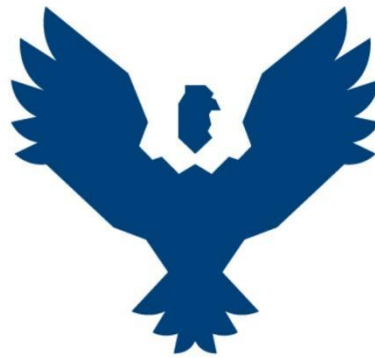




UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE SUELO-CEMENTO, ADICIONADO CON
CAUCHO RECICLADO PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO Y
MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO DE LA COMUNIDAD CAMPESINA DE
CHOCCO, CUSCO, 2022

Línea de Investigación: Geotecnia

Presentado por:

Bach. Parra Challco, Joseph Ricardo

ORCID: 0009-0005-1039-7288

Bach. Prudencio Paucarmayta, Jean Philippe

ORCID: 0009-0006-3251-7364

Para optar al título profesional de Ingeniero civil.

Asesor:

Mg. Ing. Jorge Álvarez Espinoza

ORCID: 0000-0001-8632-808X

CUSCO-PERÚ

2023



Metadatos	
Datos del autor	
Nombres y apellidos	Joseph Ricardo Parra Challco
Número de documento de identidad	75518350
URL de Orcid	https://orcid.org/0009-0005-1039-7288
Datos del autor	
Nombres y apellidos	Jean Philippe Prudencio Paucarmayta
Número de documento de identidad	73828268
URL de Orcid	https://orcid.org/0009-0006-3251-7364
Datos del asesor	
Nombres y apellidos	Jorge Alvarez Espinoza
Número de documento de identidad	23818765
URL de Orcid	https://orcid.org/0000-0001-8632-808X
Datos del jurado	
Presidente del jurado (jurado 1)	
Nombres y apellidos	Eigner Roman Villegas
Número de documento de identidad	23928061
Jurado 2	
Nombres y apellidos	Ronald Vera Gallegos
Número de documento de identidad	40546948
Jurado 3	
Nombres y apellidos	Jose Alberto Montesinos Cervantes
Número de documento de identidad	25001820
Jurado 4	
Nombres y apellidos	Heber Darwin Gutierrez Vallejo
Número de documento de identidad	23921471
Datos de la investigación	
Línea de investigación de la Escuela Profesional	Geotecnia



Tesis Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la comunidad campesina de Chocco.

por Jean Parra Prudencio

Fecha de entrega: 17-ago-2023 06:32p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2147267129

Nombre del archivo: TESIS_PARRA-PRUDENCIO_VERSION_FINAL.pdf (15.72M)

Total de palabras: 65805

Total de caracteres: 282665



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE SUELO-CEMENTO, ADICIONADO CON
CAUCHO RECICLADO PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO Y
MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO DE LA COMUNIDAD CAMPESINA DE
CHOCCO, CUSCO, 2022

Línea de Investigación: Geotecnia

Presentado por:

Bach. Parra Chalco, Joseph Ricardo

ORCID: 0009-0005-1039-7288

Bach. Prudencio Paucarmayta, Jean Philippe

ORCID: 0009-0006-3251-7364

Para optar al título profesional de Ingeniero civil.

Asesor:

Mg. Ing. Jorge Álvarez Espinoza

CUSCO-PERÚ

2023



adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la comunidad campesina de Chocco

INFORME DE ORIGINALIDAD

21%

INDICE DE SIMILITUD

21%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

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

19%

★ hdl.handle.net

Fuente de Internet

Excluir citas

Apagado

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: Jean Parra Prudencio
Título del ejercicio: Tesis
Título de la entrega: Tesis Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionad...
Nombre del archivo: TESIS_PARRA-PRUDENCIO_VERSION_FINAL.pdf
Tamaño del archivo: 15.72M
Total páginas: 239
Total de palabras: 65,805
Total de caracteres: 282,665
Fecha de entrega: 17-ago.-2023 06:32p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre... 2147267129





DEDICATORIA

A Dios y al Sr. De Qoyllorit'y

*Mi agradecimiento para quien ha guiado
cada uno de mis pasos, a Dios. Para mi
compañero de vida, quien me cuida y me
protege, el Sr. De Qoyllorit'y.*

A mi Familia:

*A mi abue Rosa Triveño y a mi mamá Ernestina
Paucarmayta, gracias por el inmenso amor, por el apoyo en
todo momento y ser el pilar de mis principios y valores.*

*A mi hermana Rosa Desire Prudencio, por instruirme,
guiarme, cuidarme y darme la fuerza para seguir adelante.*

*A mi mejor amiga, por su gran amistad y apoyo en todos los
buenos y malos momentos de mi vida.*

Ustedes son mi principal motivación.

A mis Familiares:

*A mis tíos y tías, primos y primas, por su
aliento, por sus consejos y apoyo
incondicional a lo largo de mi vida.*

Los amo.

Jean Philippe Prudencio Paucarmayta



DEDICATORIA

Primeramente, agradecer a Dios, la Virgen María y el Sr. de Qoyllurity quien me dio la oportunidad de vivir, que me acompañaron desde siempre velando por mi salud y mi formación académica, sabiendo que están siempre conmigo.

A mis padres; Ascencion Parra Davila y Adela Challco Farfan, mi hermano Renzo Parra Challco; su apoyo y amor incondicional hacia mi persona, fundamentales en mi formación personal, académica y profesional.

A la Universidad Andina del Cusco y a los docentes ingenieros que avivaron la curiosidad en mí y las ganas de instruirme más en esta noble carrera.

Joseph Ricardo Parra Chalco



AGRADECIMIENTOS

A nuestra casa de estudios la Universidad Andina del Cusco por la formación profesional que nos brindó a lo largo de esta travesía y por tener ingenieros docentes de gran calidad que despertaron nuestra curiosidad y pasión por la ingeniería civil.

A nuestro asesor el Mgt. Ing. Jorge Álvarez Espinoza por su gran y constante apoyo a la investigación, porque gracias a su compromiso y experiencia de trabajo de asesoría se ha logrado una importante contribución esta investigación de tesis.

A nuestros dictaminantes Mgt. Ing. Eigner Villegas junto con el Mgt. Ing. Ronald Vera por brindar y darnos sus consejos, experiencias y conocimientos compartidos en el proceso de esta investigación, un especial agradecimiento a los ingenieros, sin su cooperación esta investigación no se habría logrado de esta manera tan satisfactoria.



Resumen

La presente tesis de investigación tiene por objetivo mejorar las propiedades físicas como índice de ascensión capilar, el cual es un indicador de resistencia del material y propiedades mecánicas de los suelos cohesivos como CBR y densidad máxima seca; son factores determinantes en el proceso de construcción de vías y caminos. Para optimizar el diseño de suelo cemento con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la comunidad campesina de Chocco, se evaluaron las propiedades mecánicas y físicas en las dosificaciones de 0%, 2%, 4%, 6%, 8% de caucho y 0%, 2%, 4% de cemento, resultando en 15 dosificaciones. Estas dosificaciones se hicieron en base a los antecedentes y bibliografía consultada expuesta en la presente tesis, posterior a ello se realizaron los ensayos experimentales de densidad máxima seca, CBR e índice de ascensión capilar, con 2 repeticiones en los ensayos de CBR e índice de ascensión capilar. Con un total de 105 ensayos. Analizando las mencionadas propiedades del suelo natural, sin adición de caucho y con adición de caucho; sin adición de cemento y con adición de cemento, hallando un diseño óptimo entre las dosificaciones planteadas. Se comprobaron las hipótesis específicas que hacen uso de cemento en su diseño y no se demostraron las hipótesis específicas en las que no se hacen uso de cemento en su diseño. Se halló el resultado de la dosificación 2% de caucho y 4% de cemento, logrando alcanzar una densidad máxima seca del 2.342 g/cm³, un CBR de 8.73% al 95%, 12.70% al 100% y un índice de absorción capilar de 0.0908 kg/(m²*s^{0.5}), siendo el diseño N6 el óptimo para el suelo arcilloso de la comunidad campesina de Chocco, mejorando el suelo sin adiciones en un 10.08% de la densidad seca, un 47.71% de CBR al 95%, 33.60 % al 100% de CBR y reduce en un 41.43% el Índice de absorción de Agua por ascensión capilar.

Palabras clave: CBR, densidad máxima seca, limite líquido, limite plástico, suelo cemento, suelo arcilloso, índice de absorción capilar, caucho reciclado, optimización.



Abstract

The objective of this research thesis is to improve physical properties such as capillary rise index, which is an indicator of material strength and mechanical properties of cohesive soils such as CBR and maximum dry density; these are determining factors in the process of road construction. To optimize the design of soil cement with recycled rubber to improve the physical and mechanical behavior of the clayey soil of the rural community of Chocco, the mechanical and physical properties were evaluated in the dosages of 0%, 2%, 4%, 6%, 8% of rubber and 0%, 2%, 4% of cement, resulting in 15 dosages. These dosages were made based on the background and bibliography consulted in this thesis, after which the experimental tests of maximum dry density, CBR and capillary rise index were carried out, with 2 repetitions in the CBR and capillary rise index tests. A total of 105 tests were carried out. Analyzing the mentioned properties of the natural soil, without addition of rubber and with addition of rubber; without addition of cement and with addition of cement, finding an optimum design between the proposed dosages. The specific hypotheses that make use of cement in their design were proved and the specific hypotheses that do not make use of cement in their design were not proved. The result of the dosage of 2% rubber and 4% cement was found, achieving a maximum dry density of 2.342 g/cm³, a CBR of 8.73% at 95%, 12.70% at 100% and a capillary absorption index of 0.0908 kg/(m²*s^{0.5}), with the N6 design being the optimum for the clayey soil of the Chocco farming community, improving the soil without additions by 10.08% of the dry density, 47.71% CBR at 95%, 33.60% at 100% CBR and reducing by 41.43% the water absorption rate by capillary rise.

Key words: CBR, maximum dry density, liquid limit, plastic limit, soil cement, clay soil, capillary absorption index, recycled rubber, optimization.



Introducción

Las carreteras y vías de transporte son la principal causa-fuente de desarrollo social-económico en la humanidad, esto se ve desde tiempos ancestrales, asimismo este campo de estudio presenta con diferentes problemas siendo uno de estos el tipo de suelo, el uso de esta infraestructura produce la erosión y desgaste de la misma, estas trabas son solucionadas o mitigadas con nuevas tecnologías o estudios, la presente investigación pretende optimizar el diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado del suelo arcilloso de la comunidad campesina de Chocco. Según el Sistema de Información para la Gestión de Desastres (SIGRID) el sector de Chocco, Wimpillay – Tancarpatá ubicado entre los distritos de Santiago y San Sebastián, es un área de suelo altamente arcilloso con bajo porcentaje de limo, evaluaremos la mejora de las propiedades físico-mecánicas del suelo cemento adicionado con caucho reciclado y el suelo arcilloso de la zona. Viendo parámetros como la granulometría, límites de Atterberg, el contenido de humedad óptima, densidad seca máxima, capilaridad, porcentajes de dosificación para el diseño suelo cemento óptimo; ensayos que serán realizados en el laboratorio del Mgt. Ing. Cesar Arbulu Jurado, para poder conocer y afirmar la variación positiva de propiedades físico-mecánicas del diseño suelo cemento optimizado.

En el Capítulo I se expone e identifica el problema; donde se describe y plantea, delimitando los objetivos para justificarlos, así también limitándolos de manera espacial y temporal.

En el Capítulo II se aborda el marco teórico; estudios previos como antecedentes y las bases teórico-científicas. Que nos sirven de sustento y guía para respaldar la investigación, así como plantearnos las hipótesis y variables de la investigación.

En el Capítulo III se detalla el diseño metodológico empleado; alcances, diseño de la investigación, muestra, presentando las técnicas de recolección e instrumentos de recolección de datos.

En el Capítulo IV se presentan los resultados e interpretación de la recopilación de los resultados del procesamiento de datos respecto a los objetivos planteados, granulometría, límites de Atterberg, el contenido de humedad óptima, densidad seca máxima, capilaridad, porcentajes de dosificación para el diseño suelo cemento óptimo.

En el Capítulo V se encuentra la discusión, donde se expone la descripción de los hallazgos según las hipótesis planteadas, así comparándolas con nuestras bases Teórico-Científicas y bibliografía.

Así culminando con las conclusiones y recomendaciones de la investigación, referencias bibliográficas, así como los instrumentos de recolección de datos y validación de estos en los



anexos respectivos, así también la matriz de consistencia de la tesis y fotografías del desarrollo de la tesis.



ÍNDICE GENERAL

Capítulo I: Planteamiento del Problema	1
1.1. Planteamiento del Problema	1
1.2. Formulación de Problemas	2
1.2.1. Problema General	3
1.2.2. Problemas Específicos	3
1.3. Justificación	4
1.3.1. Conveniencia	4
1.3.2. Relevancia social	4
1.3.3. Implicaciones prácticas	5
1.3.4. Valor teórico	6
1.3.5. Utilidad Metodológica	6
1.4. Objetivo de la investigación	6
1.4.1. Objetivo General	7
1.4.2. Objetivos Específicos	7
1.5. Delimitación del estudio	8
1.5.1. Delimitación espacial	8
1.5.2. Delimitación temporal	8
Capítulo II: Marco Teórico	9
2.1. Antecedentes de la tesis	9
2.1.1. Antecedentes Internacionales	9
2.1.2. Antecedentes Nacionales	11
2.1.3. Antecedentes Locales	12
2.2. Bases Teóricas	13
2.2.1. Estabilización de Suelos	13
2.2.2. Arcilla	14
2.2.3. Caucho reciclado	16



2.2.4.	Suelo-Cemento.....	19
2.2.5.	Cemento.....	23
2.2.6.	Agua.....	24
2.2.7.	CBR	24
2.2.8.	Absorción por Capilaridad.....	25
2.2.9.	Curado.....	¡Error! Marcador no definido.
2.3.	Marco conceptual	29
2.4.	Hipótesis	29
2.4.1.	Hipótesis general	29
2.4.2.	Hipótesis Especificas	29
2.5.	Variables e indicadores	31
2.5.1.	Identificación de variables.....	31
2.5.2.	Operacionalización de Variables	32
Capítulo III: Metodología.....		33
3.1.	Alcance del Estudio	33
3.2.	Diseño de la investigación	33
3.3.	Población	33
3.4.	Muestra.....	35
3.4.1.	Descripción de la muestra.....	35
3.4.2.	Cuantificación de la muestra.....	35
3.4.3.	Método de muestreo	35
3.4.4.	Criterios de Inclusión.....	36
3.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	36
3.5.1.	Ensayo de Granulometría de la muestra (MTC-E204) (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017).....	36
3.5.2.	Ensayo de Determinación del límite líquido del suelo (MTC E-110) (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017).....	38



3.5.3. Ensayo de Determinación del límite plástico del suelo (MTC E-111). (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017).....	40
3.5.4. Ensayo de Proctor (MTC E-115) (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017).....	42
3.5.5. Ensayo de CBR (MTC E-132) (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017)	43
3.5.6. Ensayo de Ascensión Capilar, según (ISO, 2002) y (Cirvini & J.A., 2014).	45
3.6. Validez y confiabilidad de los instrumentos.....	48
3.7. Plan de análisis de datos.....	48
3.7.1 Ensayo de Granulometría.....	48
3.7.2 Ensayo de Límites Líquido y Plástico	49
3.7.3 Ensayo de Proctor	50
3.7.4. Ensayo California Bearing Ratio (CBR).....	68
3.7.5. Ensayo de Capilaridad.....	113
Capítulo IV: Resultados de la investigación.	137
Resultados del ensayo Proctor Modificado para encontrar el diseño optimizado	137
Resultados del CBR al 95% para encontrar el diseño optimizado.....	138
Resultados del CBR al 100% para encontrar el diseño optimizado.....	139
Comparación de CBR al 95% y 100%	140
Cuadro Comparativo del Ensayo de Ascensión Capilar	141
4. Resultados	142
4.1. Resultados respecto a los Objetivos Específicos.	142
4.2. Resultados respecto al Objetivo General.....	143
Capítulo V: Discusión	143
5.1. Descripción de los hallazgos más relevantes y significativos	143
5.2. Limitaciones del estudio.....	143
5.3. Comparación crítica con la literatura existente.....	144
5.4. Implicancias del estudio	145



C. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	146
D. REFERENCIAS	149
E. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	152
F. VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS	158
ANEXOS	194



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ubicación Geografica y coordenadas UTM de la Tesis	1
Tabla 2: Caucho como desperdicio en la provincia del Cusco para los años 2003-2023. (Elaboración propia).....	5
Tabla 3: Variables independientes e indicadores	31
Tabla 4: Variables dependientes (Fuente: Propia)	31
Tabla 5: Cuadro de operacionalización de variables.....	32
Tabla 6: Datos de capilaridad (Pesaje Según tiempo).....	113
Tabla 7: Formato de Recolección de datos para Granulometría y Limites de Atterberg (Fuente: Propia).....	152
Tabla 8: Dosificaciones de mezcla programada.....	153
Tabla 9: Formato de recolección de datos (Geometría de probetas) (Ensayo de Capilaridad) (Fuente: Propia).....	154
Tabla 10: Formato de recolección de datos (Pesaje de probetas según tiempo) (Ensayo de Capilaridad) (Fuente: Propia).....	155
Tabla 11: Formato de Recolección de datos para el ensayo de Proctor.....	156



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación del estudio	1
Figura 2: Propiedades Físicas y Mecánicas del caucho reciclado.....	18
Figura 3Árbol de decisión del diseño suelo cemento. (Guide to Cement-Modified Soil – Portland Cement Association).....	21
Figura 4: Proceso de diseño de mezcla. (Guide to Cement-Modified Soil – Portland Cement Association).....	22
Figura 5: Cemento Portland	23
Figura 6: Categorías de Subrasante, según CBR.....	25
Figura 7: Procedimiento del ensayo	27
Figura 8: Esquema de Ensayo de Capilaridad.....	28
Figura 9: Curado de probetas según (Viera Estrada, Benavides Miranda, & Montoya Cañás)	¡Error! Marcador no definido.
Figura 10: Contenido de Cemento vs Carga aplicada	33
Figura 11: Secado de Material en el Horno.....	37
Figura 12: Tamizado Manual del Agregado Fino (Muestra)	37
Figura 13: Pesaje de muestra retenida en el tamiz.	38
Figura 14: Desarrollo de ensayo de Limite Liquido	39
Figura 15: Procedimiento de ensayo de Limite Plástico	41
Figura 16: Moldes para densidad.	42
Figura 17 Equipos para el Ensayo de Proctor.	42
Figura 18: Apisonado en molde proctor.....	43
Figura 19 Dosificación y mezclado de materiales.	43
Figura 20: Determinacion de la densidad de muestras.....	43
Figura 21: Prensa mecánica con lectura virtual.	44
Figura 22: Moldes para ensayo CBR.	44
Figura 23: Lectura de deformación.	45
Figura 24: Prensa del material para lectura.	45
Figura 25: Apisonado de material CBR	45
Figura 26: Preparacion de muestras con la humedad optima brindada por el ensayo Proctor.	45
Figura 27: Preparación de muestra.....	46
Figura 28: Probetas sumergidas y pesaje de probeta (Fuente: Propia)	47
Figura 29: Validación de Instrumentos Proctor	48



Figura 30: Validación de Instrumentos CBR	49
Figura 31: Validación de Instrumentos Índice de Absorción Capilar	50
Figura 32: Granulometría del suelo de la Comunidad Campesina de Chocco.....	51
Figura 33: Limite líquido y plástico del suelo de la Comunidad Campesina de Chocco.	52
Figura 34: Resultados Ensayo Proctor 0% Caucho 0% Cemento	53
Figura 35: Resultados Ensayo Proctor 0% Caucho 2% Cemento	54
Figura 36: Resultados Ensayo Proctor 0% Caucho 4% Cemento	55
Figura 37: Resultados Ensayo Proctor 2% Caucho 0% Cemento	56
Figura 38: Resultados Ensayo Proctor 2% Caucho 2% Cemento	57
Figura 39: Resultados Ensayo Proctor 2% Caucho 4% Cemento	58
Figura 40: Resultados Ensayo Proctor 4% Caucho 0% Cemento	59
Figura 41: Resultados Ensayo Proctor 4% Caucho 2% Cemento	60
Figura 42: Resultados Ensayo Proctor 4% Caucho 4% Cemento	61
Figura 43: Resultados Ensayo Proctor 6% Caucho 0% Cemento	62
Figura 44: Resultados Ensayo Proctor 6% Caucho 2% Cemento	63
Figura 45: Resultados Ensayo Proctor 6% Caucho 4% Cemento	64
Figura 46: Resultados Ensayo Proctor 8% Caucho 0% Cemento	65
Figura 47: Resultados Ensayo Proctor 8% Caucho 2% Cemento	66
Figura 48: Resultados Ensayo Proctor 8% Caucho 4% Cemento	67
Figura 49: Resultados CBR1 0% Caucho 0% Cemento	68
Figura 50: Resultados CBR2 0% Caucho 0% Cemento	69
Figura 51: Resultados CBR3 0% Caucho 0% Cemento	70
Figura 52: Resultados CBR1 0% Caucho 2% Cemento	72
Figura 53: Resultados CBR2 0% Caucho 2% Cemento	72
Figura 54: Resultados CBR3 0% Caucho 2% Cemento	73
Figura 55: Resultados CBR1 0% Caucho 4% Cemento	74
Figura 56: Resultados CBR2 0% Caucho 4% Cemento	75
Figura 57: Resultados CBR3 0% Caucho 4% Cemento	76
Figura 58: Resultados CBR1 2% Caucho 0% Cemento	77
Figura 59: Resultados CBR2 2% Caucho 0% Cemento	78
Figura 60: Resultados CBR3 2% Caucho 0% Cemento	79
Figura 61: Resultados CBR1 2% Caucho 2% Cemento	80
Figura 62: Resultados CBR2 2% Caucho 2% Cemento	81
Figura 63: Resultados CBR3 2% Caucho 2% Cemento	82



Figura 64: Resultados CBR1 2% Caucho 4% Cemento	83
Figura 65: Resultados CBR2 2% Caucho 4% Cemento	84
Figura 66: Resultados CBR3 2% Caucho 4% Cemento	85
Figura 67: Resultados CBR1 4% Caucho 0% Cemento	86
Figura 68: Resultados CBR2 4% Caucho 0% Cemento	87
Figura 69: Resultados CBR3 4% Caucho 0% Cemento	88
Figura 70: Resultados CBR1 4% Caucho 2% Cemento	89
Figura 71: Resultados CBR2 4% Caucho 2% Cemento	90
Figura 72: : Resultados CBR3 4% Caucho 2% Cemento	91
Figura 73: Resultados CBR1 4% Caucho 4% Cemento	92
Figura 74: Resultados CBR2 4% Caucho 4% Cemento	93
Figura 75: Resultados CBR3 4% Caucho 4% Cemento	94
Figura 76: Resultados CBR1 6% Caucho 0% Cemento	95
Figura 77: Resultados CBR2 6% Caucho 0% Cemento	96
Figura 78: Resultados CBR3 6% Caucho 0% Cemento	97
Figura 79: Resultados CBR1 6% Caucho 2% Cemento	98
Figura 80: Resultados CBR2 6% Caucho 2% Cemento	99
Figura 81: Resultados CBR3 6% Caucho 2% Cemento	100
Figura 82: Resultados CBR1 6% Caucho 4% Cemento	101
Figura 83: Resultados CBR2 6% Caucho 4% Cemento	102
Figura 84: Resultados CBR3 6% Caucho 4% Cemento	103
Figura 85: Resultados CBR1 8% Caucho 0% Cemento	104
Figura 86: Resultados CBR2 8% Caucho 0% Cemento	105
Figura 87: Resultados CBR3 8% Caucho 0% Cemento	106
Figura 88: Resultados CBR1 8% Caucho 2% Cemento	107
Figura 89: Resultados CBR2 8% Caucho 2% Cemento	108
Figura 90: Resultados CBR3 8% Caucho 2% Cemento	109
Figura 91: Resultados CBR1 8% Caucho 4% Cemento	110
Figura 92: Resultados CBR2 8% Caucho 4% Cemento	111
Figura 93: Resultados CBR3 8% Caucho 4% Cemento	112
Figura 94: Resultados Ascensión Capilar 0% Caucho 2% Cemento	114
Figura 95: Resultados Ascensión Capilar 0% Caucho 0% Cemento	114
Figura 96: Resultados Ascensión Capilar 2% Caucho 0% Cemento	115
Figura 97: Resultados Ascensión Capilar 0% Caucho 4% Cemento	115



Figura 98: Resultados Ascensión Capilar 2% Caucho 4% Cemento	116
Figura 99: Resultados Ascensión Capilar 2% Caucho 2% Cemento	116
Figura 100: Resultados Ascensión Capilar 4% Caucho 2% Cemento	117
Figura 101: Resultados Ascensión Capilar 4% Caucho 0% Cemento	117
Figura 102: Resultados Ascensión Capilar 6% Caucho 0% Cemento	118
Figura 103: Resultados Ascensión Capilar 4% Caucho 4% Cemento	118
Figura 104: Resultados Ascensión Capilar 6% Caucho 4% Cemento	119
Figura 105: Resultados Ascensión Capilar 6% Caucho 2% Cemento	119
Figura 106: Resultados Ascensión Capilar 8% Caucho 2% Cemento	120
Figura 107: Resultados Ascensión Capilar 8% Caucho 0% Cemento	120
Figura 108: Resultados Ascensión Capilar 0% Caucho 0% Cemento	121
Figura 109: Resultados Ascensión Capilar 8% Caucho 4% Cemento	121
Figura 110: Resultados Ascensión Capilar 0% Caucho 4% Cemento	122
Figura 111: Resultados Ascensión Capilar 0% Caucho 2% Cemento	122
Figura 112: Resultados Ascensión Capilar 2% Caucho 2% Cemento	123
Figura 113: Resultados Ascensión Capilar 2% Caucho 0% Cemento	123
Figura 114: Resultados Ascensión Capilar 4% Caucho 0% Cemento	124
Figura 115: Resultados Ascensión Capilar 2% Caucho 4% Cemento	124
Figura 116: Resultados Ascensión Capilar 4% Caucho 4% Cemento	125
Figura 117: Resultados Ascensión Capilar 4% Caucho 2% Cemento	125
Figura 118: Resultados Ascensión Capilar 6% Caucho 2% Cemento	126
Figura 119: Resultados Ascensión Capilar 6% Caucho 0% Cemento	126
Figura 120: Resultados Ascensión Capilar 8% Caucho 0% Cemento	127
Figura 121: Resultados Ascensión Capilar 6% Caucho 4% Cemento	127
Figura 122: Resultados Ascensión Capilar 8% Caucho 4% Cemento	128
Figura 123: Resultados Ascensión Capilar 8% Caucho 2% Cemento	128
Figura 124: Resultados Ascensión Capilar 0% Caucho 2% Cemento	129
Figura 125: Resultados Ascensión Capilar 0% Caucho 0% Cemento	129
Figura 126: Resultados Ascensión Capilar 2% Caucho 0% Cemento	130
Figura 127: Resultados Ascensión Capilar 0% Caucho 4% Cemento	130
Figura 128: Resultados Ascensión Capilar 2% Caucho 4% Cemento	131
Figura 129: Resultados Ascensión Capilar 2% Caucho 2% Cemento	131
Figura 130: Resultados Ascensión Capilar 4% Caucho 2% Cemento	132
Figura 131: Resultados Ascensión Capilar 4% Caucho 0% Cemento	132



Figura 132: Resultados Ascensión Capilar 6% Caucho 0% Cemento	133
Figura 133: Resultados Ascensión Capilar 4% Caucho 4% Cemento	133
Figura 134: Resultados Ascensión Capilar 6% Caucho 4% Cemento	134
Figura 135: Resultados Ascensión Capilar 6% Caucho 2% Cemento	134
Figura 136: Resultados Ascensión Capilar 8% Caucho 2% Cemento	135
Figura 137: Resultados Ascensión Capilar 8% Caucho 0% Cemento	135
Figura 138: Resultados Ascensión Capilar 8% Caucho 4% Cemento	136
Figura 139: Resultados del ensayo Proctor Modificado para encontrar el diseño optimizado.	137
Figura 140: Resultados de CBR al 95% para encontrar el diseño optimizado.	138
Figura 141: Resultados de CBR al 100% para encontrar el diseño optimizado.	139
Figura 142: Comparación de CBR al 95% y 100%	140
Figura 143: Resultados de Ascensión Capilar y Grafico comparativo.	141
Figura 144: Matriz de Consistencia	194
Figura 145: Extracción de muestra (Altura de Calicata).....	195
Figura 146: Extracción de muestra y carguío.....	195
Figura 147: Preparación de material	196
Figura 148: Secado de material en el horno	196
Figura 149: Peso retenido en el Tamiz N° 40	197
Figura 150: Tamizado de material (Ensayo de Granulometría).....	197
Figura 151: Preparación de muestras de ensayo (Limite Plástico)	198
Figura 152: Preparación de suelo y colocado en la cuchara de Casagrande (Ensayo Limite Liquido).....	198
Figura 153: Preparación de materiales para elaborar las probetas	199
Figura 154: Muestras para llevar al horno (Limites Liquido y Plástico)	199
Figura 155: Pesaje de probeta	200
Figura 156: Preparación y curado de probetas	200
Figura 157: Pesaje de probetas (Fuente Propia).....	201
Figura 158: Medición de probetas.....	201
Figura 159: Muestras a ser pesadas.....	202
Figura 160: Muestras y probetas en sumergimiento	202
Figura 161: Pesaje de probetas sumergidas (Fuente: Propia)	203
Figura 162: Sumergimiento de probetas (Fuente: Propia)	203
Figura 163: Material ensayo de Proctor	204



Figura 164: Pesaje de muestras sumergidas	204
Figura 165: Preparado de material (Ensayo de Proctor)	205
Figura 166: Compactado en moldes (Ensayo de Proctor).....	205
Figura 167: Muestra sin collarín (Ensayo de Proctor)	206
Figura 168: Nivelado y pesaje de molde con muestra compactada	206
Figura 169: Pesaje Ensayo de Proctor	207
Figura 170: Pesaje Ensayo de Proctor	207
Figura 171: Molde para Ensayo de CBR	208
Figura 172: Preparado de muestra ensayo de CBR.....	208
Figura 173: Molde con muestra sin collarín Ensayo de CBR	209
Figura 174: Apisonado Ensayo de CBR	209
Figura 175: Muestras en laboratorio (Ensayo CBR).....	210
Figura 176: Muestras de diferentes dosificaciones sin collarín Ensayo de CBR.....	210
Figura 178: Ensayo de CBR.....	211
Figura 177: Ensayo de CBR.....	211



Capítulo I: Planteamiento del Problema

1.1. Planteamiento del Problema

La presente tesis está ubicada en el departamento de Cusco, provincia de Cusco y distrito de Santiago/San Sebastián.

Tabla 1: Ubicación Geográfica y coordenadas UTM de la Tesis

Chocco/Wimpillay-Tancarpatá	
Ubicación Geográfica	
Región	Cusco
Provincia	Cusco
Distrito	Santiago-San Sebastián
Coordenadas UTM (WGS84-19S)	
ESTE	NORTE
180384.3	8499777.7



Figura 1: Ubicación del estudio

Fuente: Google Earth

En Cusco existe una gran variedad de suelos, más no todos los tipos de suelos poseen características que permitan su uso en todos los tipos de obras civiles, tal es el caso de los suelos arcillosos, esto debido a que la arcilla posee un bajo ángulo de fricción interna que es un indicador de baja capacidad de soporte, por consiguiente, el CBR y alta expansión o contracción dependiendo de la saturación hídrica del material. Así se



observó que la zona y alrededores de la Comunidad campesina de Chocco en colindancia con Tancarpatá-Wimpillay hay terrenos destinados a vías que serán afirmadas, las cuales se observa que en tienen en su composición una parte de arcilla.

En el campo de la ingeniería civil la estabilización de suelos actualmente es un problema de primera necesidad en el análisis preliminar a la construcción de vías. Así cuando en el análisis se presentan suelos arcillosos, estos se ignoran y/o reemplazan con otros tipos de suelo o agregado en el procedimiento constructivo.

Es importante el esfuerzo que se ha hecho estos los últimos años para el estudio de los problemas que presentan los suelos expansivos en la construcción, principalmente en los países probablemente más afectados, tales como África del Sur, Israel, Australia, U.S.A. y otros. (Llorca Aquesolo, 1980)

Según (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2015). En Perú la sierra es la segunda región natural más grande con un 28.0% del territorio peruano con una gran presencia de arcillas en este tipo de suelo. Lo cual conlleva a problemas en asentamientos y escasa capacidad portante en estos.

La estabilización de suelos se logra mediante aditivos químicos o mediante procesos físicos que mejoran las capacidades del material, en este caso el caucho reciclado, que se utilizó en la estabilización de suelos arcillosos provenientes de la Comunidad Campesina de Chocco.

La aplicación del caucho reciclado proveniente de canchas sintéticas por medio de una mezcla en un suelo-cemento arcilloso supondrá una solución, con el fin de incrementar las propiedades mecánicas y físicas como son (Densidad Máxima Seca, CBR y Ascensión Capilar) del suelo. Para lo cual se realizarán ensayos, debidamente normados según la MTC E-115 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017), MTC E-132 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017) y Determinación del coeficiente de absorción de agua en inmersión parcial (ISO, 2002) para determinar si el material mejora las propiedades mecánicas y físicas del suelo (que son definidas en las Tablas y gráficos de (PROCTOR), (CBR) e Índice de Ascensión Capilar). Se realizaron los ensayos para obtener los resultados de las siguientes propiedades mecánicas Densidad máxima Seca y CBR así como la propiedad física Ascensión Capilar.

1.2. Formulación de Problemas



1.2.1. Problema General

¿Cuál es el diseño optimizado de suelo cemento adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la comunidad campesina de Chocco, Cusco, 2022?

1.2.2. Problemas Específicos

Problema específico N°1

¿Cuál será la óptima densidad seca máxima del diseño de suelo cemento con adición de caucho reciclado, del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022?

Problema específico N°2

¿Cuál será la óptima densidad seca máxima del diseño de suelo cemento sin adición de caucho reciclado del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022?

Problema específico N°3

¿Cuál será el óptimo porcentaje de CBR del diseño de suelo cemento con adición de caucho reciclado, del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022?

Problema específico N°4

¿Cuál será el óptimo porcentaje de CBR del diseño de suelo cemento sin adición de caucho reciclado del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022?

Problema específico N°5

¿Cuál será el óptimo coeficiente de agua por absorción capilar del diseño de suelo cemento con adición de caucho reciclado del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022?

Problema específico N°6



¿Cuál será el óptimo coeficiente de agua por absorción capilar del diseño de suelo cemento sin adición de caucho reciclado del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022?

1.3. Justificación

1.3.1. Conveniencia

La presente investigación está orientada en la rama de Geotecnia, para el desarrollo de la presente investigación se hizo uso de información, aspectos teóricos y prácticos revisados en la formación pregrado de la malla curricular de la escuela de ingeniería Civil. La investigación se realizó aplicando conceptos de mecánica de suelos.

La investigación nos dará a conocer el diseño óptimo de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico de un suelo arcilloso, según el porcentaje de caucho reciclado adicionado y cemento adicionado, estas respecto al peso del suelo seco, considerando la adición de agua optima según el ensayo de Proctor. El procedimiento realizado toma en base el manual “Guide to cement-Modified Soil (CMS), Portland Cement Association”, Hygrothermal performance of building materials and products – Determination of water absorption coefficient by partial immersion (ISO, 2002) y Manual de Ensayo de Materiales (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017). Los resultados obtenidos se aplican en vías no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, cuyos parámetros se contrastaron con el “Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008).

1.3.2. Relevancia social

La investigación tiene como primer beneficiario a los pobladores de la Comunidad Campesina de Chocco en colindancia con Tancarpatá, ya que tendrán una alternativa para estabilizar las vías de la zona, de una manera más económica y ecológica, usando el uso del suelo in situ para la elaboración de proyectos viales al mejorar las propiedades mecánicas de este. También se verán beneficiados los pobladores de comunidades en general que tengan posesión de vías no pavimentadas de bajo volumen de tránsito que necesiten ser mejoradas ya que estas constituyen un factor crucial para el desarrollo nacional, regional y local.



En la provincia de Cusco, el caucho genera como residuo 64,500 toneladas aproximadamente, según se aprecia en la Tabla 2.

Tabla 2: Caucho como desperdicio en la provincia del Cusco para los años 2003-2023. (Elaboración propia)

	Cusco	Ccorca	Poroy	San Jerónimo	San Sebastián	Santiago	Saylla	Wanchaq	Total, Tonelada Año
Residuos Diarios (Ton/Día)	135.74	1.23	3.44	26.33	80.43	76.47	1.48	52.3	
Residuos Anuales (Ton/Año)	49545.1	448.95	1253.775	9610.45	29356.95	27911.55	540.2	19089.5	64,564.4
Incidencia de Caucho %	0.54	3.69	0.57	0.36	0.06	0.59	0.01	0.72	
Cantidad de Caucho (Ton/Año)	26,754.3	1,656.63	714.6	3,459.7	1,761.4	16,467.8	5.40	13,744.4	

Fuente: Plan de desarrollo Urbano del Cusco. Elaboración: propia

La investigación busca reducir el impacto ambiental, reciclando el caucho proveniente de llantas desechadas usadas en canchas sintéticas, que no es reciclado en gran medida y así bajar la contaminación del medio ambiente. (El Comercio, 2016)

El caucho que se utilizó en esta investigación es caucho proveniente de canchas sintéticas, el cual posterior a su vida útil es desechado sin darle un tratamiento de reciclado. Según testimonios de los dueños de canchas sintéticas de la zona (Anexo)

1.3.3. Implicaciones prácticas.

Según (Javier, 2020), se define como la solución y/o respuesta para así resolver problemas actuales o problemas que surgieran en un futuro cercano. La tesis de investigación posee implicancias prácticas, esto debido a que ayudara a solucionar las deficiencias en las propiedades de un suelo cohesivo como lo es la arcilla proveniente de la comunidad campesina de Chocco, los problemas identificados del material comprenden: la expansión y baja portabilidad de estos suelos que afectan en la construcción de vías que se utilizan actualmente y las que serán diseñadas en un futuro (debido al crecimiento poblacional). Los resultados obtenidos nos brindaran la



información de la optimización del diseño de suelo cemento para este tipo de material (Suelo Arcilloso), así mejorando su comportamiento físico-mecánico resolviendo las deficiencias del material y así pudiendo aplicar este diseño a vías no pavimentadas de bajo volumen de tránsito en diversas comunidades a lo largo del país que tengan suelos con características similares.

1.3.4. Valor teórico

Según (Javier, 2020), se define como la contribución o aportación de la investigación hacia otras áreas de investigación y/o conocimiento o si los resultados son aplicables a otros fenómenos o ayudaría a entenderlos. En ese entender la presente tesis de investigación tiene valor teórico ya que contribuye a diferentes áreas de la investigación: conociendo la dosificación óptima de cemento y caucho con el fin de tener el diseño de suelo-cemento con las óptimas características. Así también se conocerá el comportamiento físico y mecánico de un suelo arcilloso proveniente de la comunidad campesina de Chocco patrón y con adición de caucho reciclado de canchas sintéticas, conocimiento que en futuras investigaciones permitirá ahondar más en el uso del caucho reciclado como aditivo. Los resultados también darán pie a el inicio de apreciación de otras interrogantes respecto a la interacción del caucho reciclado con el suelo cemento en diversos temas, como la implicancia sísmica, mitigación de vibraciones producto del tránsito, etc.

1.3.5. Utilidad Metodológica

Según (Javier, 2020), es definida como el aporte de la investigación con lo que respecta a la creación de nuevos instrumentos metodológicos para la recolección, análisis o procesamiento de datos. El desarrollo de la tesis de investigación nos permitió conocer el diseño óptimo del suelo arcilloso de la comunidad campesina de Chocco, con adición de cemento y caucho proveniente de canchas sintéticas, el cual puede ser utilizado como propuesta de cómo utilizar el caucho reciclado en posteriores investigaciones. Para el análisis y recolección de datos. Se usaron instrumentos de recolección y análisis de datos ya antes concebidos y validados según sus respectivas normativas, la definición de conceptos, variables o relación entre estas variables son presentadas en la metodología de investigación.

1.4. Objetivo de la investigación



1.4.1. Objetivo General

Optimizar el diseño de suelo cemento adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la comunidad campesina de Chocco, Cusco, 2022

1.4.2. Objetivos Específicos

Objetivo específico N°1

Determinar la óptima densidad seca máxima que presentará el diseño de suelo cemento adicionado con caucho reciclado, del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022

Objetivo específico N°2

Determinar la óptima densidad seca máxima que presentará el diseño de suelo cemento sin adición de caucho reciclado, del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022.

Objetivo específico N°3

Determinar el óptimo porcentaje de CBR que presentará el diseño de suelo cemento adicionado con caucho reciclado, del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022.

Objetivo específico N°4

Determinar el óptimo porcentaje de CBR que presentará el diseño de suelo cemento sin adición de caucho reciclado, del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022.

Objetivo específico N°5

Determinar el óptimo coeficiente de agua por absorción capilar del diseño de suelo cemento con adición de caucho reciclado del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022.

Objetivo específico N°6



Determinar el óptimo coeficiente de agua por absorción capilar del diseño de suelo cemento sin adición de caucho reciclado del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022.

1.5. Delimitación del estudio

1.5.1. Delimitación espacial

El estudio fue realizado en la Comunidad Campesina de Chocco, San Sebastián/Santiago, Cusco, Cusco. (Figura 1 y Tabla 1)

1.5.2. Delimitación temporal

Los ensayos fueron realizados entre los meses de septiembre-diciembre del año 2022.



Capítulo II: Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la tesis

2.1.1. Antecedentes Internacionales

- ESTUDIO DE LA TÉCNICA DE SUELO-CEMENTO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE VÍAS TERCARIAS EN COLOMBIA QUE POSEAN UN ALTO CONTENIDO DE CAOLÍN (2019)

Jonatan Rodrigo García Toro

Universidad Católica de Colombia

Bogotá, Colombia

El objetivo de la investigación es estudiar el comportamiento físico mecánico de la mezcla suelo-cemento en la estabilización de suelos de esta arcilla de tipo caolín con la adición de cemento al terreno natural, mezclándolo con agua para luego llevar a cabo una correcta compactación con la finalidad de mejorar las características físicas del terreno aumentando su resistencia, durabilidad e impermeabilidad. Así determinando qué incidencia tiene el cemento en los suelos blandos para poder viabilizar dicha técnica en los suelos finos inclusive llegar a sustituir la capa de subbase en el pavimento si se alcanzan resistencias altas. Se adicionaron diferentes porcentajes de cemento (0%, 4%, 8% 10% y 12% del peso en masa), dando un total de 120 briquetas, teniendo en cuenta los tiempos de curado de 7, 14 y 28 días para determinar el aumento o disminución de la rigidez en dichos periodos. Buscando evaluar la resistencia de la mezcla, para poder lograr dicho objetivo se fundieron cuerpos de prueba los cuales son sometidos a ensayos de resistencia a la compresión y tensión indirecta por compresión. Con la experimentación se determinó que la variación del índice de plasticidad disminuyó hasta un 12.75% con una adición del 12% de cemento, los especímenes con 12% de cemento a los 28 días de curado alcanzo una resistencia de 2.42Mpa, 1.66 Mpa a los 14 días y 1.46 Mpa a los 7 días. Verificando que las propiedades de fraguado del cemento aumentaron en un 40% desde los 7 días humedad óptima para el máximo peso unitario seco es de 17.035. La resistencia a la compresión inconfiada con un porcentaje de 12% de cemento disminuyó en un 75%. Concluyendo así que el caolín, como la gran mayoría de suelos finos, presentó un



comportamiento frágil ante la ausencia del agua, el cual se pudo compensar con un porcentaje del 12% de cemento, ya que este aumentó considerablemente el enlace entre sus partículas y por consiguiente su resistencia. Por otra parte, se puede decir que el estado de saturación en el material también es un problema, puesto que esto provoca que el suelo sin ningún tipo de adición se desintegre, perdiendo sus propiedades de resistencia mecánica y que el mismo suelo estabilizado con cemento en cantidades superiores al 8% disminuya hasta en un 50 % su resistencia. Según las envolventes la mayor resistencia a la compresión es alcanzada con un porcentaje correspondiente al 12 % de cemento, mientras que a tracción el 10 % fue el que predominó en cuanto a los valores de resistencia. (Garcia Toro, 2019)

- ESTABILIZACIÓN DEL SUELO MEDIANTE ADICIONES DE CAUCHO RECICLADO (2017)

Patiño Ycaza, Juan José

Universidad Católica de Santiago de Guayaquil

Guayaquil, Ecuador

En la presente investigación se presenta la estabilización de suelos mediante la adición de caucho reciclado proveniente de neumáticos, con la diferencia en los procesos de reciclado por los que atraviesan los dos tipos de caucho que se manejaron en la investigación. Se realizaron los procesos de clasificación de los tipos de suelo (Material de mejoramiento cantera "LA ROCA" y CANTERA FLOR DE BASTIÓN). Con la adición de caucho en porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20% Se realizaron los ensayos de dos tipos de probetas, suelo y suelo-caucho para determinar su resistencia por medio del ensayo del CBR y su densidad por el ensayo de Proctor modificado siguiendo la norma de la ASTM. Los resultados del CBR obtenidos para el primer tipo de suelo con añadidura de caucho al 5% fue de 44.81% siendo este menor al CBR sin inmersión sin añadidura de caucho 90.98%, teniendo una disminución del 50.75% y la densidad máxima seca con una adición de 5% de caucho es de 1.956 Kg/cm³ siendo esta menor a la Densidad máxima seca sin añadidura de caucho 2.035 Kg/cm³. Para el segundo tipo de suelo el óptimo contenido de caucho es del 10%, resultando el CBR 4.81% para esta dosificación, se aprecian mejoras con respecto al suelo sin adición 2.15%, teniendo



esta una mejora del 123.72%, sin embargo hubo un decremento en la densidad seca máxima ya que el suelo patrón tiene una densidad de 1.752 Kg/m³ y el suelo con adición del 10% de caucho reciclado una densidad de 1.664 Kg/m³. Así concluyendo que los "rubber chips" usados en la mezcla tienen varias ventajas con respecto al caucho granulado asimismo la investigación indica que la adición de fue "muy alto" resultando perjudicial a la estabilización y resistencia de este. Así también la adición de este material resulta beneficioso al reducir la absorción que este material proporciona. (Patiño Ycaza, 2017)

2.1.2. Antecedentes Nacionales

- ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO GEOTÉCNICO DE UN SUELO GRANULAR CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO PROVENIENTE DE NEUMÁTICOS INSERVIBLES (2020)

Benavente Huamán, Eduardo Joel

Navarro Cárdenas, Mauricio Enrique

Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas

Lima, Perú

Esta investigación muestra la influencia del caucho rallado proveniente de neumáticos inservibles en el comportamiento mecánico-geotécnico de un suelo granular de la "Laguna-Satipo" debido a la baja resistencia al corte del material y dando una solución al gran problema ambiental de la inadecuada disposición final de los neumáticos desechados, mediante la adición de caucho al 0%, 5%, 10%, 15% y 20% en relación con el peso seco del suelo proveniente de la cantera "Laguna-Satipo". Por otro lado, el ensayo triaxial se realizó con especímenes con contenido de caucho rallado de 0% y 5%. Se realizaron tres pruebas para reducir el riesgo en los resultados. Así resultando que la gravedad específica del suelo es de 2.331 g/cm³. Los resultados mostraron que la resistencia al corte incremento en las muestras con 5%, 10% y 15% de adición de caucho respecto a la del suelo natural. Se realizó un Ensayo Triaxial con el suelo en estado puro y otro con la mezcla de suelo con porcentaje de caucho óptimo. Concluyendo que la adición de caucho presenta mejoras en las propiedades mecánicas. (Benavente Huaman & Navarro



Cardenas, 2020)

- **COMPORTAMIENTO FÍSICO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO ADICIONADO CON CAUCHO RECICLADO (2017)**

Cabanillas Huachua, Emma Rocío

Universidad Nacional de Cajamarca

Cajamarca, Perú

Esta investigación muestra el diseño y evaluación de las propiedades físico-mecánicas del concreto elaborado con partículas de caucho reciclado. Este material en reemplazo del agregado fino, analizándolas en estado fresco y estado endurecido. Los porcentajes usados de caucho reciclado con una granulometría bien gradada con un M:F de 3.70, fueron del 10%, 15% y 20% respecto al volumen del Agregado Fino en una mezcla homogénea de concreto cuya resistencia a la compresión, de diseño fue de 210 kg/cm². Dando un total de 72 ensayos. Así determinando las propiedades físico-mecánicas de los agregados y del cemento a utilizar, se diseñó la mezcla patrón y las mezclas de prueba, Se obtuvieron como resultados que la resistencia mecánica a la compresión varía un 8.47% entre ambos diseños; el diseño elaborado con el 10% de adición de partículas de caucho reciclado obtuvo una resistencia de: 191.65 Kg/cm², mientras que el concreto patrón es de 209.39 kg/cm²; la diferencia de un 38.15% en la resistencia mecánica a la compresión lo obtuvo el concreto patrón y el 15% de adición de partículas de caucho reciclado obteniendo este una resistencia a la compresión de 129.52 Kg/cm² y por último la variación del concreto patrón y el concreto elaborado con el 20% de adición de partículas de caucho reciclado fue de 46.13%, obteniendo una resistencia de 112.79 Kg/cm² el concreto adicionado el 20% de partículas de caucho reciclado. Se concluye que el concreto con mayor resistencia la obtuvo con el valor de 10% de caucho reciclado, a mayor añadidura de este disminuye la resistencia del concreto. (Cabanillas Huachua, 2017)

2.1.3. Antecedentes Locales

- **DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO**



FINO POR FIBRAS DE CAUCHO EN EL CONCRETO $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ PARA USO EN BUZONES SANITARIOS EN LA CIUDAD DEL CUSCO

Triveño Uñaccori, Shirley Yuleysi

Universidad Alas Peruanas

Cusco, Perú

Esta investigación muestra el efecto de la sustitución del agregado fino por fibras de caucho en la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$, donde se buscó determinar el efecto de la sustitución en porcentajes de agregado fino provenientes de la cantera de Cordova, por fibras de caucho. Los porcentajes de caucho fueron al 10%, 20%, 30% del peso del agregado fino el cual se comparó con el de concreto patrón de diseño con una resistencia a la compresión de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$. Se realizaron 48 testigos elaborados con agregado de la cantera de Cordova y con la adición de fibras de caucho. El procedimiento de investigación se determinó según el diseño de mezcla del método de la ACI-211, de donde se obtuvieron las dosificaciones para los siguientes ensayos: Granulometría, Modulo de Fineza, Contenido de Humedad, Peso específico, Porcentaje de absorción del agregado grueso, Peso unitario de los agregados, Verificación del Revenimiento y Resistencia a la compresión. La resistencia a la compresión a los 7 días es de 135.87 Kg/cm^2 (concreto patrón), 123.73 Kg/cm^2 (10%), 101.30 Kg/cm^2 (20%) y 76.97 Kg/cm^2 (30%), a los 14 días 163.57 Kg/cm^2 (concreto patrón), 148.80 Kg/cm^2 (10%), 118.07 Kg/cm^2 (20%) y 86.40 Kg/cm^2 (30%), a los 21 días 178.00 Kg/cm^2 (concreto patrón), 163.90 Kg/cm^2 (10%), 133.07 Kg/cm^2 (20%) y 100.03 Kg/cm^2 (30%) y a los 28 días 191.63 Kg/cm^2 (concreto patrón), 175.77 Kg/cm^2 (10%), 144.53 Kg/cm^2 (20%) y 106.83 Kg/cm^2 (30%). Así se concluyendo que la sustitución del agregado fino por fibras de caucho reduce la resistencia en comparación con el concreto patrón en un 7.06% con relación al porcentaje del 10% de fibras de caucho. Así indicando que: “El porcentaje más adecuado para la sustitución de fibras de caucho por el agregado fino es del 10%”

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Estabilización de Suelos

Proceso físico o químico, mediante el cual se mejoran las condiciones mecánicas



de un suelo.” (Ministerio de Vivienda, 2019)

La estabilización de un suelo es el proceso mediante el cual, se someten los suelos naturales a cierta manipulación o tratamiento de modo que podamos aprovechar sus mejores cualidades, obteniéndose una capa de asiento del firme estable y durable, capaz de soportar los efectos del tránsito y las condiciones de clima más severas. (Valle Areas, 2010)

La estabilización de suelos es una mejora o corrección a las diferentes propiedades que este tenga para así tenga mejoras en su resistencia o disminuir su plasticidad, existen tres tipos: Estabilización física, química y mecánica. (Valle Areas, 2010)

2.2.2. Arcilla.

Arcilla es todo suelo compuesto con partículas microscópicas procedentes de la meteorización química de las rocas. (Bañon Blazquez & Bevia Garcia, 1999)

Estos se diferencian de los limos por sus propiedades plásticas ya que debido a la forma de los granos de arcilla y su reducido tamaño acentúan los fenómenos de superficie causantes de su comportamiento plástico, como: Expansión, Contracción, Etc. (Bañon Blazquez & Bevia Garcia, 1999)

Se da el nombre de arcilla a las partículas sólidas con diámetro menor de 0.005mm y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con agua. Su comportamiento químico es de un silicato de alúmina hidratado, aunque en ocasiones contiene también silicatos de hierro o de magnesio hidratados. La estructura de estos minerales generalmente es cristalina, con átomos dispuestos laminarmente. (Crespo Villalaz, 2004)

2.1.1.1 Tixotropía.

Es definida como la capacidad que tienen ciertas arcillas aún después de un remoldeo, se mantiene en un estado no alterado (sin ningún cambio en el contenido de humedad). Aun así continuará ganando resistencia con el tiempo, una gran parte de los suelos son parcialmente tixotrópicos. (Das, 2015)



2.1.1.2 Colapsividad.

Esta cualidad indica que un suelo; cuando se satura, puede fallar si es sometido a carga constante, la falla se da de manera tosca y en poco tiempo. Por lo tanto, es importante determinar el coeficiente de colapso para no encontrarnos en una mala posición. El coeficiente de colapso se lo determina mediante la siguiente formula.

$$K_c = \frac{e_1 - e_2}{1 + e_1} * 100$$

Donde:

e_1 = Razón de vacíos antes de saturación

e_2 = Razón de vacíos después de la saturación a carga constante

K_c = Coeficiente de colapso

2.1.1.3 Capacidad expansiva de la arcilla.

La hidratación y deshidratación del espacio interlaminar son propiedades características de las esmécticas, y cuya importancia es crucial en los diferentes usos industriales. Aunque hidratación y deshidratación ocurren con independencia del tipo de catión de cambio presente, el grado de hidratación sí está ligado a la naturaleza del catión interlaminar y a la carga de la lámina. La absorción de agua en el espacio interlaminar tiene como consecuencia la separación de las láminas dando lugar al hinchamiento. Este proceso depende del balance entre la atracción electrostática catión-lámina y la energía de hidratación del catión. A medida que se intercalan capas de agua y la separación entre las láminas aumenta, las fuerzas que predominan son de repulsión electrostática entre láminas, lo que contribuye a que el proceso de hinchamiento pueda llegar a disociar completamente unas láminas de otras. Cuando el catión interlaminar es el sodio, las esmécticas tienen una gran capacidad de hinchamiento, pudiendo llegar a producirse la completa disociación de cristales individuales de esméctica, teniendo como resultado un alto grado de dispersión y un máximo desarrollo de propiedades coloidales. Si, por el



contrario, tienen Ca o Mg como cationes de cambio su capacidad de hinchamiento será mucho más reducida. (Madsen, Collo, & Marfil, 2016)

“Propiedad que tienen las arcillas la cual les permite realizar un cambio en su volumen dependiendo de la humedad que posean, esta puede llegar a expandirse hasta cierto punto. Después de llegar al límite esta va disminuyendo; proceso que se va dando con el tiempo”. (Madsen, Collo, & Marfil, 2016)

$$R_w = \frac{W - W_p}{I_p} * 100$$

2.2.3. Caucho reciclado

El caucho se conoce como una sustancia elástica, impermeable y resistente utilizada en la construcción de neumáticos por otra parte el neumático por definición es una cubierta de caucho o goma junto con otros agregados como el acero, óxido de zinc, textil, azufre, aditivos entre otros con el fin de soportar altas temperaturas y gran fricción con el pavimento. (Ramirez Pico, Orjuela Rodriguez, & Angulo Blanquisett, 2020)

En caso de nuestra investigación se utilizará Caucho reciclado proveniente de canchas sintéticas el cual según (El Comercio, 2016) es “hecha con llantas de vehículos triturados”.

A. Caucho como elemento en la construcción

Estos componentes resultan ser óptimos en el reciclaje pues al ser separados el material resultante puede ser usado como parte de los componentes de las capas asfálticas que se usan en la construcción de carreteras, con lo que se consigue disminuir la extracción de áridos en canteras. Las carreteras que usan estos asfaltos son mejores y más seguras. Pueden usarse también en alfombras, aislantes de vehículos o losetas de goma, se han usado para materiales de pasos a nivel, cubiertas, masillas, aislantes de vibración. Las utilidades son infinitas y crecen cada día, como en cables de freno, compuestos de goma, suelas de zapato, bandas de retención de tráfico, compuestos para navegación o modificaciones del betún. (Ramirez Pico, Orjuela Rodriguez, & Angulo Blanquisett, 2020)



B. Uso industrial del caucho reciclado

Según (RENECAL, 2013). Los gránulos y polvo de caucho vulcanizado procedente de la trituración mecánica en atmosfera ambiental de neumáticos fuera de uso, sus campos de aplicación son:

- Relleno de campos de hierba artificial de nueva generación.
- Bases elásticas para pavimentos deportivos y de seguridad.
- Productos moldeados Asfaltos modificados.
- Mezclas con caucho.
- Mezclas con plásticos y pinturas.

C. Propiedades del caucho reciclado.

Granulometría o tamaño de partícula del Caucho Reciclado

Según las distribuidoras de caucho sintético en el Perú:

Para los rellenos de canchas sintéticas es fundamental para su instalación un sistema de grass sintético, en un campo deportivo es el CAUCHO GRANULADO, con una granulometría de 1,5 mm a 2,5 mm. (Lider Grass Perú, 2020)

Según la FIFA el caucho granulado debe poseer una granulometría entre 1.5 mm a 2.0 mm, este debe ser verificado y certificado por un laboratorio acreditado por INDECOPI. (PERÚ GRASS, 2020)

Según la Figura 3 basada en la ficha técnica de (Stadium Source, 2021), se observa una mayor concentración (32.7%) en el tamaño de partícula en el rango de 2.0-1.68 mm, posterior a este con un (28%) se encuentra con un tamaño de partícula mayor 2.0 mm.

