de sólidos seco + Agua hasta la marca	Wbws =	704.05	gr	
	Temperatura del agua	T°C =	18.00	°C	
	Densidad a la Temperatura del agua	γ (T°C) =	0.9986244	°C	
	Densidad a la Temperatura de 20°C	γ (20°C) =	0.9982343	°C	
	Corrección de temperatura	α =	1.0004		
	Gravedad específica muestra Nro. 01		Gs =	2.710	
2	Método de remoción de aire		vacio		
	Volumen del frasco a 20° C	V =	500.00	ml	
	Peso del frasco volumétrico vacío y seco	Wb =	142.12	gr	
	Peso del frasco + agua hasta la marca	Wbw =	637.78	gr	
	Plato evaporador Nro.		GE-C2-M-02		
	Peso de plato evaporador + sólidos seco	Recp + Ws =	148.00	gr	
	Peso del plato evaporador	Recp =	42.97	gr	
	Peso de los sólidos seco	Ws =	105.03	gr	
	Peso de frasco + Peso de sólidos seco + Agua hasta la marca	Wbws =	704.00	gr	
	Temperatura del agua	T°C =	18.00	°C	
	Densidad a la Temperatura del agua	γ (T°C) =	0.9986244	°C	
	Densidad a la Temperatura de 20°C	γ (20°C) =	0.9982343	°C	
	Corrección de temperatura	α =	1.0004		
	Gravedad específica muestra Nro. 02		Gs =	2.707	
3	Método de remoción de aire		vacio		
	Volumen del frasco a 20° C	V =	500.00	ml	
	Peso del frasco volumétrico vacío y seco	Wb =	142.12	gr	
	Peso del frasco + agua hasta la marca	Wbw =	637.78	gr	
	Plato evaporador Nro.		GE-C2-M-03		
	Peso de plato evaporador + sólidos seco	Recp + Ws =	148.07	gr	
	Peso del plato evaporador	Recp =	42.97	gr	
	Peso de los sólidos seco	Ws =	105.10	gr	
	Peso de frasco + Peso de sólidos seco + Agua hasta la marca	Wbws =	704.00	gr	
	Temperatura del agua	T°C =	18.00	°C	
	Densidad a la Temperatura del agua	γ (T°C) =	0.9986244	°C	
	Densidad a la Temperatura de 20°C	γ (20°C) =	0.9982343	°C	
	Corrección de temperatura	α =	1.0004		
	Gravedad específica muestra Nro. 03		Gs =	2.704	



Tabla 93

Análisis de datos del ensayo, gravedad específica, calicata N°3

 GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SÓLIDOS MTC E121 - ASTM D 2166 - AASHTO T 208 				
Nombre de la tesis:	"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".			
Tesista 1 : Joselin Huarcaya Carrión	Fecha : 01 de junio del 2023			
Tesista 2 : Edisson Huaman Quispe	N° de hoja : 02 de 03			
Ubicación de la muestra : Chacapunco	Número de muestra : N° 1, 2 y 3.			
Provincia : Urubamba	Ensayo : Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo de la Calicata N°3			
Región : Cusco				
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Gravedad específica de los sólidos				
N°	Descripción	Abreviatura	Datos	Und
1	Método de remoción de aire		vacio	
	Volumen del frasco a 20° C	V =	500.00	ml
	Peso del frasco volumétrico vacío y seco	Wb =	142.12	gr
	Peso del frasco + agua hasta la marca	Wbw =	637.78	gr
	Plato evaporador Nro.		GE-C3-M-01	
	Peso de plato evaporador + sólidos seco	Recp + Ws =	153.64	gr
	Peso del plato evaporador	Recp =	48.54	gr
	Peso de los sólidos seco	Ws =	105.10	gr
	Peso de frasco + Peso de sólidos seco + Agua hasta la marca	Wbws =	703.54	gr
	Temperatura del agua	T°C =	18.00	°C
	Densidad a la Temperatura del agua	γ (T°C) =	0.9986244	°C
	Densidad a la Temperatura de 20°C	γ (20°C) =	0.9982343	°C
	Corrección de temperatura	α =	1.0004	
	Gravedad específica muestra Nro. 01	Gs =	2.673	
2	Método de remoción de aire		vacio	
	Volumen del frasco a 20° C	V =	500.00	ml
	Peso del frasco volumétrico vacío y seco	Wb =	142.12	gr
	Peso del frasco + agua hasta la marca	Wbw =	637.78	gr
	Plato evaporador Nro.		GE-C3-M-02	
	Peso de plato evaporador + sólidos seco	Recp + Ws =	152.15	gr
	Peso del plato evaporador	Recp =	47.05	gr
	Peso de los sólidos seco	Ws =	105.10	gr
	Peso de frasco + Peso de sólidos seco + Agua hasta la marca	Wbws =	703.70	gr
	Temperatura del agua	T°C =	18.00	°C
	Densidad a la Temperatura del agua	γ (T°C) =	0.9986244	°C
	Densidad a la Temperatura de 20°C	γ (20°C) =	0.9982343	°C
	Corrección de temperatura	α =	1.0004	
	Gravedad específica muestra Nro. 02	Gs =	2.684	
3	Método de remoción de aire		vacio	
	Volumen del frasco a 20° C	V =	500.00	ml
	Peso del frasco volumétrico vacío y seco	Wb =	142.12	gr
	Peso del frasco + agua hasta la marca	Wbw =	637.78	gr
	Plato evaporador Nro.		GE-C3-M-03	
	Peso de plato evaporador + sólidos seco	Recp + Ws =	147.97	gr
	Peso del plato evaporador	Recp =	43.67	gr
	Peso de los sólidos seco	Ws =	104.30	gr
	Peso de frasco + Peso de sólidos seco + Agua hasta la marca	Wbws =	703.02	gr
	Temperatura del agua	T°C =	18.00	°C
	Densidad a la Temperatura del agua	γ (T°C) =	0.9986244	°C
	Densidad a la Temperatura de 20°C	γ (20°C) =	0.9982343	°C
	Corrección de temperatura	α =	1.0004	
	Gravedad específica muestra Nro. 03	Gs =	2.671	



3.6.8 Ensayo de análisis granulométrico por sedimentación.

a) Procesamiento o cálculo de la prueba

- Lectura del hidrómetro corregido (R_c):

$$R_c = R_d - C_d + C_t$$

Donde:

- **Rc:** Lectura del hidrómetro corregido.
- **Rd:** Lectura del hidrómetro
- **Cd:** Lectura del hidrómetro en agua más defloculante.
- **Ct:** Corrección por temperatura

Tabla 94

Factores de corrección por temperatura C_T

Temp. (°C)	C_T
15	-1.10
16	-0.90
17	-0.70
18	-0.50
19	-0.30
20	+0.00
21	+0.20
22	+0.40
23	+0.70
24	+1.00

Nota: Adaptado del Manual de laboratorio de suelos en Ingeniería Civil.

- Cálculo del Porcentaje más fino, P (%):

$$P(\%) = \frac{R_c * a * 100}{W_s}$$

Donde:

- **Rc:** Lectura del hidrómetro corregido.
- **a:** Corrección por gravedad específica.
- **Ws:** Peso seco de la muestra.
- **Gs:** Peso específico de sólidos.



Tabla 95

Factores de corrección α para el peso unitario de sólidos.

Peso unitario de los sólidos del suelo (g/ cm ³)	Factor de corrección A
2.85	0.96
2.80	0.97
2.75	0.98
2.70	0.99
2.65	1.00
2.60	1.01
2.55	1.02
2.50	1.04

Nota: Adaptado del Manual de laboratorio de suelos en Ingeniería Civil.

- Lectura del hidrómetro corregido sólo por menisco (R):

$$R = R_d + C_m$$

Donde:

- **R:** Lectura del hidrómetro corregido por menisco.
 - **R_d:** Lectura del hidrómetro.
 - **C_m:** Lectura del hidrómetro en agua.
- Diámetro de la partícula:

$$D = K * \sqrt{\frac{L}{t}}$$

Donde:

- **L:** Profundidad efectiva en centímetros + corrección por menisco
- **t:** Tiempo en minutos
- **K:** Constante



Tabla 96

Propiedades del agua destilada

Temp (°C)	Peso unitario del agua (g/ cm ³)	Viscosidad del agua (poises) ¹
4	1.00000	0.01567
16	0.99897	0.01111
17	0.99880	0.01083
18	0.99862	0.01056
19	0.99844	0.01030
20	0.99823	0.01005
21	0.99802	0.00981
22	0.99780	0.00958
23	0.99757	0.00936
24	0.99733	0.00914
25	0.99708	0.00894
26	0.99682	0.00874
27	0.99655	0.00855
28	0.99627	0.00836
29	0.99598	0.00818
30	0.99568	0.00801

$$^1\text{Poise} = \frac{\text{Dina} \cdot \text{S}}{\text{Cm}^2} = \frac{\text{G}}{\text{Cm} \cdot \text{S}}$$

Nota: Adaptado del Manual de laboratorio de suelos en Ingeniería Civil.

Tabla 97

Valores del K para varias combinaciones de pesos unitarios y temperaturas

Temp. (°C)	PESO UNITARIO DE LOS SOLIDOS DEL SUELO (g/ cm ³)							
	2.50	2.55	2.60	2.65	2.70	2.75	2.80	2.85
16	0.0151	0.0148	0.0146	0.0144	0.0141	0.0139	0.0137	0.0136
17	0.0149	0.0146	0.0144	0.0142	0.0140	0.0138	0.0136	0.0134
18	0.0148	0.0144	0.0142	0.0140	0.0138	0.0136	0.0134	0.0132
19	0.0145	0.0143	0.0140	0.0138	0.0136	0.0134	0.0132	0.0131
20	0.0143	0.0141	0.0139	0.0137	0.0134	0.0133	0.0131	0.0129
21	0.0141	0.0139	0.0137	0.0135	0.0133	0.0131	0.0129	0.0127
22	0.0140	0.0137	0.0135	0.0133	0.0131	0.0129	0.0128	0.0126
23	0.0138	0.0136	0.0134	0.0132	0.0130	0.0128	0.0126	0.0124
24	0.0137	0.0134	0.0132	0.0130	0.0128	0.0126	0.0125	0.0123
25	0.0135	0.0133	0.0131	0.0129	0.0127	0.0125	0.0123	0.0122
26	0.0133	0.0131	0.0129	0.0127	0.0125	0.0124	0.0122	0.0120
27	0.0132	0.0130	0.0128	0.0126	0.0124	0.0122	0.0120	0.0119
28	0.0130	0.0128	0.0126	0.0124	0.0123	0.0121	0.0119	0.0117
29	0.0129	0.0127	0.0125	0.0123	0.0121	0.0120	0.0118	0.0116
30	0.0128	0.0126	0.0124	0.0122	0.0120	0.0118	0.0117	0.0115

Nota: Adaptado del Manual de laboratorio de suelos en Ingeniería Civil.



Tabla 98

Valores de L para usar en la fórmula de Stokes en la determinación de diámetros

Lectura original del hidrómetro (corregida por menisco solamente)	Profundidad efectiva L (cm)	Lectura original del hidrómetro (corregida por menisco solamente)	Profundidad efectiva L (cm)	Lectura original del hidrómetro (corregida por menisco solamente)	Profundidad efectiva L (cm)
0	16.3	21	12.9	42	9.4
1	16.1	22	12.7	43	9.2
2	16.0	23	12.5	44	9.1
3	15.8	24	12.4	45	8.9
4	15.6	25	12.2	46	8.8
5	15.5	26	12.0	47	8.6
6	15.3	27	11.9	48	8.4
7	15.2	28	11.7	49	8.3
8	15.0	29	11.5	50	8.1
9	14.8	30	11.4	51	7.9
10	14.7	31	11.2	52	7.8
11	14.5	32	11.1	53	7.6
12	14.3	33	10.9	54	7.4
13	14.2	34	10.7	55	7.3
14	14.0	35	10.5	56	7.1
15	13.8	36	10.4	57	7.0
16	13.7	37	10.2	58	6.8
17	13.5	38	10.1	59	6.6
18	13.3	39	9.9	60	6.5
19	13.2	40	9.7		
20	13.0	41	9.6		

Nota: Adaptado del Manual de laboratorio de suelos en Ingeniería Civil.

b) Análisis de la prueba

- Se realizó el ensayo para determinar la distribución cuantitativa del tamaño de las partículas, basándose en la sedimentación del material en un líquido, esta prueba nos permitirá identificar frente a qué tipo de suelo estamos, este ensayo se realizó en las 3 calicatas propuestas y se tomó 1 muestras por calicata.
- Los valores obtenidos muestran que el suelo de la calicata 1 tiene 52.05% de arcilla y 47.95% de limo, la calicata 2 presenta un 58.01 % de arcilla y un 41.99% de limo y la calicata 3 presenta un 40.13% de arcilla y 59.87% de limo, con esto podemos identificar que el suelo de la calicata 2 tiene más arcilla por lo que podríamos decir que su índice de plasticidad será el mayor y sería el suelo más desfavorable identificado en la trocha carrozable
- Con estos resultados pudimos identificar de manera tentativa cuál de los suelos es el más desfavorable, al cual añadiremos cemento caduco ara observar de qué manera varían las propiedades índice- físico y mecánicas del suelo.



c) Diagramas y tablas de la prueba

Tabla 99

Análisis de datos del ensayo, granulometría por hidrómetro 152H, calicata N°1 – Parte I


 Universidad Andina del Cusco		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR EL MÉTODO DEL HIDRÓMETRO NTP 339.128 – MTC E109 – ASTM D7928 – ASTM D6913										
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".		Tesista 1 : Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2 : Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra : Chacapunco Provincia : Urubamba Región : Cusco		Fecha : 22 de mayo del 2023 N° de hoja : 01 de 03 Número de muestra : N° 1 - Calicata N°1 Descripción : Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo.		Código : CI-M-01-GH Agente dispersante : Hexametáfosfato de sodio NAP03						
Hoja de registro de datos y cálculos – Ensayo de Granulometría mediante Hidrómetro												
Día	Hora de la lectura	Tiempo transcurrido min	Temperatura °C	Lectura real del hidrómetro Rc	Qt	Lectura corregida del hidrómetro Rc	más fino %	Hidrómetro corregido por menisco Rc	L caída de partícula	L/t	K	D (mm)
1er día	11:57:00	1	17.3	55.00	-0.64	48.66	96.67%	56.00	7.1	7.100	0.0139	0.037144
1er día	11:59:00	2	17.3	55.00	-0.64	48.66	96.67%	56.00	7.1	3.550	0.0139	0.026265
1er día	12:00:00	3	17.3	54.00	-0.64	35.66	70.84%	43.00	9.2	3.067	0.0139	0.024412
1er día	12:01:00	4	17.3	54.00	-0.64	33.66	66.87%	41.00	9.6	2.400	0.0139	0.021596
1er día	12:02:00	5	17.3	39.00	-0.64	32.66	64.88%	40.00	9.7	1.940	0.0139	0.019416
1er día	12:07:00	10	16.2	38.00	-0.64	31.66	62.90%	39.00	9.9	0.990	0.0139	0.013870
1er día	12:12:00	15	16.2	37.00	-0.92	30.38	60.35%	38.00	10.1	0.673	0.0139	0.011439
1er día	12:27:00	30	16.2	37.00	-0.92	30.38	60.35%	38.00	10.1	0.337	0.0141	0.008181
1er día	12:57:00	60	16.2	35.00	-0.92	28.38	56.38%	36.00	10.4	0.173	0.0141	0.005870
1er día	13:57:00	120	15.20	34.00	-0.9	27.40	54.43%	35.00	10.5	0.088	0.0141	0.004171
1er día	15:57:00	240	15.10	34.00	-0.9	27.40	54.43%	35.00	10.5	0.044	0.0141	0.002949
1er día	19:57:00	480	15.10	33.00	-1.1	26.20	52.05%	34.00	10.7	0.022	0.0141	0.002105
2er día	07:57:00	1200	15.10	19.00	-1.1	12.20	24.24%	20.00	13	0.011	0.0141	0.001468
2er día	09:57:00	1440	15.10	7.00	-1.1	0.20	0.40%	8.00	15	0.010	0.0141	0.001439



Tabla 100

Análisis de datos del ensayo, granulometría por hidrómetro 152H, calicata N°1 – Parte II

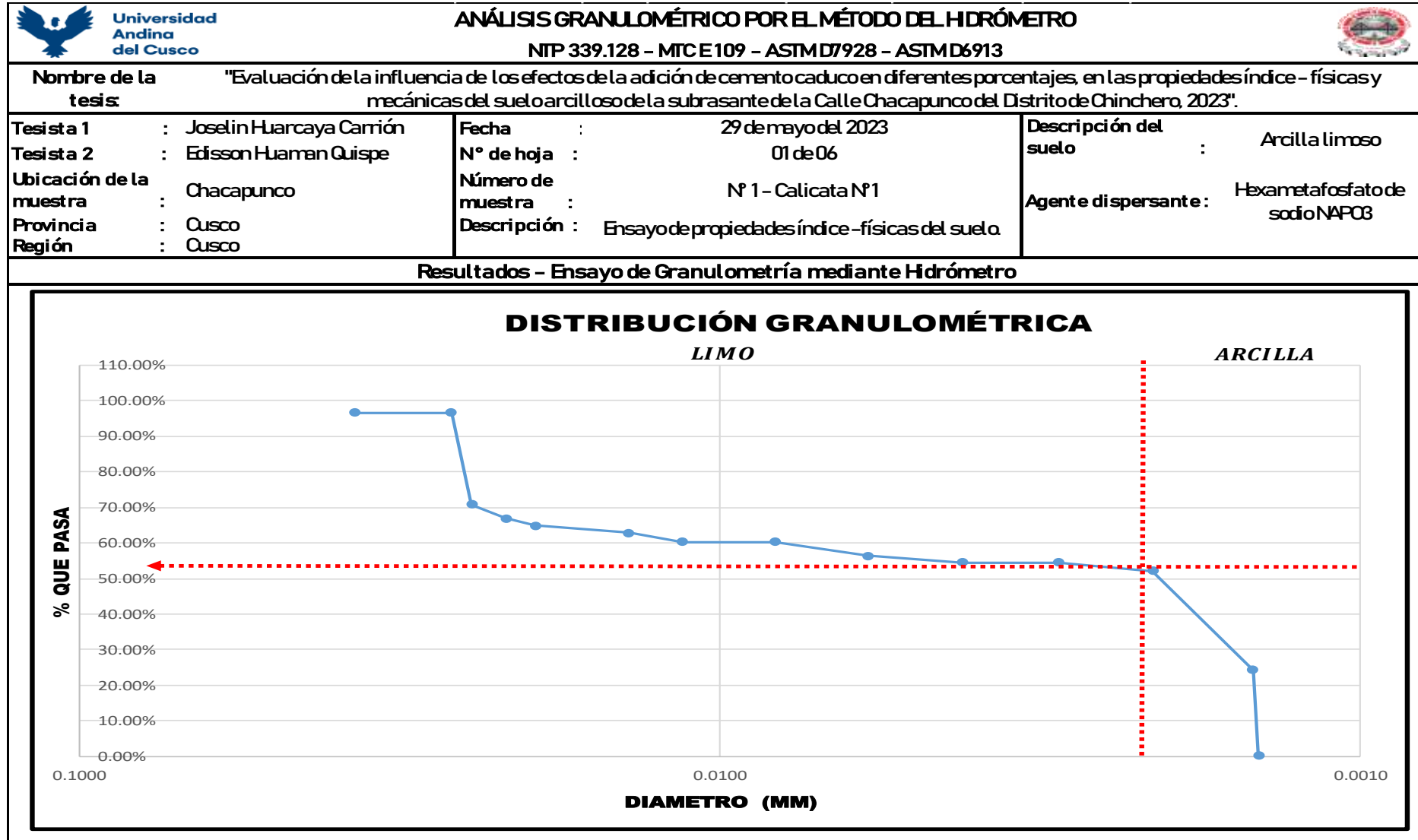




Tabla 101

Análisis de datos del ensayo, granulometría por hidrómetro 152H, calicata N°1 – Parte III



 Universidad Andina del Cusco		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR EL MÉTODO DEL HIDRÓMETRO																																																																																																																																		
		NTP 339.128 - MTC E 109 - ASTM D 7928 - ASTM D 6913																																																																																																																																		
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".																																																																																																																																				
Tesista 1 : Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2 : Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra : Chacapunco Provincia : Urubamba Región : Cusco	Fecha : 29 de mayo del 2023 N° de hoja : 02 de 06 Número de muestra : N° 1 - Calicata N°1 Descripción : Ensayo de propiedades índice-físicas del suelo	Descripción del suelo : Limo arcilloso Agente dispersante : Hexametáfosfato de sodio NAPO3																																																																																																																																		
Resultados - Ensayo de Granulometría mediante Hidrómetro																																																																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Radius</th> <th></th> <th>Colloidal clay</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th>Very fine clay</th> <th>Phi</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.1µm</td> <td rowspan="3">Fine clay</td> <td>Fine clay</td> <td rowspan="3">Clay</td> <td rowspan="3">Clay</td> <td rowspan="3">Clay</td> <td>Fine clay</td> <td>-13</td> </tr> <tr> <td>0.5µm</td> <td>Coarse clay</td> <td>Medium clay</td> <td>-12</td> </tr> <tr> <td>1µm</td> <td>Very coarse clay</td> <td>Coarse clay</td> <td>-11</td> </tr> <tr> <td>2µm</td> <td rowspan="2">Fine silt</td> <td rowspan="2">Fine silt</td> <td rowspan="2">Silt</td> <td rowspan="2">Silt</td> <td rowspan="2">Fine silt</td> <td>Very fine silt</td> <td>-10</td> </tr> <tr> <td>5µm</td> <td>Medium silt</td> <td>Medium silt</td> <td>-9</td> </tr> <tr> <td>10µm</td> <td rowspan="2">Coarse silt</td> <td rowspan="2">Coarse silt</td> <td rowspan="2">Silt</td> <td rowspan="2">Silt</td> <td rowspan="2">Medium silt</td> <td>Fine silt</td> <td>-8</td> </tr> <tr> <td>20µm</td> <td>Very fine sand</td> <td>Fine sand</td> <td>Coarse silt</td> <td>-7</td> </tr> <tr> <td>50µm</td> <td rowspan="2">Fine sand</td> <td rowspan="2">Fine sand</td> <td rowspan="2">Fine sand</td> <td rowspan="2">Fine sand</td> <td rowspan="2">Fine sand</td> <td>Medium silt</td> <td>-6</td> </tr> <tr> <td>100µm</td> <td>Coarse silt</td> <td>Coarse silt</td> <td>Very coarse silt</td> <td>-5</td> </tr> <tr> <td>200µm</td> <td rowspan="2">Medium sand</td> <td rowspan="2">Medium sand</td> <td rowspan="2">Medium sand</td> <td rowspan="2">Medium sand</td> <td rowspan="2">Medium sand</td> <td>Very fine sand</td> <td>-4</td> </tr> <tr> <td>250µm</td> <td>Very fine sand</td> <td>Fine sand</td> <td>Very fine sand</td> <td>-3</td> </tr> <tr> <td>500µm</td> <td rowspan="2">Coarse sand</td> <td rowspan="2">Coarse sand</td> <td rowspan="2">Coarse sand</td> <td rowspan="2">Coarse sand</td> <td rowspan="2">Coarse sand</td> <td>Fine sand</td> <td>-2</td> </tr> <tr> <td>1000µm</td> <td>Very coarse sand</td> <td>Very coarse sand</td> <td>Very coarse sand</td> <td>-1</td> </tr> <tr> <td>2000µm</td> <td rowspan="2">Gravel</td> <td rowspan="2">Gravel</td> <td rowspan="2">Gravel</td> <td rowspan="2">Gravel</td> <td rowspan="2">Gravel</td> <td>Coarse sand</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3000µm</td> <td>Very coarse sand</td> <td>Very coarse sand</td> <td>Very coarse sand</td> <td>-1</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Very fine gravel</td> <td>-2</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Fine gravel</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>China (1987)</td> <td>Katschinski (1957)</td> <td>USDA (1993)</td> <td>ISSS (1929)</td> <td>ISO14688 (2002)</td> <td>Blott & Pye (2012)</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Soil particle-size classification systems</p>								Radius		Colloidal clay				Very fine clay	Phi	0.1µm	Fine clay	Fine clay	Clay	Clay	Clay	Fine clay	-13	0.5µm	Coarse clay	Medium clay	-12	1µm	Very coarse clay	Coarse clay	-11	2µm	Fine silt	Fine silt	Silt	Silt	Fine silt	Very fine silt	-10	5µm	Medium silt	Medium silt	-9	10µm	Coarse silt	Coarse silt	Silt	Silt	Medium silt	Fine silt	-8	20µm	Very fine sand	Fine sand	Coarse silt	-7	50µm	Fine sand	Fine sand	Fine sand	Fine sand	Fine sand	Medium silt	-6	100µm	Coarse silt	Coarse silt	Very coarse silt	-5	200µm	Medium sand	Medium sand	Medium sand	Medium sand	Medium sand	Very fine sand	-4	250µm	Very fine sand	Fine sand	Very fine sand	-3	500µm	Coarse sand	Coarse sand	Coarse sand	Coarse sand	Coarse sand	Fine sand	-2	1000µm	Very coarse sand	Very coarse sand	Very coarse sand	-1	2000µm	Gravel	Gravel	Gravel	Gravel	Gravel	Coarse sand	0	3000µm	Very coarse sand	Very coarse sand	Very coarse sand	-1							Very fine gravel	-2							Fine gravel			China (1987)	Katschinski (1957)	USDA (1993)	ISSS (1929)	ISO14688 (2002)	Blott & Pye (2012)	
Radius		Colloidal clay				Very fine clay	Phi																																																																																																																													
0.1µm	Fine clay	Fine clay	Clay	Clay	Clay	Fine clay	-13																																																																																																																													
0.5µm		Coarse clay				Medium clay	-12																																																																																																																													
1µm		Very coarse clay				Coarse clay	-11																																																																																																																													
2µm	Fine silt	Fine silt	Silt	Silt	Fine silt	Very fine silt	-10																																																																																																																													
5µm						Medium silt	Medium silt	-9																																																																																																																												
10µm	Coarse silt	Coarse silt	Silt	Silt	Medium silt	Fine silt	-8																																																																																																																													
20µm						Very fine sand	Fine sand	Coarse silt	-7																																																																																																																											
50µm	Fine sand	Fine sand	Fine sand	Fine sand	Fine sand	Medium silt	-6																																																																																																																													
100µm						Coarse silt	Coarse silt	Very coarse silt	-5																																																																																																																											
200µm	Medium sand	Medium sand	Medium sand	Medium sand	Medium sand	Very fine sand	-4																																																																																																																													
250µm						Very fine sand	Fine sand	Very fine sand	-3																																																																																																																											
500µm	Coarse sand	Coarse sand	Coarse sand	Coarse sand	Coarse sand	Fine sand	-2																																																																																																																													
1000µm						Very coarse sand	Very coarse sand	Very coarse sand	-1																																																																																																																											
2000µm	Gravel	Gravel	Gravel	Gravel	Gravel	Coarse sand	0																																																																																																																													
3000µm						Very coarse sand	Very coarse sand	Very coarse sand	-1																																																																																																																											
						Very fine gravel	-2																																																																																																																													
						Fine gravel																																																																																																																														
	China (1987)	Katschinski (1957)	USDA (1993)	ISSS (1929)	ISO14688 (2002)	Blott & Pye (2012)																																																																																																																														
<div style="text-align: center;"> <h3>GRADACIÓN DEL SUELO</h3> <p>LIMO; 47.95%</p> <p>ARCILIA; 52.05%</p> <p>■ ARCILIA ■ LIMO</p> </div>																																																																																																																																				
Considerando la distribución de partículas por diámetro y la revisión de literatura técnica (USDA,1993) (ISSS,1929), el suelo esta compuesto principalmente por Limos																																																																																																																																				



Tabla 102

Análisis de datos del ensayo, granulometría por hidrómetro 152H, calicata N°2 – Parte I



 Universidad Andina del Cusco		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR EL MÉTODO DEL HIDRÓMETRO NTP 339.128 – MTC E109 – ASTM D7928 – ASTM D6913											
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".		Tesista 1 : Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2 : Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra : Chacapunco Provincia : Urubamba Región : Cusco		Fecha : 24 de mayo del 2023 N° de hoja : 02 de 03 Número de muestra : N° 1 - Calicata N° 2 Descripción : Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo.				Código : C2-M-01-GH Agente dispersante : Hexametáfosfato de sodio NAPO3					
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo de Granulometría mediante Hidrómetro													
Día	Hora de la lectura	Tiempo transcurrido min	Temperatura °C	Lectura real del hidrómetro Rc	Ct	Lectura corregida del hidrómetro Rc	más fino %	Hidrómetro corregido por menisco Rc	L caída de partícula	L/t	K	D (mm)	
1er día	11:57:00	1	17.3	55.00	-0.64	48.66	96.67%	56.00	7.1	7.100	0.0139	0.037144	
1er día	11:59:00	2	17.3	55.00	-0.64	48.66	96.67%	56.00	7.1	3.550	0.0139	0.026265	
1er día	12:00:00	3	17.3	54.00	-0.64	35.66	70.84%	43.00	9.2	3.067	0.0139	0.024412	
1er día	12:01:00	4	17.3	54.00	-0.64	33.66	66.87%	41.00	9.6	2.400	0.0139	0.021596	
1er día	12:02:00	5	17.3	40.00	-0.64	33.66	66.87%	41.00	9.6	1.920	0.0139	0.019316	
1er día	12:07:00	10	16.2	39.00	-0.64	32.66	64.88%	40.00	9.7	0.970	0.0139	0.013729	
1er día	12:12:00	15	16.2	39.00	-0.92	32.38	64.33%	40.00	9.7	0.647	0.0139	0.011210	
1er día	12:27:00	30	16.2	39.00	-0.92	32.38	64.33%	40.00	9.7	0.323	0.0141	0.008018	
1er día	12:57:00	60	16.2	38.00	-0.92	31.38	62.34%	39.00	9.9	0.165	0.0141	0.005727	
1er día	13:57:00	120	15.20	37.00	-0.9	30.40	60.39%	38.00	10.1	0.084	0.0141	0.004091	
1er día	15:57:00	240	15.10	37.00	-0.9	30.40	60.39%	38.00	10.1	0.042	0.0141	0.002893	
1er día	19:57:00	480	15.10	36.00	-1.1	29.20	58.01%	37.00	10.2	0.021	0.0141	0.002055	
2er día	07:57:00	1200	15.10	20.00	-1.1	13.20	26.22%	21.00	12.9	0.011	0.0141	0.001462	
2er día	09:57:00	1440	15.10	7.00	-1.1	0.20	0.40%	8.00	15	0.010	0.0141	0.001439	



Tabla 103

Análisis de datos del ensayo, granulometría por hidrómetro 152H, calicata N°2 – Parte II

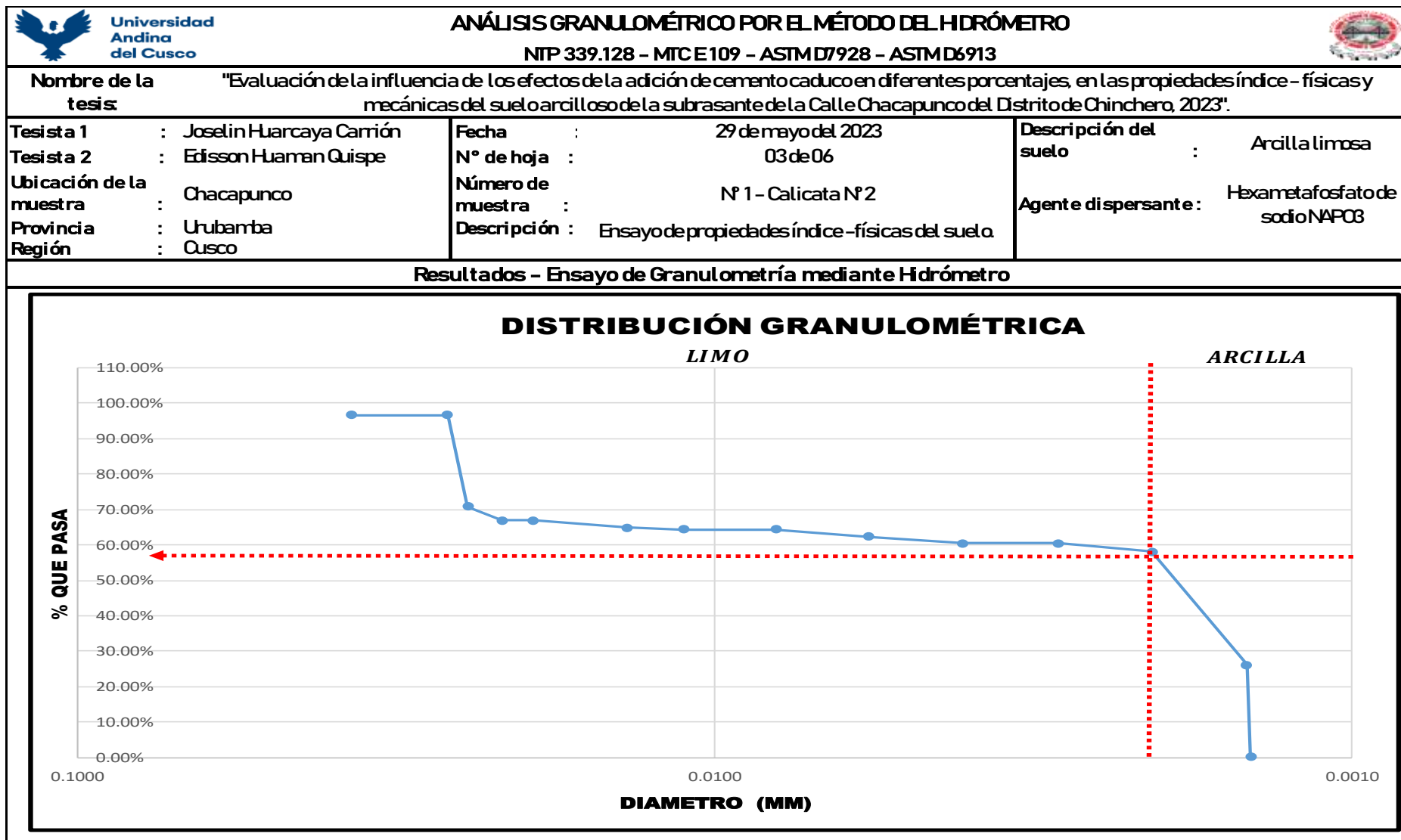




Tabla 104

Análisis de datos del ensayo, granulometría por hidrómetro 152H, calicata N°2 – Parte III



 Universidad Andina del Cusco		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR EL MÉTODO DEL HIDRÓMETRO																																																																																																																
		NTP 339.128 - MTC E109 - ASTM D7928 - ASTM D6913																																																																																																																
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".		Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".		Fecha: 29 de mayo del 2023		Descripción del suelo: Limo arcilloso																																																																																																												
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión	Tesista 2: Edisson Huaman Quispe	N° de hoja: 04 de 06		Número de muestra: N° 1 - Calicata N° 2		Agente dispersante: Hexametáfosfato de sodio NAPO3																																																																																																												
Ubicación de la muestra: Chacapunco		Provincia: Urubamba		Región: Cusco																																																																																																														
				Descripción: Ensayo de propiedades índice-físicas del suelo.																																																																																																														
Resultados - Ensayo de Granulometría mediante Hidrómetro																																																																																																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Radius</th> <th colspan="5">Soil particle-size distribution</th> <th>Phi</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.1µm</td> <td rowspan="2">Fine clay</td> <td>Colloidal clay</td> <td rowspan="4">Clay</td> <td rowspan="4">Clay</td> <td rowspan="4">Clay</td> <td>Very fine clay</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Fine clay</td> <td>Fine clay</td> </tr> <tr> <td>0.5µm</td> <td rowspan="2">Coarse clay</td> <td>Coarse clay</td> <td></td> <td></td> <td>Medium clay</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Coarse clay</td> </tr> <tr> <td>1µm</td> <td rowspan="2">Fine silt</td> <td rowspan="2">Fine silt</td> <td rowspan="6">Silt</td> <td rowspan="6">Silt</td> <td rowspan="6">Silt</td> <td>Very coarse clay</td> </tr> <tr> <td>2µm</td> <td>Medium silt</td> <td>Medium silt</td> <td>Fine silt</td> </tr> <tr> <td>5µm</td> <td>Coarse silt</td> <td>Coarse silt</td> <td>Coarse silt</td> <td>Fine silt</td> </tr> <tr> <td>10µm</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Medium silt</td> </tr> <tr> <td>20µm</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Coarse silt</td> </tr> <tr> <td>50µm</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Very coarse silt</td> </tr> <tr> <td>100µm</td> <td rowspan="2">Fine sand</td> <td rowspan="2">Fine sand</td> <td>Very fine sand</td> <td>Fine sand</td> <td>Fine sand</td> <td>Very fine sand</td> </tr> <tr> <td>200µm</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Fine sand</td> </tr> <tr> <td>250µm</td> <td rowspan="2">Coarse sand</td> <td>Medium sand</td> <td>Medium sand</td> <td>Coarse sand</td> <td>Medium sand</td> <td>Medium sand</td> </tr> <tr> <td>500µm</td> <td>Coarse sand</td> <td>Coarse sand</td> <td>Coarse sand</td> <td>Coarse sand</td> </tr> <tr> <td>1000µm</td> <td rowspan="3">Gravel</td> <td rowspan="3">Gravel</td> <td>Very coarse sand</td> <td rowspan="3">Gravel</td> <td rowspan="3">Gravel</td> <td>Very coarse sand</td> </tr> <tr> <td>2000µm</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Very fine gravel</td> </tr> <tr> <td>3000µm</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Fine gravel</td> </tr> <tr> <td></td> <td>China (1987)</td> <td>Katschinski (1957)</td> <td>USDA (1993)</td> <td>ISSS (1929)</td> <td>ISO14688 (2002)</td> <td>Blott & Pye (2012)</td> </tr> </tbody> </table>								Radius	Soil particle-size distribution					Phi	0.1µm	Fine clay	Colloidal clay	Clay	Clay	Clay	Very fine clay		Fine clay	Fine clay	0.5µm	Coarse clay	Coarse clay			Medium clay					Coarse clay	1µm	Fine silt	Fine silt	Silt	Silt	Silt	Very coarse clay	2µm	Medium silt	Medium silt	Fine silt	5µm	Coarse silt	Coarse silt	Coarse silt	Fine silt	10µm				Medium silt	20µm				Coarse silt	50µm				Very coarse silt	100µm	Fine sand	Fine sand	Very fine sand	Fine sand	Fine sand	Very fine sand	200µm				Fine sand	250µm	Coarse sand	Medium sand	Medium sand	Coarse sand	Medium sand	Medium sand	500µm	Coarse sand	Coarse sand	Coarse sand	Coarse sand	1000µm	Gravel	Gravel	Very coarse sand	Gravel	Gravel	Very coarse sand	2000µm				Very fine gravel	3000µm				Fine gravel		China (1987)	Katschinski (1957)	USDA (1993)	ISSS (1929)	ISO14688 (2002)	Blott & Pye (2012)
Radius	Soil particle-size distribution					Phi																																																																																																												
0.1µm	Fine clay	Colloidal clay	Clay	Clay	Clay	Very fine clay																																																																																																												
		Fine clay				Fine clay																																																																																																												
0.5µm	Coarse clay	Coarse clay						Medium clay																																																																																																										
								Coarse clay																																																																																																										
1µm	Fine silt	Fine silt	Silt	Silt	Silt	Very coarse clay																																																																																																												
2µm						Medium silt	Medium silt	Fine silt																																																																																																										
5µm	Coarse silt	Coarse silt				Coarse silt	Fine silt																																																																																																											
10µm							Medium silt																																																																																																											
20µm							Coarse silt																																																																																																											
50µm							Very coarse silt																																																																																																											
100µm	Fine sand	Fine sand	Very fine sand	Fine sand	Fine sand	Very fine sand																																																																																																												
200µm						Fine sand																																																																																																												
250µm	Coarse sand	Medium sand	Medium sand	Coarse sand	Medium sand	Medium sand																																																																																																												
500µm		Coarse sand	Coarse sand	Coarse sand	Coarse sand																																																																																																													
1000µm	Gravel	Gravel	Very coarse sand	Gravel	Gravel	Very coarse sand																																																																																																												
2000µm								Very fine gravel																																																																																																										
3000µm								Fine gravel																																																																																																										
	China (1987)	Katschinski (1957)	USDA (1993)	ISSS (1929)	ISO14688 (2002)	Blott & Pye (2012)																																																																																																												
<div style="text-align: center;"> <h3>GRADACIÓN DEL SUELO</h3> <p>LIMO; 41.99%</p> <p>ARCILIA; 58.01%</p> <p>ARCILIA LIMO</p> </div>																																																																																																																		
Considerando la distribución de partículas por diámetro y la revisión de literatura técnica (USDA,1993) (ISSS,1929), el suelo esta compuesto principalmente por Limos																																																																																																																		



Tabla 105

Análisis de datos del ensayo, granulometría por hidrómetro 152H, calicata N°3 – Parte I



 Universidad Andina del Cusco		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR EL MÉTODO DEL HIDRÓMETRO NTP 339.128 – MTC E109 – ASTM D7928 – ASTM D6913										
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".		Tesista 1 : Joselin Huarcaya Carrión		Fecha : 27 de mayo del 2023		Código : C3-M-01-GH						
Tesista 2 : Edisson Huaman Quispe		N° de hoja : 03 de 03		Número de muestra : N° 1 - Calicata N° 3		Agente dispersante : Hexametáfosfato de sodio NAPO3						
Ubicación de la muestra : Chacapunco		Provincia : Urubamba		Descripción : Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo.								
Región : Cusco												
Hoja de registro de datos y cálculos – Ensayo de Granulometría mediante Hidrómetro												
Día	Hora de la lectura	Tiempo transcurrido min	Temperatura °C	Lectura real del hidrómetro Rc	Ct	Lectura corregida del hidrómetro Rc	más fino %	Hidrómetro corregido por menisco Rc	L caída de partícula	L/t	K	D (mm)
1er día	11:57:00	1	17.3	55.00	-0.64	48.66	96.67%	56.00	7.1	7.100	0.0139	0.037144
1er día	11:59:00	2	17.3	53.00	-0.64	46.66	92.69%	54.00	7.4	3.700	0.0139	0.026814
1er día	12:00:00	3	17.3	53.00	-0.64	35.66	70.84%	43.00	9.2	3.067	0.0139	0.024412
1er día	12:01:00	4	17.3	47.00	-0.64	33.66	66.87%	41.00	9.6	2.400	0.0139	0.021596
1er día	12:02:00	5	17.3	40.00	-0.64	33.66	66.87%	41.00	9.6	1.920	0.0139	0.019316
1er día	12:07:00	10	16.2	39.00	-0.64	32.66	64.88%	40.00	9.7	0.970	0.0139	0.013729
1er día	12:12:00	15	16.2	35.00	-0.92	28.38	56.38%	36.00	10.4	0.693	0.0139	0.011607
1er día	12:27:00	30	16.2	33.00	-0.92	26.38	52.41%	34.00	10.7	0.357	0.0141	0.008421
1er día	12:57:00	60	16.2	32.00	-0.92	25.38	50.42%	33.00	10.9	0.182	0.0141	0.006010
1er día	13:57:00	120	15.20	31.00	-0.9	24.40	48.47%	32.00	11.1	0.093	0.0141	0.004288
1er día	15:57:00	240	15.10	29.00	-0.9	22.40	44.50%	30.00	11.4	0.048	0.0141	0.003073
1er día	19:57:00	480	15.10	27.00	-1.1	20.20	40.13%	28.00	11.7	0.024	0.0141	0.002201
2er día	07:57:00	1200	15.10	10.00	-1.1	3.20	6.36%	11.00	14.5	0.012	0.0141	0.001550
2er día	09:57:00	1440	15.10	7.00	-1.1	0.20	0.40%	8.00	15	0.010	0.0141	0.001439



Tabla 106

Análisis de datos del ensayo, granulometría por hidrómetro 152H, calicata N°3 – Parte II

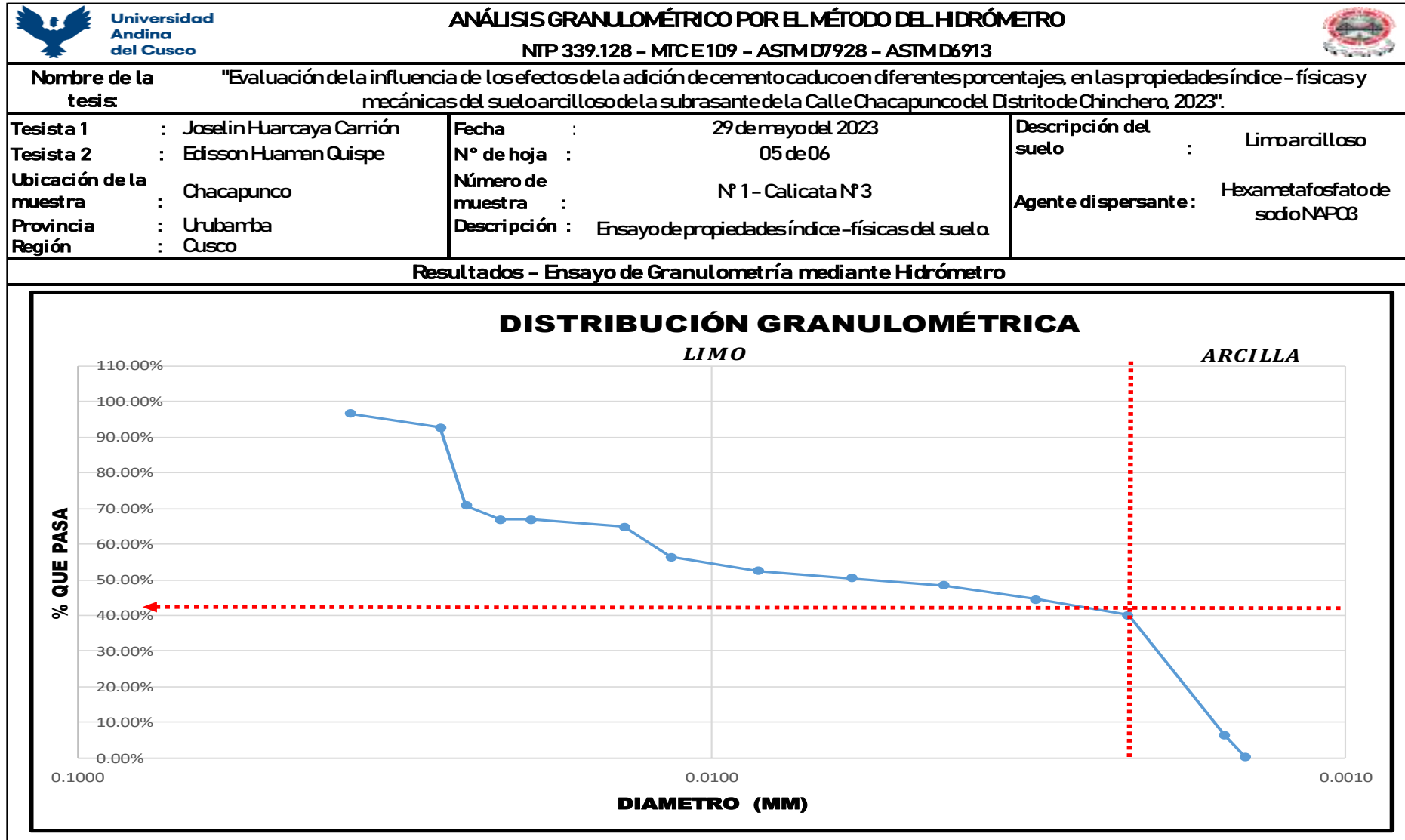






Tabla 107

Análisis de datos del ensayo, granulometría por hidrómetro 152H, calicata N°3 – Parte III

 Universidad Andina del Cusco		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR EL MÉTODO DEL HIDRÓMETRO						
		NTP 339.128 – MTC E 109 – ASTM D7928 – ASTM D6913						
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".						
Tesista 1	: Joselin Huarcaya Carrión	Fecha	: 29 de mayo del 2023		Descripción del suelo	: Limo arcilloso		
Tesista 2	: Edisson Huaman Quispe	N° de hoja	: 06 de 06		Agente dispersante	: Hexametáfosfato de sodio NAPO3		
Ubicación de la muestra	: Chacapunco	Número de muestra	: N° 1 - Calicata N° 3					
Provincia	: Urubamba	Descripción	: Ensayo de propiedades índice-físicas del suelo					
Región	: Cusco							
Resultados - Ensayo de Granulometría mediante Hidrómetro								
Soil particle-size distribution	Radius				Phi			
	0.1µm	Fine clay	Colloidal clay	Clay	Clay	Clay	Very fine clay	13
			Fine clay				Fine clay	12
	0.5µm		Coarse clay				Coarse clay	11
	1µm	Coarse clay	Fine silt	Silt	Silt	Fine silt	Very fine silt	9
	2µm						Medium silt	Medium silt
	5µm	Coarse silt	Coarse silt	Silt	Silt	6.3µm	Fine silt	7
	10µm					Medium silt	Medium silt	6
	20µm					Coarse silt	Coarse silt	5
	50µm	Fine sand	Fine sand	Very fine sand	Fine sand	63µm	Very coarse silt	4
	100µm					Fine sand	Fine sand	3
	200µm					Fine sand	Fine sand	2
	250µm					Medium sand	Medium sand	1
	500µm	Coarse sand	Coarse sand	Coarse sand	Coarse sand	630µm	Coarse sand	0
	1000µm					Coarse sand	Coarse sand	-1
	2000µm	Gravel	Gravel	Very coarse sand	Gravel	Gravel	Very coarse sand	-1
	3000µm						Fine Gravel	Gravel
						Fine gravel		
	China (1987)	Katschinski (1957)	USDA (1993)	ISSS (1929)	ISO14688 (2002)	Blott & Pye (2012)		
Soil particle-size classification systems								

GRADACIÓN DEL SUELO

■ LIMO; 59.87%
 ■ ARCILIA; 40.13%

Considerando la distribución de partículas por diámetro y la revisión de literatura técnica (USDA,1993) (ISSS,1929), el suelo esta compuesto principalmente por Limos



3.6.9 Ensayo de límite líquido.

a) Procesamiento o cálculo de la prueba

- Determinar el contenido de humedad, W_n , del espécimen de suelo de cada prueba de acuerdo al método de ensayo NTP 339.127.
- Los pesos iniciales deben determinarse inmediatamente después de terminar el ensayo.
- Si el ensayo se interrumpe por más de 15 minutos, el espécimen ya obtenido debe pesarse en el momento de la interrupción
- Para determinar el límite líquido se debe realizar una gráfica de contenido de humedad Vs número de golpes e interpolar para 25 golpes y este será el LL o también se puede hallar mediante la siguiente formula:

Donde:

$$LL = W^n \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121} \quad \text{o} \quad LL = kW^n$$

- N: Número de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad
- W_n : Contenido de humedad del suelo
- K: factor dado en la tabla

Tabla 108

Factor para límite líquido

N (Número de golpes)	K (Factor para límite líquido)
20	0.974
21	0.979
22	0.985
23	0.990
24	0.995
25	1.000
26	1.005
27	1.009
28	1.014
29	1.018
30	1.022

Nota: Adaptado del Manual de laboratorio de suelos en Ingeniería Civil.



3.6.10 Ensayo de límite plástico

a) Procesamiento o cálculo de la prueba

- El Límite plástico es el promedio del contenido de humedad obtenido en las pruebas, el contenido de humedad se obtiene mediante la siguiente formula:

$$W\% = \frac{P_w}{P_s} \times 100$$

Donde:

- $W\%$: *Contenido de humedad*
- P_w : *Peso del agua*
- P_s : *Peso del suelo seco*

b) Análisis de la prueba

- Se realizó el ensayo del LL y LP para obtener el IP, con el fin de que con estos datos podamos realizar la clasificación SUCS del suelo en la carta de Casagrande y de esta manera con ayuda del análisis granulométrico identificar con mayor precisión a qué clase de suelo pertenecen nuestras muestras y determinar cuál es el más desfavorable, al cual aplicaremos el tratamiento de añadir distintos porcentajes de cemento caduco y realizar su evaluación, de qué manera varían en sus propiedades índice-física y mecánicas.
- Los valores obtenidos muestran que los suelos de las calicatas 1 Y 2 se clasifican como CL (arcilla inorgánica de plasticidad baja con presencia de limos), la calicata 3 presenta un suelo clasificado como OL (limo orgánicos y arcillas limosas de baja plasticidad), aunque la calicata 1 y 2 tiene la misma clasificación el IP de la calicata 2 es mayor.
- Con esta clasificación pudimos determinar que la calicata 2 presenta el suelo más desfavorable con un alto índice de plasticidad en comparación con las otras dos calicatas y será al suelo al que aplicaremos el cemento caduco para observar que variaciones presentan en sus propiedades índice-físicas y mecánicas.
- Esta prueba también se realizó al suelo de la calicata dos con adición de cemento normal y caduco en 4,7 y 10%, de ahora en adelante conoceremos a este suelo como suelo patrón (SP), y como se observa en las tablas se tuvo una disminución del índice de plasticidad, con ese dato podemos decir que estamos observando un adecuado comportamiento del cemento caduco en los 3 diferentes %.



c) Diagramas y tablas de la prueba

Tabla 109

Análisis de datos del ensayo, límite líquido y plástico, calicata N°1 – P1

	LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO - IP ASTM D4318, MTC E110, MTC E111, NTP 339.129			
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".				
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huanan Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco	Fecha : 31 de mayo del 2023 N° de hoja : 01 de 09 muestra : N° 1 - Calicata N°1 Descripción : Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo.	NÚMERO DE PRUEBA: N° 01 DE 09 CÓDIGO: CI-DI-LI-LP		
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Límites de Consistencia: Límite líquido y Límite plástico				
LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D4318				
1ra Muestra				
Nombre de cápsula	CI-L-1.1	CI-L-1.2	CI-L-1.3	CI-L-1.4
Peso cápsula (g)	48.77	50.14	49.24	49.55
Peso cápsula +SH	61.76	60.21	66.22	67.40
Peso cápsula+SS (g)	58.68	57.83	62.31	63.44
Número de golpes	14.00	20.00	27.00	37.00
Peso SS (g)	9.91	7.69	13.07	13.89
Peso Agua (g)	3.08	2.38	3.91	3.96
Cont. Hum (W)%	31.08	30.95	29.92	28.51
LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D4318				
1ra Muestra				
Nombre de cápsula	CI-P-1.1	CI-P-1.2	CI-P-1.3	CI-P-1.4
Peso cápsula (g)	30.34	30.70	30.72	30.68
Peso cápsula +SH	51.78	52.75	54.00	52.30
Peso cápsula+SS (g)	48.14	49.12	49.88	48.60
Peso SS (g)	17.80	18.42	19.16	17.92
Peso Agua (g)	3.64	3.63	4.12	3.70
Cont. Hum (W)%	20.45	19.71	21.50	20.65

Límite plástico (%) = 20.58
 Límite líquido (%) = 30.05
 Índice plástico (%) = 9.48

Carta de plasticidad de Casagrande (Según ASTM D-2487)

CLASIFICACION

SUCS

CL

LEYENDA

SS: Suelo Seco
 SH: Suelo Húmedo



Tabla 110

Análisis de datos del ensayo, límite líquido y plástico, calicata N°1 – P2

	LÍMITES DE CONSISTENCIA D LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO - IP ASTM D4318, MTC E110, MTC E111, NTP 339.129			
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".				
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco	Fecha: 31 de mayo del 2023 N° de hoja: 02 de 09 Número de muestra: N° 2 - Calicata N°1 Descripción: Ensayo de propiedades índice-físicas del suelo.	NÚMERO DE PRUEBA: N° 02 DE 09 CÓDIGO: CI-02-LL-LP		
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Límites de Consistencia: Límite líquido y Límite plástico				
LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D4318				
2da Muestra				
Nombre de cápsula	CI-L-2.1	CI-L-2.2	CI-L-2.3	CI-L-2.4
Peso cápsula (g)	48.75	50.10	49.21	49.54
Peso cápsula +SH	61.72	59.98	66.22	67.40
Peso cápsula+SS (g)	58.60	57.65	62.35	63.40
Número de golpes	13.00	21.00	28.00	36.00
Peso SS (g)	9.85	7.55	13.14	13.86
Peso Agua (g)	3.12	2.33	3.87	4.00
Cont. Hum. (W)%	31.68	30.86	29.45	28.86
LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D4318				
2da Muestra				
Nombre de cápsula	CI-P-2.1	CI-P-2.2	CI-P-2.3	CI-P-2.4
Peso cápsula (g)	30.34	30.73	30.75	30.40
Peso cápsula +SH	51.78	52.80	55.00	52.10
Peso cápsula+SS (g)	48.24	49.32	51.80	48.36
Peso SS (g)	17.90	18.59	21.05	17.96
Peso Agua (g)	3.54	3.48	3.20	3.74
Cont. Hum. (W)%	19.78	18.72	15.20	20.82

LÍMITE LÍQUIDO

$y = -0.1291x + 33.375$
 $R^2 = 0.9694$

Límite plástico (%) = 18.63
 Límite líquido (%) C = 30.15
 Índice plástico (%) C = 11.52

Carta de plasticidad de Casagrande (Según ASTM D-2487)

CLASIFICACIÓN
SUCS
CL

LEYENDA
SS: Suelo Seco
SH: Suelo Húmedo



Tabla 111

Análisis de datos del ensayo, límite líquido y plástico, calicata N°1 –P3

Universidad Andina del Cusco		LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO - IP ASTM D4318, MTC E110, MTC E111, NTP 339.129		
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunc del Distrito de Chinchero, 2023".				
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapunc Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 31 de mayo del 2023 N° de hoja: 03 de 09 Número de muestra: N° 3 - Calicata N°1 Descripción: Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo		NÚMERO DE PRUEBA: N° 03 DE 09 CÓDIGO: CI-03-LL-IP
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Límites de Consistencia: Límite líquido y Límite plástico				
LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D4318				
3ra Muestra				
Nombre de cápsula	CI-L-3.1	CI-L-3.2	CI-L-3.3	CI-L-3.4
Peso cápsula (g)	49.65	50.10	48.71	50.09
Peso cápsula +SH	60.45	59.98	61.56	60.28
Peso cápsula +SS (g)	57.80	57.65	58.67	58.01
Número de golpes	15.00	22.00	27.00	33.00
Peso SS (g)	8.15	7.55	9.96	7.92
Peso Agua (g)	2.65	2.33	2.89	2.27
Cont. Hum (W)%	32.52	30.86	29.02	28.66
LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D4318				
3ra Muestra				
Nombre de cápsula	CI-P-3.1	CI-P-3.2	CI-P-3.3	CI-P-3.4
Peso cápsula (g)	30.11	30.43	30.55	30.41
Peso cápsula +SH	51.75	48.99	56.58	52.10
Peso cápsula +SS (g)	48.14	45.32	51.80	48.16
Peso SS (g)	18.03	14.89	21.25	17.75
Peso Agua (g)	3.61	3.67	4.78	3.94
Cont. Hum (W)%	20.02	24.65	22.49	22.20

Límite plástico (%) = 22.34
 Límite líquido (%) C = 30.09
 Índice plástico (%) C = 7.75

Carta de plasticidad de Casagrande (Según ASTM D-2487)

CLASIFICACION

SUCS

CL

LEYENDA

SS: Suelo Seco
 SH: Suelo Húmedo



Tabla 112

Análisis de datos del ensayo, límite líquido y plástico, calicata N°2 -P1

Universidad Andina del Cusco		LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO - IP ASTM D4318 , MTC E110, MTC E111, NTP 339.129		
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero 2023".				
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 31 de mayo del 2023 N° de hoja: 04 de 09 muestra: N° 1 - Calicata N° 2 Descripción: Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo.		NÚMERO DE PRUEBA: N° 04 DE 09 CÓDIGO: C2-01-LL-IP
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Límites de Consistencia: Límite líquido y Límite plástico				
LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D4318				
1ra Muestra				
Nombre de cápsula	C2-L-1.1	C2-L-1.2	C2-L-1.3	C2-L-1.4
Peso cápsula (g)	50.14	48.77	49.55	47.41
Peso cápsula +SH	61.32	60.16	60.96	58.03
Peso cápsula+SS (g)	58.61	57.49	58.31	55.62
Número de golpes	13.00	22.00	32.00	37.00
Peso SS (g)	8.47	8.72	8.76	8.21
Peso Agua (g)	2.71	2.67	2.65	2.41
Cont. Hum (W)%	32.00	30.62	30.25	29.35
LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D4318				
1ra Muestra				
Nombre de cápsula	C2-P-1.1	C2-P-1.2	C2-P-1.3	C2-P-1.4
Peso cápsula (g)	30.04	30.07	30.00	30.10
Peso cápsula +SH	51.68	52.55	53.00	52.30
Peso cápsula+SS (g)	48.15	49.25	49.98	49.60
Peso SS (g)	18.11	19.18	19.98	19.50
Peso Agua (g)	3.53	3.30	3.02	2.70
Cont. Hum (W)%	19.49	17.21	15.12	13.85

Límite plástico (%) = 16.41
 Límite líquido (%) C = 30.66
 Índice plástico (%) C = 14.24

Carta de plasticidad de Casagrande (Según ASTM D-2487)

CLASIFICACIÓN

SUCS

CL

LEYENDA

SS: Suelo Seco
 SH: Suelo Húmedo



Tabla 113

Análisis de datos del ensayo, límite líquido y plástico, calicata N°2 –P2

Universidad Andina del Cusco		LÍMITES DE CONSISTENCIA D LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO - IP ASTM D4318, MTC E110, MTC E111, NTP 339.129		
Nombre de la tesis:	"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".			
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco	Fecha : 31 de mayo del 2023 N° de hoja : 05 de 09 Número de muestra : N° 2 - Calicata N° 2 Descripción : Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo.	NÚMERO DE PRUEBA: N° 05 DE 09 CÓDIGO: C2-02-LL-IP		
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Límites de Consistencia: Límite líquido y Límite plástico				
LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D4318				
2da Muestra				
Nombre de cápsula	C2-L-2.1	C2-L-2.2	C2-L-2.3	C2-L-2.4
Peso cápsula (g)	50.10	49.45	48.57	47.11
Peso cápsula +SH	61.12	60.76	60.06	57.43
Peso cápsula +SS (g)	58.45	58.14	57.44	55.12
Número de golpes	14.00	20.00	30.00	35.00
Peso SS (g)	8.35	8.69	8.87	8.01
Peso Agua (g)	2.67	2.62	2.62	2.31
Cont. Hum. (W)%	31.98	30.15	29.54	28.84
LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D4318				
2da Muestra				
Nombre de cápsula	C2-P-2.1	C2-P-2.2	C2-P-2.3	C2-P-2.4
Peso cápsula (g)	30.05	30.53	30.75	30.10
Peso cápsula +SH	51.10	51.99	55.00	51.31
Peso cápsula +SS (g)	48.24	49.32	51.80	48.36
Peso SS (g)	18.19	18.79	21.05	18.26
Peso Agua (g)	2.86	2.67	3.20	2.95
Cont. Hum. (W)%	15.72	14.21	15.20	16.16

LÍMITE LÍQUIDO

$y = -0.134x + 33.442$
 $R^2 = 0.896$

Límite plástico (%) = 15.32
 Límite líquido (%) C = 30.09
 Índice plástico (%) C = 14.77

Carta de plasticidad de Casagrande (Según ASTM D-2487)

CLASIFICACIÓN SUCS

CL

LEYENDA

SS: Suelo Seco
SH: Suelo Húmedo



Tabla 114

Análisis de datos del ensayo, límite líquido y plástico, calicata N°2 –P3

Universidad Andina del Cusco		LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO - IP ASTM D4318, MICE 110, MICE 111, NTP 339.129		
Nombre de la tesis:	"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunc del Distrito de Chinchero, 2023".			
Tesisista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesisista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapunc Provincia: Urubamba Región: Cusco	Fecha: 31 de mayo del 2023 N° de hoja: 06 de 09 Número de muestra: N° 3-Calicata N° 2 Descripción: Ensayo de propiedades índice-físicas del suelo	NÚMERO DE PRUEBA: N° 06 DE 09 CÓDIGO: C2-03-LL-LP		
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Límites de Consistencia: Límite líquido y Límite plástico				
LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D4318				
3ra Muestra				
Nombre de cápsula	C2-L-3.1	C2-L-3.2	C2-L-3.3	C2-L-3.4
Peso cápsula (g)	50.36	50.16	49.19	49.59
Peso cápsula +SH	61.32	61.32	60.96	60.96
Peso cápsula +SS (g)	58.61	58.61	58.15	58.31
Número de golpes	11.00	23.00	28.00	33.00
Peso SS (g)	8.25	8.45	8.96	8.72
Peso Agua (g)	2.71	2.71	2.81	2.65
Cont. Hum. (W)%	32.85	32.07	31.36	30.39
LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D4318				
3ra Muestra				
Nombre de cápsula	C2-P-3.1	C2-P-3.2	C2-P-3.3	C2-P-3.4
Peso cápsula (g)	30.05	30.13	30.15	30.01
Peso cápsula +SH	51.55	48.00	54.00	51.00
Peso cápsula +SS (g)	48.34	45.57	51.37	48.16
Peso SS (g)	18.29	15.44	21.22	18.15
Peso Agua (g)	3.21	2.43	2.63	2.84
Cont. Hum. (W)%	17.55	15.74	12.39	15.65

LÍMITE LÍQUIDO

$y = -0.1068x + 34.203$
 $R^2 = 0.926$

Límite plástico (%) = 15.33
 Límite líquido (%) C = 31.53
 Índice plástico (%) C = 16.20

Carta de plasticidad de Casagrande (Según ASTM D-2487)

CLASIFICACIÓN SUCS

CL

LEYENDA

SS: Suelo Seco
 SH: Suelo Húmedo



Tabla 115

Análisis de datos del ensayo, límite líquido y plástico, calicata N°3 –P1

Universidad Andina del Cusco		LÍMITES DE CONSISTENCIA ϕ LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO - IP ASTM D4318, MTC E110, MTC E111, NTP 339.129		
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".				
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 31 de mayo del 2023 N° de hoja de muestra: 07 de 09 N° 1 - Calicata N° 3 Descripción: Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo.		NÚMERO DE PRUEBA: N° 07 DE 09 CÓDIGO: C3-01-LL-IP
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Límites de Consistencia: Límite líquido y Límite plástico				
LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D4318				
1ra Muestra				
Nombre de cápsula	C3-L-1.1	C3-L-1.2	C3-L-1.3	C3-L-1.4
Peso cápsula (g)	15.57	49.28	15.78	49.84
Peso cápsula +SH	27.19	58.43	27.43	63.42
Peso cápsula +SS (g)	24.33	56.21	24.68	60.36
Número de golpes	17.00	19.00	35.00	37.00
Peso SS (g)	8.76	6.93	8.90	10.52
Peso Agua (g)	2.86	2.22	2.75	3.06
Cont. Hum (W)%	32.65	32.03	30.90	29.09
LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D4318				
1ra Muestra				
Nombre de cápsula	C3-P-1.1	C3-P-1.2	C3-P-1.3	C3-P-1.4
Peso cápsula (g)	30.00	29.80	29.89	30.15
Peso cápsula +SH	51.48	50.55	52.47	51.70
Peso cápsula +SS (g)	47.80	46.50	48.50	47.75
Peso SS (g)	17.80	16.70	18.61	17.60
Peso Agua (g)	3.68	4.05	3.97	3.95
Cont. Hum (W)%	20.67	24.25	21.33	22.44

Límite plástico (%) = 22.18
 Límite líquido (%) ϕ = 31.44
 Índice plástico (%) ϕ = 9.26

Carta de plasticidad de Casagrande (Según ASTM D-2487)