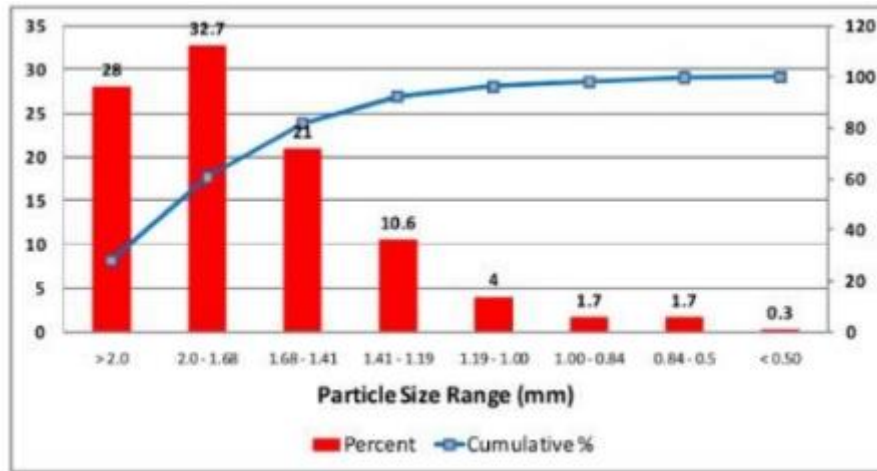
El tamaño de las partículas de caucho reciclado usado en la presente investigación está entre los valores de 1.7 a 2.3 mm y provienen de las canchas sintéticas con usuarios acérrimos al área donde se estudió el presente proyecto

Figura 2 Partículas de caucho reciclado proveniente de canchas sintéticas.



Fuente: Propia

Figura 3: Tamaño de partículas de caucho sintético



Fuente: (Stadium Source, 2021)

Figura 4: Propiedades Físicas y Mecánicas del caucho reciclado.

PROPIEDADES FISICAS	DESCRIPCION
Forma	Sólidos en forma de granulados y polvo.
Color	Negro.
Olor	Caucho.
Densidad (gr/cm ³)	0,40 - 0,50
Peso específico	1,15 - 1,27
Humedad (%)	< 0,75
Punto de combustión (°C)	300 - 450
PROPIEDADES QUIMICAS	DESCRIPCION
Extracto cetónico (%)	5,00 - 22,00
Contenido en cenizas (%)	7,00 - 11,00
Contenido en polímeros NR/SR (%)	70/30 - 60/40
Contenido de negro de humo (%)	26,00 - 38,00
Contenido de caucho natural (%)	10,00 - 35,00
Contenido en hidrocarburo de caucho (%)	57,00 - 58,00
Azufre (%)	1,0 - 7,00
pH (25°C)	8,12 - 8,20
Solubilidad	Insoluble en agua, parcialmente soluble en acetona.

Fuente: (RENECAL, 2013)

D. Proceso de fabricación del caucho reciclado para canchas sintéticas.

El método más común para el reciclaje de residuos de caucho sintético es la trituración mecánica. La trituración con sistemas mecánicos es, casi siempre, el paso previo en los diferentes métodos de recuperación y rentabilización de los residuos

Fuente: PROPIA



de caucho. Se logra mediante el corte y el desgarro del residuo a reciclar, usando trituradoras equipadas con cuchillas rotativas de varios tamaños. Mediante este proceso se logra la mayor variedad de productos finales para los potenciales mercados. (Caucho, 2012)

2.2.4. Suelo-Cemento

Suelos modificados con cemento (CMS): Una mezcla de suelo pulverizado in situ, agua y una porción de cemento Portland que da como resultado un material no ligado o ligeramente ligado, similar al suelo, pero con propiedades de ingeniería mejoradas. Dosaje típico de 3-5%. (E. Halsted, S. Adaska, & T. McConnell, 2008)

Suelo estabilizado con cemento (CSS): Una mezcla diseñada de suelo pulverizado in situ, agua y una proporción moderada de cemento Portland, que da como resultado un material semiligado con propiedades de ingeniería similares a un material granular. Seguirá mejorando la resistencia a la compresión y al cizallamiento del suelo. Dosaje típico de más del 5%. (E. Halsted, S. Adaska, & T. McConnell, 2008)

Base tratada con cemento (CTB): Mezcla de ingeniería completamente ligada de suelo/agregado, agua y suficiente cemento Portland para cumplir con los requisitos mínimos de durabilidad y resistencia especificados por el proyecto. El CTB se puede mezclar en el lugar usando suelos del sitio o mezclar en una planta central usando agregados seccionados. Las resistencias a la compresión típicas de 7 días sin confinar oscilan entre 300 y 800 psi. Dosaje recomendado del PCA de 3-10%. (E. Halsted, S. Adaska, & T. McConnell, 2008)

Recuperación de profundidad completa (FDR): Reconstruye pavimentos desgastados mediante el reciclaje de la calzada existente in situ. La sección del pavimento viejo y los materiales base se pulverizan, se mezclan con cemento y agua y se compactan para producir una base resistente y duradera para una nueva superficie de pavimento. Dosaje típico de 3-10% pudiendo llegar a 15%. (E. Halsted, S. Adaska, & T. McConnell, 2008)

A. Estabilización Suelo-Cemento

La adición de cemento mejora las propiedades mecánicas del suelo, sin llegar a condiciones de rigidez de un mortero hidráulico, la condición para que el uso de estos es que los finos pasantes por el tamiz N°200 estén comprendidos entre el 5 y 35% antes de ser mezclados con cemento. (Ministerio de Vivienda, 2019)



La capa que se establezca con cemento no deberá tener un espesor menor al de 10 cm, pudiendo recibir capas de cobertura de poco espesor 1.5 cm, para esta estabilización se comprobará que el límite líquido sea menor de 50% y el índice de plasticidad menor al 25%. (Ministerio de Vivienda, 2019)

Según (E. Halsted, S. Adaska, & T. McConnell, 2008) La estabilización suelo cemento mejorara las propiedades de la subrasante del suelo:

- a) Fuerza.
- b) Composición química (suelos expansivos).
- c) Durabilidad congelación/descongelación.
- d) Características encogimiento/expansión/
- e) Escurrimiento de suelos.

B. Estabilización Suelo-Cemento

Pasos para usar la estabilización suelo cemento.

Segun (E. Halsted, S. Adaska, & T. McConnell, 2008) son:

- a) Identificar la necesidad de mejorar las condiciones del suelo.
- b) Identificar los tipos de suelo presentes.
- c) Implementar el proceso de diseño de mezcla,
- d) Aplicar a los métodos de construcción.



C. **Árbol de decisión del diseño suelo cemento.**

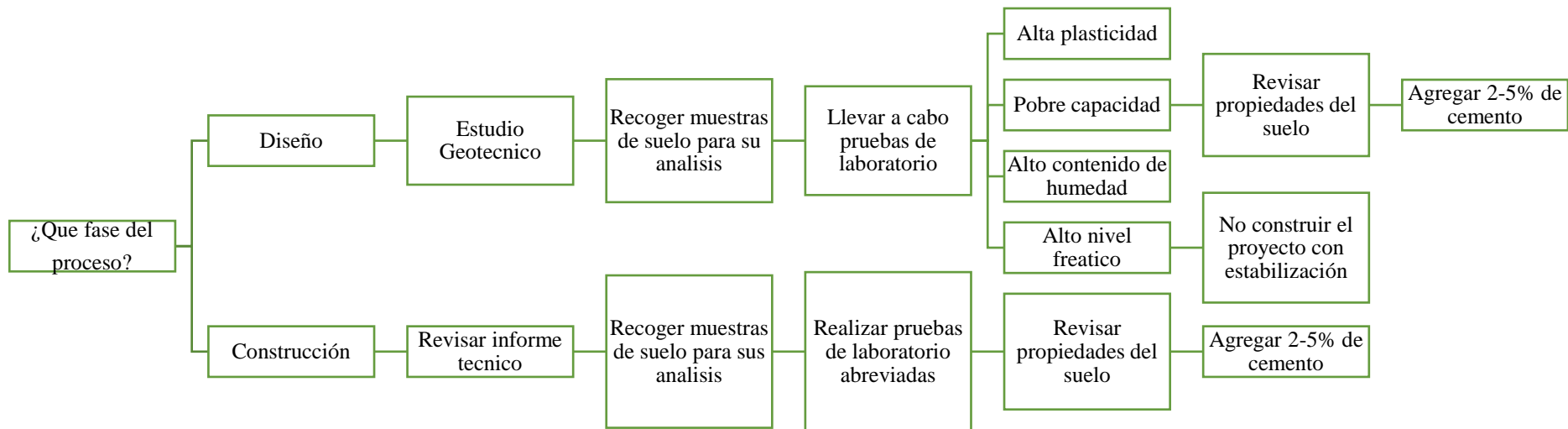


Figura 5Árbol de decisión del diseño suelo cemento. (Guide to Cement-Modified Soil – Portland Cement Association)



E. Proceso de diseño de mezcla

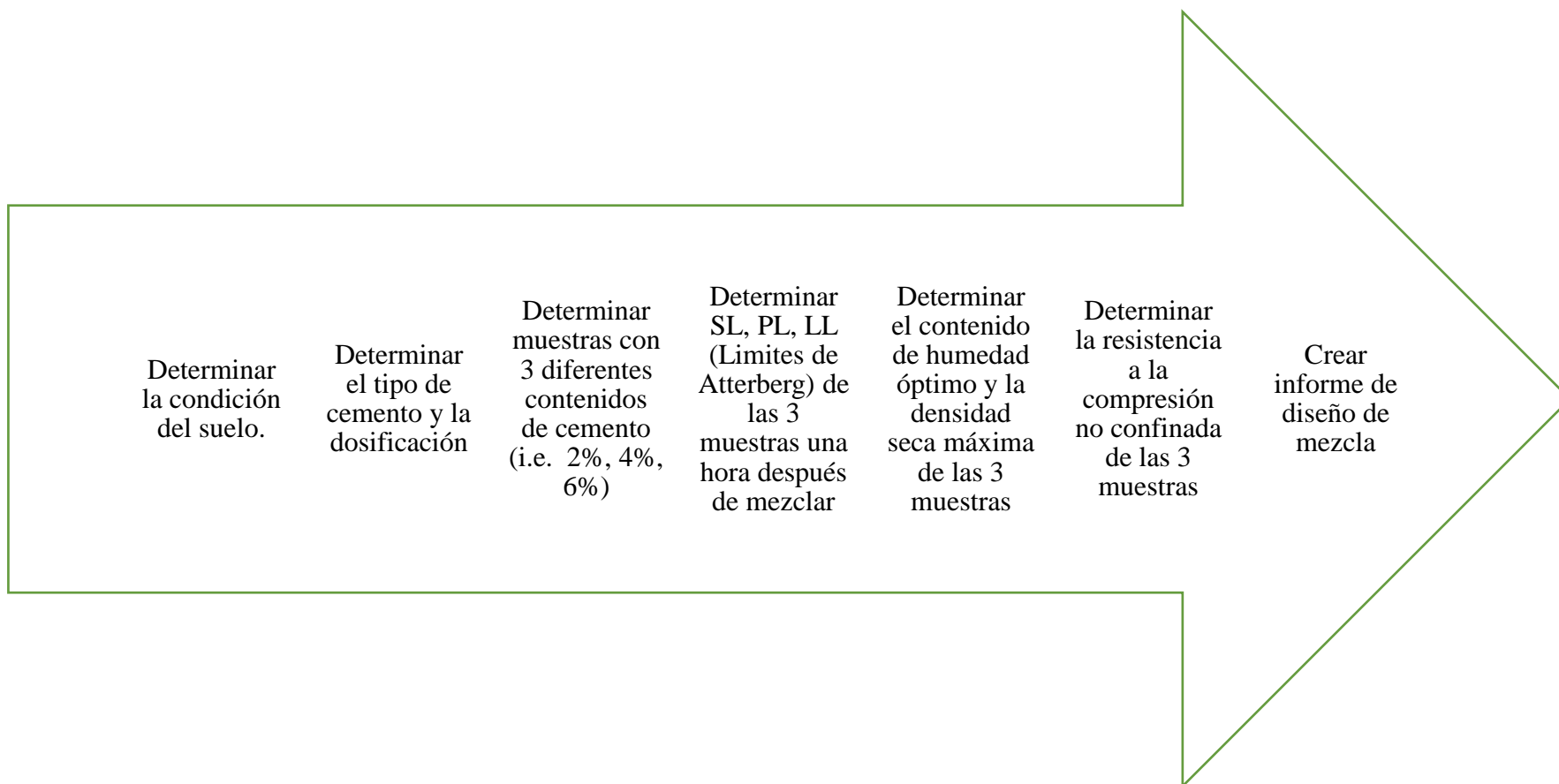


Figura 6: Proceso de diseño de mezcla. (Guide to Cement-Modified Soil – Portland Cement Association)



2.2.5. Cemento

El cemento es un material inorgánico finamente molido que funciona como conglomerante hidráulico, es decir que al amasarse con agua forma una pasta que fragua y endurece por medio de procesos de hidratación el cual una vez endurecido conserva su resistencia y estabilidad. (Polanco & Setién, 2020)

Según (NORMA E.060 CONCRETO ARMADO , 2009), el cemento es un “Material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como en el aire”.

A. Cemento portland Tipo IP

Para (Abanto Castillo, 2009) “El cemento Portland es un producto comercial de fácil adquisición el cual cuando se mezcla con agua, ya sea solo o en combinación con arena, piedra u otros materiales similares, tiene la propiedad de reaccionar lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida. Esencialmente es un Clinker finamente molido, producido por la cocción a elevadas temperaturas, de mezclas que contienen cal, alúmina, fierro y sílice en proporciones determinadas. Los dos materiales principales con que se fabrica el cemento Portland son: la piedra caliza y arcilla”.

Sus propiedades y características permiten que el concreto mejore su resistencia e impermeabilidad y también pueda resistir la acción del intemperismo, ataques químicos (aguas saladas, sulfatadas, ácido, desechos industriales, reacciones químicas en los agregados, etc.), abrasión u otros tipos de deterioro. (YURA, 2019).

Figura 7: Cemento Portland



Fuente: (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)



2.2.6. Agua

Según (Sanchez de Guzman, 2001) “El agua se define como aquel componente del concreto en virtud del cual, el cemento experimenta reacciones químicas que le dan la propiedad de fraguar y endurecer para formar un sólido único con los agregados”.

El agua utilizada con fines de mezcla de Suelo-Cemento tiene tres funciones las cuales son:

- Reaccionar con el cemento para hidratarlo,
- Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto
- Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse. Por lo tanto, la cantidad de agua que interviene en la mezcla de concreto es normalmente por razones de trabajabilidad, mayor de la necesaria para la hidratación del cemento.

2.2.7. CBR

Es un método desarrollado por la división de carreteras del Estado de California (EE.UU.) y sirve para evaluar la calidad del suelo para sub-rasante, sub-base y base de pavimentos.

El (%) CBR, está definido como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada, expresada en porcentaje de fuerza necesaria para que el pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad, en una probeta normalizada constituida por una muestra patrón de material chancado. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017)

Esta normado por la norma ASTM 1883 o por la norma UNE 103502 entre otras.

El ensayo comprende la determinación del CBR (Relación de Soporte de California) de subrasante de pavimentos, sub-base, base y materiales granulares de especímenes compactados en el laboratorio. El método de ensayo es para evaluar principalmente la resistencia de materiales cohesivos, de tamaño máximo de partículas menos a 19,00 mm (3/4 pulg), sin embargo, no se encuentra limitado a ello. (Comision de Reglamentos Tecnicos y Comerciales-INDECOPI, 1999)



Del ensayo CBR se reportará la siguiente información:

- Resultado de esfuerzo versus la profundidad de penetración
- Calidad del suelo natural o modificado.

Según (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008), “Se consideran como materiales aptos para la coronación de la subrasante de suelos con CBR igual o mayor al 6%. En caso de ser menor, se procederá a eliminar esa capa de material granular con CBR mayor a 6% para su estabilización.”

Figura 8: Categorías de Subrasante, según CBR.

S0 : Subrasante muy pobre	CBR < 3%
S1 : Subrasante pobre	CBR = 3% - 5%
S2 : Subrasante regular	CBR = 6 - 10%
S3 : Subrasante buena	CBR = 11 - 19%
S4 : Subrasante muy buena	CBR > 20%

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008)

2.2.8. Absorción por Capilaridad

Según (Cirvini & J.A., 2014). El grado de humedad producto del ascenso capilar es considerado un indicador de conservación de las construcciones de tierra y así también su respuesta mecánica. La cual puede ser evaluada en base a la velocidad de ascenso de la humedad en las muestras.

Los suelos que no presenten un adecuado aislamiento hidráulico permiten que el agua capilar suba hasta que este se equilibre con la fuerza de la tensión superficial, en busca de un equilibrio higroscópico. Así también se verifica que una gran parte de los suelos presentan un carácter “poroso” que facilita el ascenso capilar del agua en los mismos.

El agua que interfiere genera una reducción en los valores de cohesión, capacidad portante y erosión del material, por ende “el ascenso capilar es una patología importante”.



Ensayo de capilaridad:

Según (ISO, 2002), el agua de absorción por inmersión parcial se determina por el cambio de masa del espécimen sometido a la prueba, donde la base del espécimen debe estar en contacto con agua, por un periodo de usualmente 24 horas.

Según (ISO, 2002) El ensayo de Ascensión Capilar se realizará:

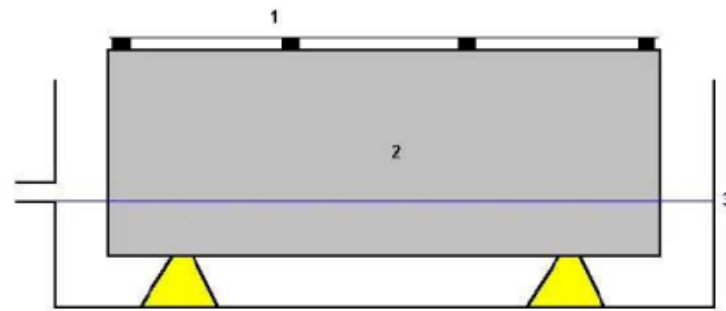
Los materiales son:

- Balanza.
- Tanque de agua que mantenga el nivel de agua constante, con puntos de apoyo que no dañen el espécimen.
- Reloj.

Preparación de los especímenes (probetas) y ensayo:

Se preparará el material a analizar, los lados deben estar en un recipiente hermético al agua y vapor, donde al desmoldarse su superficie debe ser uniforme (sin elementos que sobresalgan de las probetas) y los revestimientos deben ser retirados.

Una vez se hayan realizado las probetas, estas deben estar en contacto con el agua, la superficie de apoyo debe ser plana y estable, siguiendo el esquema de la Figura 9.



Key

- 1 Grid to weigh down buoyant specimens (if required)
- 2 Specimen
- 3 Water level

Figure 1 - Example of testing apparatus

Figura 9: Procedimiento del ensayo

Fuente: ISO, 2002

Una vez pesado el espécimen (probeta), se sumergirá en el agua y se procederá a controlar el peso del espécimen (probeta). Este proceso se deberá realizar lo más rápido posible (en menos de un minuto de preferencia).

Según (Cirvini & J.A., 2014), el esquema para realizar este ensayo es el siguiente: La base se sumergirá parcialmente en agua, manteniendo un nivel constante, por debajo de la base de la muestra, así como se observa en la Figura 10

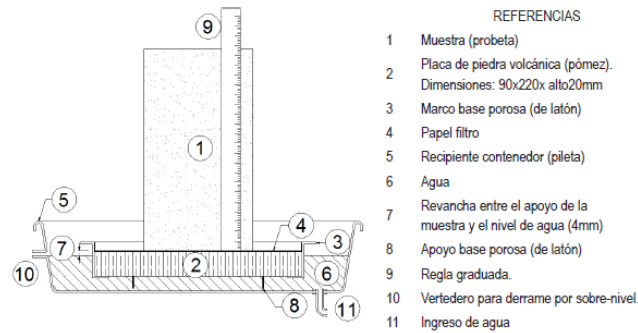


Figura 1. Esquema del dispositivo.

Figura 10: Esquema de Ensayo de Capilaridad

Fuente: (Cirvini & J.A., 2014)

Del ensayo de capilaridad se reportará la siguiente información:

- Diámetro
- Longitud
- Área
- Peso de la probeta seca
- Peso de la probeta después de (0, 1, 3, 5, 10, 15, 30, 60, 480 y 1440 minutos)

Este ensayo nos permitirá conocer:

- Cantidad de agua absorbida- perdida.
- Variación de grado de humedad media, de altura capilar.
- Velocidad media e instantánea de ascensión capilar.

Procedimiento:

- Elaboración de probetas con una altura variable de 8cm a 40 cm
- Llevar las muestras a la estufa a 60°C hasta alcanzar que se no posean humedad superficial, y pesando la probeta registrando el peso de esta (24 horas).
- Se deposita la probeta sobre la base parcialmente sumergida a nivel de agua, la probeta debe quedar 4 mm sobre el nivel del agua.
- Posterior a ello se incrementa el nivel de agua hasta no más de 1 mm por sobre la base de la probeta (Tomando registro de la hora de inicio del ensayo) posteriormente se realizará el pesado de la probeta pasado (1, 3, 5, 10, 15, 30, 60, 480 y 1440 minutos), así llevando un control de las probetas a analizar.



Asimismo, según (Cirvini & J.A., 2014) se evaluó el grado de perturbación introducido por el retiro-reingreso de la base, donde se halla una correlación de $R=0.999994$ con probetas que no fueron retiradas, concluyendo que el retiro-reingreso a la base no influye de manera significativa con los resultados.

2.3. Marco conceptual

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La optimización del diseño de suelo cemento adicionado con caucho reciclado tendrá mejoras en el comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la comunidad campesina de Chocco, Cusco, 2022

2.4.2. Hipótesis Específicas

Sub Hipótesis N°1

La optima densidad seca máxima que presentará el diseño de suelo cemento adicionado con caucho reciclado será mayor que la de los diseños de suelo cemento sin adición de caucho reciclado, del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022.

Sub Hipótesis N°2

La optima densidad seca máxima que presentará el diseño de suelo cemento sin adición de caucho reciclado será mayor que la de los diseños de suelo cemento adicionados con caucho reciclado, del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022.

Sub Hipótesis N°3

El óptimo porcentaje de CBR que presentará el diseño de suelo cemento adicionado con caucho reciclado será mayor que la de los diseños de suelo cemento sin adición de caucho reciclado, del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022.



Sub Hipótesis N°4

El óptimo porcentaje de CBR que presentará el diseño de suelo cemento sin caucho reciclado será mayor que la de los diseños de suelo cemento adicionados con caucho reciclado, del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022.

Sub Hipótesis N°5

El óptimo coeficiente de agua por absorción capilar que presentará el diseño de suelo cemento adicionado con caucho reciclado será menor que la de los diseños de suelo cemento sin adición de caucho reciclado, del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022.

Sub Hipótesis N°6

El óptimo coeficiente de agua por absorción capilar que presentará el diseño de suelo cemento sin adición de caucho reciclado será menor que la de los diseños de suelo cemento con adición de caucho reciclado, del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022.



2.5. Variables e indicadores

2.5.1. Identificación de variables

Variables Independientes

Tabla 3: Variables independientes e indicadores

VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADOR
Suelo Cemento con caucho reciclado	Dosificación según el porcentaje en peso de la muestra de suelo %
Suelo Cemento sin caucho reciclado	Dosificación según el porcentaje en peso de la muestra de suelo. %

Fuente: Propia

Variables Dependientes

Tabla 4: Variables dependientes (Fuente: Propia)

VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADOR
Absorción de agua por capilaridad	$\text{Kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{0.5})$
Densidad Seca Máxima	Kg/cm^2
CBR	%

Fuente: Propia

2.5.2. Operacionalización de Variables

Tabla 5: Cuadro de operacionalización de variables

"OPTIMIZACIÓN DE DISEÑO DE SUELO CEMENTO ADICIONADO CON CAUCHO RECICLADO PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO Y MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO DE LA COMUNIDAD CAMPESINA DE CHOCCO, CUSCO, 2022"				
Variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos de Medición
Independiente				
Clasificación de la variable en Proporciones añadidas para el SUELO CEMENTO ADICIONADO CON CAUCHO RECICLADO:	Proporción de caucho añadida, de acuerdo a la masa de la muestra de suelo, para su optimización, adicionada en 2%, 4%, 6% y 8%.	Suelo Cemento adicionado con Caucho Reciclado (Cau)	$\%PCau = \frac{wCau}{wSs} \times 100$ Donde: %PCau: porcentaje de caucho wSs: peso del suelo seco wCau: peso de caucho Rango de valores: 0.0% a 8.0% (Cetin et al., 2006)	HOJAS DE CALCULO
	Proporción de cemento añadida, de acuerdo a la masa de la muestra de suelo, para su optimización, adicionada en 2% y 4%.	Suelo Cemento (Cem)	$\%Cem = \frac{wCem}{wSs} \times 100$ Donde: %Cem: porcentaje de cemento wSs: peso del suelo seco wCem: peso del cemento Rango de valores: 0.0% a 4.0% (ACI Committee 230, 2009)	HOJAS DE CALCULO
Dependiente	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Propiedades Mecánicas de Suelo	Valor Máximo obtenido al someter un suelo a una misma energía de compactación. El valor es obtenido a través del ensayo de compactación. (Proctor Modificado)	DENSIDAD SECA MÁXIMA , del suelo cemento optimizado con adición de caucho reciclado	Densidad seca máxima ASTM D7263: [g/cm ³]	FICHAS DE LABORATORIO Y HOJAS DE CALCULO
		DENSIDAD SECA MÁXIMA , del suelo cemento optimizado sin adición de caucho reciclado	Densidad seca máxima ASTM D7263: [g/cm ³]	FICHAS DE LABORATORIO Y HOJAS DE CALCULO
	Resistencia que el material ofrece al esfuerzo cortante del suelo y así valorar la calidad del mismo, con fines de afirmado, en base al manual de vías no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.	CBR MÁXIMO , del suelo cemento optimizado con adición de caucho reciclado	% CBR (Evaluación de la calidad y capacidad de soporte de los suelos)	FICHAS DE LABORATORIO Y HOJAS DE CALCULO
		CBR MÁXIMO , del suelo cemento optimizado sin adición de caucho reciclado	% CBR (Evaluación de la calidad y capacidad de soporte de los suelos)	FICHAS DE LABORATORIO Y HOJAS DE CALCULO
Propiedades físicas de suelo	Indicador de conservación del material y de sus propiedades mecánicas, basado en la cantidad de agua absorbida en un determinado tiempo	INDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA POR ASENCIÓN CAPILAR , del suelo cemento optimizado sin adición de caucho reciclado	Indice de Ascensión capilar EN 772-11:2011:	FICHAS DE LABORATORIO Y HOJAS DE CALCULO
		INDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA POR ASENCIÓN CAPILAR , del suelo cemento optimizado sin adición de caucho reciclado	Indice de Ascensión capilar EN 772-11:2011:	FICHAS DE LABORATORIO Y HOJAS DE CALCULO

Fuente: Propia



Capítulo III: Metodología

3.1. Alcance del Estudio

El alcance correlacional implica trascender el nivel descriptivo, profundizando en el análisis acerca de las formas en que se relacionan variables y grupos de variables, “este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto en particular.” La investigación correlacional fue determinada por la naturaleza necesidad de medir, estimar los fenómenos y calcular la magnitud de estos. Asimismo, se recogerán y procesarán los datos numéricos (resultados), obtenidos de los ensayos de laboratorio. (Hernandez Sampieri & Mendoza Torres, 2018)

3.2. Diseño de la investigación

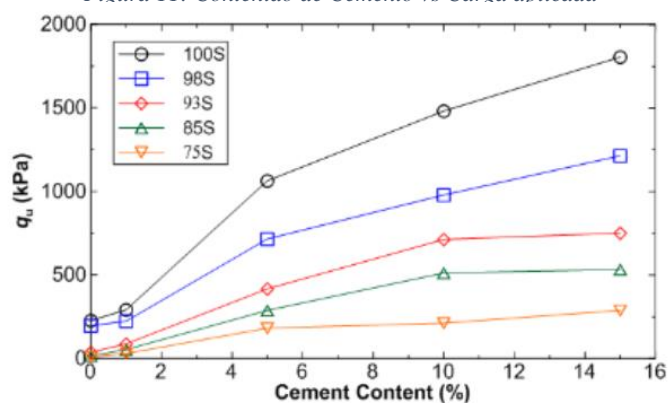
El diseño de esta investigación es experimental debido a que es necesario realizar pruebas de laboratorio para obtener los resultados; donde según las variables y la manipulación de estas en un entorno controlado y con instrumentos validados, se producirán cambios en las propiedades físicas y mecánicas. (Hernandez Sampieri & Mendoza Torres, 2018)

3.3. Población

La población se constituye por las probetas de mezcla de suelo, cemento, caucho reciclado y agua, que en su composición está según la dosificación de la Tabla 8.

Revisando bibliografía de investigaciones pasadas, se tomó como referencia para la dosificación de cemento para CBR no sumergido del artículo (Technology, 2013) de la Prince of Songkla University en su Songklanakarin Journal of Science and Technology.

Figura 11: Contenido de Cemento vs Carga aplicada



Fuente: (Technology, 2013)



Donde se puede apreciar que para dosificaciones del 0% al 5% hay la variación más apreciable, también viendo que a partir de este porcentaje de cemento el comportamiento se muestra constante.

En base a (Patiño Ycaza, Estabilización del suelo mediante adiciones de caucho reciclado., 2017) y (Benavente Huaman & Navarro Cardenas, 2020)

Así es como para determinar el contenido de caucho se tiene como referencia los antecedentes “Estabilización del suelo mediante adiciones de caucho reciclado”, investigación de Guayaquil donde se usó dosificaciones del 5%, 10%, 15%, viendo una disminución radical de la densidad seca máxima a partir del 10%; y “Estudio experimental del comportamiento mecánico geotécnico de un suelo granular con adición de caucho reciclado proveniente de neumáticos inservibles”, investigación de la Universidad de Ciencias Aplicadas donde se usó adicionales de 5%, 10%, 15%, 20%, viendo una disminución paulatina en la densidad seca máxima a partir del 5%, para la investigación se tomó de referencia estos porcentajes, viendo por conveniente usar rangos menores al 10%, optando por 2%, 4%, 6% y 8% para su evaluación conjunta con los porcentajes de cemento antes descritos.

Con referencia a las investigaciones consultadas en el desarrollo de esta tesis, en su mayoría realizaron 2 repeticiones adicionales para obtener un promedio de estas, pudimos tomar de base dichas investigaciones, ejecutando dos repeticiones adicionales de los ensayos de CBR y Ascensión capilar. La población de esta tesis está constituida por 15 tipos de dosificación que tienen las siguientes características.

- Probeta elaborada con la mezcla de diseño: Suelo, Caucho al 0% del peso de suelo seco, Cemento al 0% del peso de suelo seco y Agua al 10.17%.
- Probeta elaborada con la mezcla de diseño: Suelo, Caucho al 0% del peso de suelo seco, Cemento al 2% del peso de suelo seco y Agua al 12.5%.
- Probeta elaborada con la mezcla de diseño: Suelo, Caucho al 0% del peso de suelo seco, Cemento al 4% del peso de suelo seco y Agua al 13.2%.
- Probeta elaborada con la mezcla de diseño: Suelo, Caucho al 2% del peso de suelo seco, Cemento al 0% del peso de suelo seco y Agua al 10.75%.
- Probeta elaborada con la mezcla de diseño: Suelo, Caucho al 2% del peso de suelo seco, Cemento al 2% del peso de suelo seco y Agua al 13.6%.



- Probeta elaborada con la mezcla de diseño: Suelo, Caucho al 2% del peso de suelo seco, Cemento al 4% del peso de suelo seco y Agua al 14.2%.
- Probeta elaborada con la mezcla de diseño: Suelo, Caucho al 4% del peso de suelo seco, Cemento al 0% del peso de suelo seco y Agua al 11.1%.
- Probeta elaborada con la mezcla de diseño: Suelo, Caucho al 4% del peso de suelo seco, Cemento al 2% del peso de suelo seco y Agua al 12.5%.
- Probeta elaborada con la mezcla de diseño: Suelo, Caucho al 4% del peso de suelo seco, Cemento al 4% del peso de suelo seco y Agua al 13.4%.
- Probeta elaborada con la mezcla de diseño: Suelo, Caucho al 6% del peso de suelo seco, Cemento al 0% del peso de suelo seco y Agua al 10.5%.
- Probeta elaborada con la mezcla de diseño: Suelo, Caucho al 6% del peso de suelo seco, Cemento al 2% del peso de suelo seco y Agua al 12.8%.
- Probeta elaborada con la mezcla de diseño: Suelo, Caucho al 6% del peso de suelo seco, Cemento al 4% del peso de suelo seco y Agua al 13.6%.
- Probeta elaborada con la mezcla de diseño: Suelo, Caucho al 8% del peso de suelo seco, Cemento al 0% del peso de suelo seco y Agua al 10.4%.
- Probeta elaborada con la mezcla de diseño: Suelo, Caucho al 8% del peso de suelo seco, Cemento al 2% del peso de suelo seco y Agua al 13%.
- Probeta elaborada con la mezcla de diseño: Suelo, Caucho al 8% del peso de suelo seco, Cemento al 4% del peso de suelo seco y Agua al 13.01%.

3.4. Muestra

3.4.1. Descripción de la muestra

La muestra, que coincide con la población, son las probetas de la mezcla de diseño de suelo, cemento, caucho reciclado y agua.

3.4.2. Cuantificación de la muestra

La muestra es cuantificada de la misma manera que la población al ser un estudio Población – Muestra; se tiene un total de 105 probetas las cuales serán evaluadas y analizadas en los ensayos de CBR y Capilaridad.

3.4.3. Método de muestreo



El tipo de muestreo de la investigación es no probabilístico, por conveniencia, debido a que por la accesibilidad y proximidad de obtención de la muestra se limitó a un punto de extracción de la Comunidad Campesina de Chocco.

3.4.4. Criterios de Inclusión

Los criterios tomados de las probetas son:

- Seguir el diseño propuesto.
- El procedimiento de elaboración de todas las probetas serán el mismo (Orden de prelación de componentes de la mezcla).
- El suelo arcilloso debe ser proveniente de la Comunidad Campesina de Chocco.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Ensayo de Granulometría de la muestra (MTC-E204) (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017)

Equipos

- Balanza de precisión
- Brocha
- Recipientes (bowls)
- Serie de tamices: Tapa, #4, #10, #20, #40, #60, #100, #200 y fondo.
- Horno, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$

Procedimiento

Una vez se seque el material en el horno por 24 se procederá a usar 300g de material como mínimo



Figura 12: Secado de Material en el Horno



Fuente: Propia

El tamizado se puede llevar a cabo a mano o mediante una maquinaria adecuada, que el conjunto de tamices se mantenga en movimiento circular constante con una mano mientras se golpee con la otra, esto durante minutos.

Figura 13: Tamizado Manual del Agregado Fino (Muestra)



Fuente: Propia

Una vez concluido el tiempo, se toma el material retenido en cada tamiz y se pesará en los recipientes (bowls) previamente “tarados” en la balanza de precisión, estos pesos retenidos se expresarán como porcentaje retenido del peso total de la muestra.



Figura 14: Pesaje de muestra retenida en el tamiz.



Fuente: Propia

3.5.2. Ensayo de Determinación del límite líquido del suelo (MTC E-110) (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017)

Equipos

- Recipiente de porcelana de 115 mm de diámetro aproximadamente.
- Cuchara de Casagrande.
- Acanalador.
- Balanza de precisión, con sensibilidad de 0.01 gr.
- Horno, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Espátula

Muestra

Se obtiene una porción representativa de la muestra total suficiente para proporcionar 150 gr a 200 gr de material pasante del tamiz N°40. La muestra cohesiva debe ser mezclada totalmente con una espátula así una vez sea una pasta obtener una porción representativa del total extrayéndola con la cuchara.

Procedimiento



Se coloca una porción de la pasta en la copa de la cuchara de casagrande, donde esta descansa sobre la base, presionándola y esparciéndola en la copa, formando así una superficie horizontal.

Utilizando un acanalador se divide la muestra que esparcimos en la copa, haciendo una ranura a través de esta, siguiendo una línea que una el punto más alto y el punto más bajo sobre el borde de la copa. Cuando esta corte la ranura mantener el acanalador contra la superficie y trazar un arco manteniendo la dirección perpendicular a la superficie de la copa en su movimiento.

Se registra el número de golpes N necesarios para cerrar la ranura, una vez cerrada se tomará un pedazo de muestra aproximadamente del ancho de la espátula, extendiéndola de extremo a extremo en ángulos rectos a la ranura e incluyendo la porción de la ranura en el cual el suelo se deslizo en conjunto, para colocarlo en un recipiente y cubrirlo. Se realizará este procedimiento para un cierre que requiera de 25 a 35 golpes, una para un cierre de 20 y 30 golpes y finalmente para una que requiera de 15 a 25 golpes.

Figura 15: Desarrollo de ensayo de Limite Liquido



Fuente: Propia

Se determina el contenido de humedad de la muestra de suelo para cada prueba, donde se representará la relación entre el contenido de humedad y el número de golpes, trazando una línea recta que siga la tendencia de los resultados obtenidos.



El contenido de humedad será correspondiente a la intersección de la abscisa de 25 golpes, donde obtendremos el límite líquido del suelo (Método gráfico)

**3.5.3. Ensayo de Determinación del límite plástico del suelo (MTC E-111).
(Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017)**

Equipos

- Recipiente de porcelana.
- Balanza de precisión, con sensibilidad de 0.01 gr.
Horno, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 °C \pm 5°C.
- Espátula de hoja flexible.
- Tamiz N°40
- Agua destilada
- Vidrio de reloj o recipiente para determinar humedad
- Superficie de rodadura (Vidrio esmerilado)

Muestra

Se toma una muestra de 150.0 gr de porción de suelo humedecida y amasada, prepara de acuerdo con la norma MTC E-111. Con esta muestra se formará una esfera, sin que se adhiera a los dedos.

Procedimiento

Se moldea a la mitad de la muestra en forma de elipsoide y rodando con los dedos de la mano sobre la superficie de rodadura, con la presión para formar cilindros.

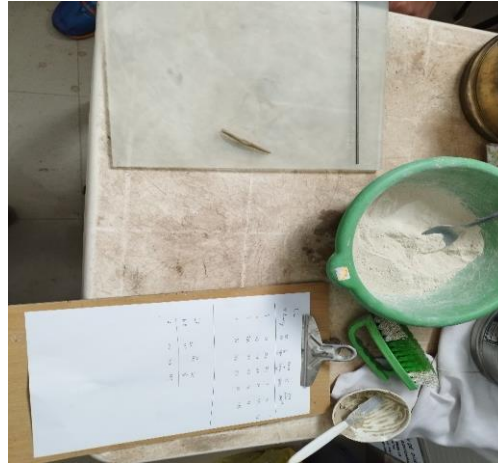
Una vez esta llegue a un diámetro de 3.2 mm, si esta no se ha desmoronado, se repetirá el proceso, cuantas veces sea necesario hasta que se desmorone con dicho diámetro.

El desmoronamiento es diferente en diferentes tipos de suelo.



La porción obtenida se coloca en los recipientes, previamente “tarados” para así calcular la humedad de estos.

Figura 16: Procedimiento de ensayo de Limite Plástico



Fuente: Propia



3.5.4. Ensayo de Proctor (MTC E-115) (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017)

Equipos y materiales

- Molde ahusado de 6 pulgadas
- Recipiente para preparación (Bowl)
- Pisón o martillo.
- Extractor de muestra (gata hidráulica)
- Horno de secado, temperatura uniforme de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Tamices o mallas.
- Regla.

Figura 18 Equipos para el Ensayo de Proctor.



Fuente: Propia

Figura 17: Moldes para densidad.



Fuente: Propia

Muestra

Empezamos con la segregación del material por el tamiz ($\frac{3}{4}$ pulg).

Procedemos a mezclar el suelo con cemento y caucho reciclado según las dosificaciones planificadas. Preparamos cinco especímenes según lo recomendado por la norma para obtener puntos cercanos al óptimo estimado.

Procedimiento

Mezclamos el suelo arcilloso de la comunidad campesina de Chocco con cemento Portland Tipo IP y caucho reciclado en 5 especímenes por cada tipo de dosificación para poder calcular el peso unitario seco y contenido de agua graficando así la curva a través



de los 5 puntos de contenido de humedad y densidad seca máxima, hallando el valor máximo de contenido de humedad para el valor máximo de densidad seca.

Figura 20 Dosificación y mezclado de materiales.



Fuente: Propia

Figura 19: Apisonado en molde proctor.



Fuente: Propia

Figura 21: Determinación de la densidad de muestras.



Fuente: Propia

3.5.5. Ensayo de CBR (MTC E-132) (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017)

Equipos y materiales

- Prensa mecánica con lectura virtual.
- Molde de metal, cilíndrico, provisto de un collar metálico.
- Disco espaciador de metal



- Pisón de compactación
- Balanzas
- Tamices

Figura 23: Moldes para ensayo CBR.



Fuente: Propia

Muestra

La muestra y especímenes fueron preparados según las dosificaciones previstas y según los métodos de prueba NTP 339.141 y NTP 339.142 para un molde de 6 pulgadas,

Procedimiento

Preparamos las muestras según la dosificación, pesamos el molde con su base, collar y el disco espaciador, sobre este un papel de filtro grueso del mismo diámetro. Se compacta la muestra con un sistema dinámico de compactación. La prueba se da con 56, 25 y 12 golpes por capa con diferentes humedades, con el fin de obtener una familia de curvas que muestren la relación de densidad seca y relación de capacidad de soporte. El procedimiento se realizó sin inmersión.

Figura 22: Prensa mecánica con lectura virtual.



Fuente: Propia

Figura 27: Preparación de muestras con la humedad óptima brindada por el ensayo Proctor.



Fuente: Propia

Figura 26: Apisonado de material CBR



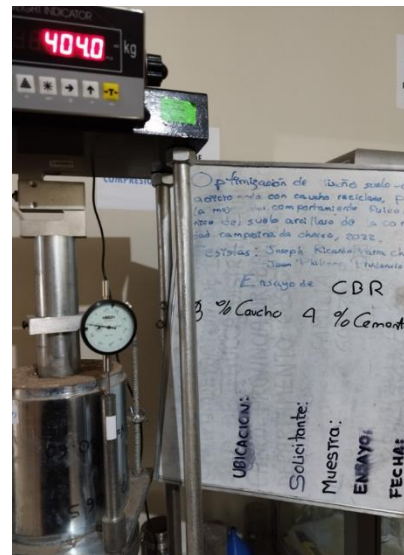
Fuente: Propia

Figura 25: Prensa del material para lectura.



Fuente: Propia

Figura 24: Lectura de deformación.



Fuente: Propia

3.5.6. Ensayo de Ascensión Capilar, según (ISO, 2002) y (Cirvini & J.A., 2014)

Equipos y materiales

- Probetas para depositar la muestra.
- Recipiente para preparación (Bowl)
- Recipiente hermético.
- Caucho reciclado



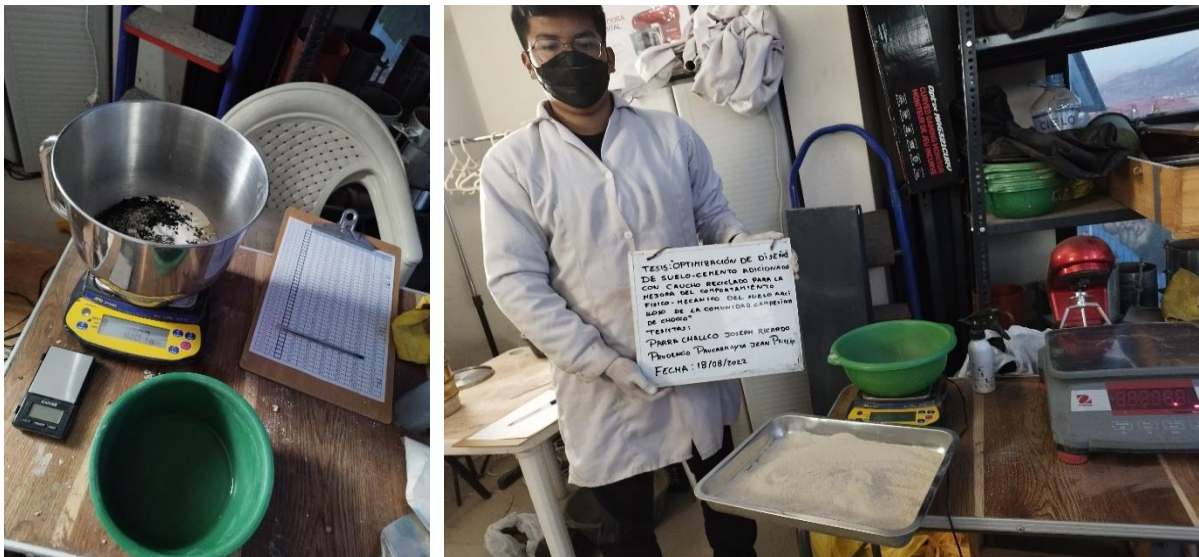
- Suelo Seco
- Cemento
- Balanza de precisión, con sensibilidad de 0.1 gr.
- Agua
- Mezcladora
- Horno, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Cucharon.
- Rollo de película Plástica
- Reloj.

Muestra

Según la dosificación planificada se procede a realizar el mezclado del Caucho reciclado, Suelo Seco, Cemento y Agua. En el bowl y posteriormente a la mezcladora, por un tiempo de 4 minutos.

Una vez terminado el mezclado de la muestra, se procede a llenar las probetas debidamente codificadas y posteriormente se sellarán con el rollo de película plástica, finalizando con la introducción en el recipiente hermético (Figura 156: Pesaje de probeta Figura 156).

Figura 28: Preparación de muestra



Fuente: Propia



Procedimiento

El ensayo se lleva a cabo después de desmoldar las probetas, se llevaron al horno durante 24 horas, una vez estas no posean humedad superficial, se dispondrán en una superficie uniforme, sobre una base, siguiendo el esquema de la Figura 10.

Con cuidado de que agua no salpique a la superficie de las muestras, se llenará con agua hasta no más de 4 mm por debajo del nivel de las probetas.

Una vez llenado, se procederá a incrementar el nivel de agua hasta no más de 1 mm por sobre la base de la probeta (Tomando registro de la hora de inicio del ensayo) posteriormente se realizará el pesaje de la probeta pasado (1, 3, 5, 10, 15, 30, 60, 480 y 1440 minutos), así llevando un control de las probetas a analizar.

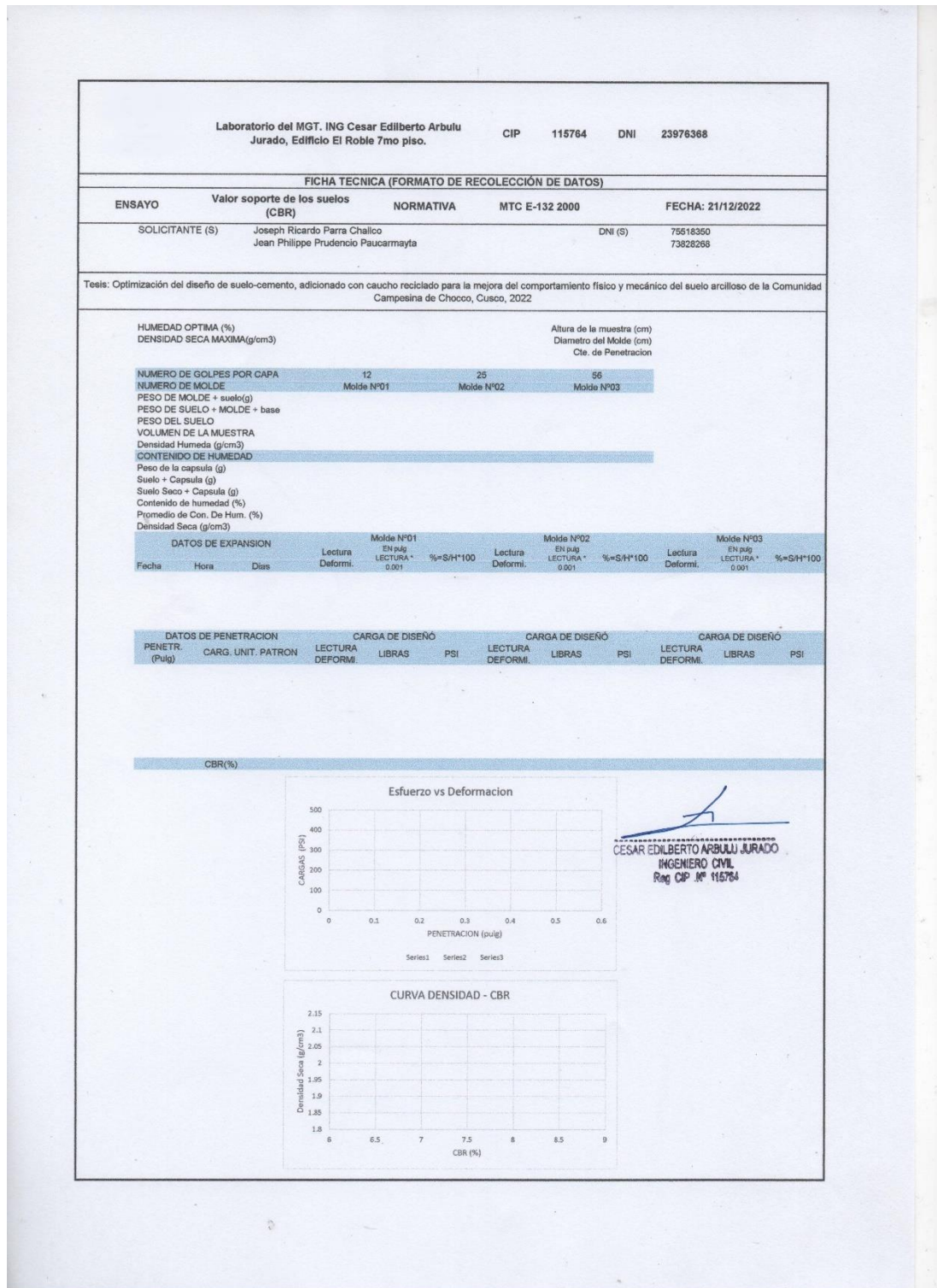
Figura 29: Probetas sumergidas y pesaje de probeta (Fuente: Propia)



Fuente: Propia



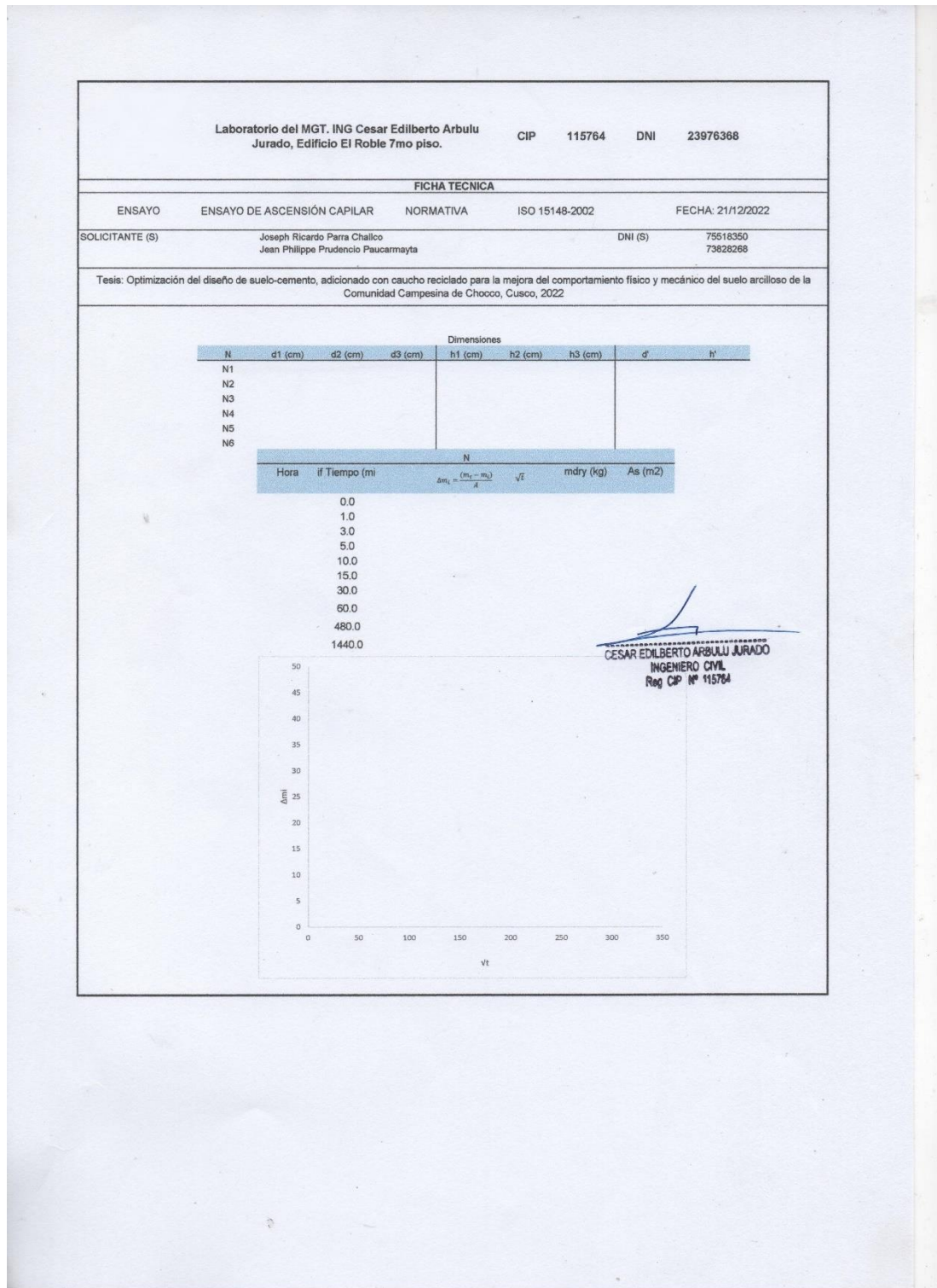
Figura 31: Validación de Instrumentos CBR



Fuente: Propia



Figura 32: Validación de Instrumentos Índice de Absorción Capilar



Fuente: Propia



3.7. Plan de análisis de datos

3.7.1. Ensayo de Granulometría.

Figura 33: Granulometría del suelo de la Comunidad Campesina de Chocco

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO						
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA						
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022						
Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado						
Tesisistas: Joseph Ricardo Parra Chalko			COD	01610178-C		
Jean Philippe Prudencio Paucarmayta				015100893-A		
Asesor: Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza						
RESULTADOS OBTENIDOS						
ENSAYO	GRANULOMETRÍA / CONTENIDO DE HUMEDAD / LIMITE LIQUIDO / LIMITE PLASTICO		NORMATIVA	ASTM D422 Y D4318		
ITEM	CONTENIDO DE HUMEDAD (w)					
1	N° de recipientes	gr	1			
2	w recipiente	gr	0.00			
3	w recipiente sw	gr	572.80			
4	w recipiente s	gr	572.80			
5	W w : 3-4	gr	0.00			
6	W s : 4-2	gr	572.80			
7	w : 100*5/6	%	0.00			
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO						
8	w recipiente s (lavado)		572.80			
9	w s (lavado) : 8-2		572.80			
10	W s fino (platillo)		36.00			
11	W Total Parcial Retenido		572.20			
12	ΔW :9-11		0.60		D10 mm	0.08
13	W s fino (total) : [6-(11-10)-12]		36.00		D30 mm	0.15
14	% finos : 100*13/6		6.28		D60 mm	0.29
15	Error : 100*12/9		0.10		Cu = D60/D10	3.39
					Cc = D30^2/(D10*D60)	0.99
	Tamiz	Peso Parcial Retenido	Peso Parcial Retenido Corregido	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado Que Pasa
	-	mm gr	gr	%	%	%
	3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
	2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
	1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00
	1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
	3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
	3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
	N° 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
	N° 10	2.000	1.60	0.28	0.28	99.72
	N° 20	0.850	28.00	4.89	5.17	94.83
	N° 40	0.425	49.60	8.66	13.83	86.17
	N° 60	0.250	52.40	9.15	22.98	77.02
	N° 100	0.150	81.30	14.28	37.26	62.74
	N° 200	0.075	69.20	12.08	49.34	50.66
	Platillo	290.20	290.20	50.66	100.00	0.00
	Total	572.31	572.80	100.00		


Limo v Arcilla		Fina	Media	Gruesa	Fina	Gruesa	
		Arcilla					

Fuente: Propia



3.7.2. Ensayo de Limite líquido y plástico.

Figura 34: Limite líquido y plástico del suelo de la Comunidad Campesina de Chocco.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA			
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
 <p>Universidad Andina del Cusco</p>		Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento fluido, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022			
		Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado			
		Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco			
		Jean Philippe Prudencio Paucarmayta			
		Asesor: Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza			
ENSAYO	GRANULOMETRÍA / CONTENIDO DE HUMEDAD / LIMITE LIQUIDO / LIMITE PLASTICO	NORMATIVA	ASTM's D422 y D4318		
ITEM	LIMITE LIQUIDO	1	2	3	
1	N° recipiente	W3	703	B3	
2	N° golpes	34	14	20	
3	W recipiente	14.60	21.70	11.60	
4	W recipiente sw	31.40	41.30	29.20	
5	W recipiente sw	26.20	34.90	23.60	
6	W w : 4-5	5.20	6.40	5.60	
7	W s 5-3	11.60	13.20	12.00	
8	w = 6/7*100	44.83	48.48	46.67	
9	LL			45.53	

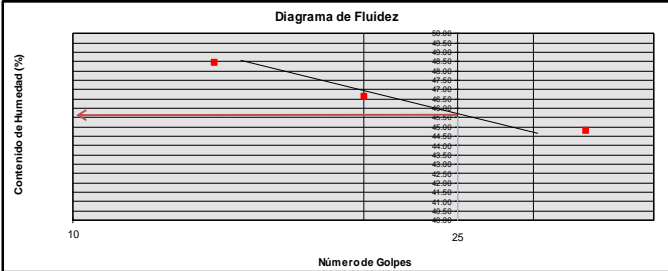


Diagrama de Fluidez

ITEM	LIMITE PLASTICO		1	2	3
1	N° recipiente		M03	701	1
2	W recipiente	gr	21.20	17.50	21.20
3	W recipiente sw	gr	25.80	20.50	26.40
4	W recipiente s	gr	24.40	19.60	24.80
5	W w : 3-4	gr	1.40	0.90	1.60
6	W s : 4-2	gr	3.20	2.10	3.60
7	LP : 5/6*100	%	43.75	42.86	44.44
8	LP promedio	%			43.68

Fuente: Propia



3.7.3. Ensayo de Proctor

Figura 35: Resultados Ensayo Proctor 0% Caucho 0% Cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO												
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA												
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL												
	Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022											
	Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado							Fecha:	05/09/2022			
	Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco											
	Jean Philippe Prudencio Paucarmayta											
AsesorMg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza												
Descripcion del Suelo:												
Golpes por capa:			56		Nº Capas:		5		Peso Martillo (lb):		24.50	
Diámetro del molde (cm):			15.24		Altura(cm):		11.65		Volumen (cm³):		2124.00	
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD												
MUESTRA	01		02		03		04		05			
CAPSULA Nº	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10		
PESO DE LA LATA (gr)	44.70	47.70	39.00	41.98	47.87	42.16	43.64	41.73	65.49	67.84		
PESO DE LATA + SUELO HUMEDO (gr)	65.47	69.04	60.97	64.03	71.82	65.87	72.39	73.30	114.22	104.19		
PESO DE LATA + SUELO SECO (gr)	64.37	67.85	59.50	62.52	69.76	63.84	68.78	69.30	107.78	99.38		
PESO DE SUELO SECO (gr)	19.67	20.15	20.50	20.54	21.90	21.68	25.14	27.57	42.29	31.54		
PESO DEL AGUA (gr)	1.10	1.19	1.47	1.51	2.06	2.03	3.61	4.00	6.44	4.82		
CONTENIDO DE HUMEDAD(%)	5.61	5.89	7.19	7.36	9.41	9.36	14.35	14.50	15.23	15.28		
DETERMINACION DE LA DENSIDAD												
MUESTRA	01		02		03		04		05			
PESO DEL MOLDE (gr)	2898.00		2898.00		2898.00		2898.00		2898.00			
PESO DEL MOLDE + SUELO HUMEDO (gr)	7230.00		7536.00		7785.00		7629.00		7517.00			
CONTENIDO DE HUMEDAD REAL(%)	5.75		7.27		9.39		14.42		15.26			
PESO DE SUELO (gr)	4332.00		4638.00		4887.00		4731.00		4619.00			
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm³)	2.04		2.18		2.30		2.23		2.17			
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.93		2.04		2.10		1.95		1.89			
HUMEDAD OPTIMA (%)					10.17							
DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm³)					2.106							

Fuente: Propia



Figura 36: Resultados Ensayo Proctor 0% Caucho 2% Cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA											
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL											
Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022											
Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado								Fecha: 06/09/2022			
Tesisistas Joseph Ricardo Parra Challo											
Jean Philippe Prudencio Paucarmayta											
Asesor Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza											
Descripcion del Suelo:											
Golpes por capa: 56				Nº Capas: 5				Peso Martillo (lb): 24.50			
Diámetro del molde (cm): 15.24				Altura(cm): 11.65				Volumen (cm³): 2124.00			
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD											
MUESTRA	01		02		03		04		05		
CAPSULA Nº	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	
PESO DE LA LATA (gr)	44.70	47.70	39.00	41.98	47.87	42.16	43.64	41.73	65.49	67.84	
PESO DE LATA + SUELO HÚMEDO (gr)	66.57	69.33	61.38	65.09	72.00	67.04	74.22	76.13	115.89	105.80	
PESO DE LATA + SUELO SECO (gr)	65.42	67.95	60.03	62.95	70.23	64.24	68.45	71.99	106.52	100.24	
PESO DE SUELO SECO (gr)	20.72	20.25	21.03	20.97	22.36	22.07	24.81	30.25	41.03	32.40	
PESO DEL AGUA (gr)	1.14	1.37	1.35	2.14	1.77	2.81	5.77	4.14	9.37	5.56	
CONTENIDO DE HUMEDAD(%)	5.51	6.78	6.44	10.19	7.92	12.72	23.24	13.69	22.84	17.16	
DETERMINACION DE LA DENSIDAD											
MUESTRA	01		02		03		04		05		
PESO DEL MOLDE (gr)	2898.00		2898.00		2898.00		2898.00		2898.00		
PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	7362.00		7678.00		7902.00		7952.00		7925.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD REAL(%)	6.15		8.31		10.32		18.46		20.00		
PESO DE SUELO (gr)	4464.00		4780.00		5004.00		5054.00		5027.00		
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm³)	2.10		2.25		2.36		2.38		2.37		
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.98		2.08		2.14		2.01		1.97		
<p>Densidad Seca (gr/cm³)</p> <p>Contenido de Humedad (%)</p> <p>$y = -0.0037x^2 + 0.0952x + 1.5412$ $R^2 = 0.958$</p>											
HUMEDAD OPTIMA (%)						12.5					
DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm³)						2.153					

Fuente: Propia



Figura 37: Resultados Ensayo Proctor 0% Caucho 4% Cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA											
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL											
Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022											
Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado								Fecha: 07/09/2022			
Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco											
Jean Philippe Prudencio Paucarmayta											
Asesor Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza											
Descripcion del Suelo:											
Golpes por capa: 56				Nº Capas: 5				Peso Martillo (lb): 24.50			
Diametro del molde (cm): 15.24				Altura(cm): 11.65				Volumen (cm ³): 2124.00			
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD											
MUESTRA	01		02		03		04		05		
CAPSULA Nº	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	
PESO DE LA LATA (gr)	44.70	47.70	39.00	41.98	47.87	42.16	43.64	41.73	65.49	67.84	
PESO DE LATA + SUELO HÚMEDO (gr)	67.24	69.48	61.63	65.12	72.20	67.16	74.33	76.32	114.87	105.76	
PESO DE LATA + SUELO SECO (gr)	65.90	68.02	60.10	63.02	70.55	64.32	68.63	72.20	106.62	100.32	
PESO DE SUELO SECO (gr)	21.20	20.32	21.10	21.04	22.68	22.16	24.99	30.46	41.14	32.48	
PESO DEL AGUA (gr)	1.34	1.46	1.53	2.10	1.65	2.84	5.70	4.13	8.25	5.44	
CONTENIDO DE HUMEDAD(%)	6.31	7.18	7.25	9.98	7.28	12.83	22.82	13.54	20.05	16.75	
DETERMINACION DE LA DENSIDAD											
MUESTRA	01		02		03		04		05		
PESO DEL MOLDE (gr)	2898.00		2898.00		2898.00		2898.00		2898.00		
PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	7385.00		7726.00		7996.00		8023.00		7997.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD REAL(%)	6.75		8.62		10.05		18.18		18.40		
PESO DE SUELO (gr)	4487.00		4828.00		5098.00		5125.00		5099.00		
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	2.11		2.27		2.40		2.41		2.40		
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.98		2.09		2.18		2.04		2.03		
HUMEDAD OPTIMA (%)					13.2						
DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm³)					2.236						

Fuente: Propia




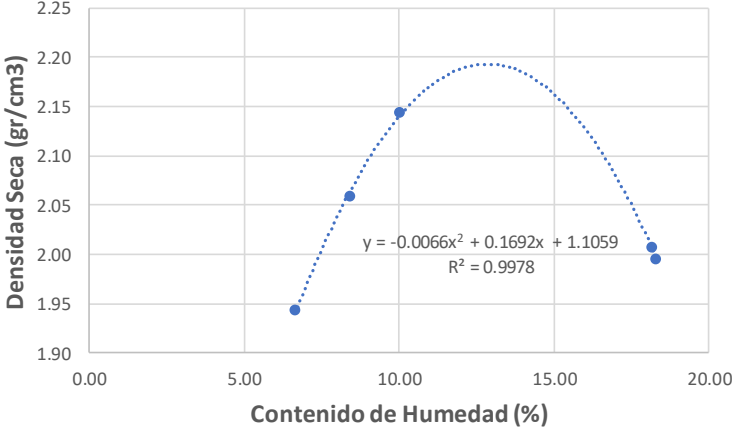
Figura 38: Resultados Ensayo Proctor 2% Caucho 0% Cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO												
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA												
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL												
	Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022											
	Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado							Fecha:	08/09/2022			
	Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco											
	Jean Philippe Prudencio Paucarmayta											
AsesorMg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza												
Descripcion del Suelo:												
Golpes por capa:			56		Nº Capas:		5		Peso Martillo (lb):		24.50	
Diametro del molde (cm):			15.24		Altura(cm):		11.65		Volumen (cm ³):		2124.00	
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD												
MUESTRA	01		02		03		04		05			
CAPSULA Nº	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10		
PESO DE LA LATA (gr)	44.70	47.70	39.00	41.98	47.87	42.16	43.64	41.73	65.49	67.84		
PESO DE LATA + SUELO HÚMEDO (gr)	65.14	68.70	60.65	63.73	71.52	65.49	72.03	72.98	113.99	103.83		
PESO DE LATA + SUELO SECO (gr)	64.02	67.42	59.12	62.22	69.39	63.57	68.41	68.97	107.43	99.07		
PESO DE SUELO SECO (gr)	19.32	19.72	20.12	20.24	21.52	21.41	24.77	27.24	41.94	31.23		
PESO DEL AGUA (gr)	1.11	1.27	1.52	1.51	2.13	1.92	3.62	4.00	6.56	4.76		
CONTENIDO DE HUMEDAD(%)	5.75	6.45	7.57	7.47	9.91	8.98	14.62	14.69	15.64	15.24		
DETERMINACION DE LA DENSIDAD												
MUESTRA	01		02		03		04		05			
PESO DEL MOLDE (gr)	2898.00		2898.00		2898.00		2898.00		2898.00			
PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	7145.00		7450.00		7701.00		7546.00		7435.00			
CONTENIDO DE HUMEDAD REAL(%)	6.10		7.52		9.44		14.66		15.44			
PESO DE SUELO (gr)	4247.00		4552.00		4803.00		4648.00		4537.00			
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	2.00		2.14		2.26		2.19		2.14			
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.88		1.99		2.07		1.91		1.85			
HUMEDAD OPTIMA (%)					10.75							
DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm³)					2.076							

Fuente: Propia



Figura 39: Resultados Ensayo Proctor 2% Caucho 2% Cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO												
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA												
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL												
 Universidad Andina del Cusco	Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022											
	Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado							Fecha:	09/09/2022			
	Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco											
	Jean Philippe Prudencio Paucarmayta											
AsesorMg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza												
Descripcion del Suelo:												
Golpes por capa:			56		Nº Capas:		5		Peso Martillo (lb):		24.50	
Diametro del molde (cm):			15.24		Altura(cm):		11.65		Volumen (cm ³):		2124.00	
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD												
MUESTRA	01		02		03		04		05			
CAPSULA Nº	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10		
PESO DE LA LATA (gr)	44.70	47.70	39.00	41.98	47.87	42.16	43.64	41.73	65.49	67.84		
PESO DE LATA + SUELO HÚMEDO (gr)	67.21	69.43	61.60	64.99	72.17	67.13	74.30	76.30	114.82	105.73		
PESO DE LATA + SUELO SECO (gr)	65.89	68.00	60.07	62.98	70.52	64.30	68.60	72.17	106.60	100.33		
PESO DE SUELO SECO (gr)	21.19	20.30	21.07	21.00	22.65	22.14	24.96	30.44	41.11	32.49		
PESO DEL AGUA (gr)	1.32	1.43	1.53	2.01	1.65	2.83	5.70	4.13	8.23	5.40		
CONTENIDO DE HUMEDAD(%)	6.25	7.05	7.26	9.57	7.29	12.77	22.84	13.57	20.01	16.63		
DETERMINACION DE LA DENSIDAD												
MUESTRA	01		02		03		04		05			
PESO DEL MOLDE (gr)	2898.00		2898.00		2898.00		2898.00		2898.00			
PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	7298.00		7638.00		7909.00		7935.00		7910.00			
CONTENIDO DE HUMEDAD REAL(%)	6.65		8.42		10.03		18.20		18.32			
PESO DE SUELO (gr)	4400.00		4740.00		5011.00		5037.00		5012.00			
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	2.07		2.23		2.36		2.37		2.36			
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.94		2.06		2.14		2.01		1.99			
												
HUMEDAD OPTIMA (%)					13.6							
DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm³)					2.186							

Fuente: Propia



Figura 40: Resultados Ensayo Proctor 2% Caucho 4% Cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO												
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA												
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL												
	Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022											
	Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado							Fecha:	12/09/2022			
	Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco											
	Jean Philippe Prudencio Paucarmayta											
AsesorMg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza												
Descripcion del Suelo:												
Golpes por capa:			56		Nº Capas:		5		Peso Martillo (lb):		24.50	
Diametro del molde (cm):			15.24		Altura(cm):		11.65		Volumen (cm³):		2124.00	
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD												
MUESTRA	01		02		03		04		05			
CAPSULA Nº	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10		
PESO DE LA LATA (gr)	44.70	47.70	39.00	41.98	47.87	42.16	43.64	41.73	65.49	67.84		
PESO DE LATA + SUELO HÚMEDO (gr)	67.36	69.39	61.90	65.09	72.10	67.33	74.88	76.31	115.69	106.60		
PESO DE LATA + SUELO SECO (gr)	65.77	68.00	60.13	63.45	70.57	64.31	68.76	72.09	106.53	100.33		
PESO DE SUELO SECO (gr)	21.07	20.30	21.13	21.47	22.70	22.14	25.12	30.36	41.04	32.49		
PESO DEL AGUA (gr)	1.59	1.39	1.77	1.64	1.53	3.02	6.12	4.22	9.16	6.27		
CONTENIDO DE HUMEDAD(%)	7.55	6.87	8.39	7.62	6.74	13.64	24.37	13.89	22.32	19.29		
DETERMINACION DE LA DENSIDAD												
MUESTRA	01		02		03		04		05			
PESO DEL MOLDE (gr)	2898.00		2898.00		2898.00		2898.00		2898.00			
PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	7345.00		7753.00		8095.00		8285.00		7985.00			
CONTENIDO DE HUMEDAD REAL(%)	7.21		8.01		10.19		19.13		20.80			
PESO DE SUELO (gr)	4447.00		4855.00		5197.00		5387.00		5087.00			
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm³)	2.09		2.29		2.45		2.54		2.40			
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.95		2.12		2.22		2.13		1.98			
<p>Gráfico de densidad seca (gr/cm³) versus contenido de humedad (%). El eje Y representa la densidad seca, variando de 1.90 a 2.40. El eje X representa el contenido de humedad, variando de 0.00 a 25.00. Se muestran cinco puntos de datos que siguen una curva parabólica descendente. La ecuación de la curva es $y = -0.0078x^2 + 0.2176x + 0.8247$ con un coeficiente de determinación $R^2 = 0.9215$.</p>												
HUMEDAD OPTIMA (%)					14.2							
DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm³)					2.342							

Fuente: Propia



Figura 41: Resultados Ensayo Proctor 4% Caucho 0% Cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO												
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA												
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL												
	Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022											
	Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado							Fecha:	13/09/2022			
	Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco											
	Jean Philippe Prudencio Paucarmayta											
Asesor Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza												
Descripcion del Suelo:												
Golpes por capa:			56		Nº Capas:		5		Peso Martillo (lb):		24.50	
Diametro del molde (cm):			15.24		Altura(cm):		11.65		Volumen (cm³):		2124.00	
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD												
MUESTRA	01		02		03		04		05			
CAPSULA Nº	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10		
PESO DE LA LATA (gr)	44.70	47.70	39.00	41.98	47.87	42.16	43.64	41.73	65.49	67.84		
PESO DE LATA + SUELO HÚMEDO (gr)	65.43	69.00	60.93	64.03	71.79	65.82	72.35	73.25	114.18	104.15		
PESO DE LATA + SUELO SECO (gr)	64.33	67.79	59.45	62.02	69.45	63.80	68.74	69.26	107.73	99.33		
PESO DE SUELO SECO (gr)	19.63	20.09	20.45	20.04	21.59	21.63	25.10	27.52	42.25	31.49		
PESO DEL AGUA (gr)	1.10	1.21	1.48	2.01	2.33	2.03	3.61	4.00	6.44	4.82		
CONTENIDO DE HUMEDAD(%)	5.62	6.02	7.23	10.02	10.80	9.37	14.38	14.52	15.25	15.30		
DETERMINACION DE LA DENSIDAD												
MUESTRA	01		02		03		04		05			
PESO DEL MOLDE (gr)	2898.00		2898.00		2898.00		2898.00		2898.00			
PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	7056.00		7363.00		7611.00		7456.00		7344.00			
CONTENIDO DE HUMEDAD REAL(%)	5.82		8.63		10.08		14.45		15.28			
PESO DE SUELO (gr)	4158.00		4465.00		4713.00		4558.00		4446.00			
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm³)	1.96		2.10		2.22		2.15		2.09			
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.85		1.94		1.96		1.87		1.82			
HUMEDAD OPTIMA (%)							11.1					
DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm³)							1.957					

Fuente: Propia




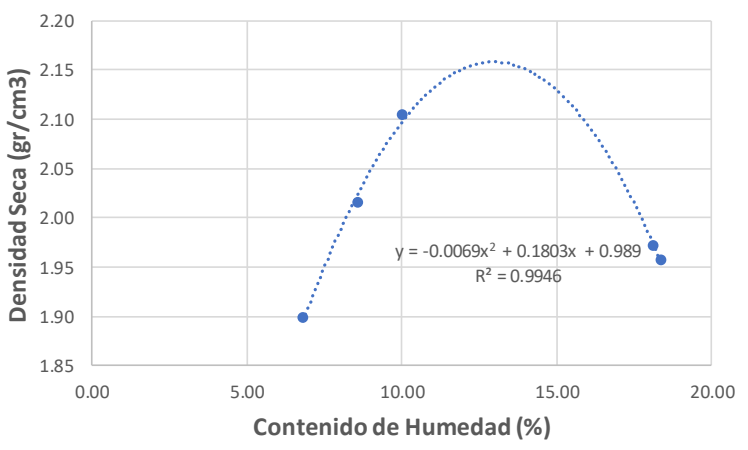
Figura 42: Resultados Ensayo Proctor 4% Caucho 2% Cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA											
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL											
	Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022										
	Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado							Fecha:	14/09/2022		
	Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco										
	Jean Philippe Prudencio Paucarmayta										
AsesorMg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza											
Descripcion del Suelo:											
Golpes por capa:			56	Nº Capas:		5	Peso Martillo (lb):		24.50		
Diametro del molde (cm):			15.24	Altura(cm):		11.65	Volumen (cm ³):		2124.00		
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD											
MUESTRA	01		02		03		04		05		
CAPSULA Nº	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	
PESO DE LA LATA (gr)	44.70	47.70	39.00	41.98	47.87	42.16	43.64	41.73	65.49	67.84	
PESO DE LATA + SUELO HÚMEDO (gr)	66.54	69.49	61.33	65.04	71.97	67.04	74.18	76.09	115.85	105.77	
PESO DE LATA + SUELO SECO (gr)	65.39	67.91	59.99	62.91	70.20	64.20	68.41	71.94	106.58	100.19	
PESO DE SUELO SECO (gr)	20.69	20.21	20.99	20.93	22.33	22.04	24.77	30.21	41.09	32.35	
PESO DEL AGUA (gr)	1.15	1.58	1.35	2.14	1.77	2.84	5.77	4.15	9.27	5.58	
CONTENIDO DE HUMEDAD(%)	5.57	7.81	6.41	10.20	7.93	12.90	23.29	13.73	22.56	17.23	
DETERMINACION DE LA DENSIDAD											
MUESTRA	01		02		03		04		05		
PESO DEL MOLDE (gr)	2898.00		2898.00		2898.00		2898.00		2898.00		
PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	7183.00		7500.00		7704.00		7774.00		7746.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD REAL(%)	6.69		8.31		10.42		18.51		19.90		
PESO DE SUELO (gr)	4285.00		4602.00		4806.00		4876.00		4848.00		
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	2.02		2.17		2.26		2.30		2.28		
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.89		2.00		2.05		1.94		1.90		
HUMEDAD OPTIMA (%)							12.5				
DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm³)							2.084				

Fuente: Propia




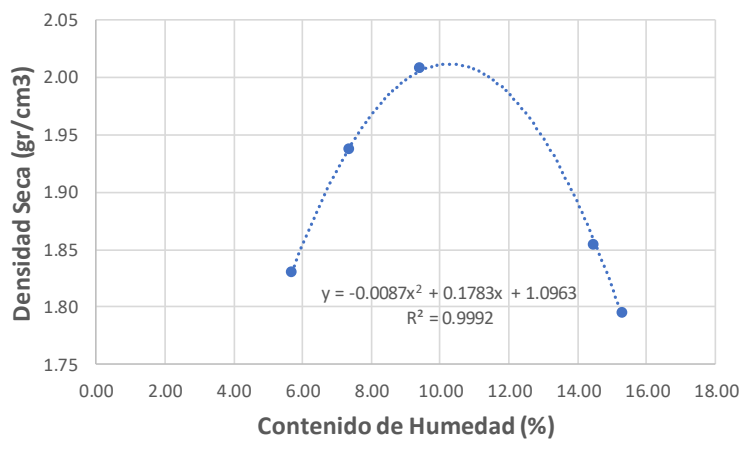
Figura 43: Resultados Ensayo Proctor 4% Caucho 4% Cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA											
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL											
 Universidad Andina del Cusco	Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022										
	Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado							Fecha:	15/09/2022		
	Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco										
	Jean Philippe Prudencio Paucarmayta										
AsesorMg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza											
Descripcion del Suelo:											
Golpes por capa:			56		Nº Capas:		5		Peso Martillo (lb):		24.50
Diametro del molde (cm):			15.24		Altura(cm):		11.65		Volumen (cm³):		2124.00
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD											
MUESTRA	01		02		03		04		05		
CAPSULA Nº	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	
PESO DE LA LATA (gr)	44.70	47.70	39.00	41.98	47.87	42.16	43.64	41.73	65.49	67.84	
PESO DE LATA + SUELO HÚMEDO (gr)	67.24	69.48	61.62	65.12	72.20	67.17	74.32	76.32	114.86	105.75	
PESO DE LATA + SUELO SECO (gr)	65.88	68.02	60.10	63.02	70.55	64.33	68.63	72.20	106.62	100.32	
PESO DE SUELO SECO (gr)	21.18	20.32	21.10	21.04	22.68	22.17	24.99	30.47	41.13	32.48	
PESO DEL AGUA (gr)	1.37	1.46	1.52	2.10	1.65	2.84	5.68	4.12	8.24	5.43	
CONTENIDO DE HUMEDAD(%)	6.45	7.20	7.19	9.98	7.28	12.81	22.74	13.53	20.03	16.71	
DETERMINACION DE LA DENSIDAD											
MUESTRA	01		02		03		04		05		
PESO DEL MOLDE (gr)	2898.00		2898.00		2898.00		2898.00		2898.00		
PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	7206.00		7547.00		7817.00		7845.00		7817.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD REAL(%)	6.82		8.59		10.05		18.14		18.37		
PESO DE SUELO (gr)	4308.00		4649.00		4919.00		4947.00		4919.00		
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm³)	2.03		2.19		2.32		2.33		2.32		
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.90		2.02		2.10		1.97		1.96		
											
HUMEDAD OPTIMA (%)							13.4				
DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm³)							2.166				

Fuente: Propia




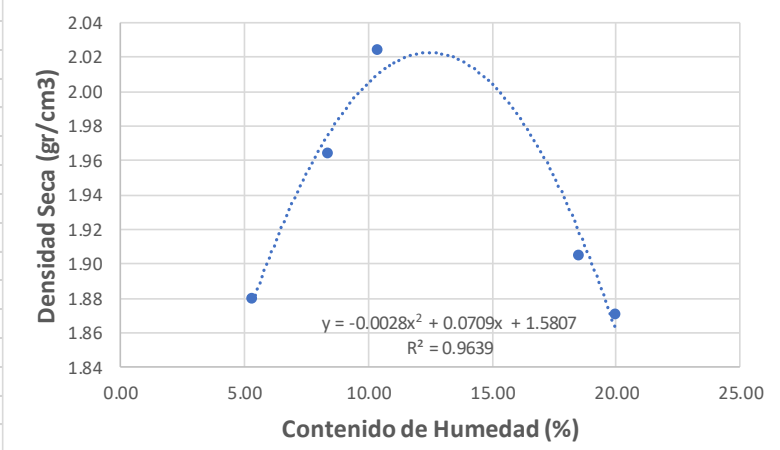
Figura 44: Resultados Ensayo Proctor 6% Caucho 0% Cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO												
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA												
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL												
 <p>Universidad Andina del Cusco</p>												
Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022												
Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado								Fecha:	16/09/2022			
Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco												
Jean Philippe Prudencio Paucarmayta												
AsesorMg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza												
Descripcion del Suelo:												
Golpes por capa:			56		Nº Capas:		5		Peso Martillo (lb):		24.50	
Diametro del molde (cm):			15.24		Altura(cm):		11.65		Volumen (cm ³):		2124.00	
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD												
MUESTRA	01		02		03		04		05			
CAPSULA Nº	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10		
PESO DE LA LATA (gr)	44.70	47.70	39.00	41.98	47.87	42.16	43.64	41.73	65.49	67.84		
PESO DE LATA + SUELO HÚMEDO (gr)	65.39	68.98	60.91	63.99	71.77	65.80	72.33	73.23	114.15	104.14		
PESO DE LATA + SUELO SECO (gr)	64.31	67.80	59.43	62.45	69.70	63.77	68.71	69.23	107.71	99.31		
PESO DE SUELO SECO (gr)	19.61	20.10	20.43	20.47	21.83	21.61	25.07	27.50	42.22	31.47		
PESO DEL AGUA (gr)	1.08	1.18	1.47	1.54	2.06	2.03	3.61	4.00	6.44	4.82		
CONTENIDO DE HUMEDAD(%)	5.51	5.88	7.21	7.50	9.46	9.38	14.41	14.54	15.24	15.33		
DETERMINACION DE LA DENSIDAD												
MUESTRA	01		02		03		04		05			
PESO DEL MOLDE (gr)	2898.00		2898.00		2898.00		2898.00		2898.00			
PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	7007.00		7314.00		7563.00		7406.00		7294.00			
CONTENIDO DE HUMEDAD REAL(%)	5.69		7.35		9.42		14.48		15.28			
PESO DE SUELO (gr)	4109.00		4416.00		4665.00		4508.00		4396.00			
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	1.93		2.08		2.20		2.12		2.07			
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.83		1.94		2.01		1.85		1.80			
												
HUMEDAD OPTIMA (%)								10.5				
DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm³)								2.009				

Fuente: Propia




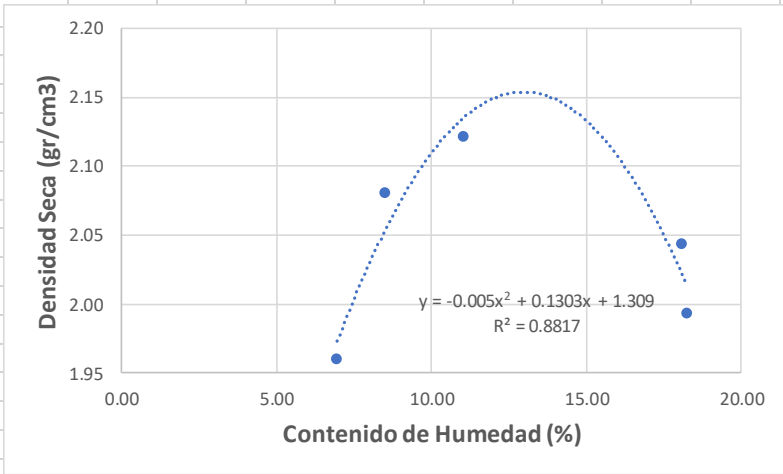
Figura 45: Resultados Ensayo Proctor 6% Caucho 2% Cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO												
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA												
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL												
 Universidad Andina del Cusco	Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022											
	Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado							Fecha:	19/09/2022			
	Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco											
	Jean Philippe Prudencio Paucarmayta											
Asesor Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza												
Descripcion del Suelo:												
Golpes por capa:			56		Nº Capas:		5		Peso Martillo (lb):		24.50	
Diametro del molde (cm):			15.24		Altura(cm):		11.65		Volumen (cm³):		2124.00	
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD												
MUESTRA	01		02		03		04		05			
CAPSULA Nº	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10		
PESO DE LA LATA (gr)	44.70	47.70	39.00	41.98	47.87	42.16	43.64	41.73	65.49	67.84		
PESO DE LATA + SUELO HÚMEDO (gr)	66.50	69.27	61.33	65.09	71.98	67.00	74.17	76.09	115.84	105.75		
PESO DE LATA + SUELO SECO (gr)	65.69	67.90	60.00	62.90	70.19	64.19	68.40	71.94	106.48	100.20		
PESO DE SUELO SECO (gr)	20.99	20.20	21.00	20.92	22.32	22.03	24.76	30.20	40.99	32.36		
PESO DEL AGUA (gr)	0.81	1.37	1.33	2.19	1.79	2.81	5.77	4.15	9.37	5.55		
CONTENIDO DE HUMEDAD(%)	3.88	6.79	6.34	10.44	8.00	12.76	23.31	13.75	22.85	17.15		
DETERMINACION DE LA DENSIDAD												
MUESTRA	01		02		03		04		05			
PESO DEL MOLDE (gr)	2898.00		2898.00		2898.00		2898.00		2898.00			
PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	7103.00		7419.00		7643.00		7693.00		7666.00			
CONTENIDO DE HUMEDAD REAL(%)	5.34		8.39		10.38		18.53		20.00			
PESO DE SUELO (gr)	4205.00		4521.00		4745.00		4795.00		4768.00			
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm³)	1.98		2.13		2.23		2.26		2.24			
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.88		1.96		2.02		1.90		1.87			
												
HUMEDAD OPTIMA (%)							12.8					
DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm³)							2.029					

Fuente: Propia




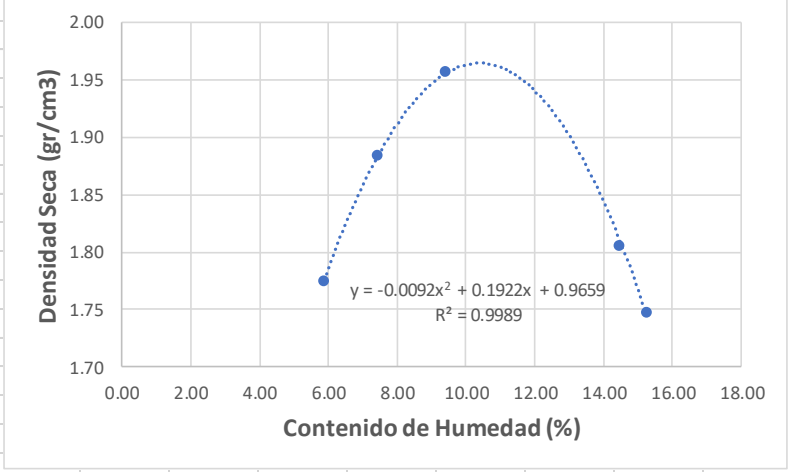
Figura 46: Resultados Ensayo Proctor 6% Caucho 4% Cemento

 Universidad Andina del Cusco	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																																																																																		
	FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA																																																																																																		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL																																																																																																		
	Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022																																																																																																		
	Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado								Fecha:	20/09/2022																																																																																									
Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco																																																																																																			
Jean Philippe Prudencio Paucarmayta																																																																																																			
AsesorMg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza																																																																																																			
Descripcion del Suelo:																																																																																																			
Golpes por capa:			56		Nº Capas:		5		Peso Martillo (lb):		24.50																																																																																								
Diámetro del molde (cm):			15.24		Altura(cm):		11.65		Volumen (cm ³):		2124.00																																																																																								
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD																																																																																																			
MUESTRA																																																																																																			
CAPSULA Nº																																																																																																			
vvv																																																																																																			
PESO DE LATA + SUELO HÚMEDO (gr)																																																																																																			
PESO DE LATA + SUELO SECO (gr)																																																																																																			
PESO DE SUELO SECO (gr)																																																																																																			
PESO DEL AGUA (gr)																																																																																																			
CONTENIDO DE HUMEDAD(%)																																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;"></th> <th colspan="2">01</th> <th colspan="2">02</th> <th colspan="2">03</th> <th colspan="2">04</th> <th colspan="2">05</th> </tr> <tr> <th></th> <th>01</th> <th>02</th> <th>03</th> <th>04</th> <th>05</th> <th>06</th> <th>07</th> <th>08</th> <th>09</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>vvv</td> <td>44.70</td> <td>47.70</td> <td>39.00</td> <td>41.98</td> <td>47.87</td> <td>42.16</td> <td>43.64</td> <td>41.73</td> <td>65.49</td> <td>67.84</td> </tr> <tr> <td>PESO DE LATA + SUELO HÚMEDO (gr)</td> <td>67.23</td> <td>69.48</td> <td>61.61</td> <td>65.12</td> <td>72.20</td> <td>67.17</td> <td>74.33</td> <td>76.30</td> <td>114.86</td> <td>105.76</td> </tr> <tr> <td>PESO DE LATA + SUELO SECO (gr)</td> <td>65.91</td> <td>67.91</td> <td>60.11</td> <td>63.03</td> <td>70.65</td> <td>64.32</td> <td>68.64</td> <td>72.21</td> <td>106.69</td> <td>100.34</td> </tr> <tr> <td>PESO DE SUELO SECO (gr)</td> <td>21.21</td> <td>20.21</td> <td>21.11</td> <td>21.05</td> <td>22.78</td> <td>22.16</td> <td>25.00</td> <td>30.47</td> <td>41.20</td> <td>32.50</td> </tr> <tr> <td>PESO DEL AGUA (gr)</td> <td>1.32</td> <td>1.56</td> <td>1.50</td> <td>2.09</td> <td>1.54</td> <td>2.85</td> <td>5.69</td> <td>4.10</td> <td>8.17</td> <td>5.42</td> </tr> <tr> <td>CONTENIDO DE HUMEDAD(%)</td> <td>6.20</td> <td>7.74</td> <td>7.12</td> <td>9.93</td> <td>7.89</td> <td>14.22</td> <td>22.78</td> <td>13.44</td> <td>19.84</td> <td>16.66</td> </tr> </tbody> </table>													01		02		03		04		05			01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	vvv	44.70	47.70	39.00	41.98	47.87	42.16	43.64	41.73	65.49	67.84	PESO DE LATA + SUELO HÚMEDO (gr)	67.23	69.48	61.61	65.12	72.20	67.17	74.33	76.30	114.86	105.76	PESO DE LATA + SUELO SECO (gr)	65.91	67.91	60.11	63.03	70.65	64.32	68.64	72.21	106.69	100.34	PESO DE SUELO SECO (gr)	21.21	20.21	21.11	21.05	22.78	22.16	25.00	30.47	41.20	32.50	PESO DEL AGUA (gr)	1.32	1.56	1.50	2.09	1.54	2.85	5.69	4.10	8.17	5.42	CONTENIDO DE HUMEDAD(%)	6.20	7.74	7.12	9.93	7.89	14.22	22.78	13.44	19.84	16.66
	01		02		03		04		05																																																																																										
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10																																																																																									
vvv	44.70	47.70	39.00	41.98	47.87	42.16	43.64	41.73	65.49	67.84																																																																																									
PESO DE LATA + SUELO HÚMEDO (gr)	67.23	69.48	61.61	65.12	72.20	67.17	74.33	76.30	114.86	105.76																																																																																									
PESO DE LATA + SUELO SECO (gr)	65.91	67.91	60.11	63.03	70.65	64.32	68.64	72.21	106.69	100.34																																																																																									
PESO DE SUELO SECO (gr)	21.21	20.21	21.11	21.05	22.78	22.16	25.00	30.47	41.20	32.50																																																																																									
PESO DEL AGUA (gr)	1.32	1.56	1.50	2.09	1.54	2.85	5.69	4.10	8.17	5.42																																																																																									
CONTENIDO DE HUMEDAD(%)	6.20	7.74	7.12	9.93	7.89	14.22	22.78	13.44	19.84	16.66																																																																																									
DETERMINACION DE LA DENSIDAD																																																																																																			
MUESTRA																																																																																																			
PESO DEL MOLDE (gr)																																																																																																			
PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)																																																																																																			
CONTENIDO DE HUMEDAD REAL(%)																																																																																																			
PESO DE SUELO (gr)																																																																																																			
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm³)																																																																																																			
DENSIDAD SECA (gr/cm³)																																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;"></th> <th colspan="2">01</th> <th colspan="2">02</th> <th colspan="2">03</th> <th colspan="2">04</th> <th colspan="2">05</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PESO DEL MOLDE (gr)</td> <td>2898.00</td> <td>2898.00</td> <td>2898.00</td> <td>2898.00</td> <td>2898.00</td> <td>2898.00</td> <td>2898.00</td> <td>2898.00</td> <td>2898.00</td> <td>2898.00</td> </tr> <tr> <td>PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)</td> <td>7351.00</td> <td>7693.00</td> <td>7901.00</td> <td>7901.00</td> <td>8025.00</td> <td>8025.00</td> <td>8025.00</td> <td>8025.00</td> <td>7903.00</td> <td>7903.00</td> </tr> <tr> <td>CONTENIDO DE HUMEDAD REAL(%)</td> <td>6.97</td> <td>8.52</td> <td>11.05</td> <td>11.05</td> <td>18.11</td> <td>18.11</td> <td>18.11</td> <td>18.11</td> <td>18.25</td> <td>18.25</td> </tr> <tr> <td>PESO DE SUELO (gr)</td> <td>4453.00</td> <td>4795.00</td> <td>5003.00</td> <td>5003.00</td> <td>5127.00</td> <td>5127.00</td> <td>5127.00</td> <td>5127.00</td> <td>5005.00</td> <td>5005.00</td> </tr> <tr> <td>DENSIDAD HUMEDA (gr/cm³)</td> <td>2.10</td> <td>2.26</td> <td>2.36</td> <td>2.36</td> <td>2.41</td> <td>2.41</td> <td>2.41</td> <td>2.41</td> <td>2.36</td> <td>2.36</td> </tr> <tr> <td>DENSIDAD SECA (gr/cm³)</td> <td>1.96</td> <td>2.08</td> <td>2.12</td> <td>2.12</td> <td>2.04</td> <td>2.04</td> <td>2.04</td> <td>2.04</td> <td>1.99</td> <td>1.99</td> </tr> </tbody> </table>													01		02		03		04		05		PESO DEL MOLDE (gr)	2898.00	2898.00	2898.00	2898.00	2898.00	2898.00	2898.00	2898.00	2898.00	2898.00	PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	7351.00	7693.00	7901.00	7901.00	8025.00	8025.00	8025.00	8025.00	7903.00	7903.00	CONTENIDO DE HUMEDAD REAL(%)	6.97	8.52	11.05	11.05	18.11	18.11	18.11	18.11	18.25	18.25	PESO DE SUELO (gr)	4453.00	4795.00	5003.00	5003.00	5127.00	5127.00	5127.00	5127.00	5005.00	5005.00	DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	2.10	2.26	2.36	2.36	2.41	2.41	2.41	2.41	2.36	2.36	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.96	2.08	2.12	2.12	2.04	2.04	2.04	2.04	1.99	1.99											
	01		02		03		04		05																																																																																										
PESO DEL MOLDE (gr)	2898.00	2898.00	2898.00	2898.00	2898.00	2898.00	2898.00	2898.00	2898.00	2898.00																																																																																									
PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	7351.00	7693.00	7901.00	7901.00	8025.00	8025.00	8025.00	8025.00	7903.00	7903.00																																																																																									
CONTENIDO DE HUMEDAD REAL(%)	6.97	8.52	11.05	11.05	18.11	18.11	18.11	18.11	18.25	18.25																																																																																									
PESO DE SUELO (gr)	4453.00	4795.00	5003.00	5003.00	5127.00	5127.00	5127.00	5127.00	5005.00	5005.00																																																																																									
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	2.10	2.26	2.36	2.36	2.41	2.41	2.41	2.41	2.36	2.36																																																																																									
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.96	2.08	2.12	2.12	2.04	2.04	2.04	2.04	1.99	1.99																																																																																									
																																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="width: 50%;">HUMEDAD OPTIMA (%)</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">13.6</td> </tr> <tr> <td>DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm³)</td> <td style="text-align: center;">2.156</td> </tr> </tbody> </table>												HUMEDAD OPTIMA (%)	13.6	DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm³)	2.156																																																																																				
HUMEDAD OPTIMA (%)	13.6																																																																																																		
DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm³)	2.156																																																																																																		

Fuente: Propia




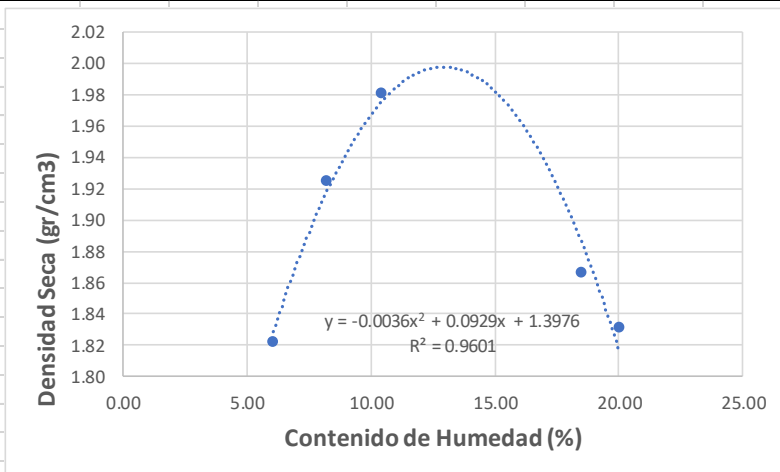
Figura 47: Resultados Ensayo Proctor 8% Caucho 0% Cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA											
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL											
 Universidad Andina del Cusco	Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022										
	Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado							Fecha:	21/09/2022		
	Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco										
	Jean Philippe Prudencio Paucarmayta										
AsesorMg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza											
Descripcion del Suelo:											
Golpes por capa:			56		Nº Capas:		5		Peso Martillo (lb):		24.50
Diametro del molde (cm):			15.24		Altura(cm):		11.65		Volumen (cm ³):		2124.00
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD											
MUESTRA	01		02		03		04		05		
CAPSULA Nº	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	
PESO DE LA LATA (gr)	44.70	47.70	39.00	41.98	47.87	42.16	43.64	41.73	65.49	67.84	
PESO DE LATA + SUELO HÚMEDO (gr)	65.40	69.00	60.90	63.98	71.75	65.78	72.31	73.21	114.13	104.10	
PESO DE LATA + SUELO SECO (gr)	64.29	67.78	59.42	62.43	69.69	63.76	68.70	69.21	107.69	99.29	
PESO DE SUELO SECO (gr)	19.59	20.08	20.42	20.45	21.82	21.60	25.06	27.48	42.21	31.45	
PESO DEL AGUA (gr)	1.11	1.22	1.48	1.55	2.06	2.02	3.61	4.00	6.44	4.81	
CONTENIDO DE HUMEDAD(%)	5.65	6.09	7.24	7.60	9.44	9.37	14.41	14.55	15.26	15.29	
DETERMINACION DE LA DENSIDAD											
MUESTRA	01		02		03		04		05		
PESO DEL MOLDE (gr)	2898.00		2898.00		2898.00		2898.00		2898.00		
PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	6888.00		7195.00		7444.00		7287.00		7175.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD REAL(%)	5.87		7.42		9.41		14.48		15.27		
PESO DE SUELO (gr)	3990.00		4297.00		4546.00		4389.00		4277.00		
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	1.88		2.02		2.14		2.07		2.01		
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.77		1.88		1.96		1.80		1.75		
											
HUMEDAD OPTIMA (%)					10.4						
DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm³)					1.970						

Fuente: Propia




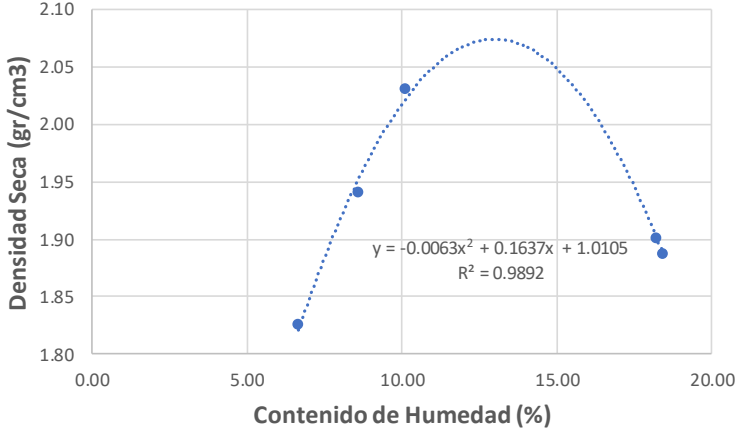
Figura 48: Resultados Ensayo Proctor 8% Caucho 2% Cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA											
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL											
 Universidad Andina del Cusco	Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022										
	Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado							Fecha:	22/09/2022		
	Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco										
	Jean Philippe Prudencio Paucarmayta										
AsesorMg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza											
Descripcion del Suelo:											
Golpes por capa:			56		Nº Capas:		5		Peso Martillo (lb):		24.50
Diametro del molde (cm):			15.24		Altura(cm):		11.65		Volumen (cm³):		2124.00
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD											
MUESTRA	01		02		03		04		05		
CAPSULA Nº	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	
PESO DE LA LATA (gr)	44.70	47.70	39.00	41.98	47.87	42.16	43.64	41.73	65.49	67.84	
PESO DE LATA + SUELO HÚMEDO (gr)	66.47	69.24	61.29	65.00	71.91	67.00	74.13	76.03	115.80	105.71	
PESO DE LATA + SUELO SECO (gr)	65.35	67.89	60.00	62.86	70.15	64.14	68.36	71.90	106.44	100.16	
PESO DE SUELO SECO (gr)	20.65	20.19	21.00	20.88	22.28	21.98	24.72	30.17	40.95	32.32	
PESO DEL AGUA (gr)	1.13	1.35	1.29	2.14	1.77	2.86	5.77	4.13	9.36	5.55	
CONTENIDO DE HUMEDAD(%)	5.45	6.69	6.14	10.24	7.92	12.99	23.33	13.70	22.87	17.19	
DETERMINACION DE LA DENSIDAD											
MUESTRA	01		02		03		04		05		
PESO DEL MOLDE (gr)	2898.00		2898.00		2898.00		2898.00		2898.00		
PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	7003.00		7320.00		7544.00		7595.00		7566.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD REAL(%)	6.07		8.19		10.46		18.51		20.03		
PESO DE SUELO (gr)	4105.00		4422.00		4646.00		4697.00		4668.00		
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm³)	1.93		2.08		2.19		2.21		2.20		
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.82		1.92		1.98		1.87		1.83		
											
HUMEDAD OPTIMA (%)					13						
DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm³)					1.997						

Fuente: Propia



Figura 49: Resultados Ensayo Proctor 8% Caucho 4% Cemento

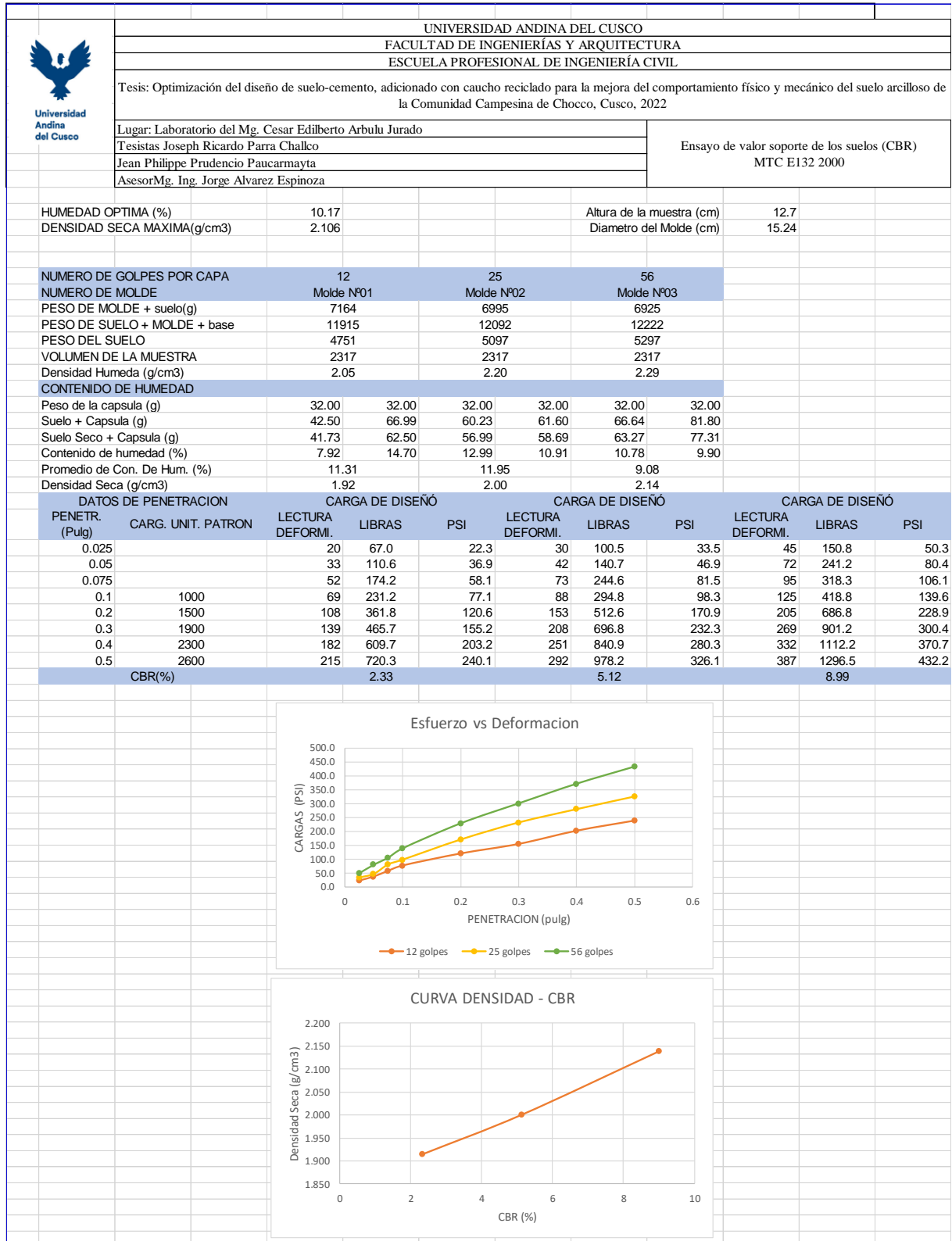
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA											
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL											
 Universidad Andina del Cusco	Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022										
	Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado							Fecha:	23/09/2022		
	Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco										
	Jean Philippe Prudencio Paucarmayta										
AsesorMg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza											
Descripcion del Suelo:											
Golpes por capa:			56		Nº Capas:		5		Peso Martillo (lb):		24.50
Diametro del molde (cm):			15.24		Altura(cm):		11.65		Volumen (cm ³):		2124.00
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD											
MUESTRA	01		02		03		04		05		
CAPSULA Nº	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	
vvv	44.70	47.70	39.00	41.98	47.87	42.16	43.64	41.73	65.49	67.84	
PESO DE LATA + SUELO HÚMEDO (gr)	67.13	69.38	61.53	65.03	72.11	67.06	74.22	76.21	114.76	105.65	
PESO DE LATA + SUELO SECO (gr)	65.79	67.98	59.96	62.99	70.45	64.22	68.51	72.10	106.51	100.22	
PESO DE SUELO SECO (gr)	21.09	20.28	20.96	21.01	22.58	22.06	24.87	30.37	41.03	32.38	
PESO DEL AGUA (gr)	1.34	1.41	1.57	2.05	1.66	2.84	5.71	4.11	8.24	5.43	
CONTENIDO DE HUMEDAD(%)	6.36	6.95	7.49	9.74	7.33	12.88	22.94	13.53	20.10	16.78	
DETERMINACION DE LA DENSIDAD											
MUESTRA	01		02		03		04		05		
PESO DEL MOLDE (gr)	2898.00		2898.00		2898.00		2898.00		2898.00		
PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	7033.00		7375.00		7645.00		7671.00		7644.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD REAL(%)	6.65		8.61		10.10		18.24		18.44		
PESO DE SUELO (gr)	4135.00		4477.00		4747.00		4773.00		4746.00		
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	1.95		2.11		2.23		2.25		2.23		
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.83		1.94		2.03		1.90		1.89		
											
HUMEDAD OPTIMA (%)							13.01				
DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm³)							2.074				

Fuente: Propia



3.7.4. Ensayo California Bearing Ratio (CBR)

Figura 50: Resultados CBR1 0% Caucho 0% Cemento



Fuente: Propia



Figura 51: Resultados CBR2 0% Caucho 0% Cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO												
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA												
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL												
Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocho, Cusco, 2022												
Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado						Ensayo de valor soporte de los suelos (CBR) MTC E132 2000						
Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco												
Jean Philippe Prudencio Paucarmayta												
Asesor Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza												
HUMEDAD OPTIMA (%)	10.17					Altura de la muestra (cm)	12.7					
DENSIDAD SECA MAXIMA(g/cm3)	2.106					Diametro del Molde (cm)	15.24					
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12			25			56					
NUMERO DE MOLDE	Molde Nº01			Molde Nº02			Molde Nº03					
PESO DE MOLDE + suelo(g)	7123			7067			6998					
PESO DE SUELO + MOLDE + base	11896			12065			12385					
PESO DEL SUELO	4773			4998			5387					
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2320			2319			2317					
Densidad Humeda (g/cm3)	2.06			2.16			2.32					
CONTENIDO DE HUMEDAD												
Peso de la capsula (g)	32.00			32.00			32.00			32.00		
Suelo + Capsula (g)	43.13			66.28			61.04			61.65		
Suelo Seco + Capsula (g)	42.27			63.03			57.21			58.75		
Contenido de humedad (%)	8.38			10.48			15.17			10.84		
Promedio de Con. De Hum. (%)	9.43			13.01			10.19					
Densidad Seca (g/cm3)	1.88			1.98			2.14					
DATOS DE PENETRACION			CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO			
PENETR. (Pulg)	CARG. UNIT. PATRON	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI		
0.025		18	60.3	20.1	29	97.2	32.4	44	147.4	49.1		
0.05		30	100.5	33.5	40	134.0	44.7	76	254.6	84.9		
0.075		53	177.6	59.2	68	227.8	75.9	95	318.3	106.1		
0.1	1000	70	234.5	78.2	85	284.8	94.9	115	385.3	128.4		
0.2	1500	105	351.8	117.3	150	502.5	167.5	195	653.3	217.8		
0.3	1900	145	485.8	161.9	205	686.8	228.9	275	921.3	307.1		
0.4	2300	185	619.8	206.6	245	820.8	273.6	325	1088.8	362.9		
0.5	2600	225	753.8	251.3	305	1021.8	340.6	405	1356.8	452.3		
CBR(%)			3.42			5.79			10.05			

Esfuerzo vs Deformacion

Penetración (pulg)	12 golpes (PSI)	25 golpes (PSI)	56 golpes (PSI)
0.025	20.1	29	32.4
0.05	33.5	40	44.7
0.075	59.2	68	75.9
0.1	78.2	85	94.9
0.2	117.3	150	167.5
0.3	161.9	205	228.9
0.4	206.6	245	273.6
0.5	251.3	305	340.6

CURVA DENSIDAD - CBR

CBR (%)	Densidad Seca (g/cm3)
3.42	1.88
5.79	1.98
10.05	2.14

Fuente: Propia



Figura 52: Resultados CBR3 0% Caucho 0% Cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO												
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA												
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL												
Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022												
Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado						Ensayo de valor soporte de los suelos (CBR) MTC E132 2000						
Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco												
Jean Philippe Prudencio Paucarmayta												
Asesor Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza												
HUMEDAD OPTIMA (%)	10.17					Altura de la muestra (cm)	12.7					
DENSIDAD SECA MAXIMA(g/cm3)	2.106					Diametro del Molde (cm)	15.24					
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12			25			56					
NUMERO DE MOLDE	Molde Nº01			Molde Nº02			Molde Nº03					
PESO DE MOLDE + suelo(g)	7165			6995			6988					
PESO DE SUELO + MOLDE + base	11902			12025			12356					
PESO DEL SUELO	4737			5030			5368					
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2320			2317			2316					
Densidad Humeda (g/cm3)	2.04			2.17			2.32					
CONTENIDO DE HUMEDAD												
Peso de la capsula (g)	32.00		32.00		32.00		32.00		32.00		32.00	
Suelo + Capsula (g)	42.57		66.39		60.32		61.73		66.73		81.05	
Suelo Seco + Capsula (g)	42.19		62.85		56.98		58.96		63.60		77.99	
Contenido de humedad (%)	3.76		11.46		13.34		10.24		9.91		6.67	
Promedio de Con. De Hum. (%)	7.61				11.79				8.29			
Densidad Seca (g/cm3)	1.90				1.99				2.14			
DATOS DE PENETRACION			CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO			
PENETR. (Pulg)	CARG. UNIT. PATRON	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI		
0.025		18	60.3	20.1	32	107.2	35.7	42	140.7	46.9		
0.05		32	107.2	35.7	40	134.0	44.7	65	217.8	72.6		
0.075		50	167.5	58.8	68	227.8	75.9	102	341.7	113.9		
0.1	1000	75	251.3	83.8	95	318.3	106.1	135	452.3	150.8		
0.2	1500	98	328.3	109.4	162	542.7	180.9	218	730.3	243.4		
0.3	1900	142	475.7	158.6	212	710.2	236.7	294	984.9	328.3		
0.4	2300	186	623.1	207.7	249	834.2	278.1	365	1222.8	407.6		
0.5	2600	215	720.3	240.1	295	988.3	329.4	400	1340.0	446.7		
CBR(%)			2.13			4.87			9.01			

Esfuerzo vs Deformacion

Y-axis: CARGAS (PSI) from 0.0 to 500.0
X-axis: PENETRACION (pulg) from 0 to 0.6


Legend: 12 golpes (orange), 25 golpes (yellow), 56 golpes (green)

CURVA DENSIDAD - CBR

Y-axis: Densidad Seca (g/cm3) from 1.850 to 2.150
X-axis: CBR (%) from 0 to 10

Fuente: Propia



 Universidad Andina del Cusco	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
	Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022		
	Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado		Ensayo de valor soporte de los suelos (CBR) MTC E132 2000
	Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco		
	Jean Philippe Prudencio Paucarmayta		
	Asesor Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza		

HUMEDAD OPTIMA (%)	12.5	Altura de la muestra (cm)	12.7
DENSIDAD SECA MAXIMA(g/cm3)	2.153	Diametro del Molde (cm)	15.24

	12	25	56
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12	25	56
NUMERO DE MOLDE	Molde Nº01	Molde Nº02	Molde Nº03
PESO DE MOLDE + suelo(g)	7209	7158	7196
PESO DE SUELO + MOLDE + base	12235	12485	12795
PESO DEL SUELO	5026	5327	5599
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2318	2317	2318
Densidad Humeda (g/cm3)	2.17	2.30	2.42

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso de la capsula (g)	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00
Suelo + Capsula (g)	42.56	66.25	60.57	61.90	67.54	82.05
Suelo Seco + Capsula (g)	41.90	62.97	56.95	59.04	63.43	77.42
Contenido de humedad (%)	6.73	10.59	14.51	10.55	13.10	10.19
Promedio de Con. De Hum. (%)	8.66		12.53		11.65	
Densidad Seca (g/cm3)	1.92		2.04		2.18	

DATOS DE PENETRACION		CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO		
PENETR. (Pulg.)	CARG. UNIT. PATRON	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI
0.025		21	70.4	23.5	28	93.8	31.3	35	117.3	39.1
0.05		30	100.5	33.5	52	174.2	58.1	105	351.8	117.3
0.075		43	144.1	48.0	95	318.3	106.1	165	552.8	184.3
0.1	1000	72	241.2	80.4	120	402.0	134.0	205	686.8	228.9
0.2	1500	105	351.8	117.3	185	619.8	206.6	285	954.8	318.3
0.3	1900	140	469.0	156.3	245	820.8	273.6	356	1192.6	397.5
0.4	2300	195	653.3	217.8	310	1038.5	346.2	425	1423.8	474.6
0.5	2600	245	820.8	273.6	365	1222.8	407.6	485	1624.8	541.6
CBR(%)		4.68			7.69			10.86		