CLASIFICACIÓN SUCS
OL

LEYENDA
SS: Suelo Seco
SH: Suelo Húmedo



Tabla 116

Análisis de datos del ensayo, límite líquido y plástico, calicata N°3 -P2

	LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO - IP ASTM D4318, MTC E110, MTC E111, NTP 339.129																																																			
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".																																																				
Tesista 1 : Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2 : Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra : Chacapunco Provincia : Urubamba Región : Cusco	Fecha : 31 de mayo del 2023 N° de hoja : 08 de 09 Número de muestra : N° 2 - Calicata N° 3 Descripción : Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo	NÚMERO DE PRUEBA: N° 08 DE 09 CÓDIGO: C3-02-LL-IP																																																		
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Límites de Consistencia: Límite líquido y Límite plástico																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="5" style="text-align: center;">LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D4318</th> </tr> <tr> <th colspan="5" style="text-align: center;">2da Muestra</th> </tr> <tr> <th style="text-align: left;">Nombre de cápsula</th> <th style="text-align: center;">C3-L-2.1</th> <th style="text-align: center;">C3-L-2.2</th> <th style="text-align: center;">C3-L-2.3</th> <th style="text-align: center;">C3-L-2.4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso cápsula (g)</td> <td style="text-align: center;">15.58</td> <td style="text-align: center;">49.26</td> <td style="text-align: center;">15.74</td> <td style="text-align: center;">49.21</td> </tr> <tr> <td>Peso cápsula +SH</td> <td style="text-align: center;">27.22</td> <td style="text-align: center;">58.38</td> <td style="text-align: center;">27.41</td> <td style="text-align: center;">59.58</td> </tr> <tr> <td>Peso cápsula +SS (g)</td> <td style="text-align: center;">24.40</td> <td style="text-align: center;">56.21</td> <td style="text-align: center;">24.68</td> <td style="text-align: center;">57.34</td> </tr> <tr> <td>Número de golpes</td> <td style="text-align: center;">15.00</td> <td style="text-align: center;">22.00</td> <td style="text-align: center;">34.00</td> <td style="text-align: center;">38.00</td> </tr> <tr> <td>Peso SS (g)</td> <td style="text-align: center;">8.82</td> <td style="text-align: center;">6.95</td> <td style="text-align: center;">8.94</td> <td style="text-align: center;">8.13</td> </tr> <tr> <td>Peso Agua (g)</td> <td style="text-align: center;">2.82</td> <td style="text-align: center;">2.17</td> <td style="text-align: center;">2.73</td> <td style="text-align: center;">2.24</td> </tr> <tr> <td>Cont. Hum (W%)</td> <td style="text-align: center;">31.97</td> <td style="text-align: center;">31.22</td> <td style="text-align: center;">30.54</td> <td style="text-align: center;">27.55</td> </tr> </tbody> </table>			LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D4318					2da Muestra					Nombre de cápsula	C3-L-2.1	C3-L-2.2	C3-L-2.3	C3-L-2.4	Peso cápsula (g)	15.58	49.26	15.74	49.21	Peso cápsula +SH	27.22	58.38	27.41	59.58	Peso cápsula +SS (g)	24.40	56.21	24.68	57.34	Número de golpes	15.00	22.00	34.00	38.00	Peso SS (g)	8.82	6.95	8.94	8.13	Peso Agua (g)	2.82	2.17	2.73	2.24	Cont. Hum (W%)	31.97	31.22	30.54	27.55
LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D4318																																																				
2da Muestra																																																				
Nombre de cápsula	C3-L-2.1	C3-L-2.2	C3-L-2.3	C3-L-2.4																																																
Peso cápsula (g)	15.58	49.26	15.74	49.21																																																
Peso cápsula +SH	27.22	58.38	27.41	59.58																																																
Peso cápsula +SS (g)	24.40	56.21	24.68	57.34																																																
Número de golpes	15.00	22.00	34.00	38.00																																																
Peso SS (g)	8.82	6.95	8.94	8.13																																																
Peso Agua (g)	2.82	2.17	2.73	2.24																																																
Cont. Hum (W%)	31.97	31.22	30.54	27.55																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="5" style="text-align: center;">LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D4318</th> </tr> <tr> <th colspan="5" style="text-align: center;">2da Muestra</th> </tr> <tr> <th style="text-align: left;">Nombre de cápsula</th> <th style="text-align: center;">C3-P-2.1</th> <th style="text-align: center;">C3-P-2.2</th> <th style="text-align: center;">C3-P-2.3</th> <th style="text-align: center;">C3-P-2.4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso cápsula (g)</td> <td style="text-align: center;">30.42</td> <td style="text-align: center;">30.19</td> <td style="text-align: center;">30.52</td> <td style="text-align: center;">30.14</td> </tr> <tr> <td>Peso cápsula +SH</td> <td style="text-align: center;">50.98</td> <td style="text-align: center;">52.01</td> <td style="text-align: center;">54.00</td> <td style="text-align: center;">51.35</td> </tr> <tr> <td>Peso cápsula +SS (g)</td> <td style="text-align: center;">47.00</td> <td style="text-align: center;">48.00</td> <td style="text-align: center;">49.89</td> <td style="text-align: center;">47.60</td> </tr> <tr> <td>Peso SS (g)</td> <td style="text-align: center;">16.58</td> <td style="text-align: center;">17.81</td> <td style="text-align: center;">19.37</td> <td style="text-align: center;">17.46</td> </tr> <tr> <td>Peso Agua (g)</td> <td style="text-align: center;">3.98</td> <td style="text-align: center;">4.01</td> <td style="text-align: center;">4.11</td> <td style="text-align: center;">3.75</td> </tr> <tr> <td>Cont. Hum (W%)</td> <td style="text-align: center;">24.00</td> <td style="text-align: center;">22.52</td> <td style="text-align: center;">21.22</td> <td style="text-align: center;">21.48</td> </tr> </tbody> </table>			LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D4318					2da Muestra					Nombre de cápsula	C3-P-2.1	C3-P-2.2	C3-P-2.3	C3-P-2.4	Peso cápsula (g)	30.42	30.19	30.52	30.14	Peso cápsula +SH	50.98	52.01	54.00	51.35	Peso cápsula +SS (g)	47.00	48.00	49.89	47.60	Peso SS (g)	16.58	17.81	19.37	17.46	Peso Agua (g)	3.98	4.01	4.11	3.75	Cont. Hum (W%)	24.00	22.52	21.22	21.48					
LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D4318																																																				
2da Muestra																																																				
Nombre de cápsula	C3-P-2.1	C3-P-2.2	C3-P-2.3	C3-P-2.4																																																
Peso cápsula (g)	30.42	30.19	30.52	30.14																																																
Peso cápsula +SH	50.98	52.01	54.00	51.35																																																
Peso cápsula +SS (g)	47.00	48.00	49.89	47.60																																																
Peso SS (g)	16.58	17.81	19.37	17.46																																																
Peso Agua (g)	3.98	4.01	4.11	3.75																																																
Cont. Hum (W%)	24.00	22.52	21.22	21.48																																																
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> LÍMITE LÍQUIDO </div>																																																				
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Límite plástico (%) = 22.30</td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td>Límite líquido (%) C = 30.67</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Índice plástico (%) C = 8.37</td> <td></td> </tr> </table>			Límite plástico (%) = 22.30		Límite líquido (%) C = 30.67		Índice plástico (%) C = 8.37																																													
Límite plástico (%) = 22.30																																																				
Límite líquido (%) C = 30.67																																																				
Índice plástico (%) C = 8.37																																																				
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> Carta de plasticidad de Casagrande (Según ASTM D-2487) </div>																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: center;">CLASIFICACIÓN SUCS</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center; font-size: 24px; font-weight: bold;">OL</td> </tr> </table>			CLASIFICACIÓN SUCS	OL																																																
CLASIFICACIÓN SUCS																																																				
OL																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: center;">LEYENDA</th> </tr> <tr> <td>SS: Suelo Seco</td> </tr> <tr> <td>SH: Suelo Húmedo</td> </tr> </table>			LEYENDA	SS: Suelo Seco	SH: Suelo Húmedo																																															
LEYENDA																																																				
SS: Suelo Seco																																																				
SH: Suelo Húmedo																																																				



Tabla 117

Análisis de datos del ensayo, límite líquido y plástico, calicata N°3 –P3

Universidad Andina del Cusco		LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO - IP ASTM D4318, MTC E110, MTC E111, NTP 339.129		
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero 2023".				
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Uubamba Región: Cusco		Fecha: 31 de mayo del 2023 N° de hoja: 09 de 09 Número de muestra: N° 3 - Calicata N°3 Descripción: Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo		NÚMERO DE PRUEBA: N° 09 DE 09 CÓDIGO: C3-03-LL-IP
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Límites de Consistencia: Límite líquido y Límite plástico				
LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D4318				
3ra Muestra				
Nombre de cápsula	C3-L-3.1	C3-L-3.2	C3-L-3.3	C3-L-3.4
Peso cápsula (g)	15.79	15.59	49.27	49.12
Peso cápsula +SH	27.19	27.21	58.36	59.48
Peso cápsula +SS (g)	24.41	24.41	56.18	57.14
Número de golpes	12.00	21.00	29.00	34.00
Peso SS (g)	8.62	8.82	6.91	8.02
Peso Agua (g)	2.78	2.80	2.18	2.34
Cont. Hum. (W)%	32.25	31.75	31.55	29.19
LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D4318				
3ra Muestra				
Nombre de cápsula	C3-P-3.1	C3-P-3.2	C3-P-3.3	C3-P-1.4
Peso cápsula (g)	29.89	29.97	29.99	30.14
Peso cápsula +SH	51.18	49.80	52.58	51.42
Peso cápsula +SS (g)	47.00	46.00	48.50	48.15
Peso SS (g)	17.11	16.03	18.51	18.01
Peso Agua (g)	4.18	3.80	4.08	3.27
Cont. Hum. (W)%	24.43	23.71	22.04	18.16

LÍMITE LÍQUIDO

Límite plástico (%) = 22.08

Límite líquido (%) \bar{C} = 31.07

Índice plástico (%) \bar{C} = 8.98

Carta de plasticidad de Casagrande (Según ASTM D-2487)

CLASIFICACIÓN

SUCS

OL

LEYENDA

SS: Suelo Seco

SH: Suelo Húmedo



Tabla 118

Análisis de datos del ensayo, límite líquido y plástico, SP+4%CC-P1

<div style="text-align: center;"> LÍMITES DE CONSISTENCIA D LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO - IP ASTMD4318, MTC E110, MTC E111, NIP 339.129 </div>																																																																																																	
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".	Fecha : 13 de junio del 2023 N° de hoja : 01 de 09 Porcentaje del aditivo : Cemento caduco al 4% Descripción : Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo.	NÚMERO DE PRUEBA: N° 01 DE 09 CÓDIGO: CC-4%-01-LL-LP																																																																																															
Tesista 1 : Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2 : Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra : Chacapuncu Provincia : Urubamba Región : Cusco																																																																																																	
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Límites de Consistencia: Límite líquido y Límite plástico																																																																																																	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D4318</th> </tr> <tr> <th colspan="5">1ra Muestra</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Nombre de cápsula</td><td>CC4-L-1.1</td><td>CC4-L-1.2</td><td>CC4-L-1.3</td><td>CC4-L-1.4</td></tr> <tr><td>Peso cápsula (g)</td><td>17.32</td><td>21.49</td><td>17.33</td><td>21.22</td></tr> <tr><td>Peso cápsula +SH</td><td>29.34</td><td>31.95</td><td>29.36</td><td>31.04</td></tr> <tr><td>Peso cápsula+SS</td><td>26.46</td><td>29.45</td><td>26.49</td><td>28.73</td></tr> <tr><td>Número de golpes</td><td>14.00</td><td>17.00</td><td>28.00</td><td>38.00</td></tr> <tr><td>Peso SS (g)</td><td>9.14</td><td>7.96</td><td>9.16</td><td>7.51</td></tr> <tr><td>Peso Agua (g)</td><td>2.88</td><td>2.50</td><td>2.87</td><td>2.31</td></tr> <tr><td>Cont. Hum. (W)%</td><td>31.51</td><td>31.41</td><td>31.33</td><td>30.76</td></tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D4318</th> </tr> <tr> <th colspan="5">1ra Muestra</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Nombre de cápsula</td><td>CC4-P-1.1</td><td>CC4-P-1.2</td><td>CC4-P-1.3</td><td>CC4-P-1.4</td></tr> <tr><td>Peso cápsula (g)</td><td>21.63</td><td>21.21</td><td>21.16</td><td>21.15</td></tr> <tr><td>Peso cápsula +SH</td><td>26.40</td><td>32.30</td><td>28.40</td><td>28.30</td></tr> <tr><td>Peso cápsula+SS</td><td>25.45</td><td>30.02</td><td>26.93</td><td>26.90</td></tr> <tr><td>Peso SS (g)</td><td>3.82</td><td>8.81</td><td>5.77</td><td>5.75</td></tr> <tr><td>Peso Agua (g)</td><td>0.95</td><td>2.28</td><td>1.47</td><td>1.40</td></tr> <tr><td>Cont. Hum. (W)%</td><td>24.87</td><td>25.88</td><td>25.48</td><td>24.35</td></tr> </tbody> </table> </div> <div style="width: 50%;"> <div style="text-align: center;">LÍMITE LÍQUIDO</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> Límite plástico (%) = 25.14 Límite líquido (%) L_c = 31.23 Índice plástico (%) = 6.09 </div> </div> </div>			LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D4318					1ra Muestra					Nombre de cápsula	CC4-L-1.1	CC4-L-1.2	CC4-L-1.3	CC4-L-1.4	Peso cápsula (g)	17.32	21.49	17.33	21.22	Peso cápsula +SH	29.34	31.95	29.36	31.04	Peso cápsula+SS	26.46	29.45	26.49	28.73	Número de golpes	14.00	17.00	28.00	38.00	Peso SS (g)	9.14	7.96	9.16	7.51	Peso Agua (g)	2.88	2.50	2.87	2.31	Cont. Hum. (W)%	31.51	31.41	31.33	30.76	LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D4318					1ra Muestra					Nombre de cápsula	CC4-P-1.1	CC4-P-1.2	CC4-P-1.3	CC4-P-1.4	Peso cápsula (g)	21.63	21.21	21.16	21.15	Peso cápsula +SH	26.40	32.30	28.40	28.30	Peso cápsula+SS	25.45	30.02	26.93	26.90	Peso SS (g)	3.82	8.81	5.77	5.75	Peso Agua (g)	0.95	2.28	1.47	1.40	Cont. Hum. (W)%	24.87	25.88	25.48	24.35
LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D4318																																																																																																	
1ra Muestra																																																																																																	
Nombre de cápsula	CC4-L-1.1	CC4-L-1.2	CC4-L-1.3	CC4-L-1.4																																																																																													
Peso cápsula (g)	17.32	21.49	17.33	21.22																																																																																													
Peso cápsula +SH	29.34	31.95	29.36	31.04																																																																																													
Peso cápsula+SS	26.46	29.45	26.49	28.73																																																																																													
Número de golpes	14.00	17.00	28.00	38.00																																																																																													
Peso SS (g)	9.14	7.96	9.16	7.51																																																																																													
Peso Agua (g)	2.88	2.50	2.87	2.31																																																																																													
Cont. Hum. (W)%	31.51	31.41	31.33	30.76																																																																																													
LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D4318																																																																																																	
1ra Muestra																																																																																																	
Nombre de cápsula	CC4-P-1.1	CC4-P-1.2	CC4-P-1.3	CC4-P-1.4																																																																																													
Peso cápsula (g)	21.63	21.21	21.16	21.15																																																																																													
Peso cápsula +SH	26.40	32.30	28.40	28.30																																																																																													
Peso cápsula+SS	25.45	30.02	26.93	26.90																																																																																													
Peso SS (g)	3.82	8.81	5.77	5.75																																																																																													
Peso Agua (g)	0.95	2.28	1.47	1.40																																																																																													
Cont. Hum. (W)%	24.87	25.88	25.48	24.35																																																																																													

Tabla 119 Análisis de datos, límite líquido y plástico, SP+4%CC-P2



Análisis de datos del ensayo, límite líquido y plástico, SP+4%CC-P2

<div style="text-align: center;"> LÍMITES DE CONSISTENCIA D LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO - IP ASTMD4318, MTC E110, MTC E111, NIP 339.129 </div>																																																																																																	
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".	Fecha : 13 de junio del 2023 N° de hoja : 02 de 09 Porcentaje del aditivo : Cemento caduco al 4% Descripción : Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo.	NÚMERO DE PRUEBA: N° 02 DE 09 CÓDIGO: CC-4%-02-LL-LP																																																																																															
Tesista 1 : Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2 : Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra : Chacapuncu Provincia : Urubamba Región : Cusco																																																																																																	
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Límites de Consistencia: Límite líquido y Límite plástico																																																																																																	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D4318</th> </tr> <tr> <th colspan="5">2da Muestra</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Nombre de cápsula</td><td>CC4-L-2.1</td><td>CC4-L-2.2</td><td>CC4-L-2.3</td><td>CC4-L-2.4</td></tr> <tr><td>Peso cápsula (g)</td><td>21.47</td><td>17.80</td><td>17.31</td><td>21.20</td></tr> <tr><td>Peso cápsula +SH</td><td>31.93</td><td>29.32</td><td>29.34</td><td>31.02</td></tr> <tr><td>Peso cápsula+SS</td><td>29.41</td><td>26.44</td><td>26.47</td><td>28.70</td></tr> <tr><td>Número de golpes</td><td>15.00</td><td>19.00</td><td>27.00</td><td>33.00</td></tr> <tr><td>Peso SS (g)</td><td>7.94</td><td>9.14</td><td>9.16</td><td>7.50</td></tr> <tr><td>Peso Agua (g)</td><td>2.52</td><td>2.88</td><td>2.87</td><td>2.32</td></tr> <tr><td>Cont. Hum. (W)%</td><td>31.74</td><td>31.51</td><td>31.33</td><td>30.93</td></tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D4318</th> </tr> <tr> <th colspan="5">2da Muestra</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Nombre de cápsula</td><td>CC4-P-2.1</td><td>CC4-P-2.2</td><td>CC4-P-2.3</td><td>CC4-P-2.4</td></tr> <tr><td>Peso cápsula (g)</td><td>21.61</td><td>22.01</td><td>21.17</td><td>21.01</td></tr> <tr><td>Peso cápsula +SH</td><td>27.48</td><td>34.14</td><td>27.95</td><td>29.45</td></tr> <tr><td>Peso cápsula+SS</td><td>26.29</td><td>31.59</td><td>26.58</td><td>27.80</td></tr> <tr><td>Peso SS (g)</td><td>4.68</td><td>9.58</td><td>5.41</td><td>6.79</td></tr> <tr><td>Peso Agua (g)</td><td>1.19</td><td>2.55</td><td>1.37</td><td>1.65</td></tr> <tr><td>Cont. Hum. (W)%</td><td>25.43</td><td>26.62</td><td>25.32</td><td>24.30</td></tr> </tbody> </table> </div> <div style="width: 50%;"> <div style="text-align: center;">LÍMITE LÍQUIDO</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> Límite plástico (%) = 25.42 Límite líquido (%) L_c = 31.32 Índice plástico (%) I_c = 5.90 </div> </div> </div>			LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D4318					2da Muestra					Nombre de cápsula	CC4-L-2.1	CC4-L-2.2	CC4-L-2.3	CC4-L-2.4	Peso cápsula (g)	21.47	17.80	17.31	21.20	Peso cápsula +SH	31.93	29.32	29.34	31.02	Peso cápsula+SS	29.41	26.44	26.47	28.70	Número de golpes	15.00	19.00	27.00	33.00	Peso SS (g)	7.94	9.14	9.16	7.50	Peso Agua (g)	2.52	2.88	2.87	2.32	Cont. Hum. (W)%	31.74	31.51	31.33	30.93	LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D4318					2da Muestra					Nombre de cápsula	CC4-P-2.1	CC4-P-2.2	CC4-P-2.3	CC4-P-2.4	Peso cápsula (g)	21.61	22.01	21.17	21.01	Peso cápsula +SH	27.48	34.14	27.95	29.45	Peso cápsula+SS	26.29	31.59	26.58	27.80	Peso SS (g)	4.68	9.58	5.41	6.79	Peso Agua (g)	1.19	2.55	1.37	1.65	Cont. Hum. (W)%	25.43	26.62	25.32	24.30
LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D4318																																																																																																	
2da Muestra																																																																																																	
Nombre de cápsula	CC4-L-2.1	CC4-L-2.2	CC4-L-2.3	CC4-L-2.4																																																																																													
Peso cápsula (g)	21.47	17.80	17.31	21.20																																																																																													
Peso cápsula +SH	31.93	29.32	29.34	31.02																																																																																													
Peso cápsula+SS	29.41	26.44	26.47	28.70																																																																																													
Número de golpes	15.00	19.00	27.00	33.00																																																																																													
Peso SS (g)	7.94	9.14	9.16	7.50																																																																																													
Peso Agua (g)	2.52	2.88	2.87	2.32																																																																																													
Cont. Hum. (W)%	31.74	31.51	31.33	30.93																																																																																													
LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D4318																																																																																																	
2da Muestra																																																																																																	
Nombre de cápsula	CC4-P-2.1	CC4-P-2.2	CC4-P-2.3	CC4-P-2.4																																																																																													
Peso cápsula (g)	21.61	22.01	21.17	21.01																																																																																													
Peso cápsula +SH	27.48	34.14	27.95	29.45																																																																																													
Peso cápsula+SS	26.29	31.59	26.58	27.80																																																																																													
Peso SS (g)	4.68	9.58	5.41	6.79																																																																																													
Peso Agua (g)	1.19	2.55	1.37	1.65																																																																																													
Cont. Hum. (W)%	25.43	26.62	25.32	24.30																																																																																													



Tabla 120

Análisis de datos del ensayo, límite líquido y plástico, SP+4%CC-P3

 LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO - IP ASTM D4318, MTC E110, MTC E111, NTP 339.129				
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".				
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 13 de junio del 2023 N° de hoja: 03 de 09 Porcentaje del aditivo: Cemento caduco al 4% Descripción: Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo.		
		NÚMERO DE PRUEBA: N° 03 DE 03 CÓDIGO: CC-4%-03-LL-LP		
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Límites de Consistencia: Límite líquido y Límite plástico				
LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D4318				
3ra Muestra				
Nombre de cápsula	CC4-L-3.1	CC4-L-3.2	CC4-L-3.3	CC4-L-3.4
Peso cápsula (g)	17.41	20.99	21.11	17.89
Peso cápsula +SH	29.47	32.01	30.99	29.87
Peso cápsula +SS	26.48	29.33	28.63	27.12
Número de golpes	14.00	22.00	27.00	33.00
Peso SS (g)	9.07	8.34	7.52	9.23
Peso Agua (g)	2.99	2.68	2.36	2.75
Cont. Hum. (W)%	32.97	32.13	31.38	29.79
LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D4318				
3ra Muestra				
Nombre de cápsula	CC4-P-3.1	CC4-P-3.2	CC4-P-3.3	CC4-P-3.4
Peso cápsula (g)	21.52	21.11	21.87	21.03
Peso cápsula +SH	26.38	32.31	28.42	28.27
Peso cápsula +SS	25.45	30.02	26.93	26.90
Peso SS (g)	3.93	8.91	5.26	5.87
Peso Agua (g)	0.93	2.29	1.49	1.37
Cont. Hum. (W)%	23.66	25.70	28.33	23.34

Límite plástico (%) = 25.26
 Límite líquido (%) C = 31.41
 Índice plástico (%) C = 6.15

Tabla 121

Análisis de datos del ensayo, límite líquido y plástico, SP+4%CC-P1, P2 y P3



 LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO - IP ASTM D4318, MTC E110, MTC E111, NTP 339.129					
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".					
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 15 de junio del 2023 N° de hoja: 01 de 03 Porcentaje del aditivo: Cemento caduco al 4% Descripción: Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo con aditivo			
		NÚMERO DE PRUEBAS: N° 01, 02 y 03 CÓDIGO: CC-4%-01-02-03-LL-LP			
Resultados - Ensayo Límites de Consistencia: Límite líquido y Límite plástico - con cemento caduco al 4%					
		PRUEBA 01	PRUEBA 02	PRUEBA 03	MEDIA ARITMETICA
Límite plástico (%)	=	25.14	25.42	25.26	25.27
Límite líquido (%) I	=	31.232	31.317	31.407	31.32
Índice plástico (%) I	=	6.09	5.90	6.15	6.05



Tabla 122

Análisis de datos del ensayo, límite líquido y plástico, SP+7%CC-P1

Universidad Andina del Cusco		LÍMITES DE CONSISTENCIA D LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO - IP ASTM D4318, MTC E110, MTC E111, NIP 339.129		
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".				
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe		Fecha: 13 de junio del 2023 N° de hoja: 04 de 09		NÚMERO DE PRUEBA: N° 04 DE 09
Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco		Porcentaje del aditivo: Cemento caduco al 7% Descripción: Ensayo de propiedades índice-físicas del suelo		CÓDIGO: CC-7%-01-LL-LP
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Límites de Consistencia: Límite líquido y Límite plástico				
LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D4318				
1ra Muestra				
Nombre de cápsula	CC7-L-1.1	CC7-L-1.2	CC7-L-1.3	CC7-L-1.4
Peso cápsula (g)	17.85	17.81	21.22	21.93
Peso cápsula +SH	27.85	27.81	29.58	31.37
Peso cápsula +SS	25.36	25.33	27.58	29.13
Número de golpes	15.00	17.00	26.00	36.00
Peso SS (g)	7.51	7.52	6.36	7.20
Peso Agua (g)	2.49	2.48	2.00	2.24
Cont. Hum. (W)%	33.16	32.98	31.45	31.11
LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D4318				
1ra Muestra				
Nombre de cápsula	CC7-P-1.1	CC7-P-1.2	CC7-P-1.3	CC7-P-1.4
Peso cápsula (g)	21.83	21.15	20.98	20.96
Peso cápsula +SH	28.10	29.10	28.40	28.50
Peso cápsula +SS	26.83	27.38	26.92	26.92
Peso SS (g)	5.00	6.23	5.94	5.96
Peso Agua (g)	1.27	1.72	1.48	1.58
Cont. Hum. (W)%	25.40	27.61	24.92	26.51

LÍMITE LÍQUIDO

Límite plástico (%) = 26.11

Límite líquido (%) L_c = 32.02

Índice plástico (%) I_c = 5.91

Tabla 123

Análisis de datos del ensayo, límite líquido y plástico, SP+7%CC-P2

Universidad Andina del Cusco		LÍMITES DE CONSISTENCIA D LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO - IP ASTM D4318, MTC E110, MTC E111, NIP 339.129		
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".				
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe		Fecha: 13 de junio del 2023 N° de hoja: 05 de 09		NÚMERO DE PRUEBA: N° 05 DE 09
Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco		Porcentaje del aditivo: Cemento caduco al 7% Descripción: Ensayo de propiedades índice-físicas del suelo		CÓDIGO: CC-7%-02-LL-LP
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Límites de Consistencia: Límite líquido y Límite plástico				
LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D4318				
2da Muestra				
Nombre de cápsula	CC7-L-2.1	CC7-L-2.2	CC7-L-2.3	CC7-L-2.4
Peso cápsula (g)	17.83	17.79	21.20	21.91
Peso cápsula +SH	27.82	27.79	29.56	31.35
Peso cápsula +SS	25.34	25.31	27.56	29.11
Número de golpes	15.00	18.00	27.00	35.00
Peso SS (g)	7.51	7.52	6.36	7.20
Peso Agua (g)	2.48	2.48	2.00	2.24
Cont. Hum. (W)%	33.02	32.98	31.45	31.11
LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D4318				
2da Muestra				
Nombre de cápsula	CC7-P-2.1	CC7-P-2.2	CC7-P-2.3	CC7-P-2.4
Peso cápsula (g)	21.82	21.13	20.96	20.96
Peso cápsula +SH	28.08	29.08	28.38	28.50
Peso cápsula +SS	26.81	27.36	26.90	26.93
Peso SS (g)	4.99	6.23	5.94	5.97
Peso Agua (g)	1.27	1.72	1.48	1.57
Cont. Hum. (W)%	25.45	27.61	24.92	26.30

LÍMITE LÍQUIDO

Límite plástico (%) = 26.07



Límite líquido (%) L_c = 32.01

Índice plástico (%) I_c = 5.94

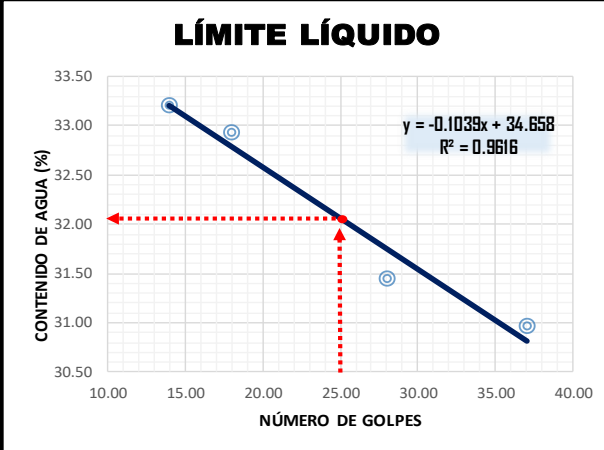


Tabla 124

Análisis de datos del ensayo, límite líquido y plástico, SP+7%CC-P3

 LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO - IP ASTM D4318, MTC E110, MTC E111, NTP 339.129				
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".				
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapunco Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 13 de junio del 2023 N° de hoja: 06 de 09 Porcentaje del aditivo: Cemento caduco al 7% Descripción: Ensayo de propiedades índice físicas del suelo.		
NÚMERO DE PRUEBA: N° 06 DE 09 CÓDIGO: CC-7%-03-LL-LP				
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Límites de Consistencia: Límite líquido y Límite plástico				
LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D4318				
3ra Muestra				
Nombre de cápsula	CC7-L-3.1	CC7-L-3.2	CC7-L-3.3	CC7-L-3.4
Peso cápsula (g)	17.90	17.84	21.26	21.97
Peso cápsula +SH	27.89	27.85	29.62	31.40
Peso cápsula +SS	25.40	25.37	27.62	29.17
Número de golpes	14.00	18.00	28.00	37.00
Peso SS (g)	7.50	7.53	6.36	7.20
Peso Agua (g)	2.49	2.48	2.00	2.23
Cont. Hum. (W%)	33.20	32.93	31.45	30.97
LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D4318				
3ra Muestra				
Nombre de cápsula	CC7-P-3.1	CC7-P-3.2	CC7-P-3.3	CC7-P-3.4
Peso cápsula (g)	21.83	21.15	20.98	20.96
Peso cápsula +SH	28.10	29.10	28.40	28.50
Peso cápsula +SS	26.83	27.37	26.92	26.93
Peso SS (g)	5.00	6.22	5.94	5.97
Peso Agua (g)	1.27	1.73	1.48	1.57
Cont. Hum. (W%)	25.40	27.81	24.92	26.30

LÍMITE LÍQUIDO



$y = -0.1039x + 34.658$
 $R^2 = 0.9616$

Límite plástico (%) = 26.11
Límite líquido (%) C = 32.06
Índice plástico (%) C = 5.95

Tabla 125

Análisis de datos del ensayo, límite líquido y plástico, SP+7%CC-P1, P2 y P3



 LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO - IP ASTM D4318, MTC E110, MTC E111, NTP 339.129				
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".				
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapunco Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 15 de junio del 2023 N° de hoja: 02 de 03 Porcentaje del aditivo: Cemento caduco al 7% Descripción: Ensayo de propiedades índice físicas del suelo con aditivo		
NÚMERO DE PRUEBAS: N° 01, 02 y 03 CÓDIGO: CC-7%-01-02-03-LL-LP				
Resultados - Ensayo Límites de Consistencia: Límite líquido y Límite plástico - con cemento caduco al 7%				
	PRUEBA 01	PRUEBA 02	PRUEBA 03	MEDIA ARITMETICA
Límite plástico (%) =	26.11	26.07	26.11	26.09
Límite líquido (%) I =	32.0185	32.0055	32.0605	32.03
Índice plástico (%) I =	5.91	5.94	5.95	5.93



Tabla 126

Análisis de datos del ensayo, límite líquido y plástico, SP+10%CC-P1

Universidad Andina del Cusco		LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO - IP ASTM D4318, MTC E110, MTC E111, NTP 339.129		
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".				
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha : 13 de junio del 2023 N° de hoja : 07 de 09 Porcentaje del aditivo : Cemento caduco al 10% Descripción : Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo.	NÚMERO DE PRUEBA: N° 07 DE 09 CÓDIGO: CC-10%-01-LL-IP	
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Límites de Consistencia: Límite líquido y Límite plástico				
LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D4318				
1ra Muestra				
Nombre de cápsula	CC10-L-1.1	CC10-L-1.2	CC10-L-1.3	CC10-L-1.4
Peso cápsula (g)	17.85	21.02	21.52	21.27
Peso cápsula +SH	27.85	30.20	31.90	33.40
Peso cápsula +SS	25.36	27.93	29.44	30.63
Número de golpes	9.00	11.00	27.00	37.00
Peso SS (g)	7.51	6.91	7.92	9.36
Peso Agua (g)	2.49	2.27	2.46	2.77
Cont. Hum. (W%)	33.16	32.85	31.06	29.59
LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D4318				
1ra Muestra				
Nombre de cápsula	CC10-P-1.1	CC10-P-1.2	CC10-P-1.3	CC10-P-1.4
Peso cápsula (g)	17.78	21.70	21.90	21.89
Peso cápsula +SH	27.00	31.10	35.60	35.50
Peso cápsula +SS	25.14	29.22	32.73	32.72
Peso SS (g)	7.36	7.52	10.83	10.83
Peso Agua (g)	1.86	1.88	2.87	2.78
Cont. Hum. (W%)	25.27	25.00	26.50	25.67

LÍMITE LÍQUIDO

Límite plástico (%) = 25.61
 Límite líquido (%) C = 31.29
 Índice plástico (%) C = 5.68

Tabla 127

Análisis de datos del ensayo, límite líquido y plástico, SP+10%CC-P2

Universidad Andina del Cusco		LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO - IP ASTM D4318, MTC E110, MTC E111, NTP 339.129		
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".				
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha : 13 de junio del 2023 N° de hoja : 08 de 09 Porcentaje del aditivo : Cemento caduco al 10% Descripción : Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo.	NÚMERO DE PRUEBA: N° 08 DE 09 CÓDIGO: CC-10%-02-LL-IP	
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Límites de Consistencia: Límite líquido y Límite plástico				
LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D4318				
2da Muestra				
Nombre de cápsula	CC10-L-2.1	CC10-L-2.2	CC10-L-2.3	CC10-L-2.4
Peso cápsula (g)	18.10	17.98	21.47	22.10
Peso cápsula +SH	27.81	28.10	29.58	30.10
Peso cápsula +SS	25.34	25.54	27.58	28.20
Número de golpes	13.00	22.00	26.00	33.00
Peso SS (g)	7.24	7.56	6.11	6.10
Peso Agua (g)	2.47	2.56	2.00	1.90
Cont. Hum. (W%)	34.12	33.86	32.73	31.15
LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D4318				
2da Muestra				
Nombre de cápsula	CC10-P-2.1	CC10-P-2.2	CC10-P-2.3	CC10-P-2.4
Peso cápsula (g)	21.04	21.09	20.88	20.94
Peso cápsula +SH	28.87	28.95	28.36	28.10
Peso cápsula +SS	27.21	27.27	26.82	26.52
Peso SS (g)	6.17	6.18	5.94	5.58
Peso Agua (g)	1.66	1.68	1.54	1.59
Cont. Hum. (W%)	26.90	27.18	25.93	28.43



LÍMITE LÍQUIDO

Límite plástico (%) = 27.11
 Límite líquido (%) C = 32.74
 Índice plástico (%) C = 5.63

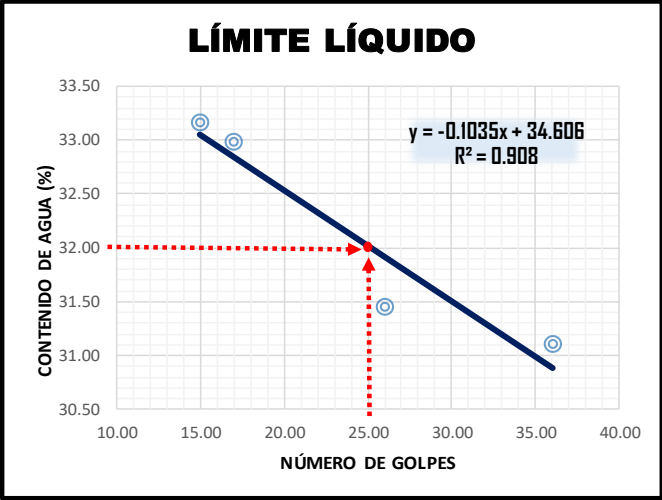


Tabla 128

Análisis de datos del ensayo, límite líquido y plástico, SP+10%CC-P3

 Universidad Andina del Cusco		LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO - IP ASTM D4318, MTC E110, MTC E111, NTP 339.129		
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".				
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 13 de junio del 2023 N° de hoja: 09 de 09 Porcentaje del aditivo: Cemento caduco al 10% Descripción: Ensayo de propiedades índice físicas del suelo		NÚMERO DE PRUEBA: N° 09 DE 09 CÓDIGO: CC-10%-03-LL-LP
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Límites de Consistencia: Límite líquido y Límite plástico				
LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D4318				
3ra Muestra				
Nombre de cápsula	CC10-L-3.1	CC10-L-3.2	CC10-L-3.3	CC10-L-3.4
Peso cápsula (g)	17.85	17.81	21.22	21.93
Peso cápsula +SH	27.85	27.81	29.58	31.37
Peso cápsula +SS	25.36	25.33	27.58	29.13
Número de golpes	15.00	17.00	26.00	36.00
Peso SS (g)	7.51	7.52	6.36	7.20
Peso Agua (g)	2.49	2.48	2.00	2.24
Cont. Hum. (W)%	33.16	32.98	31.45	31.11
LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D4318				
3ra Muestra				
Nombre de cápsula	CC10-P-3.1	CC10-P-3.2	CC10-P-3.3	CC10-P-3.4
Peso cápsula (g)	21.83	21.15	20.98	20.96
Peso cápsula +SH	28.10	29.10	28.40	28.50
Peso cápsula +SS	26.83	27.38	26.88	26.93
Peso SS (g)	5.00	6.23	5.90	5.97
Peso Agua (g)	1.27	1.72	1.52	1.57
Cont. Hum. (W)%	25.40	27.61	25.76	26.30

LÍMITE LÍQUIDO



Límite plástico (%) = 26.27

Límite líquido (%) = 32.02

Índice plástico (%) = 5.75

Tabla 129

Análisis de datos del ensayo, límite líquido y plástico, SP+10%CC-P1, P2 y P3



 Universidad Andina del Cusco		LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO - IP ASTM D4318, MTC E110, MTC E111, NTP 339.129			
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".					
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 15 de junio del 2023 N° de hoja: 03 de 03 Porcentaje del aditivo: Cemento caduco al 10% Descripción: Ensayo de propiedades índice físicas del suelo con aditivo		NÚMERO DE PRUEBAS: N° 01, 02 y 03 CÓDIGO: CC-10%-01-02-03-LL-LP	
Resultados - Ensayo Límites de Consistencia: Límite líquido y Límite plástico - con cemento caduco al 10%					
		PRUEBA 01	PRUEBA 02	PRUEBA 03	MEDIA ARITMETICA
Límite plástico (%) =		25.61	27.11	26.27	26.33
Límite líquido (%) =		31.29	32.74	32.02	32.02
Índice plástico (%) =		5.68	5.63	5.75	5.69



Tabla 130

Análisis de datos del ensayo, límite líquido y plástico, SP+4%CN-P1

Universidad Andina del Cusco		LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO - IP ASTM D4318, MTC E110, MTC E111, NTP 339.129		
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".				
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 15 de junio del 2023 N° de hoja: 01 de 09 Porcentaje del aditivo: Cemento normal al 4% Descripción: Ensayo de propiedades índice-físicas del suelo	NÚMERO DE PRUEBA: Nº 01 DE 09 CÓDIGO: CN-4%-01-LL-LP	
Hija de registro de datos y cálculos - Ensayo Límites de Consistencia: Límite líquido y Límite plástico				
LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D4318				
1ra Muestra				
Nombre de cápsula	CN4-L-1.1	CN4-L-1.2	CN4-L-1.3	CN4-L-1.4
Peso cápsula (g)	21.50	21.40	17.40	21.20
Peso cápsula +SH	30.31	30.40	27.10	27.60
Peso cápsula +SS	28.05	28.10	24.86	26.14
Número de golpes	14.00	15.00	28.00	34.00
Peso SS (g)	6.55	6.70	7.46	4.94
Peso Agua (g)	2.26	2.30	2.24	1.46
Cont. Hum (W%)	34.41	34.33	30.03	29.55
LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D4318				
1ra Muestra				
Nombre de cápsula	CN4-P-1.1	CN4-P-1.2	CN4-P-1.3	CN4-P-1.4
Peso cápsula (g)	21.63	21.21	21.16	21.15
Peso cápsula +SH	28.10	27.90	28.70	28.30
Peso cápsula +SS	26.73	26.49	27.21	26.82
Peso SS (g)	5.10	5.28	6.05	5.67
Peso Agua (g)	1.37	1.41	1.49	1.48
Cont. Hum (W%)	26.86	26.70	24.63	26.10

LÍMITE LÍQUIDO

Límite plástico (%) = 26.07

Límite líquido (%) \bar{C} = 31.49

Índice plástico (%) = 5.42

Tabla 131

Análisis de datos del ensayo, límite líquido y plástico, SP+4%CN-P2

Universidad Andina del Cusco		LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO - IP ASTM D4318, MTC E110, MTC E111, NTP 339.129		
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".				
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 15 de junio del 2023 N° de hoja: 02 de 09 Porcentaje del aditivo: Cemento normal al 4% Descripción: Ensayo de propiedades índice-físicas del suelo	NÚMERO DE PRUEBA: Nº 02 DE 09 CÓDIGO: CN-4%-02-LL-LP	
Hija de registro de datos y cálculos - Ensayo Límites de Consistencia: Límite líquido y Límite plástico				
LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D4318				
2da Muestra				
Nombre de cápsula	CN4-L-2.1	CN4-L-2.2	CN4-L-2.3	CN4-L-2.4
Peso cápsula (g)	21.07	17.11	17.25	21.08
Peso cápsula +SH	31.17	27.58	28.56	29.98
Peso cápsula +SS	28.64	25.04	25.87	28.10
Número de golpes	11.00	19.00	29.00	34.00
Peso SS (g)	7.57	7.93	8.62	7.02
Peso Agua (g)	2.53	2.54	2.69	1.88
Cont. Hum (W%)	33.42	32.03	31.21	26.78
LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D4318				
2da Muestra				
Nombre de cápsula	CN4-P-2.1	CN4-P-2.2	CN4-P-2.3	CN4-P-2.4
Peso cápsula (g)	20.19	20.05	20.37	20.08
Peso cápsula +SH	28.70	29.54	29.78	28.36
Peso cápsula +SS	26.95	27.65	27.93	26.72
Peso SS (g)	6.76	7.60	7.56	6.64
Peso Agua (g)	1.75	1.89	1.85	1.64
Cont. Hum (W%)	25.89	24.87	24.47	24.70

LÍMITE LÍQUIDO

Límite plástico (%) = 24.98



Límite líquido (%) \bar{C} = 30.43

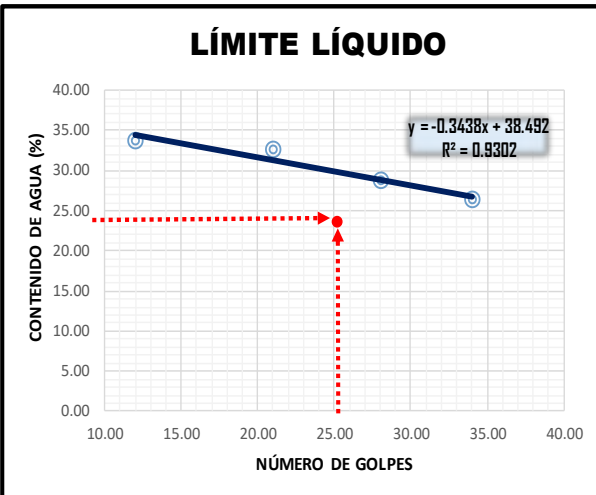
Índice plástico (%) \bar{C} = 5.45



Tabla 132

Análisis de datos del ensayo, límite líquido y plástico, SP+4%CN-P3

 LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO - IP ASTM D4318, MTC E110, MTC E111, NTP 339.129				
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncodel Distrito de Chinchero, 2023".				
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 15 de junio del 2023 N° de hoja: 03 de 09 Porcentaje del aditivo: Cemento normal al 4% Descripción: Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo.		
		NÚMERO DE PRUEBA: N° 03 DE 03 CÓDIGO: CN-4%-03-LL-IP		
Hija de registro de datos y cálculos - Ensayo Límites de Consistencia: Límite líquido y Límite plástico				
LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D4318				
3ra Muestra				
Nombre de cápsula	CN4-L-3.1	CN4-L-3.2	CN4-L-3.3	CN4-L-3.4
Peso cápsula (g)	22.83	22.94	22.59	22.85
Peso cápsula +SH	31.17	27.58	28.56	29.98
Peso cápsula +SS	29.07	26.44	27.23	28.49
Número de golpes	12.00	21.00	28.00	34.00
Peso SS (g)	6.24	3.50	4.64	5.64
Peso Agua (g)	2.10	1.14	1.33	1.49
Cont. Hum. (W)%	33.65	32.57	28.66	26.42
LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D4318				
3ra Muestra				
Nombre de cápsula	CN4-P-3.1	CN4-P-3.2	CN4-P-3.3	CN4-P-3.4
Peso cápsula (g)	21.52	21.11	21.67	21.03
Peso cápsula +SH	26.38	32.31	27.42	28.27
Peso cápsula +SS	25.45	30.02	26.26	26.90
Peso SS (g)	3.93	8.91	4.59	5.87
Peso Agua (g)	0.93	2.29	1.16	1.37
Cont. Hum. (W)%	23.66	25.70	25.27	23.34



LÍMITE LÍQUIDO

CONTENIDO DE AGUA (%)

NÚMERO DE GOLPES

$y = -0.3438x + 38.492$
 $R^2 = 0.9302$

Límite plástico (%)	=	24.49
Límite líquido (%)	=	29.90
Índice plástico (%)	=	5.40

Tabla 133

Análisis de datos del ensayo, límite líquido y plástico, SP+4%CN-P1, P2 y P3



 LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO - IP ASTM D4318, MTC E110, MTC E111, NTP 339.129					
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncodel Distrito de Chinchero, 2023".					
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 17 de junio del 2023 N° de hoja: 01 de 03 Porcentaje del aditivo: Cemento normal al 4% Descripción: Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo con aditivo			
		NÚMERO DE PRUEBAS: N° 01, 02 y 03 CÓDIGO: CN-4%-01-02-03-LL-IP			
Resultados - Ensayo Límites de Consistencia: Límite líquido y Límite plástico - con cemento normal al 4%					
		PRUEBA 01	PRUEBA 02	PRUEBA 03	MEDIA ARITMETICA
Límite plástico (%)	=	26.07	24.98	24.49	25.18
Límite líquido (%)	=	31.492	30.4285	29.897	30.61
Índice plástico (%)	=	5.42	5.45	5.40	5.42



Tabla 134

Análisis de datos del ensayo, límite líquido y plástico, SP+7%CN-P1

Universidad Andina del Cusco		LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO - IP ASTM D4318, MTC E110, MTC E111, NTP 339.129		
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".				
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe		Fecha: 15 de junio del 2023 N° de hoja: 04 de 09		NÚMERO DE PRUEBA: N° 04 DE 09
Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco		Porcentaje del aditivo: Cemento normal al 7% Descripción: Ensayo de propiedades índice-físicas del suelo.		CÓDIGO: CN-7%-01-LL-LP
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Límites de Consistencia: Límite líquido y Límite plástico				
LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D4318				
1ra Muestra				
Nombre de cápsula	CN7-L-1.1	CN7-L-1.2	CN7-L-1.3	CN7-L-1.4
Peso cápsula (g)	17.55	21.90	17.50	21.20
Peso cápsula +SH	27.85	31.00	26.20	29.40
Peso cápsula +SS	25.36	28.83	24.13	27.54
Número de golpes	11.00	13.00	26.00	32.00
Peso SS (g)	7.81	6.93	6.63	6.34
Peso Agua (g)	2.49	2.17	2.07	1.86
Cont. Hum. (W%)	31.88	31.31	31.22	29.34
LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D4318				
1ra Muestra				
Nombre de cápsula	CN7-P-1.1	CN7-P-1.2	CN7-P-1.3	CN7-P-1.4
Peso cápsula (g)	21.80	21.10	20.90	20.96
Peso cápsula +SH	26.30	27.20	31.00	28.50
Peso cápsula +SS	25.42	25.97	28.93	26.99
Peso SS (g)	3.62	4.87	8.03	6.03
Peso Agua (g)	0.88	1.23	2.07	1.52
Cont. Hum. (W%)	24.31	25.26	25.78	25.15

LÍMITE LÍQUIDO

Límite plástico (%) = 25.12
 Límite líquido (%) L_c = 30.51
 Índice plástico (%) I_c = 5.39

Tabla 135

Análisis de datos del ensayo, límite líquido y plástico, SP+7%CN-P2

Universidad Andina del Cusco		LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO - IP ASTM D4318, MTC E110, MTC E111, NTP 339.129		
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".				
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe		Fecha: 15 de junio del 2023 N° de hoja: 05 de 09		NÚMERO DE PRUEBA: N° 05 DE 09
Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco		Porcentaje del aditivo: Cemento normal al 7% Descripción: Ensayo de propiedades índice-físicas del suelo.		CÓDIGO: CN-7%-02-LL-LP
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Límites de Consistencia: Límite líquido y Límite plástico				
LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D4318				
2da Muestra				
Nombre de cápsula	CN7-L-2.1	CN7-L-2.2	CN7-L-2.3	CN7-L-2.4
Peso cápsula (g)	19.98	19.89	21.04	21.02
Peso cápsula +SH	29.82	29.79	30.56	30.35
Peso cápsula +SS	27.40	27.39	28.40	28.24
Número de golpes	13.00	19.00	28.00	35.00
Peso SS (g)	7.42	7.50	7.36	7.22
Peso Agua (g)	2.42	2.40	2.16	2.11
Cont. Hum. (W%)	32.61	32.00	29.35	29.22
LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D4318				
2da Muestra				
Nombre de cápsula	CN7-P-2.1	CN7-P-2.2	CN7-P-2.3	CN7-P-2.4
Peso cápsula (g)	19.89	19.98	19.84	19.69
Peso cápsula +SH	28.73	28.54	28.67	28.36
Peso cápsula +SS	26.91	26.86	26.90	26.63
Peso SS (g)	7.02	6.88	7.06	6.94
Peso Agua (g)	1.82	1.68	1.77	1.73
Cont. Hum. (W%)	25.93	24.42	25.07	24.93

LÍMITE LÍQUIDO

Límite plástico (%) = 25.09
 Límite líquido (%) L_c = 30.58
 Índice plástico (%) I_c = 5.49

Tabla 136

Análisis de datos del ensayo, límite líquido y plástico, SP+7%CN-P3

Universidad Andina del Cusco		LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO - IP ASTM D4318, MTC E110, MTC E111, NTP 339.129			
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".					
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 15 de junio del 2023 N° de hoja: 06 de 09 Porcentaje del aditivo: Cemento normal al 7% Descripción: Ensayo de propiedades índice-físicas del suelo.		NÚMERO DE PRUEBA: N° 06 DE 09 CÓDIGO: CN-7%-03-LL-LP	
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Límites de Consistencia: Límite líquido y Límite plástico					
LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D4318					
3ra Muestra					
Nombre de cápsula	CN7-L-3.1	CN7-L-3.2	CN7-L-3.3	CN7-L-3.4	
Peso cápsula (g)	19.97	19.99	20.98	20.96	
Peso cápsula +SH	29.82	29.79	30.56	30.35	
Peso cápsula +SS	27.40	27.39	28.40	28.24	
Número de golpes	15.00	20.00	27.00	32.00	
Peso SS (g)	7.43	7.40	7.42	7.28	
Peso Agua (g)	2.42	2.40	2.16	2.11	
Cont. Hum (W)%	32.57	32.43	29.11	28.98	
LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D4318					
3ra Muestra					
Nombre de cápsula	CN7-P-3.1	CN7-P-3.2	CN7-P-3.3	CN7-P-3.4	
Peso cápsula (g)	16.99	20.21	18.56	18.59	
Peso cápsula +SH	25.40	29.55	27.45	27.69	
Peso cápsula +SS	23.70	27.66	25.64	25.91	
Peso SS (g)	6.71	7.45	7.08	7.32	
Peso Agua (g)	1.70	1.89	1.81	1.78	
Cont. Hum (W)%	25.34	25.37	25.56	24.32	

LÍMITE LÍQUIDO

Límite plástico (%) = 25.15
 Límite líquido (%) \bar{C} = 30.4
 Índice plástico (%) I = 5.25

Tabla 137

Análisis de datos del ensayo, límite líquido y plástico, SP+7%CN-P1, P2 y P3

Universidad Andina del Cusco		LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO - IP ASTM D4318, MTC E110, MTC E111, NTP 339.129			
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".					
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 17 de junio del 2023 N° de hoja: 02 de 03 Porcentaje del aditivo: Cemento normal al 7% Descripción: Ensayo de propiedades índice-físicas del suelo con aditivo		NÚMERO DE PRUEBAS: N° 01, 02 y 03 CÓDIGO: CN-7%-01-02-03-LL-LP	
Resultados - Ensayo Límites de Consistencia: Límite líquido y Límite plástico - con cemento normal al 7%					
		PRUEBA 01	PRUEBA 02	PRUEBA 03	MEDIA ARITMETICA
Límite plástico (%) =		25.12	25.09	25.15	25.12
Límite líquido (%) \bar{C} =		30.5105	30.5785	30.401	30.50
Índice plástico (%) I =		5.39	5.49	5.25	5.38



Tabla 138

Análisis de datos del ensayo, límite líquido y plástico, SP+10%CN-P1

Universidad Andina del Cusco		LÍMITES DE CONSISTENCIA D LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO - IP ASTM D4318, MTC E110, MTC E111, NTP 339.129		
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".		Fecha : 15 de junio del 2023 N° de hoja : 07 de 09 Porcentaje del aditivo : Cemento normal al 10% Descripción : Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo.		NÚMERO DE PRUEBA: N° 07 DE 09 CÓDIGO: CN-10%-01-LL-LP
Tesista 1 : Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2 : Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra : Chacapunco Provincia : Urubamba Región : Cusco				
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Límites de Consistencia: Límite líquido y Límite plástico				
LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D4318				
1ra Muestra				
Nombre de cápsula	CN10-L-1.1	CN10-L-1.2	CN10-L-1.3	CN10-L-1.4
Peso cápsula (g)	17.55	21.10	21.40	21.00
Peso cápsula +SH	27.85	32.10	29.70	28.30
Peso cápsula +SS	25.43	29.53	27.82	26.68
Número de golpes	13.00	19.00	24.00	38.00
Peso SS (g)	7.88	8.43	6.42	5.68
Peso Agua (g)	2.42	2.57	1.88	1.62
Cont. Hum. (W%)	30.71	30.49	29.28	28.52
LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D4318				
1ra Muestra				
Nombre de cápsula	CN10-P-1.1	CN10-P-1.2	CN10-P-1.3	CN10-P-1.4
Peso cápsula (g)	17.78	21.70	21.90	21.89
Peso cápsula +SH	23.10	27.10	29.20	35.50
Peso cápsula +SS	21.98	25.91	27.59	32.55
Peso SS (g)	4.20	4.21	5.69	10.66
Peso Agua (g)	1.12	1.19	1.61	2.95
Cont. Hum. (W%)	26.67	28.27	28.30	27.67

LÍMITE LÍQUIDO

Límite plástico (%) = 27.73
 Límite líquido (%) L = 29.61
 Índice plástico (%) I = 1.89

Tabla 139

Análisis de datos del ensayo, límite líquido y plástico, SP+10%CN-P2

Universidad Andina del Cusco		LÍMITES DE CONSISTENCIA D LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO - IP ASTM D4318, MTC E110, MTC E111, NTP 339.129		
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".		Fecha : 15 de junio del 2023 N° de hoja : 08 de 09 Porcentaje del aditivo : Cemento normal al 10% Descripción : Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo.		NÚMERO DE PRUEBA: N° 08 DE 09 CÓDIGO: CN-10%-02-LL-LP
Tesista 1 : Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2 : Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra : Chacapunco Provincia : Urubamba Región : Cusco				
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Límites de Consistencia: Límite líquido y Límite plástico				
LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D4318				
2da Muestra				
Nombre de cápsula	CN10-L-2.1	CN10-L-2.2	CN10-L-2.3	CN10-L-2.4
Peso cápsula (g)	18.10	17.98	21.47	22.10
Peso cápsula +SH	27.78	28.00	28.50	29.47
Peso cápsula +SS	25.44	25.64	26.89	27.89
Número de golpes	12.00	20.00	27.00	31.00
Peso SS (g)	7.34	7.66	5.42	5.79
Peso Agua (g)	2.34	2.36	1.61	1.58
Cont. Hum. (W%)	31.88	30.81	29.70	27.29
LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D4318				
2da Muestra				
Nombre de cápsula	CN10-P-2.1	CN10-P-2.2	CN10-P-2.3	CN10-P-2.4
Peso cápsula (g)	21.04	21.09	20.88	20.94
Peso cápsula +SH	28.87	28.95	28.36	28.10
Peso cápsula +SS	27.21	27.27	26.76	26.52
Peso SS (g)	6.17	6.18	5.88	5.58
Peso Agua (g)	1.66	1.68	1.60	1.59
Cont. Hum. (W%)	28.90	27.18	27.21	28.43

LÍMITE LÍQUIDO

Límite plástico (%) = 27.43
 Límite líquido (%) L = 29.37
 Índice plástico (%) I = 1.94

Tabla 140

Análisis de datos del ensayo, límite líquido y plástico, SP+10%CN-P3

Universidad Andina del Cusco		LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO - IP ASTM D4318, MTC E110, MTC E111, NTP 339.129		
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".				
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 15 de junio del 2023 N° de hoja: 09 de 09 Porcentaje del aditivo: Cemento normal al 10% Descripción: Ensayo de propiedades índice-físicas del suelo	NÚMERO DE PRUEBA: N° 09 DE 09 CÓDIGO: CN-10%-03-LL-IP	
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Límites de Consistencia: Límite líquido y Límite plástico				
LÍMITE LÍQUIDO - ASTM D4318				
3ra Muestra				
Nombre de cápsula	CN10-L-3.1	CN10-L-3.2	CN10-L-3.3	CN10-L-3.4
Peso cápsula (g)	18.08	17.96	21.45	22.08
Peso cápsula +SH	27.76	27.98	28.48	29.45
Peso cápsula +SS	25.40	25.60	26.87	27.87
Número de golpes	11.00	19.00	26.00	33.00
Peso SS (g)	7.32	7.64	5.42	5.79
Peso Agua (g)	2.36	2.38	1.61	1.58
Cont. Hum. (W)%	32.24	31.15	29.70	27.29
LÍMITE PLÁSTICO - ASTM D4318				
3ra Muestra				
Nombre de cápsula	CN10-P-3.1	CN10-P-3.2	CN10-P-3.3	CN10-P-3.4
Peso cápsula (g)	21.95	21.20	20.98	20.96
Peso cápsula +SH	28.12	29.10	28.52	28.55
Peso cápsula +SS	26.80	27.38	26.88	26.91
Peso SS (g)	4.85	6.18	5.90	5.95
Peso Agua (g)	1.32	1.72	1.64	1.64
Cont. Hum. (W)%	27.22	27.83	27.80	27.56

LÍMITE LÍQUIDO

Límite plástico (%) = 27.60
Límite líquido (%) C = 29.49
Índice plástico (%) C = 1.89

Tabla 141

Análisis de datos del ensayo, límite líquido y plástico, SP+10%CN-P1, P2 y P3

Universidad Andina del Cusco		LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO - IP ASTM D4318, MTC E110, MTC E111, NTP 339.129			
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".					
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 17 de junio del 2023 N° de hoja: 03 de 03 Porcentaje del aditivo: Cemento normal al 10% Descripción: Ensayo de propiedades índice-físicas del suelo con aditivo	NÚMERO DE PRUEBAS: N° 01, 02 y 03 CÓDIGO: CN-10%-01-02-03-LL-IP		
Resultados - Ensayo Límites de Consistencia: Límite líquido y Límite plástico - con cemento normal al 10%					
		PRUEBA 01	PRUEBA 02	PRUEBA 03	MEDIA ARITMETICA
Límite plástico (%) =		27.73	27.43	27.60	27.59
Límite líquido (%) I =		29.613	29.368	29.4875	29.49
Índice plástico (%) I =		1.89	1.94	1.89	1.90



3.6.11 Ensayo de límite de contracción

a) Procesamiento o cálculo de la prueba

- Se realizara el cálculo del límite de contracción con la siguiente formula:

$$LC = W - \left[\frac{V_o - V_f}{W_s} \right] * \gamma_w * 100$$

Donde:

- *LC*: Límite de contracción
 - *W*: Contenido de agua (%).
 - *V_o*: Volumen de la pastilla del suelo humedo cm³.
 - *V_f*: Volumen de la pastilla de suelo seco cm³.
 - *W_s*: Masa de la pastilla del suelo seco gr.
 - *γ_w*: Masa unitaria del agua g/cm³
- El límite de contracción que este por debajo de 10% es un suelo totalmente expansivo, quiere decir que es muy malo e inestable que sufrirá fuertes cambios volumétricos.
 - Si el límite de contracción se encuentra en un rango de 20 a 25, quiere decir que el suelo es estable volumétricamente.

b) Análisis de la prueba

- Se realizó el ensayo para determinar contenido de humedad que esta expresado en porcentaje, esta prueba nos permitirá identificar frente a qué tipo de suelo estamos, este ensayo se realizó en las 3 calicatas propuestas y se tomó 1 muestras por calicata.
- Con estos resultados pudimos identificar de manera tentativa cuál de los suelos es el más desfavorable, al cual añadimos cemento caduco en 4,7 y 10 % para observar de qué manera varían las propiedades índice- físico y mecánicas del suelo.
- Con se muestra en las siguientes tablas el cambio volumétrico de las muestras con adición son menores al del suelo patrón y mientras más aditivo se tiene el volumen es mínimo.



c) Diagramas y tablas de la prueba

Tabla 142

Análisis de datos del ensayo, límite de contracción, calicata N°1

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍMITE DE CONTRACCIÓN MTC E121 - ASTM D2166 - AASHTO T 208			
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".			
Tesisista 1 : Joselin Huarcaya Carrión Tesisista 2: Edisson Huaman Quispe de la muestra : Chacapunco Provincia : Urubamba Región : Cusco		Fecha :	31 de mayo del 2023		NÚMERO DE PRUEBA: N° 04 DE 04 CÓDIGO: CI-01-02-03-04-LC
		N° de hoja :	01 de 03		
		Número de muestra :	N° 1, 2, 3 y 4 - Calicata N°1		
		Ensayo :	Ensayo de propiedades índice-físicas del suelo.		
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Límites de Consistencia: Límite de Contracción					
DESCRIPCIÓN	UND	DATOS			
Temperatura del agua - 01	°C	21.13		0.9979945 g/cm ³	
Temperatura del agua - 02	°C	21.00		0.9980233 g/cm ³	
Temperatura del agua - 03	°C	21.20		0.9979790 g/cm ³	
Temperatura del agua - promedio	°C	21.20		0.9979790 g/cm ³	
Muestra del suelo natural	Und	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04
Descripción del recipiente	Und	CASUELA DE METAL	CASUELA DE METAL	CASUELA DE METAL	CASUELA DE METAL
Nombre del recipiente	Und	CI-01-LC	CI-02-LC	CI-03-LC	CI-04-LC
Peso del recipiente	gr	6.40	6.41	6.41	6.39
Peso recipiente + Suelo Húmedo (g)	gr	47.18	47.12	47.00	46.90
Peso recipiente + Suelo Seco	gr	35.93	35.94	35.93	35.92
Peso Suelo Seco	gr	29.53	29.53	29.52	29.53
Peso Agua	gr	11.25	11.18	11.07	10.98
Contenido de Humedad	%	38.10	37.86	37.50	37.18
Diametro del recipiente - 01	cm	6.20	6.29	6.24	6.20
Diametro del recipiente - 02	cm	6.22	6.30	6.23	6.20
Diametro del recipiente - 03	cm	6.21	6.30	6.23	6.21
Diametro del recipiente - 04	cm	6.20	6.30	6.24	6.20
Promedio del diámetro del recipiente	cm	6.21	6.30	6.24	6.20
Altura del recipiente - 01	cm	0.42	0.50	0.48	0.50
Altura del recipiente - 02	cm	0.48	0.50	0.48	0.50
Altura del recipiente - 03	cm	0.57	0.50	0.50	0.50
Altura del recipiente - 04	cm	0.50	0.50	0.50	0.51
Promedio de la altura del recipiente	cm	0.49	0.50	0.49	0.50
Volumen de recipiente	cm ³	14.90	15.57	14.96	15.18
Volumen de la muestra de suelo húmeda = V ₀	cm ³	14.90	15.57	14.96	15.18
Diametro de la muestra seca - 01	cm	5.90	5.87	5.88	5.91
Diametro de la muestra seca - 02	cm	5.80	5.90	5.89	5.90
Diametro de la muestra seca - 03	cm	5.90	5.89	5.90	5.92
Diametro de la muestra seca - 04	cm	5.89	5.90	5.90	5.90
Promedio del diámetro de la muestra seca	cm	5.87	5.89	5.89	5.91
Altura de la muestra seca - 01	cm	0.41	0.44	0.42	0.43
Altura de la muestra seca - 02	cm	0.41	0.44	0.42	0.43
Altura de la muestra seca - 03	cm	0.41	0.44	0.40	0.42
Altura de la muestra seca - 04	cm	0.41	0.40	0.40	0.41
Promedio de la altura de la muestra seca	cm	0.41	0.43	0.41	0.42
Volumen de la muestra de suelo seca = V _f	cm ³	11.11	11.72	11.18	11.58
Límite de contracción	%	25.25	24.82	24.72	25.01



Tabla 143

Análisis de datos del ensayo, límite de contracción, calicata N°2

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍMITE DE CONTRACCIÓN MTC E121 - ASTM D 2166 - AASHTO T 208			
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".		Fecha : 31 de mayo del 2023 N° de hoja : 02 de 03 Número de muestra : N° 1, 2, 3 y 4 - Calicata N° 2 Ensayo : Ensayo de propiedades índice-físicas del suelo.		NÚMERO DE PRUEBA: N° 04 DE 04 CÓDIGO: C2-01-02-03-04-LC	
Tesista 1 : Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edison Huaman Quispe de la muestra: Chacapunco Provincia: Urubamba Región: Cusco					
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Límites de Consistencia: Límite de Contracción					
DESCRIPCIÓN	UND	DATOS			
Temperatura del agua - 01	°C	21.13		0.9979945 g/cm ³	
Temperatura del agua - 02	°C	21.00		0.9980233 g/cm ³	
Temperatura del agua - 03	°C	21.20		0.9979790 g/cm ³	
Temperatura del agua - promedio	°C	21.20		0.9979790 g/cm ³	
Muestra del suelo natural	Und	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04
Descripción del recipiente	Und	CASUELA DE METAL	CASUELA DE METAL	CASUELA DE METAL	CASUELA DE METAL
Nombre del recipiente	Und	C2-01-LC	C2-02-LC	C2-03-LC	C2-04-LC
Peso del recipiente	gr	6.57	6.41	6.40	6.38
Peso recipiente + Suelo Húmedo (g)	gr	45.40	47.05	46.98	46.88
Peso recipiente + Suelo Seco	gr	36.66	36.65	36.69	36.70
Peso Suelo Seco	gr	30.09	30.24	30.29	30.32
Peso Agua	gr	8.74	10.40	10.29	10.18
Contenido de Humedad	%	29.05	34.39	33.97	33.58
Díametro del recipiente - 01	cm	6.25	6.29	6.30	6.29
Díametro del recipiente - 02	cm	6.27	6.30	6.30	6.29
Díametro del recipiente - 03	cm	6.30	6.30	6.30	6.29
Díametro del recipiente - 04	cm	6.25	6.30	6.30	6.28
Promedio del diámetro del recipiente	cm	6.27	6.30	6.30	6.29
Altura del recipiente - 01	cm	0.50	0.50	0.52	0.52
Altura del recipiente - 02	cm	0.52	0.50	0.52	0.52
Altura del recipiente - 03	cm	0.50	0.50	0.50	0.52
Altura del recipiente - 04	cm	0.54	0.51	0.51	0.51
Promedio de la altura del recipiente	cm	0.51	0.50	0.51	0.52
Volumen de recipiente	cm ³	15.87	15.65	15.98	16.07
Volumen de la muestra de suelo húmeda = V _o	cm ³	15.87	15.65	15.98	16.07
Díametro de la muestra seca - 01	cm	5.81	5.89	5.88	5.91
Díametro de la muestra seca - 02	cm	5.90	5.88	5.89	5.90
Díametro de la muestra seca - 03	cm	5.85	5.87	5.90	5.92
Díametro de la muestra seca - 04	cm	5.90	5.87	5.90	5.92
Promedio del diámetro de la muestra seca	cm	5.87	5.88	5.89	5.91
Altura de la muestra seca - 01	cm	0.40	0.40	0.39	0.40
Altura de la muestra seca - 02	cm	0.40	0.40	0.39	0.38
Altura de la muestra seca - 03	cm	0.40	0.39	0.40	0.39
Altura de la muestra seca - 04	cm	0.40	0.40	0.41	0.41
Promedio de la altura de la muestra seca	cm	0.40	0.40	0.40	0.40
Volumen de la muestra de suelo seca = V _f	cm ³	10.81	10.78	10.84	10.84
Límite de contracción	%	12.24	18.33	17.05	16.38