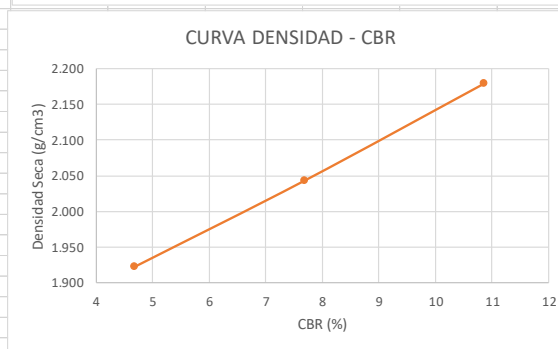
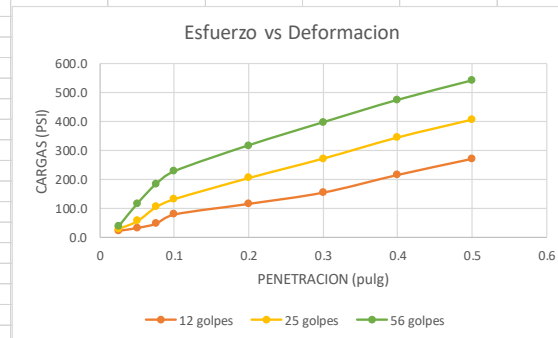




Figura 54: Resultados CBR2 0% Caucho 2% Cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA											
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL											
Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022											
Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado						Ensayo de valor soporte de los suelos (CBR) MTC E132 2000					
Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco											
Jean Philippe Prudencio Paucarmayta											
Asesor Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza											
HUMEDAD OPTIMA (%)	12.5					Altura de la muestra (cm)	12.7				
DENSIDAD SECA MAXIMA(g/cm3)	2.153					Diametro del Molde (cm)	15.24				
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12			25			56				
NUMERO DE MOLDE	Molde Nº01			Molde Nº02			Molde Nº03				
PESO DE MOLDE + suelo(g)	7208			7132			7205				
PESO DE SUELO + MOLDE + base	12241			12415			12685				
PESO DEL SUELO	5033			5283			5480				
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2317			2317			2316				
Densidad Humeda (g/cm3)	2.17			2.28			2.37				
CONTENIDO DE HUMEDAD											
Peso de la capsula (g)	32.00			32.00			32.00			32.00	
Suelo + Capsula (g)	42.62			66.54			60.85			61.95	
Suelo Seco + Capsula (g)	41.92			63.12			57.20			59.41	
Contenido de humedad (%)	7.14			10.98			14.47			9.27	
Promedio de Con. De Hum. (%)	9.06						11.87			11.37	
Densidad Seca (g/cm3)	1.90			2.00			2.17				
DATOS DE PENETRACION		CARGA DE DISEÑO				CARGA DE DISEÑO				CARGA DE DISEÑO	
PENETR. (Pulg)	CARG. UNIT. PATRON	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	
0.025		28	93.8	31.3	35	117.3	39.1	40	134.0	44.7	
0.05		45	150.8	50.3	76	254.6	84.9	112	375.2	125.1	
0.075		62	207.7	69.2	105	351.8	117.3	175	586.3	195.4	
0.1	1000	80	268.0	89.3	125	418.8	139.6	210	703.5	234.5	
0.2	1500	112	375.2	125.1	192	643.2	214.4	292	978.2	326.1	
0.3	1900	152	509.2	169.7	252	844.2	281.4	362	1212.7	404.2	
0.4	2300	201	673.4	224.5	315	1055.3	351.8	432	1447.2	482.4	
0.5	2600	254	850.9	283.6	371	1242.9	414.3	495	1658.3	552.8	
CBR(%)		4.87				7.46				11.09	

Esfuerzo vs Deformacion

Penetración (pulg)	12 golpes (PSI)	25 golpes (PSI)	56 golpes (PSI)
0.025	31.3	35	39.1
0.05	50.3	76	84.9
0.075	69.2	105	117.3
0.1	89.3	125	139.6
0.2	125.1	192	214.4
0.3	169.7	252	281.4
0.4	224.5	315	351.8
0.5	283.6	371	414.3

CURVA DENSIDAD - CBR

CBR (%)	Densidad Seca (g/cm3)
4.87	1.90
7.46	2.00
11.09	2.17

Fuente: Propia



Figura 55: Resultados CBR3 0% Caucho 2% Cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA											
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL											
Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022											
Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado						Ensayo de valor soporte de los suelos (CBR) MTC E132 2000					
Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco											
Jean Philippe Prudencio Paucarmayta											
Asesor Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza											
HUMEDAD OPTIMA (%)	12.5					Altura de la muestra (cm)	12.7				
DENSIDAD SECA MAXIMA(g/cm3)	2.153					Diametro del Molde (cm)	15.24				
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12			25			56				
NUMERO DE MOLDE	Molde Nº01			Molde Nº02			Molde Nº03				
PESO DE MOLDE + suelo(g)	7212			7165			7193				
PESO DE SUELO + MOLDE + base	12275			12532			12485				
PESO DEL SUELO	5063			5367			5292				
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2318			2317			2317				
Densidad Humeda (g/cm3)	2.18			2.32			2.28				
CONTENIDO DE HUMEDAD											
Peso de la capsula (g)	32.00			32.00			32.00			32.00	
Suelo + Capsula (g)	42.69			66.63			61.04			61.87	
Suelo Seco + Capsula (g)	41.90			63.06			57.90			59.63	
Contenido de humedad (%)	7.98			11.51			12.13			8.11	
Promedio de Con. De Hum. (%)	9.75			10.12			6.28			6.28	
Densidad Seca (g/cm3)	1.90			2.08			2.17			2.17	
DATOS DE PENETRACION		CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO			
PENETR. (Pulg)	CARG. UNIT. PATRON	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	
0.025		30	100.5	33.5	32	107.2	35.7	38	127.3	42.4	
0.05		43	144.1	48.0	75	251.3	83.8	110	368.5	122.8	
0.075		65	217.8	72.6	102	341.7	113.9	171	572.9	191.0	
0.1	1000	85	284.8	94.9	135	452.3	150.8	212	710.2	236.7	
0.2	1500	110	368.5	122.8	201	673.4	224.5	285	954.8	318.3	
0.3	1900	148	495.8	165.3	248	830.8	276.9	358	1199.3	399.8	
0.4	2300	197	660.0	220.0	305	1021.8	340.6	442	1480.7	493.6	
0.5	2600	250	837.5	279.2	356	1192.6	397.5	473	1584.6	528.2	
CBR(%)		4.29			8.21			10.64			

Penetración (pulg)	12 golpes (PSI)	25 golpes (PSI)	56 golpes (PSI)
0.025	33.5	32	35.7
0.05	48.0	75	83.8
0.075	72.6	102	113.9
0.1	94.9	135	150.8
0.2	122.8	201	224.5
0.3	165.3	248	276.9
0.4	220.0	305	340.6
0.5	279.2	356	397.5

CBR (%)	Densidad Seca (g/cm3)
4.29	1.90
8.21	2.08
10.64	2.17

Fuente: Propia



Figura 56: Resultados CBR1 0% Caucho 4% Cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO												
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA												
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL												
Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022												
Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado						Ensayo de valor soporte de los suelos (CBR) MTC E132 2000						
Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco												
Jean Philippe Prudencio Paucarmayta												
Asesor Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza												
HUMEDAD OPTIMA (%)	13.2					Altura de la muestra (cm)	12.7					
DENSIDAD SECA MAXIMA(g/cm3)	2.236					Diametro del Molde (cm)	15.24					
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12			25			56					
NUMERO DE MOLDE	Molde Nº01			Molde Nº02			Molde Nº03					
PESO DE MOLDE + suelo(g)	7285			7298			7259					
PESO DE SUELO + MOLDE + base	12498			12458			12785					
PESO DEL SUELO	5213			5160			5526					
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2318			2317			2317					
Densidad Humeda (g/cm3)	2.25			2.23			2.38					
CONTENIDO DE HUMEDAD												
Peso de la capsula (g)	32.00		32.00		32.00		32.00		32.00		32.00	
Suelo + Capsula (g)	42.48		66.76		60.23		61.60		70.90		82.97	
Suelo Seco + Capsula (g)	40.59		61.40		56.99		58.69		68.57		79.59	
Contenido de humedad (%)	22.02		18.24		12.99		10.91		6.37		7.09	
Promedio de Con. De Hum. (%)	20.13				11.95				6.73			
Densidad Seca (g/cm3)	1.95				2.10				2.25			
DATOS DE PENETRACION			CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO			
PENETR. (Pulg)	CARG. UNIT. PATRON	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI		
0.025		28	93.8	31.3	45	150.8	50.3	54	180.9	60.3		
0.05		40	134.0	44.7	50	167.5	55.8	110	368.5	122.8		
0.075		54	180.9	60.3	85	284.8	94.9	185	619.8	206.6		
0.1	1000	85	284.8	94.9	135	452.3	150.8	215	720.3	240.1		
0.2	1500	145	485.8	161.9	240	804.0	268.0	345	1155.8	385.3		
0.3	1900	225	753.8	251.3	346	1159.1	386.4	485	1624.8	541.6		
0.4	2300	310	1038.5	346.2	445	1490.8	496.9	585	1959.8	653.3		
0.5	2600	375	1256.3	418.8	530	1775.5	591.8	675	2261.3	753.8		
CBR(%)			5.12			9.46			13.17			

Esfuerzo vs Deformación

CURVA DENSIDAD - CBR

Fuente: Propia



Figura 57: Resultados CBR2 0% Caucho 4% Cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA											
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL											
Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022											
Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado						Ensayo de valor soporte de los suelos (CBR) MTC E132 2000					
Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco											
Jean Philippe Prudencio Paucarmayta											
Asesor Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza											
HUMEDAD OPTIMA (%)		13.2				Altura de la muestra (cm)		12.7			
DENSIDAD SECA MAXIMA(g/cm3)		2.236				Diametro del Molde (cm)		15.24			
NUMERO DE GOLPES POR CAPA		12			25			56			
NUMERO DE MOLDE		Molde Nº01			Molde Nº02			Molde Nº03			
PESO DE MOLDE + suelo(g)		7289			7245			7301			
PESO DE SUELO + MOLDE + base		12658			12865			12953			
PESO DEL SUELO		5369			5620			5652			
VOLUMEN DE LA MUESTRA		2317			2319			2317			
Densidad Humeda (g/cm3)		2.32			2.42			2.44			
CONTENIDO DE HUMEDAD											
Peso de la capsula (g)		32.00			32.00			32.00			
Suelo + Capsula (g)		42.49			66.76			61.66			
Suelo Seco + Capsula (g)		40.99			61.40			57.26			
Contenido de humedad (%)		16.71			18.25			17.42			
Promedio de Con. De Hum. (%)		17.48			13.67			7.49			
Densidad Seca (g/cm3)		1.97			2.13			2.24			
DATOS DE PENETRACION			CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO		
PENETR. (Pulg)	CARG. UNIT. PATRON	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	
0.025		30	100.5	33.5	43	144.1	48.0	50	167.5	55.8	
0.05		42	140.7	46.9	52	174.2	58.1	98	328.3	109.4	
0.075		65	217.8	72.6	95	318.3	106.1	169	566.2	188.7	
0.1	1000	93	311.6	103.9	130	435.5	145.2	210	703.5	234.5	
0.2	1500	135	452.3	150.8	205	686.8	228.9	315	1055.3	351.8	
0.3	1900	198	663.3	221.1	300	1005.0	335.0	425	1423.8	474.6	
0.4	2300	265	887.8	295.9	396	1326.6	442.2	525	1758.8	586.3	
0.5	2600	340	1139.0	379.7	475	1591.3	530.4	630	2110.5	703.5	
CBR(%)		4.98			9.17			12.21			

Esfuerzo vs Deformacion

CURVA DENSIDAD - CBR

Fuente: Propia



Figura 58: Resultados CBR3 0% Caucho 4% Cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO												
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA												
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL												
Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022												
Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado										Ensayo de valor soporte de los suelos (CBR) MTC E132 2000		
Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco												
Jean Philippe Prudencio Paucarmayta												
Asesor Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza												
HUMEDAD OPTIMA (%)	13.2					Altura de la muestra (cm)	12.7					
DENSIDAD SECA MAXIMA(g/cm3)	2.236					Diametro del Molde (cm)	15.24					
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12			25			56					
NUMERO DE MOLDE	Molde Nº01			Molde Nº02			Molde Nº03					
PESO DE MOLDE + suelo(g)	7245			7365			7213					
PESO DE SUELO + MOLDE + base	12458			12935			12745					
PESO DEL SUELO	5213			5570			5532					
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2318			2317			2318					
Densidad Humeda (g/cm3)	2.25			2.40			2.39					
CONTENIDO DE HUMEDAD												
Peso de la capsula (g)	32.00		32.00		32.00		32.00		32.00		32.00	
Suelo + Capsula (g)	42.40		66.60		61.35		65.85		67.76		82.60	
Suelo Seco + Capsula (g)	40.76		61.40		57.50		59.81		66.90		78.23	
Contenido de humedad (%)	18.69		17.70		15.09		21.69		2.48		9.44	
Promedio de Con. De Hum. (%)	18.20				18.39				5.96			
Densidad Seca (g/cm3)	1.96				2.13				2.25			
DATOS DE PENETRACION			CARGA DE DISEÑO				CARGA DE DISEÑO				CARGA DE DISEÑO	
PENETR. (Pulg)	CARG. UNIT. PATRON	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI		
0.025		28	93.8	31.3	40	134.0	44.7	55	184.3	61.4		
0.05		40	134.0	44.7	58	194.3	64.8	115	385.3	128.4		
0.075		56	187.6	62.5	95	318.3	106.1	185	619.8	206.6		
0.1	1000	95	318.3	106.1	145	485.8	161.9	245	820.8	273.6		
0.2	1500	135	452.3	150.8	226	757.1	252.4	346	1159.1	386.4		
0.3	1900	193	646.6	215.5	305	1021.8	340.6	451	1510.9	503.6		
0.4	2300	257	861.0	287.0	415	1390.3	463.4	547	1832.5	610.8		
0.5	2600	356	1192.6	397.5	527	1765.5	588.5	654	2190.9	730.3		
CBR(%)			4.98				9.41				13.10	

Esfuerzo vs Deformacion

The graph plots CARGAS (PSI) on the y-axis (0 to 800) against PENETRACION (pulg) on the x-axis (0 to 0.6). Three data series are shown: 12 golpes (orange), 25 golpes (yellow), and 56 golpes (green). All series show a non-linear increasing trend of load with penetration.

CURVA DENSIDAD - CBR

The graph plots Densidad Seca (g/cm3) on the y-axis (1.950 to 2.250) against CBR(%) on the x-axis (4 to 14). A single data series (orange) shows a clear positive linear relationship between CBR and dry density.

Fuente: Propia



Figura 59: Resultados CBR1 2% Caucho 0% Cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO										
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA										
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL										
Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022										
Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado								Ensayo de valor soporte de los suelos (CBR) MTC E132 2000		
Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco										
Jean Philippe Prudencio Paucarmayta										
Asesor Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza										
HUMEDAD OPTIMA (%)	10.75					Altura de la muestra (cm)	12.7			
DENSIDAD SECA MAXIMA(g/cm3)	2.076					Diametro del Molde (cm)	15.24			
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12			25			56			
NUMERO DE MOLDE	Molde Nº01			Molde Nº02			Molde Nº03			
PESO DE MOLDE + suelo(g)	7098			6975			6843			
PESO DE SUELO + MOLDE + base	11825			11997			12058			
PESO DEL SUELO	4727			5022			5215			
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2318			2317			2316			
Densidad Humeda (g/cm3)	2.04			2.17			2.25			
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Peso de la capsula (g)	32.00			32.00			32.00			
Suelo + Capsula (g)	42.36			66.85			60.01			
Suelo Seco + Capsula (g)	41.53			62.35			56.75			
Contenido de humedad (%)	8.71			14.82			13.17			
Promedio de Con. De Hum. (%)	11.77			12.48			7.48			
Densidad Seca (g/cm3)	1.74			1.90			2.10			
DATOS DE PENETRACION		CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO		
PENETR. (Pulg)	CARG. UNIT. PATRON	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI
0.025		20	67.0	22.3	32	107.2	35.7	45	150.8	50.3
0.05		32	107.2	35.7	48	160.8	53.6	85	284.8	94.9
0.075		45	150.8	50.3	75	251.3	83.8	120	402.0	134.0
0.1	1000	56	187.6	62.5	101	338.4	112.8	165	552.8	184.3
0.2	1500	95	318.3	106.1	162	542.7	180.9	254	850.9	283.6
0.3	1900	123	412.1	137.4	206	690.1	230.0	325	1088.8	362.9
0.4	2300	175	586.3	195.4	275	921.3	307.1	395	1323.3	441.1
0.5	2600	224	750.4	250.1	335	1122.3	374.1	452	1514.2	504.7
CBR(%)		3.45			5.98			8.75		

Esfuerzo vs Deformacion

CURVA DENSIDAD - CBR

Fuente: Propia



Figura 60: Resultados CBR2 2% Caucho 0% Cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO												
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA												
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL												
Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022												
Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado						Ensayo de valor soporte de los suelos (CBR) MTC E132 2000						
Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco												
Jean Philippe Prudencio Paucarmayta												
Asesor Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza												
HUMEDAD OPTIMA (%)	10.75					Altura de la muestra (cm)	12.7					
DENSIDAD SECA MAXIMA(g/cm3)	2.076					Diametro del Molde (cm)	15.24					
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12			25			56					
NUMERO DE MOLDE	Molde Nº01			Molde Nº02			Molde Nº03					
PESO DE MOLDE + suelo(g)	7110			6995			6895					
PESO DE SUELO + MOLDE + base	11658			12026			12145					
PESO DEL SUELO	4548			5031			5250					
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2317			2318			2317					
Densidad Humeda (g/cm3)	1.96			2.17			2.27					
CONTENIDO DE HUMEDAD												
Peso de la capsula (g)	32.00			32.00			32.00			32.00		
Suelo + Capsula (g)	42.46			66.95			60.15			62.35		
Suelo Seco + Capsula (g)	41.53			62.53			56.85			58.65		
Contenido de humedad (%)	9.78			14.49			13.28			13.89		
Promedio de Con. De Hum. (%)	12.14			13.59			10.55			2.09		
Densidad Seca (g/cm3)	1.81			1.93			2.09			2.09		
DATOS DE PENETRACION			CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO			
PENETR. (Pulg)	CARG. UNIT. PATRON	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI		
0.025		20	67.0	22.3	42	140.7	46.9	50	167.5	55.8		
0.05		30	100.5	33.5	58	194.3	64.8	85	284.8	94.9		
0.075		46	154.1	51.4	85	284.8	94.9	130	435.5	145.2		
0.1	1000	73	244.6	81.5	124	415.4	138.5	175	586.3	195.4		
0.2	1500	100	335.0	111.7	185	619.8	206.6	265	887.8	295.9		
0.3	1900	128	428.8	142.9	225	753.8	251.3	342	1145.7	381.9		
0.4	2300	185	619.8	206.6	289	968.2	322.7	402	1346.7	448.9		
0.5	2600	235	787.3	262.4	348	1165.8	388.6	465	1557.8	519.3		
CBR(%)			4.12			6.78			9.24			

Esfuerzo vs Deformacion

Y-axis: CARGAS (PSI) from 0.0 to 600.0
X-axis: PENETRACION (pulg) from 0 to 0.6

Legend: 12 golpes (red), 25 golpes (yellow), 56 golpes (green)

CURVA DENSIDAD - CBR

Y-axis: CBR(%) from 1.800 to 2.200
X-axis: Densidad (g/cm3) from 3 to 10

Fuente: Propia



Figura 61: Resultados CBR3 2% Caucho 0% Cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA											
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL											
Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022											
Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado						Ensayo de valor soporte de los suelos (CBR) MTC E132 2000					
Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco											
Jean Philippe Prudencio Paucarmayta											
Asesor Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza											
HUMEDAD OPTIMA (%)	10.75					Altura de la muestra (cm)	12.7				
DENSIDAD SECA MAXIMA(g/cm3)	2.076					Diametro del Molde (cm)	15.24				
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12			25			56				
NUMERO DE MOLDE	Molde Nº01			Molde Nº02			Molde Nº03				
PESO DE MOLDE + suelo(g)	7100			6982			6856				
PESO DE SUELO + MOLDE + base	11832			12006			12065				
PESO DEL SUELO	4732			5024			5209				
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2317			2318			2317				
Densidad Humeda (g/cm3)	2.04			2.17			2.25				
CONTENIDO DE HUMEDAD											
Peso de la capsula (g)	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	
Suelo + Capsula (g)	42.44	66.84	60.09	61.30	66.44	81.55	81.55	81.55	81.55	81.55	
Suelo Seco + Capsula (g)	41.55	62.36	56.71	58.21	64.11	78.13	78.13	78.13	78.13	78.13	
Contenido de humedad (%)	9.33	14.76	13.66	11.77	7.25	7.41	7.41	7.41	7.41	7.41	
Promedio de Con. De Hum. (%)	12.05			12.72			7.33				
Densidad Seca (g/cm3)	1.82			1.92			2.09				
DATOS DE PENETRACION			CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO		
PENETR. (Pulg)	CARG. UNIT. PATRON	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	
0.025		28	93.8	31.3	38	127.3	42.4	49	164.2	54.7	
0.05		35	117.3	39.1	52	174.2	58.1	90	301.5	100.5	
0.075		52	174.2	58.1	82	274.7	91.6	125	418.8	139.6	
0.1	1000	75	251.3	83.8	105	351.8	117.3	171	572.9	191.0	
0.2	1500	100	335.0	111.7	172	576.2	192.1	261	874.4	291.5	
0.3	1900	129	432.2	144.1	214	716.9	239.0	329	1102.2	367.4	
0.4	2300	185	619.8	206.6	280	938.0	312.7	401	1343.4	447.8	
0.5	2600	232	777.2	259.1	341	1142.4	380.8	458	1534.3	511.4	
CBR(%)			8.38			11.73			19.10		

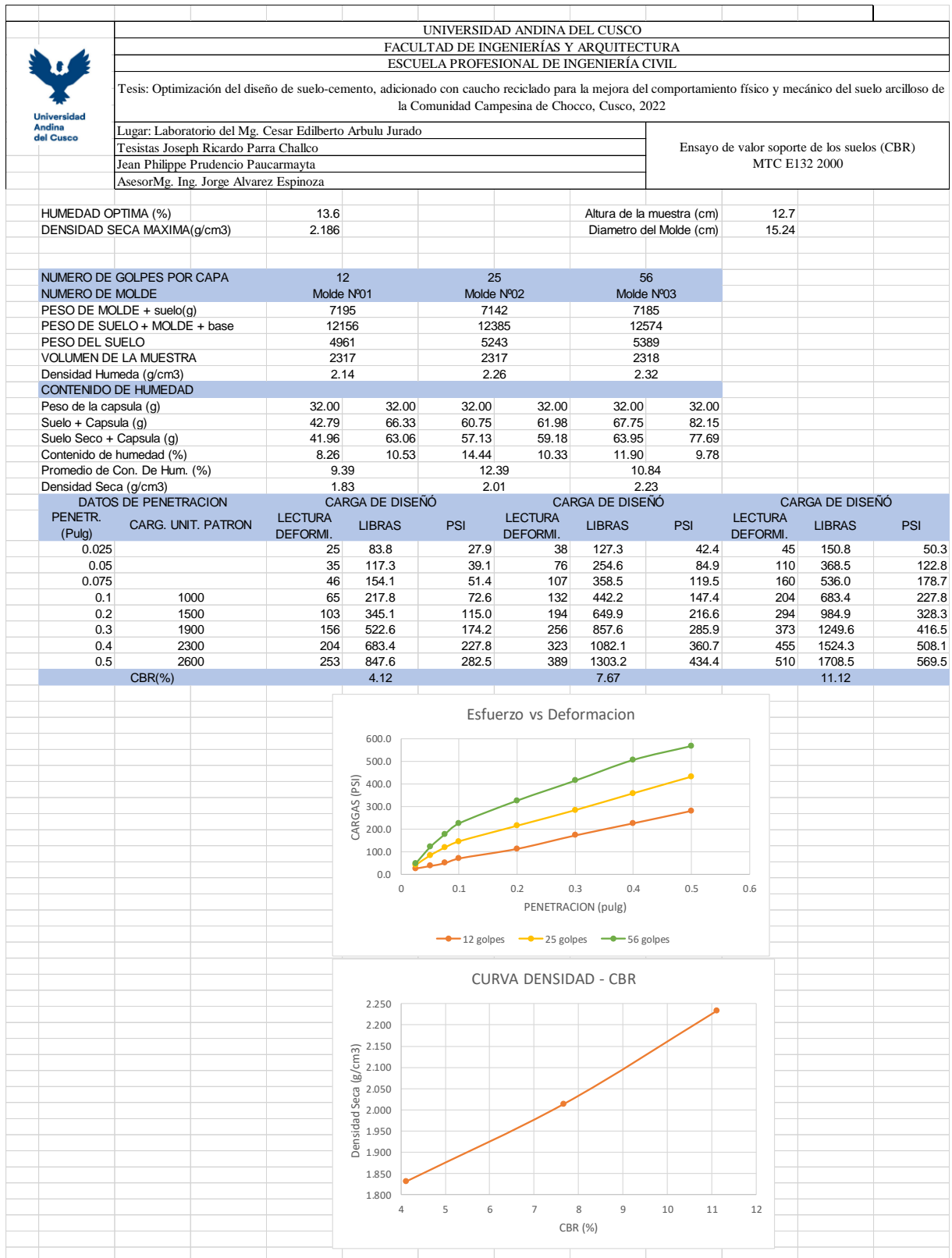
Penetración (pulg)	12 golpes (PSI)	25 golpes (PSI)	56 golpes (PSI)
0.025	31.3	38	42.4
0.05	39.1	52	58.1
0.075	58.1	82	91.6
0.1	83.8	105	117.3
0.2	111.7	172	192.1
0.3	144.1	214	239.0
0.4	206.6	280	312.7
0.5	259.1	341	380.8

CBR (%)	Densidad Seca (g/cm3)
3.5	1.74
6.0	1.89
8.5	2.10

Fuente: Propia



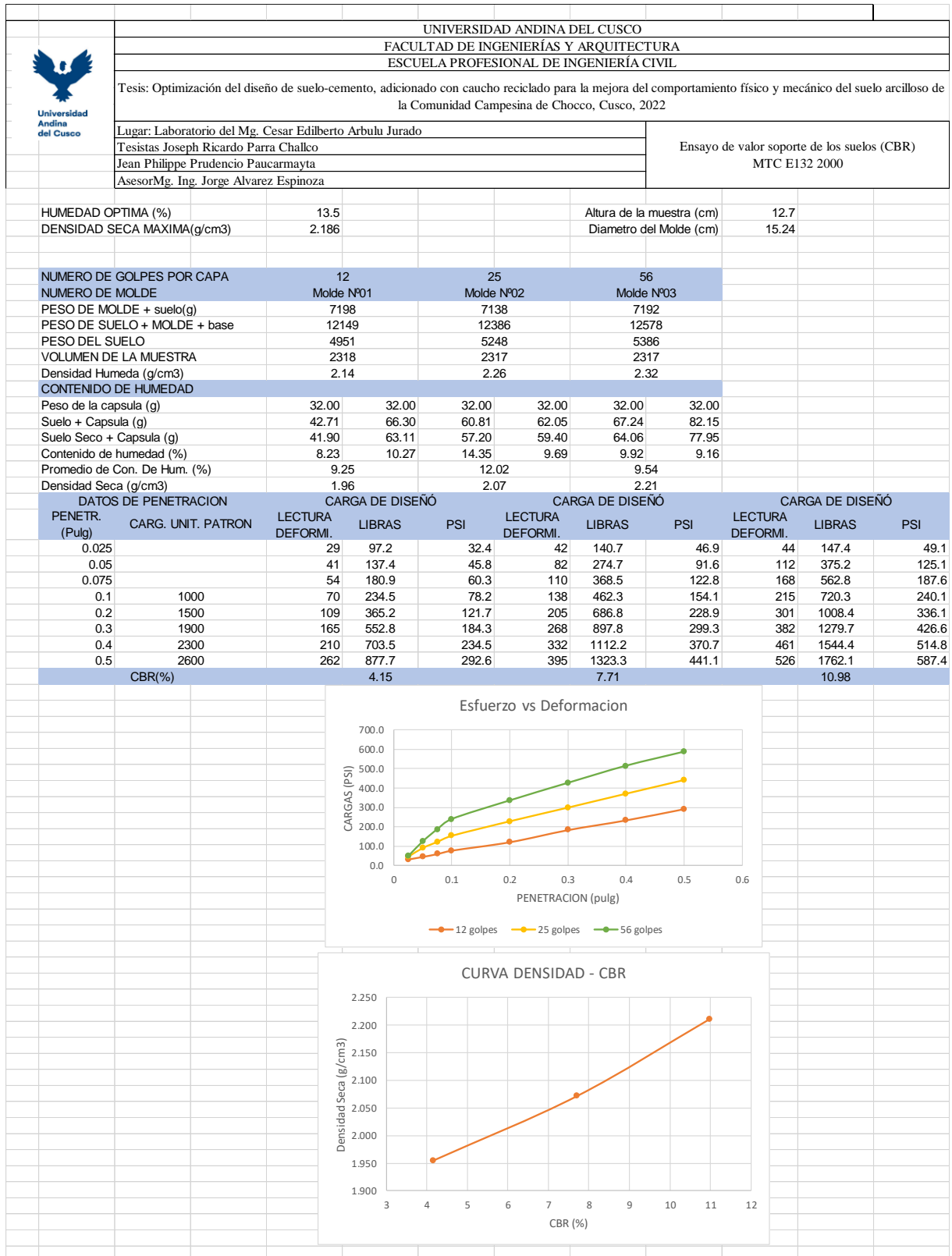
Figura 62: Resultados CBR1 2% Caucho 2% Cemento



Fuente: Propia



Figura 63: Resultados CBR2 2% Caucho 2% Cemento



Fuente: Propia



Figura 64: Resultados CBR3 2% Caucho 2% Cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO												
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA												
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL												
Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022												
Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado						Ensayo de valor soporte de los suelos (CBR) MTC E132 2000						
Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco												
Jean Philippe Prudencio Paucarmayta												
Asesor Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza												
HUMEDAD OPTIMA (%)	13.5					Altura de la muestra (cm)	12.7					
DENSIDAD SECA MAXIMA(g/cm3)	2.186					Diametro del Molde (cm)	15.24					
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12			25			56					
NUMERO DE MOLDE	Molde Nº01			Molde Nº02			Molde Nº03					
PESO DE MOLDE + suelo(g)	7182			7133			7162					
PESO DE SUELO + MOLDE + base	12136			12165			12325					
PESO DEL SUELO	4954			5032			5163					
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2317			2317			2317					
Densidad Humeda (g/cm3)	2.14			2.17			2.23					
CONTENIDO DE HUMEDAD												
Peso de la capsula (g)	32.00		32.00		32.00		32.00		32.00		32.00	
Suelo + Capsula (g)	42.70		66.13		60.53		61.75		66.59		85.07	
Suelo Seco + Capsula (g)	41.75		62.97		58.01		59.01		63.70		80.15	
Contenido de humedad (%)	9.75		10.17		9.70		10.18		9.12		10.20	
Promedio de Con. De Hum. (%)	9.96			9.94			9.66					
Densidad Seca (g/cm3)	1.94			2.08			2.22					
DATOS DE PENETRACION			CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO			
PENETR. (Pulg)	CARG. UNIT. PATRON	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI		
0.025		25	83.8	27.9	40	134.0	44.7	40	134.0	44.7		
0.05		36	120.6	40.2	75	251.3	83.8	105	351.8	117.3		
0.075		48	160.8	53.6	110	368.5	122.8	156	522.6	174.2		
0.1	1000	67	224.5	74.8	129	432.2	144.1	198	663.3	221.1		
0.2	1500	102	341.7	113.9	185	619.8	206.6	275	921.3	307.1		
0.3	1900	155	519.3	173.1	241	807.4	269.1	362	1212.7	404.2		
0.4	2300	200	670.0	223.3	312	1045.2	348.4	435	1457.3	485.8		
0.5	2600	245	820.8	273.6	375	1256.3	418.8	502	1681.7	560.6		
CBR(%)			4.32			7.78			10.97			

Título del gráfico

Este gráfico muestra la relación entre la penetración (en pulgadas) y las cargas (en PSI) para tres diferentes números de golpes: 12 golpes (línea naranja), 25 golpes (línea amarilla) y 56 golpes (línea verde). Las curvas muestran un aumento progresivo de la carga con la penetración, siendo la curva de 56 golpes la más alta y la de 12 golpes la más baja.

Este gráfico muestra la curva de densidad seca (en g/cm³) en función del CBR (%). La densidad seca aumenta linealmente con el CBR, pasando de aproximadamente 1.94 g/cm³ a 2.22 g/cm³.

Fuente: Propia



Figura 65: Resultados CBR1 2% Caucho 4% Cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO												
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA												
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL												
Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022												
Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado						Ensayo de valor soporte de los suelos (CBR) MTC E132 2000						
Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco												
Jean Philippe Prudencio Paucarmayta												
Asesor Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza												
HUMEDAD OPTIMA (%)	14.2					Altura de la muestra (cm)	12.7					
DENSIDAD SECA MAXIMA(g/cm3)	2.342					Diametro del Molde (cm)	15.24					
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12			25			56					
NUMERO DE MOLDE	Molde Nº01			Molde Nº02			Molde Nº03					
PESO DE MOLDE + suelo(g)	7285			7298			7259					
PESO DE SUELO + MOLDE + base	12553			12758			13585					
PESO DEL SUELO	5268			5460			6326					
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2318			2317			2317					
Densidad Humeda (g/cm3)	2.27			2.36			2.73					
CONTENIDO DE HUMEDAD												
Peso de la capsula (g)	32.00		32.00		32.00		32.00		32.00		32.00	
Suelo + Capsula (g)	42.48		66.76		60.13		61.62		69.90		82.97	
Suelo Seco + Capsula (g)	40.59		61.40		56.88		58.49		66.57		78.59	
Contenido de humedad (%)	22.02		18.24		13.10		11.83		9.63		9.39	
Promedio de Con. De Hum. (%)	20.13				12.46				9.51			
Densidad Seca (g/cm3)	1.97				2.19				2.44			
DATOS DE PENETRACION			CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO			
PENETR. (Pulg)	CARG. UNIT. PATRON	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI		
0.025		32	107.2	35.7	45	150.8	50.3	75	251.3	83.8		
0.05		54	180.9	60.3	115	385.3	128.4	178	596.3	198.8		
0.075		89	298.2	99.4	165	552.8	184.3	257	861.0	287.0		
0.1	1000	110	368.5	122.8	210	703.5	234.5	323	1082.1	360.7		
0.2	1500	245	820.8	273.6	369	1236.2	412.1	542	1815.7	605.2		
0.3	1900	326	1092.1	364.0	458	1534.3	511.4	625	2093.8	697.9		
0.4	2300	410	1373.5	457.8	536	1795.6	598.5	710	2378.5	792.8		
0.5	2600	475	1591.3	530.4	626	2097.1	699.0	795	2663.3	887.8		
CBR(%)			5.63			10.24			14.52			

Penetración (pulg)	12 golpes (PSI)	25 golpes (PSI)	56 golpes (PSI)
0.025	35.7	45	50.3
0.05	60.3	115	128.4
0.075	99.4	165	184.3
0.1	122.8	210	234.5
0.2	273.6	369	412.1
0.3	364.0	458	511.4
0.4	457.8	536	598.5
0.5	530.4	626	699.0

CBR (%)	Densidad Seca (g/cm3)
5.63	1.97
10.24	2.19
14.52	2.44

Fuente: Propia



Figura 66: Resultados CBR2 2% Caucho 4% Cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO												
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA												
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL												
Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022												
Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado						Ensayo de valor soporte de los suelos (CBR) MTC E132 2000						
Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco												
Jean Philippe Prudencio Paucarmayta												
Asesor Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza												
HUMEDAD OPTIMA (%)	14.2					Altura de la muestra (cm)	12.7					
DENSIDAD SECA MAXIMA(g/cm3)	2.342					Diametro del Molde (cm)	15.24					
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12			25			56					
NUMERO DE MOLDE	Molde Nº01			Molde Nº02			Molde Nº03					
PESO DE MOLDE + suelo(g)	7295			7245			7231					
PESO DE SUELO + MOLDE + base	12345			12546			13496					
PESO DEL SUELO	5050			5301			6265					
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2317			2317			2317					
Densidad Humeda (g/cm3)	2.18			2.29			2.70					
CONTENIDO DE HUMEDAD												
Peso de la capsula (g)	32.00			32.00			32.00			32.00		
Suelo + Capsula (g)	42.45			66.75			60.13			61.61		
Suelo Seco + Capsula (g)	40.57			61.37			56.86			58.46		
Contenido de humedad (%)	21.99			18.31			13.17			11.93		
Promedio de Con. De Hum. (%)	20.15			12.55			9.59					
Densidad Seca (g/cm3)	1.91			2.25			2.47					
DATOS DE PENETRACION			CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO			
PENETR. (Pulg)	CARG. UNIT. PATRON	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI		
0.025		36	120.6	40.2	42	140.7	46.9	80	268.0	89.3		
0.05		56	187.6	62.5	108	361.8	120.6	181	606.4	202.1		
0.075		85	284.8	94.9	158	529.3	176.4	249	834.2	278.1		
0.1	1000	108	361.8	120.6	203	680.1	226.7	316	1058.6	352.9		
0.2	1500	237	794.0	264.7	338	1132.3	377.4	505	1691.8	563.9		
0.3	1900	318	1065.3	355.1	439	1470.7	490.2	617	2067.0	689.0		
0.4	2300	402	1346.7	448.9	523	1752.1	584.0	705	2361.8	787.3		
0.5	2600	459	1537.7	512.6	619	2073.7	691.2	781	2616.4	872.1		
CBR(%)			4.98			10.11			15.32			

Esfuerzo vs Deformacion

Y-axis: CARGAS (PSI) from 0.0 to 1000.0
X-axis: PENETRACION (pulg) from 0 to 0.6

Legend: 12 golpes (red), 25 golpes (yellow), 56 golpes (green)

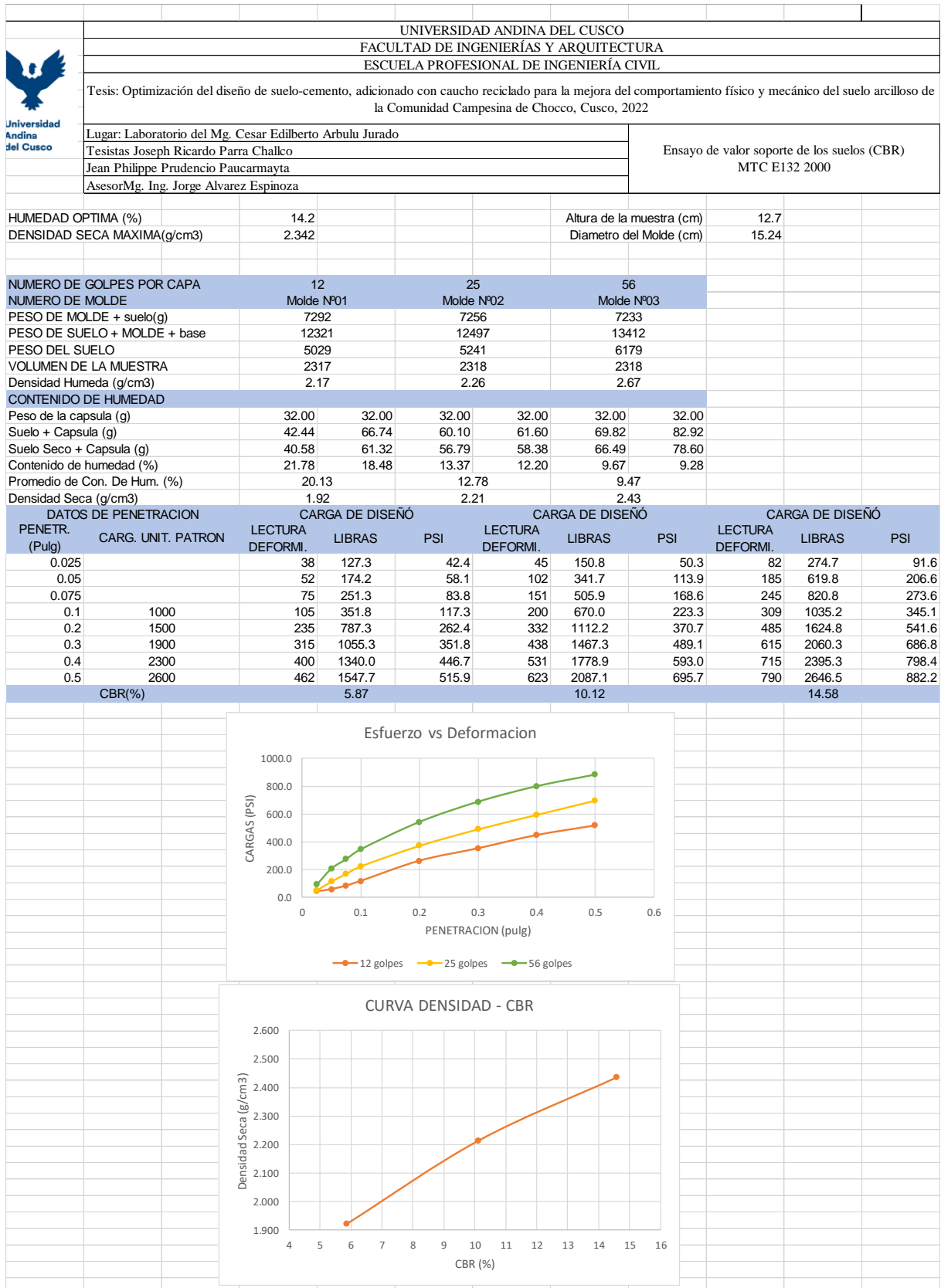
CURVA DENSIDAD - CBR

Y-axis: CBR(%) from 1.900 to 2.600
X-axis: Densidad Seca (g/cm3) from 4 to 16

Fuente: Propia



Figura 67: Resultados CBR3 2% Caucho 4% Cemento



Fuente: Propia



Figura 68: Resultados CBR1 4% Caucho 0% Cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO												
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA												
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL												
Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022												
Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado										Ensayo de valor soporte de los suelos (CBR) MTC E132 2000		
Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco												
Jean Philippe Prudencio Paucarmayta												
Asesor Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza												
HUMEDAD OPTIMA (%)	11.1					Altura de la muestra (cm)	12.7					
DENSIDAD SECA MAXIMA(g/cm3)	1.957					Diametro del Molde (cm)	15.24					
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12			25			56					
NUMERO DE MOLDE	Molde Nº01			Molde Nº02			Molde Nº03					
PESO DE MOLDE + suelo(g)	7120			6915			6875					
PESO DE SUELO + MOLDE + base	11758			11845			12134					
PESO DEL SUELO	4638			4930			5259					
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2318			2318			2317					
Densidad Humeda (g/cm3)	2.00			2.13			2.27					
CONTENIDO DE HUMEDAD												
Peso de la capsula (g)	32.00			32.00			32.00			32.00		
Suelo + Capsula (g)	42.88			66.79			60.06			61.35		
Suelo Seco + Capsula (g)	41.53			62.40			56.75			58.47		
Contenido de humedad (%)	14.16			14.44			13.39			10.84		
Promedio de Con. De Hum. (%)	14.30			12.12			11.43					
Densidad Seca (g/cm3)	1.75			1.82			2.00					
DATOS DE PENETRACION			CARGA DE DISEÑO				CARGA DE DISEÑO				CARGA DE DISEÑO	
PENETR. (Pulg)	CARG. UNIT. PATRON	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI		
0.025		22	73.7	24.6	28	93.8	31.3	51	170.9	57.0		
0.05		32	107.2	35.7	56	187.6	62.5	85	284.8	94.9		
0.075		53	177.6	59.2	72	241.2	80.4	99	331.7	110.6		
0.1	1000	72	241.2	80.4	94	314.9	105.0	123	412.1	137.4		
0.2	1500	108	361.8	120.6	161	539.4	179.8	207	693.5	231.2		
0.3	1900	145	485.8	161.9	212	710.2	236.7	285	954.8	318.3		
0.4	2300	181	606.4	202.1	261	874.4	291.5	356	1192.6	397.5		
0.5	2600	220	737.0	245.7	301	1008.4	336.1	405	1356.8	452.3		
CBR(%)			3.91				5.74				8.89	

Esfuerzo vs Deformacion

Penetración (pulg)	12 golpes (PSI)	25 golpes (PSI)	56 golpes (PSI)
0.025	24.6	28	31.3
0.05	35.7	56	62.5
0.075	59.2	72	80.4
0.1	80.4	94	105.0
0.2	120.6	161	179.8
0.3	161.9	212	236.7
0.4	202.1	261	291.5
0.5	245.7	301	336.1

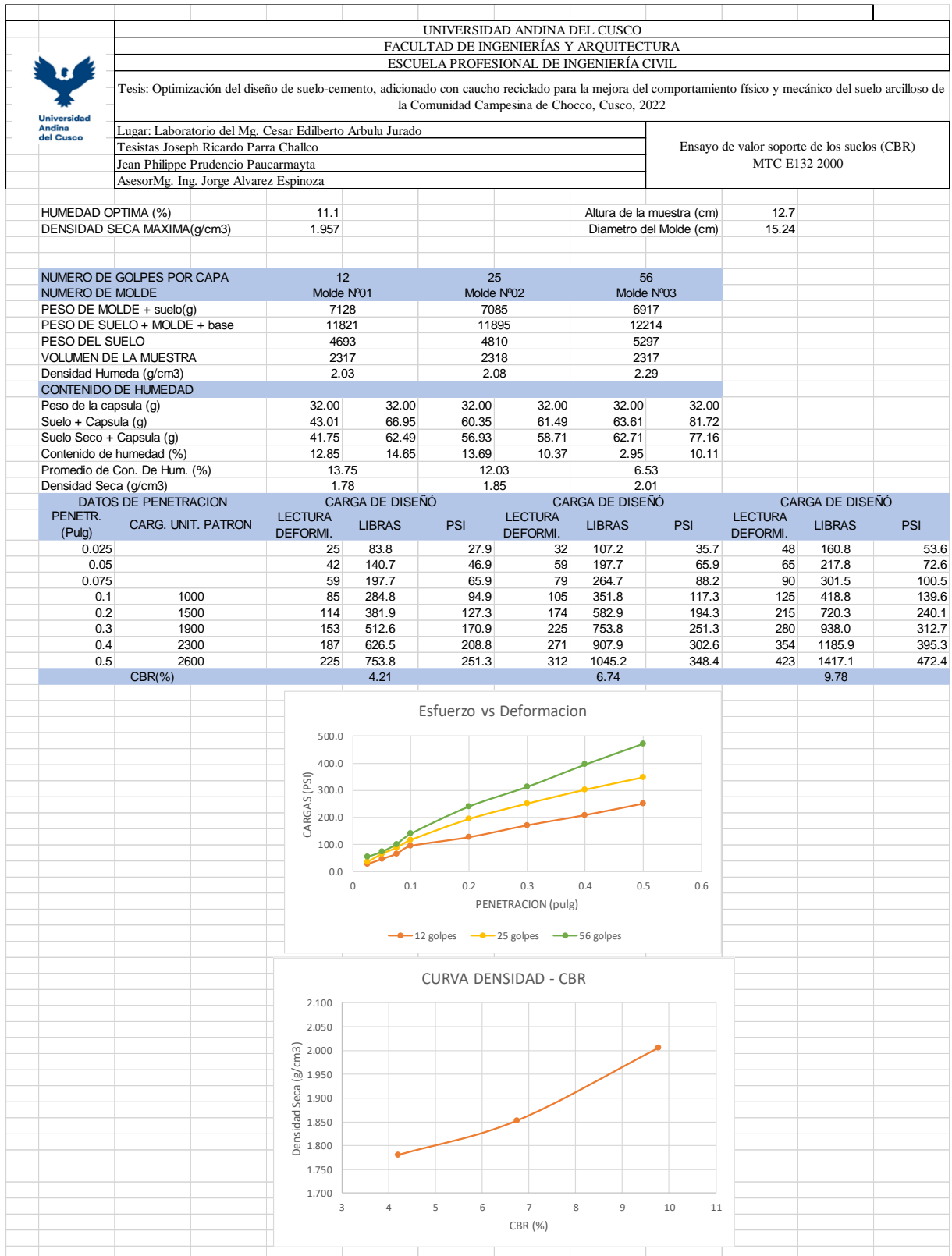
CURVA DENSIDAD - CBR

CBR (%)	Densidad Seca (g/cm3)
3.91	1.75
5.74	1.82
8.89	2.00

Fuente: Propia



Figura 69: Resultados CBR2 4% Caucho 0% Cemento



Fuente: Propia



Figura 70: Resultados CBR3 4% Caucho 0% Cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA											
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL											
Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022											
Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado						Ensayo de valor soporte de los suelos (CBR) MTC E132 2000					
Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco											
Jean Philippe Prudencio Paucarmayta											
Asesor Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza											
HUMEDAD OPTIMA (%)	11.1					Altura de la muestra (cm)	12.7				
DENSIDAD SECA MAXIMA(g/cm3)	1.957					Diametro del Molde (cm)	15.24				
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12			25			56				
NUMERO DE MOLDE	Molde Nº01			Molde Nº02			Molde Nº03				
PESO DE MOLDE + suelo(g)	7123			6920			6881				
PESO DE SUELO + MOLDE + base	11761			11842			12120				
PESO DEL SUELO	4638			4922			5239				
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2317			2317			2318				
Densidad Humeda (g/cm3)	2.00			2.12			2.26				
CONTENIDO DE HUMEDAD											
Peso de la capsula (g)	32.00		32.00		32.00		32.00		32.00		
Suelo + Capsula (g)	42.88		66.78		60.06		61.34		66.12		
Suelo Seco + Capsula (g)	41.53		62.40		56.75		58.48		63.12		
Contenido de humedad (%)	14.14		14.41		13.36		10.79		9.63		
Promedio de Con. De Hum. (%)	14.28			12.07			10.02				
Densidad Seca (g/cm3)	1.75			1.82			2.05				
DATOS DE PENETRACION			CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO		
PENETR. (Pulg)	CARG. UNIT. PATRON	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	
0.025		24	80.4	26.8	32	107.2	35.7	45	150.8	50.3	
0.05		34	113.9	38.0	51	170.9	57.0	70	234.5	78.2	
0.075		55	184.3	61.4	70	234.5	78.2	89	298.2	99.4	
0.1	1000	71	237.9	79.3	95	318.3	106.1	118	395.3	131.8	
0.2	1500	112	375.2	125.1	164	549.4	183.1	204	683.4	227.8	
0.3	1900	146	489.1	163.0	225	753.8	251.3	279	934.7	311.6	
0.4	2300	180	603.0	201.0	269	901.2	300.4	345	1155.8	385.3	
0.5	2600	216	723.6	241.2	305	1021.8	340.6	407	1363.5	454.5	
CBR(%)			3.89			5.81			10.11		

Esfuerzo vs Deformacion

Penetración (pulg)	12 golpes (PSI)	25 golpes (PSI)	56 golpes (PSI)
0.025	26.8	32	35.7
0.05	38.0	51	57.0
0.075	61.4	70	78.2
0.1	79.3	95	106.1
0.2	125.1	164	183.1
0.3	163.0	225	251.3
0.4	201.0	269	300.4
0.5	241.2	305	340.6

CURVA DENSIDAD - CBR

CBR (%)	Densidad Seca (g/cm3)
3.89	1.75
5.81	1.82
10.11	2.05

Fuente: Propia



Figura 71: Resultados CBR1 4% Caucho 2% Cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO												
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA												
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL												
Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022												
Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado						Ensayo de valor soporte de los suelos (CBR) MTC E132 2000						
Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco												
Jean Philippe Prudencio Paucarmayta												
Asesor Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza												
HUMEDAD OPTIMA (%)	12.5					Altura de la muestra (cm)	12.7					
DENSIDAD SECA MAXIMA(g/cm3)	2.084					Diametro del Molde (cm)	15.24					
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12			25			56					
NUMERO DE MOLDE	Molde Nº01			Molde Nº02			Molde Nº03					
PESO DE MOLDE + suelo(g)	7189			7143			7124					
PESO DE SUELO + MOLDE + base	12207			12346			12710					
PESO DEL SUELO	5018			5203			5586					
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2317			2317			2317					
Densidad Humeda (g/cm3)	2.17			2.25			2.41					
CONTENIDO DE HUMEDAD												
Peso de la capsula (g)	32.00		32.00		32.00		32.00		32.00		32.00	
Suelo + Capsula (g)	42.61		66.15		60.39		61.68		67.52		82.15	
Suelo Seco + Capsula (g)	41.42		62.75		56.71		58.41		63.25		77.51	
Contenido de humedad (%)	12.71		11.08		14.86		12.38		13.66		10.18	
Promedio de Con. De Hum. (%)	11.90					13.62					11.92	
Densidad Seca (g/cm3)	1.94					2.01					2.12	
DATOS DE PENETRACION			CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO			
PENETR. (Pulg)	CARG. UNIT. PATRON	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI		
0.025		22	73.7	24.6	30	100.5	33.5	40	134.0	44.7		
0.05		36	120.6	40.2	55	184.3	61.4	108	361.8	120.6		
0.075		48	160.8	53.6	85	284.8	94.9	170	569.5	189.8		
0.1	1000	70	234.5	78.2	115	385.3	128.4	202	676.7	225.6		
0.2	1500	108	361.8	120.6	187	626.5	208.8	287	961.5	320.5		
0.3	1900	143	479.1	159.7	256	857.6	285.9	350	1172.5	390.8		
0.4	2300	199	666.7	222.2	315	1055.3	351.8	432	1447.2	482.4		
0.5	2600	254	850.9	283.6	371	1242.9	414.3	497	1665.0	555.0		
CBR(%)			5.09			7.48			11.75			

Esfuerzo vs Deformacion

Penetración (pulg)	12 golpes (PSI)	25 golpes (PSI)	56 golpes (PSI)
0.025	24.6	30	33.5
0.05	40.2	55	61.4
0.075	53.6	85	94.9
0.1	78.2	115	128.4
0.2	120.6	187	208.8
0.3	159.7	256	285.9
0.4	222.2	315	351.8
0.5	283.6	371	414.3

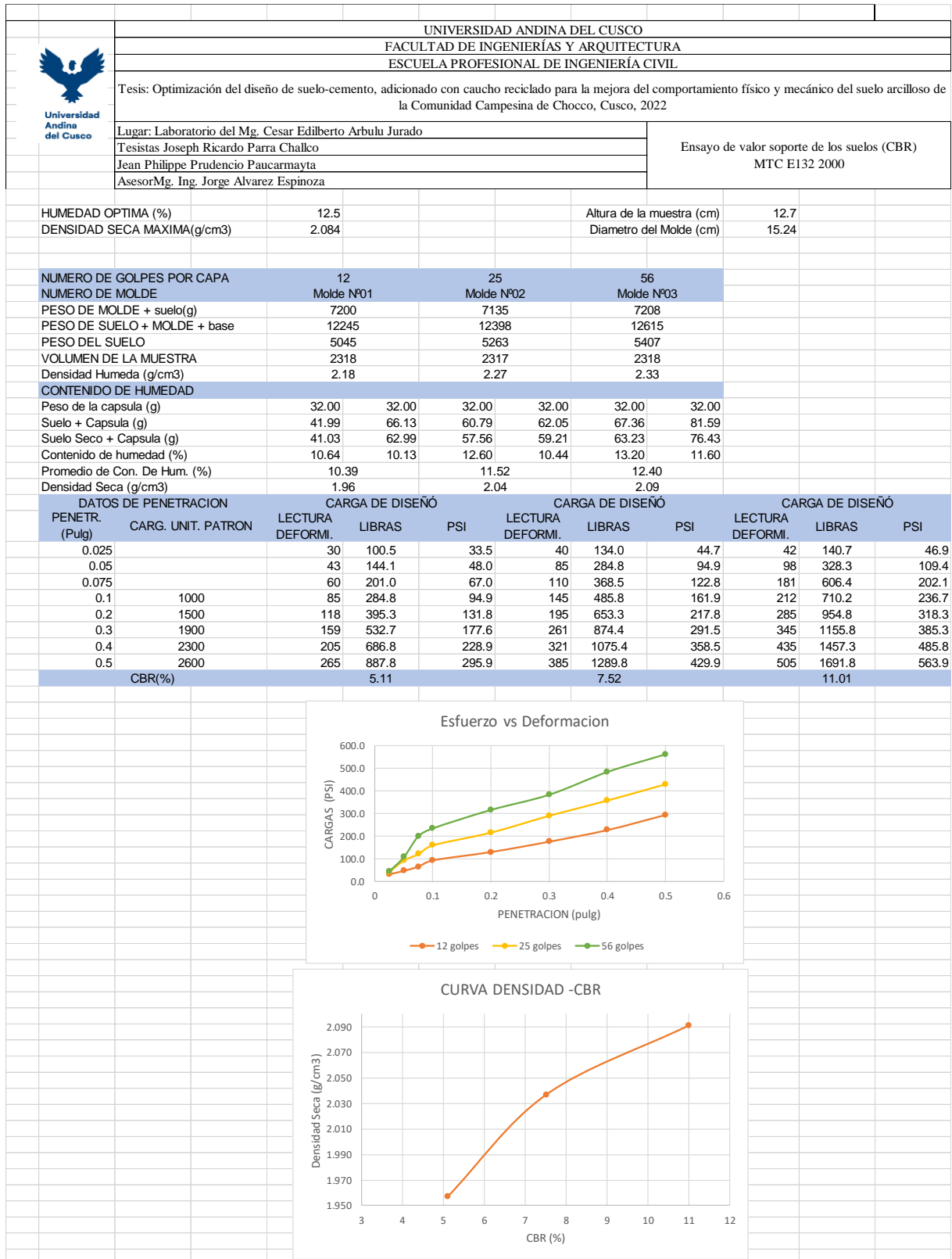
CURVA DENSIDAD - CBR

CBR (%)	Densidad Seca (g/cm3)
5.09	1.94
7.48	2.01
11.75	2.12

Fuente: Propia



Figura 72: Resultados CBR2 4% Caucho 2% Cemento



Fuente: Propia



Figura 73: : Resultados CBR3 4% Caucho 2% Cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA											
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL											
Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022											
Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado						Ensayo de valor soporte de los suelos (CBR) MTC E132 2000					
Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco											
Jean Philippe Prudencio Paucarmayta											
Asesor Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza											
HUMEDAD OPTIMA (%)	12.5					Altura de la muestra (cm)	12.7				
DENSIDAD SECA MAXIMA(g/cm3)	2.084					Diametro del Molde (cm)	15.24				
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12			25			56				
NUMERO DE MOLDE	Molde Nº01			Molde Nº02			Molde Nº03				
PESO DE MOLDE + suelo(g)	7198			7162			7175				
PESO DE SUELO + MOLDE + base	12265			12505			12437				
PESO DEL SUELO	5067			5343			5262				
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2317			2318			2318				
Densidad Humeda (g/cm3)	2.19			2.31			2.27				
CONTENIDO DE HUMEDAD											
Peso de la capsula (g)	32.00		32.00		32.00		32.00		32.00		
Suelo + Capsula (g)	42.67		66.61		61.11		61.87		68.20		
Suelo Seco + Capsula (g)	41.88		63.13		57.80		59.53		65.28		
Contenido de humedad (%)	8.02		11.20		12.81		8.52		8.79		
Promedio de Con. De Hum. (%)	9.61				10.66				6.20		
Densidad Seca (g/cm3)	1.95				2.04				2.14		
DATOS DE PENETRACION			CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO		
PENETR. (Pulg)	CARG. UNIT. PATRON	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	
0.025		28	93.8	31.3	30	100.5	33.5	40	134.0	44.7	
0.05		40	134.0	44.7	72	241.2	80.4	105	351.8	117.3	
0.075		66	221.1	73.7	108	361.8	120.6	170	569.5	189.8	
0.1	1000	87	291.5	97.2	142	475.7	158.6	220	737.0	245.7	
0.2	1500	123	412.1	137.4	208	696.8	232.3	289	968.2	322.7	
0.3	1900	155	519.3	173.1	252	844.2	281.4	365	1222.8	407.6	
0.4	2300	201	673.4	224.5	312	1045.2	348.4	435	1457.3	485.8	
0.5	2600	258	864.3	288.1	360	1206.0	402.0	480	1608.0	536.0	
CBR(%)			5.64			8.95			11.73		

Esfuerzo vs Deformacion

Penetración (pulg)	12 golpes (PSI)	25 golpes (PSI)	56 golpes (PSI)
0.025	31.3	30	33.5
0.05	44.7	72	80.4
0.075	73.7	108	120.6
0.1	97.2	142	158.6
0.2	137.4	208	232.3
0.3	173.1	252	281.4
0.4	224.5	312	348.4
0.5	288.1	360	402.0

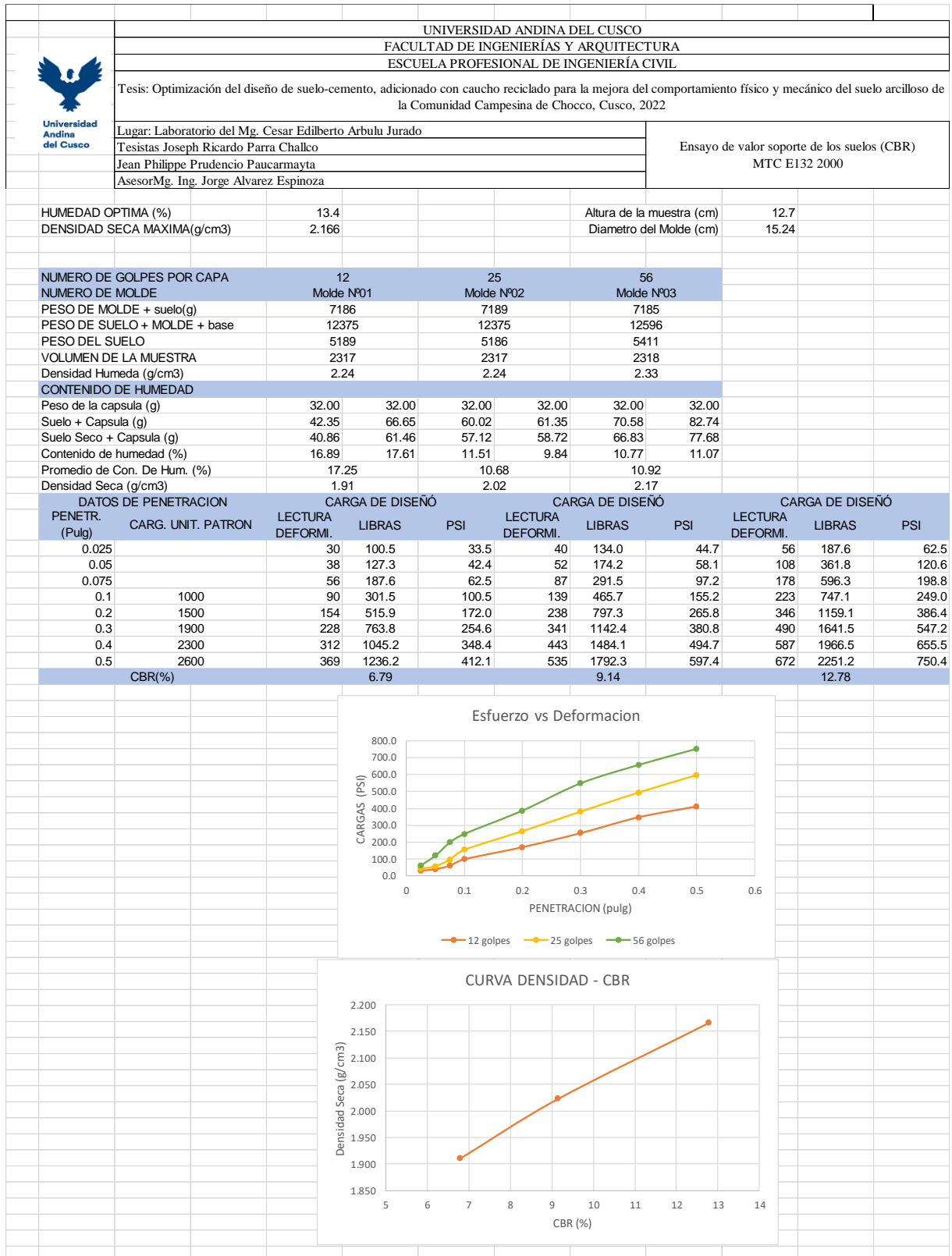
CURVA DENSIDAD - CBR

CBR (%)	Densidad Seca (g/cm3)
5.64	1.95
8.95	2.04
11.73	2.14

Fuente: Propia



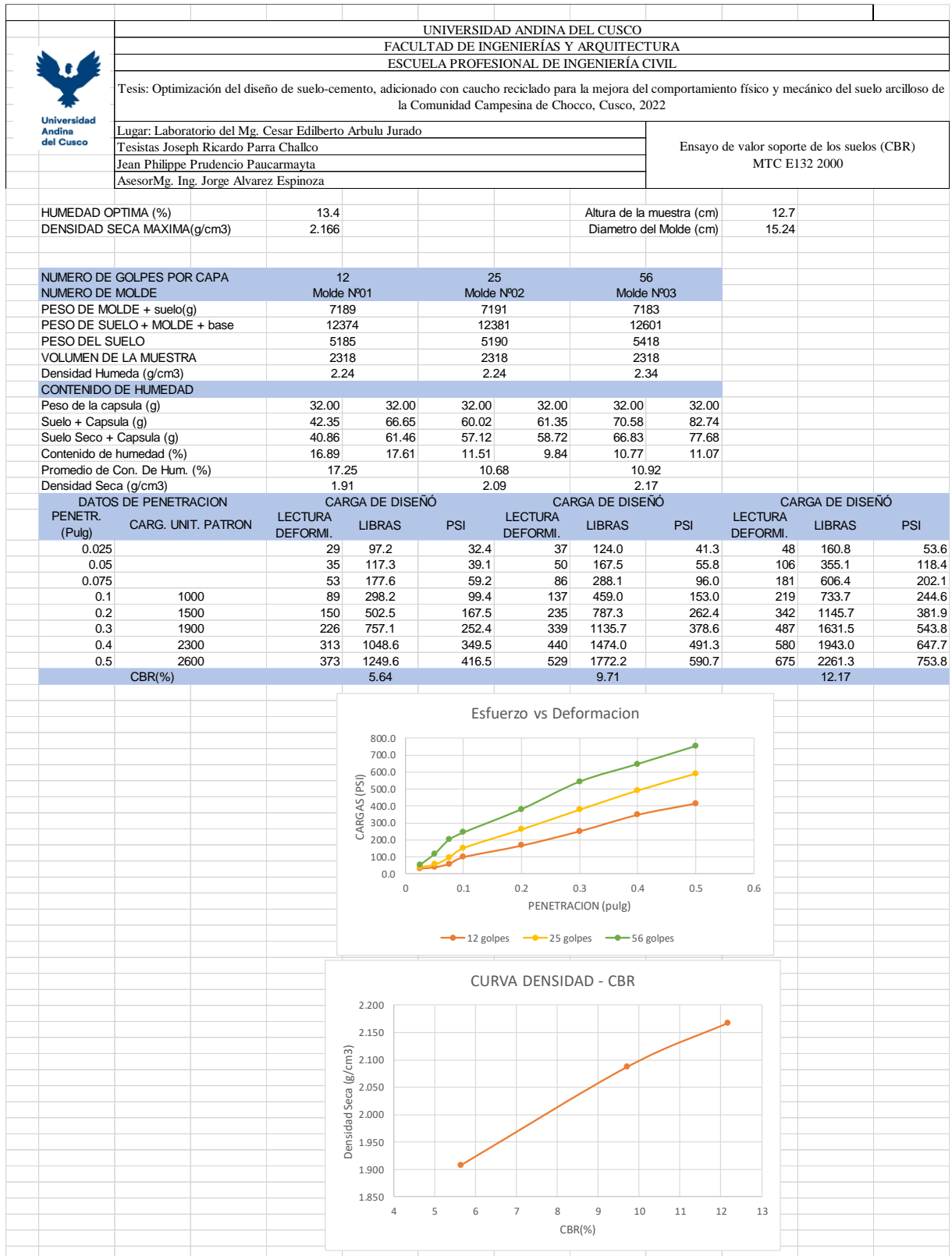
Figura 74: Resultados CBR1 4% Caucho 4% Cemento



Fuente: Propia



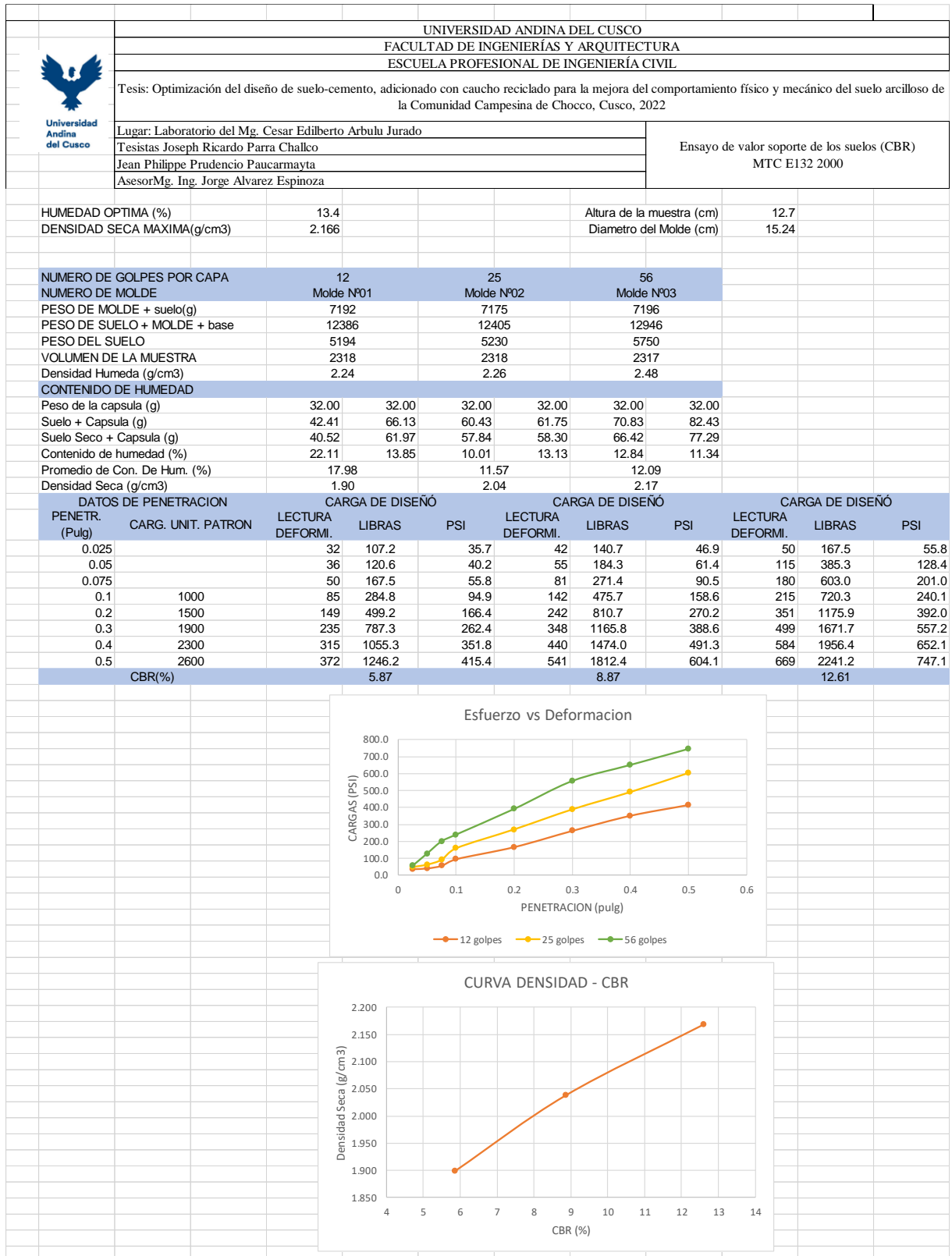
Figura 75: Resultados CBR2 4% Caucho 4% Cemento



Fuente: Propia



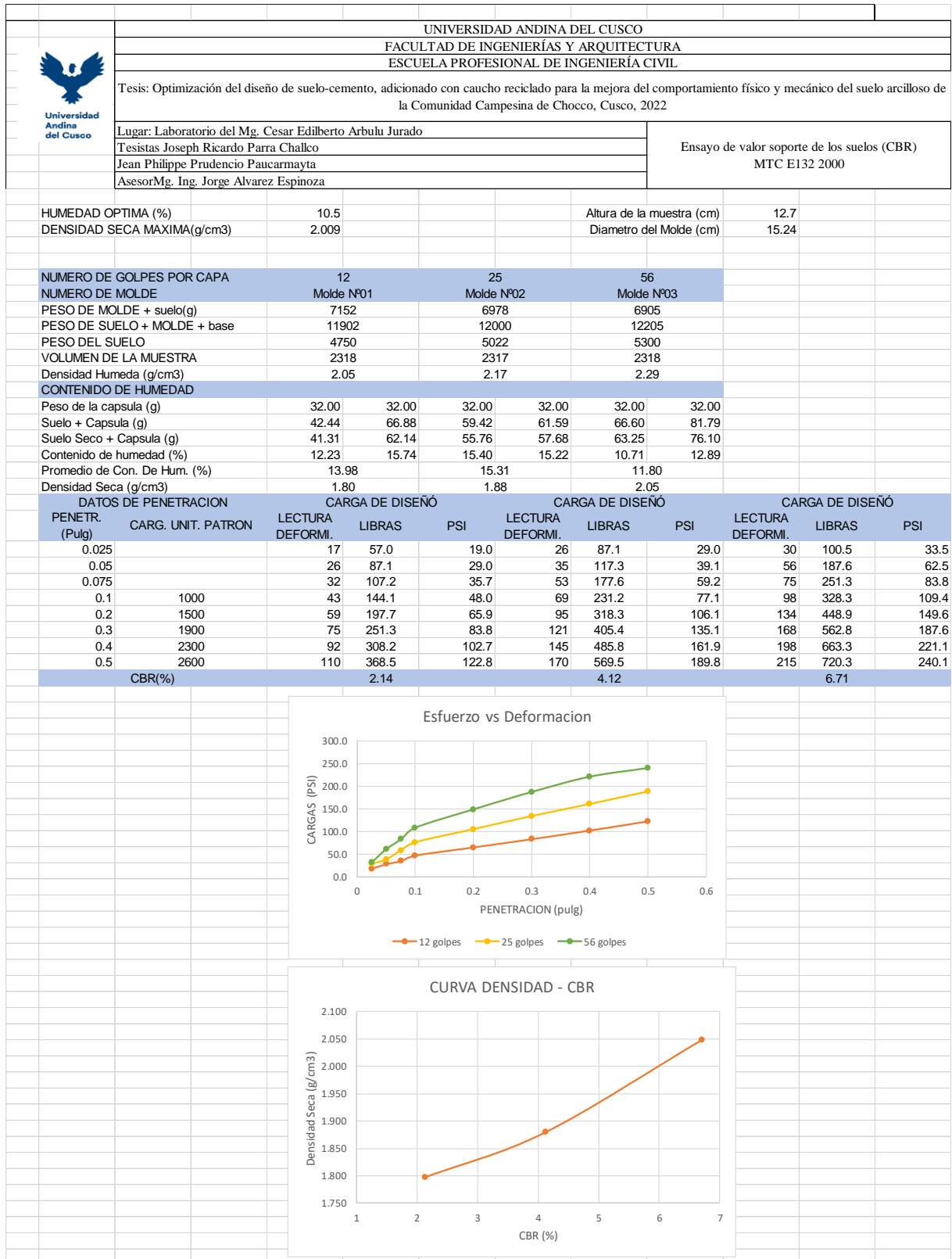
Figura 76: Resultados CBR3 4% Caucho 4% Cemento



Fuente: Propia



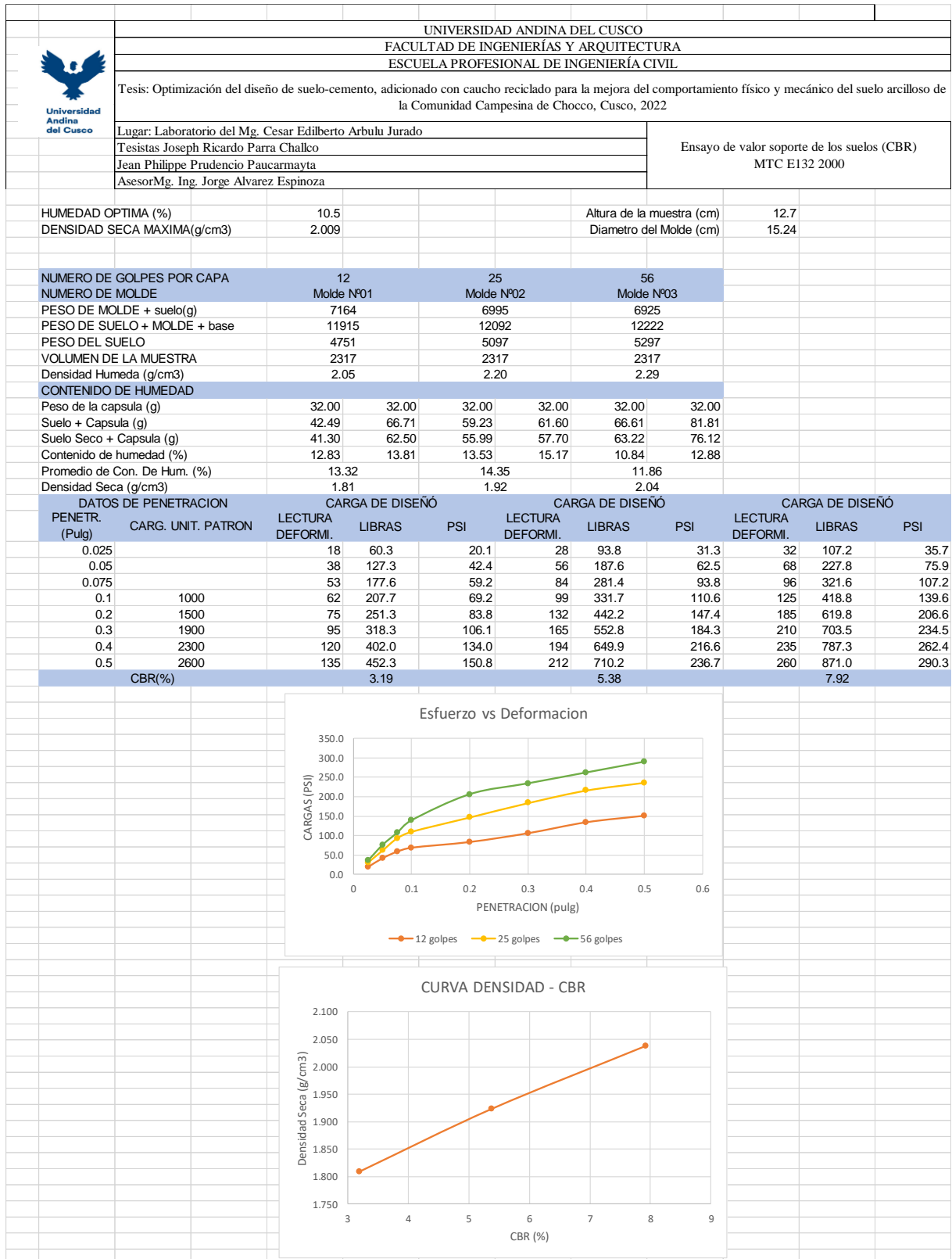
Figura 77: Resultados CBR1 6% Caucho 0% Cemento



Fuente: Propia



Figura 78: Resultados CBR2 6% Caucho 0% Cemento



Fuente: Propia



Figura 79: Resultados CBR3 6% Caucho 0% Cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA											
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL											
Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022											
Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado								Ensayo de valor soporte de los suelos (CBR) MTC E132 2000			
Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco											
Jean Philippe Prudencio Paucarmayta											
AsesorMg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza											
HUMEDAD OPTIMA (%)	10.5				Altura de la muestra (cm)		12.7				
DENSIDAD SECA MAXIMA(g/cm3)	2.009				Diametro del Molde (cm)		15.24				
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56						
NUMERO DE MOLDE	Molde Nº01		Molde Nº02		Molde Nº03						
PESO DE MOLDE + suelo(g)	7160		6987		6932						
PESO DE SUELO + MOLDE + base	11911		12087		12189						
PESO DEL SUELO	4751		5100		5257						
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2317		2318		2317						
Densidad Humeda (g/cm3)	2.05		2.20		2.27						
CONTENIDO DE HUMEDAD											
Peso de la capsula (g)	32.00		32.00		32.00		32.00		32.00		
Suelo + Capsula (g)	42.49		66.58		59.13		61.44		66.39		
Suelo Seco + Capsula (g)	41.24		62.29		55.78		57.38		63.06		
Contenido de humedad (%)	13.46		14.16		14.07		15.97		10.72		
Promedio de Con. De Hum. (%)	13.81		15.02		11.61						
Densidad Seca (g/cm3)	1.80		1.91		2.11						
DATOS DE PENETRACION			CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO		
PENETR. (Pulg)	CARG. UNIT. PATRON	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	
0.025		15	50.3	16.8	23	77.1	25.7	28	93.8	31.3	
0.05		23	77.1	25.7	38	127.3	42.4	54	180.9	60.3	
0.075		33	110.6	36.9	55	184.3	61.4	78	261.3	87.1	
0.1	1000	45	150.8	50.3	71	237.9	79.3	95	318.3	106.1	
0.2	1500	60	201.0	67.0	92	308.2	102.7	134	448.9	149.6	
0.3	1900	76	254.6	84.9	120	402.0	134.0	170	569.5	189.8	
0.4	2300	95	318.3	106.1	148	495.8	165.3	200	670.0	223.3	
0.5	2600	112	375.2	125.1	176	589.6	196.5	221	740.4	246.8	
CBR(%)			3.89			5.32			7.63		

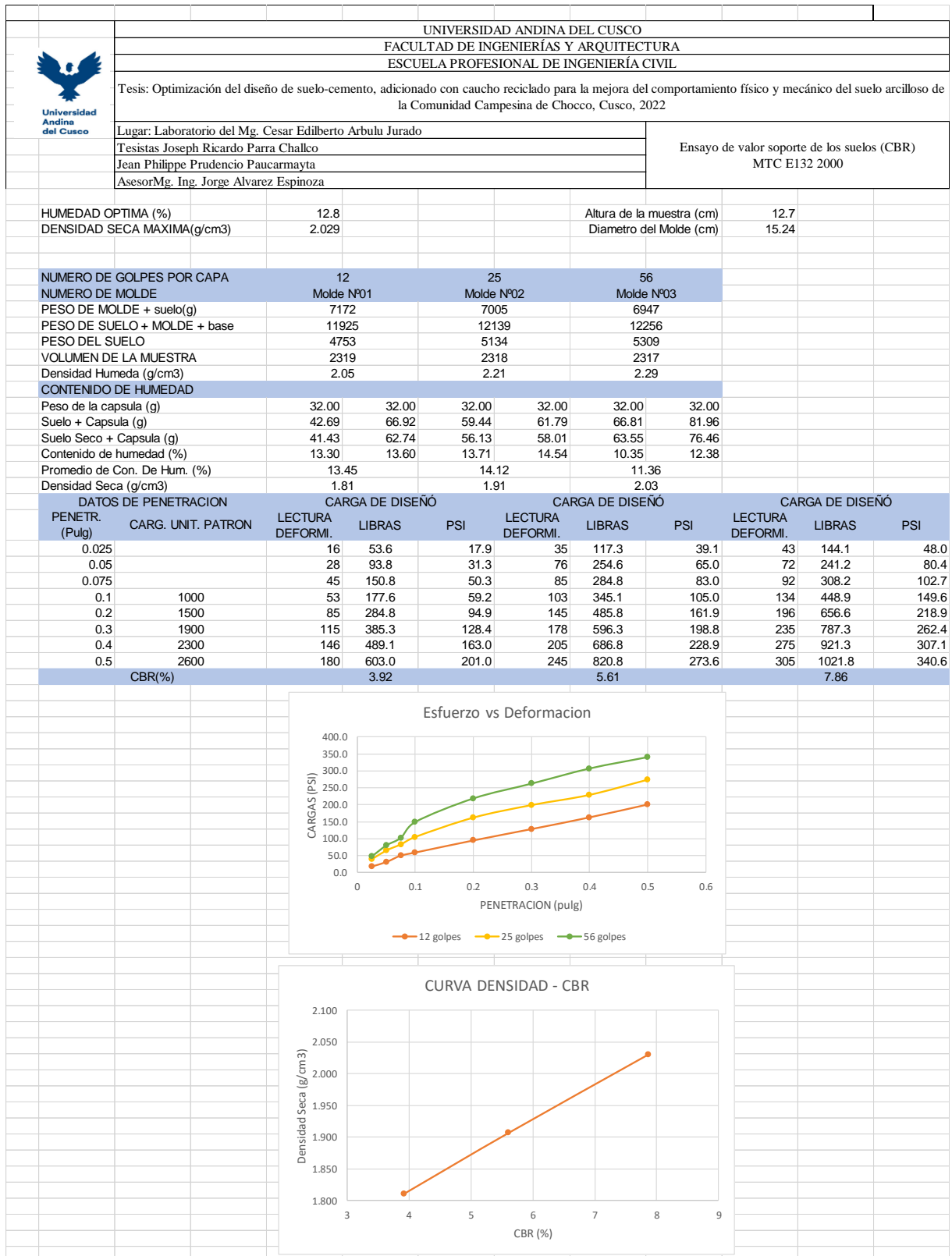
Esfuerzo vs Deformacion

CURVA DENSIDAD - CBR

Fuente: Propia



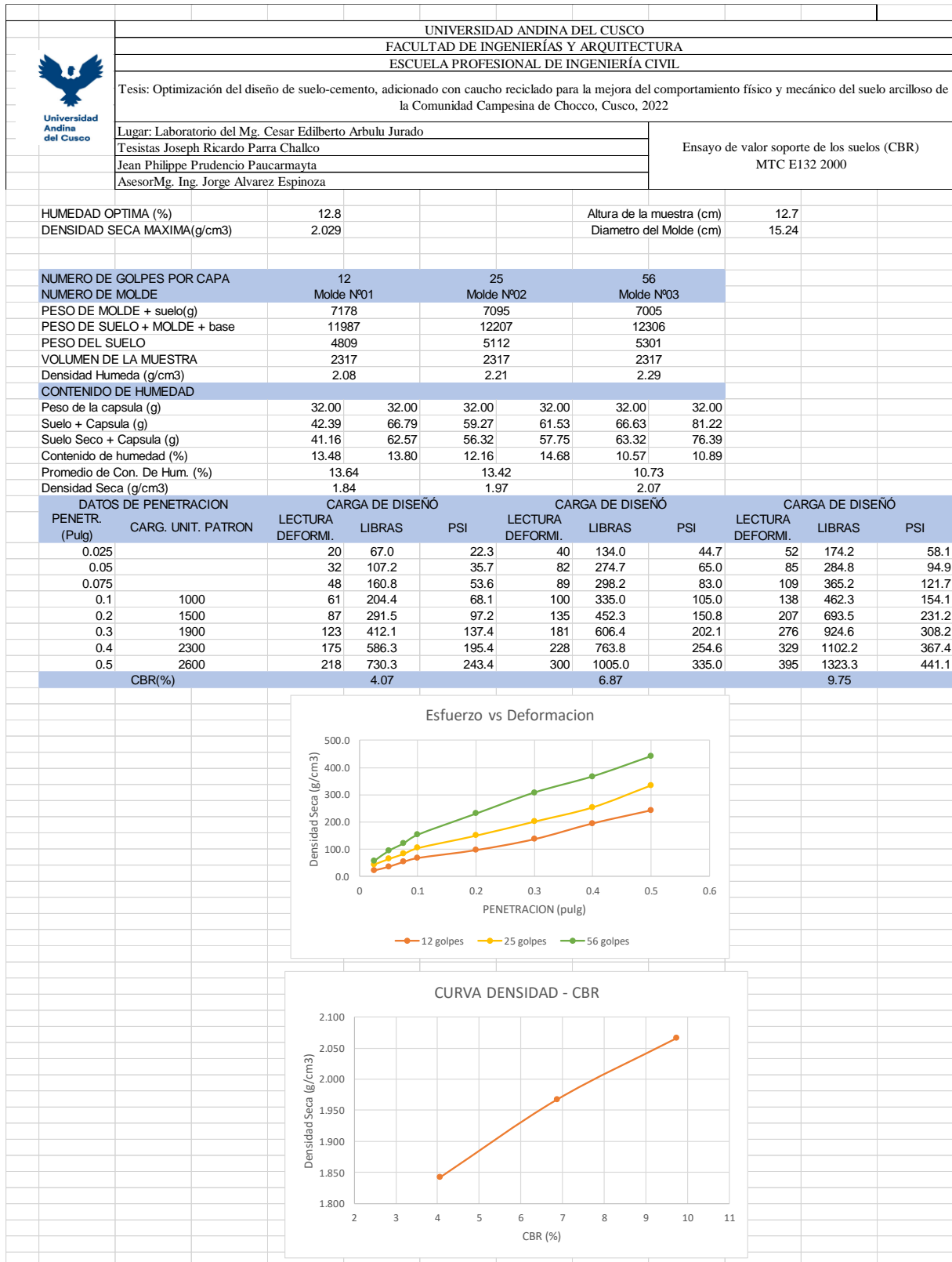
Figura 80: Resultados CBR1 6% Caucho 2% Cemento



Fuente: Propia



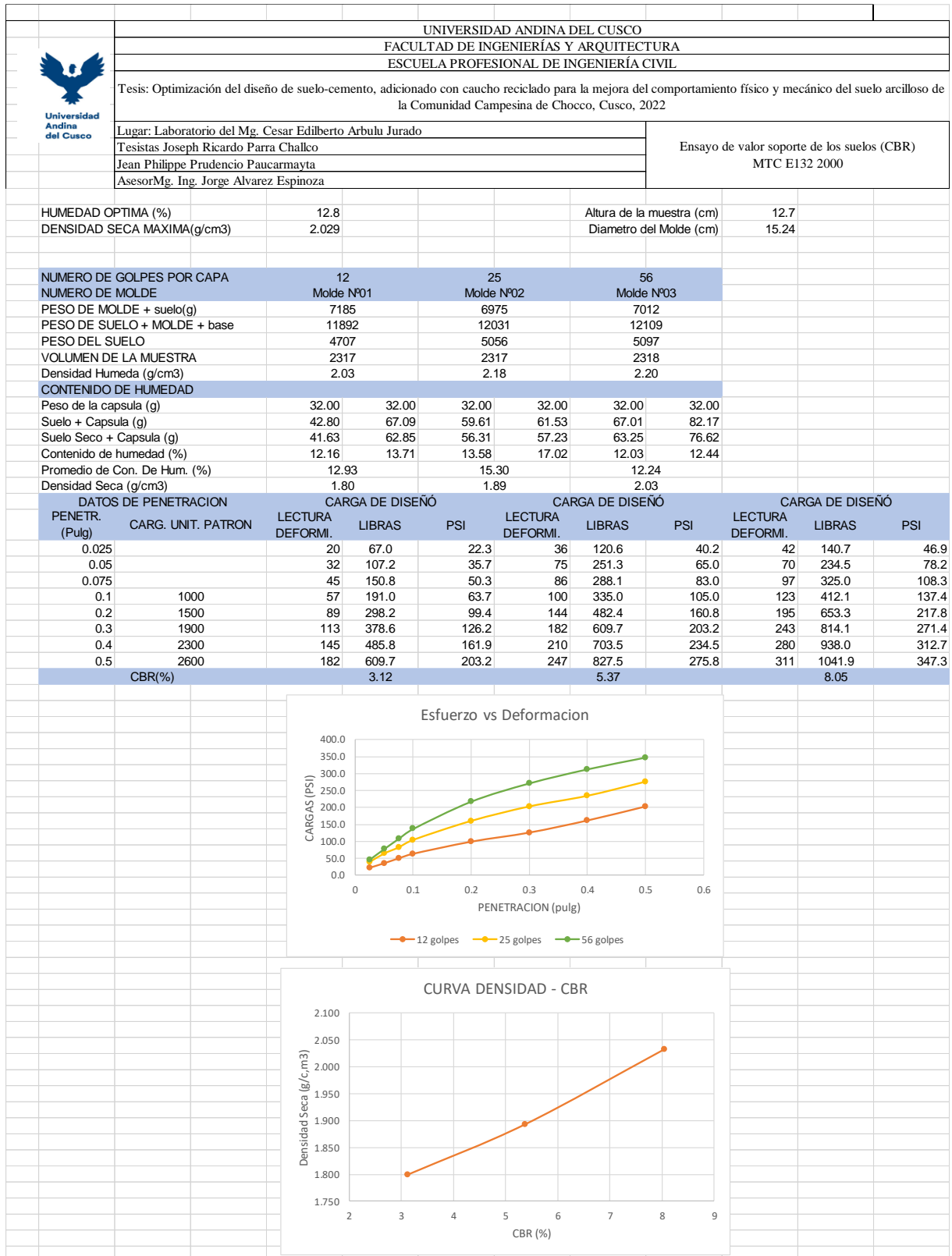
Figura 81: Resultados CBR2 6% Caucho 2% Cemento



Fuente: Propia



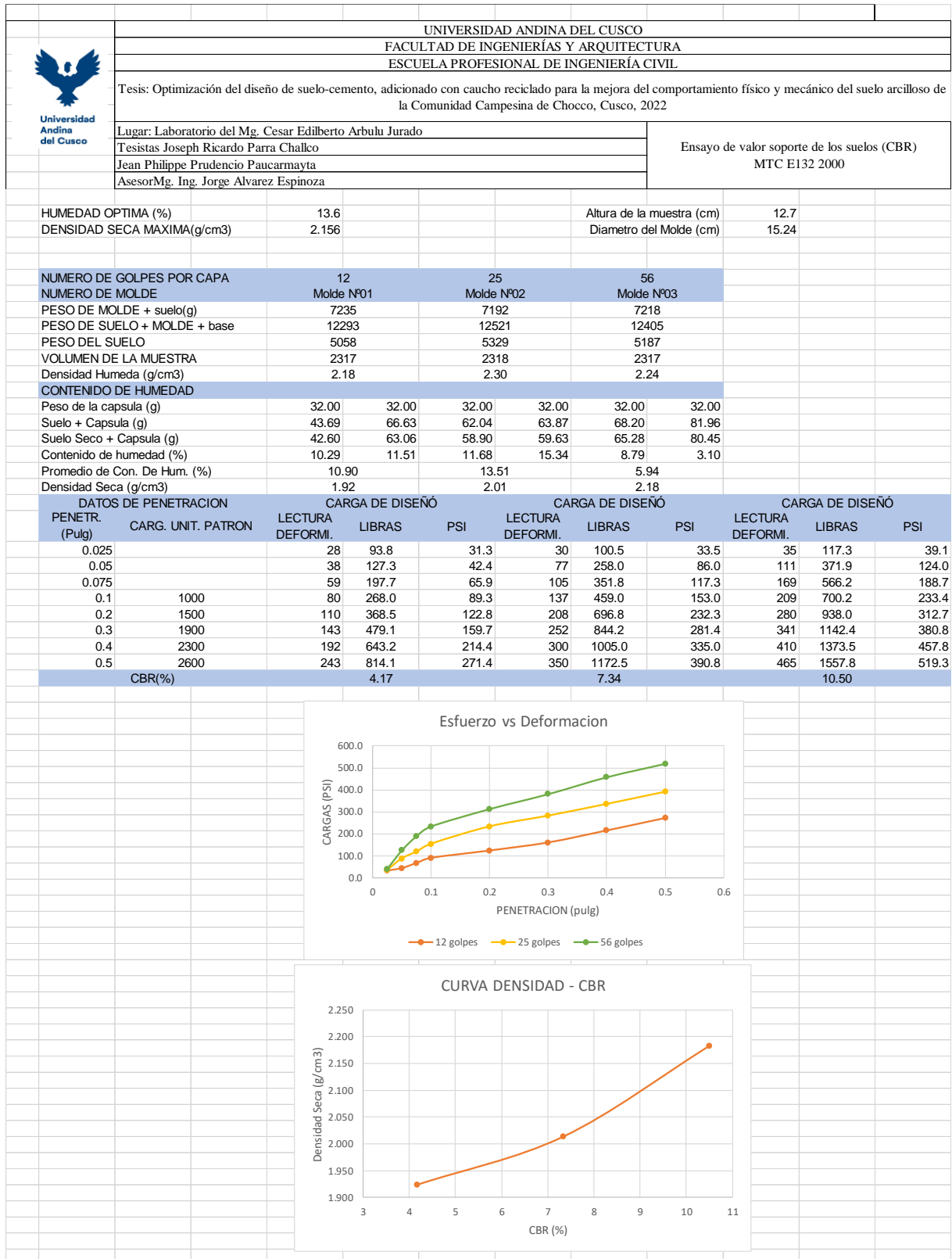
Figura 82: Resultados CBR3 6% Caucho 2% Cemento



Fuente: Propia



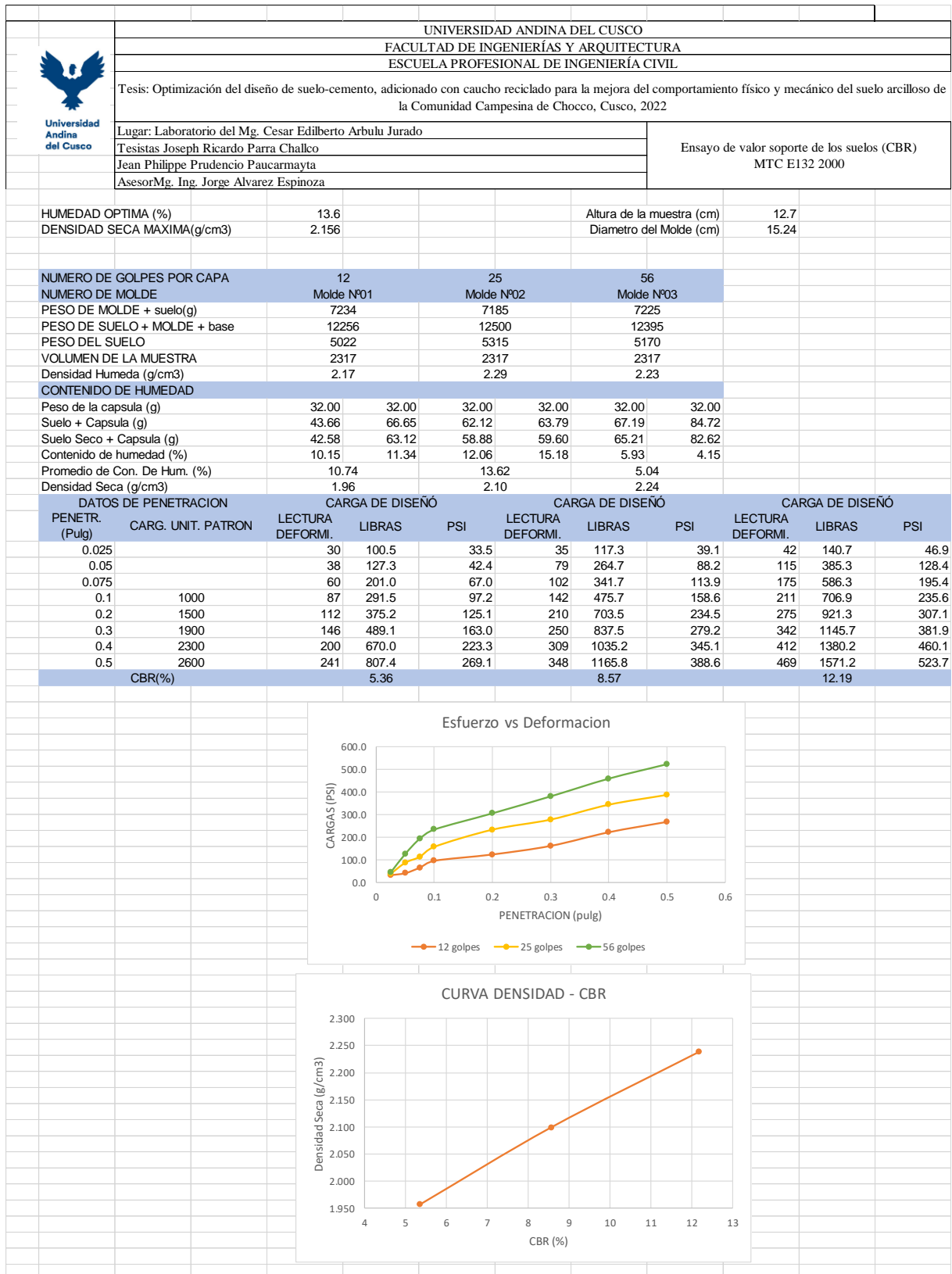
Figura 83: Resultados CBR1 6% Caucho 4% Cemento



Fuente: Propia



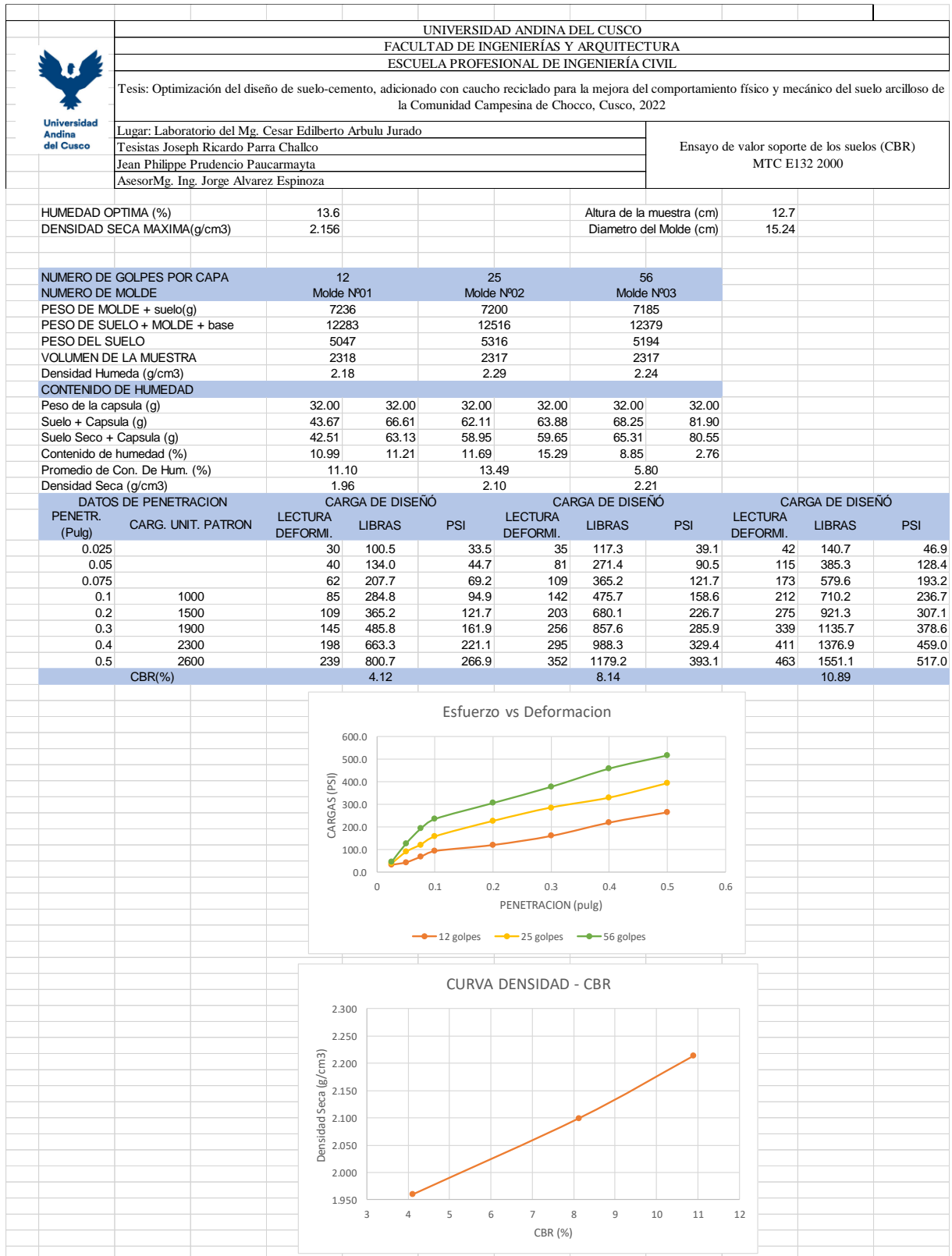
Figura 84: Resultados CBR2 6% Caucho 4% Cemento



Fuente: Propia



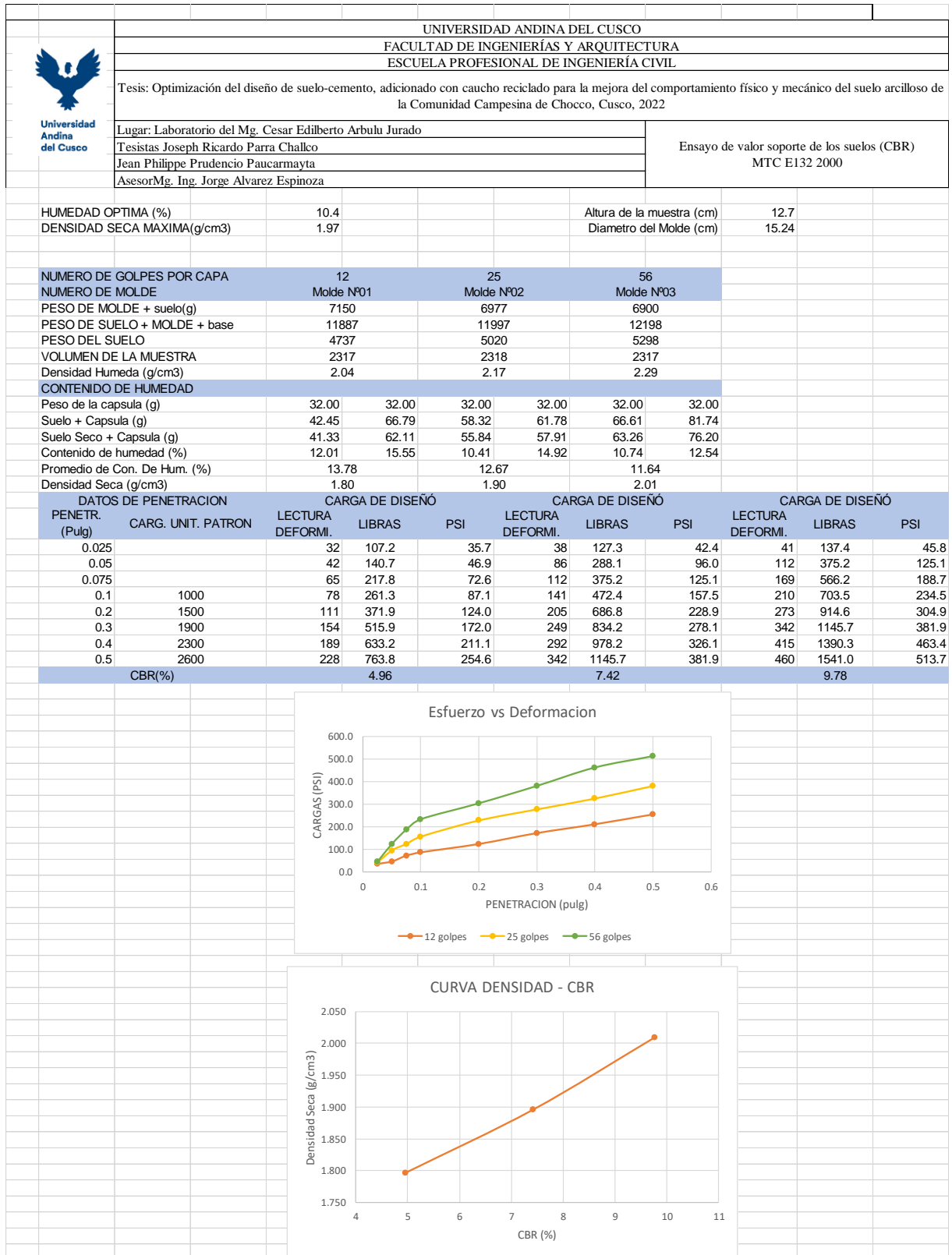
Figura 85: Resultados CBR3 6% Caucho 4% Cemento



Fuente: Propia



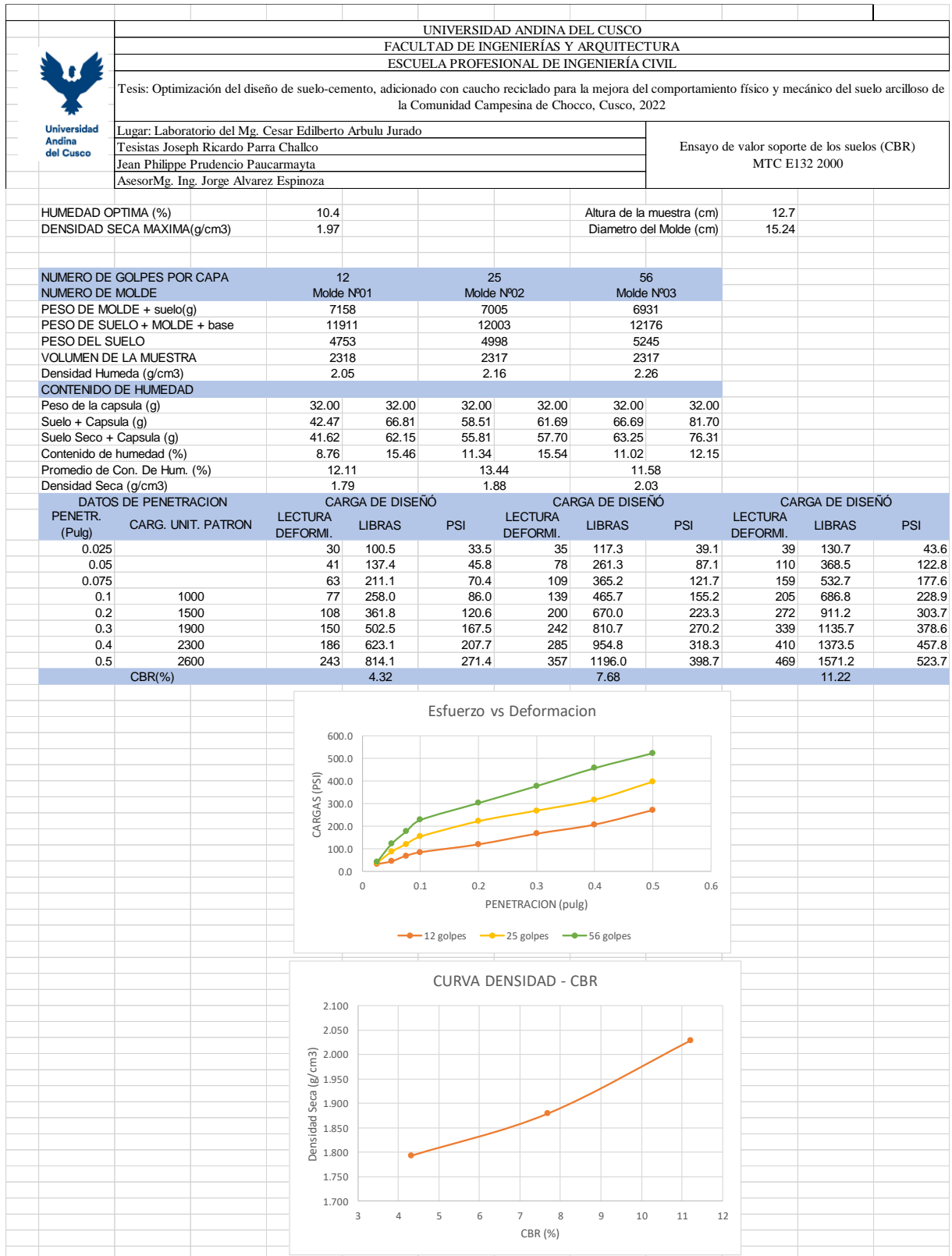
Figura 86: Resultados CBR1 8% Caucho 0% Cemento



Fuente: Propia



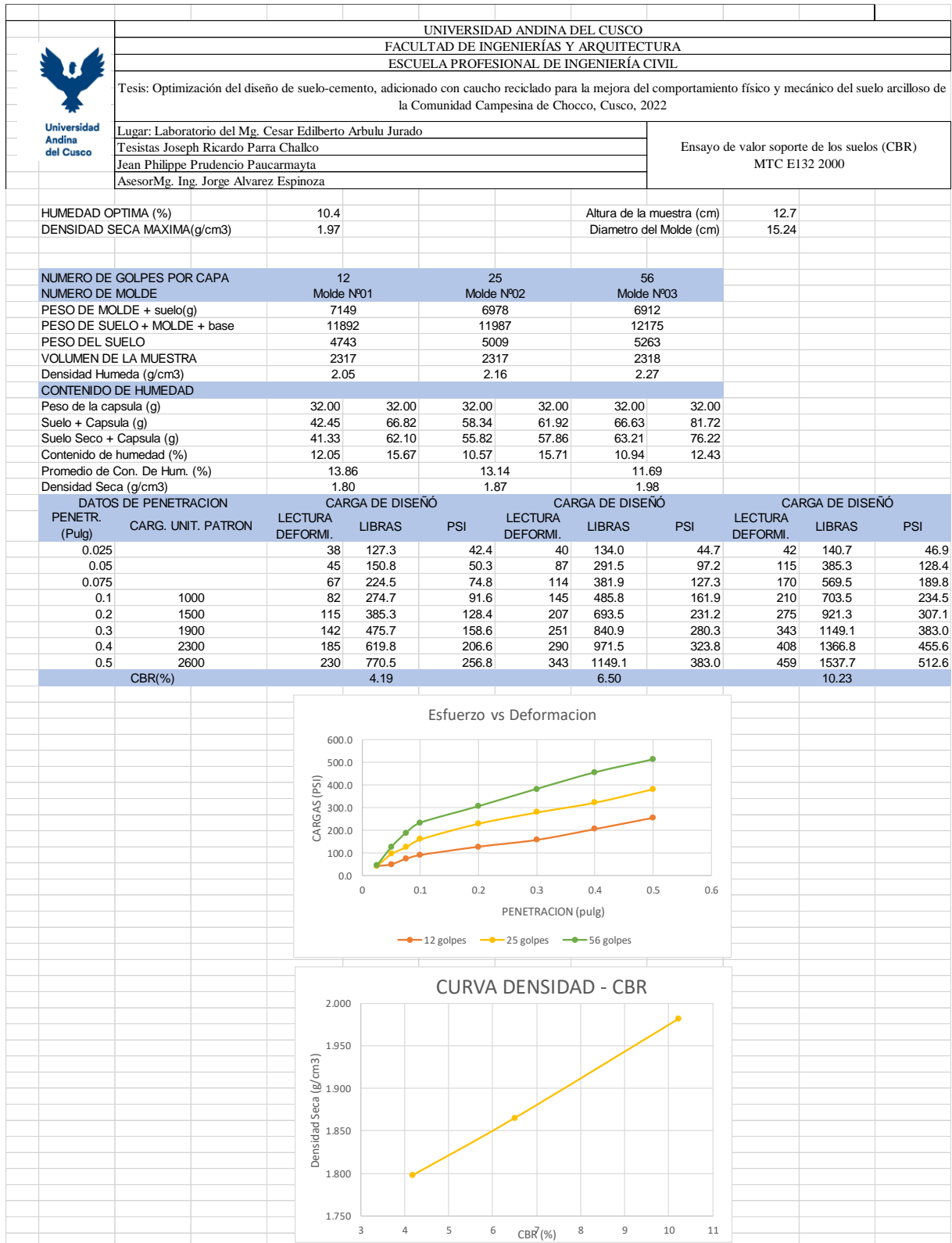
Figura 87: Resultados CBR2 8% Caucho 0% Cemento