Tabla 144

Análisis de datos del ensayo, límite de contracción, calicata N°3



 Universidad Andina del Cusco		LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍMITE DE CONTRACCIÓN MTC E121 - ASTM D 2166 - AASHTO T 208				
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".		Fecha : 31 de mayo del 2023 N° de hoja : 03 de 03 Número de muestra : N° 1, 2, 3 y 4 - Calicata N° 3 Ensayo : Ensayo de propiedades índice-físicas del suelo		NÚMERO DE PRUEBA: N° 04 DE 04 CÓDIGO: C3-01-02-03-04-LC		
Tesista 1 : Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2 : Edisson Huaman Quispe de la muestra : Chacapunco Provincia : Uubamba Región : Cusco						
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Límites de Consistencia: Límite de Contracción						
DESCRIPCIÓN	UND	DATOS				
Temperatura del agua - 01	°C	21.13		0.9979945 g/cm ³		
Temperatura del agua - 02	°C	21.00		0.9980233 g/cm ³		
Temperatura del agua - 03	°C	21.20		0.9979790 g/cm ³		
Temperatura del agua - promedio	°C	21.20		0.9979790 g/cm ³		
Muestra del suelo natural	Und	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04	
Descripción del recipiente	Und	CASUELA DE METAL	CASUELA DE METAL	CASUELA DE METAL	CASUELA DE METAL	
Nombre del recipiente	Und	C3-01-LC	C3-02-LC	C3-03-LC	C3-04-LC	
Peso del recipiente	gr	6.40	6.41	6.40	6.38	
Peso recipiente + Suelo Húmedo (g)	gr	47.00	47.11	46.99	46.89	
Peso recipiente + Suelo Seco	gr	34.24	34.23	34.22	34.20	
Peso Suelo Seco	gr	27.84	27.82	27.82	27.82	
Peso Agua	gr	12.76	12.88	12.77	12.69	
Contenido de Humedad	%	45.83	46.30	45.90	45.61	
Diametro del recipiente - 01	cm	6.30	6.29	6.30	6.29	
Diametro del recipiente - 02	cm	6.28	6.30	6.30	6.29	
Diametro del recipiente - 03	cm	6.28	6.30	6.30	6.29	
Diametro del recipiente - 04	cm	6.30	6.30	6.30	6.28	
Promedio del diámetro del recipiente	cm	6.29	6.30	6.30	6.29	
Altura del recipiente - 01	cm	0.51	0.50	0.52	0.52	
Altura del recipiente - 02	cm	0.52	0.50	0.52	0.52	
Altura del recipiente - 03	cm	0.51	0.50	0.50	0.52	
Altura del recipiente - 04	cm	0.52	0.51	0.51	0.51	
Promedio de la altura del recipiente	cm	0.52	0.50	0.51	0.52	
Volumen de recipiente	cm ³	16.00	15.65	15.98	16.07	
Volumen de la muestra de suelo húmeda = V ₀	cm ³	16.00	15.65	15.98	16.07	
Diametro de la muestra seca - 01	cm	5.90	5.89	5.88	5.91	
Diametro de la muestra seca - 02	cm	5.95	5.88	5.89	5.90	
Diametro de la muestra seca - 03	cm	5.91	5.87	5.90	5.92	
Diametro de la muestra seca - 04	cm	5.80	5.87	5.90	5.92	
Promedio del diámetro de la muestra seca	cm	5.89	5.88	5.89	5.91	
Altura de la muestra seca - 01	cm	0.40	0.40	0.39	0.40	
Altura de la muestra seca - 02	cm	0.40	0.40	0.39	0.38	
Altura de la muestra seca - 03	cm	0.40	0.39	0.40	0.39	
Altura de la muestra seca - 04	cm	0.41	0.40	0.41	0.41	
Promedio de la altura de la muestra seca	cm	0.40	0.40	0.40	0.40	
Volumen de la muestra de suelo seca = V _f	cm ³	10.97	10.78	10.84	10.84	
Límite de contracción	%	27.78	28.84	27.48	26.88	



Tabla 145

Análisis de datos del ensayo, límite de contracción, SP+4%CC

DESCRIPCIÓN		UND	DATOS			
Temperatura del agua - 01	°C		21.13		0.9979945 g/cm ³	
Temperatura del agua - 02	°C		21.00		0.9980233 g/cm ³	
Temperatura del agua - 03	°C		21.20		0.9979790 g/cm ³	
Temperatura del agua - promedio	°C		21.20		0.9979790 g/cm ³	
Muestra del suelo natural	Und		MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04
Descripción del recipiente	Und		CASUELA DE METAL	CASUELA DE METAL	CASUELA DE METAL	CASUELA DE METAL
Nombre del recipiente	Und		CC-4%-01-LC	CC-4%-02-LC	CC-4%-03-LC	CC-4%-04-LC
Peso del recipiente	gr		11.87	11.57	12.30	11.54
Peso recipiente + Suelo Húmedo (g)	gr		89.53	83.37	84.53	84.47
Peso recipiente + Suelo Seco	gr		72.40	65.79	67.60	65.77
Peso Suelo Seco	gr		60.53	54.22	55.30	54.23
Peso Agua	gr		17.13	17.58	16.93	18.70
Contenido de Humedad	%		28.30	32.42	30.61	34.48
Diametro del recipiente - 01	cm		4.81	4.80	4.80	4.80
Diametro del recipiente - 02	cm		4.80	4.81	4.80	4.79
Diametro del recipiente - 03	cm		4.81	4.81	4.81	4.80
Diametro del recipiente - 04	cm		4.80	4.80	4.79	4.80
Promedio del diámetro del recipiente	cm		4.81	4.81	4.80	4.80
Altura del recipiente - 01	cm		2.01	1.90	2.00	2.00
Altura del recipiente - 02	cm		2.01	2.00	2.10	2.00
Altura del recipiente - 03	cm		2.10	2.10	2.01	2.10
Altura del recipiente - 04	cm		2.00	2.01	2.00	2.00
Promedio de la altura del recipiente	cm		2.03	2.00	2.03	2.03
Volumen de recipiente	cm ³		36.81	36.31	36.69	36.61
Volumen de la muestra de suelo húmeda = V ₀	cm ³		36.81	36.31	36.69	36.61
Diametro de la muestra seca - 01	cm		4.65	4.65	4.65	4.65
Diametro de la muestra seca - 02	cm		4.68	4.67	4.64	4.67
Diametro de la muestra seca - 03	cm		4.70	4.70	4.64	4.64
Diametro de la muestra seca - 04	cm		4.60	4.60	4.60	4.64
Promedio del diámetro de la muestra seca	cm		4.66	4.66	4.63	4.65
Altura de la muestra seca - 01	cm		1.90	1.80	1.80	1.80
Altura de la muestra seca - 02	cm		1.85	1.70	1.88	1.70
Altura de la muestra seca - 03	cm		1.85	1.90	1.85	1.80
Altura de la muestra seca - 04	cm		1.85	1.80	1.88	1.80
Promedio de la altura de la muestra seca	cm		1.86	1.80	1.85	1.78
Volumen de la muestra de suelo seca = V _f	cm ³		31.73	30.63	31.22	30.14
Límite de contracción	%		19.93	21.97	20.75	22.59



Tabla 146

Análisis de datos del ensayo, límite de contracción, SP+7%CC

DESCRIPCIÓN		UND	DATOS			
Temperatura del agua - 01	°C	21.13	0.9979945 g/cm ³			
Temperatura del agua - 02	°C	21.00	0.9980233 g/cm ³			
Temperatura del agua - 03	°C	21.20	0.9979790 g/cm ³			
Temperatura del agua - promedio	°C	21.20	0.9979790 g/cm ³			
Muestra del suelo natural	Und	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04	
Descripción del recipiente	Und	CASUELA DE METAL	CASUELA DE METAL	CASUELA DE METAL	CASUELA DE METAL	
Nombre del recipiente	Und	CC-7%-01-LC	CC-7%-02-LC	CC-7%-03-LC	CC-7%-04-LC	
Peso del recipiente	gr	11.59	11.71	11.71	11.74	
Peso recipiente + Suelo Húmedo (g)	gr	86.77	87.42	87.72	86.54	
Peso recipiente + Suelo Seco	gr	69.29	70.14	71.02	69.27	
Peso Suelo Seco	gr	57.70	58.43	59.31	57.53	
Peso Agua	gr	17.48	17.28	16.70	17.27	
Contenido de Humedad	%	30.29	29.57	28.16	30.02	
Diametro del recipiente - 01	cm	4.81	4.81	4.81	4.80	
Diametro del recipiente - 02	cm	4.81	4.81	4.80	4.80	
Diametro del recipiente - 03	cm	4.80	4.81	4.79	4.80	
Diametro del recipiente - 04	cm	4.80	4.81	4.70	4.80	
Promedio del diámetro del recipiente	cm	4.81	4.81	4.78	4.80	
Altura del recipiente - 01	cm	2.00	2.05	2.01	2.00	
Altura del recipiente - 02	cm	2.00	2.10	2.00	2.05	
Altura del recipiente - 03	cm	2.00	2.00	2.00	2.00	
Altura del recipiente - 04	cm	2.00	2.01	2.00	2.00	
Promedio de la altura del recipiente	cm	2.00	2.04	2.00	2.01	
Volumen de recipiente	cm ³	36.27	37.07	35.86	36.42	
Volumen de la muestra de suelo húmeda = V _o	cm ³	36.27	37.07	35.86	36.42	
Diametro de la muestra seca - 01	cm	4.70	4.69	4.70	4.70	
Diametro de la muestra seca - 02	cm	4.69	4.68	4.69	4.70	
Diametro de la muestra seca - 03	cm	4.70	4.70	4.65	4.70	
Diametro de la muestra seca - 04	cm	4.69	4.70	4.65	4.71	
Promedio del diámetro de la muestra seca	cm	4.70	4.69	4.67	4.70	
Altura de la muestra seca - 01	cm	1.85	1.82	1.89	1.81	
Altura de la muestra seca - 02	cm	1.90	1.82	1.88	1.84	
Altura de la muestra seca - 03	cm	1.85	1.81	1.89	1.81	
Altura de la muestra seca - 04	cm	1.90	1.81	1.89	1.81	
Promedio de la altura de la muestra seca	cm	1.88	1.82	1.89	1.82	
Volumen de la muestra de suelo seca = V _f	cm ³	32.46	31.39	32.36	31.57	
Límite de contracción	%	23.71	19.87	22.28	21.60	



Tabla 147

Análisis de datos del ensayo, límite de contracción, SP+10%CC

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍMITE DE CONTRACCIÓN MTCE121 - ASTM D 2166 - AASHTOT 208			
<p>Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero 2023".</p>					
<p>Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco</p>		<p>Fecha : 13 de junio del 2023 N° de hoja : 03 de 03 Porcentaje del aditivo : Cemento caduco al 10% Descripción : Ensayo de propiedades índice - físicas del suelo con cemento caduco.</p>		<p>NÚMERO DE PRUEBA: N° 04 DE 04 CÓDIGO: CC-10%-01-02-03-04-1C</p>	
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Límites de Consistencia: Límite de Contracción					
DESCRIPCIÓN		UND	DATOS		
Temperatura del agua - 01	°C	21.13	0.9979945 g/cm ³		
Temperatura del agua - 02	°C	21.00	0.9980233 g/cm ³		
Temperatura del agua - 03	°C	21.20	0.9979790 g/cm ³		
Temperatura del agua - promedio	°C	21.20	0.9979790 g/cm ³		
Muestra del suelo natural	Und	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04
Descripción del recipiente	Und	CASUELA DE METAL	CASUELA DE METAL	CASUELA DE METAL	CASUELA DE METAL
Nombre del recipiente	Und	CC-10%-01-1C	CC-10%-02-1C	CC-10%-03-1C	CC-10%-04-1C
Peso del recipiente	gr	6.46	6.60	6.60	6.48
Peso recipiente + Suelo Húmedo (g)	gr	46.21	44.82	45.00	46.14
Peso recipiente + Suelo Seco	gr	36.25	34.35	34.48	36.24
Peso Suelo Seco	gr	29.79	27.75	27.88	29.76
Peso Agua	gr	9.96	10.47	10.52	9.90
Contenido de Humedad	%	33.43	37.73	37.73	33.27
Diametro del recipiente - 01	cm	6.30	6.30	6.31	6.30
Diametro del recipiente - 02	cm	6.30	6.30	6.31	6.30
Diametro del recipiente - 03	cm	6.31	6.30	6.31	6.30
Diametro del recipiente - 04	cm	6.31	6.30	6.31	6.30
Promedio del diámetro del recipiente	cm	6.31	6.30	6.31	6.30
Altura del recipiente - 01	cm	0.60	0.59	0.59	0.52
Altura del recipiente - 02	cm	0.59	0.60	0.60	0.52
Altura del recipiente - 03	cm	0.59	0.55	0.55	0.52
Altura del recipiente - 04	cm	0.51	0.51	0.55	0.51
Promedio de la altura del recipiente	cm	0.57	0.56	0.57	0.52
Volumen de recipiente	cm ³	17.87	17.53	17.90	16.13
Volumen de la muestra de suelo húmeda = Vo	cm ³	17.87	17.53	17.90	16.13
Diametro de la muestra seca - 01	cm	6.10	6.18	6.18	6.10
Diametro de la muestra seca - 02	cm	6.12	6.18	6.12	6.18
Diametro de la muestra seca - 03	cm	6.12	6.18	6.20	6.18
Diametro de la muestra seca - 04	cm	6.20	6.18	6.12	6.18
Promedio del diámetro de la muestra seca	cm	6.14	6.18	6.16	6.16
Altura de la muestra seca - 01	cm	0.50	0.49	0.42	0.44
Altura de la muestra seca - 02	cm	0.50	0.49	0.42	0.44
Altura de la muestra seca - 03	cm	0.50	0.49	0.42	0.44
Altura de la muestra seca - 04	cm	0.50	0.49	0.42	0.44
Promedio de la altura de la muestra seca	cm	0.50	0.49	0.42	0.44
Volumen de la muestra de suelo seca = Vf	cm ³	14.78	14.70	12.50	13.11
Límite de contracción	%	23.07	27.53	18.38	23.14



Tabla 148

Análisis de datos del ensayo, límite de contracción, SP+4%CN

DESCRIPCIÓN		UND	DATOS			
Temperatura del agua - 01	°C		21.13		0.9979945 g/cm ³	
Temperatura del agua - 02	°C		21.00		0.9980233 g/cm ³	
Temperatura del agua - 03	°C		21.20		0.9979790 g/cm ³	
Temperatura del agua - promedio	°C		21.20		0.9979790 g/cm ³	
Muestra del suelo natural	Und		MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04
Descripción del recipiente	Und		CASUELA DE METAL	CASUELA DE METAL	CASUELA DE METAL	CASUELA DE METAL
Nombre del recipiente	Und		CN-4%-01-LC	CN-4%-02-LC	CN-4%-03-LC	CN-4%-04-LC
Peso del recipiente	gr		11.88	11.61	12.39	11.87
Peso recipiente + Suelo Húmedo (g)	gr		87.00	82.55	86.72	87.00
Peso recipiente + Suelo Seco	gr		71.47	66.89	71.44	69.00
Peso Suelo Seco	gr		59.59	55.28	59.05	57.13
Peso Agua	gr		15.53	15.66	15.28	18.00
Contenido de Humedad	%		26.06	28.33	25.88	31.51
Diametro del recipiente - 01	cm		4.81	4.80	4.80	4.80
Diametro del recipiente - 02	cm		4.80	4.81	4.80	4.79
Diametro del recipiente - 03	cm		4.81	4.81	4.81	4.80
Diametro del recipiente - 04	cm		4.80	4.80	4.79	4.80
Promedio del diámetro del recipiente	cm		4.81	4.81	4.80	4.80
Altura del recipiente - 01	cm		2.01	1.90	2.00	2.00
Altura del recipiente - 02	cm		2.01	2.00	2.10	2.00
Altura del recipiente - 03	cm		2.01	2.10	2.01	2.10
Altura del recipiente - 04	cm		2.00	2.01	2.00	2.00
Promedio de la altura del recipiente	cm		2.01	2.00	2.03	2.03
Volumen de recipiente	cm ³		36.40	36.31	36.69	36.61
Volumen de la muestra de suelo húmeda = V _o	cm ³		36.40	36.31	36.69	36.61
Diametro de la muestra seca - 01	cm		4.70	4.70	4.70	4.65
Diametro de la muestra seca - 02	cm		4.70	4.71	4.70	4.67
Diametro de la muestra seca - 03	cm		4.70	4.70	4.70	4.64
Diametro de la muestra seca - 04	cm		4.70	4.70	4.70	4.64
Promedio del diámetro de la muestra seca	cm		4.70	4.70	4.70	4.65
Altura de la muestra seca - 01	cm		1.90	1.88	1.90	1.80
Altura de la muestra seca - 02	cm		1.90	1.80	1.95	1.80
Altura de la muestra seca - 03	cm		1.90	1.88	2.00	1.80
Altura de la muestra seca - 04	cm		1.90	1.90	1.95	1.80
Promedio de la altura de la muestra seca	cm		1.90	1.87	1.95	1.80
Volumen de la muestra de suelo seca = V _f	cm ³		32.96	32.39	33.83	30.57
Límite de contracción	%		20.30	21.25	21.05	20.96



Tabla 149

Análisis de datos del ensayo, límite de contracción, SP+7%CN

DESCRIPCIÓN		UND	DATOS			
Temperatura del agua - 01	°C		21.13			0.9979945 g/cm ³
Temperatura del agua - 02	°C		21.00			0.9980233 g/cm ³
Temperatura del agua - 03	°C		21.20			0.9979790 g/cm ³
Temperatura del agua - promedio	°C		21.20			0.9979790 g/cm ³
Muestra del suelo natural	Und		MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04
Descripción del recipiente	Und		CASUELA DE METAL	CASUELA DE METAL	CASUELA DE METAL	CASUELA DE METAL
Nombre del recipiente	Und		CN-7%-01-LC	CN-7%-02-LC	CN-7%-03-LC	CN-7%-04-LC
Peso del recipiente	gr		11.67	11.77	11.77	11.76
Peso recipiente + Suelo Húmedo (g)	gr		86.40	84.78	85.69	84.79
Peso recipiente + Suelo Seco	gr		69.88	68.00	70.07	68.70
Peso Suelo Seco	gr		58.21	56.23	58.30	56.94
Peso Agua	gr		16.52	16.78	15.62	16.09
Contenido de Humedad	%		28.38	29.84	26.79	28.26
Diametro del recipiente - 01	cm		4.81	4.81	4.81	4.80
Diametro del recipiente - 02	cm		4.81	4.81	4.80	4.80
Diametro del recipiente - 03	cm		4.80	4.81	4.79	4.80
Diametro del recipiente - 04	cm		4.80	4.81	4.70	4.80
Promedio del diámetro del recipiente	cm		4.81	4.81	4.78	4.80
Altura del recipiente - 01	cm		2.00	2.05	2.01	2.00
Altura del recipiente - 02	cm		2.00	2.10	2.00	2.05
Altura del recipiente - 03	cm		2.00	2.00	2.00	2.00
Altura del recipiente - 04	cm		2.00	2.01	2.00	2.00
Promedio de la altura del recipiente	cm		2.00	2.04	2.00	2.01
Volumen de recipiente	cm ³		36.27	37.07	35.86	36.42
Volumen de la muestra de suelo húmeda = Vo	cm ³		36.27	37.07	35.86	36.42
Diametro de la muestra seca - 01	cm		4.71	4.75	4.70	4.70
Diametro de la muestra seca - 02	cm		4.71	4.73	4.70	4.70
Diametro de la muestra seca - 03	cm		4.71	4.75	4.69	4.70
Diametro de la muestra seca - 04	cm		4.70	4.73	4.69	4.71
Promedio del diámetro de la muestra seca	cm		4.71	4.74	4.70	4.70
Altura de la muestra seca - 01	cm		1.90	1.85	1.89	1.90
Altura de la muestra seca - 02	cm		1.87	1.85	1.88	1.90
Altura de la muestra seca - 03	cm		1.88	1.85	1.89	1.90
Altura de la muestra seca - 04	cm		1.88	1.85	1.89	1.90
Promedio de la altura de la muestra seca	cm		1.88	1.85	1.89	1.90
Volumen de la muestra de suelo seca = Vf	cm ³		32.76	32.65	32.68	33.00
Límite de contracción	%		22.38	21.99	21.34	22.27



Tabla 150

Análisis de datos del ensayo, límite de contracción, SP+10%CN

DESCRIPCIÓN		UND	DATOS			
Temperatura del agua - 01	°C	21.13	0.9979945 g/cm ³			
Temperatura del agua - 02	°C	21.00	0.9980233 g/cm ³			
Temperatura del agua - 03	°C	21.20	0.9979790 g/cm ³			
Temperatura del agua - promedio	°C	21.20	0.9979790 g/cm ³			
Muestra del suelo natural	Und	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04	
Descripción del recipiente	Und	CASUELA DE METAL	CASUELA DE METAL	CASUELA DE METAL	CASUELA DE METAL	
Nombre del recipiente	Und	CN-10%-01-LC	CN-10%-02-LC	CN-10%-03-LC	CN-10%-04-LC	
Peso del recipiente	gr	6.55	6.66	6.59	6.64	
Peso recipiente + Suelo Húmedo (g)	gr	43.12	42.97	41.86	42.96	
Peso recipiente + Suelo Seco	gr	34.47	34.15	33.01	34.00	
Peso Suelo Seco	gr	27.92	27.49	26.42	27.36	
Peso Agua	gr	8.65	8.82	8.85	8.96	
Contenido de Humedad	%	30.98	32.08	33.50	32.75	
Diametro del recipiente - 01	cm	6.30	6.30	6.31	6.30	
Diametro del recipiente - 02	cm	6.30	6.30	6.31	6.30	
Diametro del recipiente - 03	cm	6.31	6.30	6.31	6.30	
Diametro del recipiente - 04	cm	6.31	6.30	6.31	6.30	
Promedio del diámetro del recipiente	cm	6.31	6.30	6.31	6.30	
Altura del recipiente - 01	cm	0.50	0.59	0.59	0.52	
Altura del recipiente - 02	cm	0.50	0.60	0.60	0.52	
Altura del recipiente - 03	cm	0.50	0.55	0.55	0.52	
Altura del recipiente - 04	cm	0.51	0.51	0.55	0.51	
Promedio de la altura del recipiente	cm	0.50	0.56	0.57	0.52	
Volumen de recipiente	cm ³	15.69	17.53	17.90	16.13	
Volumen de la muestra de suelo húmeda = V _o	cm ³	15.69	17.53	17.90	16.13	
Diametro de la muestra seca - 01	cm	6.20	6.25	6.18	6.18	
Diametro de la muestra seca - 02	cm	6.20	6.25	6.12	6.18	
Diametro de la muestra seca - 03	cm	6.20	6.25	6.20	6.22	
Diametro de la muestra seca - 04	cm	6.20	6.20	6.12	6.20	
Promedio del diámetro de la muestra seca	cm	6.20	6.24	6.16	6.20	
Altura de la muestra seca - 01	cm	0.43	0.49	0.50	0.47	
Altura de la muestra seca - 02	cm	0.45	0.49	0.50	0.47	
Altura de la muestra seca - 03	cm	0.45	0.49	0.50	0.47	
Altura de la muestra seca - 04	cm	0.43	0.47	0.50	0.47	
Promedio de la altura de la muestra seca	cm	0.44	0.49	0.50	0.47	
Volumen de la muestra de suelo seca = V _f	cm ³	13.28	14.82	14.88	14.17	
Límite de contracción	%	22.38	22.23	22.07	25.58	



3.6.12 Ensayo de proctor modificado

a) Procesamiento o cálculo de la prueba

- Para determinar el peso de la muestra húmeda se hace de la siguiente ecuación:

$$PMH = P.M.H.M - P.M$$

- Para determinar la densidad humedad de la muestra se hace de la siguiente ecuación:

$$Densidad Humeda = \left(\frac{1}{Vol. Molde} \right) x P.M.H$$

- Para determinar el peso del agua se hace de la siguiente ecuación:

$$PW = P.M.H.T - P.M.S.T$$

- Para determinar el peso de la muestra seca se hace de la siguiente ecuación:

$$PMS = P.M.S.T - P.T$$

- Para determinar el contenido de humedad se hace de la siguiente ecuación:

$$W = \frac{PW}{P.M.S} x 100$$

- Para determinar la densidad seca se hace de la siguiente ecuación:

$$Densidad seca = \left(\frac{100 x Densidad Humeda}{100 + Contendo de Humedad} \right)$$

Donde:

- **PMH**: *Peso de la muestra húmeda*
 - **P.M.H.M** : *Peso de la muestra húmeda más molde*
 - **P.M**: *Peso del molde*
 - **PW**: *Peso del agua*
 - **P.M.H.T**: *Peso de muestra húmeda más tara*
 - **P.M.S.T** : *Peso de muestra seca más tara*
 - **PMS**: *Peso de la muestra seca*
 - **P.T**: *Peso de la tara*
 - **W**: *Contenido de humedad*
- Realizar el gráfico donde en la abscisa se coloca el contenido de humedad y en la ordenada colocar la densidad seca, luego desde el punto donde la curva genera una cóncava se traza una horizontal y vertical y se proyecta a los ejes y por medio de la interpolación se calcula la humedad óptima para realizar el proceso de compactación.



- Teniendo el valor de la densidad seca máxima, previo la densidad in situ se puede calcular el grado de compactación mediante la siguiente ecuación:

$$GC \% = \frac{\text{Densidad seca del suelo In situ}}{\text{Densidad seca máxima de laboratorio}} \times 100$$

b) Análisis de la prueba

- Se realizó el ensayo de proctor modificado con el fin de determinar el contenido de humedad óptima y la densidad máxima seca, estos datos nos sirven para los cálculos en los siguientes ensayos. Esta prueba se realizó al SP y al SP con adición de cemento caduco en 4,7 y 10%
- Como se muestra en las siguientes tablas se obtuvieron los siguientes resultados: para el suelo patrón sin aditivo se tuvo 12.60 % de Contenido de humedad, para el suelo patrón con suelo caduco a 4% se tuvo 14.40 %, para el 7% se tuvo 14.30 y para el 10% se tuvo 14% de contenido de humedad. Para el cemento normal al 4%,7% y10% se tuvo 14.75% ,14.90% y 15.10 % de contenido de humedad respectivamente.
- Con esto podemos darnos cuenta que el cemento caduco está perdiendo sus propiedades hidráulicas, ya que con los resultados podemos ver que mientras más cantidad de cemento normal mayor cantidad de agua, lo que no pasa con el cemento caduco.



c) Diagramas y tablas de la prueba

Tabla 151

Análisis de datos del ensayo, proctor modificado, SP - Parte I

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO						
MTC E115 - ASTM D1557 - NTP 339.1410								
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".						
Tesista 1 : Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2 : Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra : Chacapunco Provincia : Urubamba Región : Cusco		Fecha : 25 de mayo del 2023 N° de hoja : 01 de 01 Número de muestra : N° 1, 2, 3, 4, 5 y 6. Ensayo : Ensayo de propiedades mecánicas del suelo.		NÚMEROS DE PRUEBA: 06 Pruebas de Suelo - Calicata N°2 CÓDIGO: C2-01-02-03-04-05-06-PM				
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Compactación Proctor Modificado del suelo								
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04	MUESTRA 05	MUESTRA 06	
Peso de la muestra húmeda +molde	gr	5785.00	5910.00	6035.00	6115.00	6090.00	6230.00	
Peso del molde	gr	4130.00	4210.00	4165.00	4150.00	4105.00	4250.00	
Peso muestra húmeda	gr	1655.00	1700.00	1870.00	1965.00	1985.00	1980.00	
Volumen del molde	cm ³	943.69	943.69	943.69	943.69	943.69	943.69	
Densidad húmeda	gr/cm ³	1.75	1.80	1.98	2.08	2.10	2.10	
Recipiente metálico	und	C2-01	C2-02	C2-02	C2-03	C2-03	C2-03	
Peso de la muestra húmeda +tara	gr	1775.00	1830.00	1785.00	2065.00	2125.00	2080.00	
Peso de la muestra seca +tara	gr	1675.00	1710.00	1620.00	1830.00	1860.00	1785.00	
Peso del agua	gr	100.00	120.00	165.00	235.00	265.00	295.00	
Peso de la tara	gr	130.00	140.00	110.00	110.00	120.00	115.00	
Peso muestra seca	gr	1645.00	1690.00	1675.00	1955.00	2005.00	1965.00	
Contenido de humedad	%	6.08	7.10	9.85	12.02	13.22	15.01	
Contenido de humedad promedio	%	6.08	7.10	9.85	12.02	13.22	15.01	
Densidad Seca	gr/cm ³	1.65	1.68	1.80	1.86	1.86	1.82	



Tabla 152

Análisis de datos del ensayo, proctor modificado, SP - Parte II



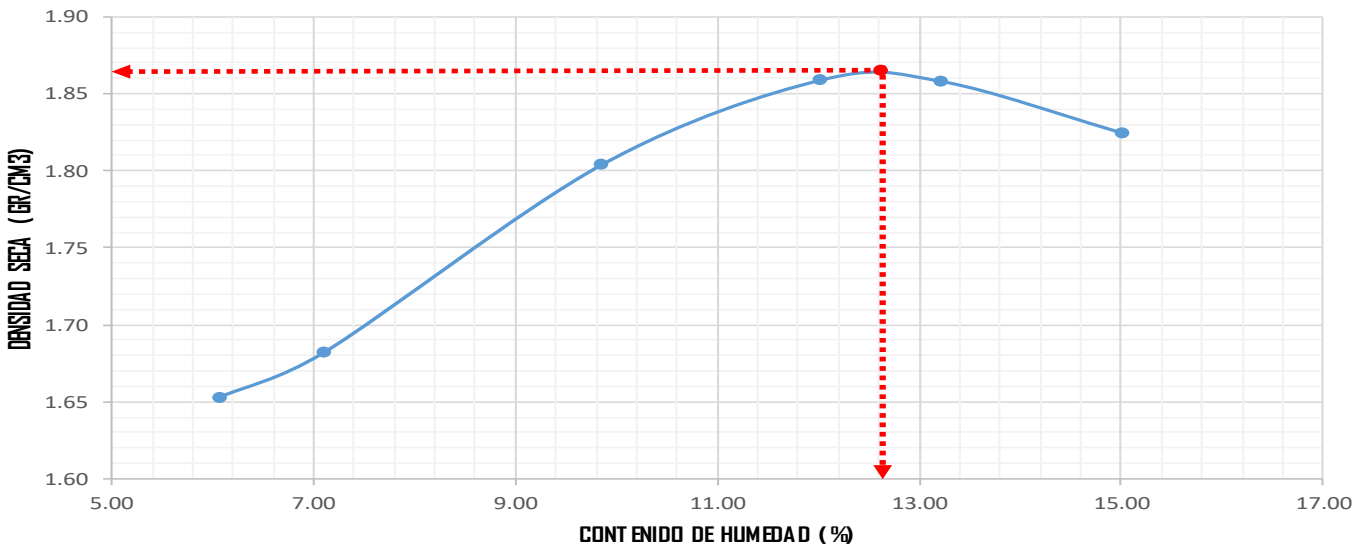
 Universidad Andina del Cusco		COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO MTC E115 - ASTM D1557 - NTP 339.141																									
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".																											
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapunco Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 27 de mayo del 2023 N° de hoja: 01 de 01 Número de muestra: N° 1, 2, 3, 4, 5 y 6. Ensayo: Ensayo de propiedades mecánicas del suelo.		NÚMERO DE PRUEBA: 06 Pruebas de Suelo - Calicata N° 2 CÓDIGO: C2-01-02-03-04-05-06-PM																							
Hoja de resultados - Ensayo Compactación Proctor Modificado del suelo																											
<h3 style="text-align: center;">ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DEL SUELO</h3>  <table border="1" style="display: none;"> <caption>Data points from the Modified Proctor test graph</caption> <thead> <tr> <th>Contenido de Humedad (%)</th> <th>Densidad Seca (gr/cm³)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>6.00</td><td>1.65</td></tr> <tr><td>7.00</td><td>1.68</td></tr> <tr><td>10.00</td><td>1.80</td></tr> <tr><td>12.00</td><td>1.86</td></tr> <tr><td>12.60</td><td>1.868</td></tr> <tr><td>13.00</td><td>1.86</td></tr> <tr><td>15.00</td><td>1.83</td></tr> </tbody> </table>				Contenido de Humedad (%)	Densidad Seca (gr/cm³)	6.00	1.65	7.00	1.68	10.00	1.80	12.00	1.86	12.60	1.868	13.00	1.86	15.00	1.83	<table border="1"> <thead> <tr> <th>LEYENDA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SS: Suelo Seco</td> </tr> <tr> <td>SH: Suelo Húmedo</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12.60%</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DENSIDAD SECA MÁXIMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.868 gr/cm³</td> </tr> </tbody> </table>	LEYENDA	SS: Suelo Seco	SH: Suelo Húmedo	CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO	12.60%	DENSIDAD SECA MÁXIMA	1.868 gr/cm ³
Contenido de Humedad (%)	Densidad Seca (gr/cm³)																										
6.00	1.65																										
7.00	1.68																										
10.00	1.80																										
12.00	1.86																										
12.60	1.868																										
13.00	1.86																										
15.00	1.83																										
LEYENDA																											
SS: Suelo Seco																											
SH: Suelo Húmedo																											
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO																											
12.60%																											
DENSIDAD SECA MÁXIMA																											
1.868 gr/cm ³																											



Tabla 153

Análisis de datos del ensayo, proctor modificado, SP+4%CC - Parte I

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO																		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		MTC E115 - ASTM D1557 - NTP 339.1410																		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".																		
Tesisista 1: Joselin Huarcaya Carrión		Fecha			:			14 de junio del 2023			NÚMERO DE PRUEBA:						06 Pruebas de Suelo - Calicata Nº2 - con cemento caduco			
Tesisista 2: Edisson Huaman Quispe		N° de hoja			:			01 de 03			CÓDIGO:						CC-4%-01-02-03-04-05-06-PM			
Ubicación de la muestra:		Porcentaje del aditivo			:			Cemento caduco al 4%												
Provincia: Urubamba		Ensayo			:			ensayo de propiedades mecánicas del suelo con aditivo												
Región: Cusco																				
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Compactación Proctor Modificado del suelo con cemento caduco al 4%																				
DESCRIPCIÓN		UND	MUESTRA 01			MUESTRA 02			MUESTRA 03			MUESTRA 04			MUESTRA 05			MUESTRA 06		
Peso de la muestra húmeda +molde		gr	6089.60			6173.63			6197.40			6139.45			6149.50			6150.00		
Peso del molde		gr	4177.03			4147.60			4204.77			4177.15			4177.12			4177.00		
Peso muestra húmeda		gr	1912.57			2026.03			1992.63			1962.30			1972.38			1973.00		
Volumen del molde		cm ³	940.45			940.45			940.45			940.45			940.45			940.45		
Densidad húmeda		gr/cm ³	2.03			2.15			2.12			2.09			2.10			2.10		
Recipiente metálico		CC-4%	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Peso de la muestra húmeda + tara		gr	46.62	42.48	41.58	45.46	48.96	46.73	46.73	37.96	40.69	73.46	72.61	67.22	48.05	46.45	46.35	46.00	45.89	44.87
Peso de la muestra seca + tara		gr	43.58	40.03	39.17	42.43	44.39	42.56	42.72	35.08	37.44	70.57	69.21	65.05	42.85	41.65	42.45	41.90	40.90	40.77
Peso del agua		gr	3.04	2.45	2.41	3.04	4.57	4.17	4.01	2.89	3.26	2.90	3.40	2.17	5.20	4.80	3.90	4.10	4.99	4.10
Peso de la tara		gr	16.03	15.90	15.77	15.88	15.77	15.77	15.77	15.50	15.83	50.02	49.29	49.66	14.08	12.80	14.00	15.40	14.99	15.70
Peso muestra seca		gr	27.55	24.14	23.41	26.55	28.62	26.79	26.95	19.58	21.61	20.55	19.92	15.39	28.77	28.85	28.5	26.50	25.91	25.07
Contenido de humedad		%	11.05	10.15	10.30	11.43	15.97	15.57	14.88	14.74	15.06	14.09	17.07	14.10	18.07	16.64	13.71	15.47	19.26	16.35
Contenido de humedad promedio		%	10.50			14.32			14.89			15.09			16.14			17.03		
Densidad Seca		gr/cm ³	1.84			1.88			1.84			1.81			1.81			1.79		



Tabla 154

Análisis de datos del ensayo, proctor modificado, SP+4%CC - Parte II



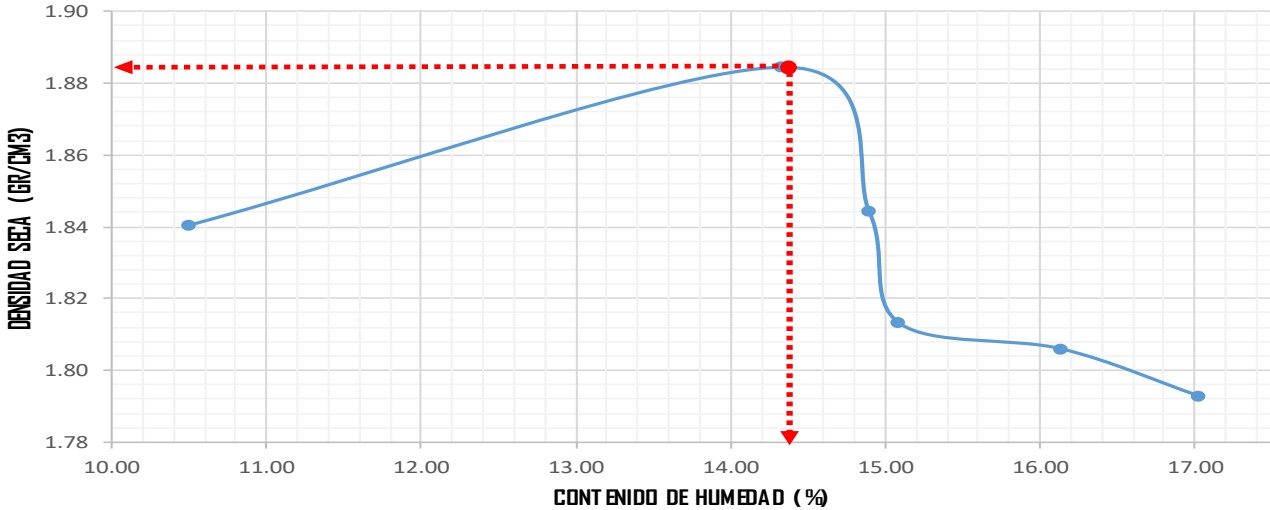
 Universidad Andina del Cusco		COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO MTC E115 – ASTM D1557 – NTP 339.1410																
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".																		
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapunco Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 16 de junio del 2023 N° de hoja: 01 de 03 Porcentaje del aditivo: Cemento caduco al 4% Ensayo: Ensayo de propiedades mecánicas del suelo con aditivo		NÚMERO DE PRUEBA: 06 Pruebas de Suelo - Calicata N°2 - con cemento caduco CÓDIGO: CC-4%-01-02-03-04-05-06-PM														
Hoja de resultados - Ensayo Compactación Proctor Modificado del suelo con cemento caduco al 4%																		
ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DEL SUELO CON CEMENTO CADUCO AL 4%																		
 <table border="1"> <caption>Data points from the Modified Proctor Test graph</caption> <thead> <tr> <th>Contenido de Humedad (%)</th> <th>Densidad Seca (GR/CM3)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10.5</td> <td>1.840</td> </tr> <tr> <td>14.4</td> <td>1.884</td> </tr> <tr> <td>14.8</td> <td>1.845</td> </tr> <tr> <td>15.0</td> <td>1.815</td> </tr> <tr> <td>16.2</td> <td>1.805</td> </tr> <tr> <td>17.0</td> <td>1.795</td> </tr> </tbody> </table>					Contenido de Humedad (%)	Densidad Seca (GR/CM3)	10.5	1.840	14.4	1.884	14.8	1.845	15.0	1.815	16.2	1.805	17.0	1.795
Contenido de Humedad (%)	Densidad Seca (GR/CM3)																	
10.5	1.840																	
14.4	1.884																	
14.8	1.845																	
15.0	1.815																	
16.2	1.805																	
17.0	1.795																	
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th style="text-align: center;">LEYENDA</th> </tr> <tr> <td>SS: Suelo Seco SH: Suelo Húmedo</td> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">14.40%</td> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">DENSIDAD SECA MÁXIMA</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1.884 gr/cm³</td> </tr> </table>					LEYENDA	SS: Suelo Seco SH: Suelo Húmedo	CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO	14.40%	DENSIDAD SECA MÁXIMA	1.884 gr/cm ³								
LEYENDA																		
SS: Suelo Seco SH: Suelo Húmedo																		
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO																		
14.40%																		
DENSIDAD SECA MÁXIMA																		
1.884 gr/cm ³																		



Tabla 155

Análisis de datos del ensayo, proctor modificado, SP+7%CC - Parte I



 Universidad Andina del Cusco		COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO MTC E115 - ASTM D1557 - NTP 339.1410																		
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".																				
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapunco Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha : 14 de junio del 2023 N° de hoja : 02 de 03 Porcentaje del aditivo : Cemento caduco al 7% Ensayo : Ensayo de propiedades mecánicas del suelo con aditivo									NÚMERO DE PRUEBA: 06 Pruebas de Suelo - Calicata N°2 - con cemento caduco CÓDIGO: CC-7%-01-02-03-04-05-06-PM									
Hoja de resultados - Ensayo Compactación Proctor Modificado del suelo con cemento caduco al 7%																				
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRA 01			MUESTRA 02			MUESTRA 03			MUESTRA 04			MUESTRA 05			MUESTRA 06			
Peso de la muestra húmeda +molde	gr	6027.13			6088.07			6239.43			6177.65			6149.00			6150.11			
Peso del molde	gr	4137.10			4137.70			4251.73			4252.4			4270.12			4277.00			
Peso muestra húmeda	gr	1890.03			1950.37			1987.70			1925.25			1878.88			1873.11			
Volumen del molde	cm ³	940.45			940.45			940.45			940.45			940.45			940.45			
Densidad húmeda	gr/cm ³	2.01			2.07			2.11			2.05			2.00			1.99			
Recipiente metálico	CC-4%	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Peso de la muestra húmeda +tara	gr	46.37	45.80	45.34	42.67	43.52	48.11	43.64	44.80	48.21	73.69	73.54	74.27	48.05	46.45	46.35	46.00	45.89	44.87	
Peso de la muestra seca +tara	gr	43.41	43.01	42.53	39.52	40.28	44.27	40.09	41.24	44.07	70.46	70.03	71.02	42.85	41.65	42.45	41.90	40.90	40.77	
Peso del agua	gr	2.96	2.79	2.82	3.15	3.24	3.84	3.56	3.56	4.15	3.23	3.51	3.26	5.20	4.80	3.90	4.10	4.99	4.10	
Peso de la tara	gr	15.83	15.76	15.92	15.92	15.73	15.73	15.89	15.83	15.83	49.83	47.55	49.98	14.08	12.80	14.00	15.40	14.99	15.70	
Peso muestra seca	gr	27.59	27.25	26.61	23.61	24.56	28.55	24.20	25.42	28.24	20.63	22.49	21.04	28.77	28.9	28.5	26.50	25.91	25.07	
Contenido de humedad	%	10.73	10.24	10.58	13.34	13.19	13.45	14.69	14.01	14.68	15.66	15.61	15.47	18.07	16.6	13.7	15.47	19.26	16.35	
Contenido de humedad promedio	%	10.52			13.33			14.46			15.58			16.14			17.03			
Densidad Seca	gr/cm ³	1.82			1.83			1.85			1.77			1.72			1.70			



Tabla 156

Análisis de datos del ensayo, proctor modificado, SP+7%CC - Parte II



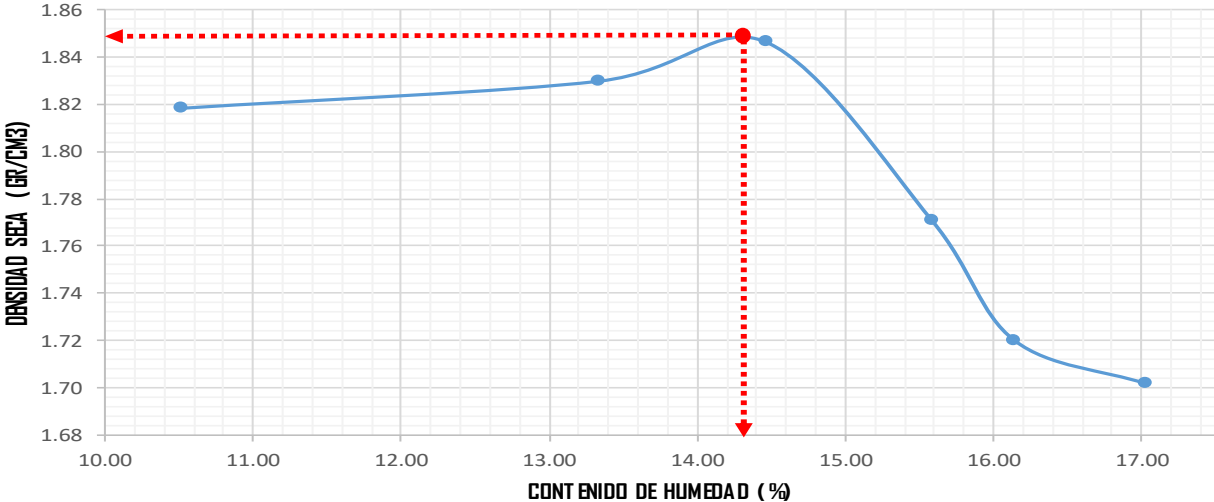
 Universidad Andina del Cusco		COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO MTC E115 - ASTM D1557 - NTP 339.1410					
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".							
Tesista 1 : Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2 : Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra : Chacapunco Provincia : Urubamba Región : Cusco		Fecha : 16 de junio del 2023 N° de hoja : 02 de 03 Porcentaje del aditivo : Cemento caduco al 7% Ensayo : Ensayo de propiedades mecánicas del suelo con aditivo		NÚMERO DE PRUEBA: 06 Pruebas de Suelo - Calicata Nº 2 - con cemento caduco CÓDIGO: CC-7%-01-02-03-04-05-06-PM			
Hoja de resultados - Ensayo Compactación Proctor Modificado del suelo con cemento caduco al 7%							
ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DEL SUELO CON CEMENTO CADUCO AL 7%							
							
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th style="text-align: center;">LEYENDA</th> </tr> <tr> <td>SS: Suelo Seco</td> </tr> <tr> <td>SH: Suelo Húmedo</td> </tr> </table>					LEYENDA	SS: Suelo Seco	SH: Suelo Húmedo
LEYENDA							
SS: Suelo Seco							
SH: Suelo Húmedo							
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th style="text-align: center;">CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">14.30%</td> </tr> </table>					CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO	14.30%	
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO							
14.30%							
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th style="text-align: center;">DENSIDAD SECA MÁXIMA</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1.849 gr/cm³</td> </tr> </table>					DENSIDAD SECA MÁXIMA	1.849 gr/cm ³	
DENSIDAD SECA MÁXIMA							
1.849 gr/cm ³							



Tabla 157

Análisis de datos del ensayo, proctor modificado, SP+10%CC - Parte I



 Universidad Andina del Cusco		COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO MTC E115 - ASTM D1557 - NTP 339.1410																		
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".																				
Tesista 1 : Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra : Chacapunco Provincia : Urubamba Región : Cusco		Fecha : 14 de junio del 2023 N° de hoja : 03 de 03 Porcentaje del aditivo : Cemento caduco al 10% Ensayo : Ensayo de propiedades mecánicas del suelo con aditivo						NÚMERO DE PRUEBA: 06 Pruebas de Suelo - Calicata N°2 - con cemento caduco CÓDIGO: CC-10%-01-02-03-04-05-06-PM												
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Compactación Proctor Modificado del suelo con cemento caduco al 10%																				
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRA 01			MUESTRA 02			MUESTRA 03			MUESTRA 04			MUESTRA 05			MUESTRA 06			
Peso de la muestra húmeda +molde	gr	6037.70			6153.65			6164.50			6219.60			6149.88			6150.07			
Peso del molde	gr	4159.10			4221.50			4170.70			4252.40			4190.12			4207.00			
Peso muestra húmeda	gr	1878.60			1932.15			1993.80			1967.20			1959.76			1943.07			
Volumen del molde	cm ³	940.45			940.45			940.45			940.45			940.45			940.45			
Densidad húmeda	gr/cm ³	2.00			2.05			2.12			2.09			2.08			2.07			
Recipiente metálico	CC-4%	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Peso de la muestra húmeda +tara	gr	105.6	119.03	112.50	68.26	105.18	114.59	93.60	101.24	96.89	69.85	71.57	54.75	48.05	46.45	46.35	46.00	45.89	44.87	
Peso de la muestra seca +tara	gr	99.79	111.92	106.0	65.98	99.08	107.5	88.26	93.08	90.94	66.89	68.27	52.20	42.85	41.65	41.45	41.40	40.90	40.77	
Peso del agua	gr	5.81	7.12	6.46	2.28	6.11	7.11	5.34	8.17	5.96	2.96	3.30	2.56	5.20	4.80	4.90	4.60	4.99	4.10	
Peso de la tara	gr	49.22	49.45	50.00	47.64	50.06	49.73	49.87	36.90	49.31	49.59	49.04	37.45	14.08	12.80	14.00	15.40	14.99	15.70	
Peso muestra seca	gr	50.57	62.47	56.05	18.34	49.02	57.75	38.40	56.18	41.63	17.31	19.23	14.75	28.77	28.9	27.5	26.00	25.91	25.07	
Contenido de humedad	%	11.48	11.39	11.53	12.43	12.46	12.31	13.91	14.53	14.31	17.10	17.16	17.33	18.07	16.6	17.9	17.69	19.26	16.35	
Contenido de humedad promedio	%	11.47			12.40			14.25			17.20			17.52			17.77			
Densidad Seca	gr/cm ³	1.79			1.83			1.86			1.78			1.77			1.75			



Tabla 158

Análisis de datos del ensayo, proctor modificado, SP+10%CC - Parte II



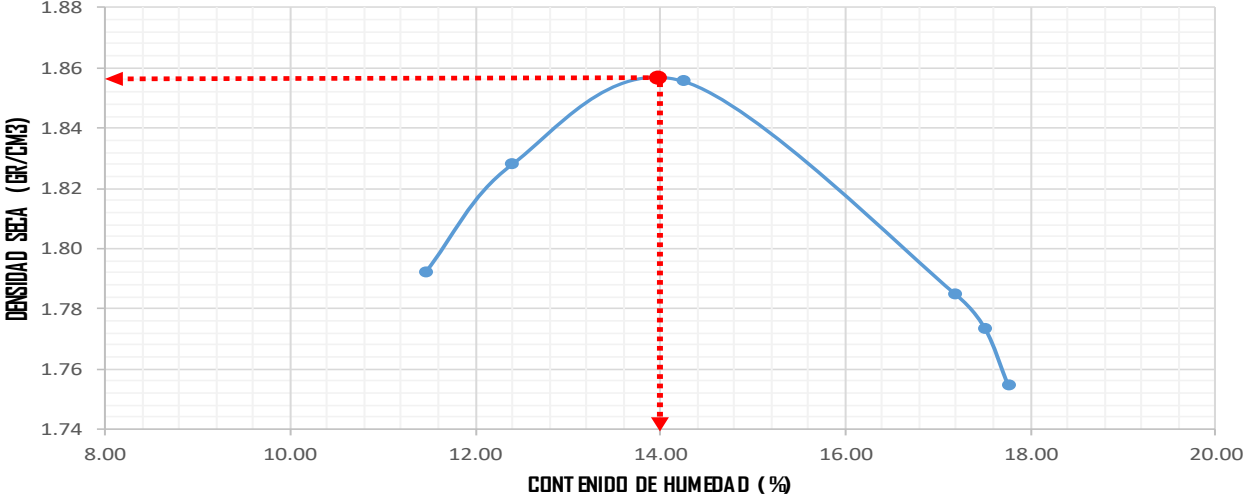
 Universidad Andina del Cusco		COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO MTC E115 - ASTM D1557 - NTP 339.1410																									
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".																											
Tesista 1 : Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra : Chacapunco Provincia : Urubamba Región : Cusco		Fecha : 16 de junio del 2023 N° de hoja : 03 de 03 Porcentaje del aditivo : Cemento caduco al 10% Ensayo : Ensayo de propiedades mecánicas del suelo con aditivo		NÚMERO DE PRUEBA: 06 Pruebas de Suelo - Calicata Nº 2 - con cemento caduco CÓDIGO: CC-10%-01-02-03-04-05-06-PM																							
Hoja de resultados - Ensayo Compactación Proctor Modificado del suelo con cemento caduco al 10%																											
ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DEL SUELO CON CEMENTO CADUCO AL 10%																											
 <table border="1"> <caption>Data points from the Proctor Modified test graph</caption> <thead> <tr> <th>Contenido de Humedad (%)</th> <th>Densidad Seca (gr/cm³)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>11.5</td> <td>1.792</td> </tr> <tr> <td>12.5</td> <td>1.828</td> </tr> <tr> <td>13.8</td> <td>1.857</td> </tr> <tr> <td>14.2</td> <td>1.855</td> </tr> <tr> <td>17.2</td> <td>1.785</td> </tr> <tr> <td>17.5</td> <td>1.772</td> </tr> <tr> <td>17.8</td> <td>1.755</td> </tr> </tbody> </table>				Contenido de Humedad (%)	Densidad Seca (gr/cm³)	11.5	1.792	12.5	1.828	13.8	1.857	14.2	1.855	17.2	1.785	17.5	1.772	17.8	1.755	<table border="1"> <thead> <tr> <th>LEYENDA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SS: Suelo Seco</td> </tr> <tr> <td>SH: Suelo Húmedo</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>14.00%</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DENSIDAD SECA MÁXIMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.857 gr/cm³</td> </tr> </tbody> </table>	LEYENDA	SS: Suelo Seco	SH: Suelo Húmedo	CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO	14.00%	DENSIDAD SECA MÁXIMA	1.857 gr/cm³
Contenido de Humedad (%)	Densidad Seca (gr/cm³)																										
11.5	1.792																										
12.5	1.828																										
13.8	1.857																										
14.2	1.855																										
17.2	1.785																										
17.5	1.772																										
17.8	1.755																										
LEYENDA																											
SS: Suelo Seco																											
SH: Suelo Húmedo																											
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO																											
14.00%																											
DENSIDAD SECA MÁXIMA																											
1.857 gr/cm³																											



Tabla 159

Análisis de datos del ensayo, proctor modificado, SP+4%CN - Parte I

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO										UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO							
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		MTC E115 - ASTM D1557 - NTP 339.1410										UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO							
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".																	
Tesis 1 : Joselin Huarcaya Carrión		Fecha :		12 de junio del 2023						NÚMERO DE PRUEBA:									
Tesis 2 : Edisson Huaman Quispe		N° de hoja :		01 de 03						06 Pruebas de Suelo - Calicata N° 2 - con cemento normal									
Ubicación de la muestra : Chacapunco		Porcentaje del aditivo :		Cemento normal al 4%						CÓDIGO:									
Provincia : Urubamba		Ensayo :		Ensayo de propiedades mecánicas del suelo con aditivo						CN-4%-01-02-03-04-05-06-PM									
Región : Cusco																			
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Compactación Proctor Modificado del suelo con cemento normal al 4%																			
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRA 01			MUESTRA 02			MUESTRA 03			MUESTRA 04			MUESTRA 05			MUESTRA 06		
Peso de la muestra húmeda +molde	gr	5811.25			5871.58			6024.93			6167.57			6167.57			6150.11		
Peso del molde	gr	4176.60			4147.55			4204.75			4205.10			4205.10			4207.00		
Peso muestra húmeda	gr	1634.65			1724.03			1820.18			1962.47			1962.47			1943.11		
Volumen del molde	cm ³	940.45			940.45			940.45			940.45			940.45			940.45		
Densidad húmeda	gr/cm ³	1.74			1.83			1.94			2.09			2.09			2.07		
Recipiente metálico	CC-4%	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Peso de la muestra húmeda + tara	gr	27.6	32.6	31.5	32.3	31.8	36.3	29.6	30.9	41.2	91.8	70.9	75.6	91.8	70.9	75.6	46.00	45.89	44.87
Peso de la muestra seca + tara	gr	26.7	31.2	30.2	30.7	30.3	34.4	28.1	29.2	38.2	84.9	66.6	70.7	84.7	65.8	70.7	42.01	40.90	40.77
Peso del agua	gr	0.93	1.35	1.34	1.54	1.50	1.90	1.50	1.69	2.99	6.90	4.31	4.94	7.10	5.10	4.94	3.99	4.99	4.10
Peso de la tara	gr	16	15.9	15.8	15.9	15.8	15.8	15.8	15.5	15.8	37.1	37.4	36.7	37.1	37.4	36.7	15.40	14.99	15.70
Peso muestra seca	gr	10.65	15.33	14.44	14.85	14.54	18.60	12.36	13.72	22.38	47.82	29.16	33.98	47.62	28.4	34	26.61	25.91	25.07
Contenido de humedad	%	8.73	8.81	9.25	10.34	10.29	10.22	12.14	12.29	13.34	14.42	14.78	14.55	14.91	18	14.6	14.99	19.26	16.35
Contenido de humedad promedio	%	8.93			10.28			12.59			14.59			15.82			16.87		
Densidad Seca	gr/cm ³	1.60			1.66			1.72			1.82			1.80			1.77		



Tabla 160

Análisis de datos del ensayo, proctor modificado, SP+4%CN - Parte II



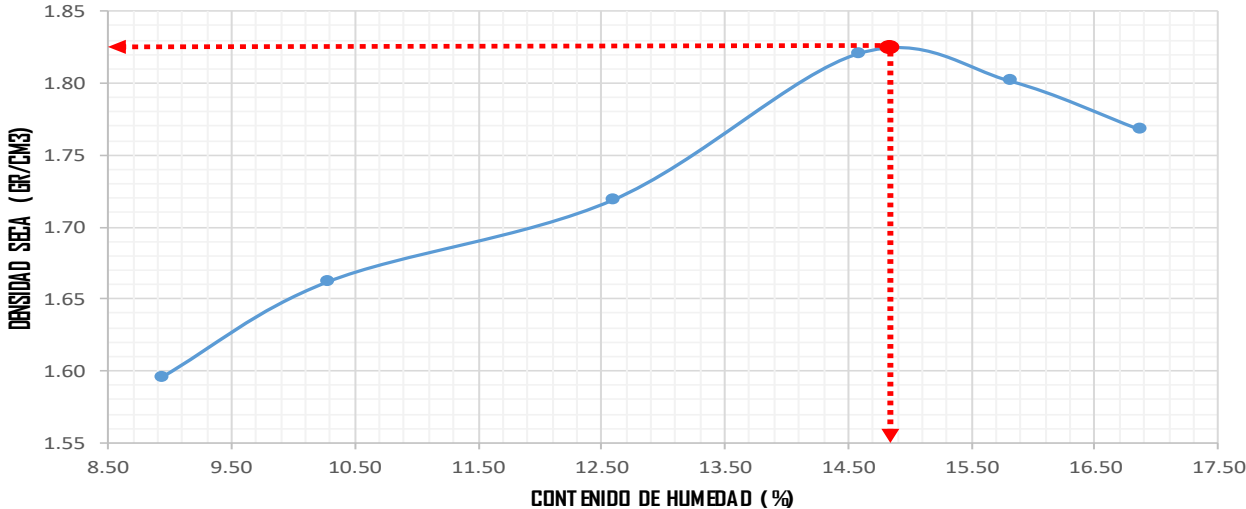
 Universidad Andina del Cusco		COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO MTC E115 - ASTM D1557 - NTP 339.1410		
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".				
Tesista 1 : Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2 : Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra : Chacapunco Provincia : Urubamba Región : Cusco		Fecha : 12 de junio del 2023 N° de hoja : 01 de 03 Porcentaje del aditivo : Cemento normal al 4% Ensayo : Ensayo de propiedades mecánicas del suelo con aditivo		NÚMERO DE PRUEBA: 06 Pruebas de Suelo - Calicata Nº 2 - con cemento normal CÓDIGO: CN-4%-01-02-03-04-05-06-PM
Hoja de resultados - Ensayo Compactación Proctor Modificado del suelo con cemento normal al 4%				
ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DEL SUELO CON CEMENTO NORMAL AL 4%				LEYENDA SS: Suelo Seco SH: Suelo Húmedo
				CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO 14.75%
				DENSIDAD SECA MÁXIMA 1.822 gr/cm ³



Tabla 161

Análisis de datos del ensayo, proctor modificado, SP+7%CN - Parte I



 Universidad Andina del Cusco		COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO MTC E115 - ASTM D1557 - NTP 339.1410																		
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".																		
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapunco Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha : 12 de junio del 2023 N° de hoja : 02 de 03 Porcentaje del aditivo : Cemento normal al 7% Ensayo : Ensayo de propiedades mecánicas del suelo con aditivo									NÚMERO DE PRUEBA: 06 Pruebas de Suelo - Calicata N°2 - con cemento normal CÓDIGO: CN-7%-01-02-03-04-05-06-PM									
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Compactación Proctor Modificado del suelo con cemento normal al 7%																				
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRA 01			MUESTRA 02			MUESTRA 03			MUESTRA 04			MUESTRA 05			MUESTRA 06			
Peso de la muestra húmeda +molde	gr	5828.13			5869.00			6123.30			6078.13			6167.57			6150.11			
Peso del molde	gr	4137.27			4137.73			4251.77			4137.95			4220.00			4207.00			
Peso muestra húmeda	gr	1690.87			1731.27			1871.53			1940.18			1947.57			1943.11			
Volumen del molde	cm ³	940.45			940.45			940.45			940.45			940.45			940.45			
Densidad húmeda	gr/cm ³	1.80			1.84			1.99			2.06			2.07			2.07			
Recipiente metálico	CC-4%	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Peso de la muestra húmeda +tara	gr	41.7	39.3	41.4	39.7	40	39.8	52.3	43.4	40.9	87.8	84.8	77.7	91.8	70.9	75.6	46.00	45.89	44.87	
Peso de la muestra seca +tara	gr	39.6	37.4	39.3	37.4	37.7	37.5	48	40.2	37.9	80.8	79.1	72.8	84.7	65.8	70.7	42.10	40.90	40.77	
Peso del agua	gr	2.12	1.91	2.13	2.35	2.28	2.28	4.31	3.22	2.96	7.00	5.74	4.93	7.10	5.10	4.94	3.90	4.99	4.10	
Peso de la tara	gr	15.83	15.76	15.92	15.92	15.73	15.73	15.89	15.83	15.83	36.85	37.16	37.23	37.1	37.4	36.7	15.40	14.99	15.70	
Peso muestra seca	gr	23.74	21.63	23.39	21.44	21.95	21.76	32.15	24.37	22.11	43.92	41.90	35.58	47.62	28.4	34	26.70	25.91	25.07	
Contenido de humedad	%	8.91	8.86	9.11	10.94	10.39	10.48	13.39	13.19	13.39	15.94	13.70	13.87	14.91	18	14.6	14.61	19.26	16.35	
Contenido de humedad promedio	%	8.96			10.60			13.32			14.50			15.82			16.74			
Densidad Seca	gr/cm ³	1.65			1.66			1.76			1.80			1.79			1.77			



Tabla 162

Análisis de datos del ensayo, proctor modificado, SP+7%CN - Parte II



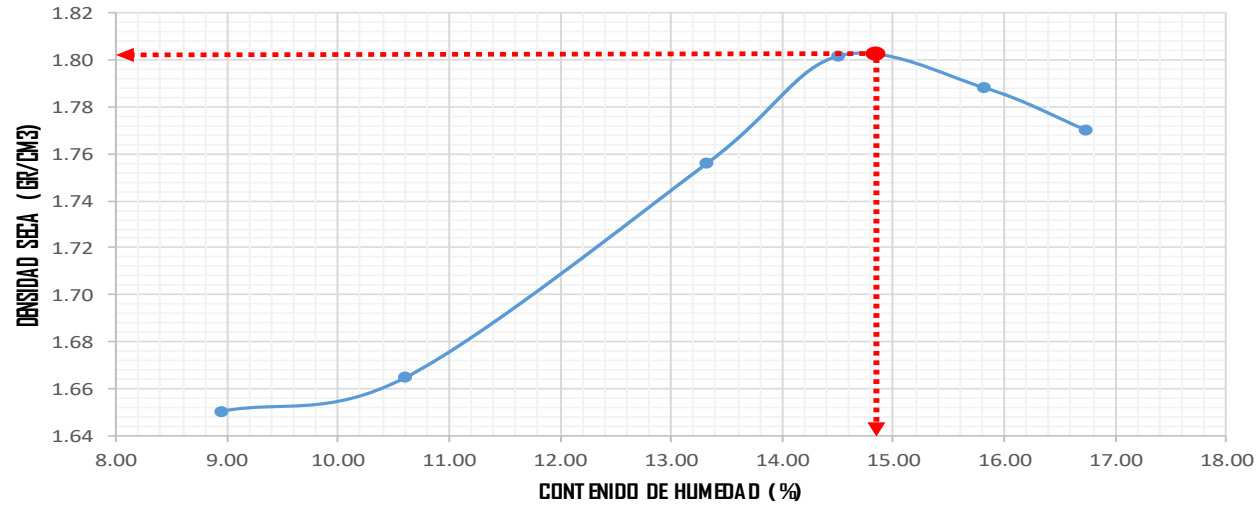
 Universidad Andina del Cusco		COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO MTC E115 - ASTM D1557 - NTP 339.1410		
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".				
Tesista 1 : Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra : Chacapunco Provincia : Urubamba Región : Cusco		Fecha : 14 de junio del 2023 N° de hoja : 02 de 03 Porcentaje del aditivo : Cemento normal al 7% Ensayo : Ensayo de propiedades mecánicas del suelo con aditivo		NÚMERO DE PRUEBA: 06 Pruebas de Suelo - Calicata N° 2 - con cemento normal CÓDIGO: CN-7%-01-02-03-04-05-06-PM
Hoja de resultados - Ensayo Compactación Proctor Modificado del suelo con cemento normal al 7%				
ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DEL SUELO CON CEMENTO NORMAL AL 7%				
				
LEYENDA				
SS: Suelo Seco SH: Suelo Húmedo				
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO				
14.90%				
DENSIDAD SECA MÁXIMA				
1.828 gr/cm ³				



Tabla 163

Análisis de datos del ensayo, proctor modificado, SP+10%CN - Parte I





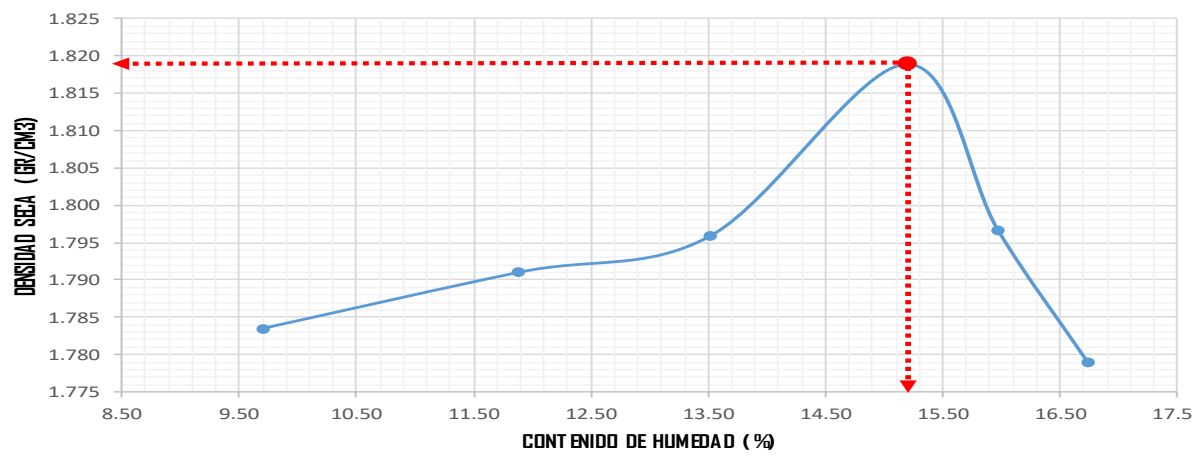
 Universidad Andina del Cusco		COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO MTC E115 - ASTM D1557 - NTP 339.1410																		
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".																		
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapunco Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha : 12 de junio del 2023 N° de hoja : 03 de 03 Porcentaje del aditivo : Cemento normal al 10% Ensayo : ensayo de propiedades mecánicas del suelo con aditivo									NÚMERO DE PRUEBA: 06 Pruebas de Suelo - Calicata N°2 - con cemento normal CÓDIGO: CN-10%-01-02-03-04-05-06-PM									
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo Compactación Proctor Modificado del suelo con cemento normal al 10%																				
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRA 01			MUESTRA 02			MUESTRA 03			MUESTRA 04			MUESTRA 05			MUESTRA 06			
Peso de la muestra húmeda +molde	gr	5999.13			6105.95			6087.60			6118.67			6167.47			6152.17			
Peso del molde	gr	4159.10			4221.37			4170.40			4148.10			4207.88			4199.09			
Peso muestra húmeda	gr	1840.03			1884.58			1917.20			1970.57			1959.59			1953.08			
Volumen del molde	cm ³	940.45			940.45			940.45			940.45			940.45			940.45			
Densidad húmeda	gr/cm ³	1.96			2.00			2.04			2.10			2.08			2.08			
Recipiente metálico	CC-4%	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Peso de la muestra húmeda +tara	gr	80.5	69.9	107	85.5	117	106	113	84.5	92.9	77.7	75.1	78.1	91.8	70.9	75.6	46.00	45.89	44.87	
Peso de la muestra seca +tara	gr	77.7	68.1	101	81.5	110	99.8	105	78.7	87.8	72.4	70.1	72.7	84.5	65.8	70.7	42.10	40.90	40.77	
Peso del agua	gr	2.77	1.74	5.19	4.07	7.18	5.88	7.41	5.80	5.14	5.30	5.02	5.36	7.30	5.10	4.94	3.90	4.99	4.10	
Peso de la tara	gr	49.2	49.4	50	47.6	50.1	49.7	49.9	36.9	49.3	37.4	37.6	37.1	37.1	37.4	36.7	15.40	14.99	15.70	
Peso muestra seca	gr	28.51	18.70	51.41	33.84	60.23	50.05	55.58	41.76	38.48	35.05	32.52	35.59	47.42	28.4	34	26.70	25.91	25.07	
Contenido de humedad	%	9.70	9.33	10.09	12.01	11.91	11.74	13.33	13.88	13.35	15.11	15.44	15.05	15.40	18	14.6	14.61	19.26	16.35	
Contenido de humedad promedio	%	9.71			11.89			13.52			15.20			15.98			16.74			
Densidad Seca	gr/cm ³	1.78			1.79			1.80			1.82			1.80			1.78			



Tabla 164

Análisis de datos del ensayo, proctor modificado, SP+10%CN - Parte II

 Universidad Andina del Cusco		COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO MTC E115 - ASTM D1557 - NTP 339.1410						
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".								
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edison Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapunco Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 14 de junio del 2023 N° de hoja: 03 de 03 Porcentaje del aditivo: Cemento normal al 10% Ensayo: Ensayo de propiedades mecánicas del suelo con aditivo		NÚMERO DE PRUEBA: 06 Pruebas de Suelo - Calicata N°2 - con cemento normal CÓDIGO: CN-10%-01-02-03-04-05-06-PM				
Hoja de resultados - Ensayo Compactación Proctor Modificado del suelo con cemento normal al 10%								
ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DEL SUELO CON CEMENTO NORMAL AL 10%								
 <table border="1"> <caption>LEYENDA</caption> <tr> <td>SS: Suelo Seco</td> </tr> <tr> <td>SH: Suelo Húmedo</td> </tr> </table> <table border="1"> <caption>CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO</caption> <tr> <td>15.10%</td> </tr> </table> <table border="1"> <caption>DENSIDAD SECA MÁXIMA</caption> <tr> <td>1.819 gr/cm³</td> </tr> </table>					SS: Suelo Seco	SH: Suelo Húmedo	15.10%	1.819 gr/cm ³
SS: Suelo Seco								
SH: Suelo Húmedo								
15.10%								
1.819 gr/cm ³								



3.6.13 Ensayo de CBR

a) Procesamiento o cálculo de la prueba

- Para determinar el contenido de humedad, se usa la siguiente ecuación:

$$W\% = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso de la muestra seca}} \times 100$$

- Para determinar la densidad humedad, se usa la siguiente ecuación:

$$\text{Densidad húmeda} = \frac{P. M. H \text{ compactada}}{\text{Volumen de M. H. C}}$$

- Para determinar la densidad seca, se usa la siguiente ecuación:

$$\text{Densidad seca} = \frac{100 \times \text{Densidad húmeda}}{1 + \text{Contenido de humedad}}$$

- Para determinar el porcentaje de expansión, se usa la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Expansión} = \frac{L_2 - L_1}{127} \times 100$$

- Para determinar el cálculo de CBR 0.1 pulgadas se usa la siguiente ecuación:

$$CBR_{0.1} = \frac{\text{Carga unitaria del ensayo}}{1000} \times 100$$

- Para determinar el cálculo de CBR 0.2 pulgadas se usa la siguiente ecuación:

$$CBR_{0.2} = \frac{\text{Carga unitaria del ensayo}}{1500} \times 100$$

- Con el registro de datos obtenido se procede a localizar a 0.1 y 0.2 pulgadas de penetración la presión que se aplica se calcula el CBR y se procede a realizar la gráfica de presión vs penetración.
- Se procede a realizar la gráfica de compactación para hallar la máxima densidad seca para luego generar la curva de CBR vs su correspondiente densidad seca.

b) Análisis de la prueba

- El mayor CBR obtenido fue con la adición del 10% de cemento caduco logrando un CBR de 127.18% en comparación del suelo patrón que logro tener un CBR de 1.44%. Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016), contempla rangos de CBR para la categorización de estas para el uso en una Subrasante. Según la tabla el suelo patrón se encuentra en una “subrasante inadecuada” y al ser estabilizada con cemento caduco pasa a ser un “Subrasante Excelente” logrando valores superiores a 100%.



c) Diagramas y tablas de la prueba

Tabla 165

Análisis de datos del ensayo, CBR, SP - Parte I

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRA 1			MUESTRA 2			MUESTRA 3		
Número de golpes	Und	12			26			55		
Diámetro del molde	cm	15.24			15.24			15.23		
Altura de molde	cm	17.80			17.77			17.78		
Altura de disco espaciador	cm	5.08			5.08			5.08		
Volumen de la muestra húmeda compactada	cm ³	2319.30			2313.83			2313.73		
Peso del molde más base	gr	8071.57			6986.37			7936.31		
Peso del molde + base + muestra húmeda	gr	11347.46			11012.46			12305.00		
Peso Muestra Húmeda	gr	3275.89			4026.09			4368.69		
Densidad Húmeda	cm ³	1.41			1.84			2.00		
Recipiente metálico		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Peso de la muestra húmeda + tara	gr	64.70	60.60	55.90	57.80	58.90	56.60	58.80	59.40	58.70
Peso de la muestra seca + tara	gr	59.65	56.00	50.90	53.81	54.80	52.60	54.69	55.27	54.70
Peso del agua	gr	5.05	4.60	5.00	3.99	4.10	4.00	4.11	4.13	4.00
Peso de la tara	gr	15.80	15.80	15.70	15.70	15.80	15.70	15.90	15.70	15.50
Peso muestra seca	gr	43.85	40.20	35.20	38.11	39.00	36.90	38.79	39.57	39.20
Contenido de humedad	%	11.52	11.44	14.2	10.47	10.51	10.84	10.6	10.44	10.2
Contenido de humedad promedio	%	12.39			10.61			10.41		
Densidad Seca	gr/cm ³	1.26			1.66			1.81		
DATOS DE HINCHAMIENTO										
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRA 1			MUESTRA 2			MUESTRA 3		
Lectura original	mm	3.15			6.85			2.42		
Lectura despues de 24 horas	mm	3.75			7.23			2.67		
Lectura despues de 48 horas	mm	5.00			8.25			2.90		
Lectura despues de 72 horas	mm	5.46			8.61			3.33		
Lectura despues de 96 horas	mm	5.58			8.81			3.56		
Hinchamiento	mm	2.43			1.96			1.14		
Porcentaje de hinchamiento	%	1.91%			1.54%			0.90%		



Tabla 166

Análisis de datos del ensayo, CBR, SP - Parte II

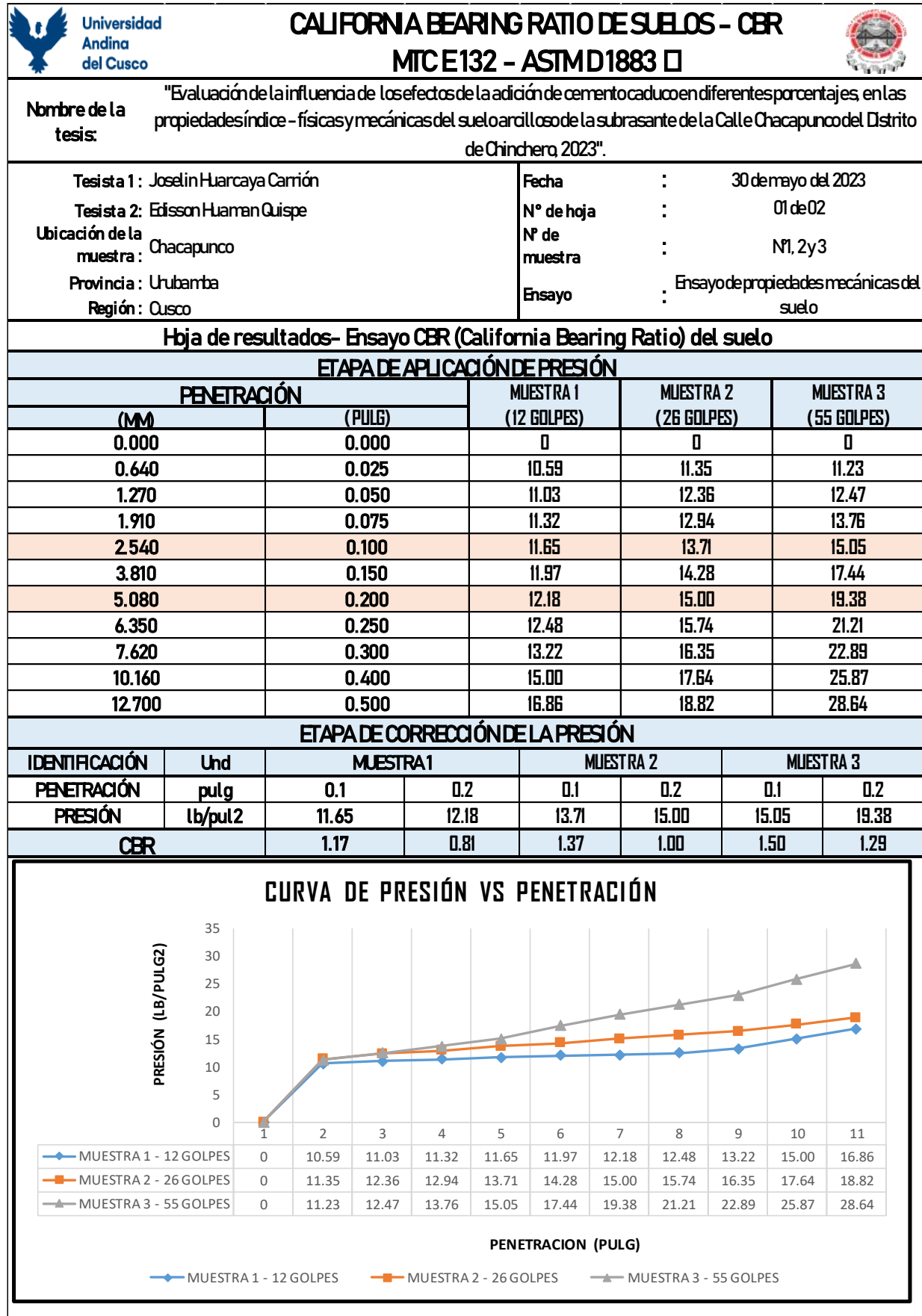




Tabla 167

Análisis de datos del ensayo, CBR, SP - Parte III

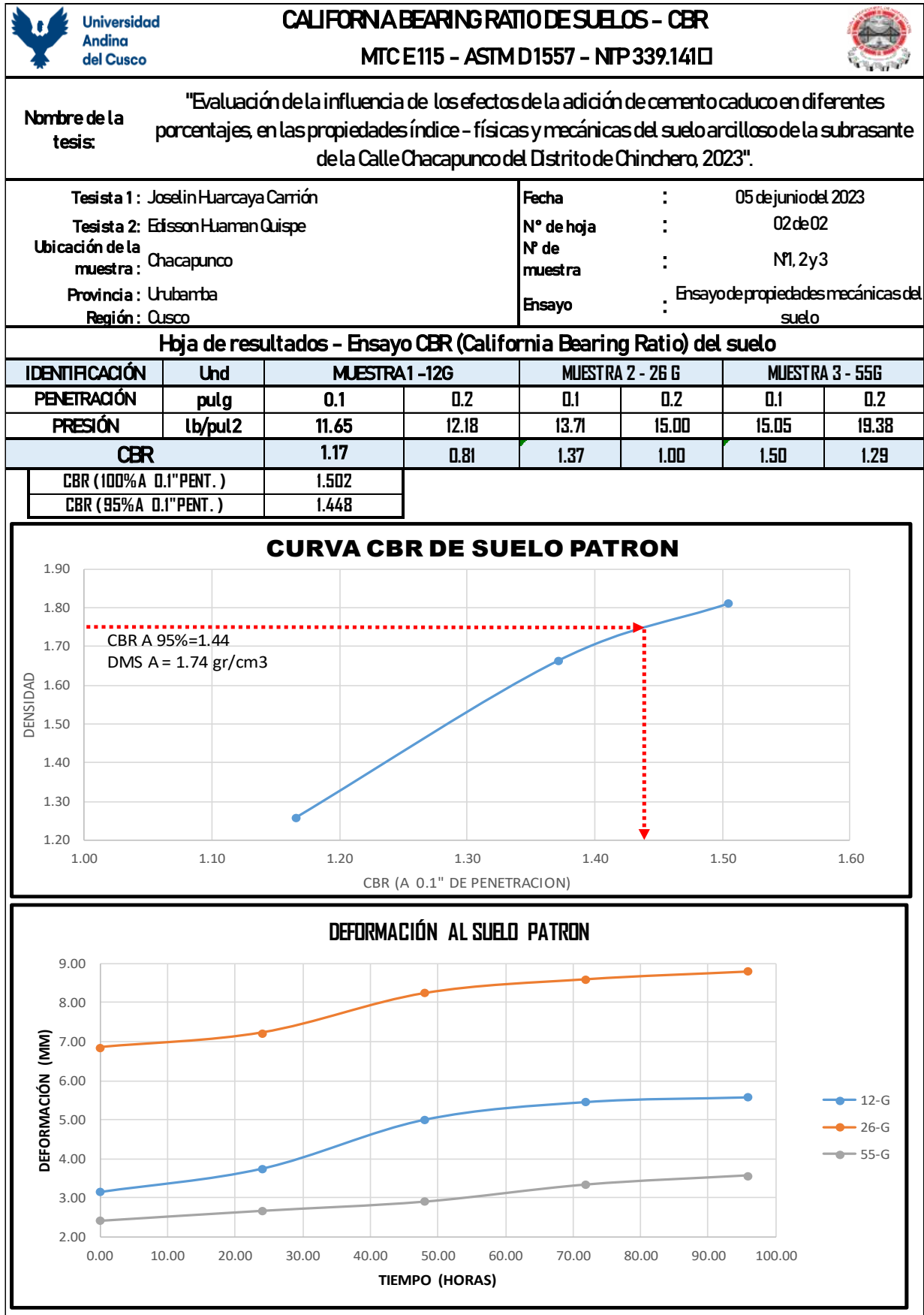




Tabla 168

Análisis de datos del ensayo, CBR, SP+4%CN - Parte I

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS - CBR										MTC E132 - ASTM D1883 □
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".										
Tesisista 1: Joselin Huarcaya Carrión		Fecha		23 de junio del 2023								
Tesisista 2: Edisson Huaman Quispe		N° de hoja		01 de 03								
Ubicación de la muestra: Chacapunco		N° de muestra		Nº, 2y3								
Provincia: Urubamba		Ensayo		Ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento normal								
Región: Cusco												
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo CBR (California Bearing Ratio) del suelo con cemento normal al 4%												
DESCRIPCIÓN		UND	MUESTRA 1			MUESTRA 2			MUESTRA 3			
Número de golpes		Und	12			26			55			
Diámetro del molde		cm	15.21			15.24			15.23			
Altura de molde		cm	17.80			17.77			17.77			
Altura de disco espaciador		cm	5.08			5.08			5.08			
Volumen de la muestra húmeda compactada		cm ³	2311.19			2316.46			2312.21			
Peso del molde más base		gr	8527.57			6953.80			8072.57			
Peso del molde + base + muestra húmeda		gr	12272.46			10817.46			12482.46			
Peso Muestra Húmeda		gr	3744.89			3863.66			4409.89			
Densidad Húmeda		cm ³	1.62			1.67			1.91			
Recipiente metálico			1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Peso de la muestra húmeda + tara		gr	42.05	39.49	40.52	37.34	34.36	36.76	42.83	34.72	36.41	
Peso de la muestra seca + tara		gr	38.99	36.69	37.71	34.85	32.20	34.38	39.65	32.51	33.96	
Peso del agua		gr	3.06	2.80	2.81	2.49	2.16	2.38	3.18	2.21	2.45	
Peso de la tara		gr	15.83	15.91	15.91	15.86	15.87	15.77	16.01	15.78	15.87	
Peso muestra seca		gr	23.16	20.78	21.80	18.99	16.33	18.61	23.64	16.74	18.09	
Contenido de humedad		%	13.21	13.47	12.89	13.11	13.23	12.79	13.45	13.21	13.54	
Contenido de humedad promedio		%	13.19			13.04			13.40			
Densidad Seca		gr/cm ³	1.43			1.48			1.68			
DATOS DE HINCHAMIENTO												
DESCRIPCIÓN		UND	MUESTRA 1			MUESTRA 2			MUESTRA 3			
Lectura original		mm	2.06			5.03			4.52			
Lectura después de 24 horas		mm	2.43			5.30			4.69			
Lectura después de 48 horas		mm	2.69			5.46			4.90			
Lectura después de 72 horas		mm	2.92			5.79			5.33			
Lectura después de 96 horas		mm	3.20			5.99			5.46			
Hinchamiento		mm	1.14			0.96			0.94			
Porcentaje de hinchamiento		%	0.90%			0.76%			0.74%			



Tabla 169

Análisis de datos del ensayo, CBR, SP+4%CN - Parte II

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS - CBR				MTC E132 - ASTM D1883 □						
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento a dicho en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncodel Distrito de Chinchero, 2023".										
Tesisista 1 : Joselin Huarcaya Carrión		Fecha :		23 de junio del 2023								
Tesisista 2 : Edisson Huaman Quispe		N° de hoja :		01 de 06								
Ubicación de la muestra : Chacapunco		N° de muestra :		N1, 2 y 3								
Provincia : Urubamba		Ensayo :		Ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento normal								
Región : Cusco												
Hoja de resultados - Ensayo CBR (California Bearing Ratio) del suelo con cemento normal al 4%												
ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN												
PENETRACIÓN		MUESTRA 1 (12 GOLPES)		MUESTRA 2 (26 GOLPES)		MUESTRA 3 (55 GOLPES)						
(MM)	(PULG)											
0.000	0.000	0.0		0.0		0.0						
0.640	0.025	35.7		35.7		52.8						
1.270	0.050	59.1		82.0		82.0						
1.910	0.075	77.8		104.7		95.6						
2.540	0.100	93.9		117.6		127.7						
3.810	0.150	121.0		160.0		160.0						
5.080	0.200	140.6		167.4		187.6						
6.350	0.250	155.0		209.8		209.9						
7.620	0.300	171.4		233.9		233.9						
10.160	0.400	202.2		269.8		269.9						
12.700	0.500	229.6		270.2		270.2						
ETAPA DE CORRECCIÓN DE LA PRESIÓN												
IDENTIFICACIÓN	Und	MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3						
PENETRACIÓN	pulg	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2					
PRESIÓN	lb/pul ²	93.90	140.56	117.56	167.45	127.71	187.61					
CBR		9.39	9.37	11.76	11.16	12.77	12.51					
CURVA DE PRESIÓN VS PENETRACIÓN												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
—◆— MUESTRA 1 - 12 GOLPES		0.0	35.7	59.1	77.8	93.9	121.0	140.6	155.0	171.4	202.2	229.6
—■— MUESTRA 2 - 26 GOLPES		0.0	35.7	82.0	104.7	117.6	160.0	167.4	209.8	233.9	269.8	270.2
—▲— MUESTRA 3 - 55 GOLPES		0.0	52.8	82.0	95.6	127.7	160.0	187.6	209.9	233.9	269.9	270.2
		PENETRACION (PULG)										



Tabla 170

Análisis de datos del ensayo, CBR, SP+4%CN- Parte III

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS - CBR						MTC E115 - ASTM D1557 - NTP 339.1410	
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".							
Tesisista 1 : Joselin Huarcaya Carrión Tesisista 2 : Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra : Chacapunco Provincia : Urubamba Región : Cusco				Fecha : : 23 de junio del 2023 N° de hoja : : 02 de 06 N° de muestra : : N°1, 2y3 Ensayo : Ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento normal					
Hoja de resultados - Ensayo CBR (California Bearing Ratio) del suelo con cemento normal al 4%									
IDENTIFICACIÓN	Und	MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3			
PENETRACIÓN	pulg	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2		
PRESIÓN	lb/pul ²	93.90	140.56	117.56	167.45	127.71	187.61		
CBR		9.39	9.37	11.76	11.16	12.77	12.51		
CBR (100% A 0.1" PENT.)		11.719							
CBR (95% A 0.1" PENT.)		11.167							
<p>CURVA CBR DE SUELO CEMENTO NORMAL AL 4%</p> <p>DENSIDAD</p> <p>CBR (A 0.1" DE PENETRACION)</p> <p>CBR A 95%=11.16 DMS A = 1.77 gr/cm3</p>									
<p>DEFORMACIÓN AL SUELO-CEMENTO NORMAL AL 4%</p> <p>DEFORMACIÓN (MM)</p> <p>TIEMPO (HORAS)</p> <p>12-G 26-G 55-G</p>									



Tabla 171

Análisis de datos del ensayo, CBR, SP+7%CN - Parte I

DESCRIPCIÓN		UND	MUESTRA 1			MUESTRA 2			MUESTRA 3		
Número de golpes		Und	12			26			55		
Diámetro del molde		cm	15.24			15.24			15.00		
Altura de molde		cm	17.77			17.77			17.50		
Altura de disco espaciador		cm	5.08			5.08			5.08		
Volumen de la muestra húmeda compactada		cm ³	2314.23			2316.46			2194.80		
Peso del molde más base		gr	8097.57			7912.43			6986.37		
Peso del molde + base + muestra húmeda		gr	11827.46			11972.46			11457.46		
Peso Muestra Húmeda		gr	3729.89			4060.03			4471.09		
Densidad Húmeda		cm ³	1.61			1.75			2.04		
Recipiente metálico			1	2	3	1	2	3	1	2	3
Peso de la muestra húmeda + tara		gr	33.23	39.33	34.93	41.95	42.77	34.44	32.38	40.74	35.85
Peso de la muestra seca + tara		gr	31.20	36.59	32.70	38.82	39.59	32.22	30.28	37.73	33.40
Peso del agua		gr	2.03	2.74	2.23	3.13	3.18	2.22	2.10	3.01	2.45
Peso de la tara		gr	15.89	15.53	15.81	15.71	16.04	15.71	15.80	15.73	15.81
Peso muestra seca		gr	15.31	21.06	16.89	23.11	23.55	16.51	14.48	22.00	17.59
Contenido de humedad		%	13.26	13.01	13.2	13.54	13.5	13.45	14.5	13.68	13.93
Contenido de humedad promedio		%	13.16			13.50			14.04		
Densidad Seca		gr/cm ³	1.42			1.54			1.79		
DATOS DE HINCHAMIENTO											
DESCRIPCIÓN		UND	MUESTRA 1			MUESTRA 2			MUESTRA 3		
Lectura original		mm	3.75			6.75			3.30		
Lectura después de 24 horas		mm	3.83			6.83			3.33		
Lectura después de 48 horas		mm	3.91			6.85			3.41		
Lectura después de 72 horas		mm	3.98			6.88			3.41		
Lectura después de 96 horas		mm	3.99			6.91			3.41		
Hinchamiento		mm	0.24			0.16			0.11		
Porcentaje de hinchamiento		%	0.19			0.13			0.09		



Tabla 172

Análisis de datos del ensayo, CBR, SP+7%CN - Parte II

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS - CBR				MTC E132 - ASTM D1883 □						
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".												
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapunco Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 23 de junio del 2023 N° de hoja: 03 de 06 N° de muestra: N°1, 2y3 Ensayo: Ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento normal										
Hoja de resultados - Ensayo CBR (California Bearing Ratio) del suelo con cemento normal al 7%												
ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN												
PENETRACIÓN		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3								
(MM)	(PULG)	(12 GOLPES)	(26 GOLPES)	(55 GOLPES)								
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00								
0.640	0.025	18.78	63.14	23.73								
1.270	0.050	79.45	165.15	160.65								
1.910	0.075	153.35	304.82	479.79								
2.540	0.100	207.67	410.47	795.14								
3.810	0.150	330.98	629.94	1257.63								
5.080	0.200	340.43	645.65	1327.43								
6.350	0.250	433.04	742.63	1431.61								
7.620	0.300	474.56	792.53	1484.40								
10.160	0.400	556.44	877.97	1587.53								
12.700	0.500	609.59	942.55	1745.62								
ETAPA DE CORRECCIÓN DE LA PRESIÓN												
IDENTIFICACIÓN	Und	MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3						
PENETRACIÓN	pulg	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2					
PRESIÓN	lb/pulg ²	207.67	340.43	410.47	645.65	795.14	1327.43					
CBR		20.77	22.70	41.05	43.04	79.51	88.50					
CURVA DE PRESIÓN VS PENETRACIÓN												
		0.00	18.78	79.45	153.35	207.67	330.98	340.43	433.04	474.56	556.44	609.59
		0.00	63.14	165.15	304.82	410.47	629.94	645.65	742.63	792.53	877.97	942.55
		0.00	23.73	160.65	479.79	795.14	1257.63	1327.43	1431.61	1484.40	1587.53	1745.62



Tabla 173

Análisis de datos del ensayo, CBR, SP+7%CN - Parte III

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS - CBR						MTC E115 - ASTM D1557 - NTP 339.1410	
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".							
Tesisista 1: Joselín Huarcaya Carrión				Fecha : : 23 de junio del 2023					
Tesisista 2: Edisson Huaman Quispe				N° de hoja : : 04 de 06					
Ubicación de la muestra: Chacapunco				N° de muestra : : N1, 2y3					
Provincia: Urubamba				Ensayo : Ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento normal					
Región: Cusco									
Hoja de resultados - Ensayo CBR (California Bearing Ratio) del suelo con cemento normal al 7%									
IDENTIFICACIÓN	Und	MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3			
PENETRACIÓN	pulg	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2		
PRESIÓN	lb/pulg ²	207.67	340.43	410.47	645.65	795.14	1327.43		
CBR		20.77	22.70	41.05	43.04	79.51	88.50		
CBR (100% A 0.1" PENT.)		86.423							
CBR (95% A 0.1" PENT.)		71.637							
CURVA CBR DE SUELO CEMENTO NORMAL A 7%									
<p>CBR A 95%=7.63 DMS = 1.73 gr/cm³</p>									
DEFORMACIÓN AL SUELO-CEMENTO NORMAL AL 7%									



Tabla 174

Análisis de datos del ensayo, CBR, SP+10%CN - Parte I

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS - CBR										MTC E132 - ASTM D1883 □
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".										
Tesisista 1: Joselin Huarcaya Carrión		Fecha		23 de junio del 2023								
Tesisista 2: Edisson Huaman Quispe		N° de hoja		03 de 03								
Ubicación de la muestra: Chacapunco		N° de muestra		Nº, 2y3								
Provincia: Urubamba		Ensayo		Ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento normal								
Región: Cusco												
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo CBR (California Bearing Ratio) del suelo con cemento normal al 10%												
DESCRIPCIÓN		UND	MUESTRA 1			MUESTRA 2			MUESTRA 3			
Número de golpes		Und	12			26			55			
Diámetro del molde		cm	15.24			15.24			15.24			
Altura de molde		cm	17.78			17.77			17.78			
Altura de disco espaciador		cm	5.08			5.08			5.08			
Volumen de la muestra húmeda compactada		cm ³	2316.65			2316.46			2316.06			
Peso del molde más base		gr	6968.83			7485.90			7934.00			
Peso del molde + base + muestra húmeda		gr	10707.46			11517.46			12317.46			
Peso Muestra Húmeda		gr	3738.63			4031.56			4383.46			
Densidad Húmeda		cm ³	1.61			1.80			2.23			
Recipiente metálico			1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Peso de la muestra húmeda + tara		gr	62.64	92.21	56.51	34.63	69.39	64.78	37.34	32.04	33.77	
Peso de la muestra seca + tara		gr	58.95	84.94	53.44	32.41	65.03	60.81	34.74	30.10	30.81	
Peso del agua		gr	3.69	7.27	3.07	2.22	4.36	3.97	2.60	1.94	2.96	
Peso de la tara		gr	31.37	30.48	30.86	15.83	31.40	30.22	15.74	15.81	15.75	
Peso muestra seca		gr	27.58	54.46	22.58	16.58	33.63	30.59	19.00	14.29	15.06	
Contenido de humedad		%	13.38	13.35	13.6	13.39	12.96	12.98	13.68	13.58	19.65	
Contenido de humedad promedio		%	13.44			13.11			15.64			
Densidad Seca		gr/cm ³	1.42			1.59			1.93			
DATOS DE HINCHAMIENTO												
DESCRIPCIÓN		UND	MUESTRA 1			MUESTRA 2			MUESTRA 3			
Lectura original		mm	2.78			6.75			8.28			
Lectura después de 24 horas		mm	2.83			6.83			8.33			
Lectura después de 48 horas		mm	2.91			6.85			8.38			
Lectura después de 72 horas		mm	2.96			6.88			8.40			
Lectura después de 96 horas		mm	2.98			6.90			8.41			
Hinchamiento		mm	0.20			0.15			0.13			
Porcentaje de hinchamiento		%	0.16%			0.12%			0.10%			



Tabla 175

Análisis de datos del ensayo, CBR, SP+10%CN - Parte II



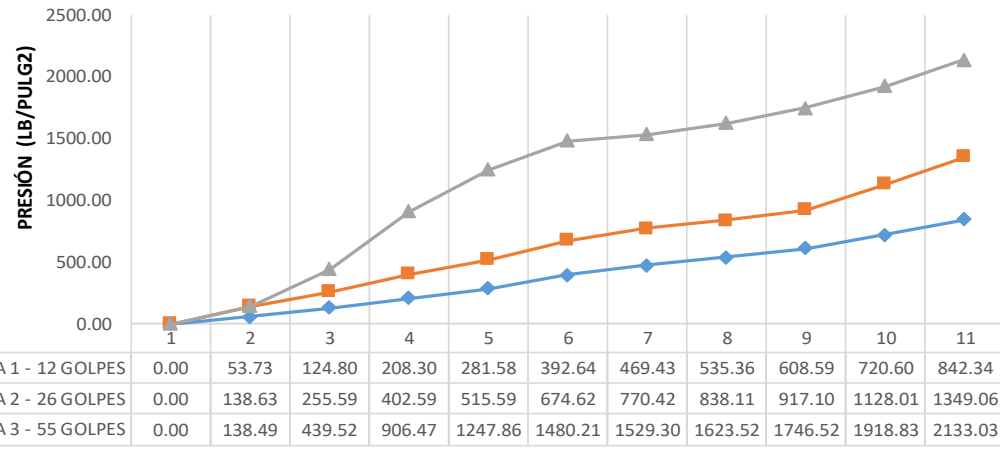
 Universidad Andina del Cusco		CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS - CBR MTC E132 - ASTM D1883 □											
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".											
Tesista 1 : Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2 : Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra : Chacapunco Provincia : Urubamba Región : Cusco		Fecha : 23 de junio del 2023 N° de hoja : 05 de 06 N° de muestra : N1, 2y3 Ensayo : Ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento normal											
Hoja de resultados - Ensayo CBR (California Bearing Ratio) del suelo con cemento normal al 10%													
ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN													
PENETRACIÓN		MUESTRA 1 (12 GOLPES)	MUESTRA 2 (26 GOLPES)	MUESTRA 3 (55 GOLPES)									
(MM)	(PULG)												
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00									
0.640	0.025	53.73	138.63	138.49									
1.270	0.050	124.80	255.59	439.52									
1.910	0.075	208.30	402.59	906.47									
2.540	0.100	281.58	515.59	1247.86									
3.810	0.150	392.64	674.62	1480.21									
5.080	0.200	469.43	770.42	1529.30									
6.350	0.250	535.36	838.11	1623.52									
7.620	0.300	608.59	917.10	1746.52									
10.160	0.400	720.60	1128.01	1918.83									
12.700	0.500	842.34	1349.06	2133.03									
ETAPA DE CORRECCIÓN DE LA PRESIÓN													
IDENTIFICACIÓN	Und	MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3							
PENETRACIÓN	pulg	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2						
PRESIÓN	lb/pulg ²	281.58	469.43	515.59	770.42	1247.86	1529.30						
CBR		28.16	31.30	51.56	51.36	124.79	101.95						
CURVA DE PRESIÓN VS PENETRACIÓN													
													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
—◆— MUESTRA 1 - 12 GOLPES		0.00	53.73	124.80	208.30	281.58	392.64	469.43	535.36	608.59	720.60	842.34	
—■— MUESTRA 2 - 26 GOLPES		0.00	138.63	255.59	402.59	515.59	674.62	770.42	838.11	917.10	1128.01	1349.06	
—▲— MUESTRA 3 - 55 GOLPES		0.00	138.49	439.52	906.47	1247.86	1480.21	1529.30	1623.52	1746.52	1918.83	2133.03	
		PENETRACION (PULG)											
		◆	■	▲									



Tabla 176

Análisis de datos del ensayo, CBR, SP+10%CN - Parte III

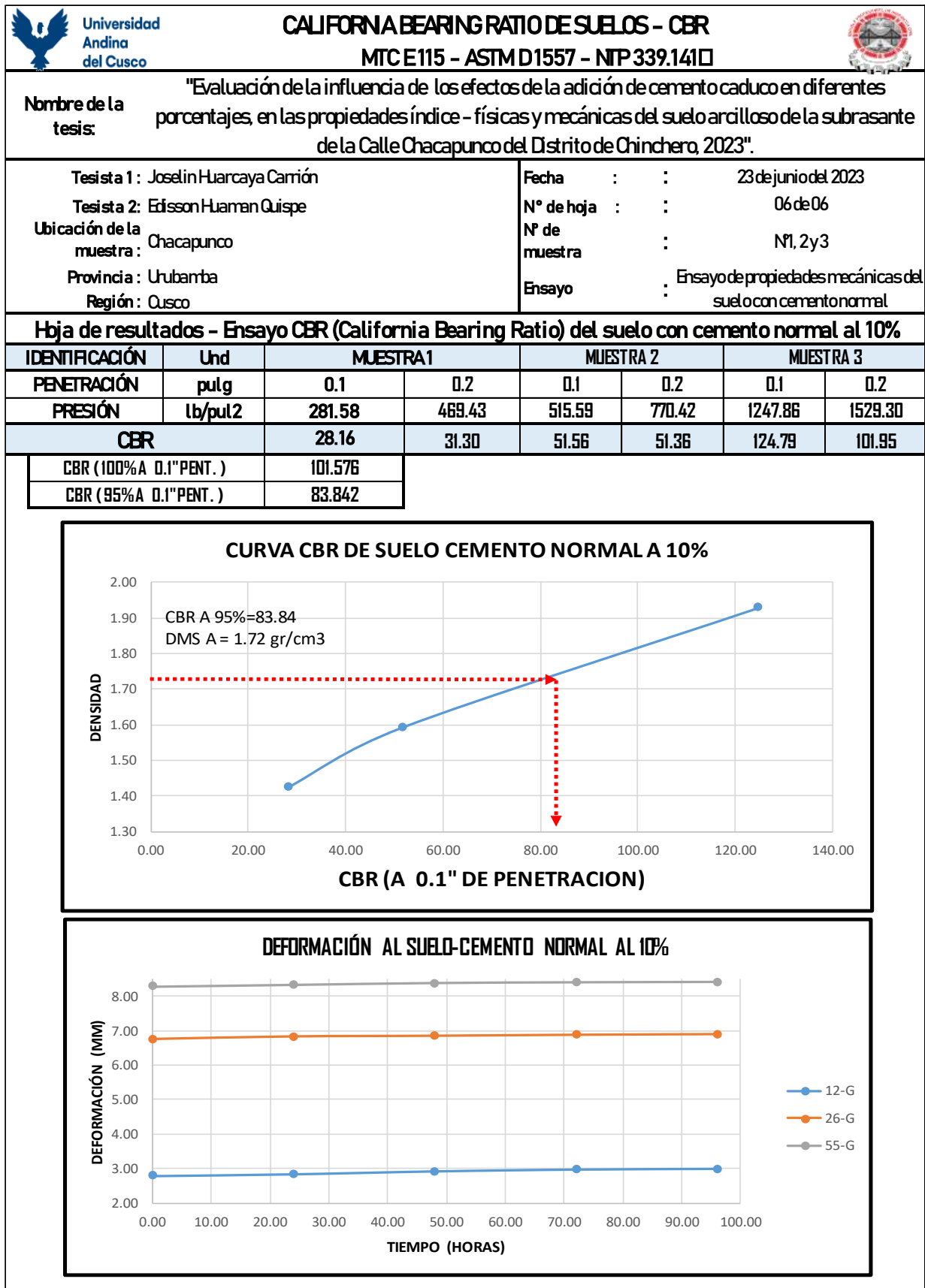




Tabla 177

Análisis de datos del ensayo, CBR, SP+4%CC - Parte I

DESCRIPCIÓN		UND	MUESTRA 1			MUESTRA 2			MUESTRA 3		
Número de golpes		Und	12			26			55		
Diámetro del molde		cm	15.21			15.24			15.23		
Altura de molde		cm	17.77			17.77			17.77		
Altura de disco espaciador		cm	5.08			5.08			5.08		
Volumen de la muestra húmeda compactada		cm ³	2305.13			2316.46			2312.21		
Peso del molde más base		gr	8527.57			8953.80			8072.57		
Peso del molde + base + muestra húmeda		gr	12667.46			1162.46			12612.46		
Peso Muestra Húmeda		gr	4139.89			4208.66			4539.89		
Densidad Húmeda		cm ³	1.80			1.82			2.10		
Recipiente metálico			1	2	3	1	2	3	1	2	3
Peso de la muestra húmeda + tara		gr	37.83	31.82	38.87	35.55	37.54	43.66	36.03	37.87	36.43
Peso de la muestra seca + tara		gr	35.18	29.95	36.16	33.16	35.03	40.35	33.76	35.34	34.05
Peso del agua		gr	2.65	1.87	2.71	2.39	2.51	3.31	2.27	2.53	2.38
Peso de la tara		gr	15.83	15.91	15.91	15.86	15.87	15.77	16.01	15.78	15.87
Peso muestra seca		gr	19.35	14.04	20.25	17.30	19.16	24.58	17.75	19.57	18.18
Contenido de humedad		%	13.7	13.32	13.38	13.82	13.1	13.47	12.79	12.93	13.09
Contenido de humedad promedio		%	13.47			13.46			12.94		
Densidad Seca		gr/cm ³	1.58			1.60			1.86		
DATOS DE HINCHAMIENTO											
DESCRIPCIÓN		UND	MUESTRA 1			MUESTRA 2			MUESTRA 3		
Lectura original		mm	4.48			6.65			8.21		
Lectura después de 24 horas		mm	4.58			6.76			8.33		
Lectura después de 48 horas		mm	4.78			6.88			8.38		
Lectura después de 72 horas		mm	4.85			6.98			8.40		
Lectura después de 96 horas		mm	5.10			7.20			8.48		
Hinchamiento		mm	0.62			0.55			0.27		
Porcentaje de hinchamiento		%	0.49			0.43			0.21		



Tabla 178

Análisis de datos del ensayo, CBR, SP+4%CC- Parte II

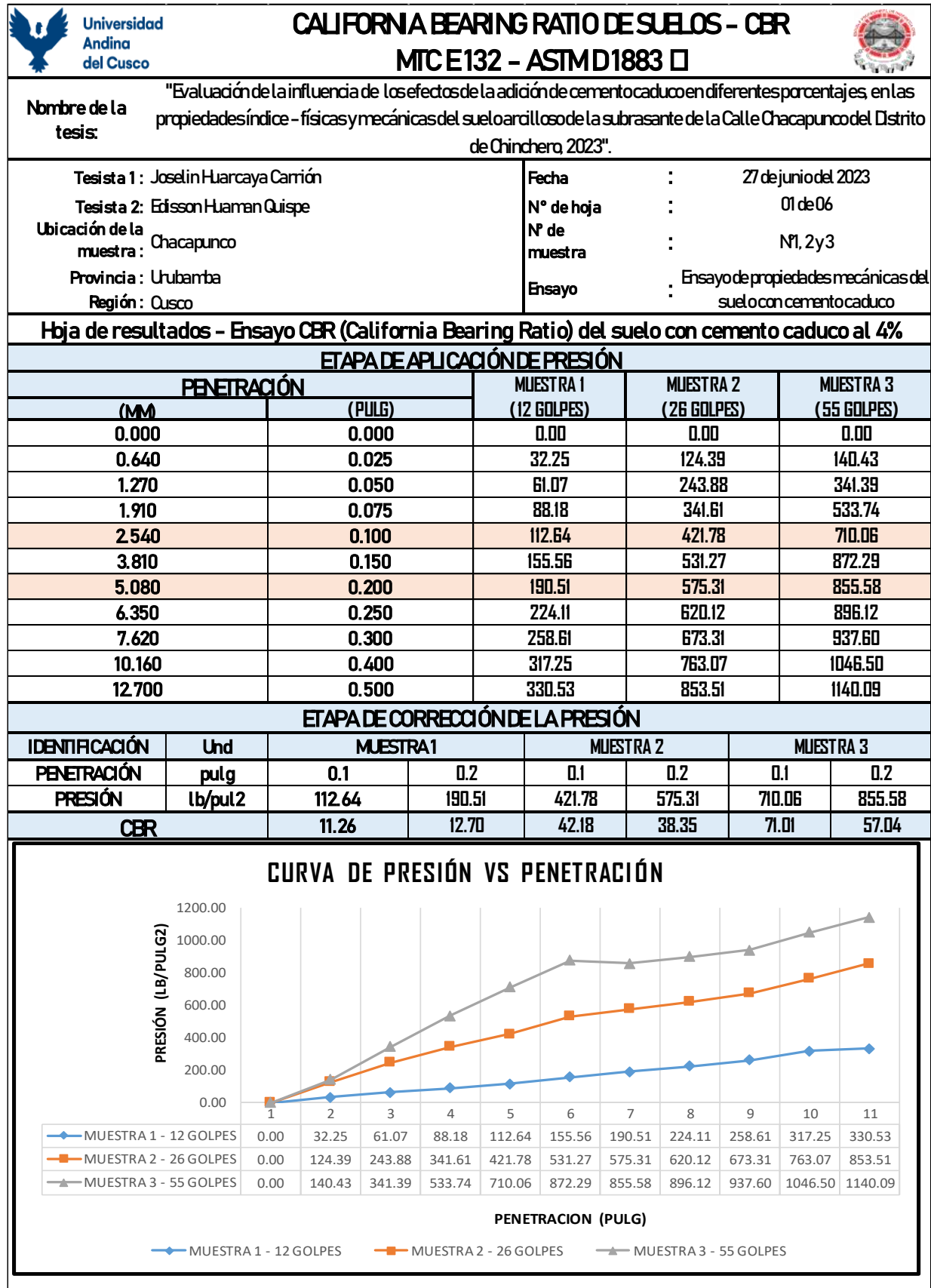


Tabla 179

Análisis de datos del ensayo, CBR, SP+4%CC- Parte III

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS - CBR						MTC E115 - ASTM D1557 - NTP 339.1410	
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".		Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapunco Provincia: Uhubamba Región: Cusco		Fecha: 27 de junio del 2023 N° de hoja: 02 de 06 N° de muestra: N1, 2y3 Ensayo: Ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento caduco					
Hoja de resultados - Ensayo CBR (California Bearing Ratio) del suelo con cemento caduco al 4%									
IDENTIFICACIÓN	Und	MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3			
PENETRACIÓN	pulg	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2		
PRESIÓN	lb/pul2	112.64	190.51	421.78	575.31	710.06	855.58		
CBR		11.26	12.70	42.18	38.35	71.01	57.04		
CBR (100%A 0.1" PENT.)		76.166							
CBR (95%A 0.1" PENT.)		60.057							
<div style="text-align: center;"> CURVA CBR DE SUELO CEMENTO CADUCO A 4% </div> <p> CBR A 95%=60.05 DMS A = 1.76 gr/cm3 </p>									



Tabla 180

Análisis de datos del ensayo, CBR, SP+7%CC - Parte I

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS - CBR										MTC E132 - ASTM D1883 □		
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".												
Tesisista 1: Joselin Huarcaya Carrión					Fecha					: 27 de junio del 2023				
Tesisista 2: Edisson Huaman Quispe					N° de hoja					: 02 de 03				
Ubicación de la muestra: Chacapunco					N° de muestra					: N°1, 2y3				
Provincia: Urubamba					Ensayo					: Ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento caduco				
Región: Cusco														
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo CBR (California Bearing Ratio) del suelo con cemento caduco al 7%														
DESCRIPCIÓN		UND	MUESTRA 1			MUESTRA 2			MUESTRA 3					
Número de golpes		Und	12			26			55					
Diámetro del molde		cm	15.23			15.24			15.24					
Altura de molde		cm	17.78			17.78			17.77					
Altura de disco espaciador		cm	5.08			5.08			5.08					
Volumen de la muestra húmeda compactada		cm ³	2312.61			2317.07			2313.83					
Peso del molde más base		gr	8072.57			7523.43			7959.50					
Peso del molde + base + muestra húmeda		gr	11672.46			11747.46			12362.46					
Peso Muestra Húmeda		gr	3599.89			4224.03			4402.96					
Densidad Húmeda		cm ³	1.56			1.82			2.00					
Recipiente metálico			1	2	3	1	2	3	1	2	3			
Peso de la muestra húmeda + tara		gr	56.54	37.27	44.59	37.15	42.88	35.66	38.55	36.68	38.37			
Peso de la muestra seca + tara		gr	51.45	34.59	40.95	34.61	39.63	33.21	35.85	34.30	35.71			
Peso del agua		gr	5.09	2.68	3.64	2.54	3.25	2.45	2.70	2.38	2.66			
Peso de la tara		gr	15.89	15.53	15.81	15.71	16.04	15.71	15.80	15.73	15.81			
Peso muestra seca		gr	35.56	19.06	25.14	18.90	23.59	17.50	20.05	18.57	19.90			
Contenido de humedad		%	14.31	14.06	14.48	13.44	13.78	14	13.47	12.82	13.37			
Contenido de humedad promedio		%	14.28			13.74			13.22					
Densidad Seca		gr/cm ³	1.36			1.60			1.77					
DATOS DE HINCHAMIENTO														
DESCRIPCIÓN		UND	MUESTRA 1			MUESTRA 2			MUESTRA 3					
Lectura original		mm	3.65			5.78			4.32					
Lectura después de 24 horas		mm	3.72			5.83			4.35					
Lectura después de 48 horas		mm	3.79			5.85			4.41					
Lectura después de 72 horas		mm	3.82			5.88			4.42					
Lectura después de 96 horas		mm	3.85			5.94			4.45					
Hinchamiento		mm	0.20			0.16			0.13					
Porcentaje de hinchamiento		%	0.16			0.13			0.10					



Tabla 181

Análisis de datos del ensayo, CBR, SP+7%CC - Parte II

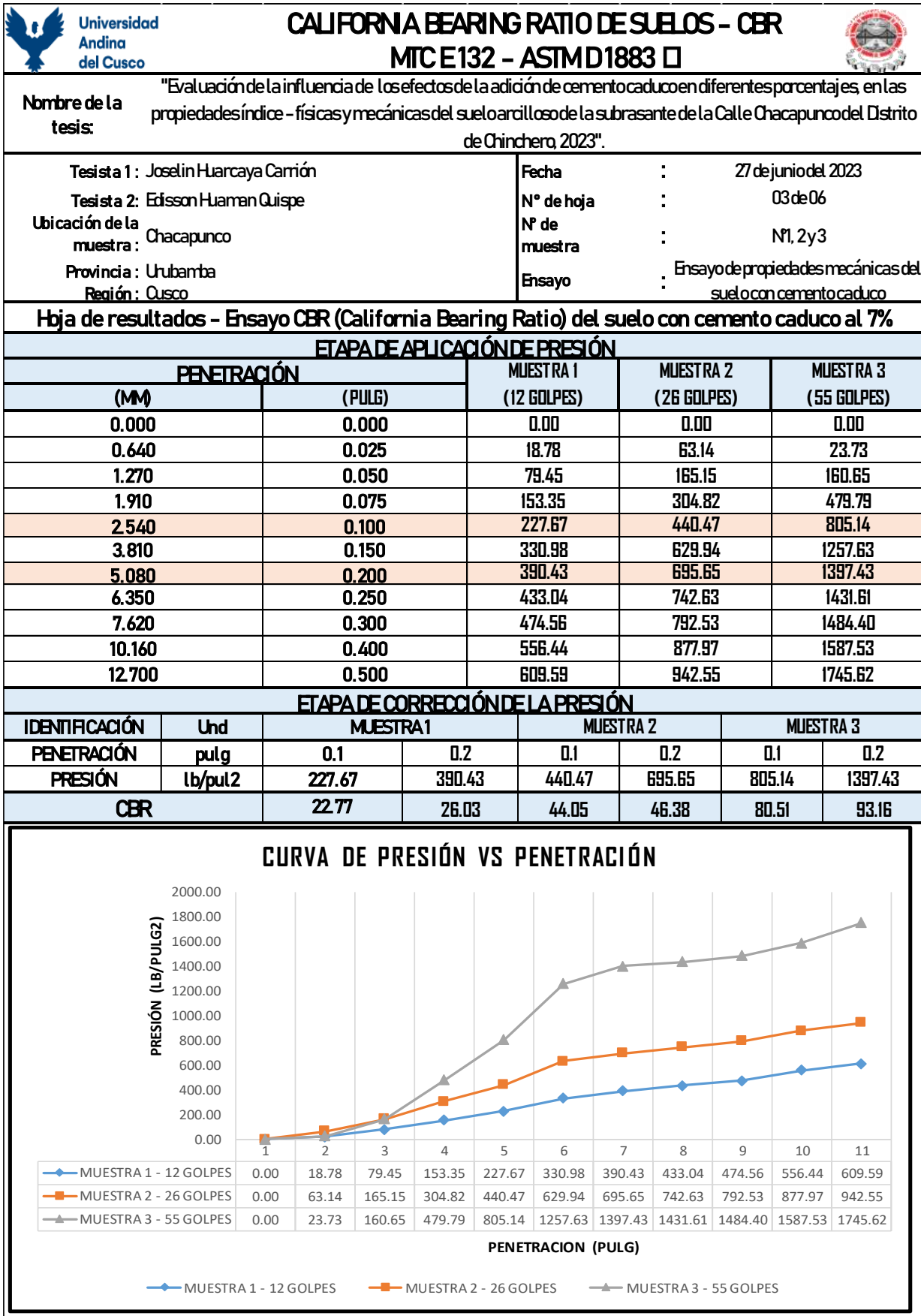




Tabla 182

Análisis de datos del ensayo, CBR, SP+7%CC - Parte III

IDENTIFICACIÓN		MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3	
PENETRACIÓN	Und pulg	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2
PRESIÓN	lb/pulg ²	227.67	390.43	440.47	695.65	805.14	1397.43
CBR		22.77	26.03	44.05	46.38	80.51	93.16
CBR (100%A 0.1" PENT.)		85.574					
CBR (95%A 0.1" PENT.)		72.812					

CURVA CBR DE SUELO CEMENTO CADUCO A 7%

DENSIDAD SECA (GR/CM3)

DMS A = 1.73 gr/cm³

CBR (A 0.1" DE PENETRACION)

DEFORMACIÓN AL SUELO-CEMENTO CADUCO AL 7%

DEFORMACIÓN (MM)

TIEMPO (HORAS)

- 12-G
- 26-G
- 55-G



Tabla 183

Análisis de datos del ensayo, CBR, SP+10%CC- Parte I

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS - CBR										MTC E132 - ASTM D1883 □		
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".												
Tesisista 1: Joselin Huarcaya Carrión					Fecha					: 27 de junio del 2023				
Tesisista 2: Edisson Huarran Quispe					N° de hoja					: 03 de 03				
Ubicación de la muestra: Chacapunco					N° de muestra					: N1, 2y3				
Provincia: Urubamba					Ensayo					: Ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento caduco				
Región: Cusco														
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo CBR (California Bearing Ratio) del suelo con cemento caduco al 10%														
DESCRIPCIÓN		UND	MUESTRA 1			MUESTRA 2			MUESTRA 3					
Número de golpes		Und	12			26			55					
Diámetro del molde		cm	15.23			15.24			15.24					
Altura de molde		cm	17.78			17.78			17.78					
Altura de disco espaciador		cm	5.08			5.08			5.08					
Volumen de la muestra húmeda compactada		cm ³	2313.22			2317.07			2314.80					
Peso del molde más base		gr	8517.57			7992.50			6929.07					
Peso del molde + base + muestra húmeda		gr	12517.46			12007.46			11202.46					
Peso Muestra Húmeda		gr	3999.89			4014.96			4273.39					
Densidad Húmeda		cm ³	1.73			1.73			1.98					
Recipiente metálico			1	2	3	1	2	3	1	2	3			
Peso de la muestra húmeda + tara		gr	67.51	63.38	63.32	37.65	80.66	63.03	43.09	43.57	43.37			
Peso de la muestra seca + tara		gr	63.31	59.53	59.53	35.19	75.19	59.45	40.04	40.47	40.28			
Peso del agua		gr	4.20	3.85	3.79	2.46	5.47	3.58	3.05	3.10	3.09			
Peso de la tara		gr	31.37	30.48	30.86	15.83	31.40	30.22	15.74	15.81	15.75			
Peso muestra seca		gr	31.94	29.05	28.67	19.36	43.79	29.23	24.30	24.66	24.53			
Contenido de humedad		%	13.15	13.25	13.22	12.71	12.49	12.25	12.55	12.57	12.6			
Contenido de humedad promedio		%	13.21			12.48			12.57					
Densidad Seca		gr/cm ³	1.53			1.54			1.76					
DATOS DE HINCHAMIENTO														
DESCRIPCIÓN		UND	MUESTRA 1			MUESTRA 2			MUESTRA 3					
Lectura original		mm	2.77			6.65			4.29					
Lectura después de 24 horas		mm	2.83			6.73			4.33					
Lectura después de 48 horas		mm	2.91			6.75			4.35					
Lectura después de 72 horas		mm	2.98			6.78			4.39					
Lectura después de 96 horas		mm	2.95			6.78			4.39					
Hinchamiento		mm	0.18			0.13			0.10					
Porcentaje de hinchamiento		%	0.14			0.10			0.08					



Tabla 184

Análisis de datos del ensayo, CBR, SP+10%CC - Parte II

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		CALIFORNIA BEARING RATIO DE SUELOS - CBR				MTC E132 - ASTM D1883 □	
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncodel Distrito de Chinchero, 2023".					
Tesisista 1 : Joselin Huarcaya Carrión		Fecha :		27 de junio del 2023			
Tesisista 2 : Edisson Huarran Quispe		N° de hoja :		05 de 06			
Ubicación de la muestra : Chacapunco		N° de muestra :		Nº, 2y3			
Provincia : Urubamba		Ensayo :		Ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento caduco			
Región : Cusco							
Hoja de resultados - Ensayo CBR (California Bearing Ratio) del suelo con cemento caduco al 10%							
ETAPA DE APLICACIÓN DE PRESIÓN							
PENETRACIÓN		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3			
(MM)	(PULG)	(12 GOLPES)	(26 GOLPES)	(55 GOLPES)			
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00			
0.640	0.025	53.73	138.63	138.49			
1.270	0.050	124.80	255.59	439.52			
1.910	0.075	208.30	402.59	906.47			
2.540	0.100	281.58	515.59	1247.86			
3.810	0.150	392.64	674.62	1480.21			
5.080	0.200	469.43	770.42	1529.30			
6.350	0.250	535.36	838.11	1623.52			
7.620	0.300	608.59	917.10	1746.52			
10.160	0.400	720.60	1128.01	1918.83			
12.700	0.500	842.34	1349.06	2133.03			
ETAPA DE CORRECCIÓN DE LA PRESIÓN							
IDENTIFICACIÓN	Und	MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3	
PENETRACIÓN	pulg	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2
PRESIÓN	lb/pul2	281.58	469.43	515.59	770.42	1247.86	1529.30
CBR		28.16	31.30	51.56	51.36	124.79	101.95

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
MUESTRA 1 - 12 GOLPES	0.00	53.73	124.80	208.30	281.58	392.64	469.43	535.36	608.59	720.60	842.34
MUESTRA 2 - 26 GOLPES	0.00	138.63	255.59	402.59	515.59	674.62	770.42	838.11	917.10	1128.01	1349.06
MUESTRA 3 - 55 GOLPES	0.00	138.49	439.52	906.47	1247.86	1480.21	1529.30	1623.52	1746.52	1918.83	2133.03



Tabla 185

Análisis de datos del ensayo, CBR, SP+10%CC - Parte III

IDENTIFICACIÓN		Und	MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3	
PENETRACIÓN		pulg	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2
PRESIÓN		lb/pul2	281.58	469.43	515.59	770.42	1247.86	1529.30
CBR			28.16	31.30	51.56	51.36	124.79	101.95
CBR (100%A 0.1" PENT.)			162.732					
CBR (95%A 0.1" PENT.)			127.339					

CURVA CBR DE SUELO CEMENTO CADUCO A 10%

DENSIDAD SECA (GR/CM3)

CBR (A 0.1" DE PENETRACION)

CBR A 95%=127.33
DMS A = 1.75gr/cm3

DEFORMACIÓN AL SUELO-CEMENTO CADUCO AL 10%

DEFORMACIÓN (MM)

TIEMPO (HORAS)

● 12-G
● 26-G
● 55-G



3.6.14 Ensayo de compresión inconfiada

a) Procesamiento o cálculo de la prueba

- La resistencia a la compresión no confinada se toma como la máxima carga por unidad de área que puede resistir la muestra o la carga por unidad de área para un 15%, axial, según lo que ocurra primero durante la ejecución del ensayo.
- Para especímenes de ensayo en compresión no confinada, la Resistencia al corte (su) se calcula como la mitad del esfuerzo de compresión en la falla, definido durante el fallo, se calcula que la resistencia al corte es la $\frac{1}{2}$ del esfuerzo compresivo.
- Para el cálculo de la carga muestra se hará uso de la siguiente ecuación:

$$P = ((0.899247285 * X) + 3.78794441) * 0.496$$

- Para el cálculo de la deformación de la muestra se hará uso de la siguiente ecuación:

$$\Delta L = Y * \text{Lectura de la deformación}$$

- Para el cálculo de la deformación unitaria se hará uso de la siguiente ecuación:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

- Para el cálculo del área corregida se hará uso de la siguiente ecuación:

$$A' = \frac{\text{área de la muestra}}{(1 - \varepsilon)}$$

- Para el cálculo del esfuerzo se hará uso de la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{P}{A'}$$

Donde:

- P : Carga de la muestra (Kg).
- X : Divisiones del día de carga.
- ΔL : Deformación de la muestra (mm).
- L : Deformación de la muestra (mm).
- ε : Deformación unitaria.
- A' : Área corregida (cm²).
- σ : Esfuerzo (kg/cm²)



b) Diagramas y tablas de la prueba

Tabla 186

Análisis de datos del ensayo, compresión inconfiada, SP- P1 - Parte I




 Universidad Andina del Cusco		MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA MTC E 121 – ASTM D 2166 – AASHTO T 2080						
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".								
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 28 de junio del 2023 N° de hoja: 01 de 03 Número de muestra: N° 1 Ensayo: Ensayo de propiedades mecánicas del suelo		Número de prueba: N° 1 de N° 3 Código: CNC-SP-P1 Descripción: Arcilla-limoso				
Descripción del suelo: ARCILLA LIMOSO								
Límite líquido: 30.76		Límite plástico: 15.69		Índice plástico: 15.07				
Datos de la muestra: 1-1SP								
Diámetro: 33mm		Área A₀: 8.55 cm ²		Altura, L₀: 72mm				
Volumen: 61.58 cm ³		Peso: 114.39g						
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo resistencia a la compresión no confinada								
Lectura del Deformímetro (Axial) Div = 0.001 pulg	Lectura del Deformímetro (Carga) Div = 0.001 pulg (lbs/pulg)	Deformación de la muestra ΔL (mm)	Deformación unitaria ε = ΔL/L ₀	Deformación unitaria ε x 10 ³ (3)	Área CF I - ε	Área Corregida A' (cm ²)	Carga Total sobre la muestra P' (kg)	Esfuerzo sobre la muestra σ = P'/A' (kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	7.75	0.25	0	3.5	0.9965	8.58	4.88 0	0.57
20	12.25	0.51	0.01	7.1	0.9929	8.61	6.71	0.78
30	16.75	0.76	0.01	10.6	0.9894	8.64	8.55	0.99
40	22	1.02	0.01	14.1	0.9859	8.68	10.69	1.23
50	28.5	1.27	0.02	17.7	0.9823	8.71	13.34	1.53
60	34.35	1.53	0.02	21.2	0.9788	8.74	15.73	1.8
70	41.55	1.78	0.02	24.7	0.9753	8.77	18.67	2.13
80	48.25	2.04	0.03	28.3	0.9717	8.8	21.4	2.43
90	55.25	2.29	0.03	31.8	0.9682	8.83	24.25	2.75
100	62.5	2.55	0.04	35.4	0.9646	8.87	27.21	3.07
110	66.75	2.8	0.04	38.9	0.9611	8.9	28.94	3.25
120	70.35	3.05	0.04	42.4	0.9576	8.93	30.41	3.41
130	72.75	3.31	0.05	46	0.954	8.97	31.39	3.5
140	74.25	3.56	0.05	49.5	0.9505	9	32	3.56
150	76.5	3.82	0.05	53	0.947	9.03	32.92	3.65
160	78	4.07	0.06	56.6	0.9434	9.07	33.53	3.7
170	79.25	4.33	0.06	60.1	0.9399	9.1	34.04	3.74
180	78.25	4.58	0.06	63.6	0.9364	9.13	33.64	3.68
190	75.5	4.84	0.07	67.2	0.9328	9.17	32.51	3.55
200	70.75	5.09	0.07	70.7	0.9293	9.2	30.58	3.32
210	68.25	5.35	0.07	74.2	0.9258	9.24	29.56	3.2
220	65.25	5.6	0.08	77.8	0.9222	9.27	28.33	3.05
* Resistencia a la compresión no confinada :				$q_u = 3.74 \text{ kg/cm}^2$				
* Cohesión:				$c_u/2 = 1.87 \text{ kg/cm}^2$				



Tabla 187

Análisis de datos del ensayo, compresión inconfiada, SP- P1 - Parte II




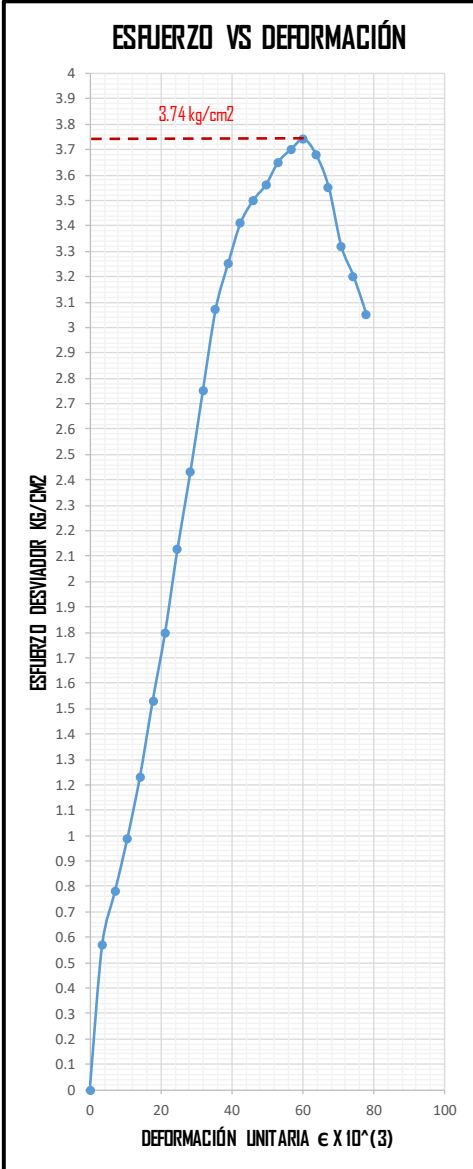
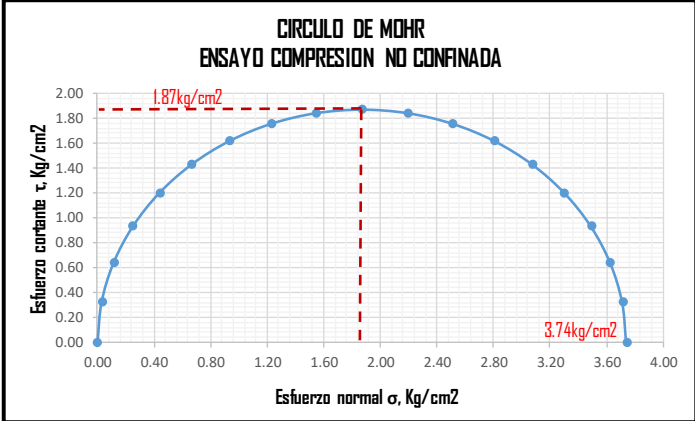
 Universidad Andina del Cusco		MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA																					
		MTC E121 - ASTM D2166 - AASHTO T 208																					
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero 2023".																					
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edison Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco	Fecha : 28 de junio del 2023 N° de hoja : 01 de 03 Número de muestra : N° 1 Ensayo : Ensayo de propiedades mecánicas del suelo	Número de pruebas: N° 1 de N° 3 Código : CNC-SP-P1 Descripción : Arcilla-limosa																					
Descripción del suelo : ARCILLA LIMOSO																							
Límite líquido :	30.76	Límite plástico :	15.69	Índice plástico :	15.07																		
Datos de la muestra : 1-1SP																							
Diámetro :	33mm	Área Ao :	8.55 cm ²	Altura, Lo :	72 mm																		
Volumen :	61.58 cm ³	Peso :	114.39 g																				
Hoja de resultados- Ensayo resistencia a la compresión no confinada del suelo patron																							
																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Ensayo resistencia a la compresión no confinada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Descripción del</td> <td colspan="2">ARCILLA LIMOSA</td> </tr> <tr> <td>Límite líquido</td> <td>30.76</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico</td> <td>15.69</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Resistencia a la compresión no confinada</td> <td>3.74</td> <td>Kg/cm²</td> </tr> <tr> <td>Cohesión</td> <td>1.87</td> <td>Kg/cm²</td> </tr> </tbody> </table>						Ensayo resistencia a la compresión no confinada			Descripción del	ARCILLA LIMOSA		Límite líquido	30.76	%	Límite plástico	15.69	%	Resistencia a la compresión no confinada	3.74	Kg/cm ²	Cohesión	1.87	Kg/cm ²
Ensayo resistencia a la compresión no confinada																							
Descripción del	ARCILLA LIMOSA																						
Límite líquido	30.76	%																					
Límite plástico	15.69	%																					
Resistencia a la compresión no confinada	3.74	Kg/cm ²																					
Cohesión	1.87	Kg/cm ²																					