Fuente: Propia



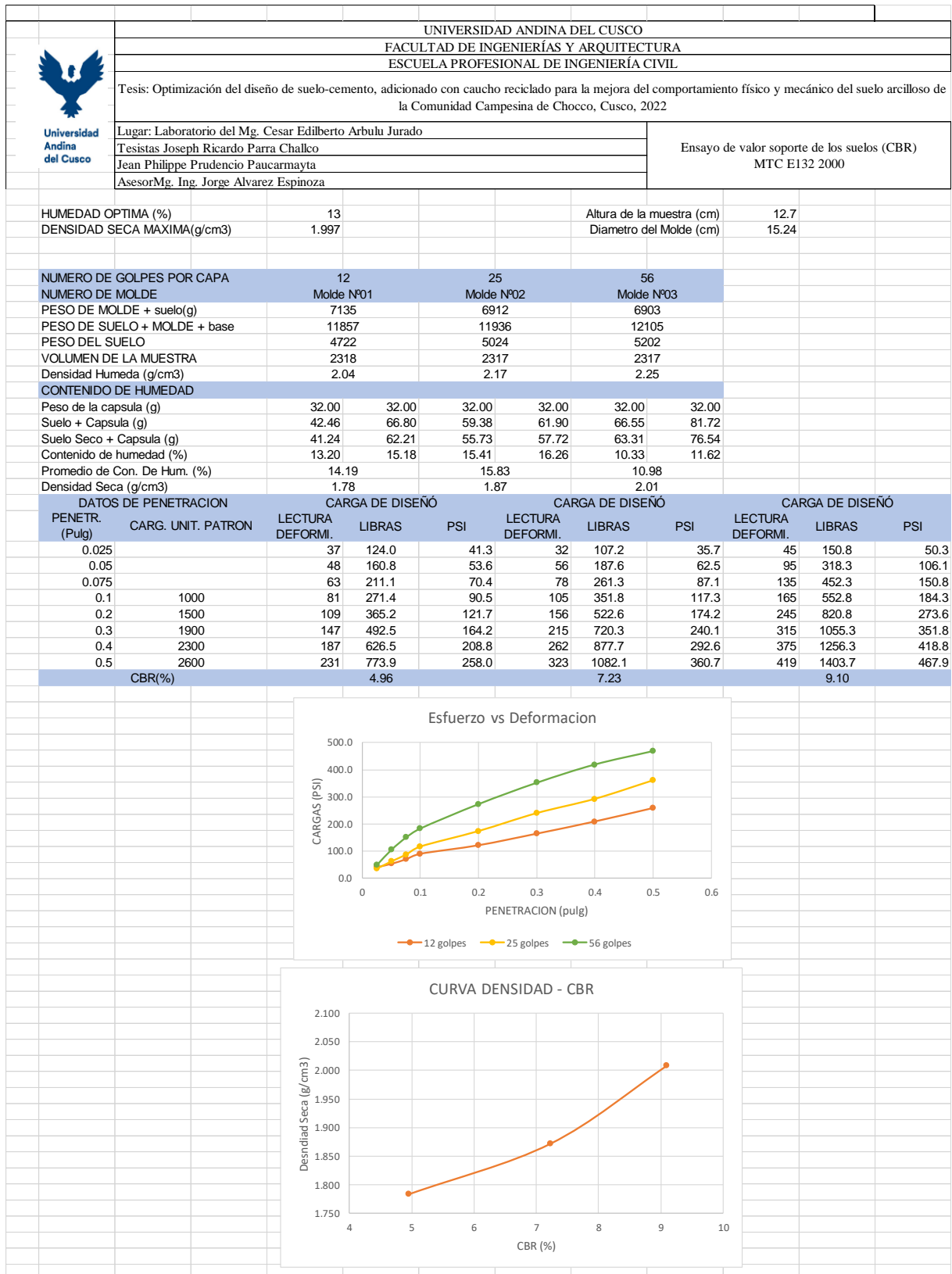
Figura 88: Resultados CBR3 8% Caucho 0% Cemento



Fuente: Propia



Figura 89: Resultados CBR1 8% Caucho 2% Cemento



Fuente: Propia



Figura 90: Resultados CBR2 8% Caucho 2% Cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO												
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA												
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL												
Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022												
Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado								Ensayo de valor soporte de los suelos (CBR) MTC E132 2000				
Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco												
Jean Philippe Prudencio Paucarmayta												
Asesor Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza												
HUMEDAD OPTIMA (%)	13			Altura de la muestra (cm)			12.7					
DENSIDAD SECA MAXIMA(g/cm3)	1.997			Diametro del Molde (cm)			15.24					
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12			25			56					
NUMERO DE MOLDE	Molde Nº01			Molde Nº02			Molde Nº03					
PESO DE MOLDE + suelo(g)	7141			6974			6983					
PESO DE SUELO + MOLDE + base	11862			11942			12105					
PESO DEL SUELO	4721			4968			5122					
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2317			2317			2318					
Densidad Humeda (g/cm3)	2.04			2.14			2.21					
CONTENIDO DE HUMEDAD												
Peso de la capsula (g)	32.00			32.00			32.00			32.00		
Suelo + Capsula (g)	42.41			66.75			58.42			62.07		
Suelo Seco + Capsula (g)	41.51			62.22			55.68			57.79		
Contenido de humedad (%)	9.50			14.98			11.53			16.63		
Promedio de Con. De Hum. (%)	12.24			14.08			10.90					
Densidad Seca (g/cm3)	1.82			1.89			2.02					
DATOS DE PENETRACION												
PENETR. (Pulg)		CARG. UNIT. PATRON		LECTURA DEFORMI.			LIBRAS			PSI		
0.025				27			90.5			30.2		
0.05				38			127.3			42.4		
0.075				60			201.0			67.0		
0.1		1000		83			278.1			92.7		
0.2		1500		118			395.3			131.8		
0.3		1900		149			499.2			166.4		
0.4		2300		193			646.6			215.5		
0.5		2600		235			787.3			262.4		
CBR(%)				3.98			7.26			9.87		

Penetración (pulg)	12 golpes (PSI)	25 golpes (PSI)	56 golpes (PSI)
0.025	30.2	90.5	27
0.05	42.4	127.3	38
0.075	67.0	201.0	60
0.1	92.7	278.1	83
0.2	131.8	395.3	118
0.3	166.4	499.2	149
0.4	215.5	646.6	193
0.5	262.4	787.3	235

CBR (%)	Densidad Seca (g/cm3)
3.98	1.82
7.26	1.89
9.87	2.02

Fuente: Propia



Figura 91: Resultados CBR3 8% Caucho 2% Cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO												
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA												
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL												
Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022												
Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado						Ensayo de valor soporte de los suelos (CBR) MTC E132 2000						
Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco												
Jean Philippe Prudencio Paucarmayta												
Asesor Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza												
HUMEDAD OPTIMA (%)	13					Altura de la muestra (cm)	12.7					
DENSIDAD SECA MAXIMA(g/cm3)	1.997					Diametro del Molde (cm)	15.24					
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12			25			56					
NUMERO DE MOLDE	Molde Nº01			Molde Nº02			Molde Nº03					
PESO DE MOLDE + suelo(g)	7137			6921			6912					
PESO DE SUELO + MOLDE + base	11908			11893			12098					
PESO DEL SUELO	4771			4972			5186					
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2317			2318			2317					
Densidad Humeda (g/cm3)	2.06			2.14			2.24					
CONTENIDO DE HUMEDAD												
Peso de la capsula (g)	32.00		32.00		32.00		32.00		32.00		32.00	
Suelo + Capsula (g)	42.47		66.63		59.30		61.91		66.61		81.82	
Suelo Seco + Capsula (g)	41.20		62.20		55.73		57.40		63.39		77.25	
Contenido de humedad (%)	13.79		14.65		15.03		17.77		10.27		10.10	
Promedio de Con. De Hum. (%)	14.22				16.40				10.18			
Densidad Seca (g/cm3)	1.80				1.91				2.00			
DATOS DE PENETRACION			CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO			
PENETR. (Pulg)	CARG. UNIT. PATRON	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI		
0.025		30	100.5	33.5	35	117.3	39.1	44	147.4	49.1		
0.05		42	140.7	46.9	57	191.0	63.7	92	308.2	102.7		
0.075		67	224.5	74.8	80	268.0	89.3	137	459.0	153.0		
0.1	1000	80	268.0	89.3	101	338.4	112.8	162	542.7	180.9		
0.2	1500	103	345.1	115.0	157	526.0	175.3	248	830.8	276.9		
0.3	1900	145	485.8	161.9	218	730.3	243.4	316	1058.6	352.9		
0.4	2300	182	609.7	203.2	260	871.0	290.3	370	1239.5	413.2		
0.5	2600	229	767.2	255.7	325	1088.8	362.9	421	1410.4	470.1		
CBR(%)			5.12			7.35			9.13			

Esfuerzo vs Deformacion

Penetración (pulg)	12 golpes (PSI)	25 golpes (PSI)	56 golpes (PSI)
0.025	33.5	35	39.1
0.05	46.9	57	63.7
0.075	74.8	80	89.3
0.1	89.3	101	112.8
0.2	115.0	157	175.3
0.3	161.9	218	243.4
0.4	203.2	260	290.3
0.5	255.7	325	362.9

CURVA DENSIDAD - CBR

CBR(%)	12 golpes (PSI)	25 golpes (PSI)	56 golpes (PSI)
5.12	180.9	191.0	203.2
7.35	203.2	218	243.4
9.13	243.4	260	290.3

Fuente: Propia



Figura 92: Resultados CBR1 8% Caucho 4% Cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO										
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA										
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL										
Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022										
Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado						Ensayo de valor soporte de los suelos (CBR) MTC E132 2000				
Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco										
Jean Philippe Prudencio Paucarmayta										
Asesor Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza										
HUMEDAD OPTIMA (%)	13.01					Altura de la muestra (cm)	12.7			
DENSIDAD SECA MAXIMA(g/cm3)	2.074					Diametro del Molde (cm)	15.24			
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12			25			56			
NUMERO DE MOLDE	Molde Nº01			Molde Nº02			Molde Nº03			
PESO DE MOLDE + suelo(g)	7102			7098			7124			
PESO DE SUELO + MOLDE + base	11852			11945			12008			
PESO DEL SUELO	4750			4847			4884			
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2317			2317			2318			
Densidad Humeda (g/cm3)	2.05			2.09			2.11			
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Peso de la capsula (g)	32.00			32.00			32.00			
Suelo + Capsula (g)	42.58			66.51			59.12			
Suelo Seco + Capsula (g)	41.20			62.44			56.57			
Contenido de humedad (%)	14.97			13.40			10.35			
Promedio de Con. De Hum. (%)	14.18			12.31			8.68			
Densidad Seca (g/cm3)	1.80			1.92			2.10			
DATOS DE PENETRACION		CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO		
PENETR. (Pulg)	CARG. UNIT. PATRON	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI
0.025		25	83.8	27.9	31	103.9	34.6	38	127.3	42.4
0.05		32	107.2	35.7	46	154.1	51.4	70	234.5	78.2
0.075		48	160.8	53.6	70	234.5	78.2	96	321.6	107.2
0.1	1000	65	217.8	72.6	88	294.8	98.3	113	378.6	126.2
0.2	1500	100	335.0	111.7	149	499.2	166.4	195	653.3	217.8
0.3	1900	143	479.1	159.7	206	690.1	230.0	269	901.2	300.4
0.4	2300	178	596.3	198.8	245	820.8	273.6	339	1135.7	378.6
0.5	2600	220	737.0	245.7	303	1015.1	338.4	404	1353.4	451.1
CBR(%)		3.48			5.61			9.24		

Penetración (pulg)	12 golpes (PSI)	25 golpes (PSI)	56 golpes (PSI)
0.025	27.9	34.6	42.4
0.05	35.7	51.4	78.2
0.075	53.6	78.2	107.2
0.1	72.6	98.3	126.2
0.2	111.7	166.4	217.8
0.3	159.7	230.0	300.4
0.4	198.8	273.6	378.6
0.5	245.7	338.4	451.1

CBR (%)	Densidad Seca (g/cm3)
3.48	1.80
5.61	1.92
9.24	2.10

Fuente: Propia



Figura 93: Resultados CBR2 8% Caucho 4% Cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO															
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA															
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL															
Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022															
Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado						Ensayo de valor soporte de los suelos (CBR) MTC E132 2000									
Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco															
Jean Philippe Prudencio Paucarmayta															
Asesor Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza															
HUMEDAD OPTIMA (%)				13.01				Altura de la muestra (cm)				12.7			
DENSIDAD SECA MAXIMA(g/cm3)				2.074				Diametro del Molde (cm)				15.24			
NUMERO DE GOLPES POR CAPA			12			25			56						
NUMERO DE MOLDE			Molde Nº01			Molde Nº02			Molde Nº03						
PESO DE MOLDE + suelo(g)			7142			7024			7109						
PESO DE SUELO + MOLDE + base			11913			11903			12105						
PESO DEL SUELO			4771			4879			4996						
VOLUMEN DE LA MUESTRA			2318			2317			2317						
Densidad Humeda (g/cm3)			2.06			2.11			2.16						
CONTENIDO DE HUMEDAD															
Peso de la capsula (g)			32.00			32.00			32.00			32.00			
Suelo + Capsula (g)			42.54			66.49			59.12			61.56			
Suelo Seco + Capsula (g)			41.20			62.47			56.95			57.91			
Contenido de humedad (%)			14.62			13.18			8.69			14.08			
Promedio de Con. De Hum. (%)			13.90			11.39			8.65			2.10			
Densidad Seca (g/cm3)			1.81			1.95			2.10						
DATOS DE PENETRACION			CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO						
PENETR. (Pulg)		CARG. UNIT. PATRON		LECTURA DEFORMI.		LIBRAS		PSI		LECTURA DEFORMI.		LIBRAS		PSI	
0.025				28		93.8		31.3		30		100.5		33.5	
0.05				40		134.0		44.7		55		184.3		61.4	
0.075				65		217.8		72.6		79		264.7		88.2	
0.1		1000		73		244.6		81.5		115		385.3		128.4	
0.2		1500		100		335.0		111.7		155		519.3		173.1	
0.3		1900		141		472.4		157.5		208		696.8		232.3	
0.4		2300		179		599.7		199.9		255		854.3		284.8	
0.5		2600		225		753.8		251.3		319		1068.7		356.2	
CBR(%)			4.67			7.56			9.35						

Penetración (pulg)	12 golpes (PSI)	25 golpes (PSI)	56 golpes (PSI)
0.025	31.3	30	33.5
0.05	44.7	55	61.4
0.075	72.6	79	88.2
0.1	81.5	115	128.4
0.2	111.7	155	173.1
0.3	157.5	208	232.3
0.4	199.9	255	284.8
0.5	251.3	319	356.2

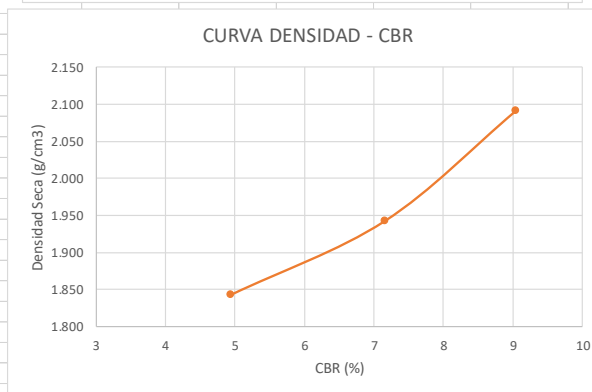
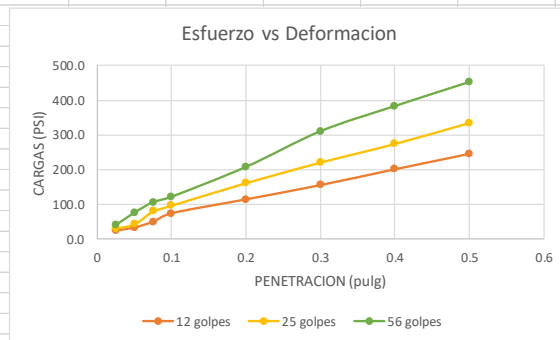
CBR (%)	Densidad Seca (g/cm3)
4.67	1.81
7.56	1.95
9.35	2.10

Fuente: Propia



Figura 94: Resultados CBR3 8% Caucho 4% Cemento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA											
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL											
Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022											
Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado						Ensayo de valor soporte de los suelos (CBR) MTC E132 2000					
Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco											
Jean Philippe Prudencio Paucarmayta											
Asesor Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza											
HUMEDAD OPTIMA (%)				13.01		Altura de la muestra (cm)				12.7	
DENSIDAD SECA MAXIMA(g/cm3)				2.074		Diametro del Molde (cm)				15.24	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA				12		25				56	
NUMERO DE MOLDE				Molde Nº01		Molde Nº02				Molde Nº03	
PESO DE MOLDE + suelo(g)				7113		7125				7143	
PESO DE SUELO + MOLDE + base				11902		11845				11993	
PESO DEL SUELO				4789		4720				4850	
VOLUMEN DE LA MUESTRA				2318		2317				2317	
Densidad Humeda (g/cm3)				2.07		2.04				2.09	
CONTENIDO DE HUMEDAD											
Peso de la capsula (g)				32.00		32.00				32.00	
Suelo + Capsula (g)				42.21		59.21				60.52	
Suelo Seco + Capsula (g)				41.20		57.49				58.00	
Contenido de humedad (%)				11.02		6.76				6.75	
Promedio de Con. De Hum. (%)				12.13		8.22				8.35	
Densidad Seca (g/cm3)				1.84		1.94				2.09	
DATOS DE PENETRACION			CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO			CARGA DE DISEÑO		
PENETR. (Pulg)	CARG. UNIT. PATRON	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	LECTURA DEFORMI.	LIBRAS	PSI	
0.025		22	73.7	24.6	28	93.8	31.3	36	120.6	40.2	
0.05		30	100.5	33.5	39	130.7	43.6	68	227.8	75.9	
0.075		45	150.8	50.3	72	241.2	80.4	95	318.3	106.1	
0.1	1000	67	224.5	74.8	87	291.5	97.2	109	365.2	121.7	
0.2	1500	103	345.1	115.0	145	485.8	161.9	186	623.1	207.7	
0.3	1900	140	469.0	156.3	198	663.3	221.1	278	931.3	310.4	
0.4	2300	181	606.4	202.1	246	824.1	274.7	343	1149.1	383.0	
0.5	2600	221	740.4	246.8	300	1005.0	335.0	405	1356.8	452.3	
CBR(%)			4.95			7.15			9.04		



Fuente: Propia



3.7.5. Ensayo de Capilaridad

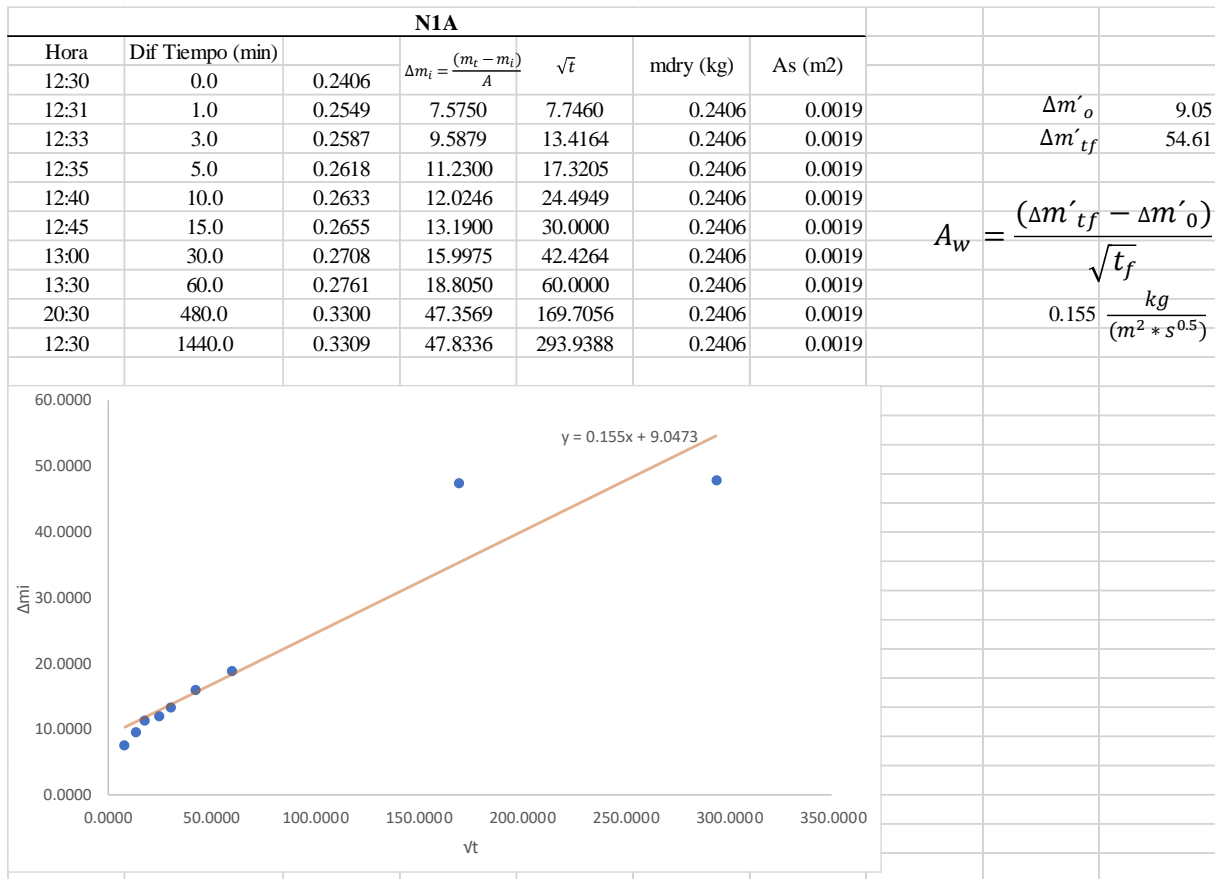
Tabla 6: Datos de capilaridad (Pesaje Según tiempo)

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																	
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA																	
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL																	
Tesis: Optimización de diseño de suelo cemento adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco																	
Lugar: Laboratorio del Mg. Ing. Cesar Edilberto Arbulu Jurado																	
Tesistas		Joseph Ricardo Parra Chalco														Fecha:	28/10/2022
Asesor		Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza															
28/10/2022																	
Día	Hora	Dif Tiempo (min)	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15
28/10/2022	12:30	0.0	240.6	236.5	193.4	205.2	229.7	188.0	215.3	196.0	225.9	226.6	197.2	204.7	234.5	193.9	211.3
28/10/2022	12:31	1.0	254.9	254.5	215.7	223.4	238.9	208.6	227.9	211.0	234.2	236.6	208.2	220.4	247.1	199.2	225.1
28/10/2022	12:33	3.0	258.7	259.0	219.5	228.8	241.0	212.3	230.8	215.1	240.7	240.3	213.3	224.3	251.5	202.6	230.8
28/10/2022	12:35	5.0	261.8	262.6	222.5	231.6	246.0	215.4	232.1	217.5	242.0	243.2	215.5	226.4	253.2	204.7	232.4
28/10/2022	12:40	10.0	263.3	264.4	224.1	234.8	246.4	217.3	234.3	218.1	244.3	244.7	218.4	229.1	255.5	205.9	237.9
28/10/2022	12:45	15.0	265.5	267.4	225.7	237.2	249.2	219.0	235.9	219.1	249.3	247.0	223.6	231.1	257.1	207.7	240.2
28/10/2022	13:00	30.0	270.8	272.4	230.4	243.3	259.6	224.0	240.8	223.0	259.9	251.7	228.1	236.5	261.7	210.7	244.9
28/10/2022	13:30	60.0	276.1	277.5	236.0	249.0	264.7	230.1	246.2	228.3	265.3	256.2	233.7	242.1	265.9	215.9	249.2
28/10/2022	20:30	480.0	330.0	326.0	265.0	287.0	290.2	253.0	285.0	261.0	290.0	308.0	267.0	275.0	319.0	258.0	286.3
29/10/2022	12:30	1440.0	330.9	327.2	266.3	288.1	300.7	254.2	286.3	262.5	291.1	309.2	268.6	276.2	320.5	259.2	287.2
30/10/2022																	
Día	Hora	Dif Tiempo (min)	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15
30/10/2022	12:30	0.0	240.8	236.3	193.4	205.5	230.0	187.9	215.4	196.0	225.6	226.4	197.6	204.9	234.6	193.9	211.2
30/10/2022	12:31	1.0	255.0	254.4	216.1	223.7	238.9	209.0	227.6	210.8	234.2	236.9	207.9	220.8	247.3	199.5	225.2
30/10/2022	12:33	3.0	258.9	259.4	219.8	228.8	241.0	212.1	230.6	215.5	247.1	240.7	213.5	224.1	251.6	202.5	230.5
30/10/2022	12:35	5.0	261.7	262.8	222.5	231.8	245.9	215.6	232.4	217.9	252.3	243.2	215.2	226.8	253.3	204.9	232.4
30/10/2022	12:40	10.0	263.1	264.7	223.9	235.1	246.4	217.1	234.3	218.3	254.6	244.8	218.7	228.9	255.7	205.9	238.0
30/10/2022	12:45	15.0	265.4	267.3	225.9	237.2	259.6	219.4	236.0	219.3	259.5	246.9	223.3	231.2	257.0	207.4	240.2
30/10/2022	13:00	30.0	271.0	272.7	230.7	243.2	259.8	223.8	241.2	223.2	260.3	251.7	227.9	236.6	261.4	210.5	244.8
30/10/2022	13:30	60.0	276.0	277.9	235.9	248.7	264.5	230.2	246.5	228.2	265.3	256.2	233.9	241.8	265.6	215.7	249.3
30/10/2022	20:30	480.0	329.9	326.4	265.3	286.7	290.2	253.0	285.0	260.7	289.7	307.9	266.9	274.7	319.2	257.8	286.3
31/10/2022	12:30	1440.0	331.0	327.2	266.0	288.0	300.8	254.5	286.4	262.4	290.8	309.3	268.6	276.2	320.3	259.2	287.0
03/11/2022																	
Día	Hora	Dif Tiempo (min)	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15
03/11/2022	12:30	0.0	240.3	236.2	193.7	205.1	229.8	188.2	215.5	195.9	226.0	227.0	196.9	204.8	234.8	194.0	211.4
03/11/2022	12:31	1.0	254.6	254.2	215.9	223.7	239.3	208.5	228.0	211.2	234.4	236.5	208.1	220.3	247.1	199.4	225.1
03/11/2022	12:33	3.0	258.6	259.1	219.7	229.2	243.5	212.4	231.2	215.3	238.4	240.1	213.5	224.6	251.3	202.8	230.8
03/11/2022	12:35	5.0	261.9	262.5	222.3	231.4	255.8	215.2	232.5	217.6	242.2	243.3	215.5	226.1	252.9	204.5	232.6
03/11/2022	12:40	10.0	263.6	264.3	224.3	235.1	256.8	217.0	234.4	218.0	254.0	244.6	218.5	229.1	255.9	205.9	237.6
03/11/2022	12:45	15.0	265.2	267.8	226.0	237.5	259.1	219.0	236.1	218.9	255.8	246.7	223.6	231.2	257.3	207.4	239.9
03/11/2022	13:00	30.0	271.1	272.3	230.4	243.3	260.0	224.4	240.9	222.9	259.7	251.6	228.0	236.8	261.6	210.9	244.9
03/11/2022	13:30	60.0	276.4	277.7	236.1	249.0	264.9	230.3	246.1	228.4	265.5	256.5	233.8	242.3	265.7	216.0	249.1
03/11/2022	20:30	480.0	330.0	326.1	264.9	287.2	290.3	253.3	285.4	260.7	287.9	307.8	266.9	275.1	319.1	257.9	286.4
04/11/2022	12:30	1440.0	330.6	326.9	266.2	288.5	300.5	253.9	286.6	262.5	291.3	309.6	268.4	276.2	320.8	259.3	287.2

Fuente: Propia

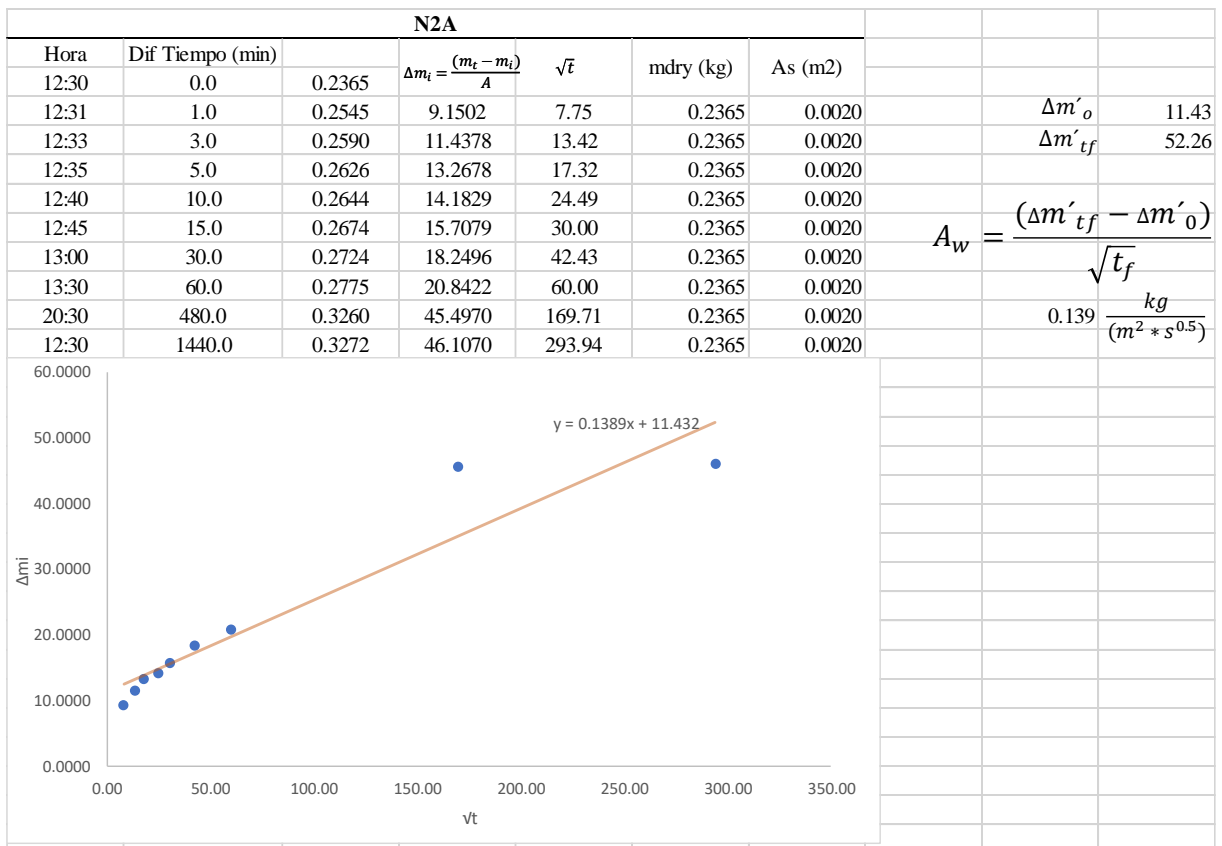


Figura 96: Resultados Ascensión Capilar 0% Caucho 0% Cemento



Fuente: Propia

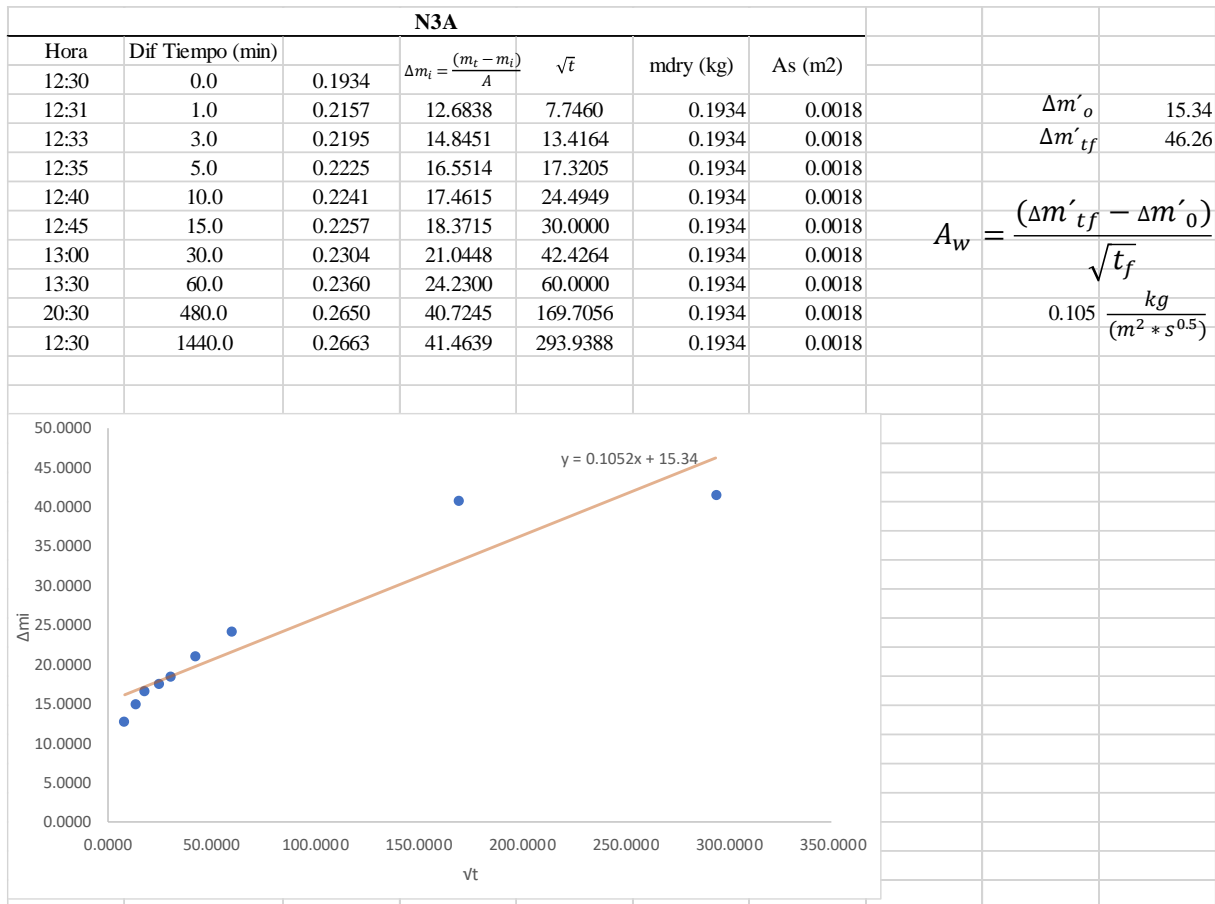
Figura 95: Resultados Ascensión Capilar 0% Caucho 2% Cemento



Fuente: Propia

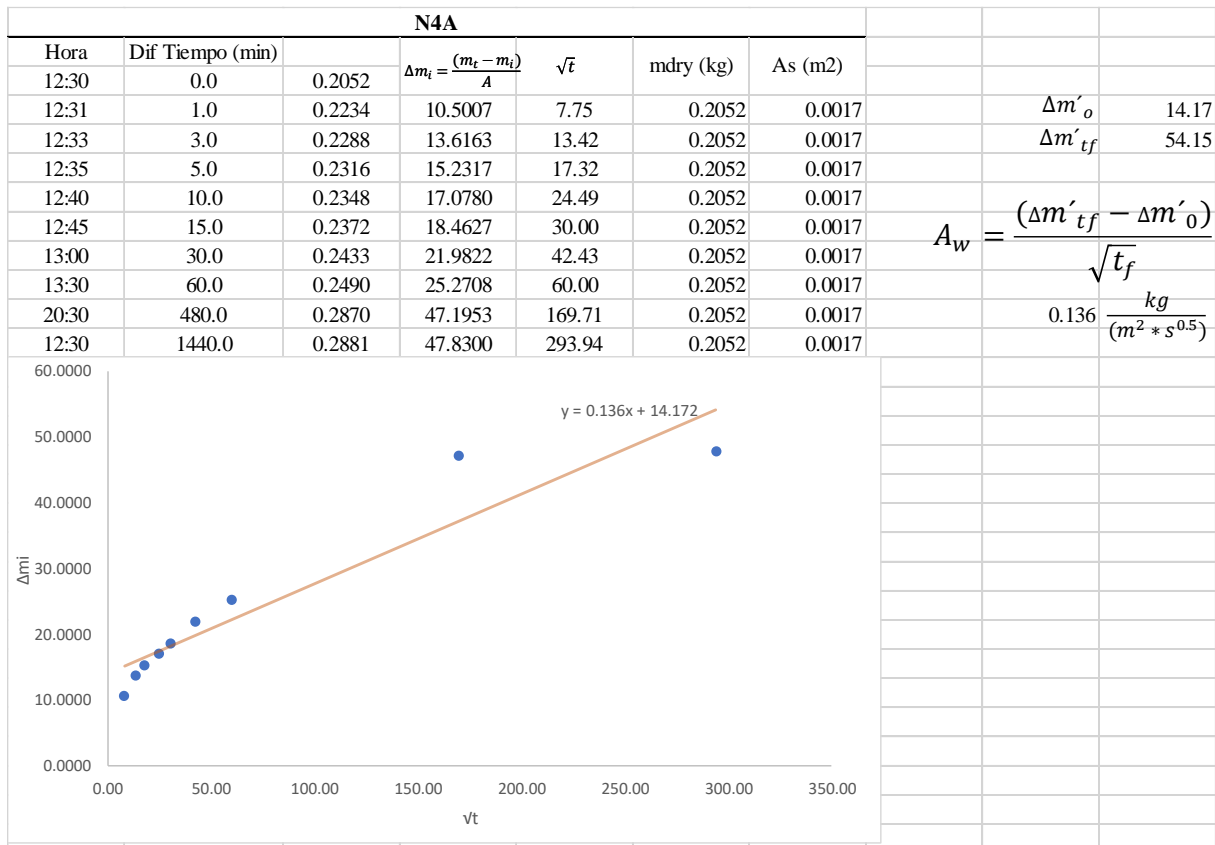


Figura 98: Resultados Ascensión Capilar 0% Caucho 4% Cemento



Fuente: Propia

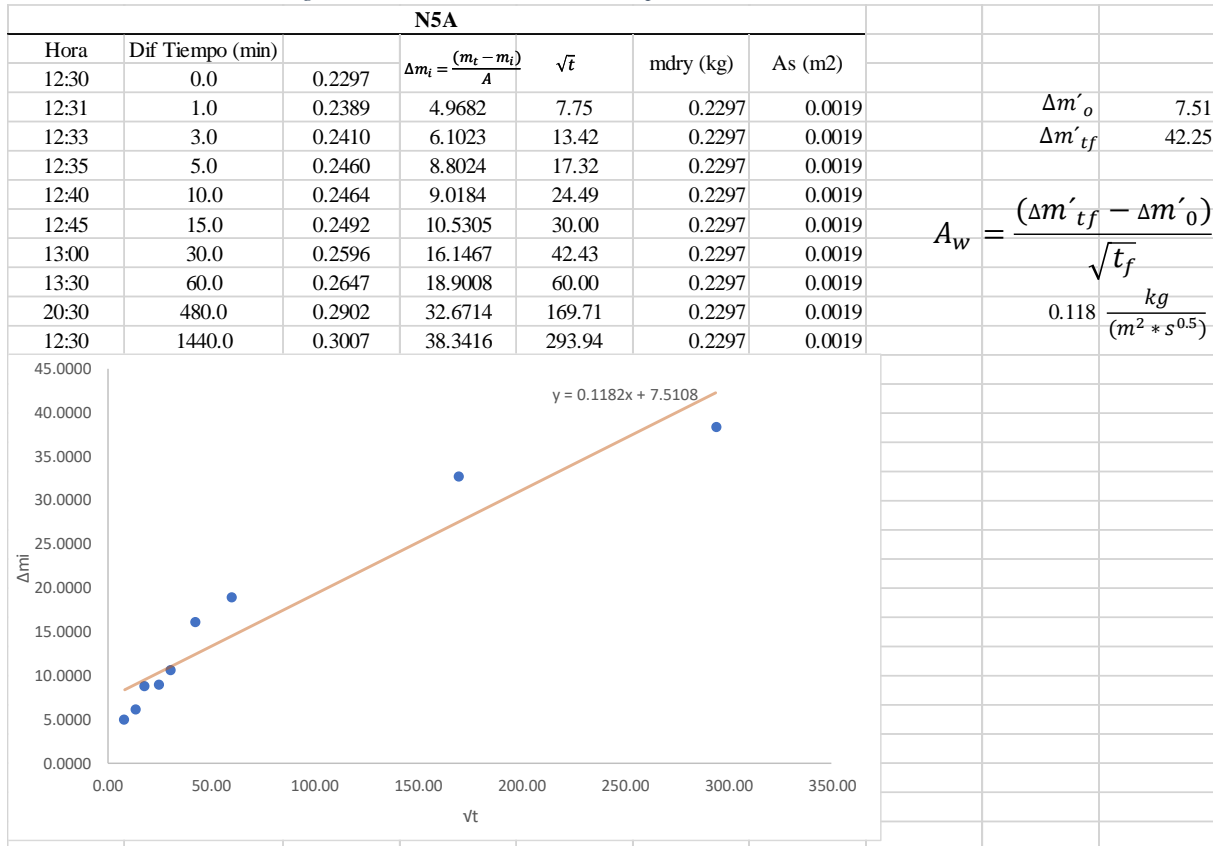
Figura 97: Resultados Ascensión Capilar 2% Caucho 0% Cemento



Fuente: Propia

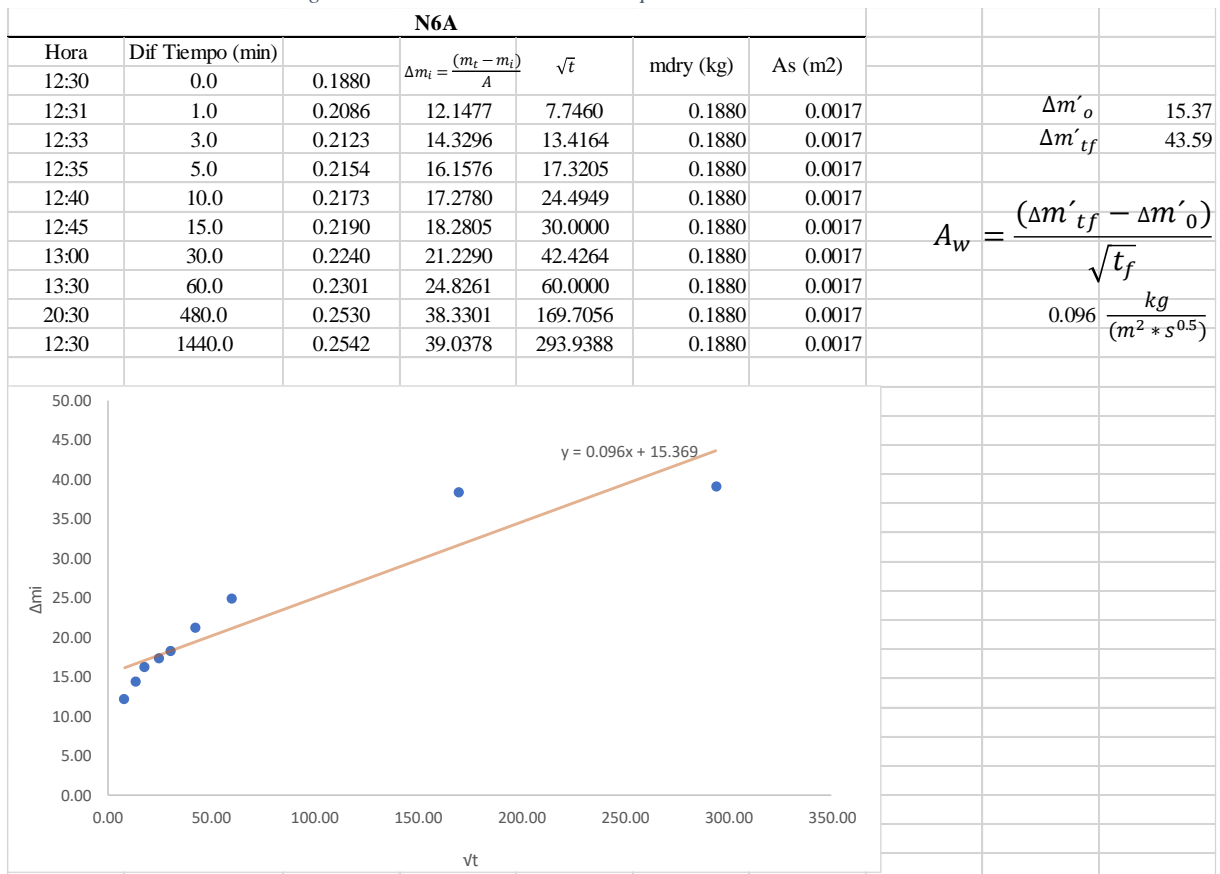


Figura 100: Resultados Ascensión Capilar 2% Caucho 2% Cemento



Fuente: Propia

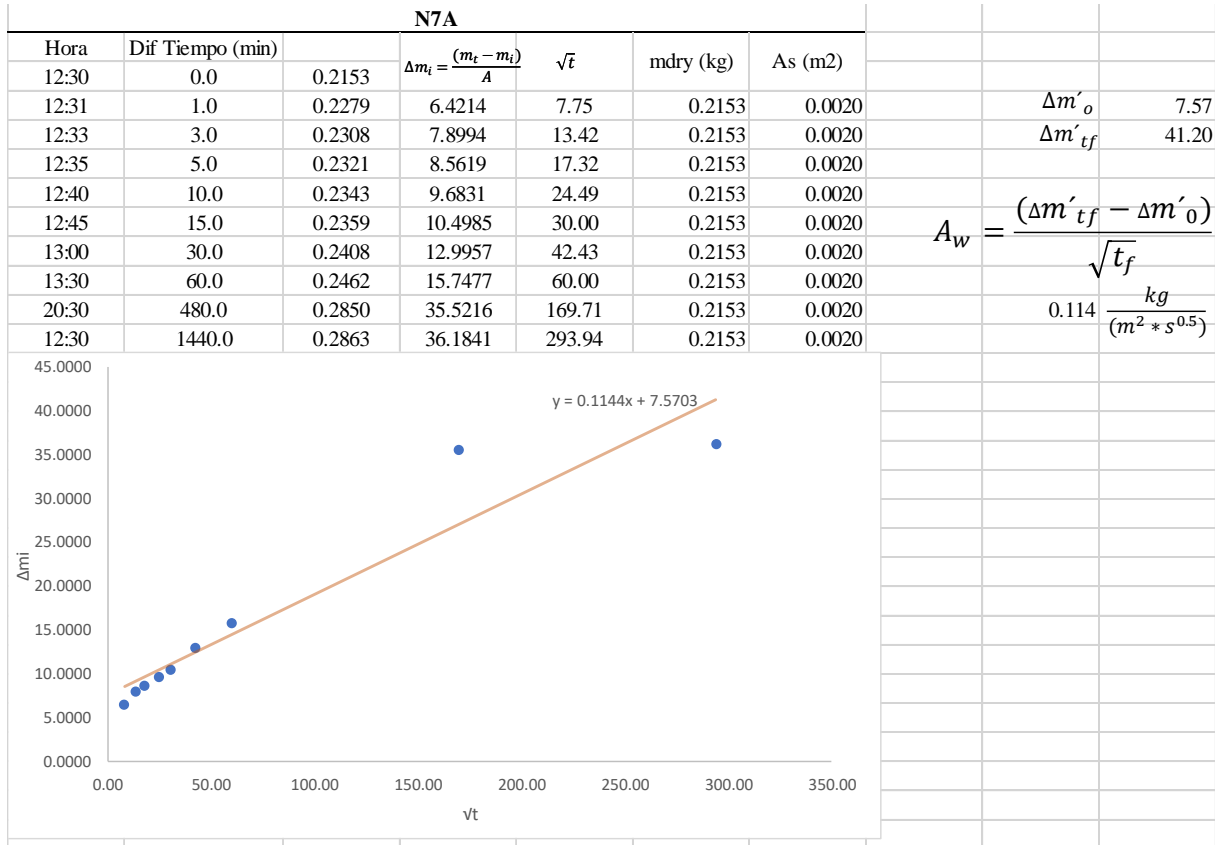
Figura 99: Resultados Ascensión Capilar 2% Caucho 4% Cemento



Fuente: Propia

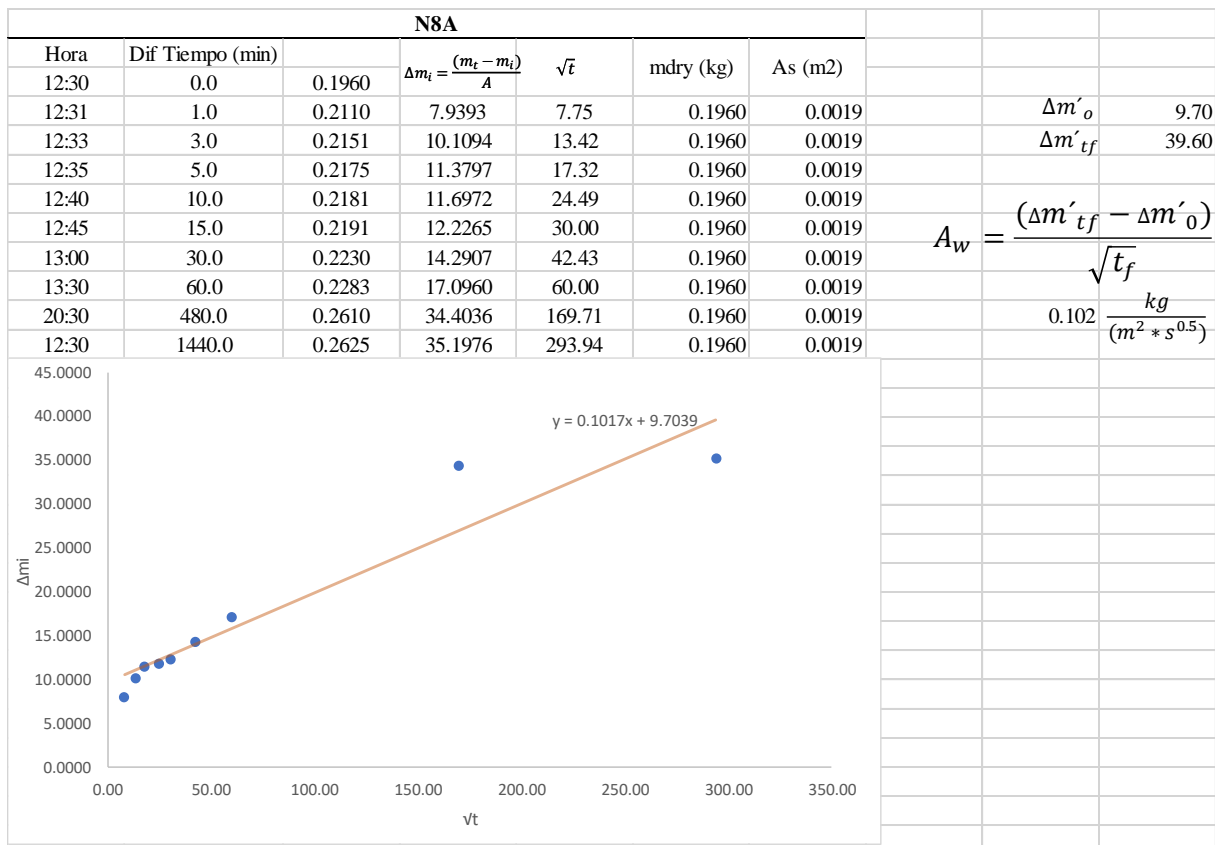


Figura 102: Resultados Ascensión Capilar 4% Caucho 0% Cemento



Fuente: Propia

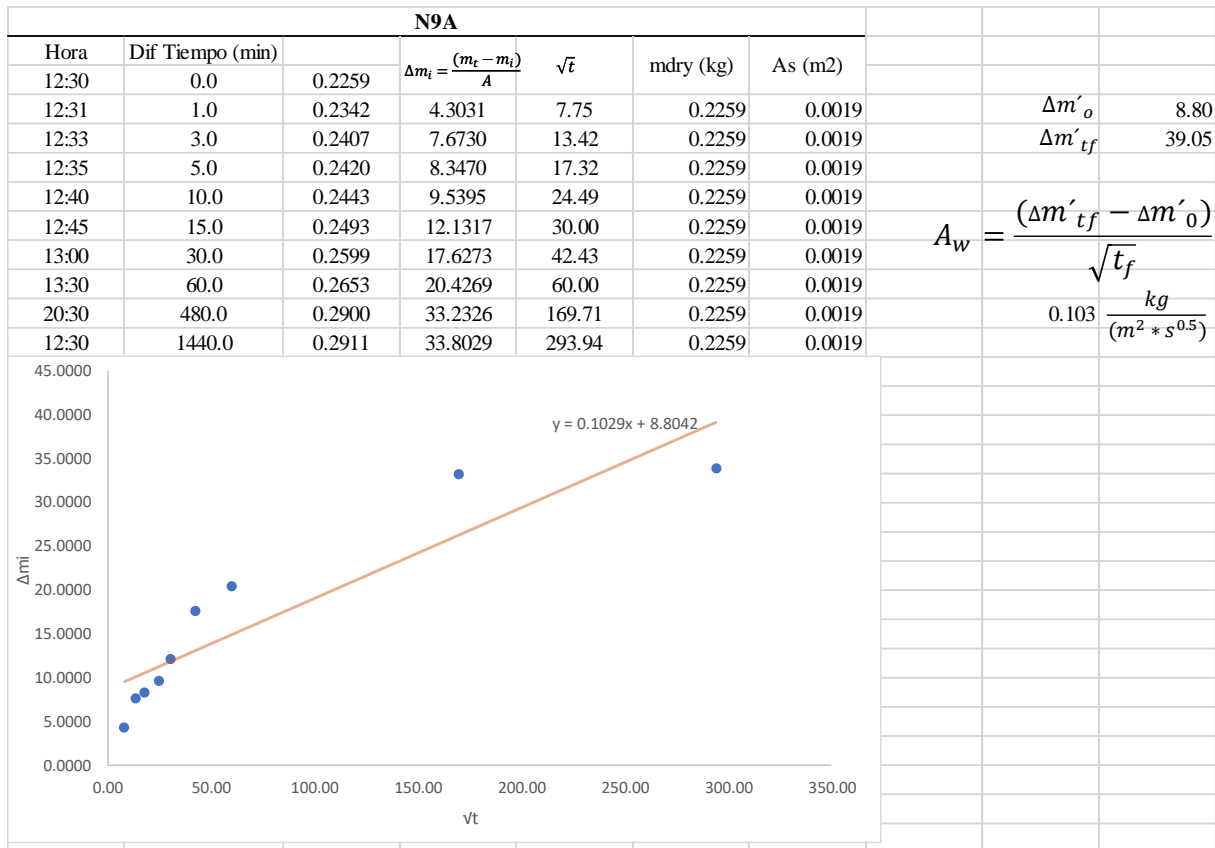
Figura 101: Resultados Ascensión Capilar 4% Caucho 2% Cemento



Fuente: Propia

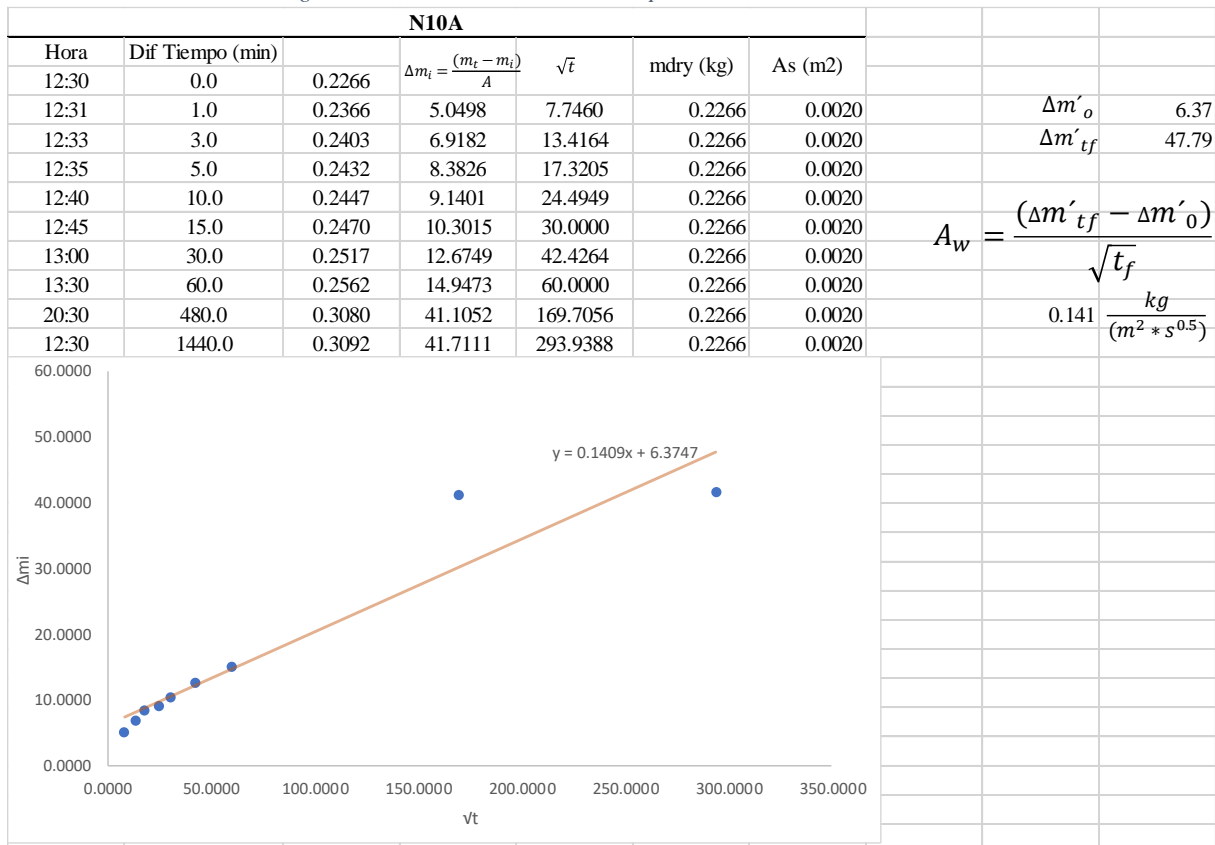


Figura 104: Resultados Ascensión Capilar 4% Caucho 4% Cemento



Fuente: Propia

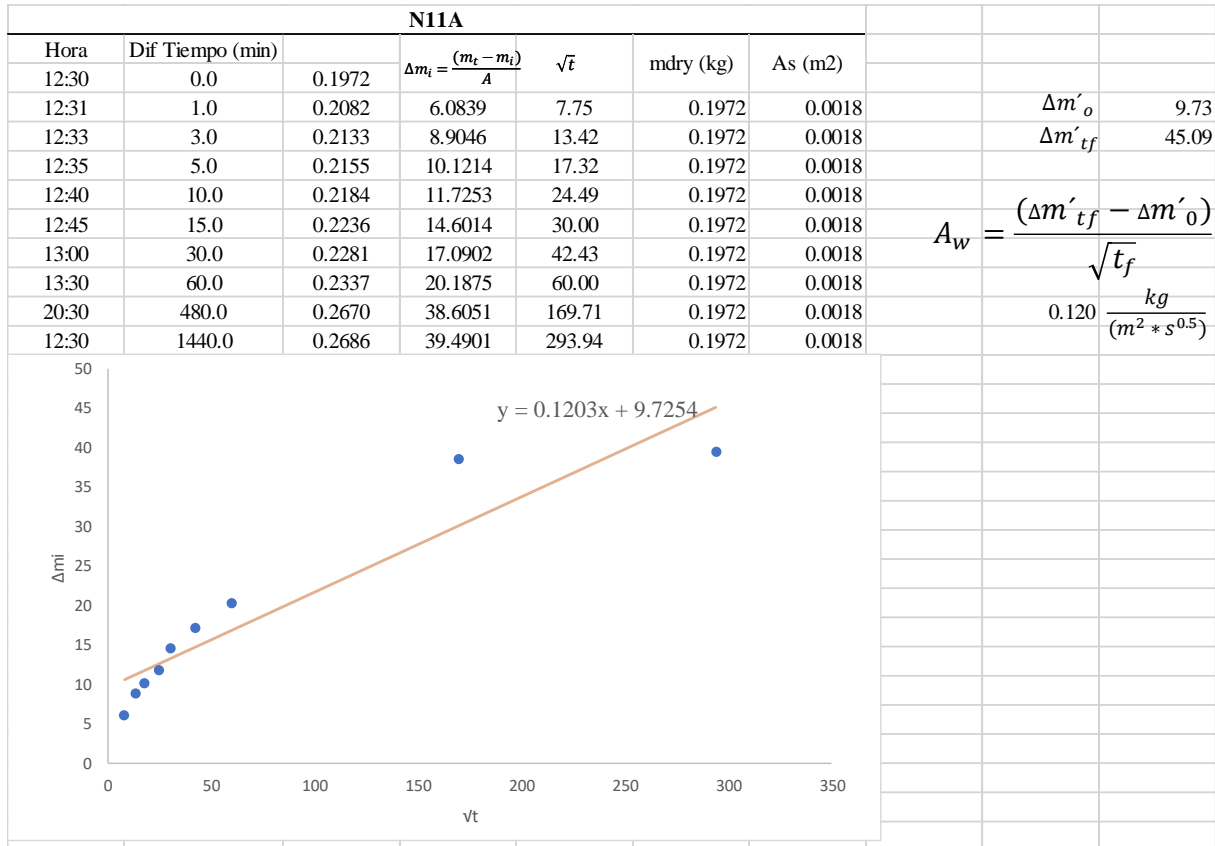
Figura 103: Resultados Ascensión Capilar 6% Caucho 0% Cemento