Tabla 188

Análisis de datos del ensayo, compresión confinada, SP- P2 - Parte I




 Universidad Andina del Cusco		MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA I MTC E121 - ASTM D 2166 - AASHTO T 2080							
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".									
Tesista 1 : Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2 : Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra : Chacapunco Provincia : Urubamba Región : Cusco			Fecha : 28 de junio del 2023 N° de hoja : 02 de 03 Número de muestra : N° 2 Ensayo : Ensayo de propiedades mecánicas del suelo		Número de prueba : N° 2 de N° 3 Código : CNC-SP-P2 Descripción : Arcilla-limoso				
Descripción del suelo : ARCILLA LIMOSO									
Límite líquido :		30.76		Límite plástico :		15.69		Índice plástico : 15.07	
Datos de la muestra : 1-2SP									
Diámetro :		33mm		Área A₀ :		8.55 cm ²		Altura, L₀ : 72mm	
Volumen :		61.58 cm ³		Peso :		114.39g			
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo resistencia a la compresión no confinada									
Lectura del Deformímetro (Axial) Div = 0.001 pulg = 0.001 pulg	Lectura del Deformímetro (Carga) Div = 0.001 pulg (lbs/pulg)	Deformación de la muestra ΔL (mm)	Deformación unitaria ε = ΔL/L ₀	Deformación unitaria ε x 10 ³	Área CF I - ε	Área Corregida A' (cm ²)	Carga Total sobre la muestra P' (kg)	Esfuerzo sobre la muestra σ = P' / A' (kg/cm ²)	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	11.25	0.25	0	3.5	0.9965	8.58	6.31	0.73	
20	17.75	0.51	0.01	7.1	0.9929	8.61	8.961	1.04	
30	22.5	0.76	0.01	10.6	0.9894	8.64	10.9	1.26	
40	30	1.02	0.01	14.1	0.9859	8.68	13.95	1.61	
50	39.5	1.27	0.02	17.7	0.9823	8.71	17.83	2.05	
60	46.1	1.53	0.02	21.2	0.9788	8.74	20.52	2.35	
70	53.25	1.78	0.02	24.7	0.9753	8.77	23.44	2.67	
80	60	2.04	0.03	28.3	0.9717	8.8	26.19	2.98	
90	67	2.29	0.03	31.8	0.9682	8.83	29.05	3.29	
100	72.25	2.55	0.04	35.4	0.9646	8.87	31.19	3.52	
110	75.75	2.8	0.04	38.9	0.9611	8.9	32.62	3.67	
120	79	3.05	0.04	42.4	0.9576	8.93	33.94	3.8	
130	82	3.31	0.05	46	0.954	8.97	35.17	3.92	
140	84.5	3.56	0.05	49.5	0.9505	9	36.19	4.02	
150	86.1	3.82	0.05	53	0.947	9.03	36.84	4.08	
160	85.25	4.07	0.06	56.6	0.9434	9.07	36.49	4.03	
170	83.25	4.33	0.06	60.1	0.9399	9.1	35.68	3.92	
180	80.75	4.58	0.06	63.6	0.9364	9.13	34.66	3.79	
190	74.5	4.84	0.07	67.2	0.9328	9.17	32.11	3.5	
200	68.25	5.09	0.07	70.7	0.9293	9.2	29.56	3.21	
210	64.25	5.35	0.07	74.2	0.9258	9.24	27.93	3.02	
220	55	5.6	0.08	77.8	0.9222	9.27	24.15	2.6	
* Resistencia a la compresión no confinada :					* $q_u = 4.08$		kg/cm ²		
* Cohesión:					* $q_u/2 = 2.04$		kg/cm ²		



Tabla 189

Análisis de datos del ensayo, compresión inconfiada, SP- P2 - Parte II

	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA																			
MTC E121 - ASTM D 2166 - AASHTO T 208																				
Nombre de la tesis:	"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero 2023".																			
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Human Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco	Fecha : 28 de junio del 2023 N° de hoja : 02 de 03 Número de muestra : N° 2 Ensayo : Ensayo de propiedades mecánicas del suelo	Número de prueba: N° 2 de N3 Código : CNC-SP-P2 Descripción : Arcilla-limoso																		
Descripción del suelo: ARCILLA LIMOSO																				
Límite líquido :	30.76	Límite plástico : 15.69																		
Datos de la muestra : 1-2SP		Índice plástico : 15.07																		
Diámetro :	33mm	Área Ao : 8.55 cm ²																		
Volumen :	61.58 cm ³	Altura, Lo : 72mm																		
Hoja de resultados- Ensayo resistencia a la compresión no confinada del suelo patron																				
ESFUERZO VS DEFORMACIÓN	CIRCULO DE MOHR ENSAYO COMPRESION NO CONFINADA																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Ensayo resistencia a la compresión no confinada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Descripción del suelo</td> <td>:</td> <td>ARCILLA LIMOSA</td> </tr> <tr> <td>Límite líquido</td> <td>:</td> <td>30.76 %</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico</td> <td>:</td> <td>15.69 %</td> </tr> <tr> <td>Resistencia a la compresión no confinada</td> <td>:</td> <td>4.08 Kg/cm²</td> </tr> <tr> <td>Cohesión</td> <td>:</td> <td>2.04 Kg/cm²</td> </tr> </tbody> </table>			Ensayo resistencia a la compresión no confinada			Descripción del suelo	:	ARCILLA LIMOSA	Límite líquido	:	30.76 %	Límite plástico	:	15.69 %	Resistencia a la compresión no confinada	:	4.08 Kg/cm ²	Cohesión	:	2.04 Kg/cm ²
Ensayo resistencia a la compresión no confinada																				
Descripción del suelo	:	ARCILLA LIMOSA																		
Límite líquido	:	30.76 %																		
Límite plástico	:	15.69 %																		
Resistencia a la compresión no confinada	:	4.08 Kg/cm ²																		
Cohesión	:	2.04 Kg/cm ²																		



Tabla 190

Análisis de datos del ensayo, compresión confinada, SP- P3 - Parte I




 Universidad Andina del Cusco		MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA					 MTC E121 – ASTM D 2166 – AASHTO T 208		
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".							
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapunco Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 28 de junio del 2023 N° de hoja: 03 de 03 Número de muestra: N° 3 Ensayo: Ensayo de propiedades mecánicas del suelo		Número de prueba: N° 3 de N° 3 Código: CNC-SP-P3 Descripción: Arcilla-limoso					
Descripción del suelo: ARCILLA LIMOSO		Límite líquido: 30.76		Límite plástico: 15.69		Índice plástico: 15.07			
Datos de la muestra: 1-3SP		Diámetro: 33 mm		Área A_o: 855 cm ²		Altura, L_o: 72 mm			
Volumen: 61.58 cm ³		Peso: 114.39 g							
Lectura del Deformímetro (Axial) Div = 0.001 pulg = 0.001 pulg	Lectura del Deformímetro (Carga) Div = 0.001 pulg (lbs/pulg)	Deformación de la muestra ΔL (mm)	Deformación unitaria ε = ΔL/L _o	Deformación unitaria ε x 10 ³ (3)	Área CF 1 - ε	Área Corregida A' (cm ²)	Carga Total sobre la muestra P' (kg)	Esfuerzo sobre la muestra σ = P'/A' (kg/cm ²)	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	8.5	0.25	0	3.5	0.9965	8.58	5.19	0.6	
20	15	0.51	0.01	7.1	0.9929	8.61	7.84	0.91	
30	23	0.76	0.01	10.6	0.9894	8.64	11.1	1.28	
40	30.5	1.02	0.01	14.1	0.9859	8.68	14.16	1.63	
50	36	1.27	0.02	17.7	0.9823	8.71	16.4	1.88	
60	42.5	1.53	0.02	21.2	0.9788	8.74	19.05	2.18	
70	48	1.78	0.02	24.7	0.9753	8.77	21.3	2.43	
80	53	2.04	0.03	28.3	0.9717	8.8	23.34	2.65	
90	59	2.29	0.03	31.8	0.9682	8.83	25.78	2.92	
100	65.5	2.55	0.04	35.4	0.9646	8.87	28.44	3.21	
110	69.75	2.8	0.04	38.9	0.9611	8.9	30.17	3.39	
120	74.5	3.05	0.04	42.4	0.9576	8.93	32.11	3.59	
130	77.5	3.31	0.05	46	0.954	8.97	33.33	3.72	
140	77.1	3.56	0.05	49.5	0.9505	9	33.17	3.69	
150	76.6	3.82	0.05	53	0.947	9.03	32.96	3.65	
160	72.5	4.07	0.06	56.6	0.9434	9.07	31.29	3.45	
170	68.25	4.33	0.06	60.1	0.9399	9.1	29.56	3.25	
180	46	4.58	0.06	63.6	0.9364	9.13	20.48	2.24	
* Resistencia a la compresión no confinada :				* $q_u = 3.75 \text{ kg/cm}^2$					
* Cohesión:				* $q_u/2 = 1.88 \text{ kg/cm}^2$					



Tabla 191

Análisis de datos del ensayo, compresión inconfiada, SP- P3 - Parte II




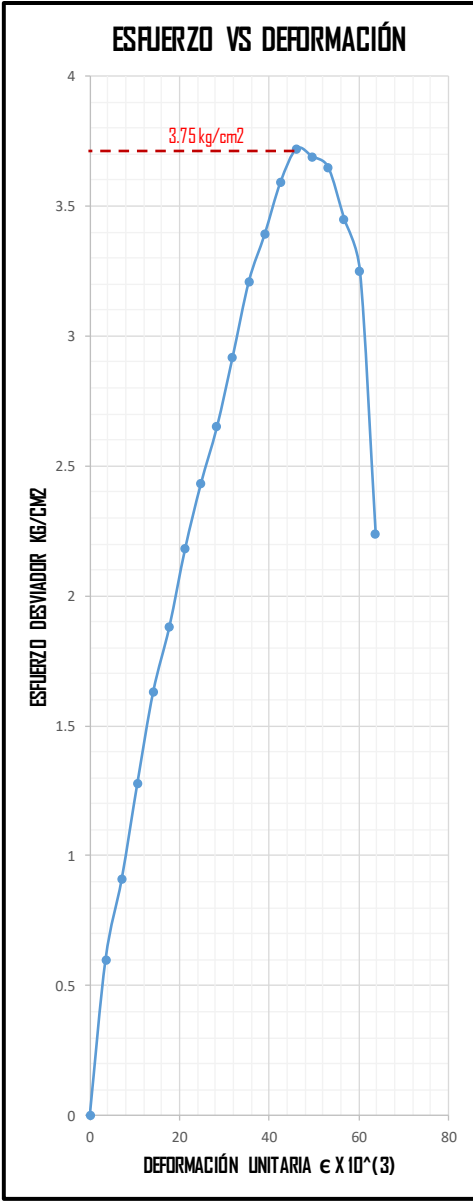
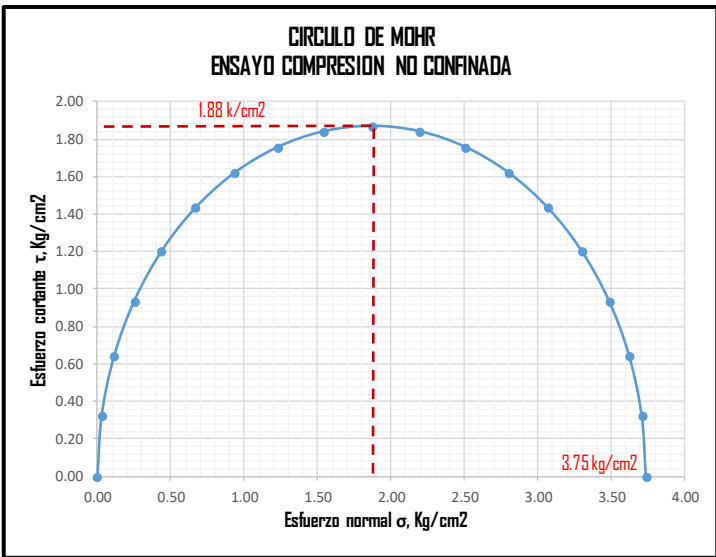
 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA																					
MTC E121 - ASTM D2166 - AASHTO T 208																							
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunc del Distrito de Chinchero, 2023".																					
Tesis 1 : Joselin Huarcaya Carrión Tesis 2 : Edison Human Quispe Ubicación de la muestra : Chacapunc Provincia : Urubamba Región : Cusco	Fecha : 28 de junio del 2023 N° de hoja : 03 de 03 Número de muestra : N° 3 Ensayo : Ensayo de propiedades mecánicas del suelo	Número de prueba: N° 3 de N° 3 Código : CNC-SP-P3 Descripción : Arcilla-limoso																					
Descripción del suelo : ARCILLA LIMOSO																							
Límite líquido :	30.76	Límite plástico :	15.69	Índice plástico :	15.07																		
Datos de la muestra : 1-3SP																							
Diámetro :	33mm	Área A _o :	8.55 cm ²	Altura, L _o :	72mm																		
Volumen :	61.58 cm ³	Peso :	114.39 g																				
Hoja de resultados- Ensayo resistencia a la compresión no confinada del suelo patron																							
ESFUERZO VS DEFORMACIÓN 			CIRCULO DE MOHR ENSAYO COMPRESION NO CONFINADA 																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Ensayo o resistencia a la compresión no confinada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Descripción del suelo :</td> <td colspan="2">ARCILLA LIMOSA</td> </tr> <tr> <td>Límite líquido :</td> <td>30.76</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico :</td> <td>15.69</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Resistencia a la compresión no confinada :</td> <td>3.75</td> <td>Kg/cm²</td> </tr> <tr> <td>Cohesión :</td> <td>1.88</td> <td>Kg/cm²</td> </tr> </tbody> </table>						Ensayo o resistencia a la compresión no confinada			Descripción del suelo :	ARCILLA LIMOSA		Límite líquido :	30.76	%	Límite plástico :	15.69	%	Resistencia a la compresión no confinada :	3.75	Kg/cm ²	Cohesión :	1.88	Kg/cm ²
Ensayo o resistencia a la compresión no confinada																							
Descripción del suelo :	ARCILLA LIMOSA																						
Límite líquido :	30.76	%																					
Límite plástico :	15.69	%																					
Resistencia a la compresión no confinada :	3.75	Kg/cm ²																					
Cohesión :	1.88	Kg/cm ²																					



Tabla 192

Análisis de datos del ensayo, compresión inconfiada, SP+4%CC-PI - Parte I




 Universidad Andina del Cusco		MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA MTC E121 - ASTM D2166 - AASHTO T 208						
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".								
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapunco Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 28 de junio del 2023 N° de hoja: 01 de 09 Número de muestra: N° 1 con cemento caduco al 4% Ensayo: Ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento caduco		Número de prueba: N°1 de N°3 Código: ONC-SP+4%CC-PI Descripción: Arcilla-limoso				
Descripción del suelo: ARCILLA LIMOSO								
Límite líquido: 31.32		Límite plástico: 25.27		Índice plástico: 6.05				
Datos de la muestra: 1-100(4%)								
Diámetro: 33mm		Área A₀: 855cm ²		Altura, L₀: 72mm				
Volumen: 61.58cm ³		Peso: 114.39g						
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo resistencia a la compresión no confinada con cemento caduco al 4%								
Lectura del Deformímetro (Axial) Div = 0.001 pulg	Lectura del Deformímetro (Carga) Div = 0.001 pulg (Lbs/pulg)	Deformación de la muestra ΔL (mm)	Deformación unitaria ε = ΔL/L ₀	Deformación unitaria ε x 10 ⁴ (3)	Área CF I - ε	Área Corregida A' (cm ²)	Carga Total sobre la muestra P' (kg)	Esfuerzo sobre la muestra σ = P'/A' (kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	9	0.25	0	3.5	0.9965	8.58	5.39	0.63
20	16	0.51	0.01	7.1	0.9929	8.61	8.24	0.96
30	23	0.76	0.01	10.6	0.9894	8.64	11.1	1.28
40	28	1.02	0.01	14.1	0.9859	8.68	13.14	1.51
50	34	1.27	0.02	17.7	0.9823	8.71	15.59	1.79
60	39.2	1.53	0.02	21.2	0.9788	8.74	17.71	2.03
70	45.1	1.78	0.02	24.7	0.9753	8.77	20.11	2.29
80	51	2.04	0.03	28.3	0.9717	8.8	22.52	2.56
90	57.5	2.29	0.03	31.8	0.9682	8.83	25.17	2.85
100	64	2.55	0.04	35.4	0.9646	8.87	27.82	3.14
110	66.5	2.8	0.04	38.9	0.9611	8.9	28.84	3.24
120	69.7	3.05	0.04	42.4	0.9576	8.93	30.15	3.38
130	71.5	3.31	0.05	46	0.954	8.97	30.88	3.44
140	70.5	3.56	0.05	49.5	0.9505	9	30.47	3.39
150	70.5	3.82	0.05	53	0.947	9.03	30.47	3.37
160	70.5	4.07	0.06	56.6	0.9434	9.07	30.47	3.36
170	70.5	4.33	0.06	60.1	0.9399	9.1	30.47	3.35
180	70.5	4.58	0.06	63.6	0.9364	9.13	30.47	3.34
* Resistencia a la compresión no confinada :					* $q_u = 3.45 \text{ kg/cm}^2$			
* Cohesión:					* $q_u/2 = 1.725 \text{ kg/cm}^2$			

Tabla 193

Análisis de datos del ensayo, compresión inconfiada, SP+4%CC-P1 - Parte II

Universidad Andina del Cusco		MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA																					
MTC E121 - ASTM D2166 - AASHTO T 208C																							
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero 2023".																					
Tesis 1 : Joselin Huarcaya Carrión Tesis 2 : Edison Human Quispe Ubicación de la muestra : Chacapunco Provincia : Urubamba Región : Cusco		Fecha : 28 de junio del 2023 N° de hoja : 01 de 09 Número de muestra : N° 1 con cemento caduco al 4% Ensayo : Ensayo de propiedades mecánicas del suelo con	Número de prueba : N° 1 de N° 3 Código : QNC-SP4%CC-P1 Descripción : Arcilla-limoso																				
Descripción del suelo : ARCILLA LIMOSO																							
Límite líquido : 31.32		Límite plástico : 25.27		Índice plástico : 6.05																			
Datos de la muestra : 1-1CC(4%)																							
Diámetro : 33mm		Área A _o : 8.55 cm ²		Altura, L _o : 72mm																			
Volumen : 61.58 cm ³		Peso : 114.39 g																					
Hoja de resultados - Ensayo resistencia a la compresión no confinada con cemento caduco al 4%																							
ESFUERZO VS DEFORMACIÓN 			CIRCULO DE MOHR ENSAYO COMPRESION NO CONFINADA 																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Ensayo resistencia a la compresión no confinada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Descripción del</td> <td>: ARCILLA LIMOSO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Límite líquido</td> <td>: 31.32</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico</td> <td>: 25.27</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Resistencia a la compresión no confinada</td> <td>: 3.45</td> <td>Kg/cm²</td> </tr> <tr> <td>Cohesión</td> <td>: 1.725</td> <td>Kg/cm²</td> </tr> </tbody> </table>			Ensayo resistencia a la compresión no confinada			Descripción del	: ARCILLA LIMOSO		Límite líquido	: 31.32	%	Límite plástico	: 25.27	%	Resistencia a la compresión no confinada	: 3.45	Kg/cm ²	Cohesión	: 1.725	Kg/cm ²			
Ensayo resistencia a la compresión no confinada																							
Descripción del	: ARCILLA LIMOSO																						
Límite líquido	: 31.32	%																					
Límite plástico	: 25.27	%																					
Resistencia a la compresión no confinada	: 3.45	Kg/cm ²																					
Cohesión	: 1.725	Kg/cm ²																					



Tabla 194

Análisis de datos del ensayo, compresión inconfiada, SP+4%CC-P2 - Parte I




 MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA MTC E121 - ASTM D 2166 - AASHTO T 2081								
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".								
Tesista 1: Joselin Huarcaya Camión Tesista 2: Edison Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapunco Provincia: Urubamba Región: Cusco	Fecha: 28 de junio del 2023 N° de hoja: 02 de 09 Número de muestra: N° 2 con cemento caduco al 4% Ensayo: Ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento caduco	Número de prueba: N° 2 de N° 3 Código: CNC-SP+4%CC-P2 Descripción: Arcilla-limoso						
Descripción del suelo: ARCILLA LIMOSO								
Límite líquido: 31.32	Límite plástico: 25.27	Índice plástico: 6.05						
Datos de la muestra: 1-200(4%)								
Diámetro: 33mm	Área A_o: 855cm ²	Altura, L_o: 72mm						
Volumen: 61.58cm ³	Peso: 114.39g							
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo resistencia a la compresión no confinada con cemento caduco al 4%								
Lectura del Deformímetro (Axial) Div = 0.001 pulg	Lectura del Deformímetro (Carga) Div = 0.001 pulg (lbs/pulg)	Deformación de la muestra ΔL (mm)	Deformación unitaria ε = ΔL/L _o	Deformación unitaria ε x 10 ³ (3)	Área CF I - ε	Área Corregida A' (cm ²)	Carga Total sobre la muestra P' (kg)	Esfuerzo sobre la muestra σ = P'/A' (kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	11	0.25	0	3.5	0.9965	8.58	6.2	0.72
20	16.5	0.51	0.01	7.1	0.9929	8.61	8.45	0.98
30	21	0.76	0.01	10.6	0.9894	8.64	10.28	1.19
40	27.5	1.02	0.01	14.1	0.9859	8.68	12.94	1.49
50	36	1.27	0.02	17.7	0.9823	8.71	16.4	1.88
60	42.2	1.53	0.02	21.2	0.9788	8.74	18.93	2.17
70	48.5	1.78	0.02	24.7	0.9753	8.77	21.5	2.45
80	56.5	2.04	0.03	28.3	0.9717	8.8	24.76	2.81
90	65	2.29	0.03	31.8	0.9682	8.83	28.23	3.2
100	68.5	2.55	0.04	35.4	0.9646	8.87	29.66	3.35
110	72.5	2.8	0.04	38.9	0.9611	8.9	31.29	3.52
120	77	3.05	0.04	42.4	0.9576	8.93	33.13	3.71
130	80	3.31	0.05	46	0.954	8.97	34.35	3.83
140	84	3.56	0.05	49.5	0.9505	9	35.98	4
150	87	3.82	0.05	53	0.947	9.03	37.2	4.12
160	88	4.07	0.06	56.6	0.9434	9.07	37.61	4.15
170	89	4.33	0.06	60.1	0.9399	9.1	38.02	4.18
180	85	4.58	0.06	63.6	0.9364	9.13	36.39	3.98
190	73	4.84	0.07	67.2	0.9328	9.17	31.49	3.43
200	67	5.09	0.07	70.7	0.9293	9.2	29.05	3.16
210	63	5.35	0.07	74.2	0.9258	9.24	27.42	2.97
220	55	5.6	0.08	77.8	0.9222	9.27	24.15	2.6
* Resistencia a la compresión no confinada :				* $q_u = 4.2 \text{ kg/cm}^2$				
* Cohesión:				* $q_u/2 = 2.1 \text{ kg/cm}^2$				



Tabla 195

Análisis de datos del ensayo, compresión inconfiada, SP+4%CC-P2 - Parte II




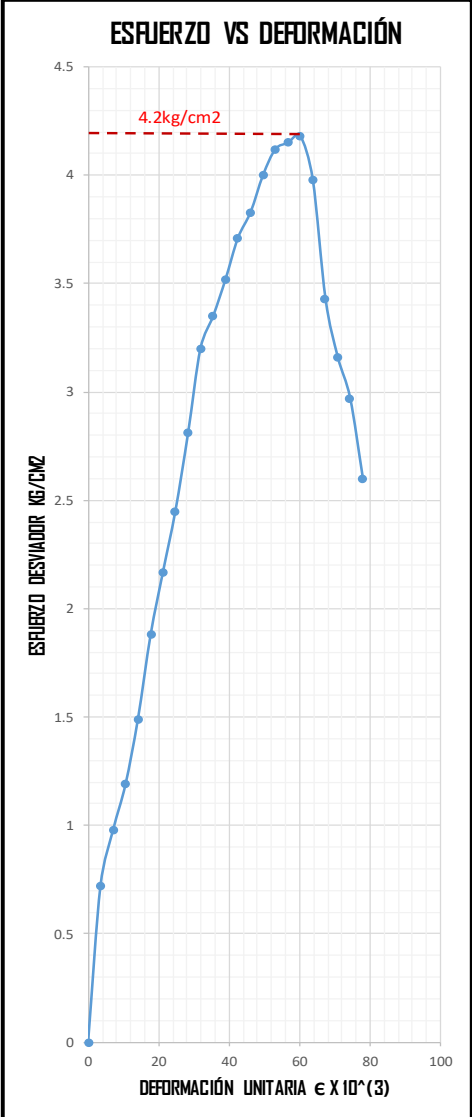
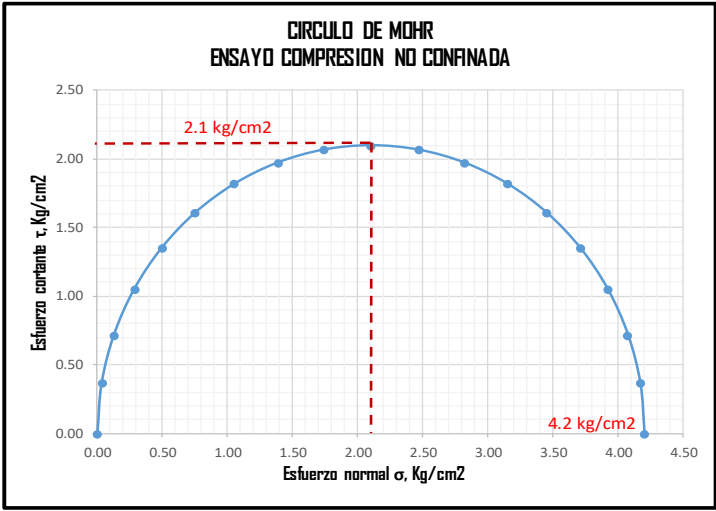
 Universidad Andina del Cusco		MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA MTC E121 - ASTM D2166 - AASHTO T 208D																					
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncodel Distrito de Chinchero 2023".																							
Tesista 1: Joselin Huarcaya Camión Tesista 2: Edison Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco	Fecha : 28 de junio del 2023 N° de hoja : 02 de 09 Número de muestra : N° 2 con cemento caduco al 4% Ensayo : ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento caduco	Número de prueba : N° 2 de N° 3 Código : ONC-SP+4%CC-P2 Descripción : Arcilla-limoso																					
Descripción del suelo : ARCILLA LIMOSO																							
Límite líquido : 31.32		Límite plástico : 25.27		Índice plástico : 6.05																			
Datos de la muestra : 1-2CC(4%)																							
Diámetro : 33mm		Área Ao : 8.55 cm ²		Altura, Lo : 72mm																			
Volumen : 61.58 cm ³		Peso : 114.39g																					
Hoja de resultados - Ensayo resistencia a la compresión no confinada con cemento caduco al 4%																							
																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Ensayo resistencia a la compresión no confinada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Descripción del suelo</td> <td>:</td> <td>ARCILLA LIMOSO</td> </tr> <tr> <td>Límite líquido</td> <td>:</td> <td>31.32 %</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico</td> <td>:</td> <td>25.27 %</td> </tr> <tr> <td>Resistencia a la compresión no confinada</td> <td>:</td> <td>4.2 Kg/cm²</td> </tr> <tr> <td>Cohesión</td> <td>:</td> <td>2.1 Kg/cm²</td> </tr> </tbody> </table>						Ensayo resistencia a la compresión no confinada			Descripción del suelo	:	ARCILLA LIMOSO	Límite líquido	:	31.32 %	Límite plástico	:	25.27 %	Resistencia a la compresión no confinada	:	4.2 Kg/cm ²	Cohesión	:	2.1 Kg/cm ²
Ensayo resistencia a la compresión no confinada																							
Descripción del suelo	:	ARCILLA LIMOSO																					
Límite líquido	:	31.32 %																					
Límite plástico	:	25.27 %																					
Resistencia a la compresión no confinada	:	4.2 Kg/cm ²																					
Cohesión	:	2.1 Kg/cm ²																					



Tabla 196

Análisis de datos del ensayo, compresión confinada, SP+4%CC-P3 - Parte I



 MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA MTC E121 - ASTM D 2166 - AASHTO T 208 								
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".								
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapunco Provincia: Urubamba Región: Cusco	Fecha: 28 de junio del 2023 N° de hoja: 03 de 09 Número de muestra: N° 3 con cemento caduco al 4% Ensayo: Ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento caduco							
Número de prueba: N° 3 de N° 3 Código: CNC-SP+4%CC-P3 Descripción: Arcilla-limosa								
Descripción del suelo: ARCILLA LIMOSO								
Límite líquido: 31.32 Datos de la muestra: 1-3CC(4%)	Límite plástico: 25.27 Índice plástico: 6.05							
Diámetro: 33mm Volumen: 61.58 cm ³	Área A_o: 855 cm ² Peso: 114.39 g Altura, L_o: 72mm							
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo resistencia a la compresión no confinada con cemento caduco al 4%								
Lectura del Deformímetro (Axial) Div = 0.001 pulg = 0.001 pulg	Lectura del Deformímetro (Carga) Div = 0.001 pulg (lbs/pulg)	Deformación de la muestra ΔL (mm)	Deformación unitaria ε = ΔL/L _o	Deformación unitaria ε x 10 ³ (3)	Área CF 1 - ε	Área Corregida A' (cm ²)	Carga Total sobre la muestra P' (kg)	Esfuerzo sobre la muestra σ = P'/A' (kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	12	0.25	0	3.5	0.9965	8.58	6.61	0.77
20	23	0.51	0.01	7.1	0.9929	8.61	11.1	1.29
30	35	0.76	0.01	10.6	0.9894	8.64	15.99	1.85
40	45.5	1.02	0.01	14.1	0.9859	8.68	20.28	2.34
50	56	1.27	0.02	17.7	0.9823	8.71	24.56	2.82
60	64	1.53	0.02	21.2	0.9788	8.74	27.82	3.18
70	74	1.78	0.02	24.7	0.9753	8.77	31.9	3.64
80	77	2.04	0.03	28.3	0.9717	8.8	33.13	3.76
90	82	2.29	0.03	31.8	0.9682	8.83	35.17	3.98
100	83	2.55	0.04	35.4	0.9646	8.87	35.57	4.01
110	86	2.8	0.04	38.9	0.9611	8.9	36.8	4.13
120	88	3.05	0.04	42.4	0.9576	8.93	37.61	4.21
130	86	3.31	0.05	46	0.954	8.97	36.8	4.1
140	80	3.56	0.05	49.5	0.9505	9	34.35	3.82
150	72	3.82	0.05	53	0.947	9.03	31.09	3.44
160	58	4.07	0.06	56.6	0.9434	9.07	25.38	2.8
170	45.5	4.33	0.06	60.1	0.9399	9.1	20.28	2.23
* Resistencia a la compresión no confinada :					* $q_u = 4.21 \text{ kg/cm}^2$			
* Cohesión:					* $q_u/2 = 2.105 \text{ kg/cm}^2$			



Tabla 197

Análisis de datos del ensayo, compresión inconfiada, SP+4%CC-P3 - Parte II




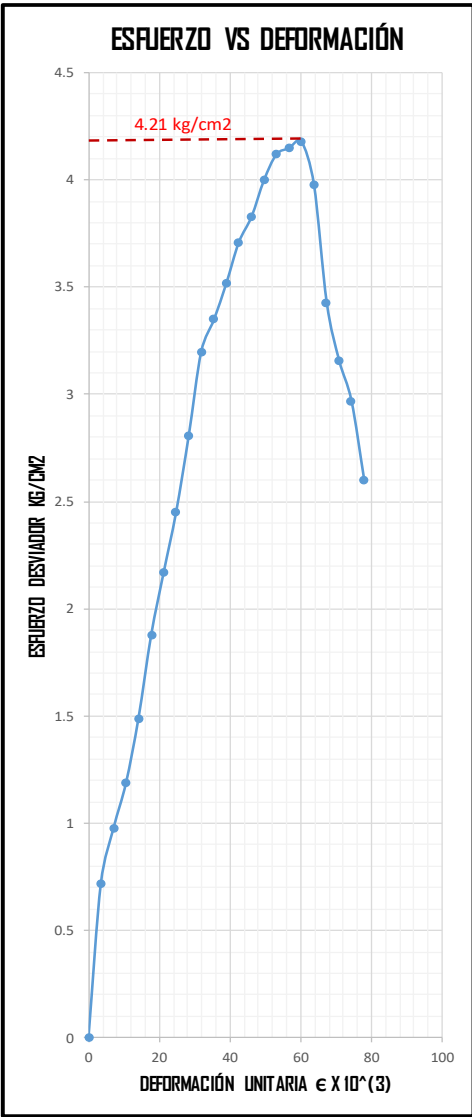
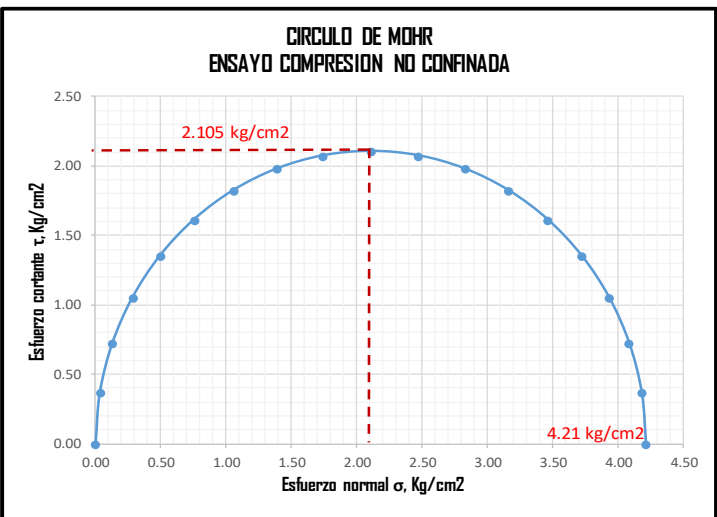
 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA																					
		MTC E121 - ASTM D2166 - AASHTO T 208																					
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".																					
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edison Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco	Fecha: 28 de junio del 2023 N° de hoja: 03 de 09 Número de muestra: N° 3 con cemento caduco al 4% Ensayo: ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento caduco	Número de prueba: N° 3 de N° 3 Código: ONC-SP+4%CC-P3 Descripción: Arcilla-limoso																					
Descripción del suelo: ARCILLA LIMOSO																							
Límite líquido : 31.32		Límite plástico : 25.27		Índice plástico : 6.05																			
Datos de la muestra : 1-3CC(4%)																							
Diámetro : 33mm		Área A _o : 8.55 cm ²		Altura, L _o : 72mm																			
Volumen : 61.58 cm ³		Peso : 114.37g																					
Hoja de resultados - Ensayo resistencia a la compresión no confinada con cemento caduco al 4%																							
ESFUERZO VS DEFORMACIÓN 			CIRCULO DE MOHR ENSAYO COMPRESION NO CONFINADA 																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Ensayo de resistencia a la compresión no confinada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Descripción del suelo</td> <td>:</td> <td>ARCILLA LIMOSO</td> </tr> <tr> <td>Límite líquido</td> <td>:</td> <td>31.32 %</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico</td> <td>:</td> <td>25.27 %</td> </tr> <tr> <td>Resistencia a la compresión no confinada</td> <td>:</td> <td>4.21 Kg/cm²</td> </tr> <tr> <td>Cohesión</td> <td>:</td> <td>2.105 Kg/cm²</td> </tr> </tbody> </table>						Ensayo de resistencia a la compresión no confinada			Descripción del suelo	:	ARCILLA LIMOSO	Límite líquido	:	31.32 %	Límite plástico	:	25.27 %	Resistencia a la compresión no confinada	:	4.21 Kg/cm ²	Cohesión	:	2.105 Kg/cm ²
Ensayo de resistencia a la compresión no confinada																							
Descripción del suelo	:	ARCILLA LIMOSO																					
Límite líquido	:	31.32 %																					
Límite plástico	:	25.27 %																					
Resistencia a la compresión no confinada	:	4.21 Kg/cm ²																					
Cohesión	:	2.105 Kg/cm ²																					



Tabla 198




Análisis de datos del ensayo, compresión inconfiada, SP+7%CC-P1 - Parte I

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA MTCE121 - ASTM D 2166 - AASHTO T 2080								
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".								
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapunco Provincia: Urubamba Región: Cusco			Fecha: 28 de junio del 2023 N° de hoja: 04 de 09 Número de muestra: N° 1 con cemento caduco al 7% Ensayo: Ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento caduco		Número de prueba: N°1 de N°3 Código: CNC-SP+7%CC-P1 Descripción: Arcilla-limoso			
Descripción del suelo: ARCILLA LIMOSO								
Límite líquido: 32.03			Límite plástico: 26.09			Índice plástico: 5.93		
Datos de la muestra: 2-100(7%)								
Diámetro: 33mm			Área A₀: 855cm ²			Altura, L₀: 72mm		
Volumen: 61.58cm ³			Peso: 114.39g					
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo resistencia a la compresión no confinada con cemento caduco al 7%								
Lectura del Deformímetro (Axial) Div = 0.001 pulg	Lectura del Deformímetro (Carga) Div = 0.001 pulg (Lbs/pulg)	Deformación de la muestra ΔL (mm)	Deformación unitaria ε = ΔL/L ₀	Deformación unitaria ε x 10 ³ (3)	Área CF I - ε	Área Corregida A' (cm ²)	Carga Total sobre la muestra P' (kg)	Esfuerzo sobre la muestra σ = P' / A' (kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	11	0.25	0	3.5	0.9965	8.58	6.2	0.72
20	16.5	0.51	0.01	7.1	0.9929	8.61	8.45	0.98
30	21	0.76	0.01	10.6	0.9894	8.64	10.28	1.19
40	27.5	1.02	0.01	14.1	0.9859	8.68	12.94	1.49
50	36	1.27	0.02	17.7	0.9823	8.71	16.4	1.87
60	42.2	1.53	0.02	21.2	0.9788	8.74	18.93	2.17
70	48.5	1.78	0.02	24.7	0.9753	8.77	21.5	2.45
80	56.5	2.04	0.03	28.3	0.9717	8.8	24.76	2.81
90	65	2.29	0.03	31.8	0.9682	8.83	28.23	3.2
100	68.5	2.55	0.04	35.4	0.9646	8.87	29.66	3.35
110	72.5	2.8	0.04	38.9	0.9611	8.9	31.29	3.52
120	77	3.05	0.04	42.4	0.9576	8.93	33.13	3.71
130	80	3.31	0.05	46	0.954	8.97	34.35	3.83
140	84	3.56	0.05	49.5	0.9505	9	35.98	4
150	87	3.82	0.05	53	0.947	9.03	37.2	4.17
160	88	4.07	0.06	56.6	0.9434	9.07	37.61	4.19
170	89	4.33	0.06	60.1	0.9399	9.1	38.02	4.27
180	85	4.58	0.06	63.6	0.9364	9.13	36.39	3.98
190	73	4.84	0.07	67.2	0.9328	9.17	31.49	3.43
200	67	5.09	0.07	70.7	0.9293	9.2	29.05	3.16
210	63	5.35	0.07	74.2	0.9258	9.24	27.42	2.97
220	55	5.6	0.08	77.8	0.9222	9.27	24.15	2.6
* Resistencia a la compresión no confinada :					* $q_u = 4.27 \text{ kg/cm}^2$			
* Cohesión:					* $q_u/2 = 2.135 \text{ kg/cm}^2$			



Tabla 199

Análisis de datos del ensayo, compresión inconfiada, SP+7%CC-P1 - Parte II

 Universidad Andina del Cusco		MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA MTC E121 - ASTM D 2166 - AASHTO T 208			
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".					
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edison Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapunco Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 28 de junio del 2023 N° de hoja: 04 de 09 Número de muestra: N° 1 con cemento caduco al 7% Ensayo: ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento caduco	Número de prueba: N° 1 de N° 3 Código: ONC-SP+7%CC-P1 Descripción: Arcilla-limoso		
Descripción del suelo: ARCILLA LIMOSO					
Límite líquido: 32.03		Límite plástico: 26.09		Índice plástico: 5.93	
Datos de la muestra: 2-1CC(7%)					
Diámetro: 33mm		Área A_o: 8.55 cm ²		Altura, L_o: 72mm	
Volumen: 61.58 cm ³		Peso: 114.39 g			

Hoja de resultados - Ensayo resistencia a la compresión no confinada con cemento caduco al 7%

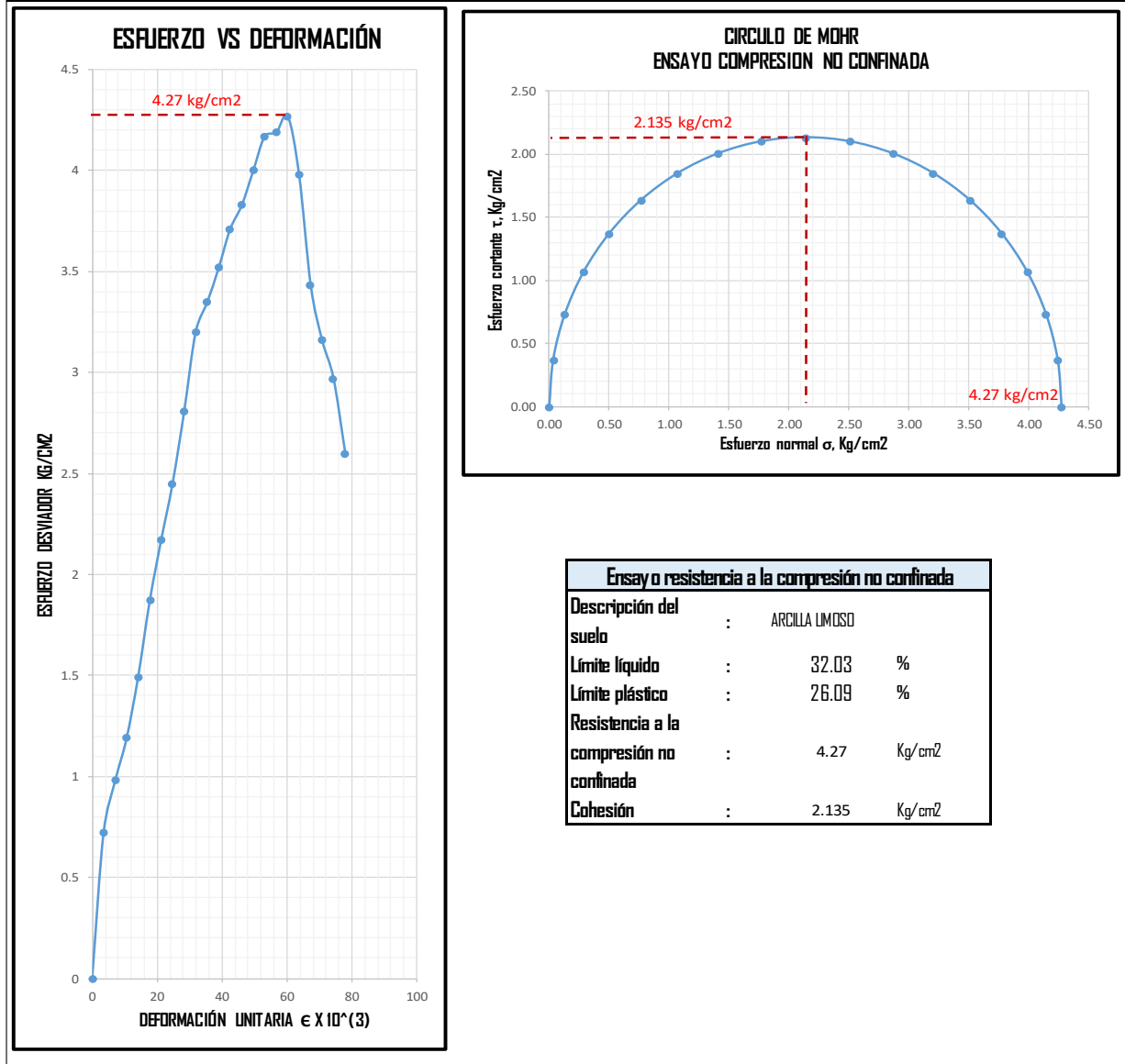




Tabla 200

Análisis de datos del ensayo, compresión inconfiada, SP+7%CC-P2 - Parte I




 Universidad Andina del Cusco		MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA MTC E121 - ASTM D2166 - AASHTO T 2080						
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".								
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapunco Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 28 de junio del 2023 N° de hoja: 05 de 09 Número de muestra: N° 2 con cemento caduco al 7% Ensayo: Ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento caduco		Número de prueba: N° 2 de N3 Código: CNC-SP+7%CC-P2 Descripción: Arcilla-limosa				
Descripción del suelo: ARCILLA LIMOSO		Límite líquido: 32.03		Límite plástico: 26.09		Índice plástico: 5.93		
Datos de la muestra: 2-2CN(7%)								
Diámetro: 33mm		Área A₀: 8.55 cm ²		Altura, L₀: 72mm				
Volumen: 61.58 cm ³		Peso: 114.39g						
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo resistencia a la compresión no confinada con cemento caduco al 7%								
Lectura del Deformímetro (Axial) Div = 0.001 pulg	Lectura del Deformímetro (Carga) Div = 0.001 pulg (lbs/pulg)	Deformación de la muestra ΔL (mm)	Deformación unitaria ε = ΔL/L ₀	Deformación unitaria ε x 10 ³ (3)	Área CF 1 - ε	Área Corregida A' (cm ²)	Carga Total sobre la muestra P' (kg)	Esfuerzo sobre la muestra σ = P'/A' (kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	23.5	0.25	0	3.5	0.9965	8.58	11.3	1.32
20	33	0.51	0.01	7.1	0.9929	8.61	15.18	1.76
30	45	0.76	0.01	10.6	0.9894	8.64	20.07	2.32
40	54.5	1.02	0.01	14.1	0.9859	8.68	23.95	2.76
50	64	1.27	0.02	17.7	0.9823	8.71	27.82	3.2
60	69.5	1.53	0.02	21.2	0.9788	8.74	30.07	3.44
70	77	1.78	0.02	24.7	0.9753	8.77	33.13	3.78
80	82.5	2.04	0.03	28.3	0.9717	8.8	35.37	4.02
90	84	2.29	0.03	31.8	0.9682	8.83	35.98	4.07
100	79	2.55	0.04	35.4	0.9646	8.87	33.94	3.83
110	73	2.8	0.04	38.9	0.9611	8.9	31.49	3.54
120	58	3.05	0.04	42.4	0.9576	8.93	25.38	2.84
130	45	3.31	0.05	46	0.954	8.97	20.07	2.24
140	42	3.56	0.05	49.5	0.9505	9	18.85	2.09
* Resistencia a la compresión no confinada :					* $q_u = 4.07 \text{ kg/cm}^2$			
* Cohesión:					* $q_u/2 = 2.035 \text{ kg/cm}^2$			

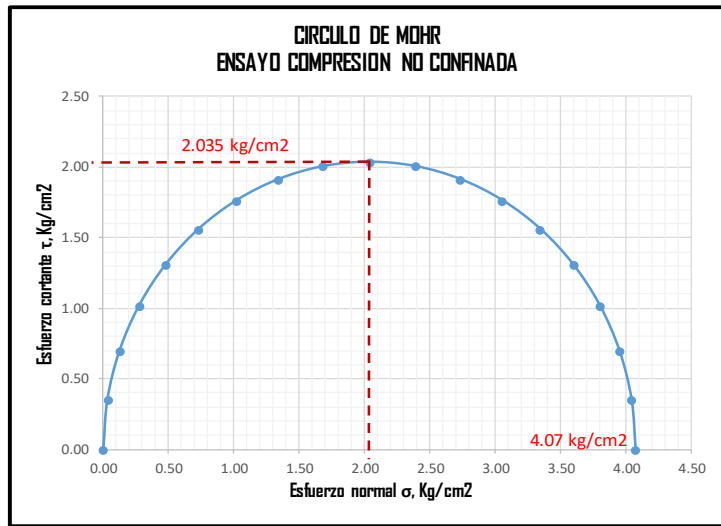
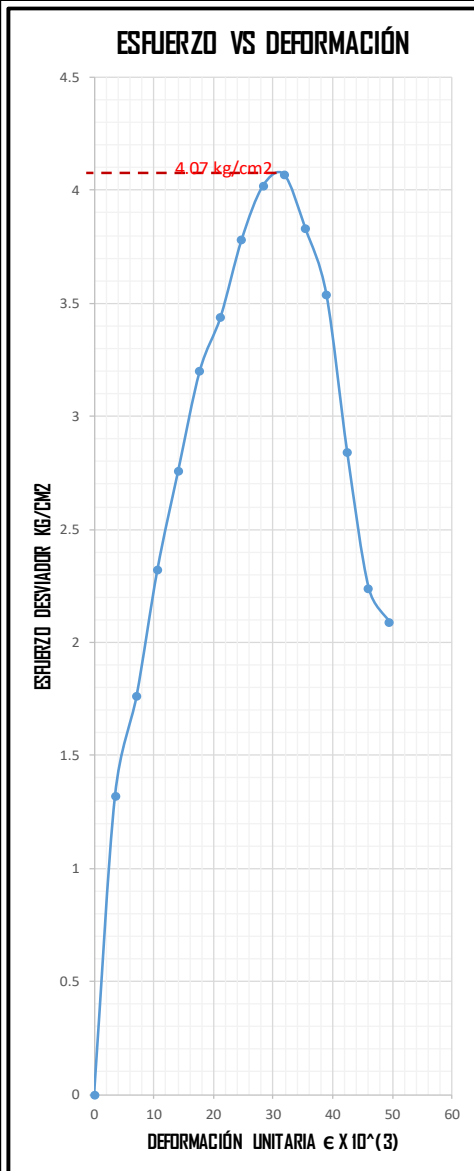


Tabla 201

Análisis de datos del ensayo, compresión inconfiada, SP+7%CC-P2 - Parte II

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA	
MTC E121 - ASTM D2166 - AASHTO T 208	
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncodel Distrito de Chinchero, 2023".	
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edison Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco	Fecha: 28 de junio del 2023 N° de hoja: 05 de 09 Número de muestra: N° 2 con cemento caduco al 7% Ensayo: ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento caduco
Número de prueba: N° 2 de N° 3 Código: ONC-SP+7%CC-P2 Descripción: Arcilla-limoso	
Descripción del suelo: ARCILLA LIMOSO	
Límite líquido: 32.03	Límite plástico: 26.09
Datos de la muestra: 2-2CN(7%)	
Diámetro: 33mm	Área Ao: 8.55 cm ²
Volumen: 61.58 cm ³	Peso: 114.39 g
Altura, Lo: 72mm	

Hoja de resultados - Ensayo resistencia a la compresión no confinada con cemento caduco al 7%



Ensayo resistencia a la compresión no confinada		
Descripción del suelo	:	ARCILLA LIMOSO
Límite líquido	:	32.03 %
Límite plástico	:	26.09 %
Resistencia a la compresión no confinada	:	4.07 Kg/cm ²
Cohesión	:	2.035 Kg/cm ²



Tabla 202

Análisis de datos del ensayo, compresión inconfiada, SP+7%CC-P3 - Parte I

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA MTC E121 - ASTM D 2166 - AASHTO T 208								
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".						
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapunco Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 28 de junio del 2023 N° de hoja: 06 de 09 Número de muestra: N° 3 con cemento caduco al 7% Ensayo: Ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento caduco	Número de prueba: N° 3 de N° 3 Código: ONC-SP+7%ON-P3 Descripción: Arcilla-limoso					
Descripción del suelo: ARCILLA LIMOSO								
Límite líquido: 32.03		Límite plástico: 26.09		Índice plástico: 5.93				
Datos de la muestra: 2-3CC(7%)								
Diámetro: 33mm		Área A₀: 8.55 cm ²		Altura, L₀: 72mm				
Volumen: 61.58 cm ³		Peso: 114.39 g						
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo resistencia a la compresión no confinada con cemento caduco al 7%								
Lectura del Deformímetro (Axial) Div = 0.001 pulg	Lectura del Deformímetro (Carga) Div = 0.001 pulg (lbs/pulg)	Deformación de la muestra ΔL (mm)	Deformación unitaria ε = ΔL/L ₀	Deformación unitaria ε x 10 ³ (3)	Área CF 1 - ε	Área Corregida A' (cm ²)	Carga Total sobre la muestra P' (kg)	Esfuerzo sobre la muestra σ = P'/A' (kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	27	0.25	0	3.5	0.9965	8.58	12.73	1.48
20	42	0.51	0.01	7.1	0.9929	8.61	18.85	2.19
30	56	0.76	0.01	10.6	0.9894	8.64	24.56	2.84
40	70	1.02	0.01	14.1	0.9859	8.68	30.27	3.49
50	80.5	1.27	0.02	17.7	0.9823	8.71	34.55	3.97
60	88	1.53	0.02	21.2	0.9788	8.74	37.61	4.3
70	91	1.78	0.02	24.7	0.9753	8.77	38.84	4.43
80	80	2.04	0.03	28.3	0.9717	8.8	34.35	3.9
90	55	2.29	0.03	31.8	0.9682	8.83	24.15	2.73
100	47	2.55	0.04	35.4	0.9646	8.87	20.89	2.36
110	43	2.8	0.04	38.9	0.9611	8.9	19.26	2.16
120	41.5	3.05	0.04	42.4	0.9576	8.93	18.65	2.09
* Resistencia a la compresión no confinada :					* $q_u = 4.43 \text{ kg/cm}^2$			
* Cohesión:					* $q_u/2 = 2.215 \text{ kg/cm}^2$			



Tabla 203

Análisis de datos del ensayo, compresión inconfiada, SP+7%CC-P3 - Parte II




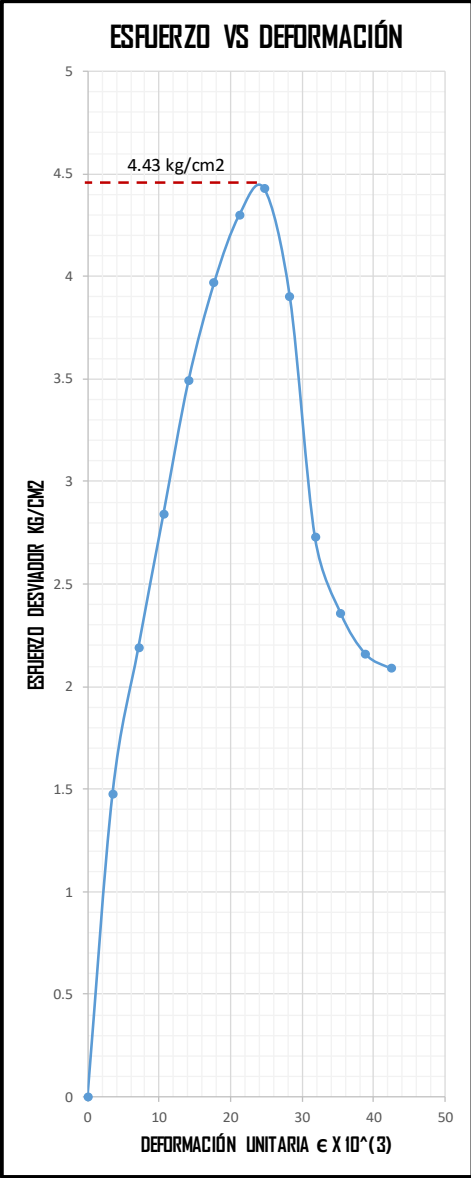
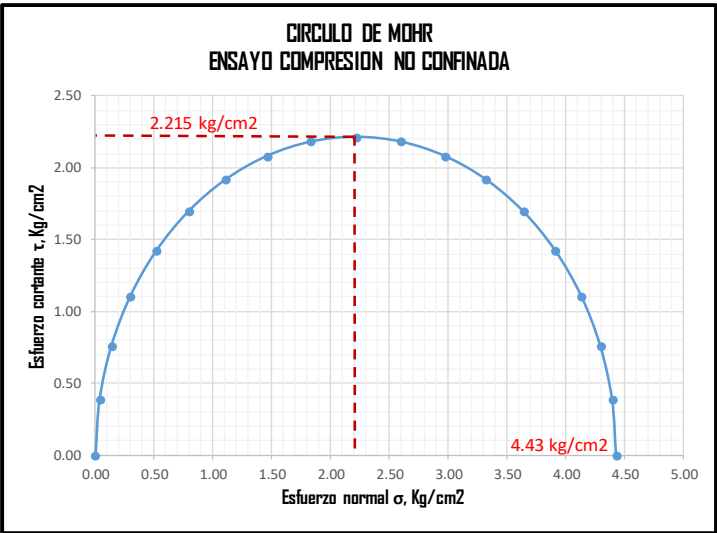
 Universidad Andina del Cusco		MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA																					
		MTC E121 - ASTM D 2166 - AASHTO T 2080																					
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".																					
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco	Fecha: 28 de junio del 2023 N° de hoja: 06 de 09 Número de muestra: N° 3 con cemento caduco al 7% Ensayo: mecánicas del suelo con cemento caduco	Número de prueba: N3 de N3 Código: CUC-SP+7%CC-P3 Descripción: Arcilla-limoso																					
Descripción del suelo: ARCILLA LIMOSO																							
Límite líquido: 32.03		Límite plástico: 26.09		Índice plástico: 5.93																			
Datos de la muestra: 2-3CC(7%)																							
Diámetro: 33mm		Área A_o: 8.55 cm ²		Altura, L_o: 72mm																			
Volumen: 61.58 cm ³		Peso: 114.39g																					
Hoja de resultados - Ensayo resistencia a la compresión no confinada con cemento caduco al 7%																							
 <p>ESFUERZO VS DEFORMACIÓN</p>			 <p>CIRCULO DE MOHR ENSAYO COMPRESION NO CONFINADA</p>																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Ensayo resistencia a la compresión no confinada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Descripción del suelo</td> <td>:</td> <td>ARCILLA LIMOSO</td> </tr> <tr> <td>Límite líquido</td> <td>:</td> <td>32.03 %</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico</td> <td>:</td> <td>26.09 %</td> </tr> <tr> <td>Resistencia a la compresión no confinada</td> <td>:</td> <td>4.43 Kg/cm²</td> </tr> <tr> <td>Cohesión</td> <td>:</td> <td>2.215 Kg/cm²</td> </tr> </tbody> </table>						Ensayo resistencia a la compresión no confinada			Descripción del suelo	:	ARCILLA LIMOSO	Límite líquido	:	32.03 %	Límite plástico	:	26.09 %	Resistencia a la compresión no confinada	:	4.43 Kg/cm ²	Cohesión	:	2.215 Kg/cm ²
Ensayo resistencia a la compresión no confinada																							
Descripción del suelo	:	ARCILLA LIMOSO																					
Límite líquido	:	32.03 %																					
Límite plástico	:	26.09 %																					
Resistencia a la compresión no confinada	:	4.43 Kg/cm ²																					
Cohesión	:	2.215 Kg/cm ²																					



Tabla 204

Análisis de datos del ensayo, compresión confinada, SP+10%CC-PI - Parte I




 Universidad Andina del Cusco		MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA MTC E121 - ASTM D2166 - AASHTO T 2080						
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".						
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapunco Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 28 de junio del 2023 N° de hoja: 07 de 09 Número de muestra: N° 1 con cemento caduco al 10% Ensayo: Ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento caduco	Número de prueba: N°1 de N°3 Código: CNC-SP+10%CC-PI Descripción: Arcilla-limoso					
Descripción del suelo: ARCILLA LIMOSO		Límite líquido: 32.02	Límite plástico: 26.33	Índice plástico: 5.69				
Datos de la muestra: 3-100(10%)		Diámetro: 33mm	Área A₀: 855cm ²	Altura, L₀: 72mm				
Volumen: 61.58cm ³		Peso: 114.39g						
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo resistencia a la compresión no confinada con cemento caduco al 10%								
Lectura del Deformímetro (Axial) Div = 0.001 pulg	Lectura del Deformímetro (Carga) Div = 0.001 pulg (Lbs/pulg)	Deformación de la muestra ΔL (mm)	Deformación unitaria ε = ΔL/L ₀	Deformación unitaria ε x 10 ⁴ (3)	Área CF I - ε	Área Corregida A' (cm ²)	Carga Total sobre la muestra P' (kg)	Esfuerzo sobre la muestra σ = P'/A' (kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	15.5	0.25	0	3.5	0.9965	8.58	8.04	0.94
20	20.5	0.51	0.01	7.1	0.9929	8.61	10.08	1.17
30	28	0.76	0.01	10.6	0.9894	8.64	13.14	1.52
40	39	1.02	0.01	14.1	0.9859	8.68	17.63	2.03
50	50	1.27	0.02	17.7	0.9823	8.71	22.11	2.54
60	63	1.53	0.02	21.2	0.9788	8.74	27.42	3.14
70	74	1.78	0.02	24.7	0.9753	8.77	31.9	3.64
80	86	2.04	0.03	28.3	0.9717	8.8	36.8	4.18
90	95	2.29	0.03	31.8	0.9682	8.83	40.47	4.58
100	102	2.55	0.04	35.4	0.9646	8.87	43.32	4.89
110	109	2.8	0.04	38.9	0.9611	8.9	46.18	5.19
120	112	3.05	0.04	42.4	0.9576	8.93	47.4	5.31
130	113	3.31	0.05	46	0.954	8.97	47.81	5.33
140	114	3.56	0.05	49.5	0.9505	9	48.22	5.36
150	103	3.82	0.05	53	0.947	9.03	43.73	4.84
160	79.5	4.07	0.06	56.6	0.9434	9.07	34.15	3.77
170	69	4.33	0.06	60.1	0.9399	9.1	29.86	3.28
180	47	4.58	0.06	63.6	0.9364	9.13	20.89	2.29
190	41	4.84	0.07	67.2	0.9328	9.17	18.44	2.01
		* Resistencia a la compresión no confinada :		* q _u = 5.36 kg/cm ²				
		* Cohesión:		* q _u /2 = 2.68 kg/cm ²				



Tabla 205

Análisis de datos del ensayo, compresión inconfiada, SP+10%CC-P1 - Parte II




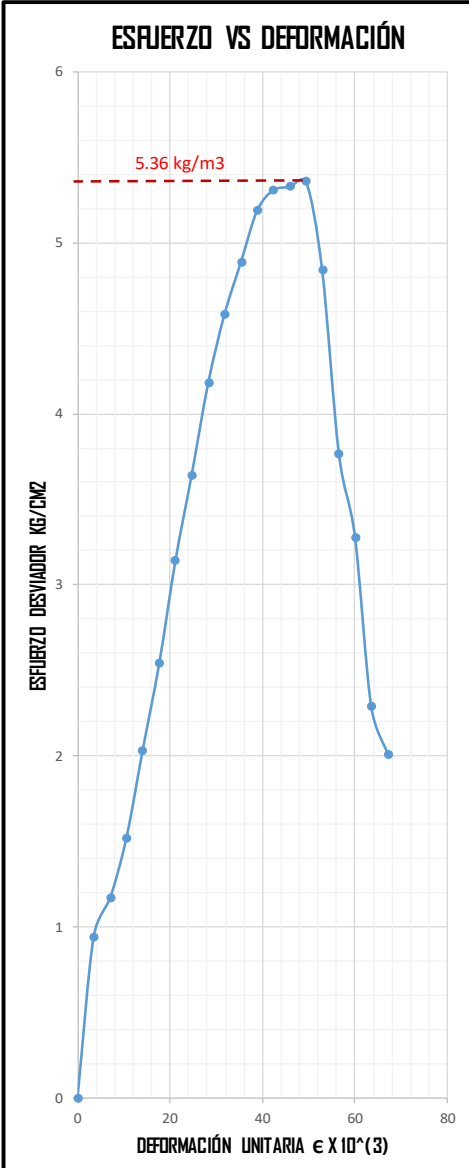
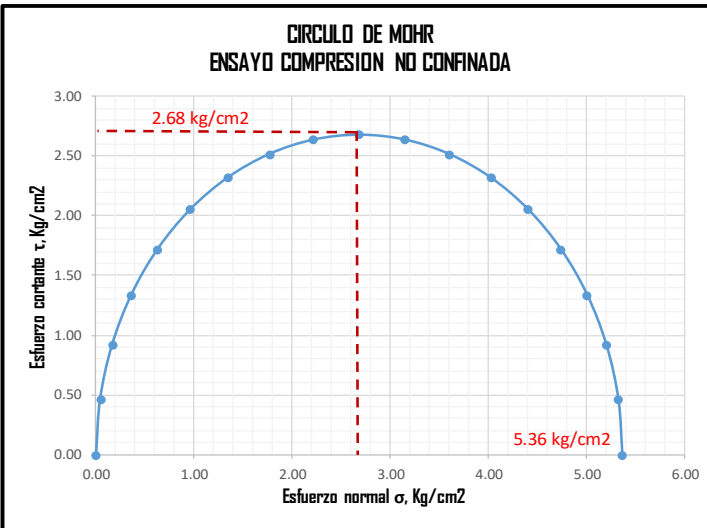
 MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA MTC E121 - ASTM D2166 - AASHTO T 2080																											
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".																											
Tesista 1: Joselin Huarcaya Camión Tesista 2: Edison Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco	Fecha: 28 de junio del 2023 N° de hoja: 07 de 09 Número de muestra: N° 1 con cemento caduco al 10% Ensayo: ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento caduco	Número de prueba: N°1 de N°3 Código: CNC-SP+10%CC-P1 Descripción: Arcilla-limoso																									
Descripción del suelo: ARCILLA LIMOSO																											
Límite líquido: 32.02	Límite plástico: 26.33	Índice plástico: 5.69																									
Datos de la muestra: 3-1CC(10%)																											
Diámetro: 33mm	Área A_o: 8.55 cm ²	Altura, L_o: 72mm																									
Volumen: 61.58 cm ³	Peso: 114.39 g																										
Hoja de resultados - Ensayo resistencia a la compresión no confinada con cemento caduco al 10%																											
 <p>ESFUERZO VS DEFORMACIÓN</p> <p>Y-axis: ESFUERZO DESVIADOR KG/CM²</p> <p>X-axis: DEFORMACIÓN UNITARIA $\epsilon \times 10^{-3}$</p> <p>Peak value: 5.36 kg/cm²</p>		 <p>CIRCULO DE MOHR ENSAYO COMPRESION NO CONFINADA</p> <p>Y-axis: Esfuerzo cortante τ, Kg/cm²</p> <p>X-axis: Esfuerzo normal σ, Kg/cm²</p> <p>Peak values: 2.68 kg/cm² (shear stress), 5.36 kg/cm² (normal stress)</p>																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">Ensayo resistencia a la compresión no confinada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Descripción del suelo</td> <td>:</td> <td>ARCILLA LIMOSO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Límite líquido</td> <td>:</td> <td>32.02</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico</td> <td>:</td> <td>26.33</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Resistencia a la compresión no confinada</td> <td>:</td> <td>5.36</td> <td>Kg/cm²</td> </tr> <tr> <td>Cohesión</td> <td>:</td> <td>2.68</td> <td>Kg/cm²</td> </tr> </tbody> </table>				Ensayo resistencia a la compresión no confinada				Descripción del suelo	:	ARCILLA LIMOSO		Límite líquido	:	32.02	%	Límite plástico	:	26.33	%	Resistencia a la compresión no confinada	:	5.36	Kg/cm ²	Cohesión	:	2.68	Kg/cm ²
Ensayo resistencia a la compresión no confinada																											
Descripción del suelo	:	ARCILLA LIMOSO																									
Límite líquido	:	32.02	%																								
Límite plástico	:	26.33	%																								
Resistencia a la compresión no confinada	:	5.36	Kg/cm ²																								
Cohesión	:	2.68	Kg/cm ²																								



Tabla 206

Análisis de datos del ensayo, compresión confinada, SP+10%CC-P2 - Parte I







 Universidad Andina del Cusco		MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA MTC E121 - ASTM D 2166 - AASHTO T 208				 Instituto Nacional de Normas Técnicas		
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".								
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edison Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapunco Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 28 de junio del 2023 N° de hoja: 08 de 09 Número de muestra: N° 2 con cemento caduco al 10% Ensayo: Ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento caduco		Número de prueba: N° 2 de N° 3 Código: CNC-SP+10%CC-P2 Descripción: Arcilla-limoso				
Descripción del suelo: ARCILLA UMOSO								
Límite líquido: 32.02		Límite plástico: 26.33		Índice plástico: 5.69				
Datos de la muestra: 3-200(10%)								
Diámetro: 33mm		Área A_o: 855cm ²		Altura, L_o: 72mm				
Volumen: 6158cm ³		Peso: 114.39g						
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo resistencia a la compresión no confinada con cemento caduco al 10%								
Lectura del Deformímetro (Axial) Div = 0.001 pulg	Lectura del Deformímetro (Carga) Div = 0.001 pulg (Lbs/pulg)	Deformación de la muestra ΔL (mm)	Deformación unitaria ε = ΔL/L _o	Deformación unitaria ε x 10 ³ (3)	Área CF I - ε	Área Corregida A' (cm ²)	Carga Total sobre la muestra P' (kg)	Esfuerzo sobre la muestra σ = P'/A' (kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	18	0.25	0	3.5	0.9965	8.58	9.06	1.06
20	28	0.51	0.01	7.1	0.9929	8.61	13.14	1.53
30	38	0.76	0.01	10.6	0.9894	8.64	17.22	1.99
40	52	1.02	0.01	14.1	0.9859	8.68	22.93	2.64
50	62	1.27	0.02	17.7	0.9823	8.71	27.01	3.1
60	74	1.53	0.02	21.2	0.9788	8.74	31.9	3.65
70	86.5	1.78	0.02	24.7	0.9753	8.77	37	4.22
80	95	2.04	0.03	28.3	0.9717	8.8	40.47	4.6
90	102	2.29	0.03	31.8	0.9682	8.83	43.32	4.9
100	105	2.55	0.04	35.4	0.9646	8.87	44.55	5.02
110	110.5	2.8	0.04	38.9	0.9611	8.9	46.79	5.26
120	116	3.05	0.04	42.4	0.9576	8.93	49.03	5.49
130	117	3.31	0.05	46	0.954	8.97	49.44	5.51
140	115	3.56	0.05	49.5	0.9505	9	48.63	5.4
150	81	3.82	0.05	53	0.947	9.03	34.76	3.85
160	59.5	4.07	0.06	56.6	0.9434	9.07	25.99	2.87
170	56.5	4.33	0.06	60.1	0.9399	9.1	24.76	2.72
180	56.5	4.58	0.06	63.6	0.9364	9.13	24.76	2.71
190	56.5	4.84	0.07	67.2	0.9328	9.17	24.76	2.7
200	56.5	5.09	0.07	70.7	0.9293	9.2	24.76	2.69
210	56.5	5.35	0.07	74.2	0.9258	9.24	24.76	2.68
* Resistencia a la compresión no confinada :				* $q_u = 5.51 \text{ kg/cm}^2$				
* Cohesión:				* $q_u/2 = 2.75 \text{ kg/cm}^2$				



Tabla 207

Análisis de datos del ensayo, compresión inconfiada, SP+10%CC-P2 - Parte II

 Universidad Andina del Cusco		MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA			
		MTC E121 - ASTM D2166 - AASHTO T 208			
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero 2023".			
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco	Fecha: 28 de junio del 2023 N° de hoja: 08 de 09 Número de muestra: N° 2 con cemento caduco al 10% Ensayo: ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento caduco	Número de prueba: N° 2 de N° 3 Código: CNC-SP+10%CC-P2 Descripción: Arcilla-limoso			
Descripción del suelo: ARCILLA LIMOSO					
Límite líquido: 32.02		Límite plástico: 26.33		Índice plástico: 5.69	
Datos de la muestra: 3-2CC(10%)					
Diámetro: 33mm		Área A_o: 8.55 cm ²		Altura, L_o: 72mm	
Volumen: 61.58 cm ³		Peso: 114.39 g			

Hoja de resultados - Ensayo resistencia a la compresión no confinada con cemento caduco al 10%

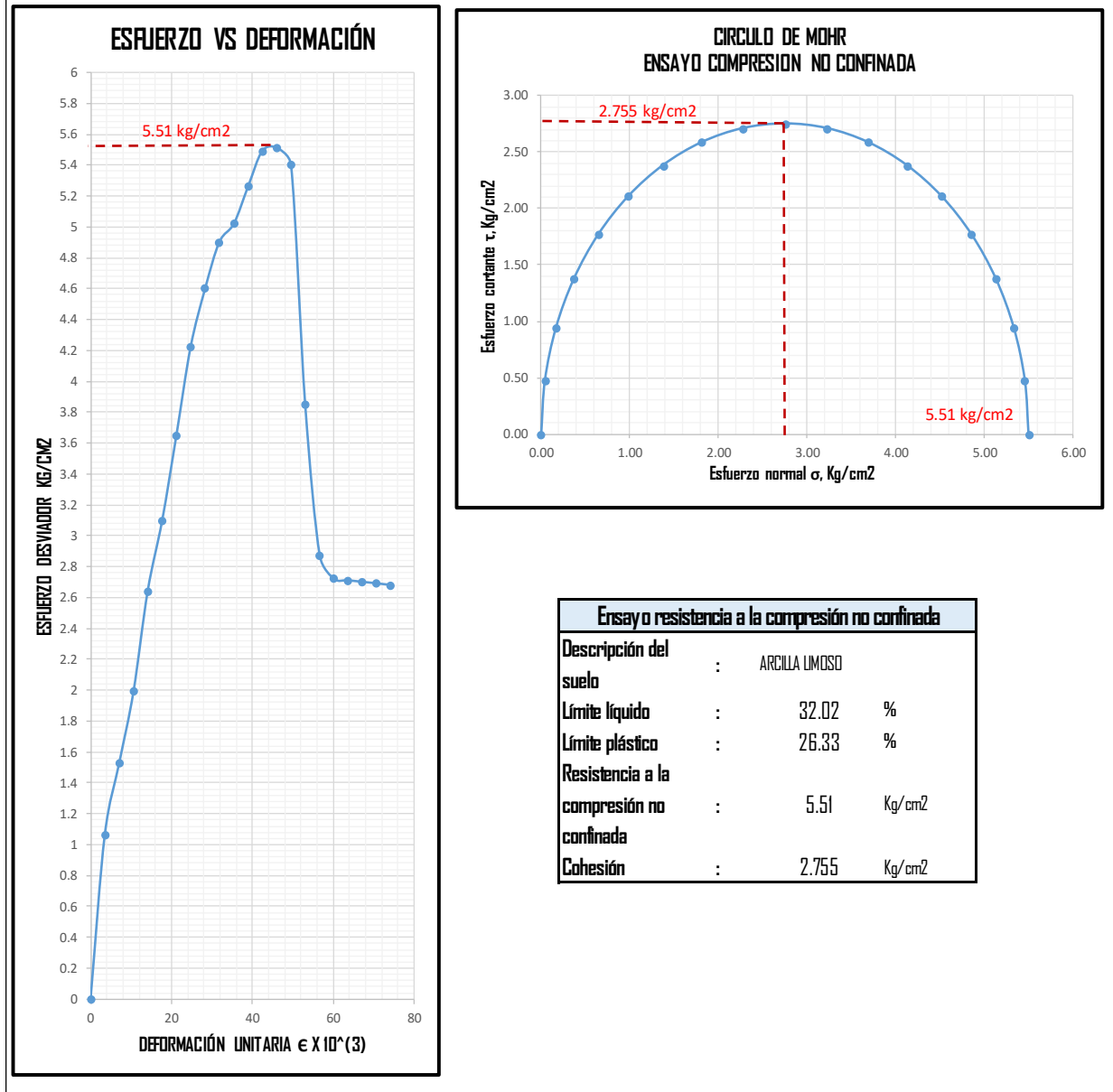




Tabla 208

Análisis de datos del ensayo, compresión confinada, SP+10%CC-P3 - Parte I







 Universidad Andina del Cusco		MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA MTC E121 - ASTM D 2166 - AASHTO T 208							
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".									
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapunco Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 28 de junio del 2023 Nº de hoja: 09 de 09 Número de muestra: Nº 3 con cemento caduco al 10% Ensayo: Ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento caduco		Número de prueba: Nº 3 de Nº 3 Código: CUC-SP+10%CN-P3 Descripción: Arcilla-limoso					
Descripción del suelo: ARCILLA LIMOSO									
Límite líquido: 32.02		Límite plástico: 26.33		Índice plástico: 5.69					
Datos de la muestra: 1-3CC(10%)									
Diámetro: 33mm		Área A_o: 855cm ²		Altura, L_o: 72mm					
Volumen: 61.58cm ³		Peso: 114.39g							
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo resistencia a la compresión no confinada con cemento caduco al 10%									
Lectura del Deformímetro (Axial) Div = 0.001 pulg	Lectura del Deformímetro (Carga) Div = 0.001 pulg (lbs/pulg)	Deformación de la muestra ΔL (mm)	Deformación unitaria ε = ΔL/L _o	Deformación unitaria ε x 10 ³ (3)	Área CF 1 - ε	Área Corregida A' (cm ²)	Carga Total sobre la muestra P' (kg)	Esfuerzo sobre la muestra σ = P'/A' (kg/cm ²)	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	12	0.25	0	3.5	0.9965	8.58	6.61	0.77	
20	30.5	0.51	0.01	7.1	0.9929	8.61	14.16	1.64	
30	39.2	0.76	0.01	10.6	0.9894	8.64	17.71	2.05	
40	48	1.02	0.01	14.1	0.9859	8.68	21.3	2.45	
50	57.5	1.27	0.02	17.7	0.9823	8.71	25.17	2.89	
60	64	1.53	0.02	21.2	0.9788	8.74	27.82	3.18	
70	73	1.78	0.02	24.7	0.9753	8.77	31.49	3.59	
80	74.5	2.04	0.03	28.3	0.9717	8.8	32.11	3.65	
90	79	2.29	0.03	31.8	0.9682	8.83	33.94	3.84	
100	78	2.55	0.04	35.4	0.9646	8.87	33.53	3.78	
110	72	3.05	0.04	42.4	0.9576	8.93	31.09	3.48	
120	65	3.56	0.05	49.5	0.9505	9	28.23	3.14	
130	57.5	4.07	0.06	56.6	0.9434	9.07	25.17	2.78	
140	52	4.58	0.06	63.6	0.9364	9.13	22.93	2.51	
* Resistencia a la compresión no confinada :					* $q_u = 3.84 \text{ kg/cm}^2$				
* Cohesión:					* $q_u/2 = 1.92 \text{ kg/cm}^2$				



Tabla 209

Análisis de datos del ensayo, compresión inconfiada, SP+10%CC-P3 - Parte II

		MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA			
		MTC E121 - ASTM D2166 - AASHTO T 208			
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncodel Distrito de Chinchero, 2023".			
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión	Fecha : 28 de junio del 2023	N° de hoja : 09 de 09	Número de prueba : N° 3 de N° 3		
Tesista 2: Edison Huaman Quispe					
Ubicación de la muestra : Chacapuncu	Número de muestra : N° 3 con cemento caduco al 10%	Ensayo : ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento caduco	Código : UNC-SP+10%CC-P3		
Provincia : Urubamba			Descripción : Arcilla-limoso		
Región : Cusco					
Descripción del suelo : ARCILLA LIMOSO					
Límite líquido : 32.02	Límite plástico : 26.33	Índice plástico : 5.69			
Datos de la muestra : 1-3CC(10%)					
Diámetro : 33mm	Área A_o : 8.55 cm ²	Altura, L_o : 72mm			
Volumen : 61.58 cm ³	Peso : 114.39 g				

Hoja de resultados - Ensayo resistencia a la compresión no confinada con cemento caduco al 10%

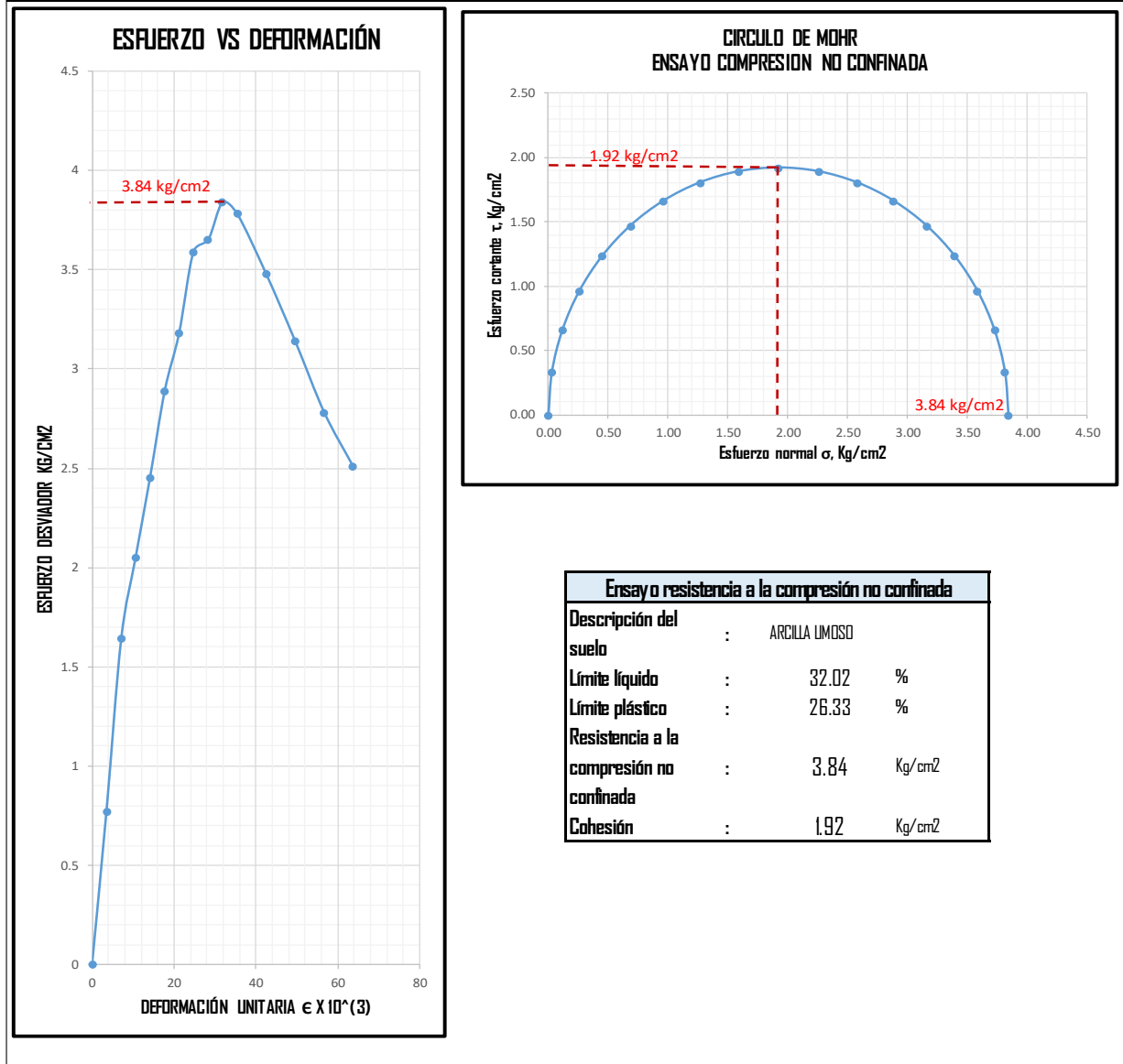




Tabla 210

Análisis de datos del ensayo, compresión inconfiada, SP+4%CN-P1 - Parte I

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA MTC E121 – ASTM D 2166 – AASHTOT 208D								
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".								
Tesista 1 : Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2 : Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra : Chacapunco Provincia : Urubamba Región : Cusco			Fecha : 28 de junio del 2023 N° de hoja : 01 de 09 Número de muestra : N° 1 con cemento normal al 4% Ensayo : Ensayo de propiedades mecánicas del suelo con		Número de prueba : N°1 de N°3 Código : QNC-SP+4%CN-P1 Descripción : Arcilla-limoso			
Descripción del suelo : ARCILLA LIMOSO								
Límite líquido : 30.61			Límite plástico : 25.18			Índice plástico : 5.42		
Datos de la muestra : 1-1CN(4%)								
Diámetro : 33mm			Área A₀ : 855cm ²			Altura, L₀ : 72mm		
Volumen : 61.58cm ³			Peso : 114.39g					
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo resistencia a la compresión no confinada con cemento normal al 4%								
Lectura del Deformímetro (Axial) Div = 0.001 pulg	Lectura del Deformímetro (Carga) Div = 0.001 pulg (lbs/pulg)	Deformación de la muestra ΔL(mm)	Deformación unitaria ε = ΔL/L ₀	Deformación unitaria ε x 10 ³ (3)	Área CF 1 - ε	Área Corregida A' (cm ²)	Carga Total sobre la muestra P' (kg)	Esfuerzo sobre la muestra σ = P' / A' (kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	6.5	0.25	0	3.5	0.9965	8.58	4.37	0.51
20	8.5	0.51	0.01	7.1	0.9929	8.61	5.19	0.6
30	10.5	0.76	0.01	10.6	0.9894	8.64	6	0.69
40	16	1.02	0.01	14.1	0.9859	8.68	8.24	0.95
50	23	1.27	0.02	17.7	0.9823	8.71	11.1	1.27
60	29.5	1.53	0.02	21.2	0.9788	8.74	13.75	1.57
70	38	1.78	0.02	24.7	0.9753	8.77	17.22	1.96
80	45.5	2.04	0.03	28.3	0.9717	8.8	20.28	2.3
90	53	2.29	0.03	31.8	0.9682	8.83	23.34	2.64
100	61	2.55	0.04	35.4	0.9646	8.87	26.6	3
110	67	2.8	0.04	38.9	0.9611	8.9	29.05	3.26
120	71	3.05	0.04	42.4	0.9576	8.93	30.68	3.43
130	74	3.31	0.05	46	0.954	8.97	31.9	3.56
140	78	3.56	0.05	49.5	0.9505	9	33.53	3.73
150	82.5	3.82	0.05	53	0.947	9.03	35.37	3.92
160	85.5	4.07	0.06	56.6	0.9434	9.07	36.59	4.04
170	88	4.33	0.06	60.1	0.9399	9.1	37.61	4.13
180	86	4.58	0.06	63.6	0.9364	9.13	36.8	4.03
190	80.5	4.84	0.07	67.2	0.9328	9.17	34.55	3.77
200	71	5.09	0.07	70.7	0.9293	9.2	30.68	3.33
210	66	5.35	0.07	74.2	0.9258	9.24	28.64	3.1
220	60	5.6	0.08	77.8	0.9222	9.27	26.19	2.82
* Resistencia a la compresión no confinada :					* q _u = 4.14 kg/cm ²			
* Cohesión:					* q _u /2 = 2.07 kg/cm ²			



Tabla 211

Análisis de datos del ensayo, compresión inconfiada, SP+4%CN-P1 - Parte II




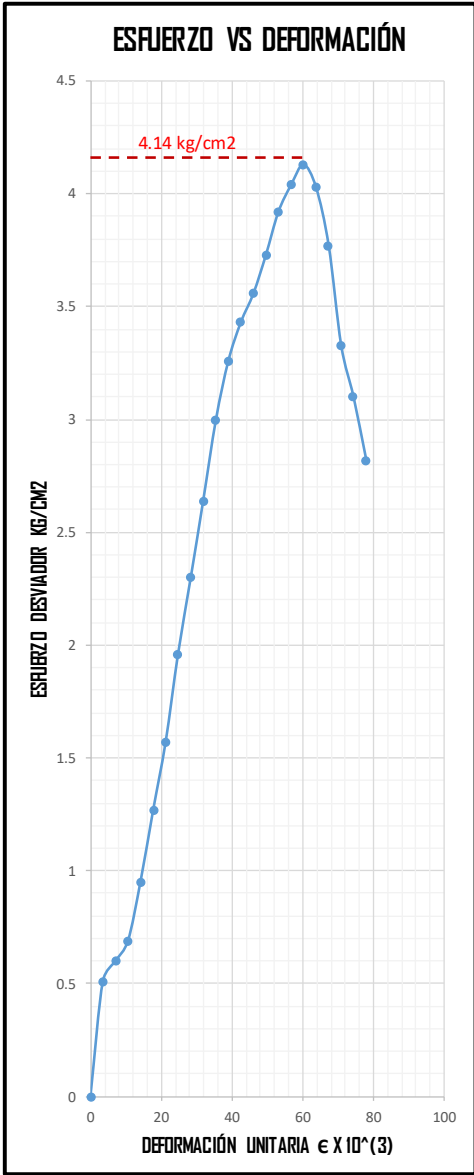
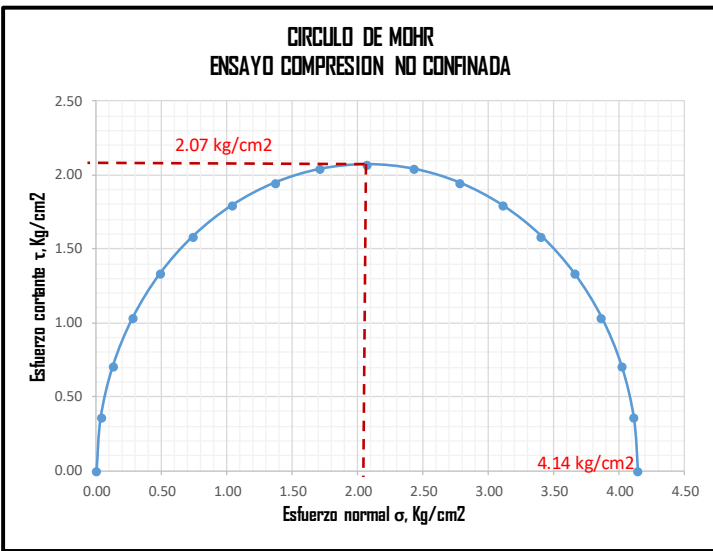
 Universidad Andina del Cusco		MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA																					
MTC E121 - ASTM D2166 - AASHTO T 208																							
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".																					
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huanan Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco	Fecha : 28 de junio del 2023 N° de hoja : 01 de 09 Número de muestra : N° 1 con cemento normal al 4% Ensayo : Ensayo de propiedades mecánicas del suelo con	Número de prueba : N° 1 de N° 3 Código : CNC-SP+4%CN-P1 Descripción : Arcilla-limoso																					
Descripción del suelo : ARCILLA LIMOSO																							
Límite líquido : 30.61		Límite plástico : 25.18		Índice plástico : 5.42																			
Datos de la muestra : 1-1CN(4%)																							
Diámetro : 33mm		Área A_o : 8.55 cm ²		Altura, L_o : 72mm																			
Volumen : 61.58 cm ³		Peso : 114.39g																					
Hoja de resultados - Ensayo resistencia a la compresión no confinada con cemento normal al 4%																							
 <p>ESFUERZO VS DEFORMACIÓN</p>			 <p>CIRCULO DE MOHR ENSAYO COMPRESION NO CONFINADA</p>																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Ensayo resistencia a la compresión no confinada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Descripción del</td> <td>:</td> <td>ARCILLA LIMOSO</td> </tr> <tr> <td>Límite líquido</td> <td>:</td> <td>30.61 %</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico</td> <td>:</td> <td>25.18 %</td> </tr> <tr> <td>Resistencia a la compresión no confinada</td> <td>:</td> <td>4.14 Kg/cm²</td> </tr> <tr> <td>Cohesión</td> <td>:</td> <td>2.07 Kg/cm²</td> </tr> </tbody> </table>						Ensayo resistencia a la compresión no confinada			Descripción del	:	ARCILLA LIMOSO	Límite líquido	:	30.61 %	Límite plástico	:	25.18 %	Resistencia a la compresión no confinada	:	4.14 Kg/cm ²	Cohesión	:	2.07 Kg/cm ²
Ensayo resistencia a la compresión no confinada																							
Descripción del	:	ARCILLA LIMOSO																					
Límite líquido	:	30.61 %																					
Límite plástico	:	25.18 %																					
Resistencia a la compresión no confinada	:	4.14 Kg/cm ²																					
Cohesión	:	2.07 Kg/cm ²																					



Tabla 212

Análisis de datos del ensayo, compresión confinada, SP+4%CN-P2 - Parte I

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA MTC E121 – ASTM D 2166 – AASHTO T 208Q								
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".								
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapunco Provincia: Urubamba Región: Cusco			Fecha: 28 de junio del 2023 N° de hoja: 02 de 09 Número de muestra: N° 2 con cemento normal al 4% ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento		Número de prueba: N° 2 de N3 Código: CNC-SP+4%CN-P2 Descripción: Arcilla-limoso			
Descripción del suelo: ARCILLA LIMOSO								
Límite líquido: 30.61			Límite plástico: 25.18		Índice plástico: 5.42			
Datos de la muestra: 1-2CN(4%)								
Diámetro: 33mm			Área A₀: 8.55 cm ²		Altura, L₀: 72mm			
Volumen: 61.58 cm ³			Peso: 114.39g					
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo resistencia a la compresión no confinada con cemento normal al 4%								
Lectura del Deformímetro (Axial) Div = 0.001 pulg	Lectura del Deformímetro (Carga) Div = 0.001 pulg (lbs/pulg)	Deformación de la muestra ΔL (mm)	Deformación unitaria ε = ΔL/L ₀	Deformación unitaria ε x 10 ³ (3)	Área CF I - ε	Área Corregida A' (cm ²)	Carga Total sobre la muestra P' (kg)	Esfuerzo sobre la muestra σ = P'/A' (kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	11.5	0.25	0	3.5	0.9965	8.58	6.41	0.75
20	19	0.51	0.01	7.1	0.9929	8.61	9.47	1.1
30	24	0.76	0.01	10.6	0.9894	8.64	11.51	1.33
40	32.5	1.02	0.01	14.1	0.9859	8.68	14.97	1.73
50	43	1.27	0.02	17.7	0.9823	8.71	19.26	2.21
60	50	1.53	0.02	21.2	0.9788	8.74	22.11	2.53
70	58	1.78	0.02	24.7	0.9753	8.77	25.38	2.89
80	63.5	2.04	0.03	28.3	0.9717	8.8	27.62	3.14
90	69	2.29	0.03	31.8	0.9682	8.83	29.86	3.38
100	76	2.55	0.04	35.4	0.9646	8.87	32.72	3.69
110	79	2.8	0.04	38.9	0.9611	8.9	33.94	3.81
120	81	3.05	0.04	42.4	0.9576	8.93	34.76	3.89
130	84	3.31	0.05	46	0.954	8.97	35.98	4.01
140	85	3.56	0.05	49.5	0.9505	9	36.39	4.04
150	85.2	3.82	0.05	53	0.947	9.03	36.47	4.04
160	82.5	4.07	0.06	56.6	0.9434	9.07	35.37	3.9
170	77.5	4.33	0.06	60.1	0.9399	9.1	33.33	3.66
180	76.5	4.58	0.06	63.6	0.9364	9.13	32.92	3.6
190	76	4.84	0.07	67.2	0.9328	9.17	32.72	3.57
200	69.5	5.09	0.07	70.7	0.9293	9.2	30.07	3.27
210	65.5	5.35	0.07	74.2	0.9258	9.24	28.44	3.08
* Resistencia a la compresión no confinada :				* q _u = 4.06 kg/cm ²				
* Cohesión:				* q _u /2 = 2.03 kg/cm ²				



Tabla 213

Análisis de datos del ensayo, compresión inconfiada, SP+4%CN-P2 - Parte II




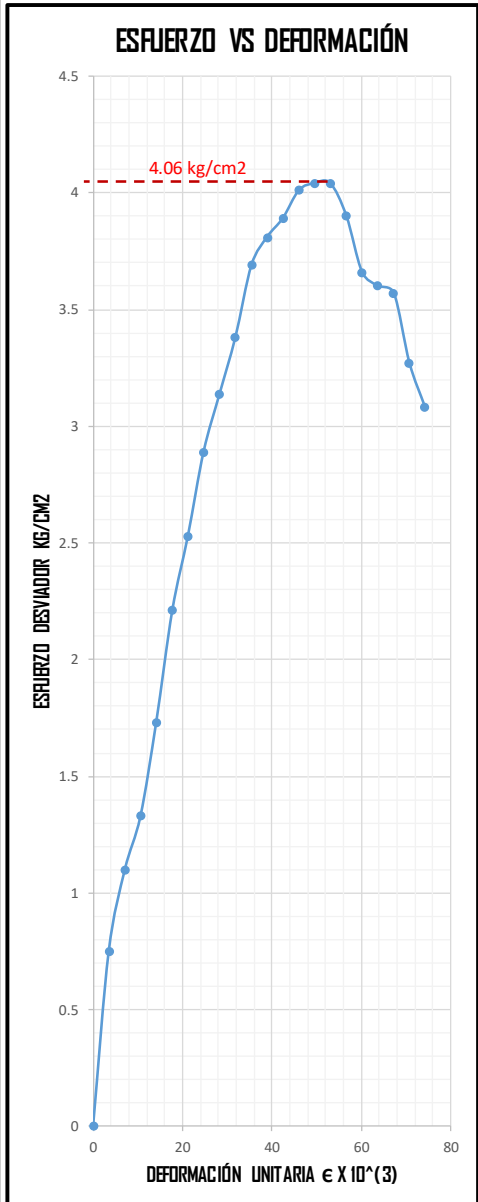
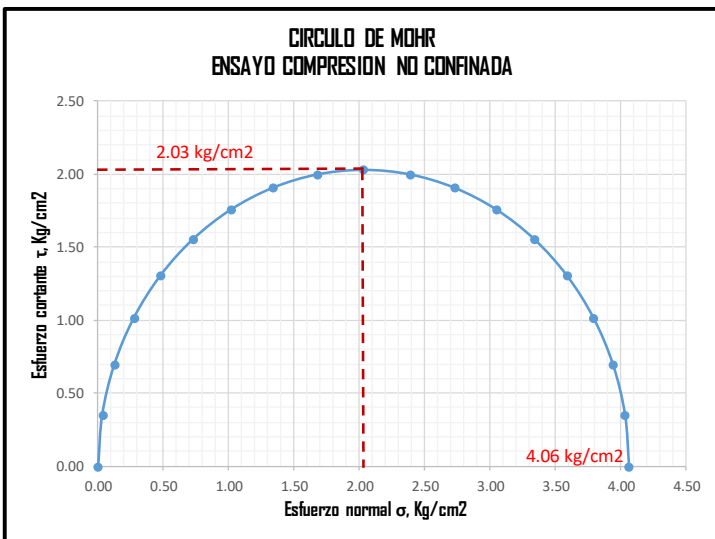
 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA																					
		MTC E121 - ASTM D2166 - AASHTO T 2080																					
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncodel Distrito de Chinchero, 2023".																					
Tesis 1 : Joselin Huarcaya Carrión Tesis 2 : Edisson Human Quispe Ubicación de la muestra : Chacapuncu Provincia : Urubamba Región : Cusco		Fecha : 28 de junio del 2023 N° de hoja : 02 de 09 Número de muestra : N° 2 con cemento normal al 4% Ensayo : ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento	Número de prueba : N° 2 de N° 3 Código : ONC-SP4%CN-P2 Descripción : Arcilla-limoso																				
Descripción del suelo : ARCILLA LIMOSO																							
Límite líquido :		30.61	Límite plástico :	25.18	Índice plástico :	5.42																	
Datos de la muestra : 1-2CN(4%)																							
Diámetro :		33mm	Área Ao :	8.55 cm ²	Altura, Lo :	72mm																	
Volumen :		61.58 cm ³	Peso :	114.39 g																			
Hoja de resultados - Ensayo resistencia a la compresión no confinada con cemento normal al 4%																							
ESFUERZO VS DEFORMACIÓN 			CIRCULO DE MOHR ENSAYO COMPRESION NO CONFINADA 																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Ensayo resistencia a la compresión no confinada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Descripción del suelo</td> <td>:</td> <td>ARCILLA LIMOSO</td> </tr> <tr> <td>Límite líquido</td> <td>:</td> <td>30.61 %</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico</td> <td>:</td> <td>25.18 %</td> </tr> <tr> <td>Resistencia a la compresión no confinada</td> <td>:</td> <td>4.06 Kg/cm²</td> </tr> <tr> <td>Cohesión</td> <td>:</td> <td>2.03 Kg/cm²</td> </tr> </tbody> </table>						Ensayo resistencia a la compresión no confinada			Descripción del suelo	:	ARCILLA LIMOSO	Límite líquido	:	30.61 %	Límite plástico	:	25.18 %	Resistencia a la compresión no confinada	:	4.06 Kg/cm ²	Cohesión	:	2.03 Kg/cm ²
Ensayo resistencia a la compresión no confinada																							
Descripción del suelo	:	ARCILLA LIMOSO																					
Límite líquido	:	30.61 %																					
Límite plástico	:	25.18 %																					
Resistencia a la compresión no confinada	:	4.06 Kg/cm ²																					
Cohesión	:	2.03 Kg/cm ²																					



Tabla 214

Análisis de datos del ensayo, compresión inconfiada, SP+4%CN-P3 - Parte I




 Universidad Andina del Cusco		MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA MTC E121 - ASTM D 2166 - AASHTO 2080						
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".								
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edison Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 28 de junio del 2023 N° de hoja: 03 de 09 Número de muestra: N° 3 con cemento normal al 4% ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento		Número de prueba: N° 3 de N° 3 Código: 0N-SP+4%CN-P3 Descripción: Arcilla-limoso				
Descripción del suelo: ARCILLA LIMOSO								
Límite líquido: 30.61		Límite plástico: 25.18		Índice plástico: 5.42				
Datos de la muestra: 1-3CN(4%)								
Diámetro: 33mm		Área A₀: 855cm ²		Altura, L₀: 72mm				
Volumen: 61.58cm ³		Peso: 114.39g						
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo resistencia a la compresión no confinada con cemento normal al 4%								
Lectura del Deformímetro (Axial) Div = 0.001 pulg = 0.001 pulg	Lectura del Deformímetro (Carga) Div = 0.001 pulg (Lbs/pulg)	Deformación de la muestra ΔL (mm)	Deformación unitaria ε = ΔL/L ₀	Deformación unitaria ε x 10 ³ (3)	Área CF 1 - ε	Área Corregida A' (cm ²)	Carga Total sobre la muestra P' (kg)	Esfuerzo sobre la muestra σ = P'/A' (kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	5.2	0.25	0	3.5	0.9965	8.58	3.84	0.45
20	13	0.76	0.01	10.6	0.9894	8.64	7.02	0.81
30	18	1.02	0.01	14.1	0.9859	8.68	9.06	1.04
40	20	1.27	0.02	17.7	0.9823	8.71	9.88	1.13
50	23.5	1.53	0.02	21.2	0.9788	8.74	11.3	1.29
60	27.2	1.78	0.02	24.7	0.9753	8.77	12.81	1.46
70	34	2.04	0.03	28.3	0.9717	8.8	15.59	1.77
80	41	2.29	0.03	31.8	0.9682	8.83	18.44	2.09
90	48	2.55	0.04	35.4	0.9646	8.87	21.3	2.4
100	53.5	2.8	0.04	38.9	0.9611	8.9	23.54	2.65
110	61	3.05	0.04	42.4	0.9576	8.93	26.6	2.98
120	69	3.31	0.05	46	0.954	8.97	29.86	3.33
130	74.2	3.56	0.05	49.5	0.9505	9	31.98	3.55
140	81.2	3.82	0.05	53	0.947	9.03	34.84	3.86
150	87	4.07	0.06	56.6	0.9434	9.07	37.2	4.1
160	91	4.33	0.06	60.1	0.9399	9.1	38.84	4.27
170	92	4.58	0.06	63.6	0.9364	9.13	39.24	4.3
180	91.5	4.84	0.07	67.2	0.9328	9.17	39.04	4.26
190	89.8	5.09	0.07	70.7	0.9293	9.2	38.35	4.17
200	77	5.35	0.07	74.2	0.9258	9.24	33.13	3.59
210	62	5.6	0.08	77.8	0.9222	9.27	27.01	2.91
220	56.5	5.85	0.08	81.3	0.9187	9.31	24.76	2.66
230	56.5	5.85	0.08	81.3	0.9187	9.31	24.76	2.66
* Resistencia a la compresión no confinada :				* $q_u = 4.3 \text{ kg/cm}^2$				
* Cohesión:				* $q_u/2 = 2.15 \text{ kg/cm}^2$				

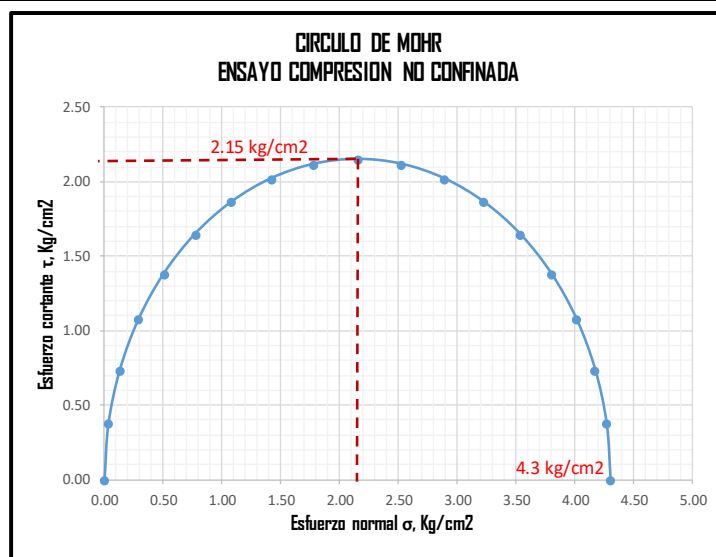
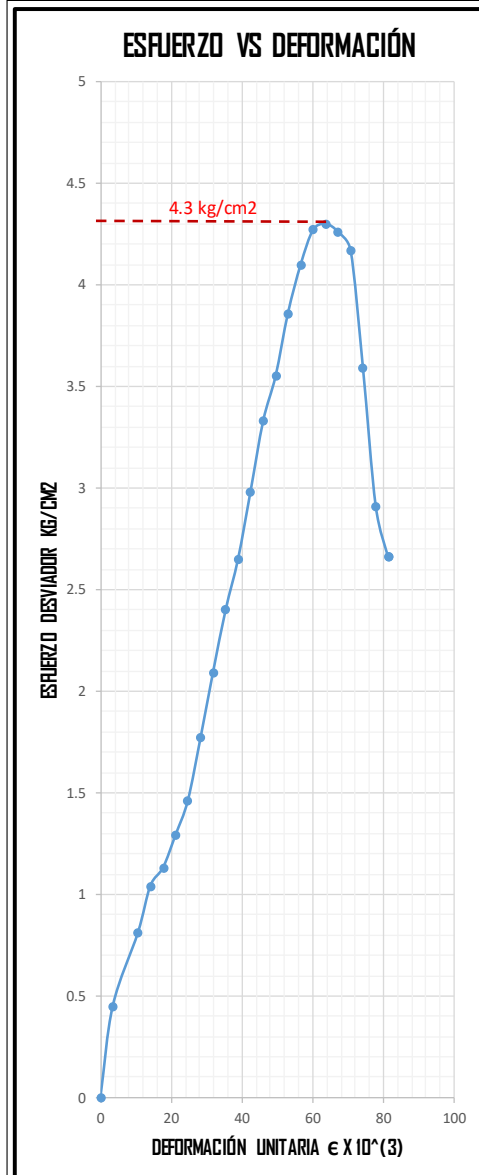


Tabla 215

Análisis de datos del ensayo, compresión inconfiada, SP+4%CN-P3 - Parte II

Universidad Andina del Cusco		MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA MTC E121 - ASTM D 2166 - AASHTO T 208		
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero 2023".		
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión	Fecha: 28 de junio del 2023	Número de prueba: N° 3 de N° 3		
Tesista 2: Edison Huaman Quispe	N° de hoja: 03 de 09	Código: CN-SP+4%CN-P3		
Ubicación de la muestra: Chacapunco	Número de muestra: N° 3 con cemento normal al 4%	Descripción: Arcilla-limoso		
Provincia: Urubamba	Ensayo: mecánicas del suelo con cemento			
Región: Cusco				
Descripción del suelo: ARCILLA LIMOSO				
Límite líquido: 30.61	Límite plástico: 25.18	Índice plástico: 5.42		
Datos de la muestra: 1-3CN(4%)				
Diámetro: 33mm	Área Ao: 8.55 cm ²	Altura, Lo: 72mm		
Volumen: 61.58 cm ³	Peso: 114.39g			

Hoja de resultados - Ensayo resistencia a la compresión no confinada con cemento normal al 4%



Ensayo resistencia a la compresión no confinada		
Descripción del suelo	:	ARCILLA LIMOSO
Límite líquido	:	30.61 %
Límite plástico	:	25.18 %
Resistencia a la compresión no confinada	:	4.3 Kg/cm ²
Cohesión	:	2.15 Kg/cm ²



Tabla 216

Análisis de datos del ensayo, compresión inconfiada, SP+7%CN-PI - Parte I




 Universidad Andina del Cusco		METODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA MTC E121 - ASTM D 2166 - AASHTO T 208						
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".						
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edison Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 28 de junio del 2023 N° de hoja: 04 de 09 Número de muestra: N° 1 con cemento normal al 7% Ensayo: ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento		Número de prueba: N°1 de N°3 Código: CNC-SP+7%CN-PI Descripción: Arcilla-limoso				
Descripción del suelo: ARCILLA LIMOSO		Límite líquido: 30.5		Límite plástico: 25.12		Índice plástico: 5.38		
Datos de la muestra: 2-1CN(7%)		Diámetro: 33mm		Área A₀: 855cm ²		Altura, L₀: 72mm		
Volumen: 61.58cm ³		Peso: 114.39g						
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo resistencia a la compresión no confinada con cemento normal al 7%								
Lectura del Deformímetro (Axial) Div = 0.001 pulg	Lectura del Deformímetro (Carga) Div = 0.001 pulg (lbs/pulg)	Deformación de la muestra ΔL (mm)	Deformación unitaria ε = ΔL/L ₀	Deformación unitaria ε x 10 ³ (3)	Área CF I - ε	Área Corregida A' (cm ²)	Carga Total sobre la muestra P' (kg)	Esfuerzo sobre la muestra σ = P'/A' (kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	27	0.25	0	3.5	0.9965	8.58	12.73	1.48
20	42	0.51	0.01	7.1	0.9929	8.61	18.85	2.19
30	56	0.76	0.01	10.6	0.9894	8.64	24.56	2.84
40	70	1.02	0.01	14.1	0.9859	8.68	30.27	3.49
50	80.5	1.27	0.02	17.7	0.9823	8.71	34.55	3.97
60	88	1.53	0.02	21.2	0.9788	8.74	37.61	4.3
70	91	1.78	0.02	24.7	0.9753	8.77	38.84	4.43
80	80	2.04	0.03	28.3	0.9717	8.8	34.35	3.9
90	55	2.29	0.03	31.8	0.9682	8.83	24.15	2.73
100	47	2.55	0.04	35.4	0.9646	8.87	20.89	2.36
110	43	2.8	0.04	38.9	0.9611	8.9	19.26	2.16
120	41.5	3.05	0.04	42.4	0.9576	8.93	18.65	2.09
* Resistencia a la compresión no confinada :					* $q_u = 4.46 \text{ kg/cm}^2$			
* Cohesión:					* $q_u/2 = 2.23 \text{ kg/cm}^2$			



Tabla 217

Análisis de datos del ensayo, compresión inconfiada, SP+7%CN-P1 - Parte II




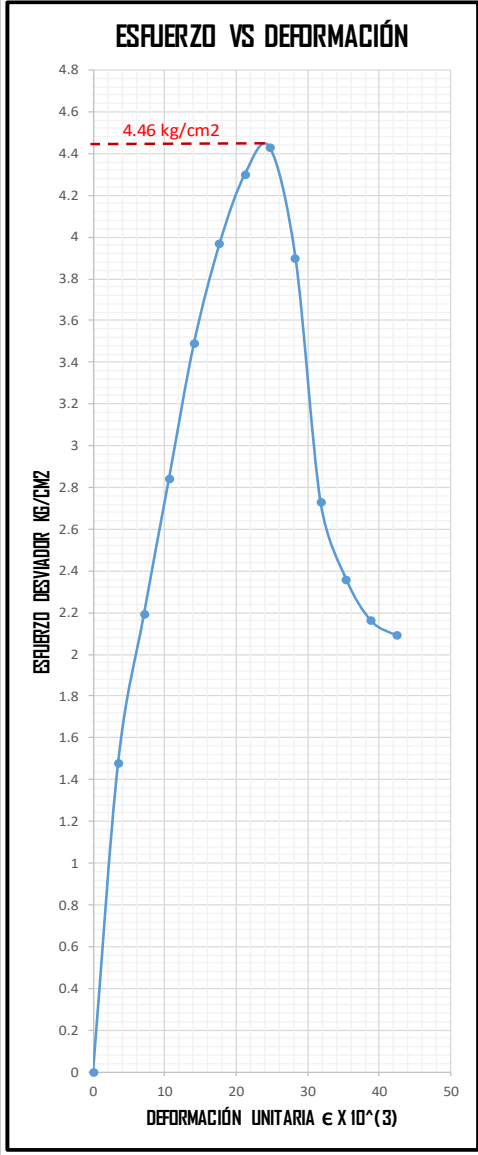
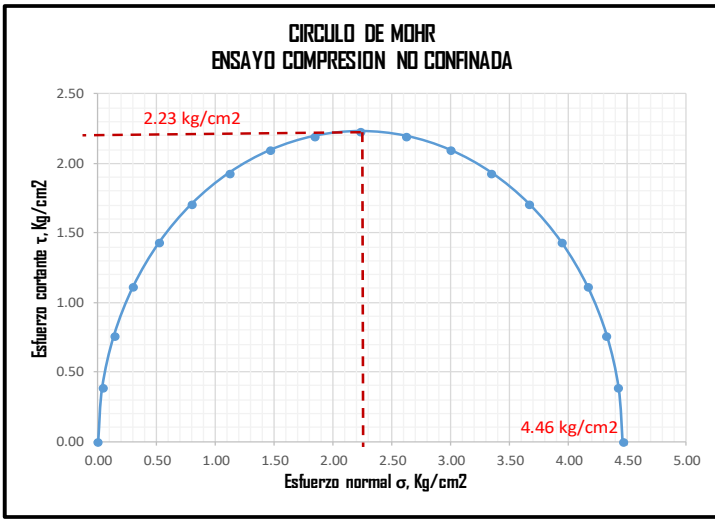
 Universidad Andina del Cusco		MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA MTC E121 - ASTM D2166 - AASHTO T 208C																				
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncodel Distrito de Chinchero, 2023".																				
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edison Human Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco	Fecha: 28 de junio del 2023 N° de hoja: 04 de 09 Número de muestra: N° 1 con cemento normal al 7% Ensayo: Ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento	Número de prueba: N°1 de N°3 Código: ONC-SP+7%CN-P1 Descripción: Arcilla-limoso																				
Descripción del suelo: ARCILLA LIMOSO																						
Límite líquido: 30.5		Límite plástico: 25.12		Índice plástico: 5.38																		
Datos de la muestra: 2-1CN(7%)																						
Diámetro: 33mm		Área A_o: 8.55 cm ²		Altura, L_o: 72mm																		
Volumen: 61.58 cm ³		Peso: 114.39 g																				
Hoja de resultados - Ensayo resistencia a la compresión no confinada con cemento normal al 7%																						
 <p style="text-align: center;">ESFUERZO VS DEFORMACIÓN</p>		 <p style="text-align: center;">CIRCULO DE MOHR ENSAYO COMPRESION NO CONFINADA</p>																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Ensayo resistencia a la compresión no confinada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Descripción del suelo</td> <td>:</td> <td>ARCILLA LIMOSO</td> </tr> <tr> <td>Límite líquido</td> <td>:</td> <td>30.5 %</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico</td> <td>:</td> <td>25.12 %</td> </tr> <tr> <td>Resistencia a la compresión no confinada</td> <td>:</td> <td>4.46 Kg/cm²</td> </tr> <tr> <td>Cohesión</td> <td>:</td> <td>2.23 Kg/cm²</td> </tr> </tbody> </table>					Ensayo resistencia a la compresión no confinada			Descripción del suelo	:	ARCILLA LIMOSO	Límite líquido	:	30.5 %	Límite plástico	:	25.12 %	Resistencia a la compresión no confinada	:	4.46 Kg/cm ²	Cohesión	:	2.23 Kg/cm ²
Ensayo resistencia a la compresión no confinada																						
Descripción del suelo	:	ARCILLA LIMOSO																				
Límite líquido	:	30.5 %																				
Límite plástico	:	25.12 %																				
Resistencia a la compresión no confinada	:	4.46 Kg/cm ²																				
Cohesión	:	2.23 Kg/cm ²																				



Tabla 218

Análisis de datos del ensayo, compresión inconfiada, SP+7%CN-P2 - Parte I




Universidad Andina del Cusco		MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA MTC E121 - ASTM D 2166 - AASHTO T 208						UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO	
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".							
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edison Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapunco Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 28 de junio del 2023 N° de hoja: 05 de 09 Número de muestra: N° 2 con cemento normal al 7% Ensayo: ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento		Número de prueba: N° 2 de N° 3 Código: UNC-SP+7%CN-P2 Descripción: Arcilla-limso					
Descripción del suelo: ARCILLA LIMOSO		Límite líquido: 30.5		Límite plástico: 25.12		Índice plástico: 5.38			
Datos de la muestra: 2-2CN(7%)		Diámetro: 33mm		Área A₀: 8.55 cm ²		Altura, L₀: 72mm			
Volumen: 61.58 cm ³		Peso: 114.39g							
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo resistencia a la compresión no confinada con cemento normal al 7%									
Lectura del Deformímetro (Axial) Div = 0.001 pulg	Lectura del Deformímetro (Carga) Div = 0.001 pulg (Lbs/pulg)	Deformación de la muestra ΔL (mm)	Deformación unitaria ε = ΔL/L ₀	Deformación unitaria ε x 10 ³	Área CF I - ε	Área Corregida A' (cm ²)	Carga Total sobre la muestra P' (kg)	Esfuerzo sobre la muestra σ = P'/A' (kg/cm ²)	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	10.5	0.25	0	3.5	0.9965	8.58	6	0.7	
20	16	0.51	0.01	7.1	0.9929	8.61	8.24	0.96	
30	23	0.76	0.01	10.6	0.9894	8.64	11.1	1.28	
40	33	1.02	0.01	14.1	0.9859	8.68	15.18	1.75	
50	42	1.27	0.02	17.7	0.9823	8.71	18.85	2.16	
60	54	1.53	0.02	21.2	0.9788	8.74	23.74	2.72	
70	64	1.78	0.02	24.7	0.9753	8.77	27.82	3.17	
80	72	2.04	0.03	28.3	0.9717	8.8	31.09	3.53	
90	80	2.29	0.03	31.8	0.9682	8.83	34.35	3.89	
100	89	2.55	0.04	35.4	0.9646	8.87	38.02	4.29	
110	94	2.8	0.04	38.9	0.9611	8.9	40.06	4.5	
120	98	3.05	0.04	42.4	0.9576	8.93	41.69	4.67	
130	100	3.31	0.05	46	0.954	8.97	42.51	4.74	
140	98	3.56	0.05	49.5	0.9505	9	41.69	4.63	
150	85	3.82	0.05	53	0.947	9.03	36.39	4.03	
160	79	4.07	0.06	56.6	0.9434	9.07	33.94	3.74	
170	74.5	4.33	0.06	60.1	0.9399	9.1	32.11	3.53	
180	73.5	4.58	0.06	63.6	0.9364	9.13	31.7	3.47	
190	73.1	4.84	0.07	67.2	0.9328	9.17	31.54	3.44	
* Resistencia a la compresión no confinada :					* q _u = 4.75 kg/cm ²				
* Cohesión:					* q _u /2 = 2.37 kg/cm ²				

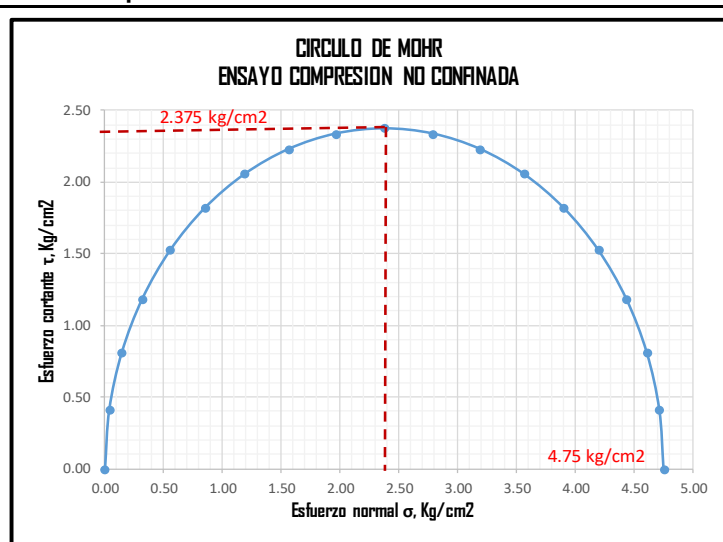
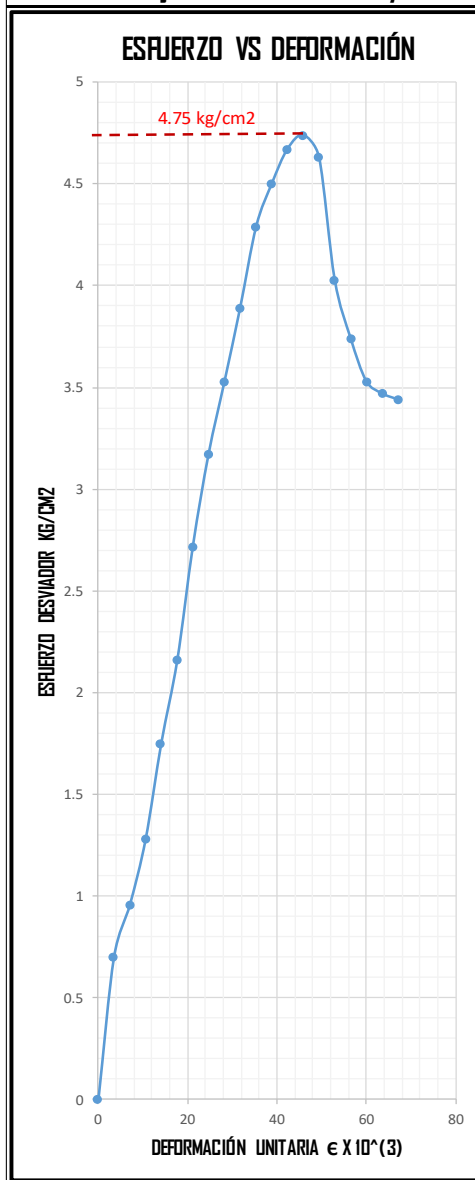


Tabla 219

Análisis de datos del ensayo, compresión inconfiada, SP+7%CN-P2 - Parte II

 Universidad Andina del Cusco		MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA MTC E121 - ASTM D2166 - AASHTO T 2080			
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".			
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edison Human Quispe Ubicación de la muestra: Chacapunco Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 28 de junio del 2023 N° de hoja: 05 de 09 Número de muestra: N° 2 con cemento normal al 7% Ensayo: ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento		Número de prueba: N° 2 de N° 3 Código: ONC-SP+7%CN-P2 Descripción: Arcilla-limosa	
Descripción del suelo: ARCILLA LIMOSO					
Límite líquido: 30.5		Límite plástico: 25.12		Índice plástico: 5.38	
Datos de la muestra: 2-2CN(7%)					
Diámetro: 33mm		Área A_o: 8.55 cm ²		Altura, L_o: 72mm	
Volumen: 61.58 cm ³		Peso: 114.39 g			

Hoja de resultados - Ensayo resistencia a la compresión no confinada con cemento normal al 7%



Ensayo resistencia a la compresión no confinada		
Descripción del suelo	:	ARCILLA LIMOSO
Límite líquido	:	30.5 %
Límite plástico	:	25.12 %
Resistencia a la compresión no confinada	:	4.75 Kg/cm ²
Cohesión	:	2.375 Kg/cm ²



Tabla 220

Análisis de datos del ensayo, compresión confinada, SP+7%CN-P3 - Parte I







 Universidad Andina del Cusco		MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA MTC E121 – ASTM D 2166 – AASHTO T 208						
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".						
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edison Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 28 de junio del 2023 N° de hoja: 06 de 09 Número de muestra: N° 3 con cemento normal al 7% Ensayo: ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento		Número de prueba: N° 3 de N° 3 Código: QNC-SP+7%CN-P3 Descripción: Arcilla-limoso				
Descripción del suelo: ARCILLA LIMOSO		Límite líquido: 30.5		Límite plástico: 25.12		Índice plástico: 5.38		
Datos de la muestra: 2-3CN(7%)		Diámetro: 33mm		Área A₀: 855cm ²		Altura, L₀: 72mm		
Volumen: 61.58cm ³		Peso: 114.39g						
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo resistencia a la compresión no confinada con cemento normal al 7%								
Lectura del Deformímetro (Axial) Div = 0.001 pulg	Lectura del Deformímetro (Carga) Div = 0.001 pulg (Lbs/pulg)	Deformación de la muestra ΔL (mm)	Deformación unitaria ε = ΔL/L ₀	Deformación unitaria ε x 10 ³ (3)	Área CF 1 - ε	Área Corregida A' (cm ²)	Carga Total sobre la muestra P' (kg)	Esfuerzo sobre la muestra σ = P'/A' (kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	23.5	0.25	0	3.5	0.9965	8.58	11.3	1.32
20	33	0.51	0.01	7.1	0.9929	8.61	15.18	1.76
30	45	0.76	0.01	10.6	0.9894	8.64	20.07	2.32
40	54.5	1.02	0.01	14.1	0.9859	8.68	23.95	2.76
50	64	1.27	0.02	17.7	0.9823	8.71	27.82	3.2
60	69.5	1.53	0.02	21.2	0.9788	8.74	30.07	3.44
70	77	1.78	0.02	24.7	0.9753	8.77	33.13	3.78
80	82.5	2.04	0.03	28.3	0.9717	8.8	35.37	4.02
90	84	2.29	0.03	31.8	0.9682	8.83	35.98	4.07
100	79	2.55	0.04	35.4	0.9646	8.87	33.94	3.83
110	73	2.8	0.04	38.9	0.9611	8.9	31.49	3.54
120	58	3.05	0.04	42.4	0.9576	8.93	25.38	2.84
130	45	3.31	0.05	46	0.954	8.97	20.07	2.24
140	42	3.56	0.05	49.5	0.9505	9	18.85	2.09
* Resistencia a la compresión no confinada :				* $q_u = 4.09 \text{ kg/cm}^2$				
* Cohesión:				* $q_u/2 = 2.04 \text{ kg/cm}^2$				

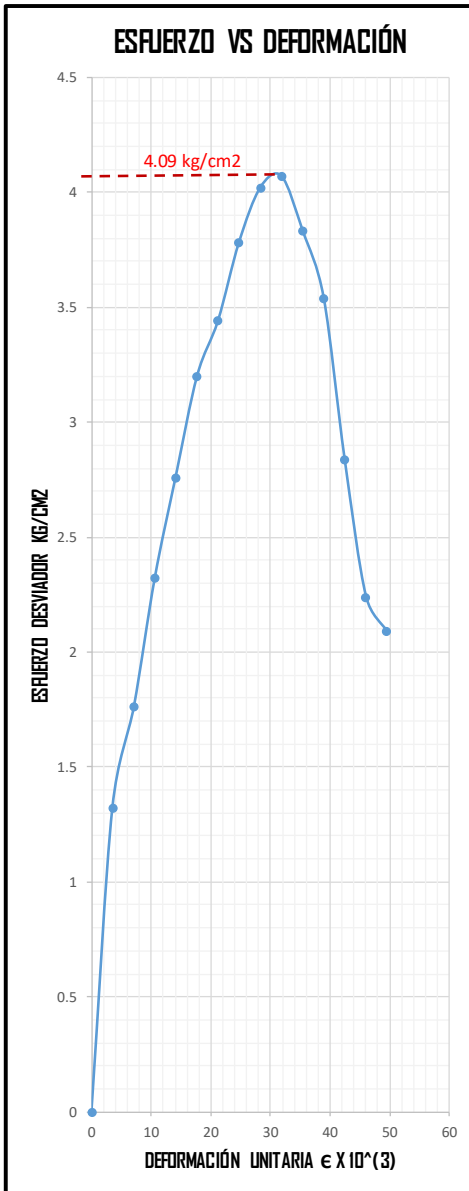


Tabla 221

Análisis de datos del ensayo, compresión inconfiada, SP+7%CN-P3 - Parte II

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA MTC E121 - ASTM D 2166 - AASHTO T 208		
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncodel Distrito de Chinchero, 2023".		
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edison Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncó Provincia: Urubamba Región: Cusco	Fecha: 28 de junio del 2023 N° de hoja: 06 de 09 Número de muestra: N° 3 con cemento normal al 7% Ensayo: ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento	Número de prueba: N° 3 de N° 3 Código: UNC-SP+7%CN-P3 Descripción: Arcilla-limoso		
Descripción del suelo: ARCILLA LIMOSO				
Límite líquido: 30.5		Límite plástico: 25.12		Índice plástico: 5.38
Datos de la muestra: 2-3CN(7%)				
Diámetro: 33mm		Área A₀: 8.55 cm ²		Altura, L₀: 72mm
Volumen: 61.58 cm ³		Peso: 114.39g		

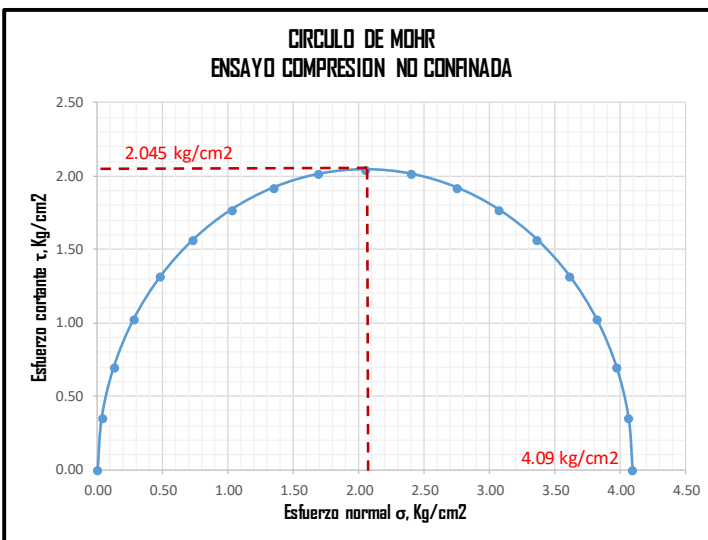
Hoja de resultados - Ensayo resistencia a la compresión no confinada con cemento normal al 7%



ESFUERZO VS DEFORMACIÓN

Y-axis: ESFUERZO DESVIADOR Kg/cm²
X-axis: DEFORMACIÓN UNITARIA $\epsilon \times 10^3$ (%)

Peak value: 4.09 kg/cm²



**CIRCULO DE MOHR
ENSAYO COMPRESION NO CONFINADA**

Y-axis: Esfuerzo cortante τ , Kg/cm²
X-axis: Esfuerzo normal σ , Kg/cm²

Peak value: 2.045 kg/cm²

Failure stress: 4.09 kg/cm²

Ensayo resistencia a la compresión no confinada		
Descripción del suelo	:	ARCILLA LIMOSO
Límite líquido	:	30.5 %
Límite plástico	:	25.12 %
Resistencia a la compresión no confinada	:	4.09 Kg/cm ²
Cohesión	:	2.045 Kg/cm ²



Tabla 222

Análisis de datos del ensayo, compresión inconfiada, SP+10%CN-P1 - Parte I




 Universidad Andina del Cusco		MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA MTC E121 – ASTM D 2166 – AASHTO T 208							
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".							
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edison Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapunco Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 28 de junio del 2023 N° de hoja: 07 de 09 Número de muestra: N° 1 con cemento normal al 10% Ensayo: ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento	Número de prueba: N° 1 de N° 3 Código: CNC-SP+10%CN-P1 Descripción: Arcilla-limoso						
Descripción del suelo: ARCILLA LIMOSO		Límite líquido: 29.49		Límite plástico: 27.59		Índice plástico: 1.9			
Datos de la muestra: 3-1CN(10%)		Diámetro: 33mm		Área A₀: 855cm ²		Altura, L₀: 72mm			
Volumen: 61.58cm ³		Peso: 114.39g							
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo resistencia a la compresión no confinada con cemento normal al 10%									
Lectura del Deformímetro (Axial) Div = 0.001 pulg	Lectura del Deformímetro (Carga) Div = 0.001 pulg (lbs/pulg)	Deformación de la muestra ΔL (mm)	Deformación unitaria ε = ΔL/L ₀	Deformación unitaria ε x 10 ³ (3)	Área CF I - ε	Área Corregida A' (cm ²)	Carga Total sobre la muestra P' (kg)	Esfuerzo sobre la muestra σ = P'/A' (kg/cm ²)	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	20	0.25	0	3.5	0.9965	8.58	9.88	1.15	
20	29	0.51	0.01	7.1	0.9929	8.61	13.55	1.57	
30	37.5	0.76	0.01	10.6	0.9894	8.64	17.01	1.97	
40	49	1.02	0.01	14.1	0.9859	8.68	21.7	2.5	
50	60.5	1.27	0.02	17.7	0.9823	8.71	26.4	3.03	
60	70	1.53	0.02	21.2	0.9788	8.74	30.27	3.46	
70	81	1.78	0.02	24.7	0.9753	8.77	34.76	3.96	
80	89	2.04	0.03	28.3	0.9717	8.8	38.02	4.32	
90	97.5	2.29	0.03	31.8	0.9682	8.83	41.49	4.7	
100	102	2.55	0.04	35.4	0.9646	8.87	43.32	4.89	
110	104	2.8	0.04	38.9	0.9611	8.9	44.14	4.96	
120	110.5	3.05	0.04	42.4	0.9576	8.93	46.79	5.24	
130	105	3.31	0.05	46	0.954	8.97	44.55	4.97	
140	96	3.56	0.05	49.5	0.9505	9	40.88	4.54	
150	72	3.82	0.05	53	0.947	9.03	31.09	3.44	
160	65.5	4.07	0.06	56.6	0.9434	9.07	28.44	3.14	
170	60	4.33	0.06	60.1	0.9399	9.1	26.19	2.88	
* Resistencia a la compresión no confinada :					* $q_u = 5.39 \text{ kg/cm}^2$				
* Cohesión:					* $q_u/2 = 2.69 \text{ kg/cm}^2$				



Tabla 223

Análisis de datos del ensayo, compresión inconfiada, SP+10%CN-P1 - Parte II




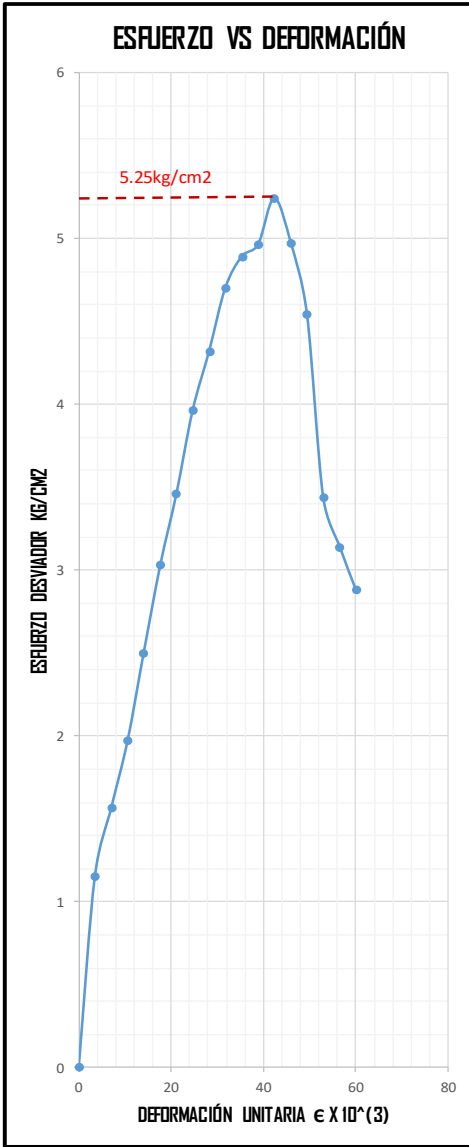
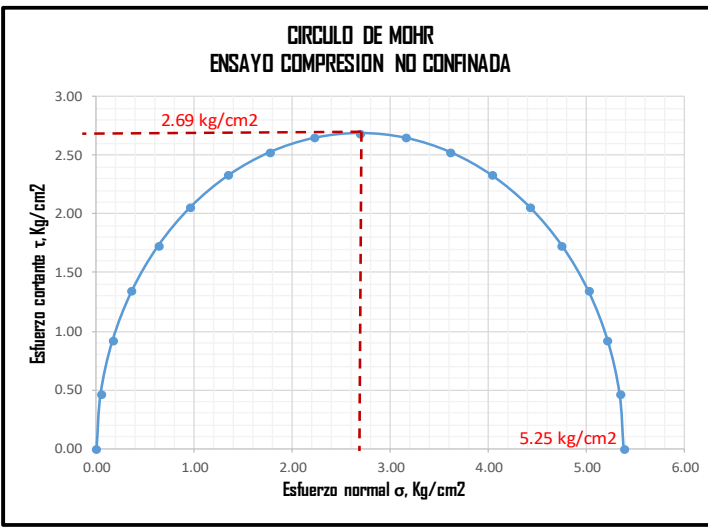
 Universidad Andina del Cusco		MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA MTC E121 - ASTM D2166 - AASHTO T 2080																										
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero 2023".																												
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edison Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco	Fecha: 28 de junio del 2023 N° de hoja: 07 de 09 Número de muestra: N° 1 con cemento normal al 10% ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento	Número de prueba: N°1 de N°3 Código: CNC-SP+10%CN-P1 Descripción: Arcilla-limoso																										
Descripción del suelo: ARCILLA LIMOSO																												
Límite líquido : 29.49	Límite plástico : 27.59	Índice plástico : 1.9																										
Datos de la muestra : 3-1CN(10%)																												
Diámetro : 33mm	Área Ao : 8.55 cm ²	Altura, Lo : 72mm																										
Volumen : 61.58 cm ³	Peso : 114.39 g																											
Hoja de resultados - Ensayo resistencia a la compresión no confinada con cemento normal al 10%																												
 <p>ESFUERZO VS DEFORMACIÓN</p>		 <p>CIRCULO DE MOHR ENSAYO COMPRESION NO CONFINADA</p>																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">Ensayo resistencia a la compresión no confinada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Descripción del suelo</td> <td>:</td> <td colspan="2">ARCILLA LIMOSO</td> </tr> <tr> <td>Límite líquido</td> <td>:</td> <td>32.02</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico</td> <td>:</td> <td>26.33</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Resistencia a la compresión no confinada</td> <td>:</td> <td>5.25</td> <td>Kg/cm²</td> </tr> <tr> <td>Cohesión</td> <td>:</td> <td>2.69</td> <td>Kg/cm²</td> </tr> </tbody> </table>					Ensayo resistencia a la compresión no confinada				Descripción del suelo	:	ARCILLA LIMOSO		Límite líquido	:	32.02	%	Límite plástico	:	26.33	%	Resistencia a la compresión no confinada	:	5.25	Kg/cm ²	Cohesión	:	2.69	Kg/cm ²
Ensayo resistencia a la compresión no confinada																												
Descripción del suelo	:	ARCILLA LIMOSO																										
Límite líquido	:	32.02	%																									
Límite plástico	:	26.33	%																									
Resistencia a la compresión no confinada	:	5.25	Kg/cm ²																									
Cohesión	:	2.69	Kg/cm ²																									