Fuente: Propia

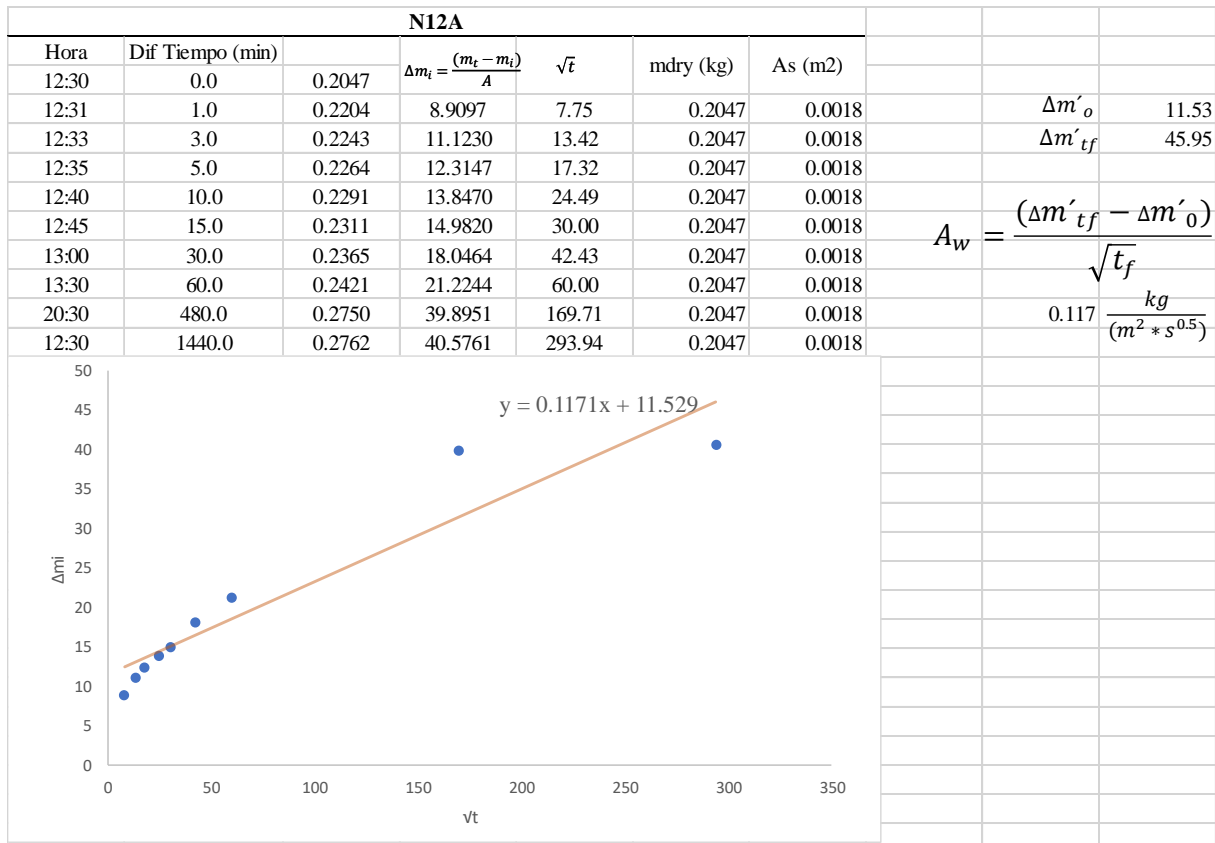


Figura 106: Resultados Ascensión Capilar 6% Caucho 2% Cemento



Fuente: Propia

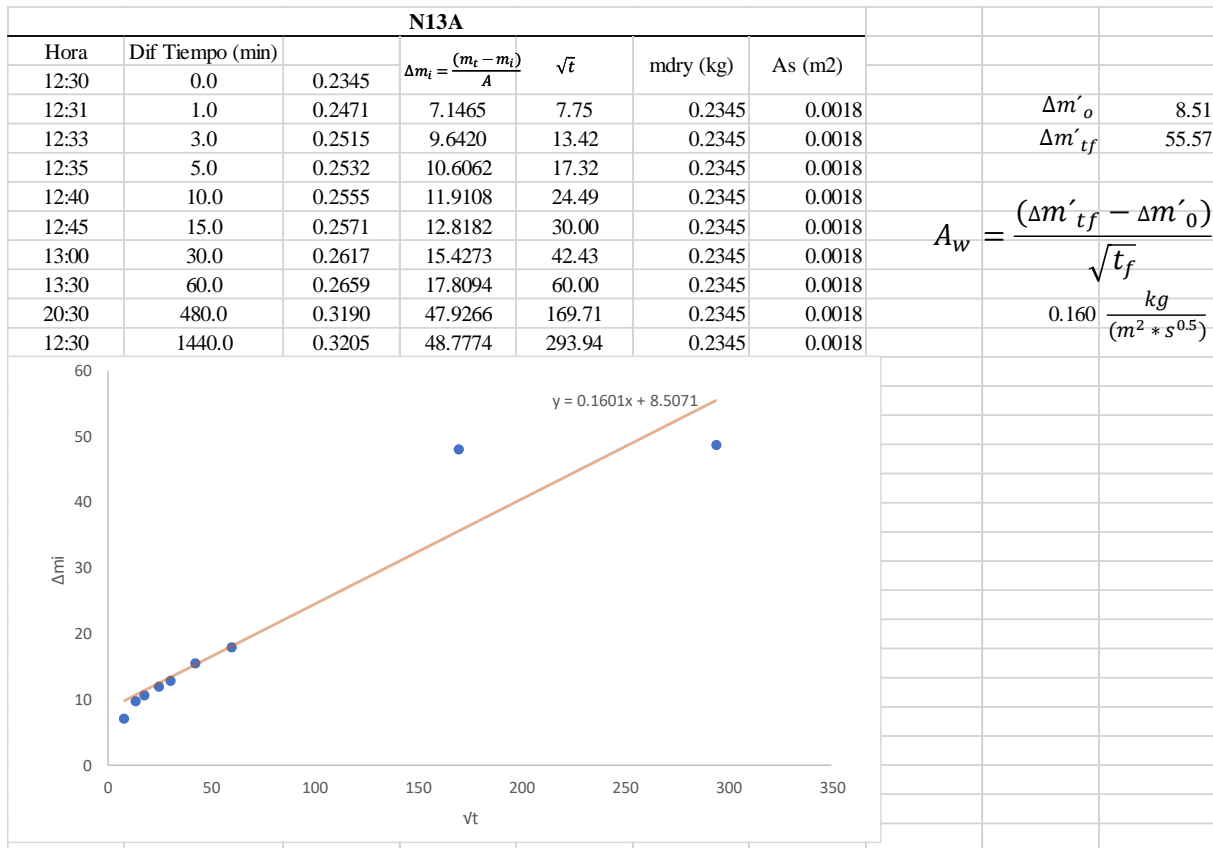
Figura 105: Resultados Ascensión Capilar 6% Caucho 4% Cemento



Fuente: Propia

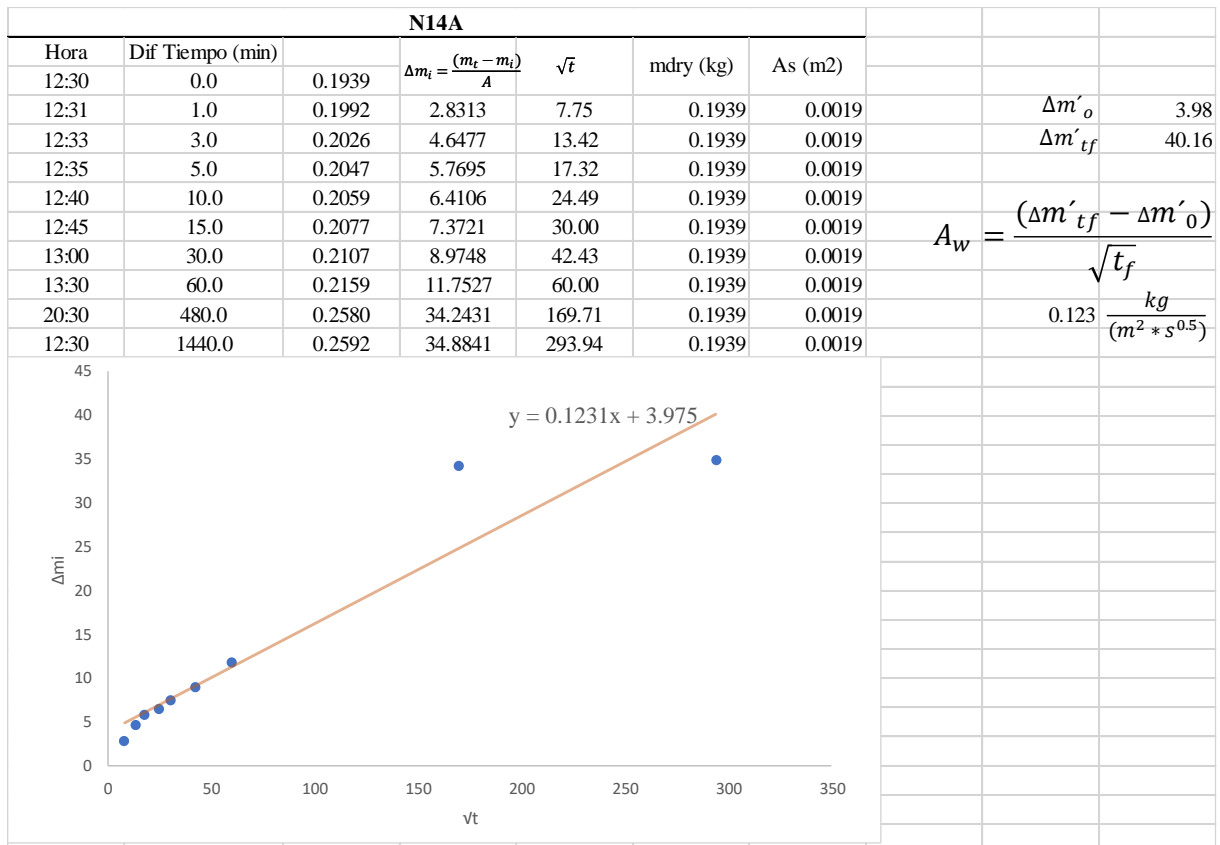


Figura 108: Resultados Ascension Capilar 8% Caucho 0% Cemento



Fuente: Propia

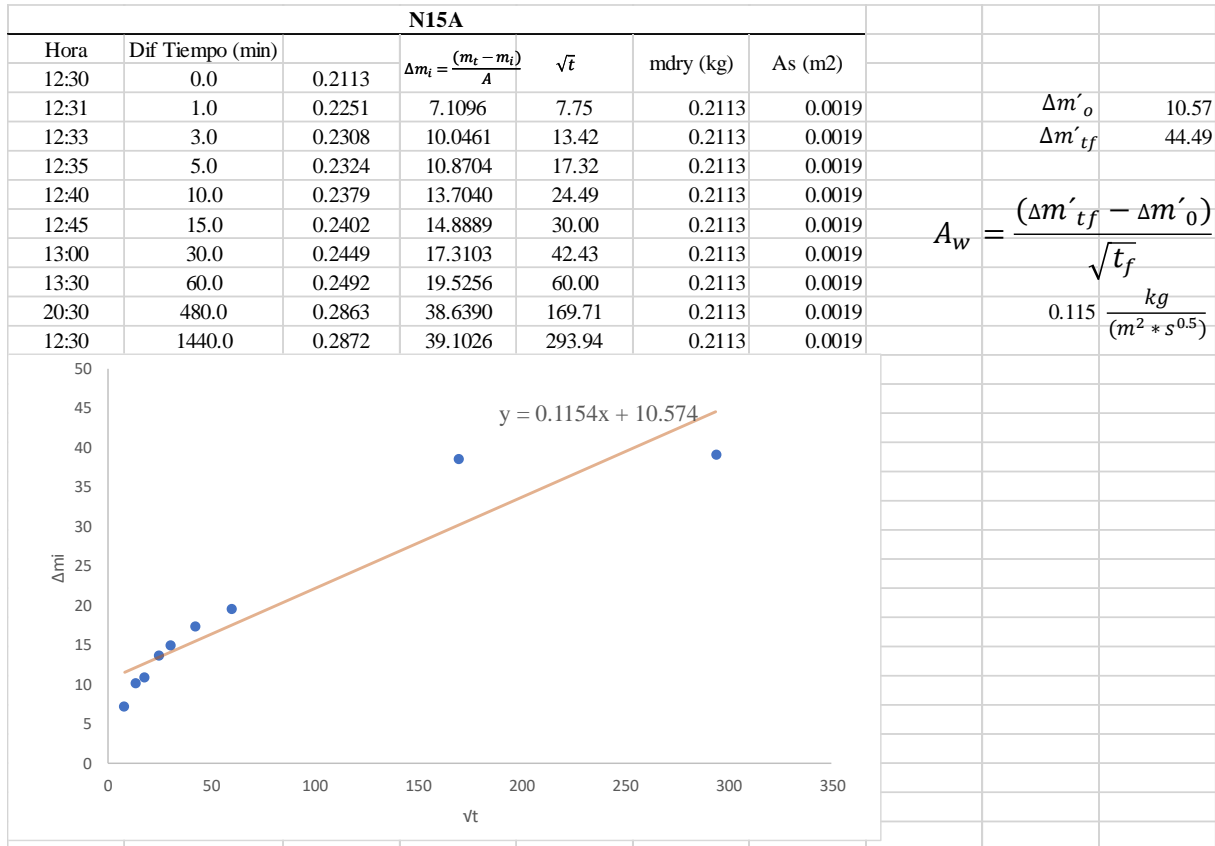
Figura 107: Resultados Ascension Capilar 8% Caucho 2% Cemento



Fuente: Propia

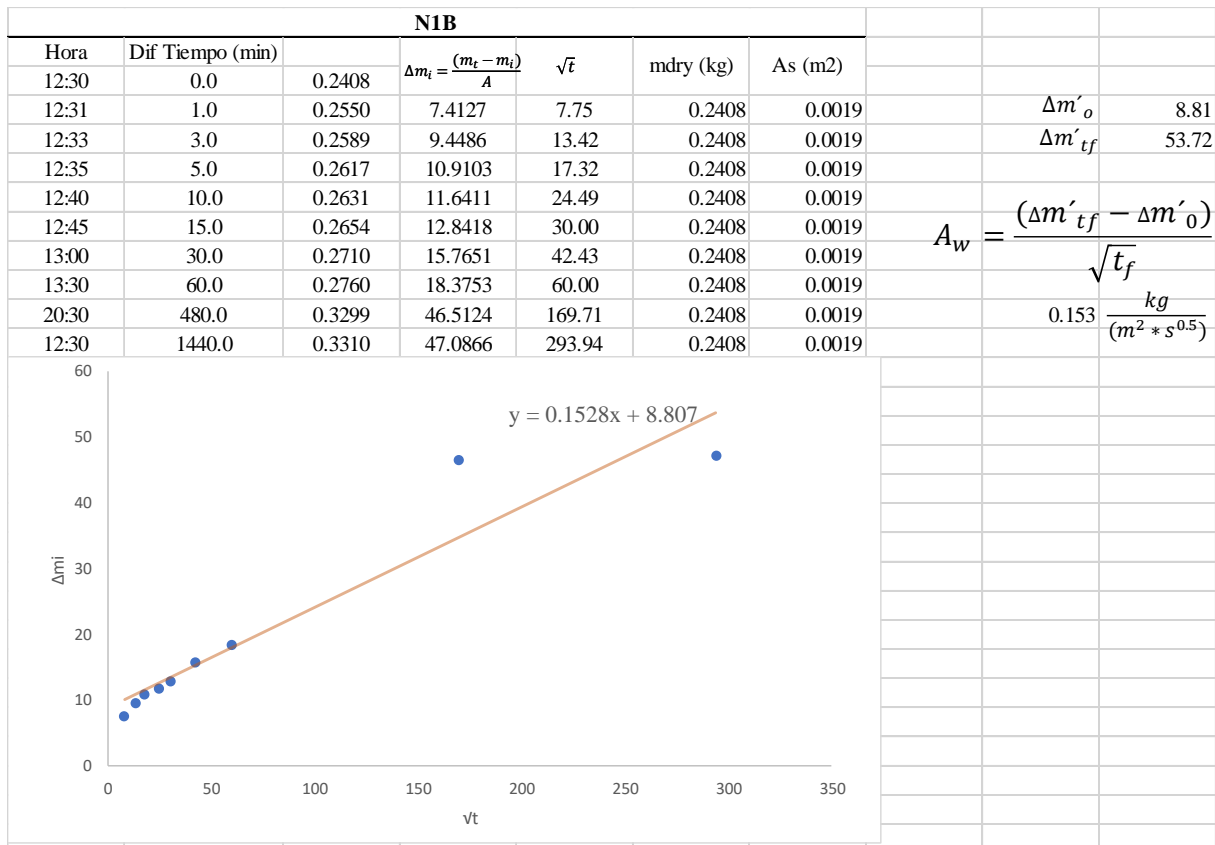


Figura 110: Resultados Ascensión Capilar 8% Caucho 4% Cemento



Fuente: Propia

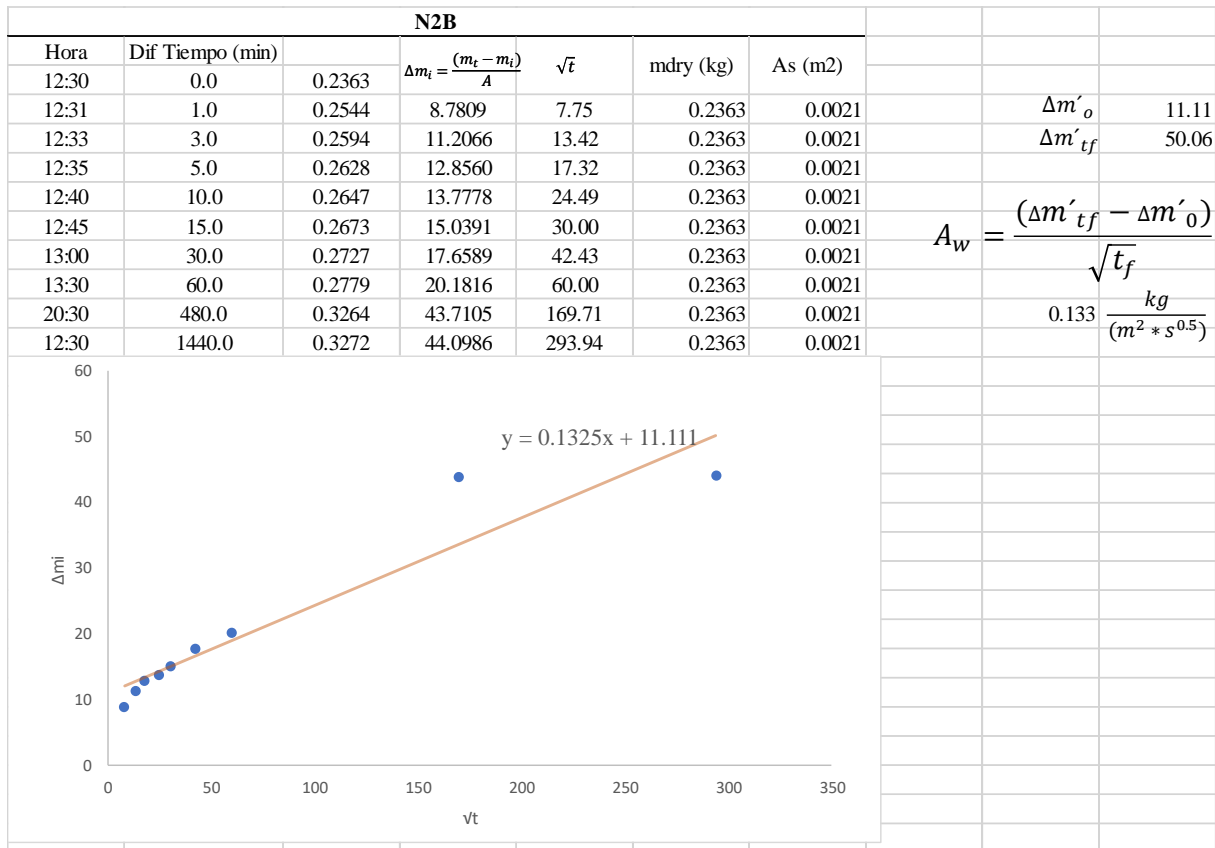
Figura 109: Resultados Ascensión Capilar 0% Caucho 0% Cemento



Fuente: Propia

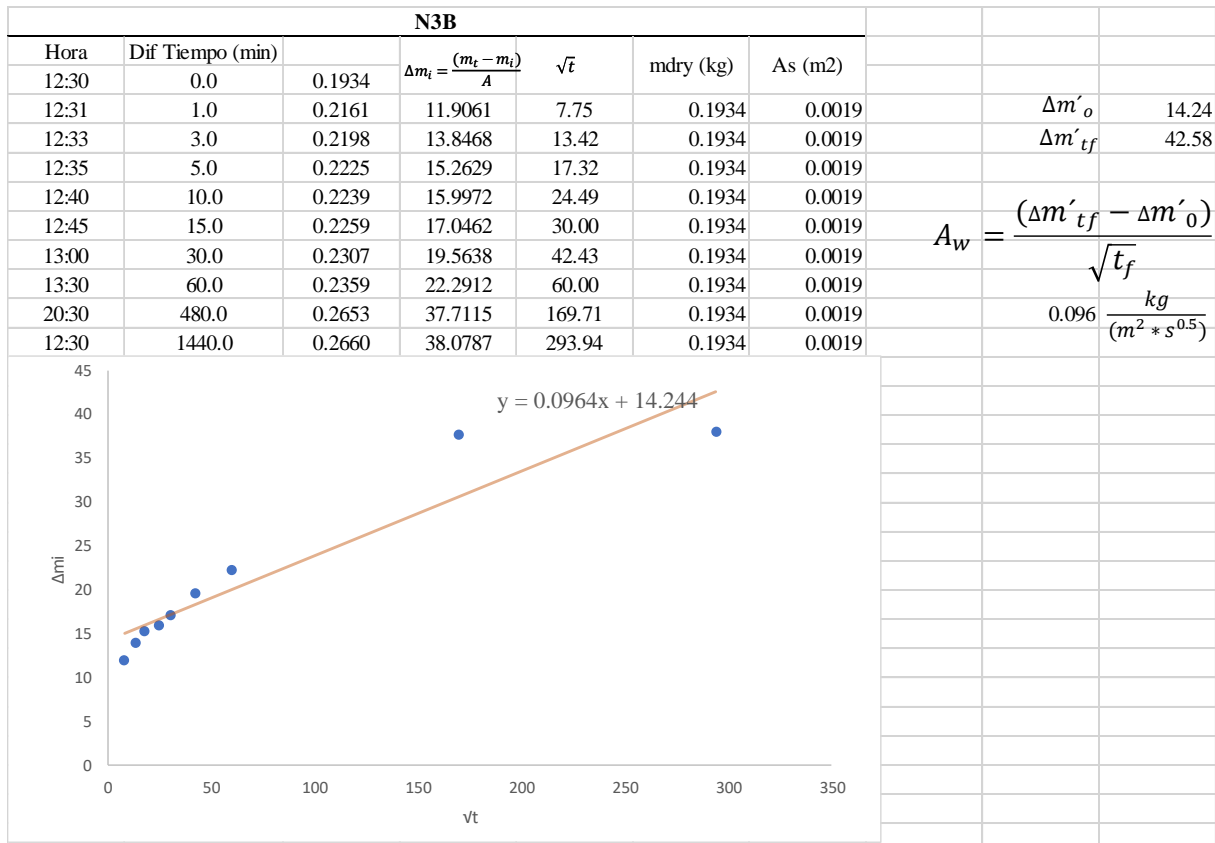


Figura 112: Resultados Ascensión Capilar 0% Caucho 2% Cemento



Fuente: Propia

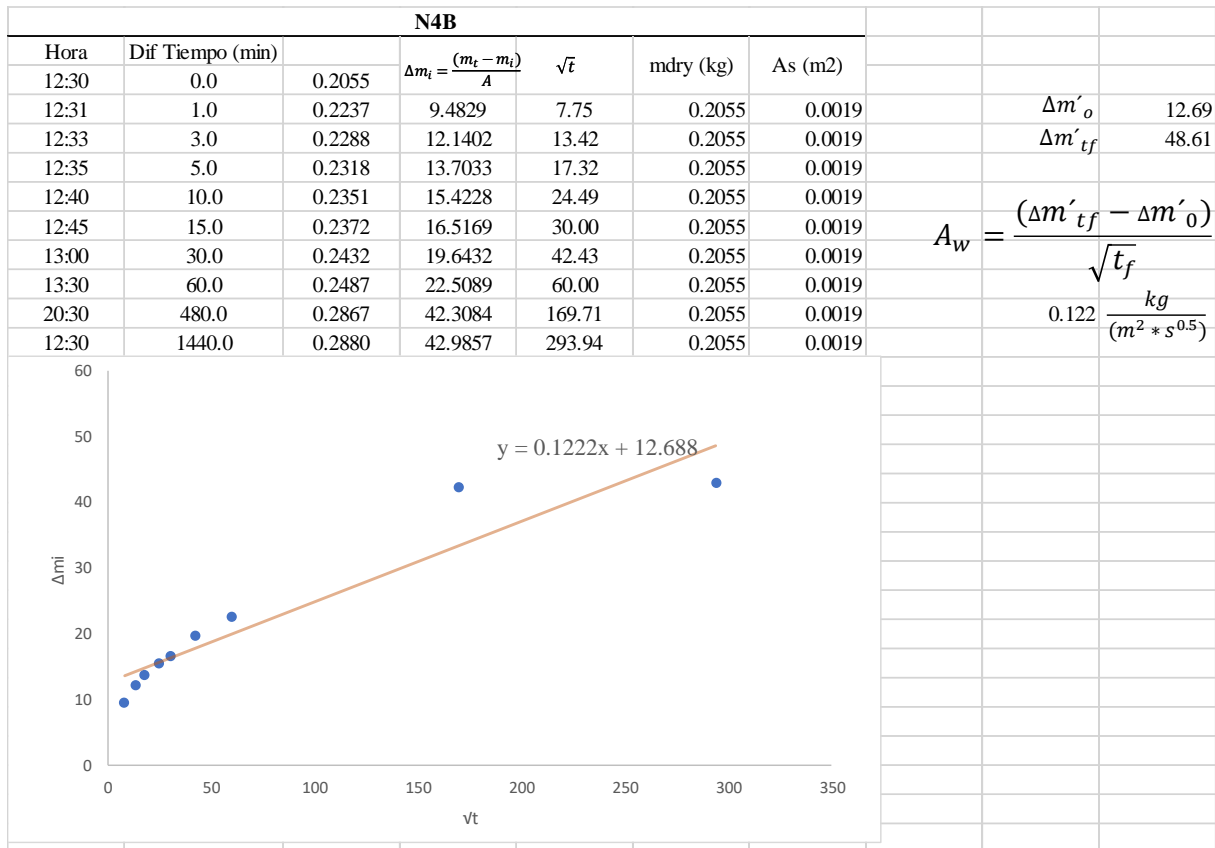
Figura 111: Resultados Ascensión Capilar 0% Caucho 4% Cemento



Fuente: Propia

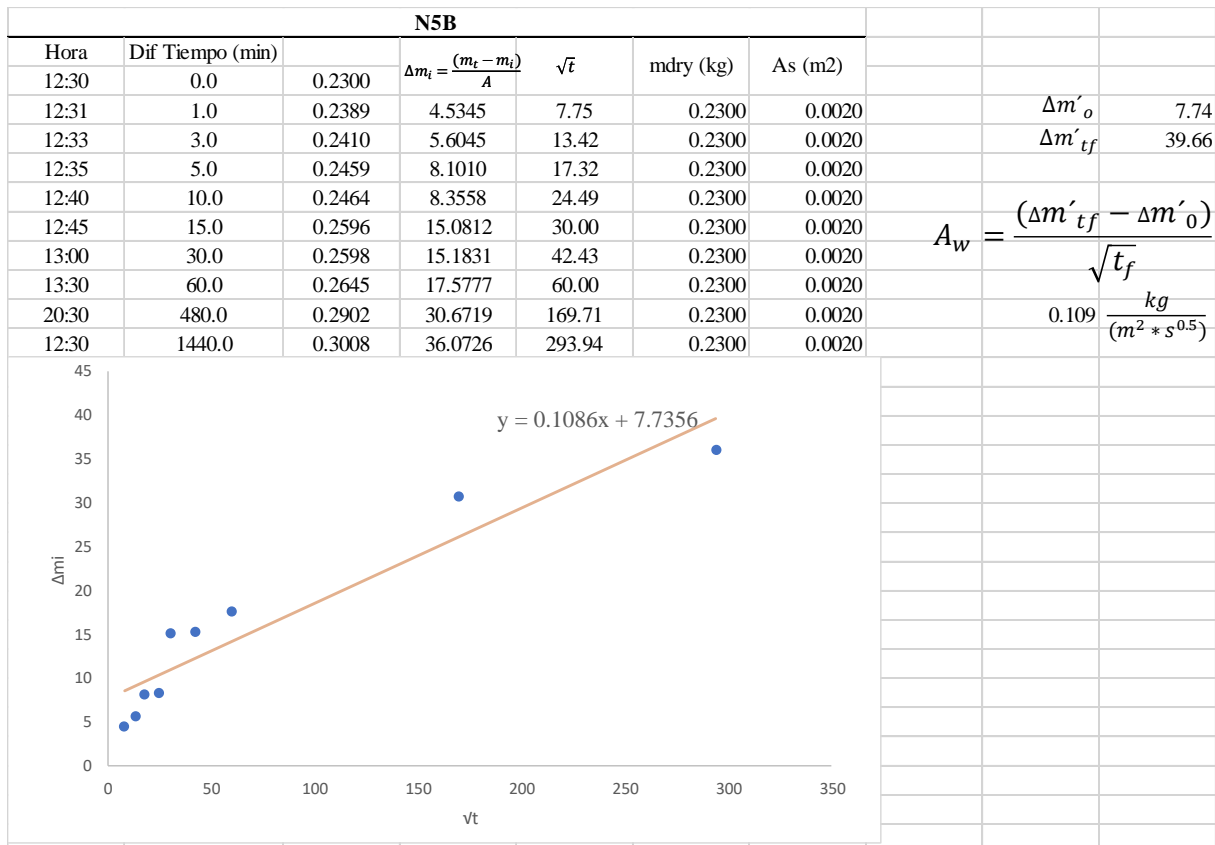


Figura 114: Resultados Ascensión Capilar 2% Caucho 0% Cemento



Fuente: Propia

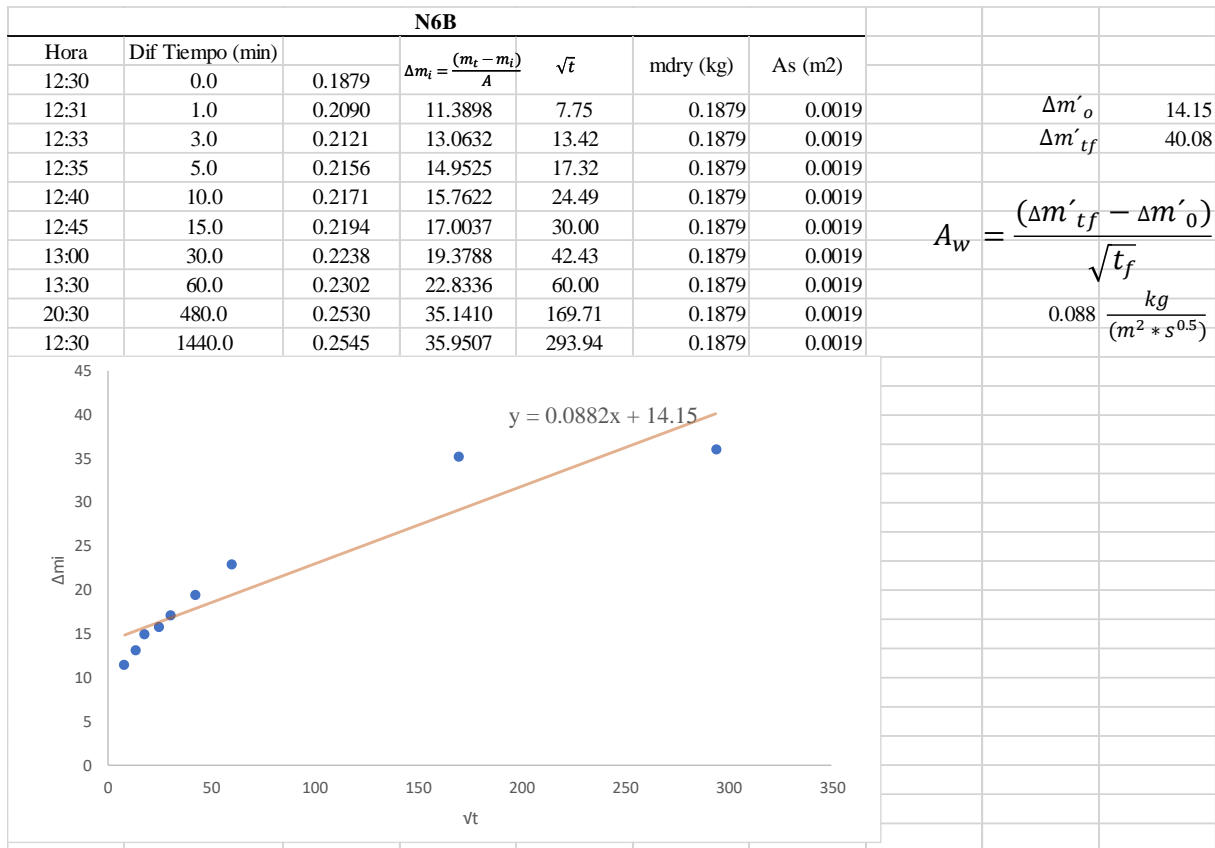
Figura 113: Resultados Ascensión Capilar 2% Caucho 2% Cemento



Fuente: Propia

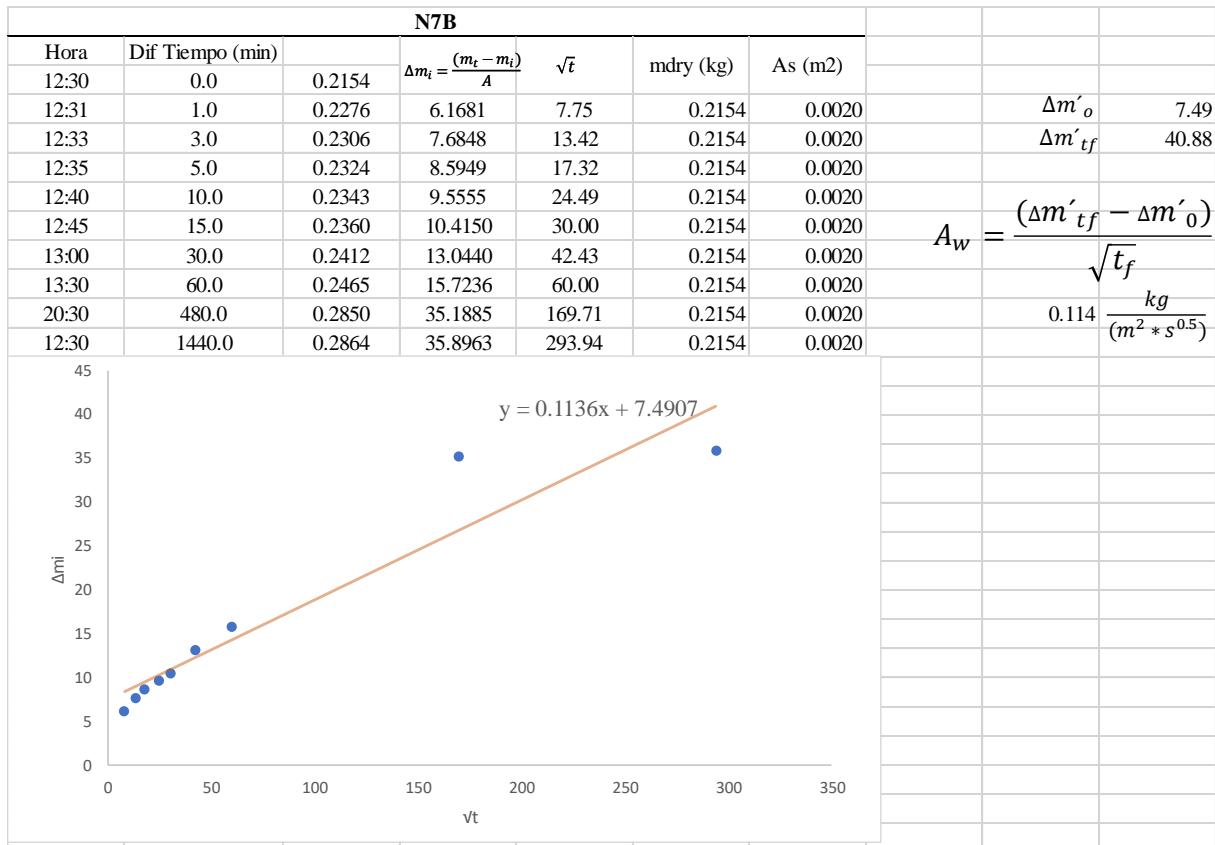


Figura 116: Resultados Ascensión Capilar 2% Caucho 4% Cemento



Fuente: Propia

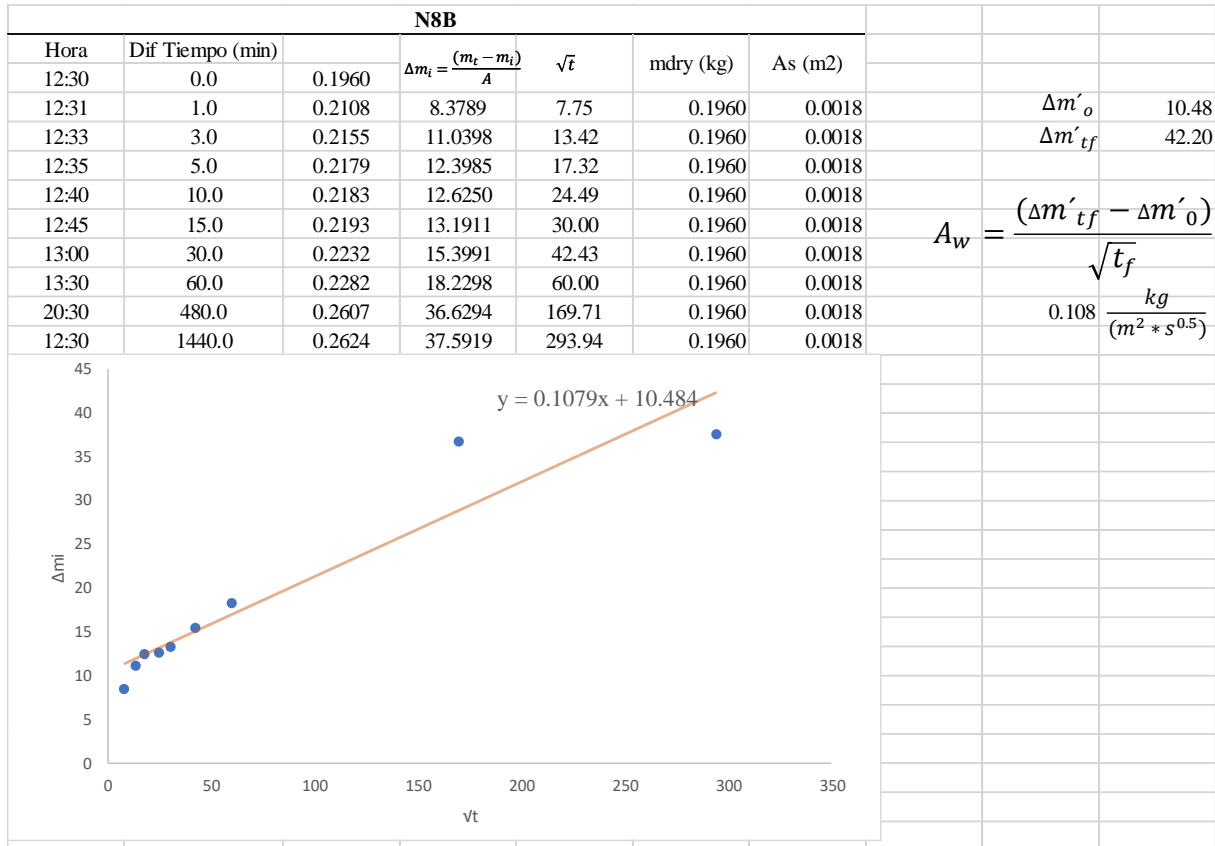
Figura 115: Resultados Ascensión Capilar 4% Caucho 0% Cemento



Fuente: Propia

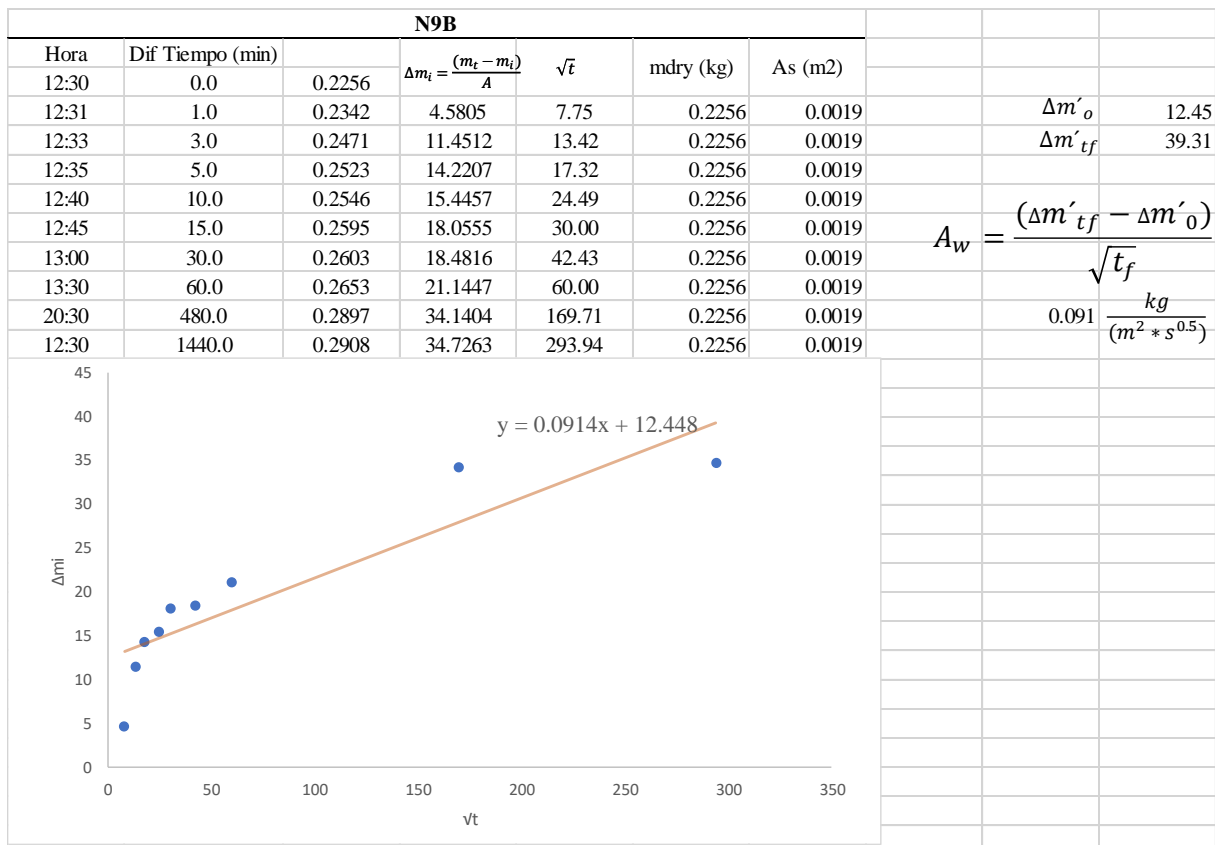


Figura 118: Resultados Ascensión Capilar 4% Caucho 2% Cemento



Fuente: Propia

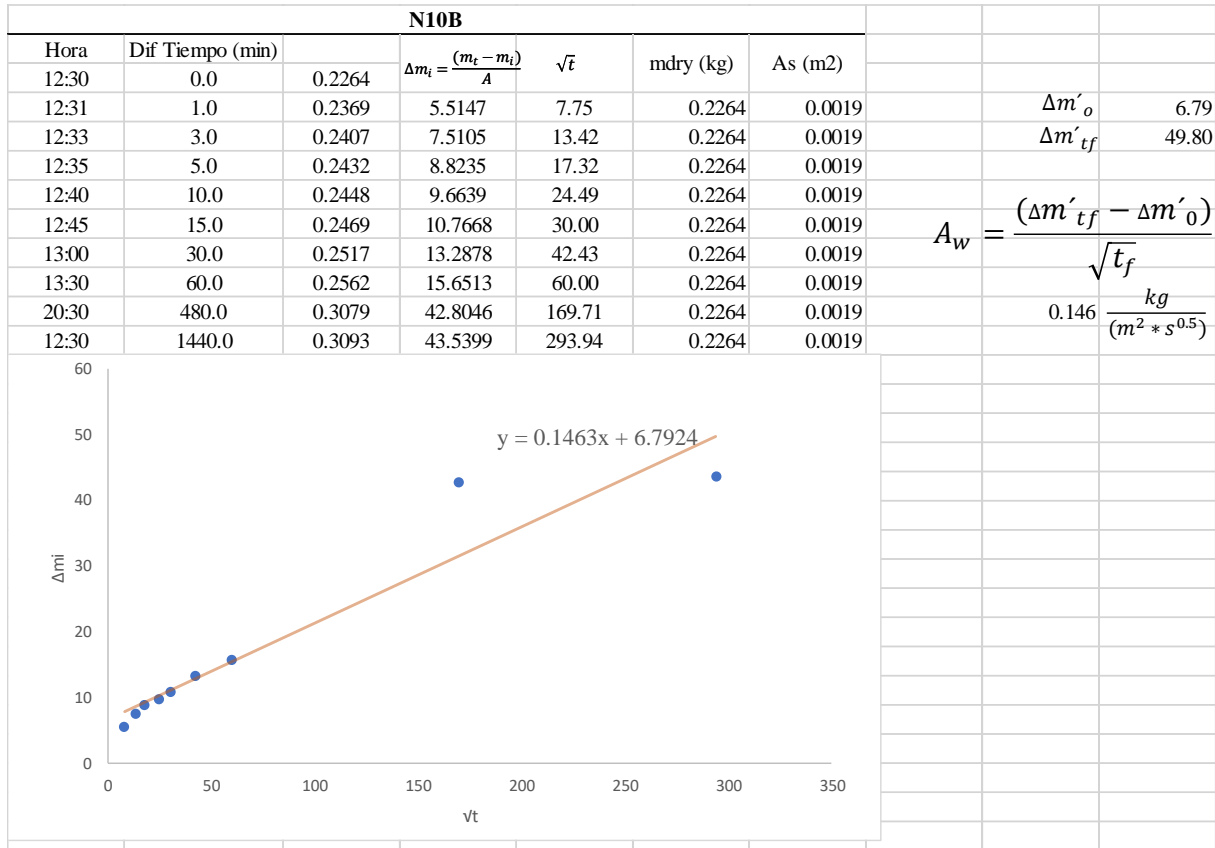
Figura 117: Resultados Ascensión Capilar 4% Caucho 4% Cemento



Fuente: Propia

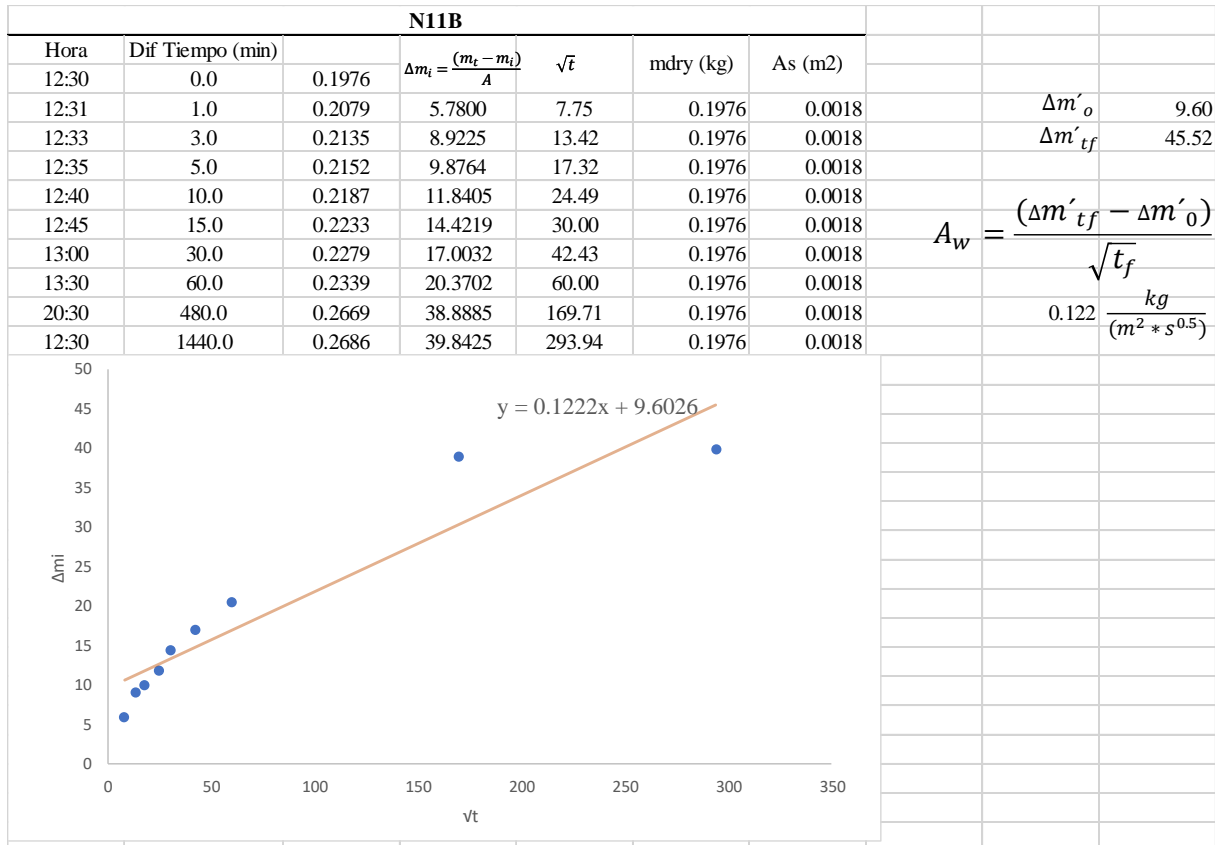


Figura 120: Resultados Ascensión Capilar 6% Caucho 0% Cemento



Fuente: Propia

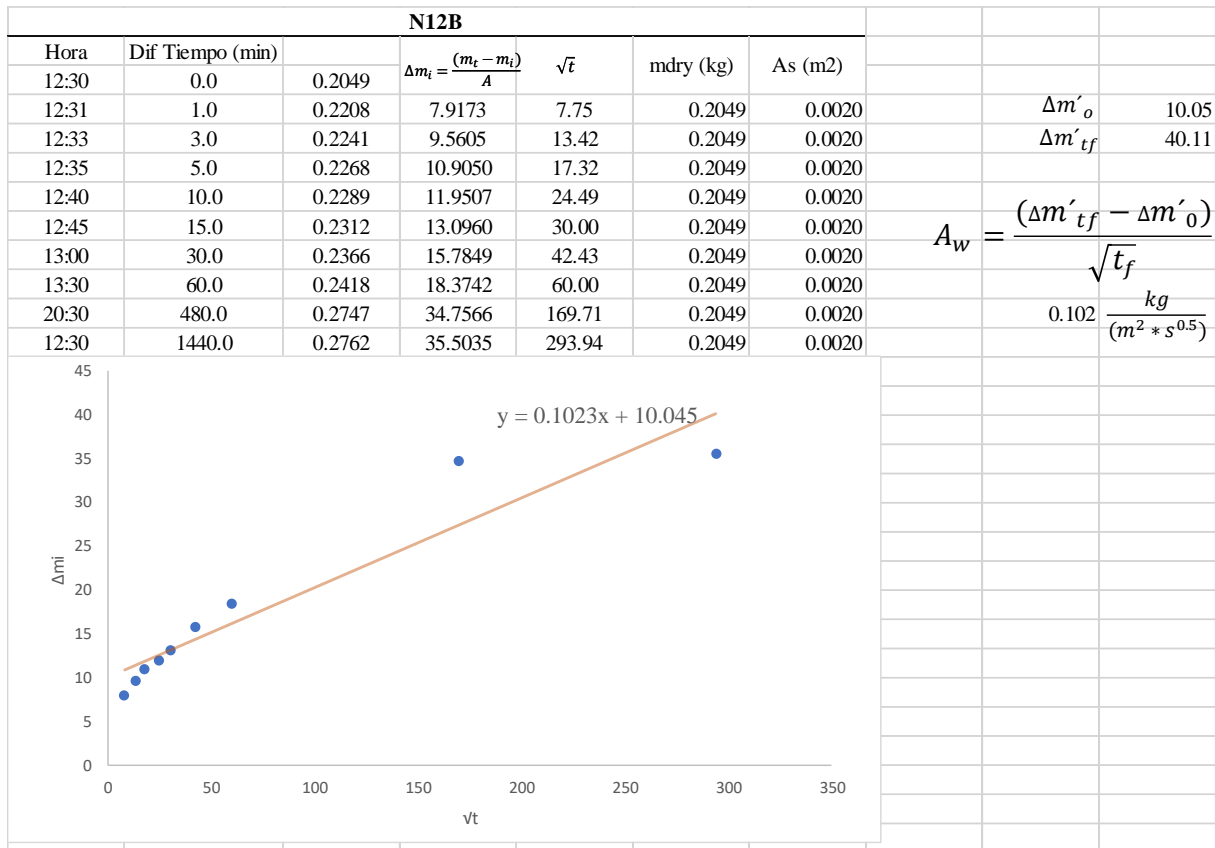
Figura 119: Resultados Ascensión Capilar 6% Caucho 2% Cemento