Tabla 224

Análisis de datos del ensayo, compresión confinada, SP+10%CN-P2 - Parte I




 Universidad Andina del Cusco		MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA MTC E121 - ASTM D2166 - AASHTO T 208							
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero, 2023".							
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edison Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 28 de junio del 2023 N° de hoja: 08 de 09 Número de muestra: N° 2 con cemento normal al 10% Ensayo: ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento		Número de prueba: N° 2 de N° 3 Código: CUC-SP+10%CN-P2 Descripción: Arcilla-limoso					
Descripción del suelo: ARCILLA LIMOSO		Límite líquido: 29.49		Límite plástico: 27.59		Índice plástico: 1.9			
Datos de la muestra: 3-2CN(10%)		Diámetro: 33mm		Área A₀: 855cm ²		Altura, L₀: 72mm			
Volumen: 61.58cm ³		Peso: 114.39g							
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo resistencia a la compresión no confinada con cemento normal al 10%									
Lectura del Deformímetro (Axial) Div = 0.001 pulg	Lectura del Deformímetro (Carga) Div = 0.001 pulg (lbs/pulg)	Deformación de la muestra ΔL (mm)	Deformación unitaria ε = ΔL/L ₀	Deformación unitaria ε x 10 ⁴ (3)	Área CF I - ε	Área Corregida A' (cm ²)	Carga Total sobre la muestra P' (kg)	Esfuerzo sobre la muestra σ = P'/A' (kg/cm ²)	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	9	0.25	0	3.5	0.9965	8.58	5.39	0.63	
20	15	0.51	0.01	7.1	0.9929	8.61	7.84	0.91	
30	19	0.76	0.01	10.6	0.9894	8.64	9.47	1.1	
40	26	1.02	0.01	14.1	0.9859	8.68	12.32	1.42	
50	36.5	1.27	0.02	17.7	0.9823	8.71	16.61	1.91	
60	46	1.53	0.02	21.2	0.9788	8.74	20.48	2.34	
70	56.5	1.78	0.02	24.7	0.9753	8.77	24.76	2.82	
80	64	2.04	0.03	28.3	0.9717	8.8	27.82	3.16	
90	71.5	2.29	0.03	31.8	0.9682	8.83	30.88	3.5	
100	81	2.55	0.04	35.4	0.9646	8.87	34.76	3.92	
110	87	2.8	0.04	38.9	0.9611	8.9	37.2	4.18	
120	94	3.05	0.04	42.4	0.9576	8.93	40.06	4.49	
130	100	3.31	0.05	46	0.954	8.97	42.51	4.74	
140	102.5	3.56	0.05	49.5	0.9505	9	43.53	4.84	
150	104	3.82	0.05	53	0.947	9.03	44.14	4.89	
160	100	4.07	0.06	56.6	0.9434	9.07	42.51	4.69	
170	98	4.33	0.06	60.1	0.9399	9.1	41.69	4.58	
180	92	4.58	0.06	63.6	0.9364	9.13	39.24	4.3	
190	81	4.84	0.07	67.2	0.9328	9.17	34.76	3.79	
200	61	5.09	0.07	70.7	0.9293	9.2	26.6	2.89	
		* Resistencia a la compresión no confinada :		* $q_u = 4.90 \text{ kg/cm}^2$					
		* Cohesión:		* $q_u/2 = 2.45 \text{ kg/cm}^2$					



Tabla 225

Análisis de datos del ensayo, compresión inconfiada, SP+10%CN-P2 - Parte II




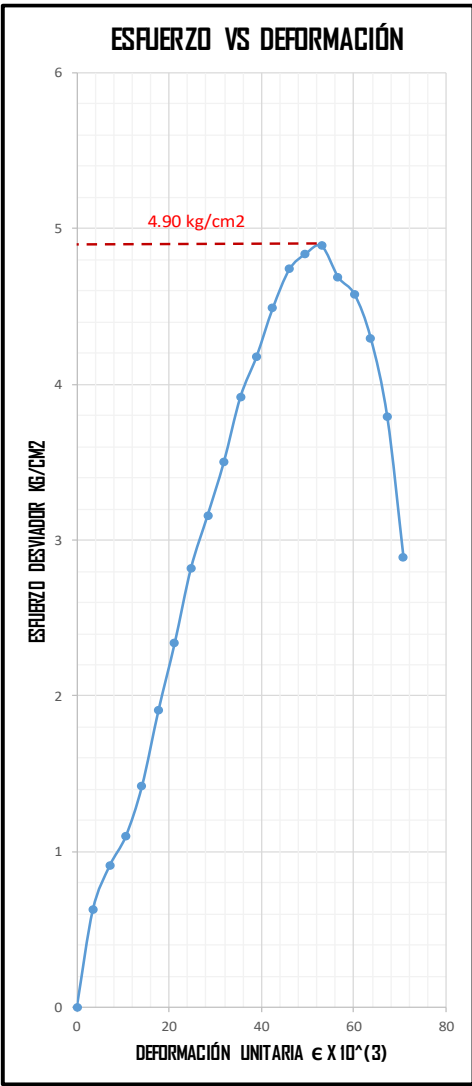
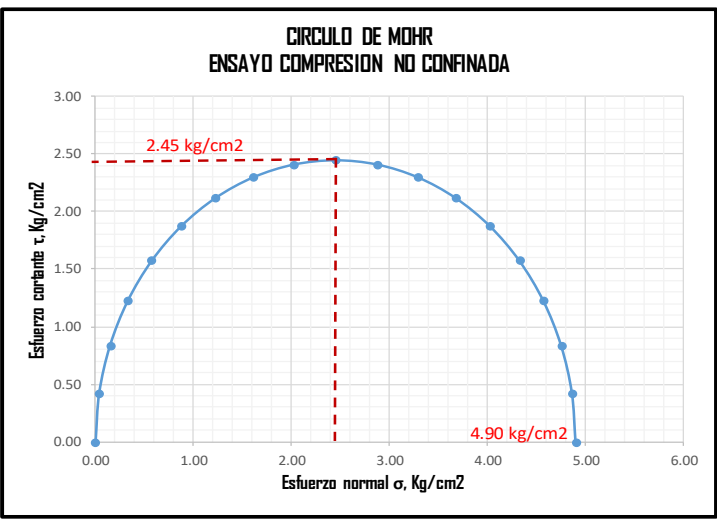
 Universidad Andina del Cusco		MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA																					
		MTC E121 - ASTM D2166 - AASHTO T 2080																					
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuncu del Distrito de Chinchero 2023".																							
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edison Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuncu Provincia: Urubamba Región: Cusco	Fecha: 28 de junio del 2023 N° de hoja: 08 de 09 Número de muestra: N° 2 con cemento normal al 10% Ensayo: ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento	Número de prueba: N° 2 de N° 3 Código: NC-SP+10%CN-P2 Descripción: Arcilla-limoso																					
Descripción del suelo: ARCILLA LIMOSO																							
Límite líquido: 29.49	Límite plástico: 27.59	Índice plástico: 1.9																					
Datos de la muestra: 3-2CN(10%)																							
Diámetro: 33mm	Área A_o: 8.55 cm ²	Altura, L_o: 72mm																					
Volumen: 61.58 cm ³	Peso: 114.39g																						
Hoja de resultados - Ensayo resistencia a la compresión no confinada con cemento normal al 10%																							
 <p>ESFUERZO VS DEFORMACIÓN</p>			 <p>CIRCULO DE MOHR ENSAYO COMPRESION NO CONFINADA</p>																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Ensayo resistencia a la compresión no confinada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Descripción del suelo</td> <td>:</td> <td>ARCILLA LIMOSO</td> </tr> <tr> <td>Límite líquido</td> <td>:</td> <td>32.02 %</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico</td> <td>:</td> <td>26.33 %</td> </tr> <tr> <td>Resistencia a la compresión no confinada</td> <td>:</td> <td>4.9 Kg/cm²</td> </tr> <tr> <td>Cohesión</td> <td>:</td> <td>2.45 Kg/cm²</td> </tr> </tbody> </table>						Ensayo resistencia a la compresión no confinada			Descripción del suelo	:	ARCILLA LIMOSO	Límite líquido	:	32.02 %	Límite plástico	:	26.33 %	Resistencia a la compresión no confinada	:	4.9 Kg/cm ²	Cohesión	:	2.45 Kg/cm ²
Ensayo resistencia a la compresión no confinada																							
Descripción del suelo	:	ARCILLA LIMOSO																					
Límite líquido	:	32.02 %																					
Límite plástico	:	26.33 %																					
Resistencia a la compresión no confinada	:	4.9 Kg/cm ²																					
Cohesión	:	2.45 Kg/cm ²																					



Tabla 226

Análisis de datos del ensayo, compresión confinada, SP+10%CN-P3 - Parte I






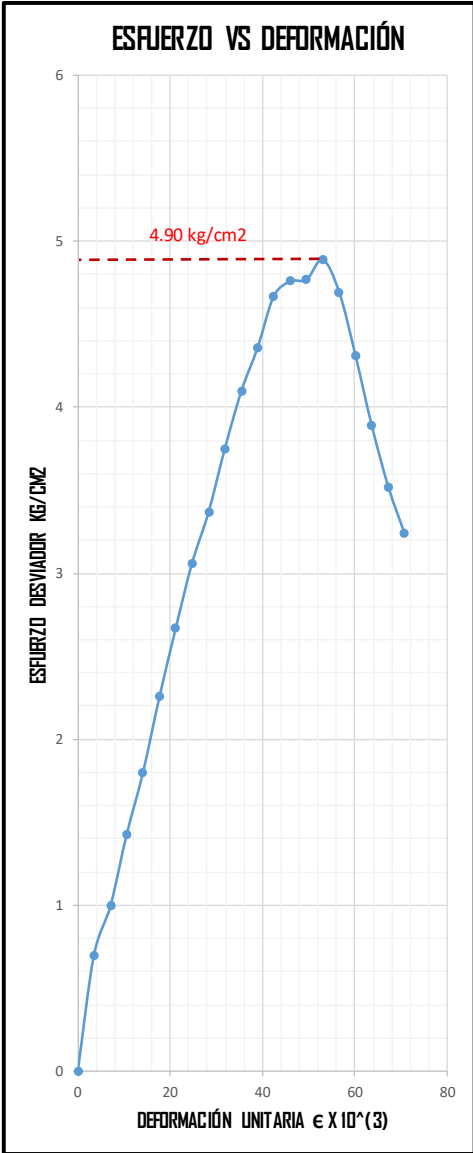
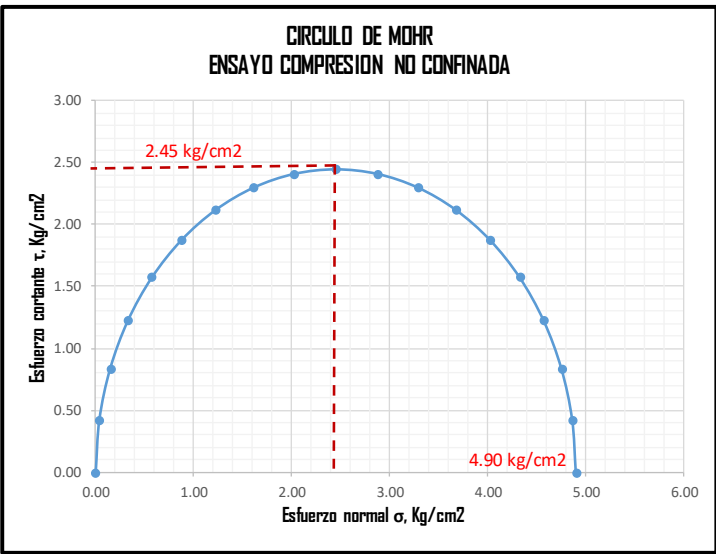
 Universidad Andina del Cusco		MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA MTC E121 - ASTM D 2166 - AASHTO T 208							
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".									
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edisson Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapunco Provincia: Urubamba Región: Cusco			Fecha: 28 de junio del 2023 N° de hoja: 09 de 09 Número de muestra: N° 3 con cemento normal al 10% ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento		Número de prueba: N° 3 de N° 3 Código: CNC-SP+10%CN-P3 Descripción: Arcilla-limoso				
Descripción del suelo: ARCILLA LIMOSO									
Límite líquido: 29.49			Límite plástico: 27.59			Índice plástico: 1.9			
Datos de la muestra: 3-3CN(10%)									
Diámetro: 33mm			Área A_o: 855cm ²			Altura, L_o: 72mm			
Volumen: 61.58cm ³			Peso: 114.39g						
Hoja de registro de datos y cálculos - Ensayo resistencia a la compresión no confinada con cemento normal al 10%									
Lectura del Deformímetro (Axial) Div = 0.001 pulg	Lectura del Deformímetro (Carga) Div = 0.001 pulg (lbs/pulg)	Deformación de la muestra ΔL (mm)	Deformación unitaria ε = ΔL/L _o	Deformación unitaria ε x 10 ³ (3)	Área CF I - ε	Área Corregida A' (cm ²)	Carga Total sobre la muestra P' (kg)	Esfuerzo sobre la muestra σ = P'/A' (kg/cm ²)	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	10.5	0.25	0	3.5	0.9965	8.58	6	0.7	
20	17	0.51	0.01	7.1	0.9929	8.61	8.65	1	
30	26	0.76	0.01	10.6	0.9894	8.64	12.32	1.43	
40	34	1.02	0.01	14.1	0.9859	8.68	15.59	1.8	
50	44	1.27	0.02	17.7	0.9823	8.71	19.67	2.26	
60	53	1.53	0.02	21.2	0.9788	8.74	23.34	2.67	
70	61.5	1.78	0.02	24.7	0.9753	8.77	26.8	3.06	
80	68.5	2.04	0.03	28.3	0.9717	8.8	29.66	3.37	
90	77	2.29	0.03	31.8	0.9682	8.83	33.13	3.75	
100	85	2.55	0.04	35.4	0.9646	8.87	36.39	4.1	
110	91	2.8	0.04	38.9	0.9611	8.9	38.84	4.36	
120	98	3.05	0.04	42.4	0.9576	8.93	41.69	4.67	
130	100.5	3.31	0.05	46	0.954	8.97	42.71	4.76	
140	101	3.56	0.05	49.5	0.9505	9	42.92	4.77	
150	104	3.82	0.05	53	0.947	9.03	44.14	4.89	
160	100	4.07	0.06	56.6	0.9434	9.07	42.51	4.69	
170	92	4.33	0.06	60.1	0.9399	9.1	39.24	4.31	
180	83	4.58	0.06	63.6	0.9364	9.13	35.57	3.89	
190	75	4.84	0.07	67.2	0.9328	9.17	32.31	3.52	
200	69	5.09	0.07	70.7	0.9293	9.2	29.86	3.24	
* Resistencia a la compresión no confinada :					* $q_u = 4.90 \text{ kg/cm}^2$				
* Cohesión:					* $q_u/2 = 2.45 \text{ kg/cm}^2$				



Tabla 227

Análisis de datos del ensayo, compresión inconfiada, SP+10%CN-P3 - Parte II

 Universidad Andina del Cusco		MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA		 MTC E121 - ASTM D 2166 - AASHTO T 208																			
Nombre de la tesis: "Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapuno del Distrito de Chinchero, 2023".																							
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edison Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapuno Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: 28 de junio del 2023 N° de hoja: 09 de 09 Número de muestra: N° 3 con cemento normal al 10% Ensayo: ensayo de propiedades mecánicas del suelo con cemento		Número de prueba: N° 3 de N° 3 Código: CN-SP+10%CN-P3 Descripción: Arcilla-limosa																			
Descripción del suelo: ARCILLA LIMOSO																							
Límite líquido: 29.49		Límite plástico: 27.59		Índice plástico: 1.9																			
Datos de la muestra: 3-3CN(10%)																							
Diámetro: 33mm		Área A_o: 8.55 cm ²		Altura, L_o: 72mm																			
Volumen: 61.58 cm ³		Peso: 114.39g																					
Hoja de resultados - Ensayo resistencia a la compresión no confinada con cemento normal al 10%																							
 <p>ESFUERZO VS DEFORMACIÓN</p>			 <p>CIRCULO DE MOHR ENSAYO COMPRESION NO CONFINADA</p>																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Ensayo resistencia a la compresión no confinada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Descripción del suelo</td> <td>:</td> <td>ARCILLA LIMOSO</td> </tr> <tr> <td>Límite líquido</td> <td>:</td> <td>29.49 %</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico</td> <td>:</td> <td>27.59 %</td> </tr> <tr> <td>Resistencia a la compresión no confinada</td> <td>:</td> <td>4.9 Kg/cm²</td> </tr> <tr> <td>Cohesión</td> <td>:</td> <td>2.45 Kg/cm²</td> </tr> </tbody> </table>						Ensayo resistencia a la compresión no confinada			Descripción del suelo	:	ARCILLA LIMOSO	Límite líquido	:	29.49 %	Límite plástico	:	27.59 %	Resistencia a la compresión no confinada	:	4.9 Kg/cm ²	Cohesión	:	2.45 Kg/cm ²
Ensayo resistencia a la compresión no confinada																							
Descripción del suelo	:	ARCILLA LIMOSO																					
Límite líquido	:	29.49 %																					
Límite plástico	:	27.59 %																					
Resistencia a la compresión no confinada	:	4.9 Kg/cm ²																					
Cohesión	:	2.45 Kg/cm ²																					



c) Análisis de la prueba

- La resistencia a la compresión no confinada obtenida en las tablas anteriores se emplea para calificar la consistencia del suelo de acuerdo con el valor obtenido en cm^2 de la siguiente manera:
 - Muy blanda
 - Blanda
 - Mediana
 - Firme
 - Muy firme
 - Dura.

Tabla 228

Consistencia del suelo en función a valores de Resistencia a la compresión simple

Consistencia del suelo	Resistencia a la compresión no confinada	
	Kg/cm^2	(kpa)
Muy blanda	< 0,25	(< 25)
Blanda	0,25 – 0,50	(25 - 50)
Mediana	0,50 – 1,00	(50 - 100)
Firme	1,00 – 2,00	(100 - 200)
Muy firme	2,00 – 4,00	(200 - 400)

Nota: Adaptado de Manual de ensayo de Materiales del MTC.

Los resultados muestran el valor obtenido en promedio mediante el ensayo de Compresión Simple

- Suelo patrón: 3.85 Kg/cm^2
- Suelo patrón con cemento caduco 4%: 4.16 Kg/cm^2
- Suelo patrón con cemento caduco 7%: 4.43 Kg/cm^2
- Suelo patrón con cemento caduco 10%: 5.06 Kg/cm^2
- Suelo patrón con cemento normal 4%: 3.95 Kg/cm^2
- Suelo patrón con cemento normal 7%: 4.25 Kg/cm^2
- Suelo patrón con cemento normal 10%: 4.9 Kg/cm^2

Se nota un incremento de valor con la adición de cemento caduco y cemento normal y la diferencia con respecto del cemento normal y caduco es solo de 1.06, según la tabla de Consistencia del suelo en función a valores de Resistencia a la compresión no confinada el suelo en estudio pasa de tener una consistencia firme a muy firme.







Capítulo IV: Resultados

4.1 Descripción de los perfiles estratigráficos de las calicatas realizadas

Calicata 1: Presenta un primer estrato hasta una profundidad de 0.10 m constituido de material orgánico. De 0.10 a 1.50 m existe un segundo estrato conformado por arcilla inorgánica plasticidad baja con presencia de limo, de color amarillento con un contenido de humedad de 10.62% .Se encuentra conformada por 52.05% de arcilla y 47.95 % de limo.

Tabla 229

Estratigrafía de la calicata N°1





		PERFIL ESTRATIGRAFICO MTC E132 - ASTMD 2488 Y 2487					
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".					
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edison Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapunco Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: Mayo del 2023 N° de hoja: 01 de 02 N° de muestra: Calicata N°1 Ensayo: Ensayo de propiedades mecánicas					
Hoja de registro de datos - Perfil Estratigrafico					C-1	KM-0+000	
PROF.	SIMBOLO	CLASIF.	DESCRIPCION	LIMITES DE CONSISTENCIA			
				LP	LL	IP	
0.10			Material organico	-	-	-	
1.50		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras (pulpa)	20.52	30.1	9.58	



Calicata 2: Presenta un primer estrato hasta una profundidad de 0.10 m constituido de material orgánico. De 0.10 a 1.50 m existe un segundo estrato conformado por arcilla inorgánica plasticidad baja con presencia de limo, de color pardo rojizo con un contenido de humedad de 10.95% .Se encuentra conformada por 58.01% de arcilla y 41.99 % de limo.

Tabla 230

Estratigrafía de la calicata N°2




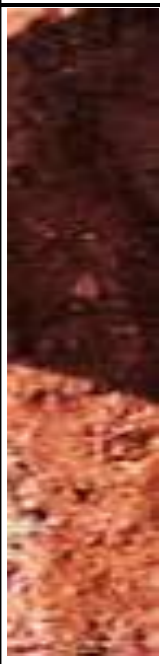
 Universidad Andina del Cusco		PERFIL ESTRATIGRAFICO MTC E132 - ASTMD 2488 Y 2487D					
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".					
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edison Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapunco Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: : Mayo del 2023 N° de hoja: : 01 de 02 N° de muestra: : Calicata N°12 Ensayo: : Ensayo de propiedades mecánicas					
Hoja de registro de datos - Perfil Estratigrafico					C-2	KM-0+295	
PROF.	SIMBOLO	CLASIF.	DESCRIPCION	LIMITES DE CONSISTENCIA			
				LP	LL	IP	
0.10			Material organico	-	-	-	
1.50		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras (pulpa)	15.69	30.76	15.07	



Calicata 3: Presenta un primer estrato hasta una profundidad de 0.10 m constituido de material orgánico. De 0.10 a 1.50 m existe un segundo estrato conformado por limos orgánicos con arcilla de plasticidad baja con presencia de limo, de color pardo con un contenido de humedad de 11.65%. Se encuentra conformada por 59.87% de limo y de arcilla 40.13 %

Tabla 231

Estratigrafía de la calicata N°3

 Universidad Andina del Cusco		PERFIL ESTRATIGRAFICO MTC E132 - ASTM D 2488 Y 2487					
Nombre de la tesis:		"Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023".					
Tesista 1: Joselin Huarcaya Carrión Tesista 2: Edison Huaman Quispe Ubicación de la muestra: Chacapunco Provincia: Urubamba Región: Cusco		Fecha: : julio del 2023 N° de hoja: : 02 de 02 N° de muestra: : Calicata N°3 Ensayo: : Ensayo de propiedades mecánicas					
Hoja de registro de datos - Perfil Estratigrafico				C-3	KM-0+645		
PROF.	SIMBOLO	CLASIF.	DESCRIPCION	LIMITES DE CONSISTENCIA			
				LP	LL	IP	
0.10			Material organico	-	-	-	
1.50		OL	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad	20.52	30.1	9.58	



4.2 Clasificación del suelo que se usara para el estudio de la subrasante de la calle

Chacapunco

Para la validación del estudio nosotros recurrimos al Manual de Carretera Diseño Geométrico DG-2018 para que podamos clasificar frente a qué tipo de carretera estamos y con estos datos recurrir al Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección: Suelos y Pavimentos (2014), que nos indica cuantas calicatas como mínimo uno debe realizar para el estudio de suelo.

Nosotros obtuvimos como resultado un trocha carrozable según su IDMA, por lo que se requería 1 calicata x Km, la calle Chacapunco, que tiene presencia de arcilla a simple vista, que es lo que requerimos para nuestro estudio fue de una longitud de Km 0+900, entonces con ese sustento podíamos realizar como mínimo 1 calicata.

Elegimos realizar 3 calicatas para poder identificar la estratigrafía de nuestra zona de estudio, posteriormente para elegir el suelo al que se le adicionara el aditivo y se evaluara la influencia en las propiedades índice-físicas y mecánicas, se eligió el suelo más desfavorable que se identificó con su análisis granulométrico por sedimentación y sus límites líquido y plástico, pues con estos datos conocemos frente a que suelo estamos y cual su plasticidad.

En la siguiente tabla podremos observar los resultados obtenidos de los ensayos requeridos de cada calicata para la identificación del suelo más desfavorable.

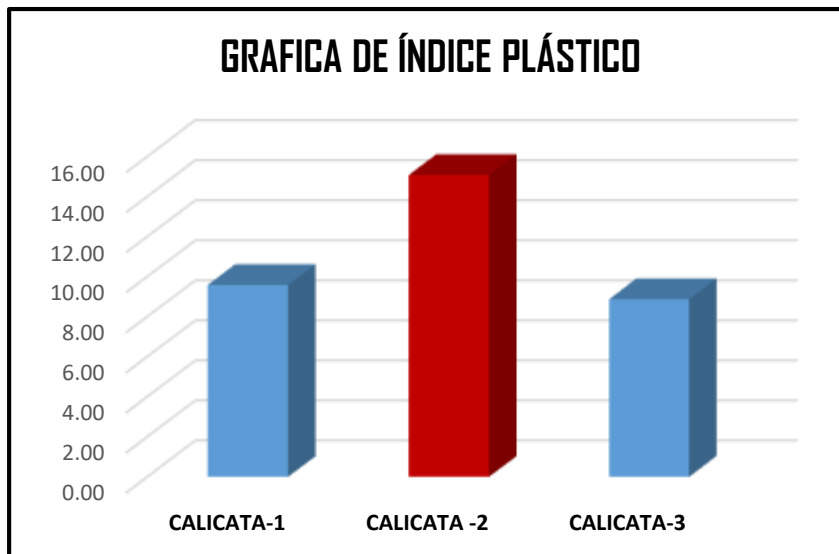
Tabla 232

Clasificación de las muestras de suelo de cada calicata realizada

Características índice-físicas del suelo			
Calicata	C-1	C-2	C-3
Muestra	M1	M2	M3
Estrato	E1	E2	E3
Profundidad de estratos	0.1-1.5m	0.1-1.5m	0.1-1.5m
Humedad natural (%)	10.62	10.95	11.65
Límite Líquido	30.76	30.76	31.06
Límite Plástico	20.52	15.68	22.18
Índice Plástico	9.58	15.07	8.87
Índice líquido	1.03	0.31	1.19
Índice consistencia	2.10	1.31	2.19
Límite de contracción	24.95	16.00	27.74
Ángulo de fricción in situ (ϕ)	18.04	10.66	37.19
Clasificación SUCS (ASTM D 2487)	CL	CL	OL
	Arcilla limosa	Arcilla limosa	Limo arcillosa

Figura 80

Gráfica del índice plástico



Las muestras de suelo se clasificaron según el sistema SUCS (ASTM D 2487), obteniendo como resultado lo siguiente:

- Las muestras de suelo de las calicatas C1 y C2 se clasificaron como CL (arcilla fina arenosa).
- La calicata C3 se clasificó como OL (arcilla limosa).

Teniendo en cuenta la descripción las muestras de suelo corresponden a los suelos con alto índice de plasticidad en relación a su límite líquido, los cuales están sujetos a cambios volumétricos extremadamente altos, con esto se quiere decir que nos encontramos frente a un suelo inestable, como se muestra en la tabla 232 y en la figura 80 el IP más alto corresponde a la muestra de suelo de la calicata N°2. Con estas consideraciones, la muestra de suelo arcilloso más desfavorable, como material de subrasante presente en calle Chacapunco, fue la que se obtuvo de la calicata C2.

4.3 Clasificación del cemento caduco que se usará como aditivo en el suelo arcilloso más desfavorable

Para identificar que cemento caduco se va a utilizar, para ser precisos de que fecha posterior a la recomendada se hará uso, se realizó los ensayos recomendados por la NTP 334.090 que nos ayudan a determinar la calidad del cemento, estas pruebas son: finura, consistencia y fraguado, hicimos la verificación comparando con la normativa para hacer uso del cemento que este dentro de los parámetros recomendados.



También se le aplico al cemento que está dentro de su fecha de vencimiento recomendada, al cual conoceremos como cemento normal o cemento patrón (0 meses de vencimiento), esto nos ayudara a identificar en que cuanto difiere con el cemento caduco elegido con el cemento normal

En la siguiente tabla mostraremos los resultados de las pruebas realizadas al cemento normal y las 06 muestras de cemento de diferentes fechas de caducidad:

Tabla 233

Clasificación del cemento a usar

N°	Descripción	Finura (%)	Cont. agua (ml)	Tiempo de fraguado inicial (min)	Tiempo de fraguado final (min)
1	Cemento normal	99.29	199.63	152.63	273.75
2	Cemento caduco de 1 mes	99.24	199.64	157.34	281.25
3	Cemento caduco de 5 meses	98.06	195.00	162.85	318.75
4	Cemento caduco de 1 año y 4 meses	87.83	190.00	203.03	352.5
5	Cemento caduco de 1 año y 4 meses - molido	93.45	206.41	170.01	322.5
6	Cemento caduco de 2 años y 2 meses	67.17	188.33	212.8	360
7	Cemento caduco de 2 años y 2 meses - molido	90.49	204.72	170.85	348.75

Figura 81

Gráfica de la finura del cemento

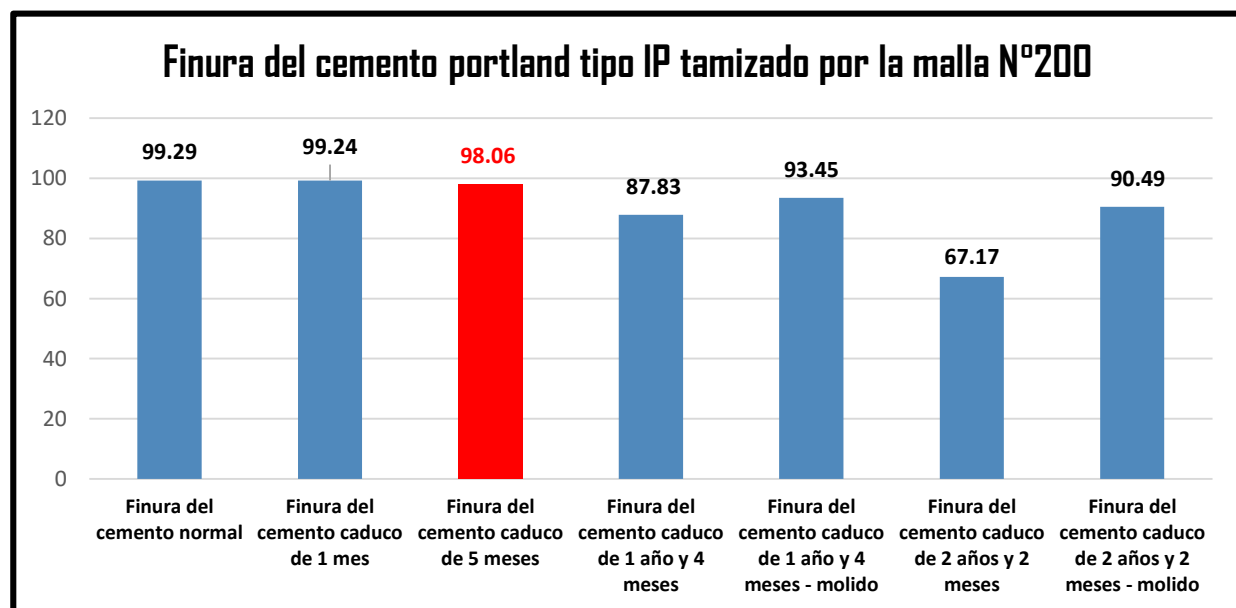




Figura 82

Gráfica de la Consistencia del cemento

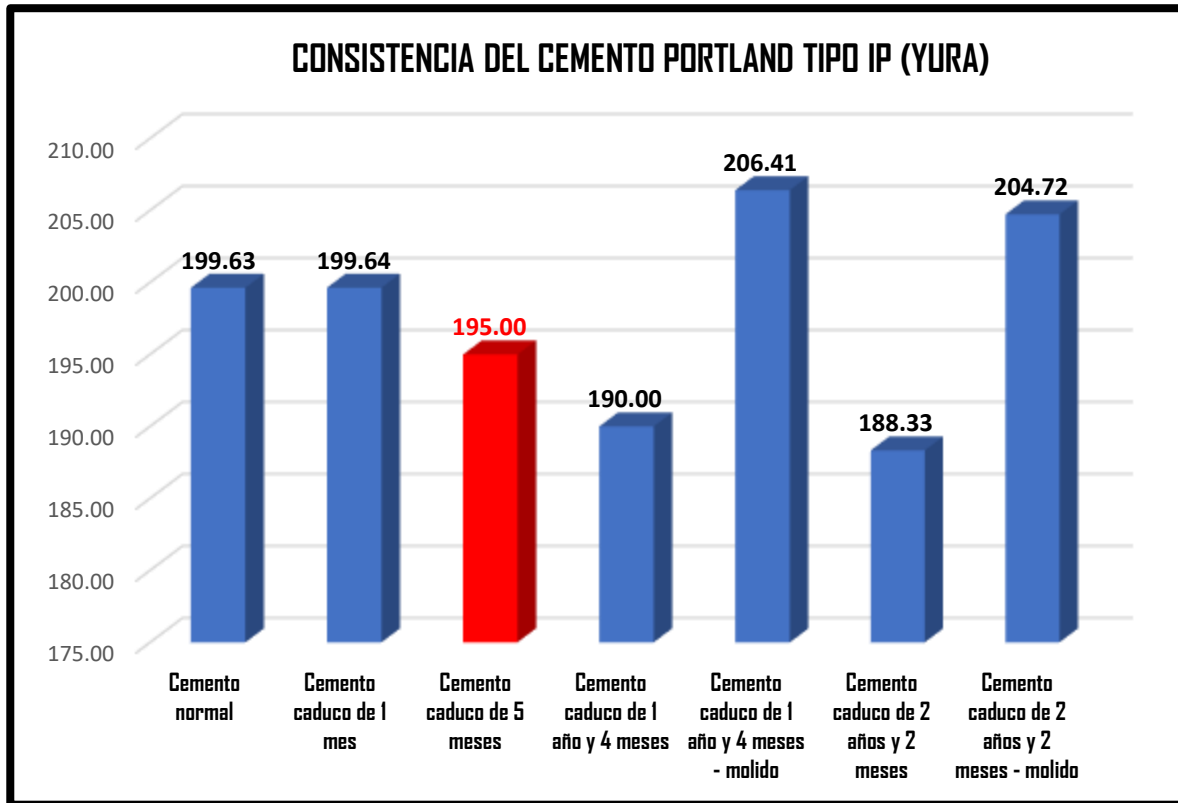
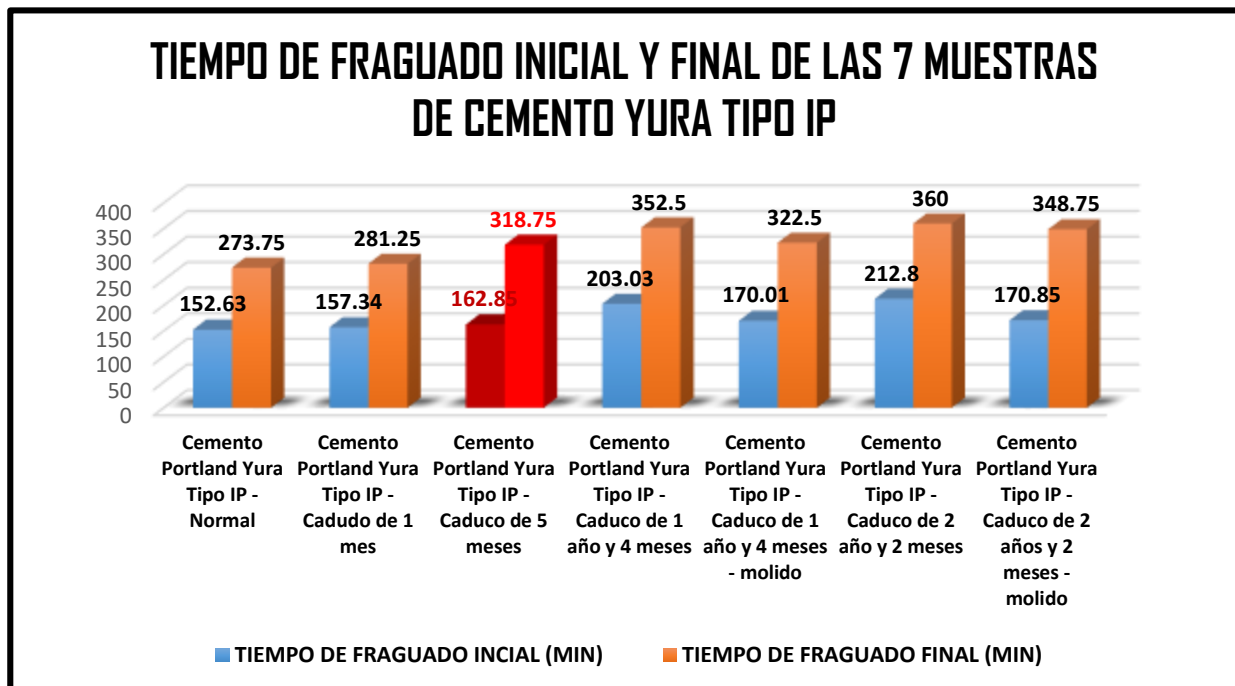


Figura 83

Gráfica del fraguado del cemento





Realizando el análisis de los valores obtenidos en los ensayos realizados que son: finura, consistencia y fraguado como se muestra en la tabla 233, podemos decir que el cemento con tiempo de caducidad de 5 meses correctamente almacenado, se encuentra en un rango aceptable dentro de las normativas que estamos usando, aunque independientemente en cada ensayo las otras muestras se encuentran dentro de lo aceptable, a criterio de los investigadores se decidió usar el cemento que este dentro de los rangos de finura y fraguado

- Por lo que el cemento con caducidad de 5 meses tiene 98.06 % de finura y este valor se encuentra por encima del 75% que es el mínimo aceptable.
- El cemento de 5 meses de caducidad tiene una penetración de 25 mm a los 162.85 min esto marca el inicio del fraguado, que está dentro de los 202 min recomendados, el fraguado final sucede a los 318 min, que está en el rango de 312 min considerando sé que maneja una desviación estándar de 12 minutos, que quiere decir que el Ff debe suceder como máximo a los 324 min, entonces podemos decir que es aceptable.

Una vez que se identificó de que tiempo de caducidad se usara el cemento, se procedió a realizar los siguientes ensayos: LL, LP, LC, proctor modificado, CBR y compresión inconfiada en el suelo patrón, suelo sin aditivo (0%), que se denominó como SP, en el suelo patrón con 4 % 7% y 10% de aditivo de cemento con caducidad de 5 meses. Con la finalidad de evaluar la influencia de las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo con adición del cemento caduco.

También se realizó misma dosificación con cemento normal y suelo patrón para posteriormente realizar una comparación de cuanto es la diferencia que tiene el cemento normal con el caduco.

4.4 Influencia del cemento caduco en 4 %, 7% y 10% en el índice de plasticidad y grado de contracción del suelo arcilloso más desfavorable

Tabla 234

Influencia del cemento en el IP e GC en el suelo arcilloso más desfavorable

	Suelo Patrón (SP)	SP + Cemento Caduco			SP + Cemento Normal		
		4%	7%	10%	4%	7%	10%
Límite líquido	30.76	31.32	32.03	32.02	30.61	30.5	29.49
Límite plástico	15.68	25.27	26.09	26.33	25.18	25.12	27.59
Índice plástico	15.07	6.05	5.93	5.69	5.42	5.38	1.9
Límite de contracción	16.00	21.31	21.87	23.03	21.89	21.99	23.07
Grado de contracción	31.92	15.5	12.22	10.6	11.13	9.96	9.08

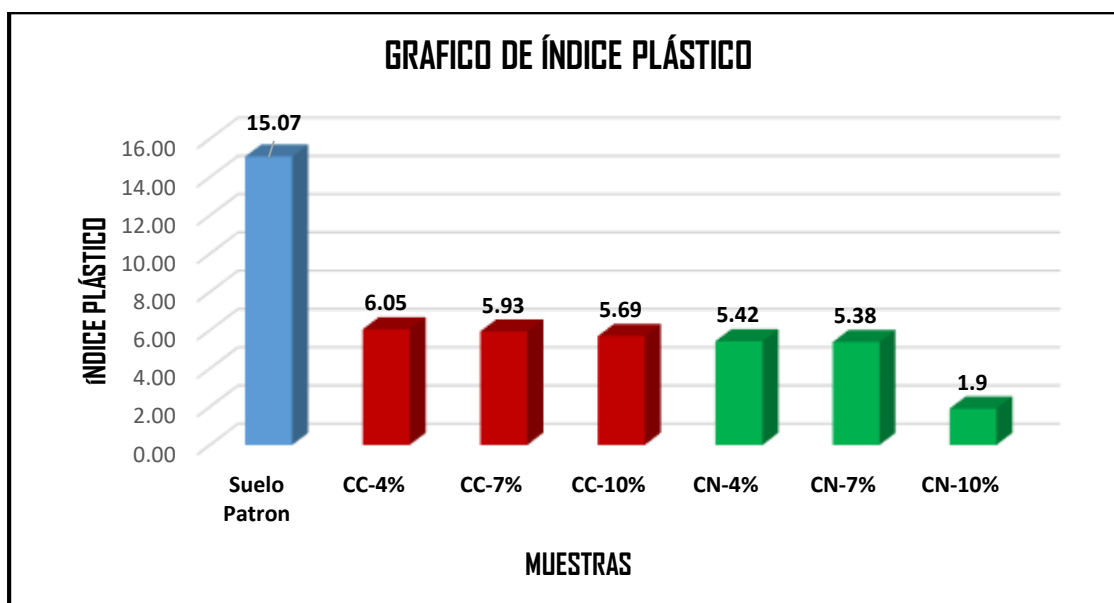


Para que la estabilización de los suelos arcillosos con cemento sea efectiva, Montejo (2002) y el MTC (2013), recomiendan que el límite líquido y el índice de plasticidad sean inferiores a 40 y 18 respectivamente.

Según los resultados que se observan en la tabla 234, podemos identificar que nuestro suelo arcillosos si cumple con estos parámetros en las siguientes figuras podremos observar de qué manera varían el IP e IC con respecto al suelo patrón.

Figura 84

Gráfica del índice de plasticidad



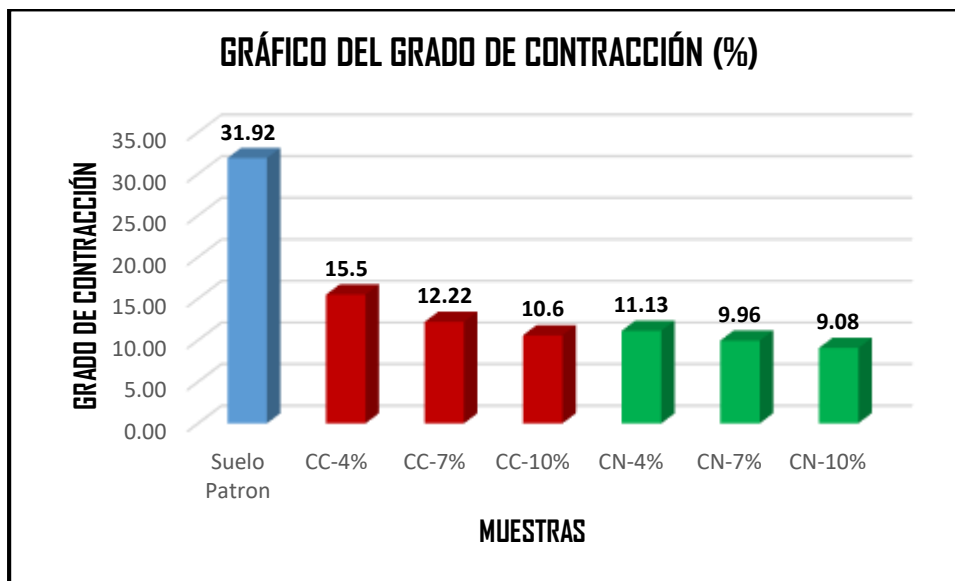
De acuerdo a la figura 84 el índice de plasticidad disminuye en gran medida, de 15.07% para el suelo arcilloso más desfavorable, a 5.69 % con la adición de 10% de cemento caduco de 5 meses, esto quiere decir que pasa de un suelo de mediana plasticidad a un suelo de baja plasticidad según la tabla 9, e inclusive con 4% de adición de cemento caduco ya se observa ese cambio.

Como se presuponía el cemento normal tiene mayor efecto en el cambio de índice de plasticidad, esto quiere decir que de un 15.07% que se observa del suelo patrón, se llegó a reducir a un 1.9%, también pasando de un suelo de media plasticidad a baja plasticidad. Esta reducción se ocasiona principalmente, por el incremento del límite plástico, con variaciones muy superiores a las alcanzadas por el límite líquido.

Entre el cemento normal y cemento caduco para el 4% y 7% de aditivo la diferencia está entre 0.55 y 0.63 respectivamente, en cambio al 10% de aditivo se presenta una gran diferencia que es de 3.79.

Figura 85

Gráfica del grado de contracción



De acuerdo a la figura 85 el grado de contracción disminuye en gran medida, de 31.92% para el suelo arcilloso más desfavorable, a 10.6 % con la adición de 10% de cemento caduco de 5 meses, esto quiere decir que pasa de ser un suelo muy pobre a un suelo regular según la tabla 12, con la adición de 4% y 7% de cemento caduco se llega a 15.5 % y 12.22 % respectivamente, aunque se redujo en gran medida solo pasa de ser de un suelo muy pobre a un suelo pobre.

También se puede observar el cambio de grado de contracción del suelo patrón con la adición de cemento normal al 10% pasando de un 31.92% a reducir a un 9.08 %, aunque el cambio es mayor la clasificación sigue siendo la misma que con la adición de cemento caduco que es de un suelo muy pobre a un suelo regular.

Entre el cemento normal y cemento caduco para el 10% de aditivo la diferencia es de 0.98 siendo más pequeña que la diferencia al 4% y 7% de aditivo que está entre 4.37 y 2.26 respectivamente.

Asimismo, se puede deducir, de acuerdo a la tendencia del grado de contracción mostrada en la Figura 86, que, para lograr eliminar el cambio de volumen del suelo analizado, es decir que el grado de contracción sea cero, se debe agregar más de cemento.

Verificar que la plasticidad y el grado de contracción del suelo disminuya hasta el valor deseado, no es suficiente para afirmar que el suelo se ha estabilizado, por lo que también se debe tener en cuenta otros parámetros como el índice de CBR.



4.5 Influencia del cemento caduco en 4 %, 7% y 10% en el ensayo de proctor de proctor modificado del suelo arcilloso más desfavorable

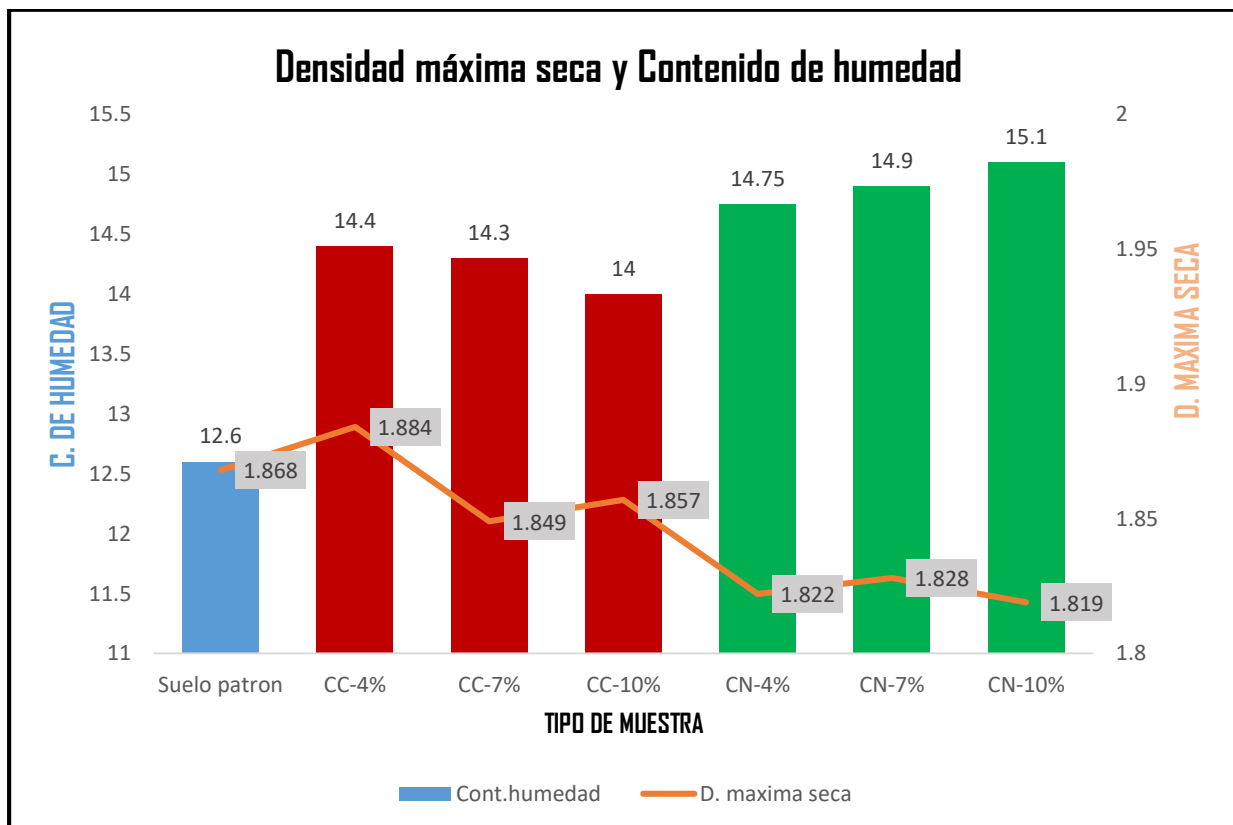
Tabla 235

Resultados del ensayo de proctor modificado del SP y SP con adiciones

Muestras	Contenido de humedad (%)	Densidad máxima seca (gr/cm ³)
Suelo Patrón	12.6	1.868
Cemento caduco	4%	1.884
	7%	1.849
	10%	1.857
Cemento normal	4%	1.822
	7%	1.828
	10%	1.819

Figura 86

Gráfica del grado de densidad máxima seca y contenido de humedad



El control del contenido de humedad durante el ensayo de Proctor modificado en las réplicas de muestras con y sin aditivo permitió la precisión en los datos obtenidos, para de esta forma poder



establecer los contenidos óptimos y proseguir con los ensayos siguientes que requieren de estos datos en la dosificación propuesta.

El valor del contenido óptimo del agua en relación al suelo patrón y al suelo patrón con adición de cemento caduco al 10% se incrementa respectivamente de un 12.6 % a 14.0%.

Los valores obtenidos en cuanto a la densidad seca máxima del suelo patrón y del suelo patrón con aditivo de cemento caduco al 10% difieren uno del otro mínimamente se observa una reducción de 1.868 gr/cm³ a 1.857 gr/cm³ respectivamente.

Con respecto al suelo + cemento normal varía el contenido de humedad de un 12.65 a 15.10%, y su densidad seca máxima de un 1.868 gr/cm³ a 1.819 gr/cm³ respectivamente.

Como se muestra en la figura 86 el contenido de humedad del suelo patrón con respecto al suelo patrón con cemento caduco está en aumento para el 4% ,7% y 10%, pero si solo analizamos entre los 3 porcentajes aplicados del cemento caduco, nos damos cuenta que hay una reducción de agua, mientras más cemento caduco menos agua se requiera, aunque esta variación es mínima la explicación estaría en que el cemento ya está perdiendo sus propiedades hidráulicas. En cambio dentro de las variaciones de cantidad de cemento normal se observa que mientras más cemento se añade al suelo patrón mayor cantidad de agua necesitamos.

4.6 Influencia del cemento caduco en 4 %, 7% y 10% en el índice de CBR del suelo arcilloso más desfavorable

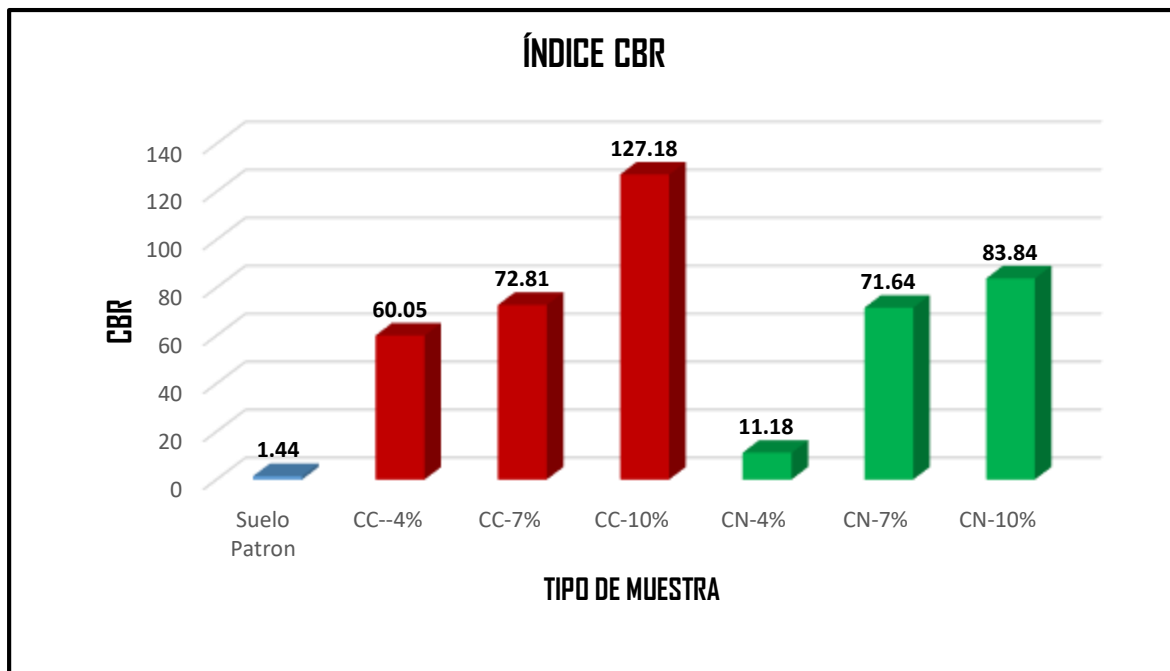
Tabla 236

Influencia del índice de CBR en el suelo más desfavorable

MUESTRAS	CBR (%) 0.1" al 95% de la DMS	
Suelo patrón	1.44	
Cemento caduco	4%	60.05
	7%	72.81
	10%	127.18
Cemento normal	4%	11.18
	7%	71.64
	10%	83.84

Figura 87

Gráfica del índice de CBR



El valor del índice CBR de 1.44% al 95%DSM, obtenido para el suelo arcilloso más desfavorable, corresponde a una subrasante inadecuada ($CBR < 3\%$) según las categorías de subrasante que se muestra en la tabla 22.

Para el caso de 4% ,7% y 10% de adición de cemento caduco el CBR se incrementó, en mayor medida en comparación de un suelo cemento normal logrando valores de entre 127.18% y 83.84% respectivamente.

Ahora, si comparamos los resultados del cemento caduco y cemento normal hay un incremento del casi 40% del CBR para el 4% y un crecimiento del 43% del CBR para el 10% con respecto al suelo cemento.

El valor del índice CBR obtenido en suelo-cemento caduco (4%,7% y 10%) y suelo cemento normal (4%,7% y 10%), corresponde a una subrasante adecuada ($CBR > 30\%$) según las categorías de subrasante que se muestra en la tabla 22 la cual indica una subrasante excelente.



4.7 Influencia del cemento caduco en 4 %, 7% y 10% en el porcentaje de expansión del suelo arcilloso más desfavorable

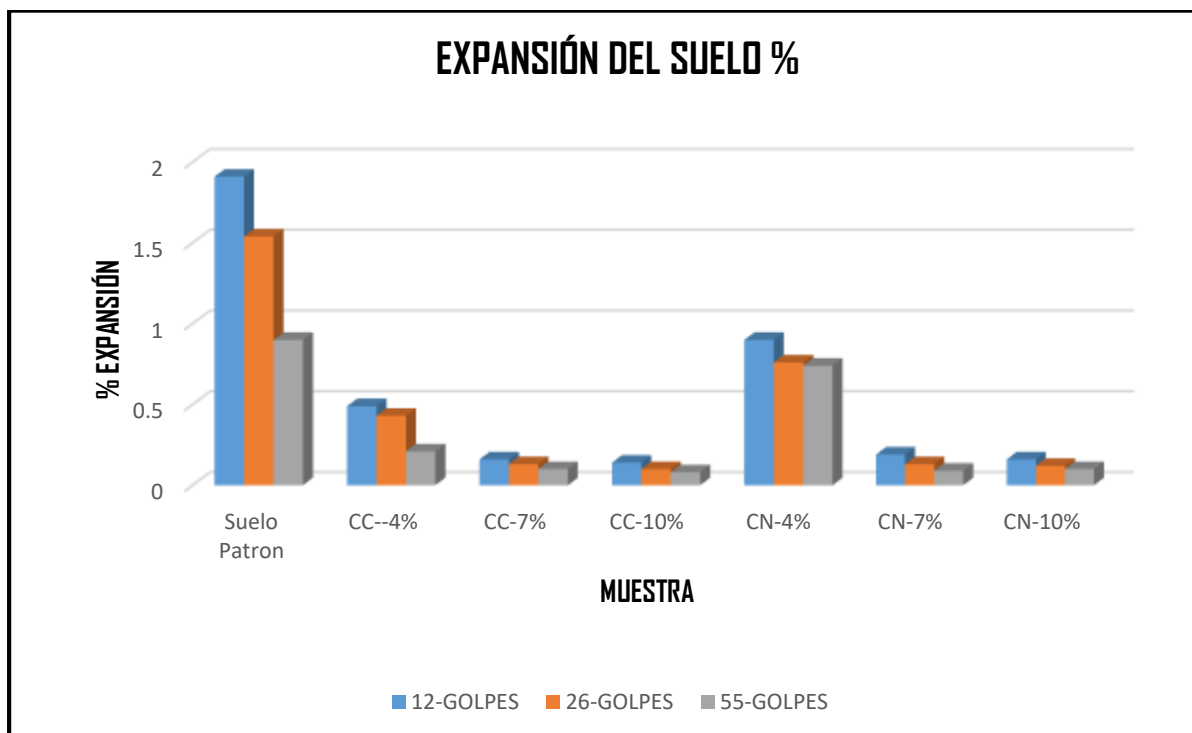
Tabla 237

Resultados de % de expansión en el SP y SP +adición

MUESTRAS	EXPANSION %		
	12-GOLPES	26-GOLPES	55-GOLPES
Suelo patrón	1.91	1.54	0.9
Cemento caduco	4%	0.49	0.43
	7%	0.16	0.13
	10%	0.14	0.1
Cemento normal	4%	0.9	0.76
	7%	0.19	0.13
	10%	0.16	0.12

Figura 88

Gráfica del % de expansión



En la Figura 88 se aprecia la variación del expansión promedio que presentaron los especímenes del ensayo CBR durante el periodo de saturación (96 horas), el cual se da debido al agua absorbida por los mismos.



El porcentaje de expansión del suelo patrón varía entre 0.9 % y 1.9%, con la adición de cemento caduco al 4% se reduce en promedio 74% de la expansión del suelo natural, con el 7% se reduce aún más, llegando a mitigar el 90.69% de la expansión del suelo natural y con el 10% se reduce aún más, llegando a mitigar el 92.43% de la expansión del suelo natural. Con la adición del cemento normal la reducción de la expansión del suelo natural varía en las mismas proporciones con un error mínimo.

Si bien el porcentaje de expansión es un parámetro que sirve como un buen indicador del cambio de volumen que presenta un suelo al ser saturado, este se puede complementar con el análisis del grado de contracción que ya se vio anteriormente.

4.8 Influencia del cemento caduco en 4 %, 7% y 10% en la compresión inconfiada del suelo arcilloso más desfavorable

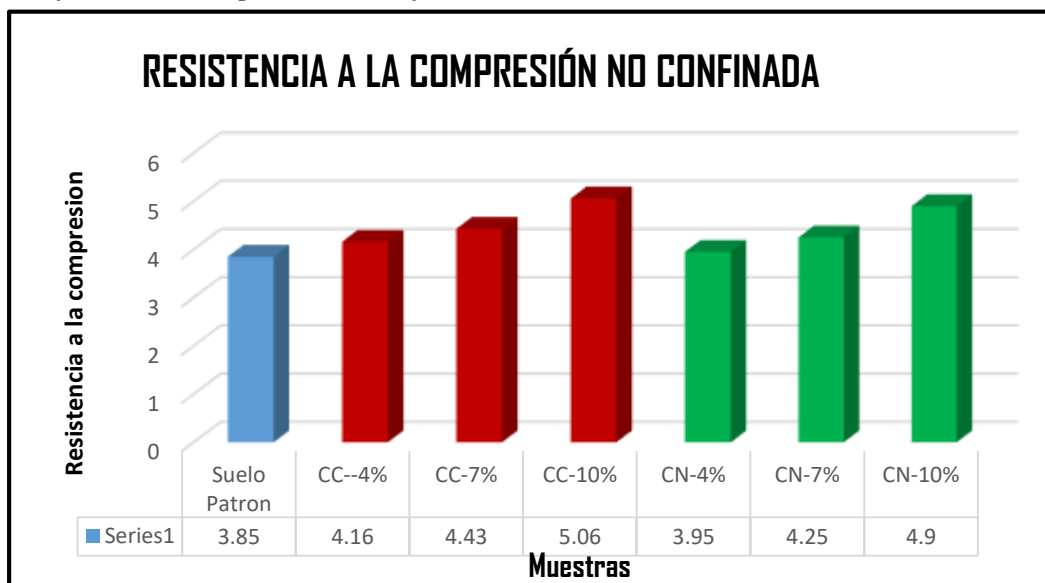
Tabla 238

Resultados de la compresión inconfiada en el SP y SP + adición

MUESTRAS		Resistencia a la compresión no confinada q-(kg/cm ²)
Suelo patrón		3.85
Cemento caduco	4%	4.16
	7%	4.43
	10%	5.06
Cemento normal	4%	3.95
	7%	4.25
	10%	4.9

Figura 89 Gráfica de la compresión inconfiada

Gráfica de la compresión inconfiada





Los resultados según la figura 89 muestran que la tendencia de barras es de forma ascendente en el suelo adicionado con cemento caduco, esto demuestra una mejora significativa de 31% de incremento en la resistencia a la compresión no confinada que aporta el aditivo propuesto en la estabilización de suelos al 10% con cemento caduco.

También según el grafico se muestran que la compresión no confinada adicionado con cemento caduco al 4%,7% y 10% es mayor frente a los resultados con estabilizante de cemento normal.

4.9 Cantidad necesaria de cemento caduco en 4 %, 7% y 10% para modificar el suelo arcilloso más desfavorable

Tabla 239

Cantidad requerida de cemento caduco y normal x m³

Cantidad de cemento para una subrasante de 15cm				
Muestras	PC	Densidad máxima seca (Kg/m ³)	Cantidad de cemento (bls/m ³)	Cantidad de cemento (kg/m ²)
Suelo patrón	0.00%	1868	0.00	0.00
	4%	1884	1.70	10.86
Cemento caduco	7%	1849	2.85	18.14
	10%	1857	3.97	25.31
	4%	1822	1.65	10.51
Cemento normal	7%	1828	2.81	17.93
	10%	1819	3.89	24.79

Con los resultados obtenidos en ensayos anteriores, se propuso la cantidad de cemento que se necesitara para los porcentajes propuestos de cemento caduco y normal al 4%,7% y 10%.



Capítulo V: Discusión

Discusión N° 01: ¿Por qué se utilizó el cemento caduco como aditivo, en la influencia de las propiedades índice-físicas y mecánicas de un suelo arcilloso obtenido en la calle Chacapunco Chinchero – Urubamba? A nivel de subrasante

El cemento se usa para estabilizar suelos arenosos y arcillosos, el cemento ayuda a disminuir el límite líquido y a incrementar el índice plástico y la manejabilidad de los suelos arcillosos. Para suelos arcillosos, la estabilización con cemento es efectiva cuando el límite líquido es menor que 45-50 y el índice plástico es menor que aproximadamente 25. El cemento ayuda a incrementar la resistencia de los suelos y la resistencia crece con el tiempo de curado.

El cemento portland tipo IP tiene una amplia disponibilidad en el mercado, proporciona una mejora en las propiedades y a su vez, según EuroSoilStab (2002) indica que la reacción que produce el cemento no depende de los minerales del suelo, sino de la reacción del propio cemento con el agua presente en el suelo.

Con todo lo mencionado con respecto al suelo arcilloso y cemento, para la investigación se decidió hacer uso del cemento pasado de cinco meses después de la fecha de caducidad colocada en la bolsa de cemento y adecuadamente almacenado, esto debido a que en la zona se están haciendo nuevas aperturas de trochas debido al inicio de la construcción del Aeropuerto de Chinchero y se hicieron reubicaciones por lo que se tienen que habilitar las vías de acceso y estas requieren un mejoramiento y mantenimiento siendo más costoso realizarlo con lastre, ya que en la zona no se cuenta con canteras, en cambio en almacén central de la Municipalidad de Chinchero se tiene un índice alto en los vincard de cemento caduco, por lo que se toma como opción viable de solución a estos problemas.

Discusión N° 02: ¿Cuál fue el procedimiento de elección de la propuesta de aditivo utilizada en el estudio?

Para identificar que cemento caduco se utilizó, para ser precisos de que fecha posterior a la recomendada se hará uso, se realizó los ensayos recomendados por la NTP 334.090 que nos ayudaron a determinar la calidad del cemento, estas pruebas son: finura, consistencia y fraguado, hicimos la verificación comparando con la normativa para hacer uso del cemento que este dentro de los parámetros recomendados.

Realizando el análisis de los valores obtenidos en los ensayos realizados que son: finura, consistencia y fraguado como se muestra en la tabla 386, se obtuvo que el cemento con tiempo



de caducidad de 5 meses correctamente almacenado, se encuentra en un rango aceptable dentro de las norma antes mencionada, se buscó que la muestra de cemento elegida este dentro de los rangos propuestos para los ensayos de finura y fraguado

Discusión N° 03: ¿Cómo se determinó el porcentaje cemento caduco a utilizar?

Los porcentajes de cemento que se determinaron fueron con la guía y recomendación de libros y reglamentos donde indican rangos recomendados, lo cuales varían de 2% a 12% para el caso del manual de carreteras y según (De la Fuente Lavalle, 2004) 7% a 12%.

Teniendo como base estos rangos se determinó usar 3 porcentajes que se encuentren en un rango medio, pero con más énfasis al manual de carreteras. Ya que, si se eligiera un mínimo el aditivo no tendría gran impacto en el suelo patrón y con ello un limitado desempeño, más aún, con suelos finos e inestables. Por otro lado, si se eligiera el máximo dentro del rango este sería de elevado costo y no sería muy viable en la investigación. Es por esto por lo que se eligió 4%,7% y 10% de cemento caduco.

Discusión N° 04: ¿Cuál fue el mecanismo de elección del suelo en estudio?

Para elegir el suelo al que se le adicionara el aditivo y se evaluara la influencia en las propiedades índice-físicas y mecánicas, se realizó 3 calicatas y se eligió el suelo más desfavorable que se identificó con su análisis granulométrico por sedimentación y sus límites líquido y plástico, pues con estos datos conocemos frente a que suelo estamos y cuál es su índice de plasticidad, puesto que los suelos con un alto índice de plasticidad tienen cambios de volumen perjudiciales durante procesos de humedecimiento y secado, que pueden conducir posteriormente al deterioro (PCA,1995)

Discusión N° 05: ¿De acuerdo a los resultados obtenidos con la normativa utilizada se puede decir que el cemento caduco tiene influencia en las propiedades índice-físico y mecánicas del suelo arcilloso obtenido en la calle Chacapunco Chinchero – Urubamba? A nivel de subrasante.

El suelo arcilloso más desfavorable analizado se clasificó como CL según SUCS. Con la adición de 10% de cemento su índice de plasticidad se redujo de 15.07% a 5.69%, su grado de contracción se redujo de 31.92 % a 10.6%, su índice CBR se incrementó de 1.44% a 127.18% al 95%DSM, su % de expansión a 55 golpes se redujo de 0.9% a 0.08% y la resistencia a compresión inconfiada aumento de 3.85 kg/cm² a 5.06 kg/cm² y la cantidad necesaria de bolsas de cemento



caduco requeridas para 1 m³ de subrasante con un espesor de 0.15 cm para el 4,7 y 10 % es de 2,3 y 4 respectivamente.

Finalmente con los resultados expuestos se demuestra que la adición de cemento caduco mejora las propiedades índice-físicas y mecánicas pasando de un suelo arcilloso inadecuado para la subrasante a ser un suelo adecuado.

Discusión N° 06: ¿Cuáles fueron los principales aportes de la investigación?

Esta investigación es la primera que evalúa el aditivo, cemento con tiempo de caducidad de 5 meses, y abre la posibilidad de seguir investigando las propiedades de esta como material de construcción incluyendo diferentes variables.

Como resultado de la investigación, los efectos de agregar cemento caduco de 5 meses en diferentes proporciones se logra modificar las características y el comportamiento del suelo natural, es decir, mejorando las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo para una buena estructura del pavimento.

Una de los aportes más importantes obtenidos de la presente investigación fue que se logró precisar el procedimiento a seguir para la validación en propuesta y aplicación para el uso de un aditivo para estabilización de suelos arcillosos que es un aporte para futuras investigaciones que se deseen hacer en el área de materiales de la construcción.



Glosario

- **Suelo:** Capa delgada de material, sobre la corteza terrestre, que proviene de la desintegración y alteración física, química o ambos, de las rocas y de los residuos producto de las actividades de los seres vivos que se asientan sobre ella.
- **Suelo arcilloso:** Conjunto de partículas sólidas con diámetro menor a 0.005 mm y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al mezclarse con agua.
- **Suelo arcilloso expansivo:** Compactados por capas para constituir un cuerpo estable en óptimo estado, de tal manera que no se vea afectada por la carga de diseño que proviene del tránsito. Tipo de suelo arcilloso que sufre un cambio volumétrico importante cuando experimenta cambios de humedad, es decir, cuando se humedece sufre fuerte expansión, y cuando se seca se contrae considerablemente.
- **Suelo – cemento:** Material elaborado a partir de una mezcla de suelos finos o granulares, cemento y agua, la cual se compacta y se cura para formar un material endurecido con propiedades mecánicas específicas.
- **Suelo modificado con cemento:** Mezcla de suelo y una cantidad pequeña de cemento, que se añade con la finalidad de mejorar algunas propiedades de dicho suelo, como, reducir cambios volumétricos, incrementar ligeramente el Índice CBR o disminuir el Índice de plasticidad.
- **Subrasante:** Superficie obtenida con las explanaciones, sobre la que se apoya la superestructura del pavimento y está conformada por suelos seleccionados de características aceptables y compactados por capas para constituir un cuerpo estable en óptimo estado, de tal manera que no se vea afectada por la carga de diseño que proviene del tránsito.
- **Estabilización:** Proceso que busca mejorar las propiedades físicas y mecánicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos o incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos.
- **Estabilización de suelos:** Concepto que hace referencia al mejoramiento de las propiedades físicas y/o mecánicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos y/o físico - químicos.
Nota 1. La norma técnica peruana extiende esta definición a la estabilización de estructuras de suelo tipo base o subbase de pavimentos, suelos utilizados como carpetas de rodado y aquellos suelos que comprometen a una subrasante de un camino.
- **Aditivo estabilizador:** Aditivo químico que, al ser añadido a la masa de suelo, mejora las propiedades físicas y mecánicas de este.



- **Cemento Portland Tipo IP:** Tipo de cemento de uso general en la construcción, que se emplea en obras que no requieren propiedades especiales.
- **Caduco:** Material o sustancia que ya no está en el rango de uso propuesto por el productor.
- **Cambios de humedad:** Capacidad del suelo de soportar variaciones importantes de temperatura en una o más de sus propiedades.
- **Índice de contracción:** Indica la magnitud del intervalo de humedades entre el límite plástico y el límite de contracción en el cual el suelo posee una consistencia semisólida.
- **Índice de plasticidad:** Indica la magnitud del intervalo de humedades entre el límite líquido y el límite plástico en el cual el suelo posee consistencia plástica.
- **Índice CBR:** Indicador de la resistencia potencial a la deformación bajo las cargas de tráfico de la subrasante, subbase y material de base de un pavimento.
- **Capacidad de Soporte:** Carga vertical que se puede someter a una masa.
- **Compresibilidad:** Es la capacidad de cambio volumétrico de un suelo frente a una carga sometida sobre ella.



Conclusiones

Conclusión 01.

Se logró demostrar la hipótesis General la cual menciona que “La adición de cemento caduco en 4%,7% y 10%, altera las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023.”

Ya que cumple todas las sub hipótesis, las cuales se refieren a la alteración de las propiedades con la adición de cemento caduco y se observa una mejora de las propiedades índice física y mecánicas con la adición de cemento caduco como estabilizante, entonces si se presentó una alteración para mejor.

Conclusión 02.

Se logró demostrar la sub hipótesis N°1 la cual menciona que “La adición de cemento caduco en 4%,7% y 10%, reduce los límites de Atterberg en el suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023.”

La hipótesis se cumple parcialmente como en el caso del índice plástico que se logra reducir de un 15.07% del suelo patrón hasta 5.69% del suelo adicionado con cemento caduco al 10%, pero para lograr esta reducción su límite plástico se incrementa de un 15.68 % a un 26.33%, así como el limite liquido de 30.76% a un 32.02%

Conclusión 03.

Se logró demostrar la sub hipótesis N°2 “La adición de cemento caduco en 4%,7% y 10%, incrementa la compactación del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023.”

Los resultados obtenidos de la prueba de compactación mediante el Proctor modificado son positivos. La densidad máxima seca disminuye en 1.66% con la adición de cemento caduco al 10% con eso concluimos que nuestro suelo mejoro.

Conclusión 04.

Se logró demostrar la sub hipótesis N°3 “La adición de cemento caduco en 4%,7% y 10%, incrementa el índice de CBR y reduce la variación de expansión del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023.”



El valor del índice CBR del suelo arcilloso más desfavorable, corresponde a 1.44% al 95%DSM, clasificándose como una subrasante inadecuada ($CBR < 3\%$). Para el caso de 4%, 7% y 10% de adición de cemento caduco el CBR se incrementó, en mayor medida en comparación de un suelo cemento normal logrando valores de entre 127.18% y 83.84%.

El valor del índice CBR obtenido en suelo-cemento caduco (4%, 7% y 10%) y suelo cemento normal (4%, 7% y 10%), corresponde a una subrasante adecuada ($CBR > 30\%$).

Con la adición de cemento caduco al 4% se reduce en promedio 74% de la expansión del suelo patrón, con el 7% se reduce aún más, llegando a mitigar el 90.69% de la expansión del suelo natural y con el 10% se reduce aún más, llegando a mitigar el 92.43% de la expansión del suelo natural. Con la adición del cemento normal la reducción de la expansión del suelo natural varía en las mismas proporciones con un error mínimo.

Conclusión 05.

Se logró demostrar la sub hipótesis N° 4 “La adición de cemento caduco en 4%, 7% y 10%, incrementa la resistencia a la compresión del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023.”

Los datos obtenidos de las pruebas realizadas del suelo a la prueba de compresión no confinada se obtuvo un resultado positivo ya que incremento en forma ascendente el suelo arcilloso con la adición de cemento caduco al 4%, 7% y 10% llegando a incrementarse en un máximo de 32.20% resistencia más que el suelo patrón.



Recomendaciones

Recomendación 01.

Se recomienda profundizar la investigación enfocándose en otro tipo de suelo y en una determinada propiedad que refleje un ensayo en específico, con el fin de lograr menor variación de resultados y confiabilidad

Recomendación 02.

Se recomienda hacer un estudio netamente de las propiedades índice-físico y mecánicas del cemento caduco, y de esta manera puedan establecer parámetros del uso de este cemento y en qué condiciones.

Recomendación 03.

Analizar el efecto del contenido de materia orgánica y de las cantidades apreciables de sales perjudiciales como sulfatos, ya que estos componentes podrían afectar, como en el caso del concreto, la resistencia y durabilidad del material estabilizado.

Recomendación 04.

Para lograr una estabilización efectiva del suelo arcilloso analizando en esta investigación, evaluar cómo influye la aplicación de un tratamiento previo con una pequeña dosis de cal hidratada u otro aditivo estabilizador antes de la aplicación del cemento, esto con la finalidad de reducir previamente su índice de plasticidad.

Recomendación 05.

Se recomienda involucrar otras propiedades físico - mecánicas como son la permeabilidad y durabilidad dentro otra investigación con un diseño de suelo cemento caduco.

Recomendación 07.

Se recomienda hacer un estudio netamente a diferentes tiempos de caducidad de cemento para así determinar un rango de uso de cemento caduco como estabilizante.



Referencias

- Asociación Nacional Técnica de Estabilizados de Suelos y Reciclado de Firmes [ANTER]. (2008). *Manual de Estabilización de Suelos con Cemento o Cal*. <https://acortar.link/ELq2oU>
- Administrador, (11 de septiembre, 2020). *¿Cómo elegir el concreto correcto para tu proyecto?* <https://acortar.link/QiDTwm>
- Ameratunga, J., Sivakugan, N. y Das, B. (2016). *Correlations of Soil and Rock Properties in Geotechnical Engineering*. Springer.
- Bañón, L. y Bevía, J. (2000). *Manual de carreteras. Volumen I: elementos y proyecto*. Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A. <https://acortar.link/YiKqZn>
- Bermejo, F. (s.f). *Propiedades Mecánicas de los materiales*. <https://acortar.link/m8XK76>
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la Investigación*. Person Educación.
- Berry, P. y Reid, D. (1993). *Mecánica de Suelos*. McGraw Hill Interamericana.
- Bowles, J. (1997). *Foundation Analysis and Design*. McGraw-Hill.
- Bravo, L. (2022). *Influencia del hidrogel como sustituto del agua en las propiedades físico-mecánicas de un suelo obtenido en la Apv. Sacsaccata – San Sebastián estabilizado con cemento portland tipo IP a nivel de subrasante – 2022*. [Tesis de pregrado, Universidad Andina del Cusco]. Repositorio académico UAC. <https://acortar.link/qzgYhr>
- Cairo, P. (1995). *La Fertilidad Física de suelo y la Agricultura Orgánica en el Trópico*. UNA.
- Campbell, D. y Stanley, J. (1973). *Diseños experimentales y cuasi experimentales en la investigación social*. Talleres gráficos Color Efe. <https://acortar.link/NJiBSO>
- Camargo, H. y Duran, J. (2018). *Evaluación de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos de baja plasticidad mediante el uso del cemento para capa de rodadura en vías terciarias*.



- [Tesis de pregrado, Universidad de Cartagena]. Repositorio académico UNICARTAGENA. <https://acortar.link/OhCcBI>
- Cana, D. y Quispe, S. (2018). *Análisis de las propiedades mecánicas del concreto aplicando cemento portland tipo IP almacenado en condiciones no favorables durante los meses más húmedos en la ciudad de Arequipa*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio académico UNSA. <https://acortar.link/o65BPj>
- Chang L. (2002). *CBR*. <https://acortar.link/3WqunF>
- Casagrande, A. (1948). Classification and identification of soils. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 113(1), 901-930.
- Castro, A. (2017). *Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cáscara de arroz para el mejoramiento de subrasante*. <https://acortar.link/mHZZ6J>
- Castro, M. y Navarro, J. (2020). *Propuesta de mejora de suelos arcillosos de alta plasticidad a nivel de subrasante mediante la adición de cemento Portland para disminuir el cambio volumétrico provocado por las condiciones climáticas en la Av. Padre salas, Villa Rica, Oxapampa, Pasco*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio académico UPC. <https://acortar.link/Q5oaOA>
- Cemento Yura. (2022). *Ficha técnica IP cemento multipropósito alta durabilidad*. Yura. <https://acortar.link/KFo2ey>
- Colomé, D. (2018). *Metodología de la investigación para cursos de posgrado en Ingeniería*. Ediciones Plaza. <https://acortar.link/1CPfqf>
- Constructor civil. (2013, 14 de febrero). *Estabilización con cemento - mejoramiento del terreno*. <https://acortar.link/KA9TLI>



Chan, L. (2021). *Coeficiente de permeabilidad, método carga constante y variable*.

<https://acortar.link/PhoNjt>

Cjuiro, I. (2013). *Distrito de Chinchero*. [Imagen].Blogspot.com. <https://acortar.link/Di7amL>

Crespo, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. Limusa. <https://acortar.link/VPjhlQ>

De la Fuente Lavalle, E. (2004). *Suelo Cemento Usos propiedades y aplicaciones*.

<https://acortar.link/WAhQL04>

Duarte, M. y Rojas, H. (2017). *Obtención de LL, LP e IP, mediante el penetrómetro de cono, considerando los dispositivos existentes de la misma categoría*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio académico UCC.

<https://acortar.link/Bqrvc5>

Duque, G. y Escobar C. (2002). *Mecánica de los suelos*. Universidad Nacional de Colombia.

<https://acortar.link/ISCwJ7>

Fratelli, M. (1993). *Suelos, Fundaciones y Muros*. Bonalde Editores.

García, E. y Suarez, M. (2015). *Las arcillas: propiedades y usos*. <https://acortar.link/etAxHt>

GeoJuanP. (26 de febrero del 2021). *Las propiedades índices e introducción al sistema unificado de clasificación de suelos*. [Archivo de Vídeo]. YouTube.

<https://www.youtube.com/watch?v=OqhysTtieRw>

Gómez de Santos, C. (2019). *Comportamiento geotécnico de suelos arcillosos compactados, respuesta a cargas estáticas y dinámicas* [Tesis de posgrado, Universidad Complutense de Madrid]. Repositorio académico UCM. <https://hdl.handle.net/20.500.14352/17170>

Handy, R. (1958). *Cementation of Soil Minerals with Portland Cement or Alkalis*.

<https://acortar.link/HaV0vs>

Hernández, R. (2006). *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill.



Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2006). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V. <https://acortar.link/hc5p5J>

Hidalgo, D. (2016). *Análisis comparativo de los procesos de estabilización de suelo con enzimas orgánicas y suelo-cemento, aplicado a suelos arcillosos de sub-rasante*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato] Repositorio académico UTA. <https://acortar.link/uNLALM>

Holtz, R., Kovacs, W. y Sheahan, T. (2011). *An introduction to Geotechnical Engineering*. Pearson,

Ingeniería Civil (2012). *Capacidad de carga de suelos estratificados: suelo más fuerte sobre suelo más débil*. <https://acortar.link/BpU48E>

Instituto de la Construcción y Gerencia [ICG]. (2016, Agosto). *Ingeniería de Pavimentos*.

Juárez, E. y Rico, A. (2005). *Mecánica de suelos I: Fundamentos de la mecánica de suelos*. Limusa. <https://acortar.link/M3Kf4E>

Johnson, A. y Sallberg, J. (1960). *Factors that influence field compaction of soils*.

Kraemer, C., Pardillo, J., Rocci, S., Romana, M., Sánchez, V. y Del Val, M. (2004). *Ingeniería de carreteras*. McGraw-Hill.

Kerlinger, F. y Lee, H. (2002). *Investigación del comportamiento*. McGraw_Hill Interamericana.

Laguros, J. (1962). *Effect of chemical on soil – cement stabilization*. <https://acortar.link/YfBiPW>

Manterola, C. y Otzen, T. (2015). Estudios Experimentales 2ª Parte. Estudios Cuasi-Experimentales. *Int. J. Morphol*, 33(1), 382-387. <https://acortar.link/niSo4D>



Maxar Technologies (2023). *Distrito de Chinchero, localidad en Perú*. [Captura de imagen].

Google Earth. <https://acortar.link/6h3q4w>

Martinez, C. (2016). *Comparación económica de resultado y mantenimiento entre aplicación de aditivo: proes y consolid para mejora de suelos blandos para carreteras sin pavimentar en la Selva Peruana*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].

Repositorio académico UPC. <https://acortar.link/NUWjgY>

Mendez, S y Pineda, N. (2017). *Comportamiento de suelos expansivos en cimentaciones superficiales*. <https://acortar.link/fAg2Ew>

Ministerio de transporte y comunicaciones [MTC]. (2013). *Manual de carreteras. Especificaciones técnicas generales para construcción*. <https://acortar.link/Gc2Wmc>

Ministerio de transporte y comunicaciones [MTC]. (2013). *Manual de Carreteras: Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos*. <https://acortar.link/K4J3LX>

Ministerio de transporte y comunicaciones [MTC]. (2014). *Manual de Carreteras: Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos*. <https://acortar.link/aI5F87>

Ministerio de transporte y comunicaciones [MTC]. (2016). *Manual de Ensayos de laboratorio*. <https://acortar.link/dmo5t>

Ministerio de transporte y comunicaciones [MTC]. (2014). *Manual de Carreteras: Suelos, Geología y Geotecnia y pavimentos. Sección suelos y pavimentos*. <https://acortar.link/aI5F87>

Montejo, A. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. Agora Editores.

M. Das, B. (2002). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. Cengage Learning Editores.

M. Das, B. (2012). *Fundamentos de Ingeniería de cimentaciones*. Cengage Learning.

M. Das, B. (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. Cengage Learning Editores.



M. Das, B. (2015). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. Cengage Learning Editores.

<https://acortar.link/d7XapV>

Navarro, H. (2022). *Análisis comparativo de las características físico-mecánicas de suelos arcillosos en la vía Agua Buena- Colegio La Salle con la adición de cal (2 y 4%), y cemento (7; 9 y 11%) para subrasante*. [Tesis de pregrado, Universidad Andina del Cusco]. Repositorio académico UAC. <https://acortar.link/bAMYRh>

Neville, A. y Brooks, J. (2010). *Concrete Technology*. <https://acortar.link/gxUIKI>

Ortiz, S. (2020). *Estimación de parámetros de resistencia en suelos arenosos empleando el ensayo DPL y su aplicación en los estudios de zonificación sísmica geotécnica - caso Catacaos*. <https://acortar.link/NKvQDt>

Pasquel, E. (1998). *Tópicos de Tecnología del concreto en el Perú*. <https://acortar.link/dcCOP6>

Peck, R., Hanson, W. y Thornburn, T. (1983). *Ingeniería de Cimentaciones*. Limusa.

Perez, J. y Orjuela J. (2021). *Análisis experimental de la expansividad en suelos bentoníticos*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia.]. Repositorio académico UCC. <https://acortar.link/h9YvT4>

Pinto, A. (2015). *El método del cono de arena para obtener la densidad del suelo*. [Imagen]. Ingeniería Real. <https://acortar.link/zRjUIY>

Portland Cement Association [PCA]. (1995). *Soil – Cement Construction Handbook Engineering Bulletin*. <https://acortar.link/XXxP6P>

Portland Cement Association [PCA]. (2017). *Soil – Cement Construction* <http://www.cement.org/cement-concrete-applications/paving/soil-cement>

Portland Cement Association [PCA]. *Soil – Cement*. <https://acortar.link/bF3LIA>

Quintanilla, C. (2007). *El estado del arte del suelo cemento en estructuras de pavimentos*. FICEM.



- Quispe, P. (2020). *Estudio práctico de mejora de las propiedades de resistencia al corte de un suelo expansivo, estabilizado con vidrio en polvo reciclado y fibras de polipropileno en la ciudad de Talara, departamento de Piura*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio académico UPC. <https://acortar.link/bdXZOd>
- Ravines, M. (2010). *Pruebas con un Producto Enzimático como Agente Estabilizador de Suelos para Carreteras*. [Tesis de pregrado, Universidad de Piura]. Repositorio institucional PIRHUA. <https://acortar.link/NuYnIK>
- Rico, A. y Castillo, H. (2005). *La ingeniería de suelos en las vías terrestres: Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas*. Limusa.
- Rojas, E. (2022). *Resistencia al esfuerzo cortante de los suelos no saturados*. [KS OmniScriptum Publishing](https://www.kunena.com/omni-scriptum/publishing)
- Sánchez, P. (1981). *Suelos del Trópico, Características y Manejo*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Sánchez, H. y Reyes, C. (2017). *Metodología y diseños de la investigación científica*. Buseness Support Aneth S.R.L.
- Sowers, G. y Sowers, F. (1972). *Introducción a la Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. Limusa.
- Suarez de Castro, F. (1979). *Conservación del Suelo*. IICA.
- Spangler, M. y Handy, R. (1973). *Soil Engineering*. Intext Press.
- Terzaghi, K. y Peck, R. (1978). *Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica*. El Ateneo.
- Toirac, J. (2008). *El suelo cemento como material de construcción. Ciencia y Sociedad*. <https://acortar.link/WbIPNo>
- US Army Corps of Engineers [USACE]. (1984). *Soil Stabilization for Pavements: Mobilization Construction*. <https://acortar.link/BBLr7G>



- Velásquez, C. (2018). *Influencia del cemento portland tipo I en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la Av, Dinamarca, Sector la Molina*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio académico UNC. <https://acortar.link/fFDlrd>
- Venkatramaiah, C. (2006). *Geotechnical Engineering*. New Age International.
- Yanqui, M. (2021). *Efecto de la adición de polímero bicomponente, en las propiedades físicas y mecánicas de arcillas expansivas del sector de Ccapac Moqo - Cusco, 2021*. [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. Repositorio académico UC. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/10521>
- Zapata, R. (2018). *Tipos de suelos: caracterización de suelos arcillosos y limosos*. Universidad Nacional de Rosario. <https://acortar.link/cxRkmZ>
- Ministerio de Transporte y comunicaciones: Oficina General de Planeamiento y Presupuesto [MTC.OGPP. Oficina de Estadística]. (2021). *Anuario estadístico*. <https://acortar.link/feHDp4>



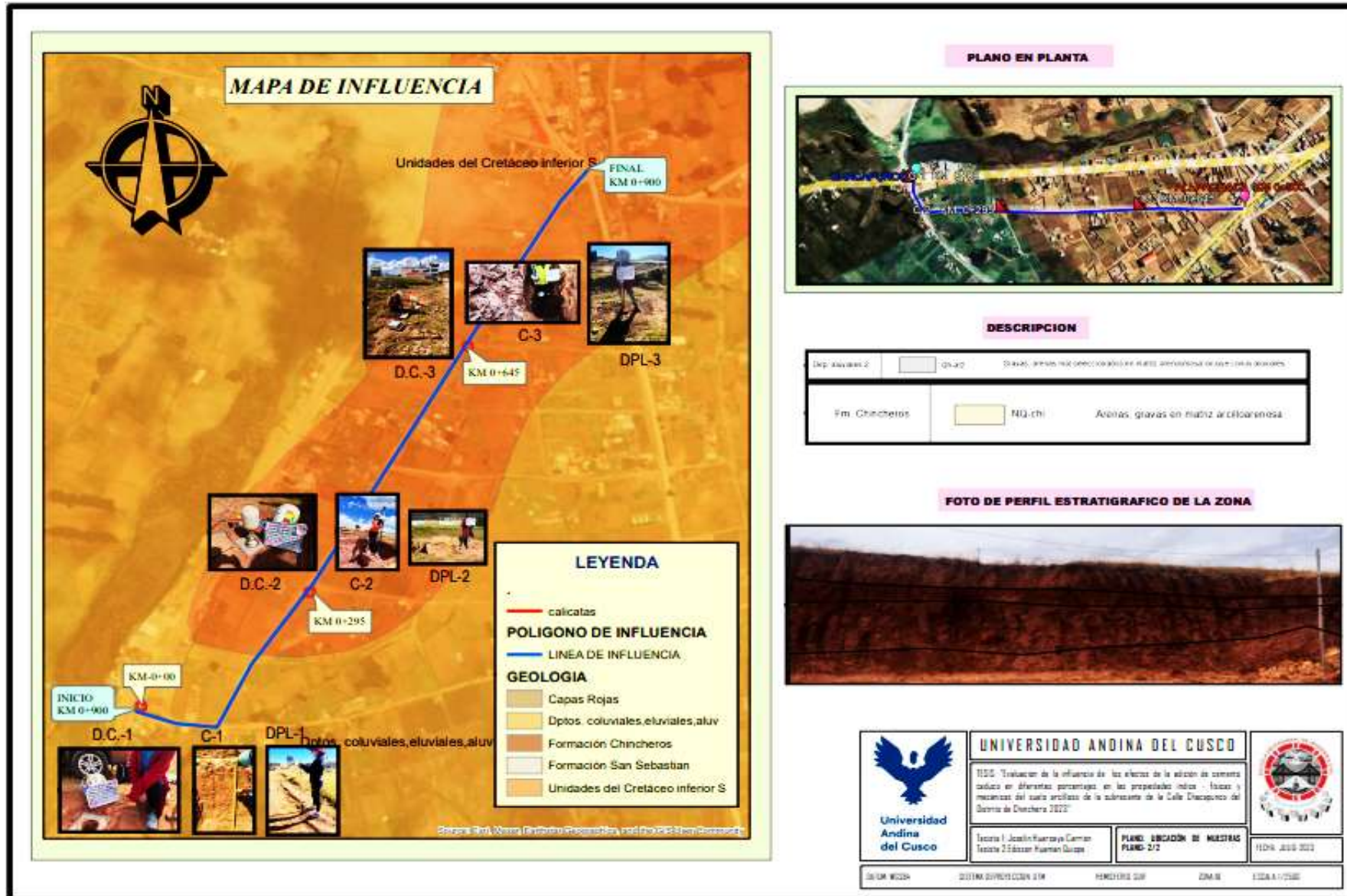
Anexos

Anexo 1: Matriz de consistencia

Título	Formulación de la pregunta de investigación	Objetivos de la investigación	Hipótesis de la investigación	Variables de Investigación	Metodología	Instrumentos
Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice - físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023.	Problema General	Objetivo General	Hipotesis General	Variable Independiente	Método: Científico Enfoque: Cuantitativo Tipo: Aplicada Nivel: Descriptivo - Explicativo Diseño: Cuasi experimental Población: Arcillas de la subrasante de la calle Chacapunco del distrito de Chinchero Muestra: Toma de Porciones de SP y SP+ aditivo ASTM D-2487. Muestreo no probabilístico por conveniencia (Casal & Mateu, 2003). Técnicas: Observación estructurada Medición estandarizada – ASTM	Ficha de toma de datos •Validada por expertos •Compatible con normas ASTM/MTC
	¿Cuál es la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en 4%,7% y 10%, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023?	Evaluar la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en 4%,7% y 10%, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023.	La adición de cemento caduco en 4%,7% y 10%, altera las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023.	Suelo arcilloso y Cemento caduco		
	Problemas Especificos	Objetivos Especificos	Hipotesis Especificos	Variable Dependiente		
	¿Cuál es la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en 4%,7% y 10%, sobre los limites de Atterberg en el suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023?	Determinar la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en 4%,7% y 10%, sobre los limites de Atterberg en el suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023.	La adición de cemento caduco en 4%,7% y 10%, reduce los limites de Atterberg en el suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023.	Propiedades Índice-Físicas		
	¿Cuál es la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en 4%,7% y 10%, en la compactación del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023?	Determinar la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en 4%,7% y 10%, en la compactación del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023.	La adición de cemento caduco en 4%,7% y 10%, incrementa la compactación del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023.			
	¿Cuál es la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en 4%,7% y 10%, en el índice de CBR y expansión del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023?	Determinar la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en 4%,7% y 10%, en el índice de CBR y expansión del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023.	La adición de cemento caduco en 4%,7% y 10%, incrementa el índice de CBR y reduce la variación de expansión del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023.	Propiedades Mecánicas		
¿Cuál es la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en 4%,7%, y 10% en la compresión inconfínada del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco	Determinar la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en 4%,7%, y 10%, en la compresión inconfínada del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco.	La adición de cemento caduco en 4%,7% y 10%, incrementa la resistencia a la compresión del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023.				



Anexo 3: Plano geológico del lugar de estudio





**Universidad
Andina del
Cusco**

HANDBOOK

J. HUARCAYA Y E. HUAMAN

PROCESO CONSTRUCTIVO

**SUELO
ADICIONADO
CON CEMENTO
CADUCO**

2023



MANUAL DE GUIA PRÁCTICA



CONTENIDO

- 01** INTRODUCCIÓN
- 02** OBJETIVO
- 03** MARCO NORMATIVO
- 04** DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ENSAYOS PREVIOS
- 05** DESCRIPCIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO
- 06** VENTAJAS
- 07** GLOSARIO
- 08** CONCLUSIONES



INTRODUCCIÓN 01



¿QUÉ? ¿CÓMO? ¿POR QUÉ?
¿PARA QUÉ?



El trabajo presentado aborda la evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en 4, 7 y 10%, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023.

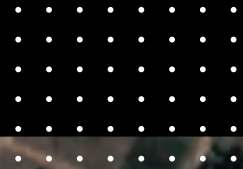
Se realizaron ensayos como: contenido de humedad, análisis granulométrico, límites de Atterberg, proctor modificado, CBR y compresión confinada para el análisis de sus propiedades índice-físicas y mecánicas. Empleando cemento Portland Tipo IP con tiempo de caducidad de 5 meses como aditivo estabilizador en porcentajes de 4, 7 y 10% del peso seco de la muestra de suelo.

El interés de este trabajo viene dado porque los suelos arcillosos no poseen una calidad adecuada para conformar una subrasante, y la mayoría de tratamientos implican deshacerse del material, el uso de lastrado o aditivos costosos. Por eso se decidió hacer uso del cemento caduco como alternativa de tratamiento, de esta manera aportar al desarrollo sostenible, puesto que se reutilizaría el cemento caduco que normalmente es desechado reduciendo la contaminación ambiental, así también no implicaría un gasto económico, generando de esta manera un bienestar social, ya que con el tratamiento de las trochas carrozables las personas tendrán mayor calidad de vida.

Con la elaboración de este documento, se pretende aportar una guía práctica de los pasos a seguir para poder dar uso alternativo al cemento caduco considerando los resultados y experiencias de la investigación.



02



OBJETIVO

MANUAL DE PROCESO CONSTRUCTIVO

Establecer una herramienta de consulta ágil y expedita para la aplicación y observancia de la normatividad a la que deben sujetarse las personas interesadas en aplicar el correcto manejo de los procedimientos de esta técnica de tramiento de suelo arcillo - cemento caduco en la subrasante.

CHACAPUNCO



MARCO NORMATIVO 03



MANUALES Y NORMAS LEGALES



Para un adecuado procedimiento de construcción de suelo adicionado con cemento caduco se debe tener en cuenta como guía de información las siguientes normativas:

- Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos (2013).
- Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG - 2013.
- Manual de Ensayo de Materiales - 2016.
- Norma CE 0.20 - Suelos y Taludes - 2012.



04

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ENSAYOS



FASE 1: SELECCIÓN DEL SUELO MÁS DESFAVORABLE

Se realiza el reconocimiento del lugar donde se ubica la trocha carrozable. Luego, se determina el número de calicatas con ayuda de la tabla 1. Posteriormente se realiza la calicata de acuerdo a la norma ASTM D 420, así como su descripción e identificación in situ, de acuerdo a la Norma ASTM O 2488.

Tabla 1

Número de calicatas para la exploración

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 4 calicatas x km 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 3 calicatas x km 	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 2 calicatas x km 	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 1 calicata x km 	

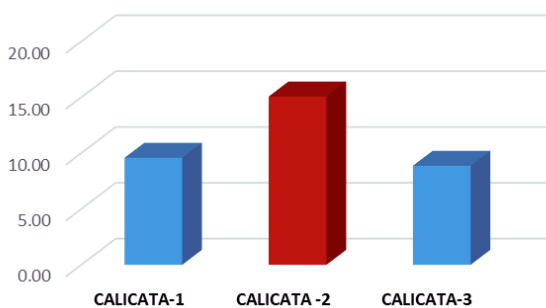
Tabla 2

Clasificación de un suelo segun su índice de plasticidad

Índice de plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	Suelos muy arcillosos
7 < IP ≤ 20	Media	Suelos arcillosos
IP ≤ 7	Baja	Suelos poco arcillosos
IP = 0	No plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

Nota: Adaptado del MTC (2014)

GRAFICA DE ÍNDICE PLÁSTICO



Los suelos contemplan un alto índice de plasticidad en relación a su límite líquido, los cuales están sujetos a cambios volumétricos extremadamente altos, con esto se quiere decir que nos encontramos frente a un suelo inestable, el IP más alto corresponde a la muestra de suelo de la calicata N°2.

Nota: Adaptado de Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección: Suelos y Pavimentos (2014)

Características índice-físicas del suelo

Calicata	C-1	C-2	C-3
Muestra	M1	M2	M3
Estrato	E1	E2	E3
Profundidad de estratos	0.1-1.5m	0.1-1.5m	0.1-1.5m
Humedad natural (%)	10.62	10.95	11.65
Límite Líquido	30.76	30.76	31.06
Límite Plástico	20.52	15.68	22.18
Índice Plástico	9.58	15.07	8.87
Índice líquido	1.03	0.31	1.19
Índice consistencia	2.10	1.31	2.19
Límite de contracción	24.95	16.00	27.74
Ángulo de fricción in situ (φ)	18.04	10.66	37.19
Clasificación SUCS (ASTM D 2487)	CL	CL	OL
	Arcilla limosa	Arcilla limosa	Limo arcilloso



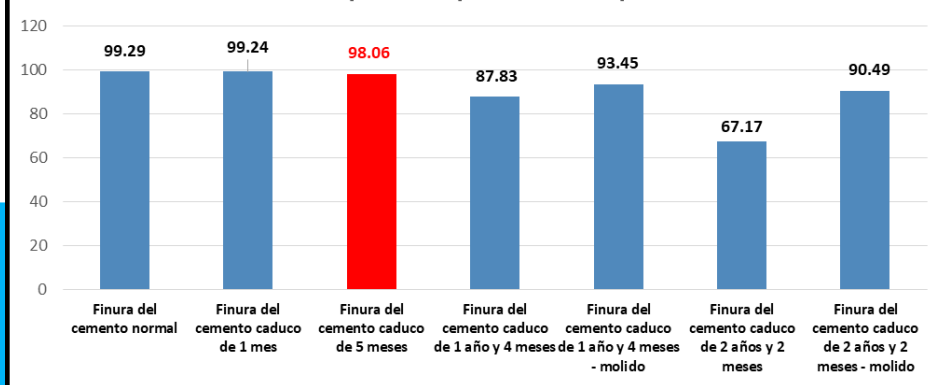
FASE 2: SELECCION DEL CEMENTO CADUCO

Seguindo la siguiente normativa NTP 334.058 , NTP 334.074 y NTP 334.006 .

Para identificar que cemento caduco se va a utilizar, para ser precisos de que fecha posterior a la recomendada se hará uso, se realizó los ensayos recomendados por la NTP 334.090 que nos ayudan a determinar la calidad del cemento, estas pruebas son: finura, consistencia y fraguado, hicimos la verificación comparando con la normativa para hacer uso del cemento que este dentro de los parámetros recomendados.

Nº	Descripción	Finura (%)	Cont. agua (ml)	Tiempo de fraguado inicial (min)	Tiempo de fraguado final (min)
1	Cemento normal	99.29	199.63	152.63	273.75
2	Cemento caduco de 1 mes	99.24	199.64	157.34	281.25
3	Cemento caduco de 5 meses	98.06	195.00	162.85	318.75
4	Cemento caduco de 1 año y 4 meses	87.83	190.00	203.03	352.5
5	Cemento caduco de 1 año y 4 meses - molido	93.45	206.41	170.01	322.5
6	Cemento caduco de 2 años y 2 meses	67.17	188.33	212.8	360
7	Cemento caduco de 2 años y 2 meses - molido	90.49	204.72	170.85	348.75

Finura del cemento portland tipo IP tamizado por la malla N°200

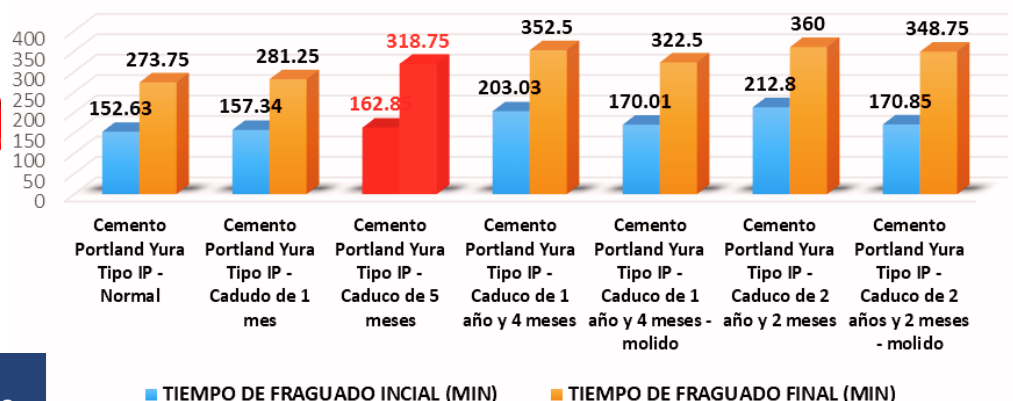


Los valores típicos de la consistencia normal están entre **23% y 33%** y la cantidad de agua requerida para obtener una pasta que permita la penetración de **10 ± 1 mm** del émbolo del equipo Vicat, después de **30 segundos** de concluida su preparación.

Por lo que el cemento con caducidad de 5 meses tiene 98.06 % de **finura** y este valor se encuentra por encima del **75%** que es el mínimo aceptable.

El cemento de 5 meses de caducidad tiene una penetración de 25 mm a los 162.85 min esto marca el **inicio del fraguado**, que está dentro de los **202 min** recomendados, el **fraguado final sucede** a los 318 min, que está en el rango de **312 min** considerando sé que maneja una desviación estándar de 12 min, que quiere decir que el Ff debe suceder como máximo a los 324 min, entonces podemos

TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL Y FINAL DE LAS 7 MUESTRAS DE CEMENTO YURA TIPO IP





FASE 3: ENSAYOS DE LABORATORIO



Siguiendo la siguiente normativa MTC E 110, MTC E 111 y MTC E 112



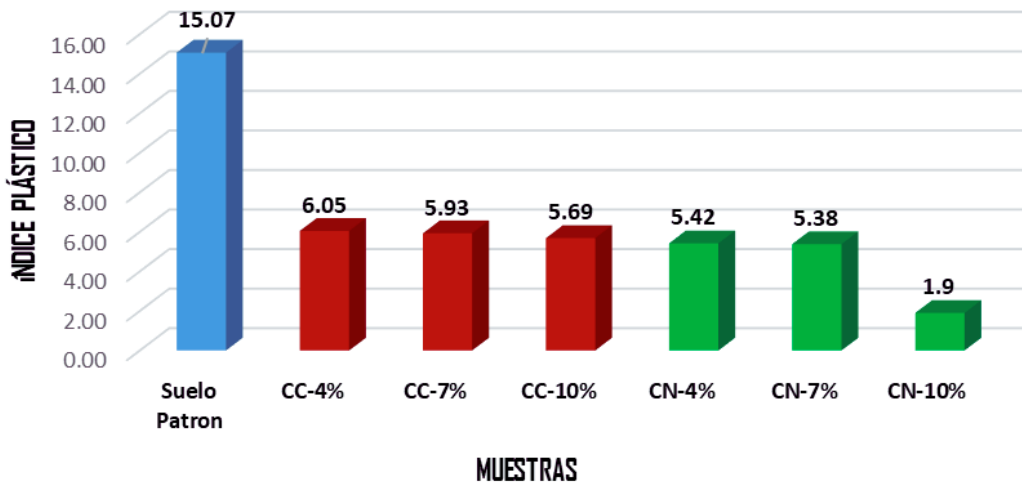
Evaluación del índice de plasticidad

Montejo (2002) y el MTC (2013), recomiendan que el límite líquido y el índice de plasticidad sean inferiores a 40 y 18 respectivamente.

	Suelo Patrón	SP + Cemento Caduco			SP + Cemento Normal		
	(SP)	4%	7%	10%	4%	7%	10%
Límite líquido	30.76	31.32	32.03	32.02	30.61	30.5	29.49
Límite plástico	15.68	25.27	26.09	26.33	25.18	25.12	27.59
Índice plástico	15.07	6.05	5.93	5.69	5.42	5.38	1.9
Límite de contracción	16.00	21.31	21.87	23.03	21.89	21.99	23.07
Grado de contracción	31.92	15.5	12.22	10.6	11.13	9.96	9.08



GRAFICO DE ÍNDICE PLÁSTICO



El IP disminuye en gran medida, de 15.07% para el suelo arcilloso más desfavorable, a 5.69 % con la adición de 10% de cemento caduco de 5 meses.

Esto quiere decir que pasa de un suelo de mediana plasticidad a un suelo de baja plasticidad e inclusive con 4% de adición de cemento caduco ya se observa ese cambio

Tabla 3

Caracterización de la plasticidad de un suelo

Término usado	IP	Resistencia en estado seco	Ensayos de campo
No plástico	0 – 3	Muy baja	Cae en pedazos fácilmente
Ligeramente plástico	4 – 15	Ligera	Se tritura fácilmente con los dedos
Medianamente plástico	15 – 30	Mediana	Difícil de triturar
Muy plástico	31 o mayor	Alta	Imposible de triturar con los dedos

Nota: Adaptado del MTC (2014).



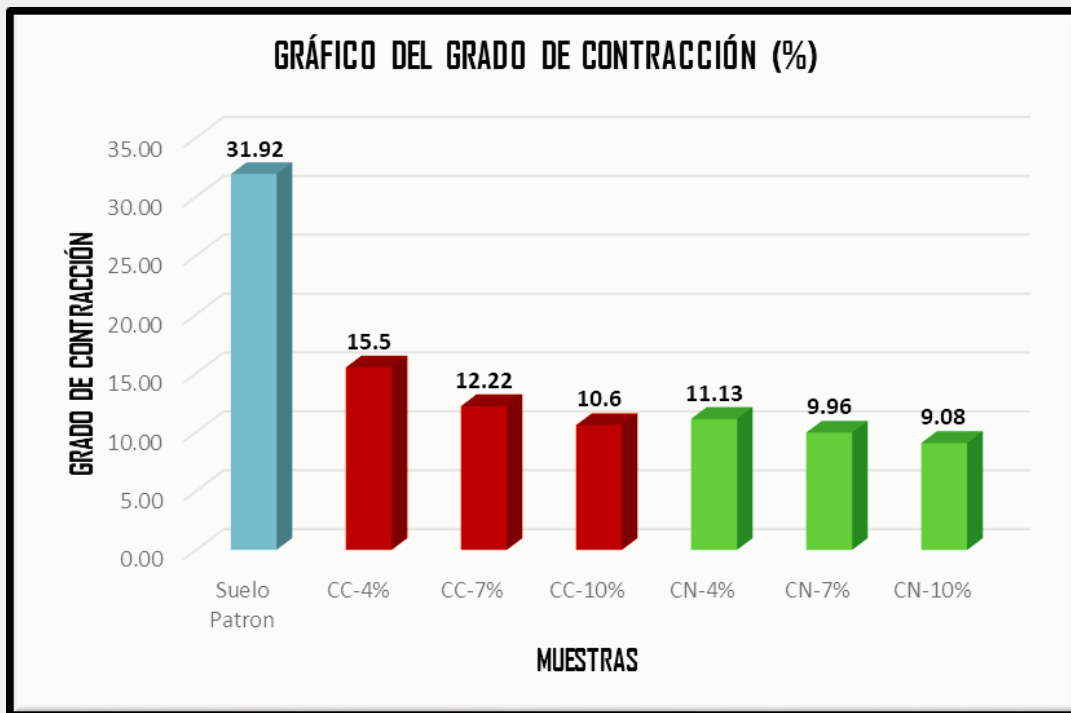
FASE 3: ENSAYOS DE LABORATORIO



Siguiendo la siguiente normativa MTC E 110, MTC E 111 y MTC E 112

↓ Evaluación del grado de contracción

	Suelo Patrón	SP + Cemento Caduco			SP + Cemento Normal		
	(SP)	4%	7%	10%	4%	7%	10%
Límite líquido	30.76	31.32	32.03	32.02	30.61	30.5	29.49
Límite plástico	15.68	25.27	26.09	26.33	25.18	25.12	27.59
Índice plástico	15.07	6.05	5.93	5.69	5.42	5.38	1.9
Límite de contracción	16.00	21.31	21.87	23.03	21.89	21.99	23.07
Grado de contracción	31.92	15.5	12.22	10.6	11.13	9.96	9.08



El GC disminuye en gran medida, de 31.92% para el suelo arcilloso más desfavorable, a 10.6 % con la adición de 10% de cemento caduco de 5 meses.

Esto quiere decir que pasa de ser un suelo muy pobre a un suelo regular, con la adición de 4% y 7% de cemento caduco se llega a 15.5 % y 12.22 % respectivamente, aunque se redujo en gran medida solo pasa de ser de un suelo muy pobre a un suelo pobre.

Tabla 4

Calidad de un suelo en función a su grado de contracción

Grado de contracción (%)	Calidad del suelo
< 5	Bueno
5 a 10	Regular
10 a 15	Pobre
> 15	Muy pobre

Nota: Adaptado de Crespo (2004)



FASE 3: ENSAYOS DE LABORATORIO

Siguiendo la siguiente normativa MTC E 115



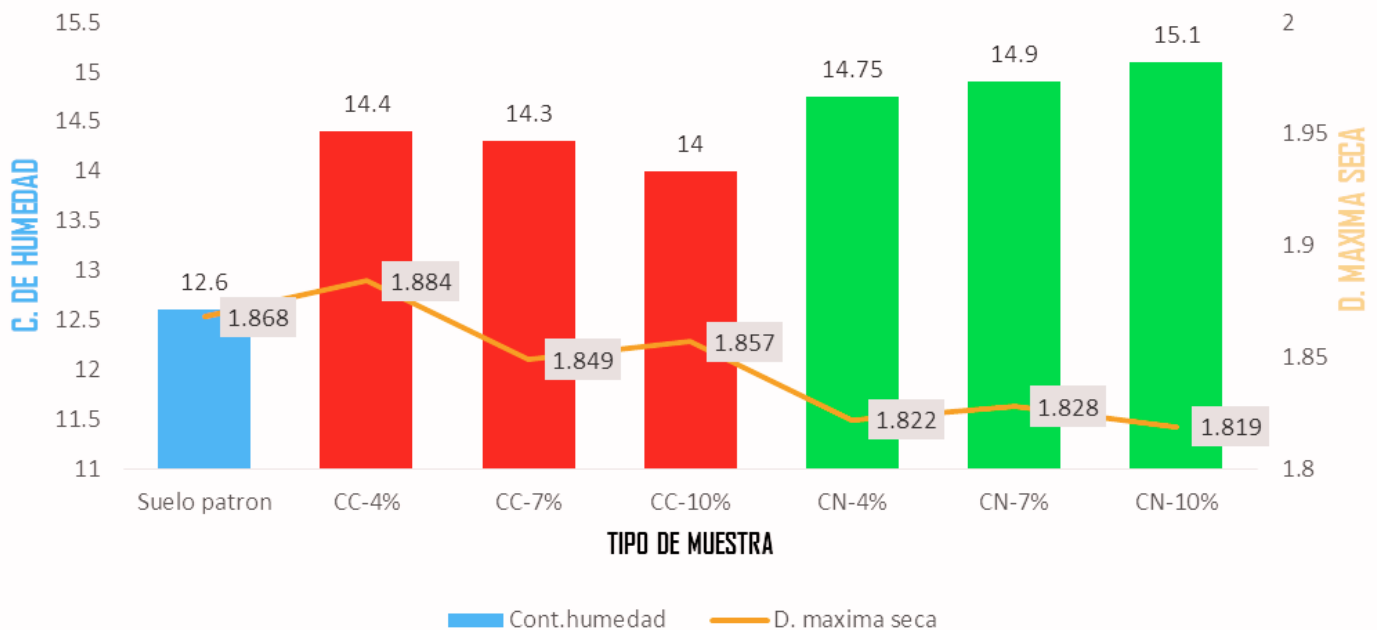
Evaluación del proctor modificado

El valor del contenido optimo del agua en relación al suelo patrón y al suelo patrón con adición de cemento caduco al 10% se incrementa respectivamente de un 12.6 % a 14.0%.

Muestras	Contenido de humedad (%)	Densidad máxima seca (gr/cm ³)
Suelo Patrón	12.6	1.868
Cemento caduco	4%	1.884
	7%	1.849
	10%	1.857
	4%	1.822
Cemento normal	7%	1.828
	10%	1.819



Densidad máxima seca y Contenido de humedad



En cuanto a la densidad seca máxima del suelo patrón y del suelo patrón con aditivo de cemento caduco al 10% difieren uno del otro mínimamente, donde se observa una reducción de 0.068 gr/cm³ respectivamente.

Mientras más cemento caduco menos agua se requiera, aunque esta variación es mínima la explicación estaría en que el cemento ya está perdiendo sus propiedades hidráulicas.



FASE 3: ENSAYOS DE LABORATORIO



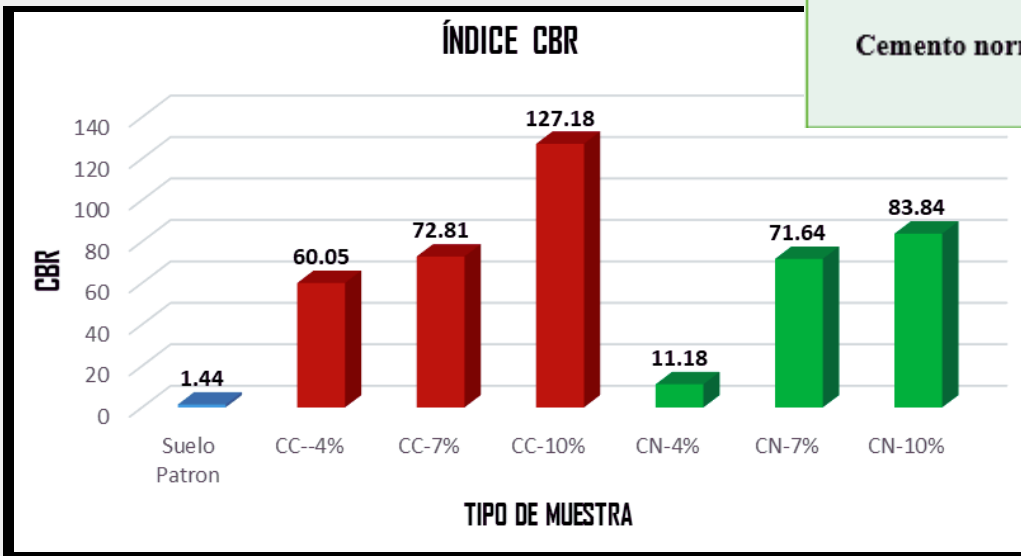
Siguiendo la siguiente normativa MTC E 132



Evaluación del índice de CBR

El valor del índice CBR de 1.44% al 95%DSM, obtenido para el suelo arcilloso más desfavorable, corresponde a una subrasante inadecuada (CBR < 3%)

MUESTRAS	CBR (%) 0.1" al 95% de la DMS	
Suelo patrón	1.44	
Cemento caduco	4%	60.05
	7%	72.81
	10%	127.18
Cemento normal	4%	11.18
	7%	71.64
	10%	83.84



Para el caso de 4% ,7% y 10% de adición de cemento caduco el CBR se incrementó, en mayor medida en comparación de un suelo cemento normal logrando valores de entre 127.18% y 83.84% respectivamente.

Tabla 5

Categorías de la subrasante

Categorías de Sub rasante	CBR
S ₀ : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

El valor del índice CBR obtenido en suelo-cemento caduco (4%, 7% y 10%) y suelo cemento normal (4%, 7% y 10%), corresponde a una subrasante adecuada (CBR>30%) según las categorías de subrasante que se muestra en la tabla 5 la cual indica una subrasante excelente.

Nota: Categorías de la subrasante de acuerdo al índice de CBR. Fuente: MTC (2014).



FASE 3: ENSAYOS DE LABORATORIO

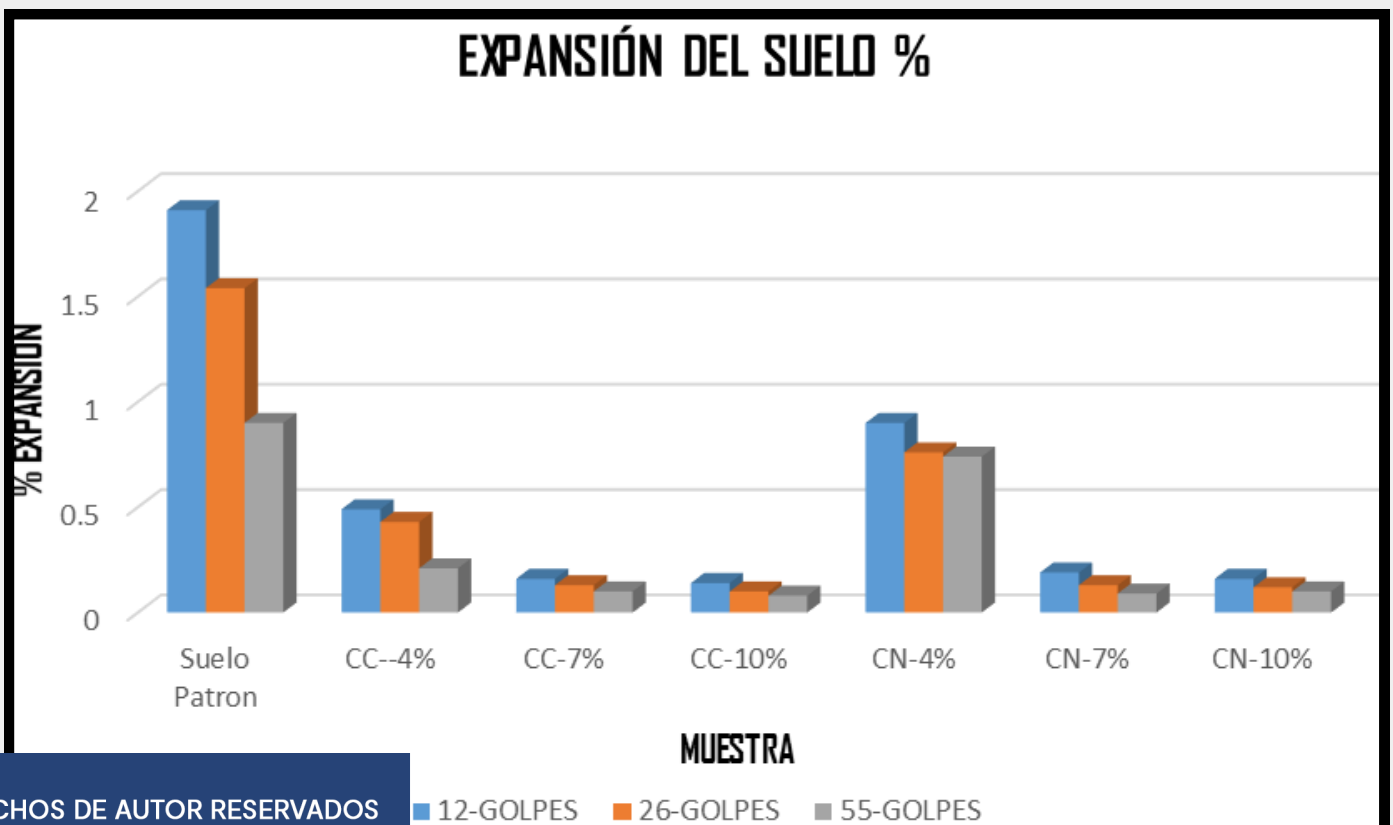


Siguiendo la siguiente normativa MTC E 132

↓ Evaluación del porcentaje de expansión

MUESTRAS	EXPANSION %		
	12-GOL	26-GOL	55-GOL
Suelo patrón	1.91	1.54	0.9
Cemento caduco	4%	0.49	0.43
	7%	0.16	0.13
	10%	0.14	0.1
Cemento normal	4%	0.9	0.76
	7%	0.19	0.13
	10%	0.16	0.12

El porcentaje de expansión del suelo patrón varía entre 0.9 % y 1.9%, con la adición de cemento caduco al 4% se reduce en promedio 74% de la expansión del suelo natural, con el 7% se reduce aún más, llegando a mitigar el 90.69% de la expansión del suelo natural y con el 10% se reduce aún más, llegando a mitigar el 92.43% de la expansión del suelo natural. Con la adición del cemento normal la reducción de la expansión del suelo natural varía en las mismas proporciones con un error mínimo.





FASE 3: ENSAYOS DE LABORATORIO



Siguiendo la siguiente normativa MTC E 121

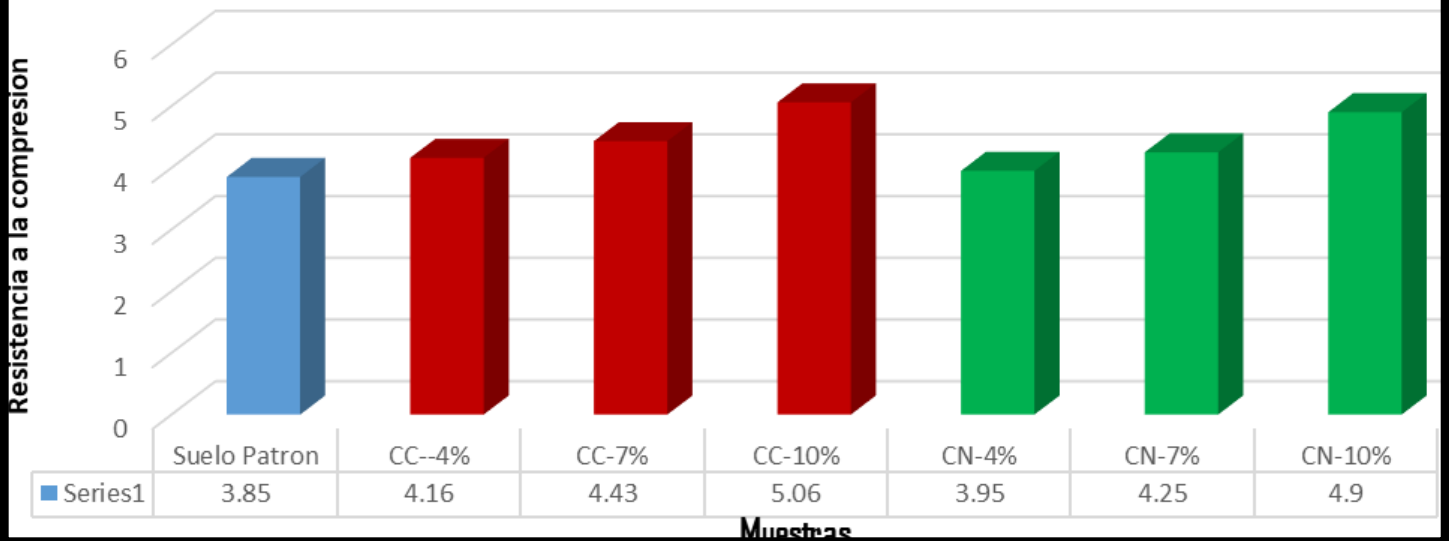
↓ Evaluación del grado de compresión inconfinado

El suelo adicionado con cemento caduco, esto demuestra una mejora significativa de 31% de incremento en la resistencia a la compresión no confinada que aporta el aditivo propuesto en la estabilización de suelos al 10% con cemento caduco.

MUESTRAS		Resistencia a la compresión no confinada q-(kg/cm ²)
Suelo patrón		3.85
Cemento caduco	4%	4.16
	7%	4.43
	10%	5.06
Cemento normal	4%	3.95
	7%	4.25
	10%	4.9

La compresión no confinada adicionado con cemento caduco al 4%,7% y 10% es mayor frente a los resultados con estabilizante de cemento normal.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA





FASE 3: ENSAYOS DE LABORATORIO



↓ Evaluación de la cantidad de cemento por m3 y m2



Para calcular la cantidad de suelo+cemento caduco+agua materiales por cada metro cúbico de suelo - cemento se necesitarán previamente los siguientes datos de entrada:

- Contenido de humedad natural del suelo (ω_n).
- Contenido de humedad óptimo de la mezcla de suelo - cemento caduco (ω_{OP}).
- Densidad seca máxima de la mezcla de suelo-cemento caduco (DSM).
- Porcentaje de cemento del peso seco del suelo (PC).

Se debe considerar una cantidad de agua adicional por evaporación de alrededor del 2%, lo cual queda a criterio del ejecutor de obra



Cantidad de agua adicional

$$A = DSM * \left(\omega_{OP} - \frac{\omega_n}{1 + PC} \right)$$

Cantidad de cemento

$$C = \frac{DSM * PC}{1 + PC}$$

Cantidad de suelo

$$S = \frac{DSM}{1 + PC}$$

Cantidad de cemento para una subrasante de 15cm

Muestras	PC	Densidad máxima seca (Kg/m3)	Cantidad de cemento (bls/m3)	Cantidad de cemento (kg/m2)
Suelo patrón	0.00%	1868	0.00	0.00
Cemento caduco	4%	1884	1.70	10.86
	7%	1849	2.85	18.14
	10%	1857	3.97	25.31
	4%	1822	1.65	10.51
	7%	1828	2.81	17.93
	10%	1819	3.89	24.79

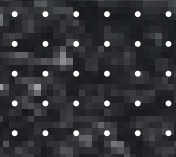


05



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

Etapas a ejecutar in situ, para lograr una adecuada estabilización de un suelo empleando cemento Portland tipo IP caduco:





Se prepara el terreno, haciendo una limpieza del granular existente y retirando, si se requiere, los materiales inadecuados como la maleza y piedras grandes.

P
A
S
O

0
1



P
A
S
O

0
2

Disgregación del suelo, en todo el espesor proyectado de la capa de suelo a estabilizar.



Humidificación o desecación, según sea el caso, del suelo, hasta lograr la humedad óptima determinada con el ensayo Proctor modificado, con una tolerancia de variación de $\pm 1.5\%$.

P
A
S
O

0
3



Después de la humidificación se realiza una compactación primaria para posteriormente dosificar el cemento y se realiza la aplicación y distribución uniforme

P
A
S
O

0
4



P
A
S
O

0
5

Ejecución del mezclado del suelo, cemento y agua, en todo el espesor proyectado. La operación de mezclado se realiza hasta garantizar la obtención de una mezcla lo más homogénea posible.



Compactación: se debe comprobar que la superficie que va a servir de apoyo tenga la densidad mínima del 95% del ensayo Proctor modificado.

P
A
S
O

0
6



Terminación de la superficie, de tal forma que se obtenga un acabado uniforme, en todo el espesor proyectado. Ejecución de juntas para proteger la capa construida cuando se vaya a esparcir y compactar la adyacente.

P
A
S
O

0
8



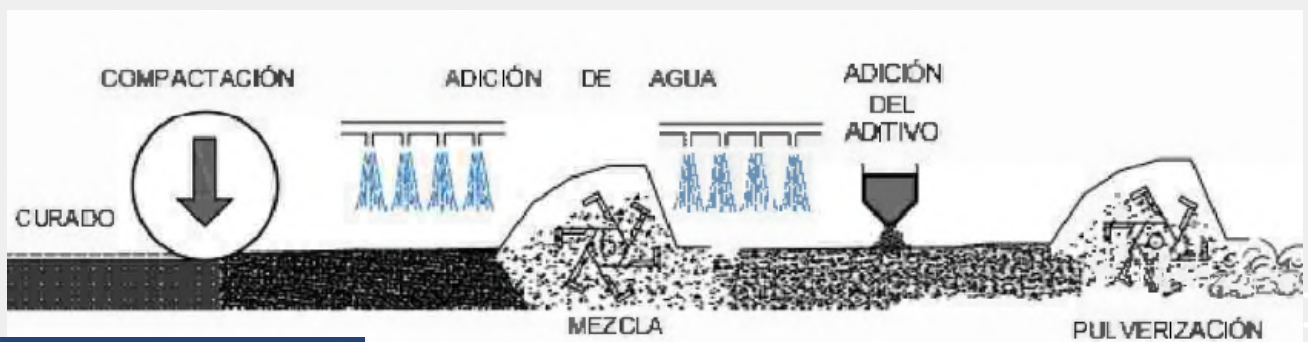
P
A
S
O

0
9

Curado y protección de la superficie por métodos adecuados, durante un periodo no menor de siete días, esto para evitar pérdidas de humedad.



FASES DEL PROCESO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CEMENTO CADUCO





VENTAJAS DEL SUELO - CEMENTO CADUCO

06

ENTRE LOS BENEFICIOS SE PUEDE ENUMERAR LO SIGUIENTE:



1. Adaptable a cualquier tipo de suelo, mejora la resistencia y durabilidad, desde las arenas mal gradadas hasta las arcillas altamente plásticas.
2. Mejora el rendimiento y la capacidad de soporte y carga.
3. Presenta un buen desempeño estructural por periodos prolongados.
4. Reduce la plasticidad/cohesión, mejora la trabajabilidad de los suelos marginales in situ.
5. Proporciona una plataforma de trabajo para todo tipo de clima. Soporta muchos ciclos/años de intemperismo y servicio. Es menos susceptible al efecto perjudicial del agua.
6. Reduce costos, mejora el suelo sin reemplazos ni gastos de transporte, no es necesario remover o reemplazar los suelos de baja calidad existentes.
7. Por 1 km de vía pavimentada, se puede realizar hasta 5 km en suelo cemento.
8. Es un proceso ágil. En un día se puede culminar hasta 250m de vía y ponerlo a disposición de la comunidad.





GLOSARIO 07

TERMINOS QUE DEBEMOS CONOCER



- **Suelo:** Capa delgada de material, sobre la corteza terrestre, que proviene de la desintegración y alteración física, química o ambos, de las rocas y de los residuos producto de las actividades de los seres vivos que se asientan sobre ella.
- **Suelo arcilloso:** Conjunto de partículas sólidas con diámetro menor a 0.005 mm y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al mezclarse con agua.
- **Suelo modificado con cemento:** Mezcla de suelo y una cantidad pequeña de cemento, que se añade con la finalidad de mejorar algunas propiedades de dicho suelo, como, reducir cambios volumétricos, incrementar ligeramente el Índice CBR o disminuir el Índice de plasticidad.
- **Subrasante:** Superficie obtenida con las explanaciones, sobre la que se apoya la superestructura del pavimento y está conformada por suelos seleccionados de características aceptables y compactados por capas para constituir un cuerpo estable en óptimo estado, de tal manera que no se vea afectada por la carga de diseño que proviene del tránsito.
- **Aditivo estabilizador:** Aditivo químico que, al ser añadido a la masa de suelo, mejora las propiedades físicas y mecánicas de este.



GLOSARIO 07

TERMINOS QUE DEBEMOS CONOCER



- **Estabilización de suelos:** Concepto que hace referencia al mejoramiento de las propiedades físicas y/o mecánicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos y/o físico - químicos. Nota 1. La norma técnica peruana extiende esta definición a la estabilización de estructuras de suelo tipo base o subbase de pavimentos, suelos utilizados como carpetas de rodado y aquellos suelos que comprometen a una subrasante de un camino.
- **Cemento Portland Tipo IP:** Tipo de cemento de uso general en la construcción, que se emplea en obras que no requieren propiedades especiales. Caduco: Material o sustancia que ya no está en el rango de uso propuesto por el productor.
- **Cambios de humedad:** Capacidad del suelo de soportar variaciones importantes de temperatura en una o más de sus propiedades.
- **Índice de contracción:** Indica la magnitud del intervalo de humedades entre el límite plástico y el límite de contracción en el cual el suelo posee una consistencia semisólida.
- **Índice de plasticidad:** Indica la magnitud del intervalo de humedades entre el límite líquido y el límite plástico en el cual el suelo posee consistencia plástica.
- **Índice CBR:** Indicador de la resistencia potencial a la deformación bajo las cargas de tráfico de la subrasante, subbase y material de base de un pavimento.
- **Capacidad de Soporte:** Carga vertical que se puede someter a una masa.
- **Compresibilidad:** Es la capacidad de cambio volumétrico de una masa sometida a una carga sometida sobre ella.



08

CONCLUSIONES

CONCLUSIÓN



En conclusión la elaboración de este documento “Manual de procedimiento constructivo suelo adicionado con cemento caduco”, servira de guía para aplicar este tipo de tratamiento en suelos arcillosos, ya que se explica los ensayos que se deben realizar para el control de calidad del suelo, del cemento caduco y del suelo adicionado siguiendo el marco normativo establecido, para posteriormente obtener las cantidades optimas de la mezcla (suelo + cemento caduco + agua) y proceder a la aplicación en la vía.

En este manual se explico el paso a paso con los resultados obtenidos para el cemento caduco de 5 meses y el suelo arcilloso clasificado como CL, arcillas inorganicas de baja plasticidad. En caso se tenga otras fechas establecidas del cemento caduco y otro tipo de suelo arcilloso, el procedimimiento establecido sera el mismo.



MANUAL DE GUÍA

TESIS DE REFERENCIA:

Huarcaya. J y Huaman E. (2023). *Evaluación de la influencia de los efectos de la adición de cemento caduco en diferentes porcentajes, en las propiedades índice-físicas y mecánicas del suelo arcilloso de la subrasante de la Calle Chacapunco del Distrito de Chinchero, 2023* [Tesis de pre grado]. Universidad Andina del Cusco.

MAYOR INFORMACIÓN:



- 017100351B@UANDINA.EDU.PE
- 017101189D@UANDINA.EDU.PE