Fuente: Propia

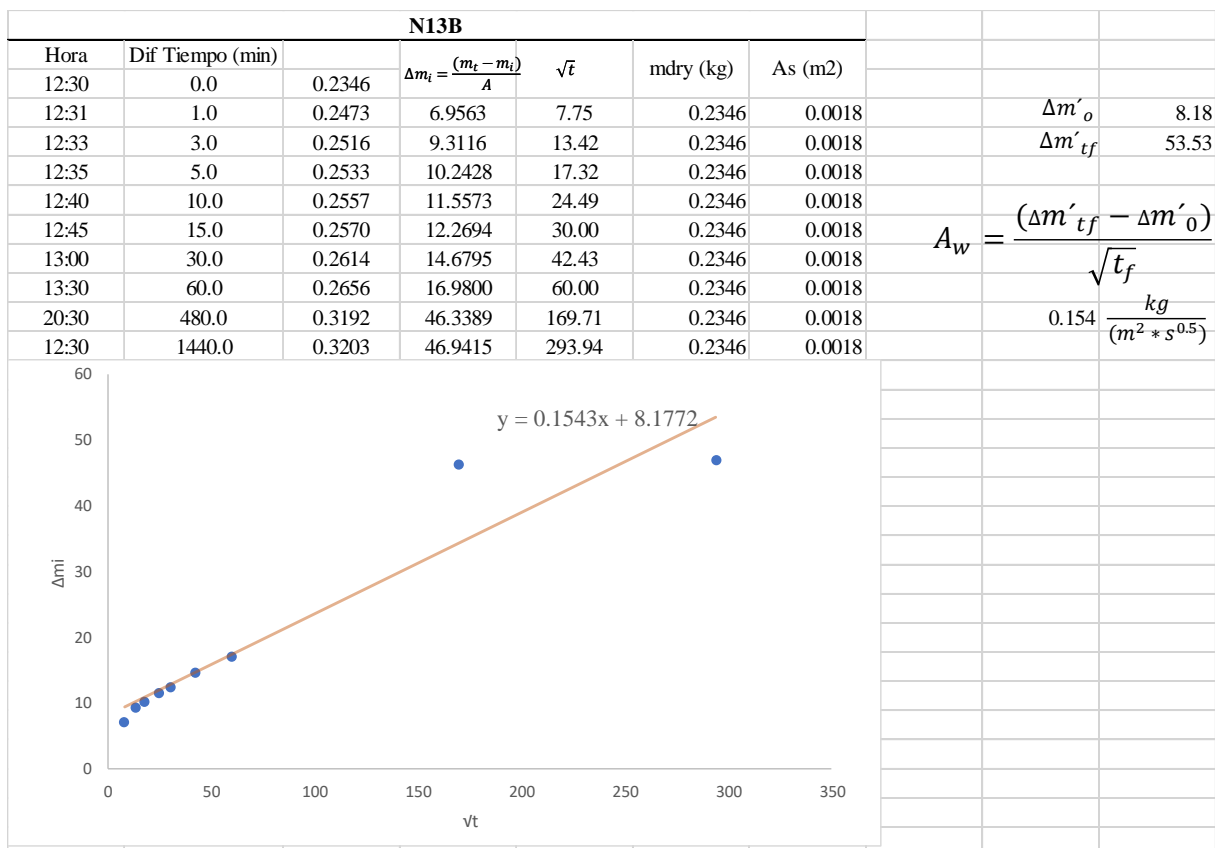


Figura 122: Resultados Ascensión Capilar 6% Caucho 4% Cemento



Fuente: Propia

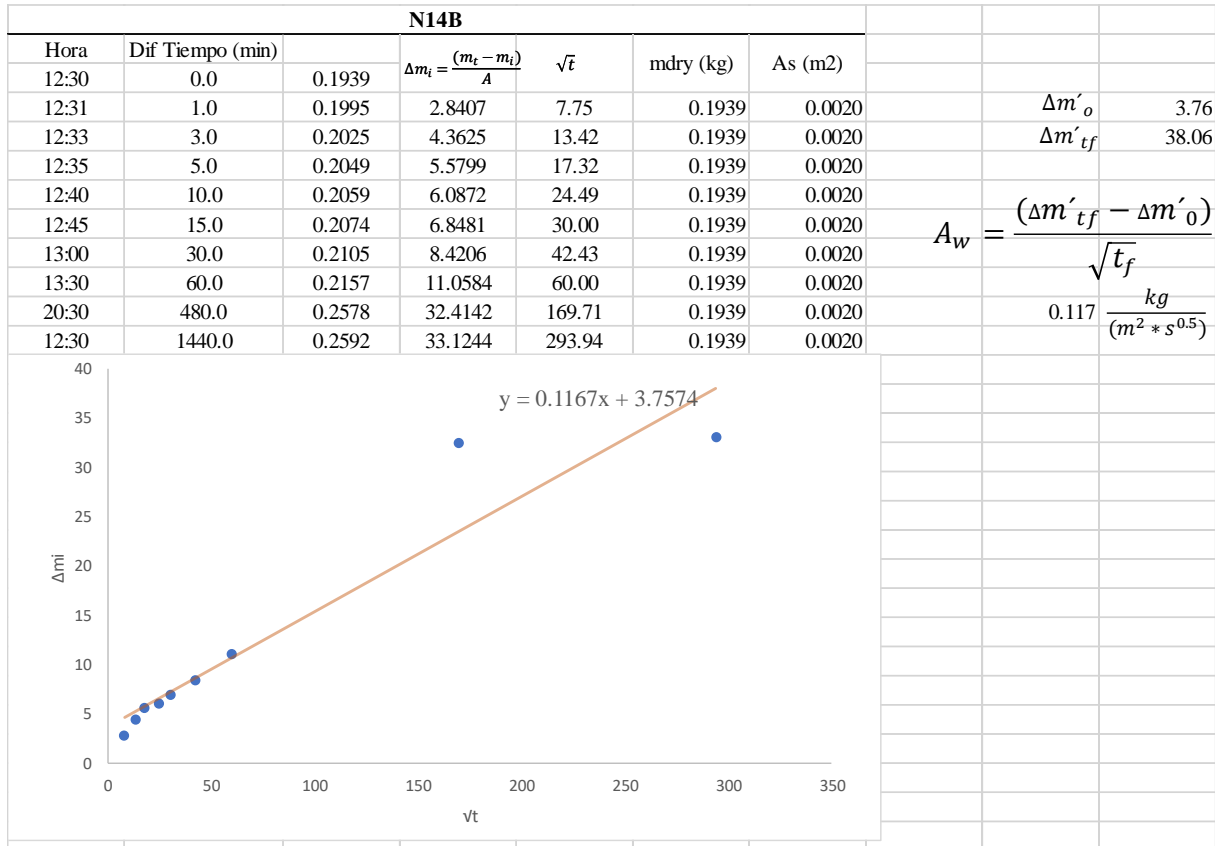
Figura 121: Resultados Ascensión Capilar 8% Caucho 0% Cemento



Fuente: Propia

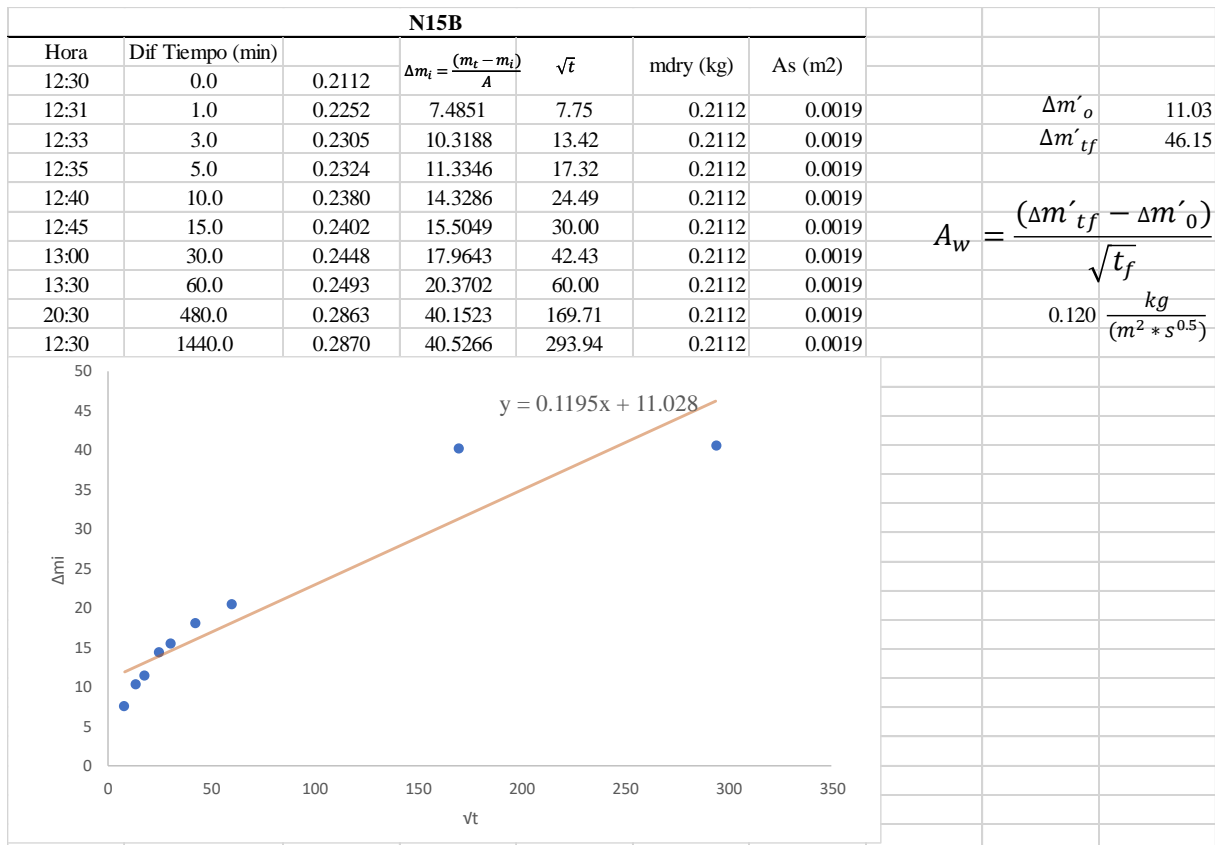


Figura 124: Resultados Ascensión Capilar 8% Caucho 2% Cemento



Fuente: Propia

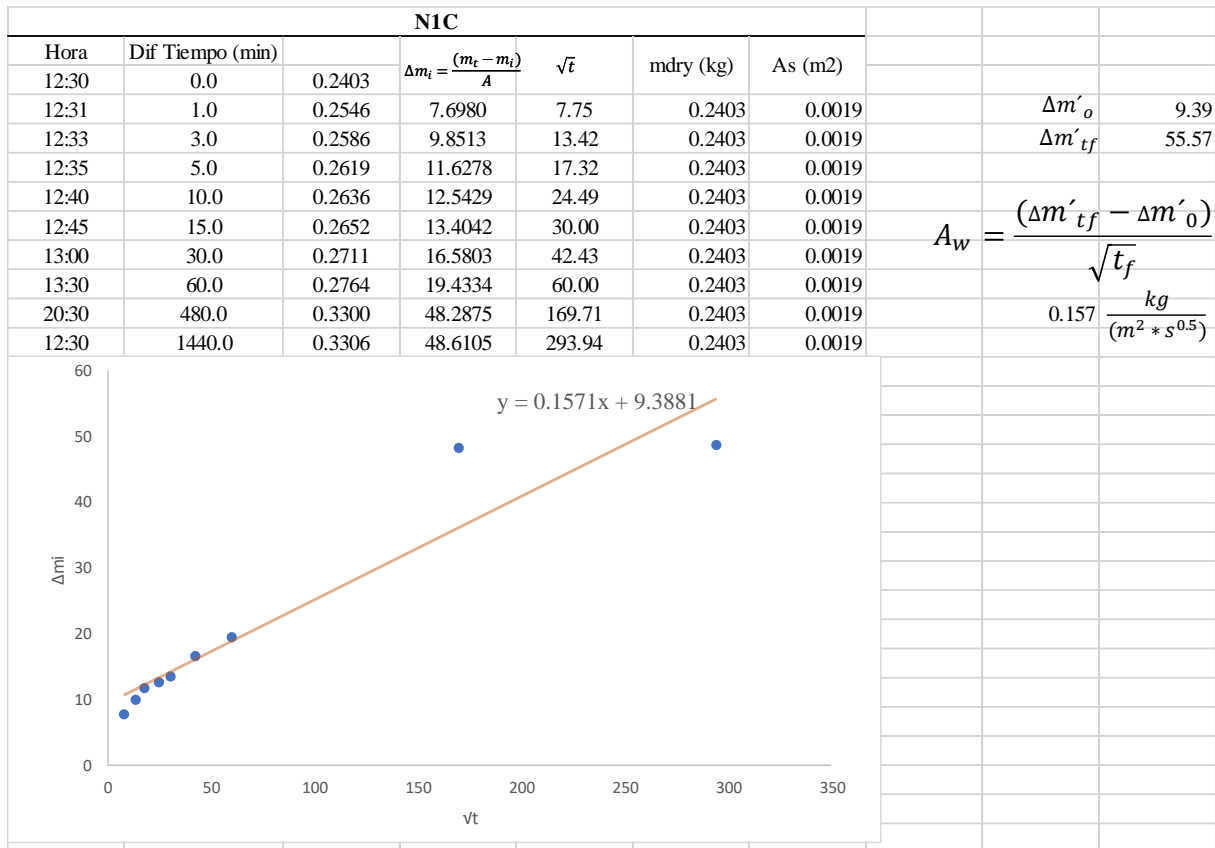
Figura 123: Resultados Ascensión Capilar 8% Caucho 4% Cemento



Fuente: Propia

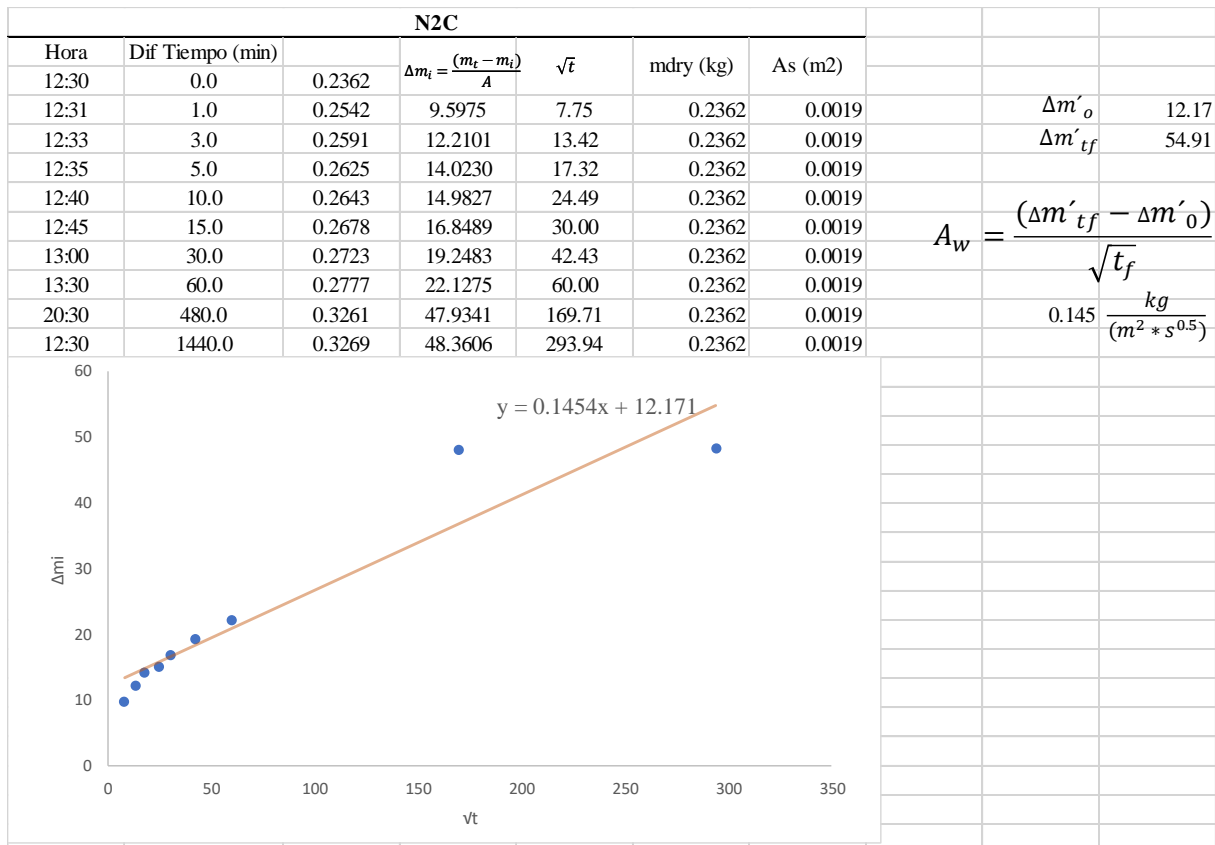


Figura 126: Resultados Ascensión Capilar 0% Caucho 0% Cemento



Fuente: Propia

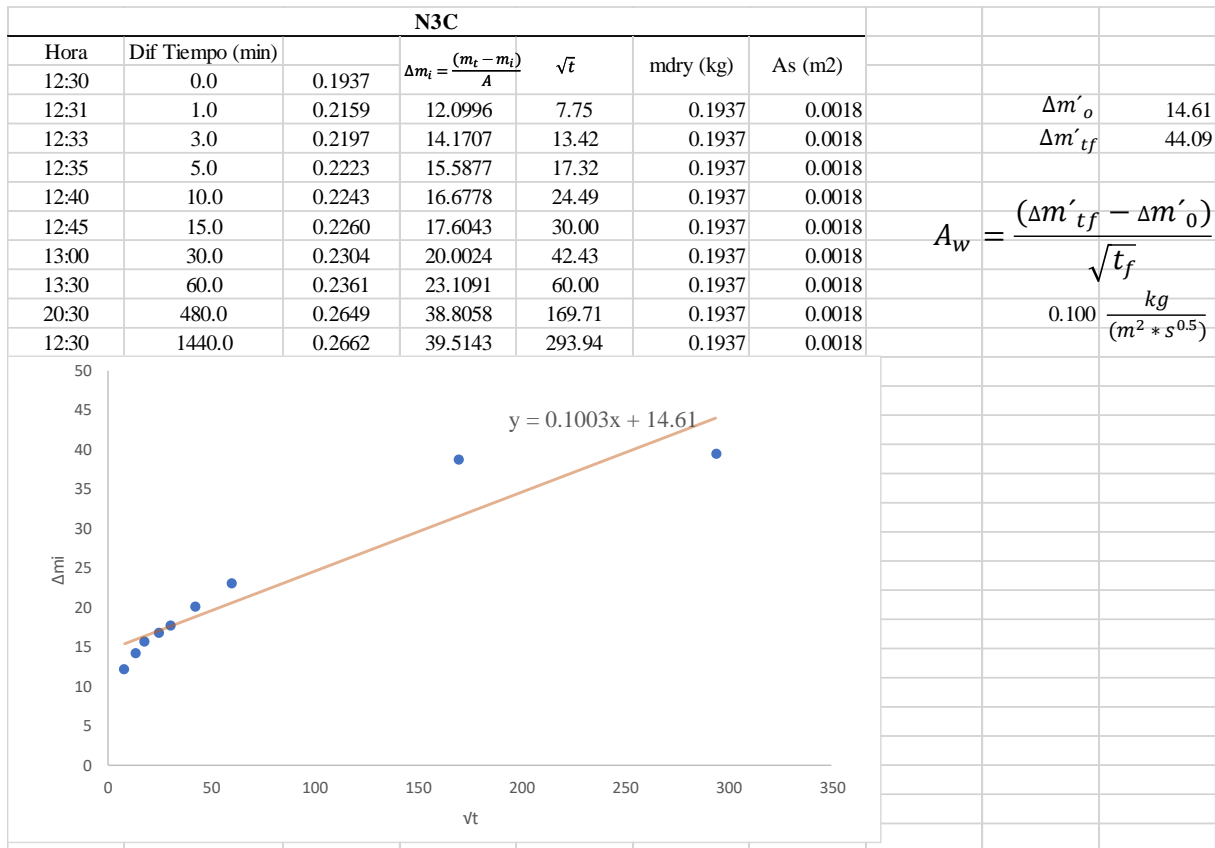
Figura 125: Resultados Ascensión Capilar 0% Caucho 2% Cemento



Fuente: Propia

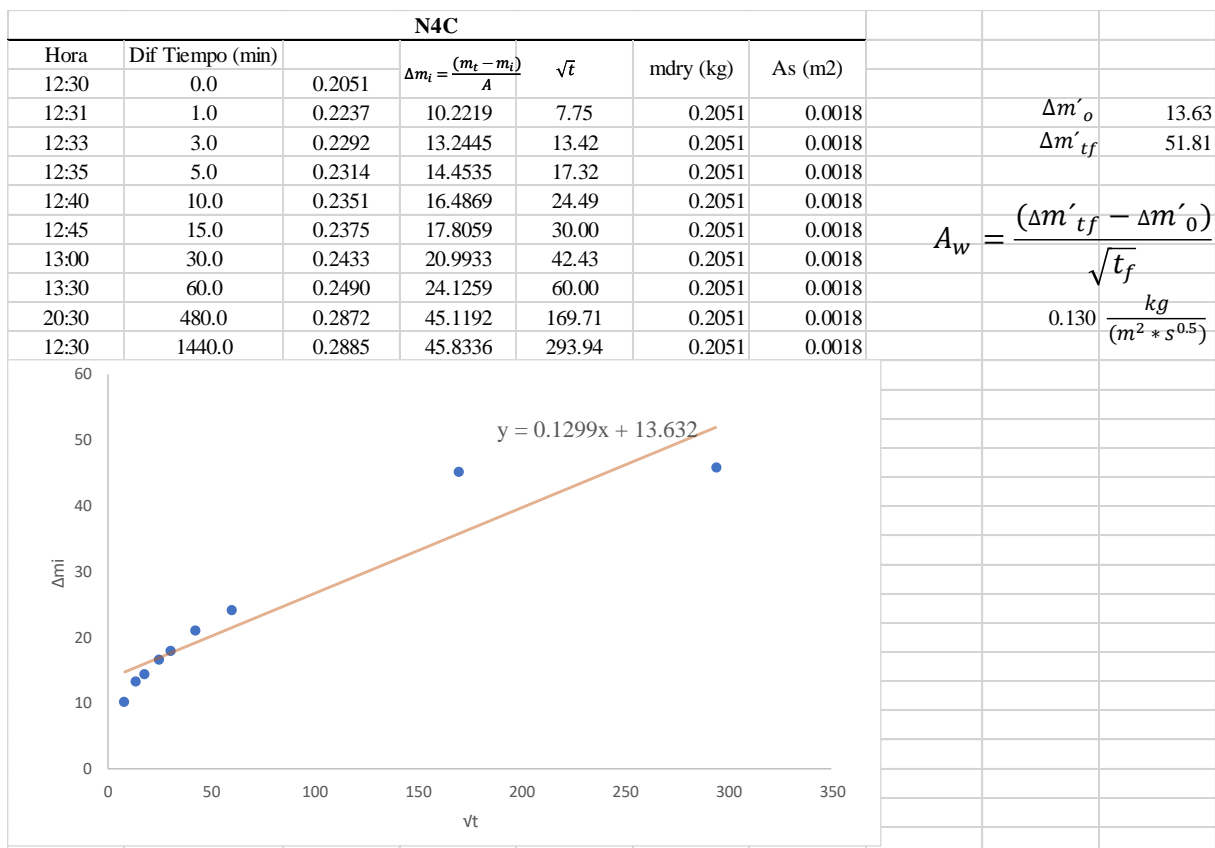


Figura 128: Resultados Ascensión Capilar 0% Caucho 4% Cemento



Fuente: Propia

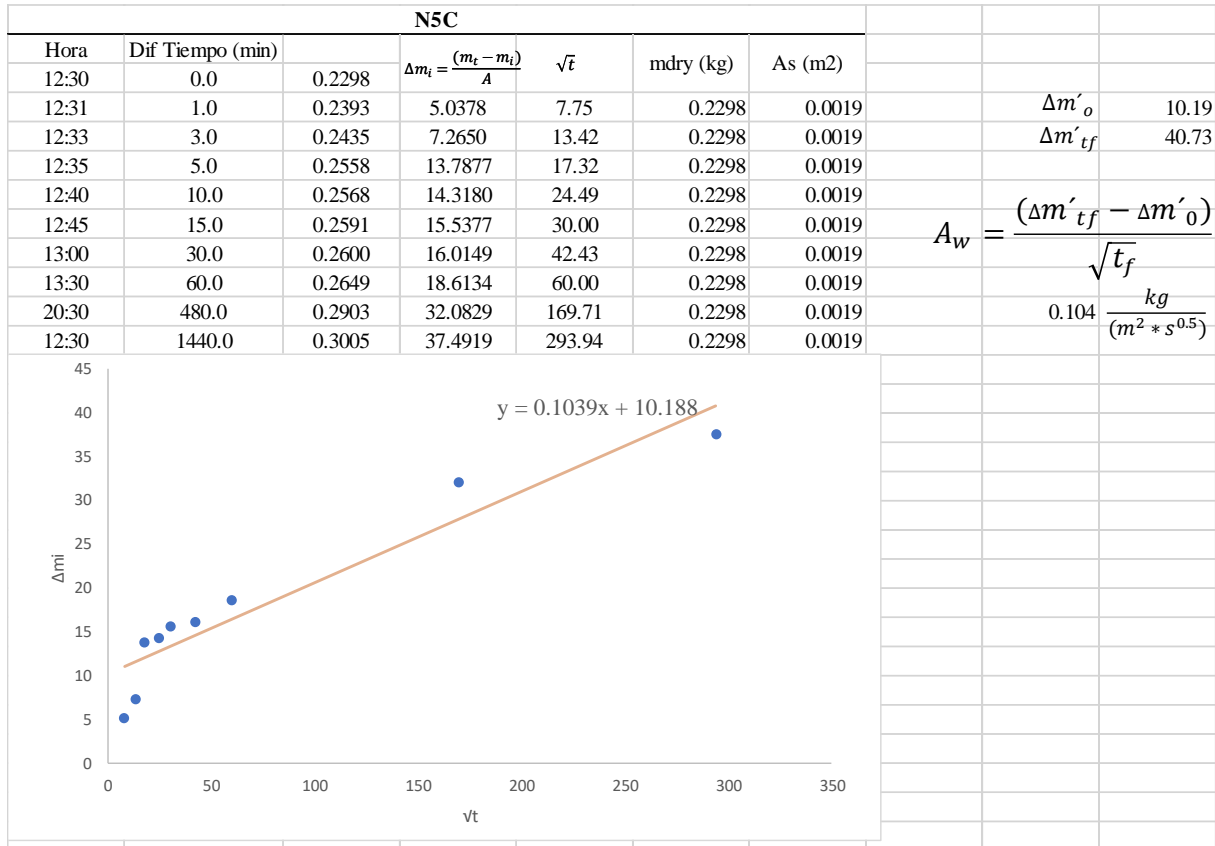
Figura 127: Resultados Ascensión Capilar 2% Caucho 0% Cemento



Fuente: Propia

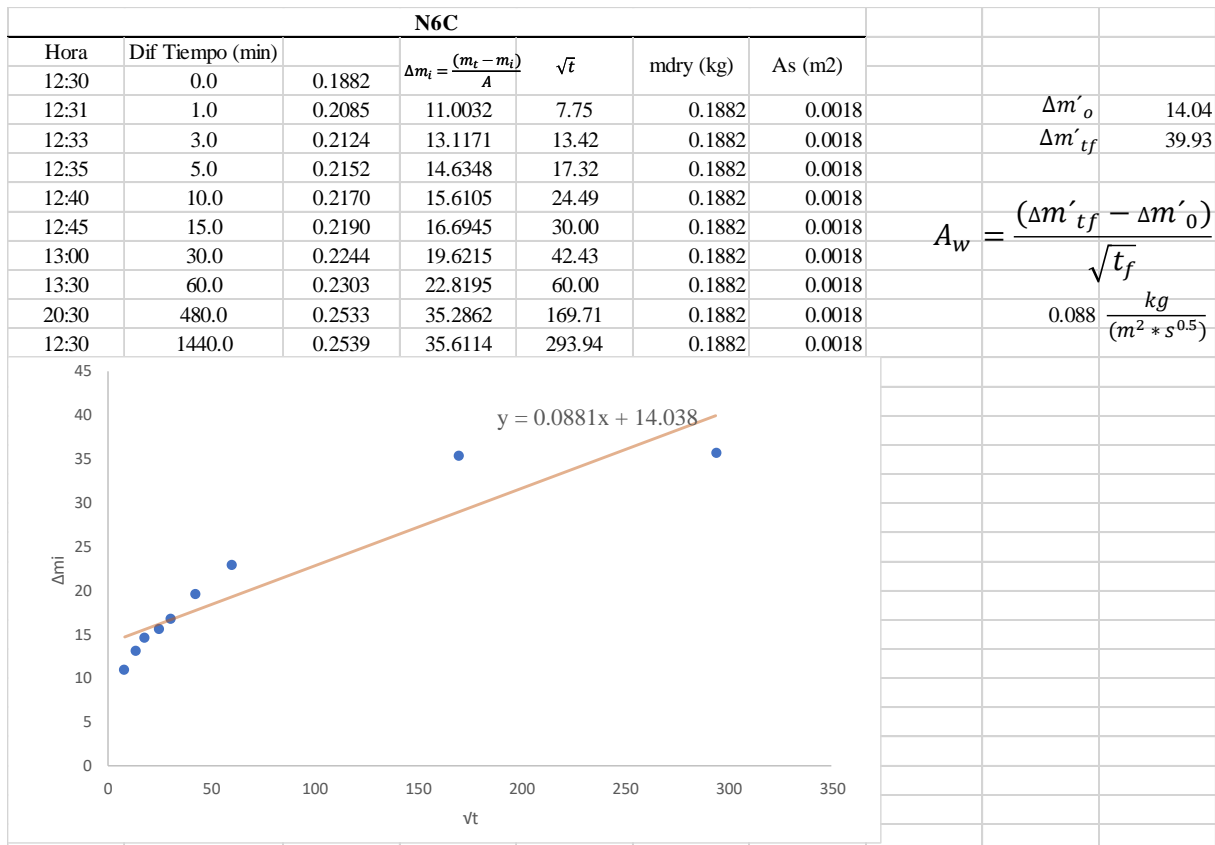


Figura 130: Resultados Ascensión Capilar 2% Caucho 2% Cemento



Fuente: Propia

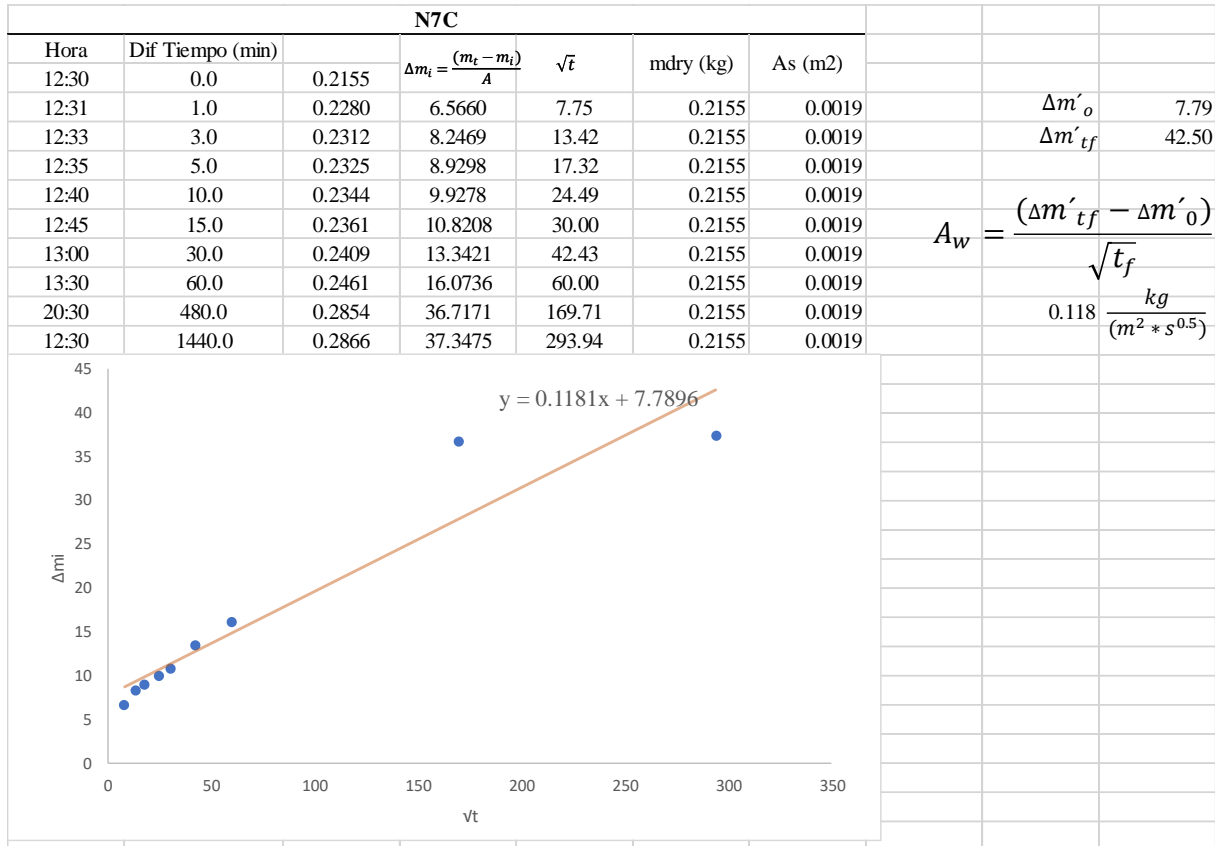
Figura 129: Resultados Ascensión Capilar 2% Caucho 4% Cemento



Fuente: Propia

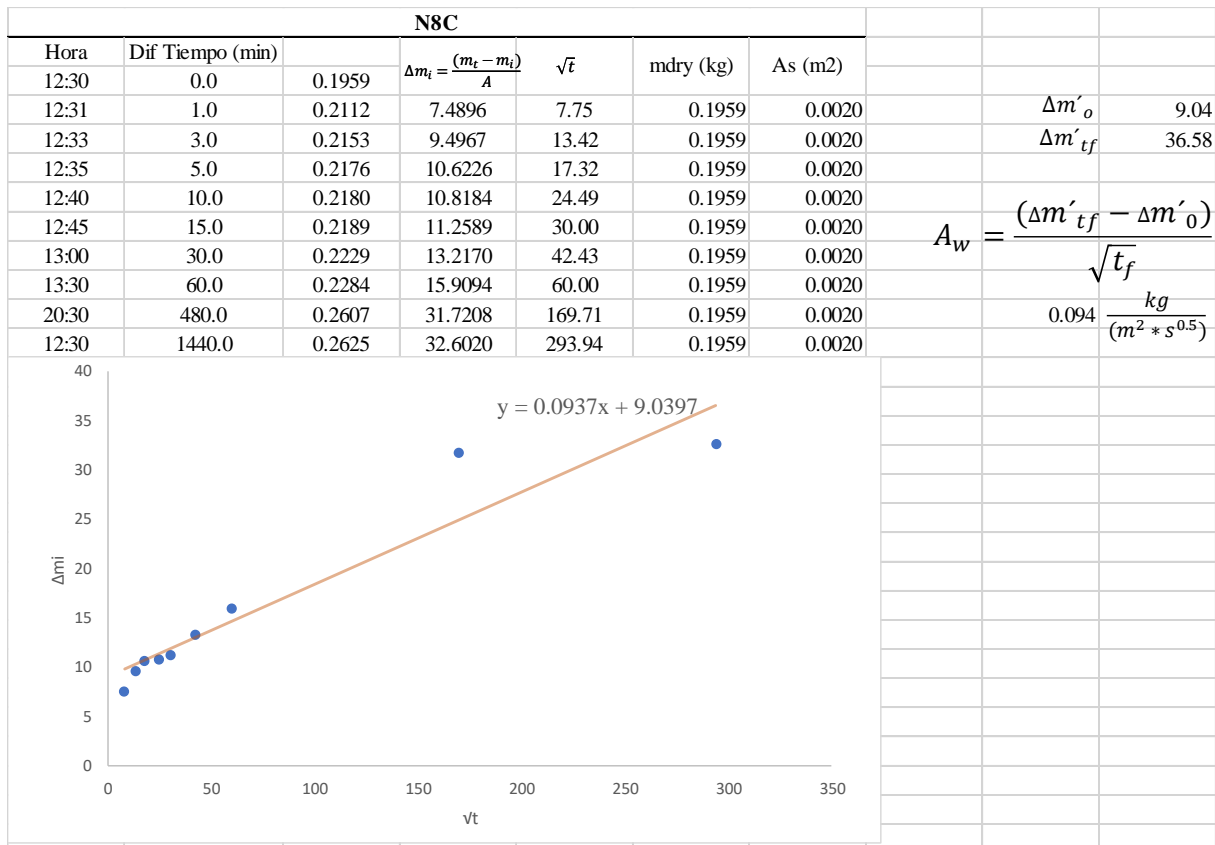


Figura 132: Resultados Ascensión Capilar 4% Caucho 0% Cemento



Fuente: Propia

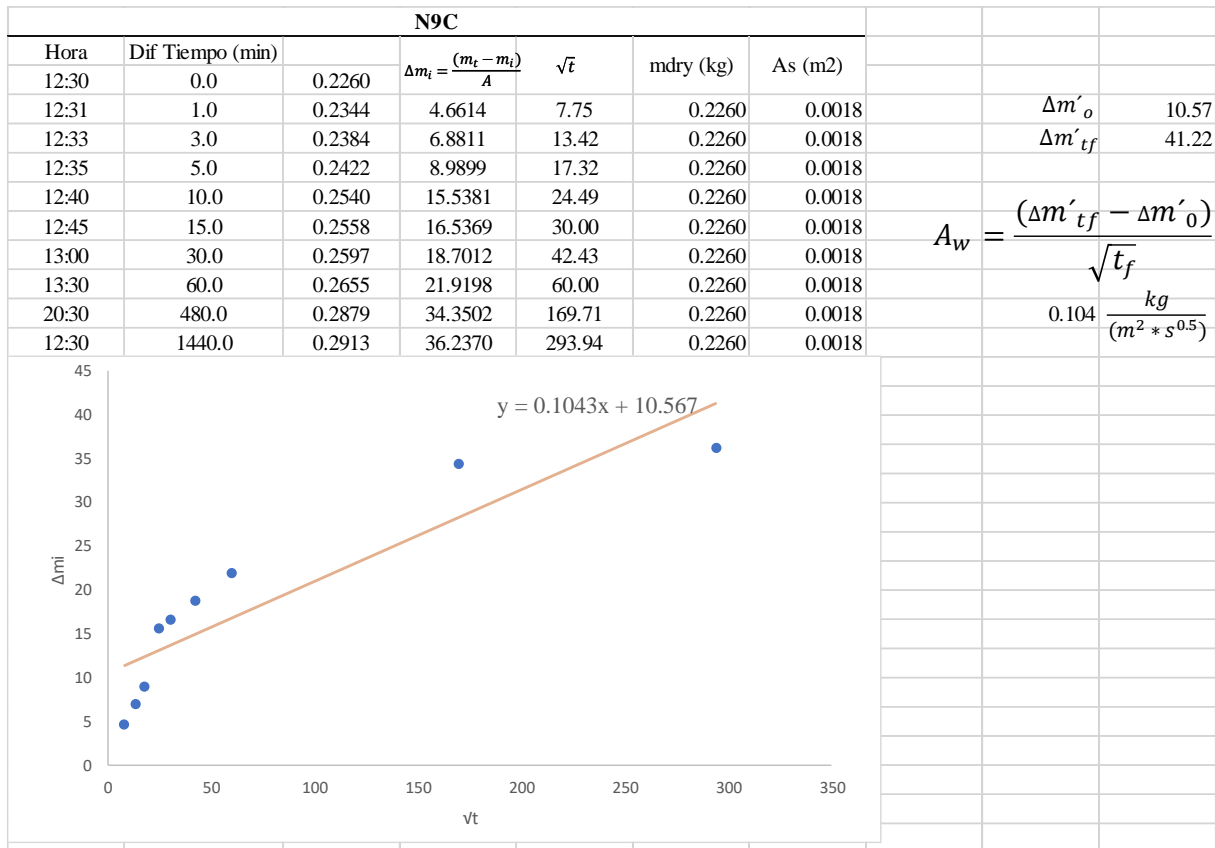
Figura 131: Resultados Ascensión Capilar 4% Caucho 2% Cemento



Fuente: Propia

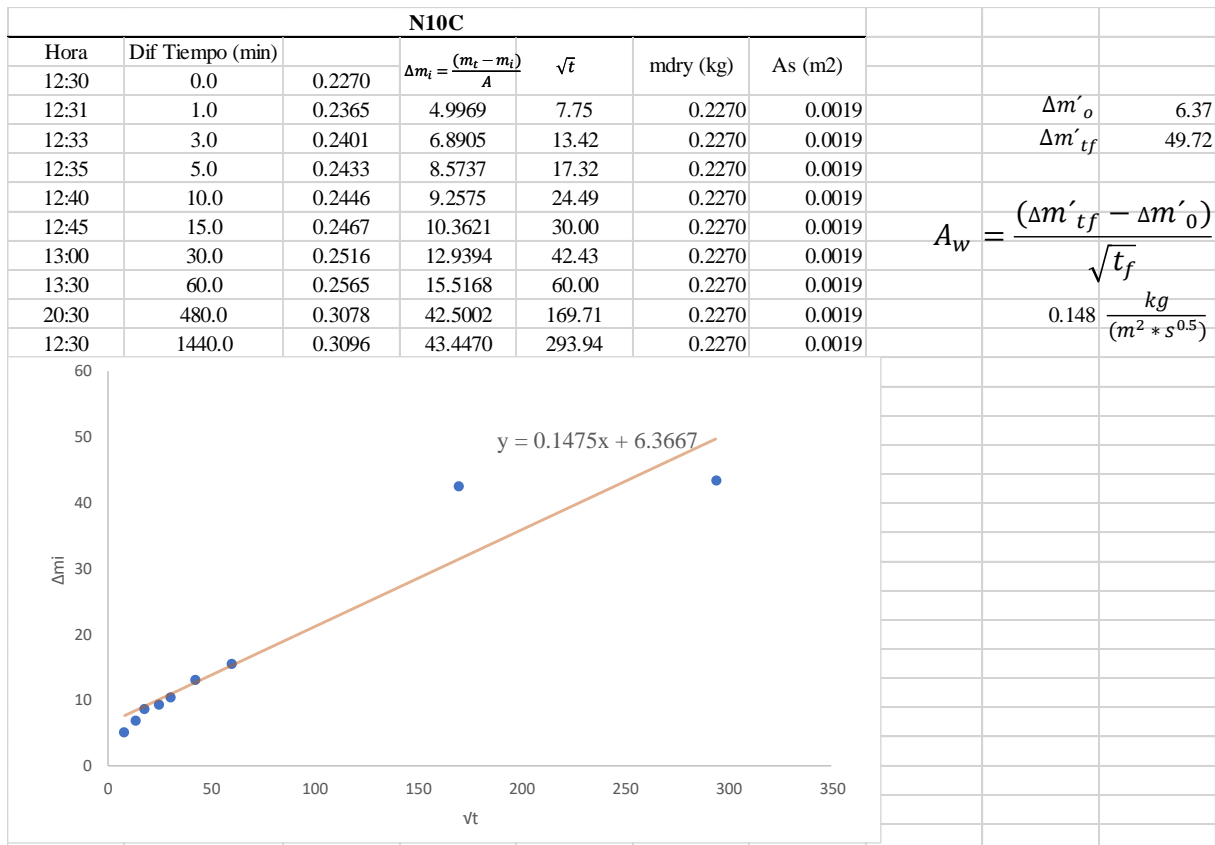


Figura 134: Resultados Ascension Capilar 4% Caucho 4% Cemento



Fuente: Propia

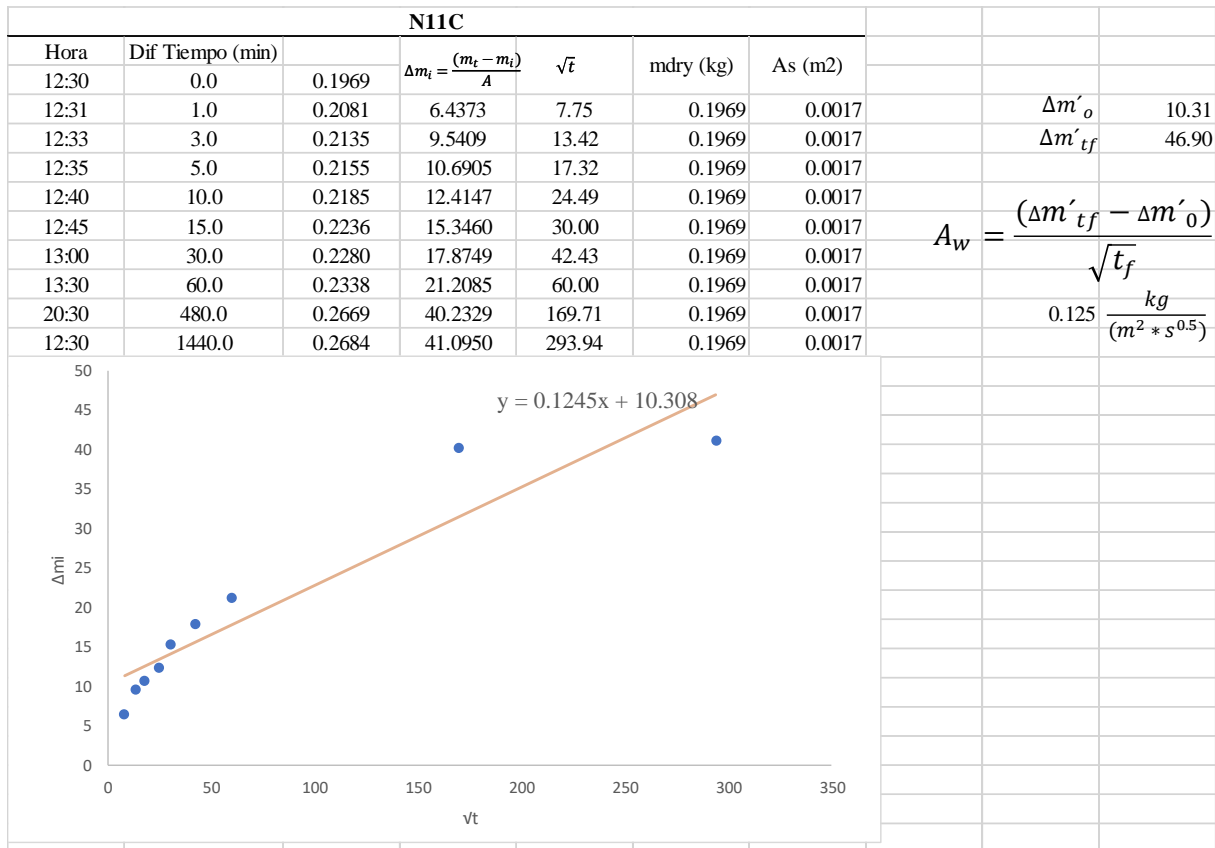
Figura 133: Resultados Ascension Capilar 6% Caucho 0% Cemento



Fuente: Propia

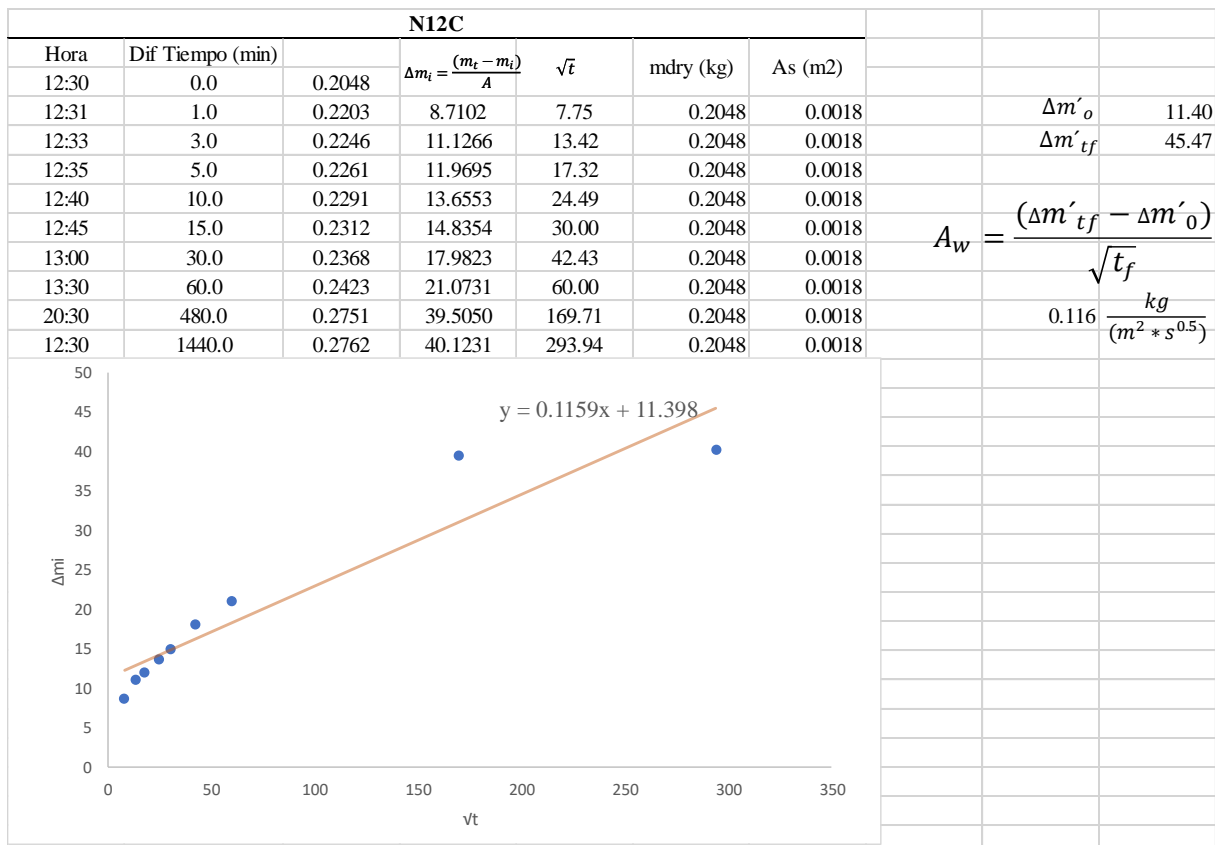


Figura 136: Resultados Ascension Capilar 0% Caucho 2% Cemento



Fuente: Propia

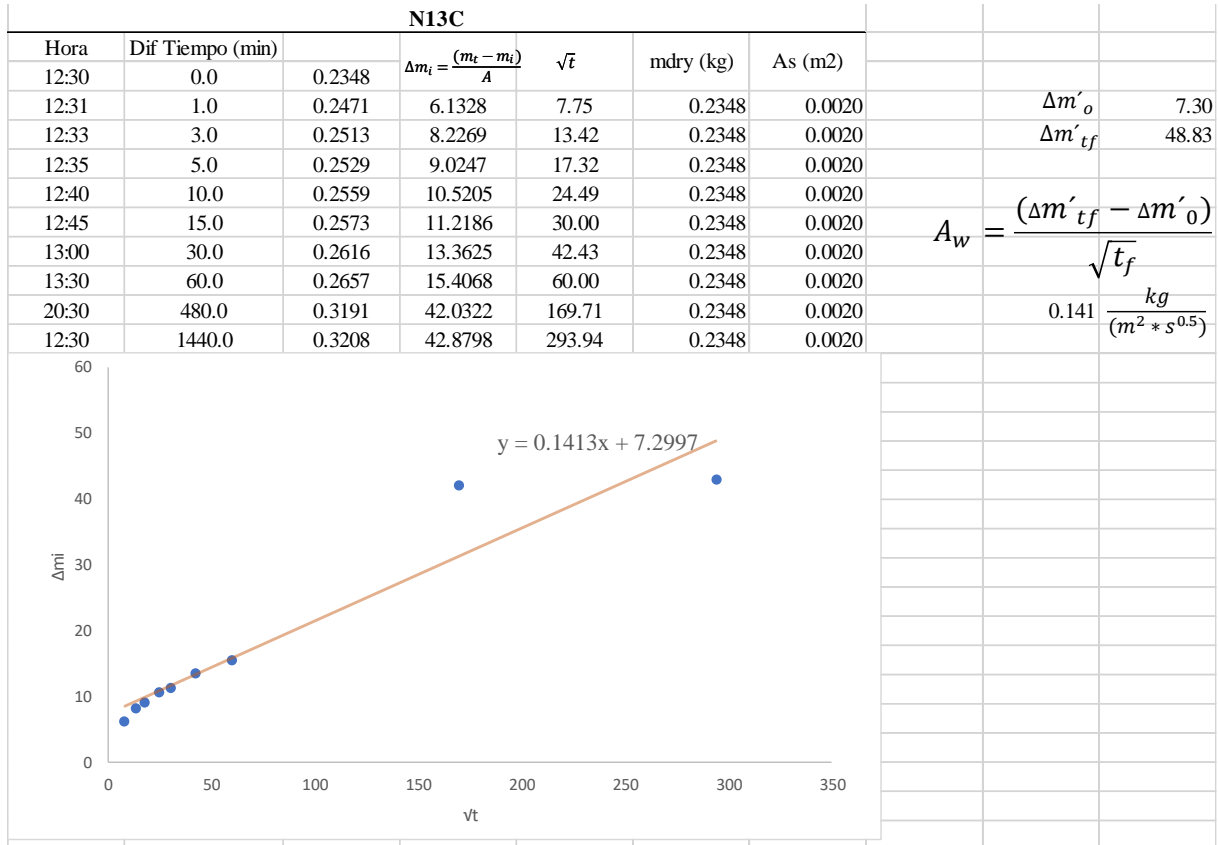
Figura 135: Resultados Ascension Capilar 6% Caucho 4% Cemento



Fuente: Propia

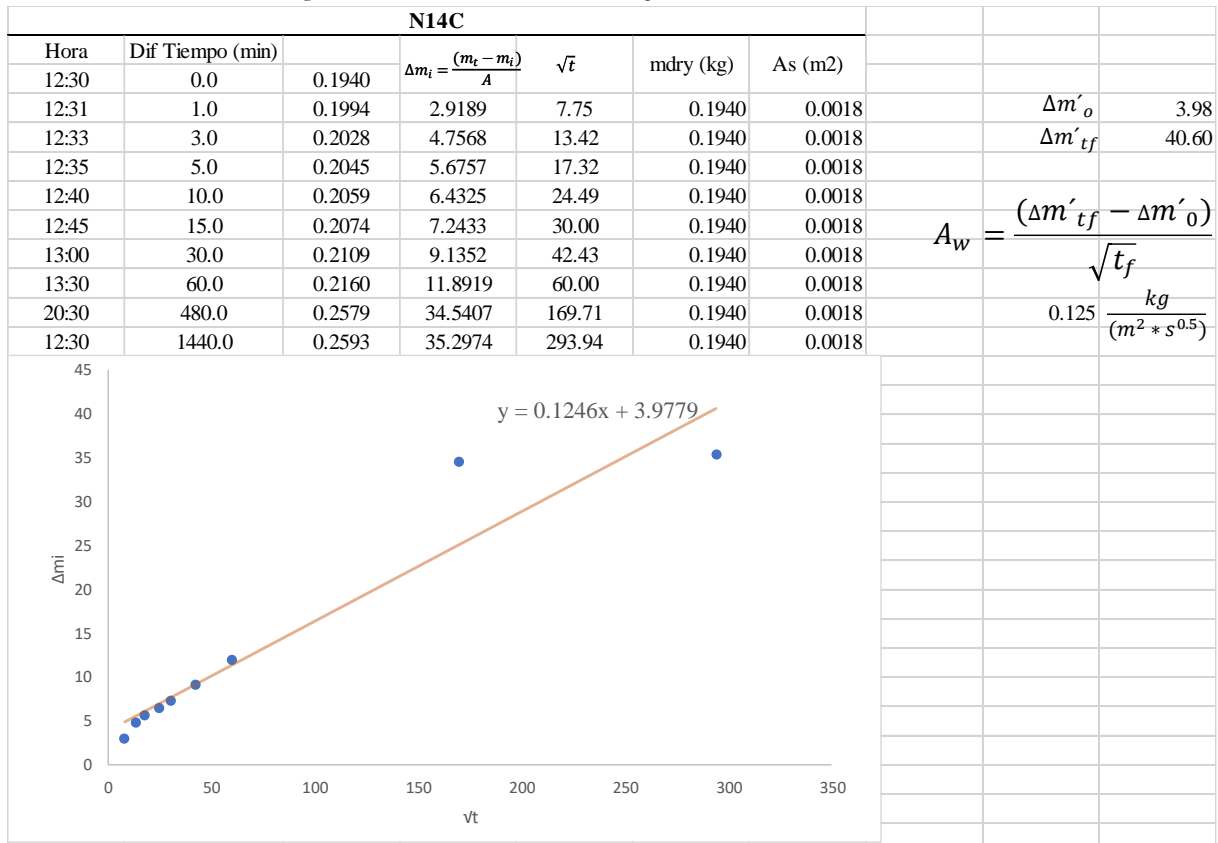


Figura 138: Resultados Ascensión Capilar 8% Caucho 0% Cemento



Fuente: Propia

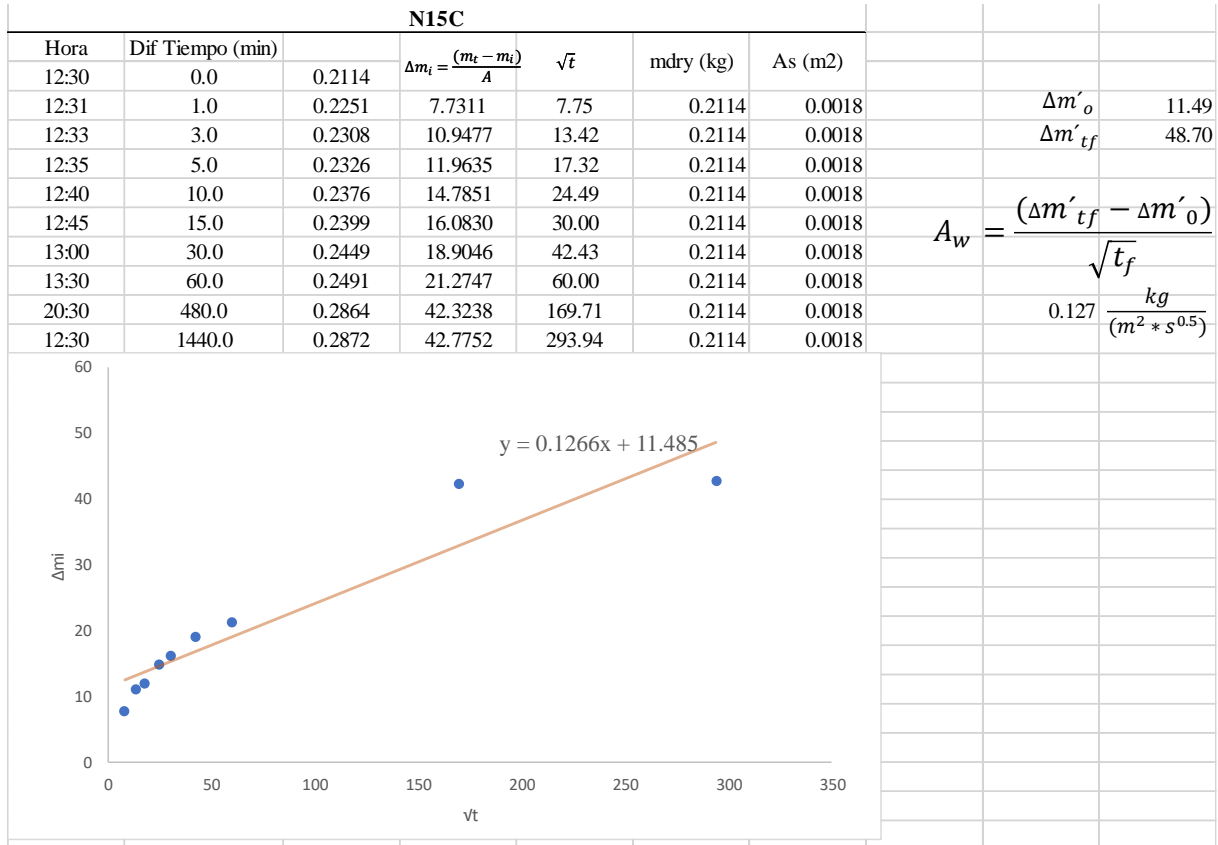
Figura 137: Resultados Ascensión Capilar 8% Caucho 2% Cemento



Fuente: Propia



Figura 139: Resultados Ascensión Capilar 8% Caucho 4% Cemento



Fuente: Propia



Capitulo IV: Resultados de la investigación.

Resultados del ensayo Proctor Modificado para encontrar el diseño optimizado

Figura 140: Resultados del ensayo Proctor Modificado para encontrar el diseño optimizado.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022					
Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado					
Tesistas	Joseph Ricardo Parra Chalco		COD	016101178-C	
	Jean Philippe Prudencio Paucarmayta			015100893-A	
Asesor:	Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza				
RESULTADOS OBTENIDOS					
ENSAYO	DENSIDAD MAXIMA SECA (PROCTOR)	NORMATIVA	MTC E-115		
Resultados segun dosificacion.					
	N	Caucho (%)	Cemento (%)	Contenido Optimo de Humedad (%)	Densidad Seca Maxima (g/cm3)
	1	0	0	10.17	2.106
	2	0	2	12.5	2.153
	3	0	4	13.2	2.236
	4	2	0	10.75	2.076
	5	2	2	13.6	2.186
	6	2	4	14.2	2.342
	7	4	0	11.1	1.957
	8	4	2	12.5	2.084
	9	4	4	13.4	2.166
	10	6	0	10.5	2.009
	11	6	2	12.8	2.029
	12	6	4	13.6	2.156
	13	8	0	10.4	1.97
	14	8	2	13	1.997
	15	8	4	13.01	2.074

Densidad Seca Maxima (g/cm3)

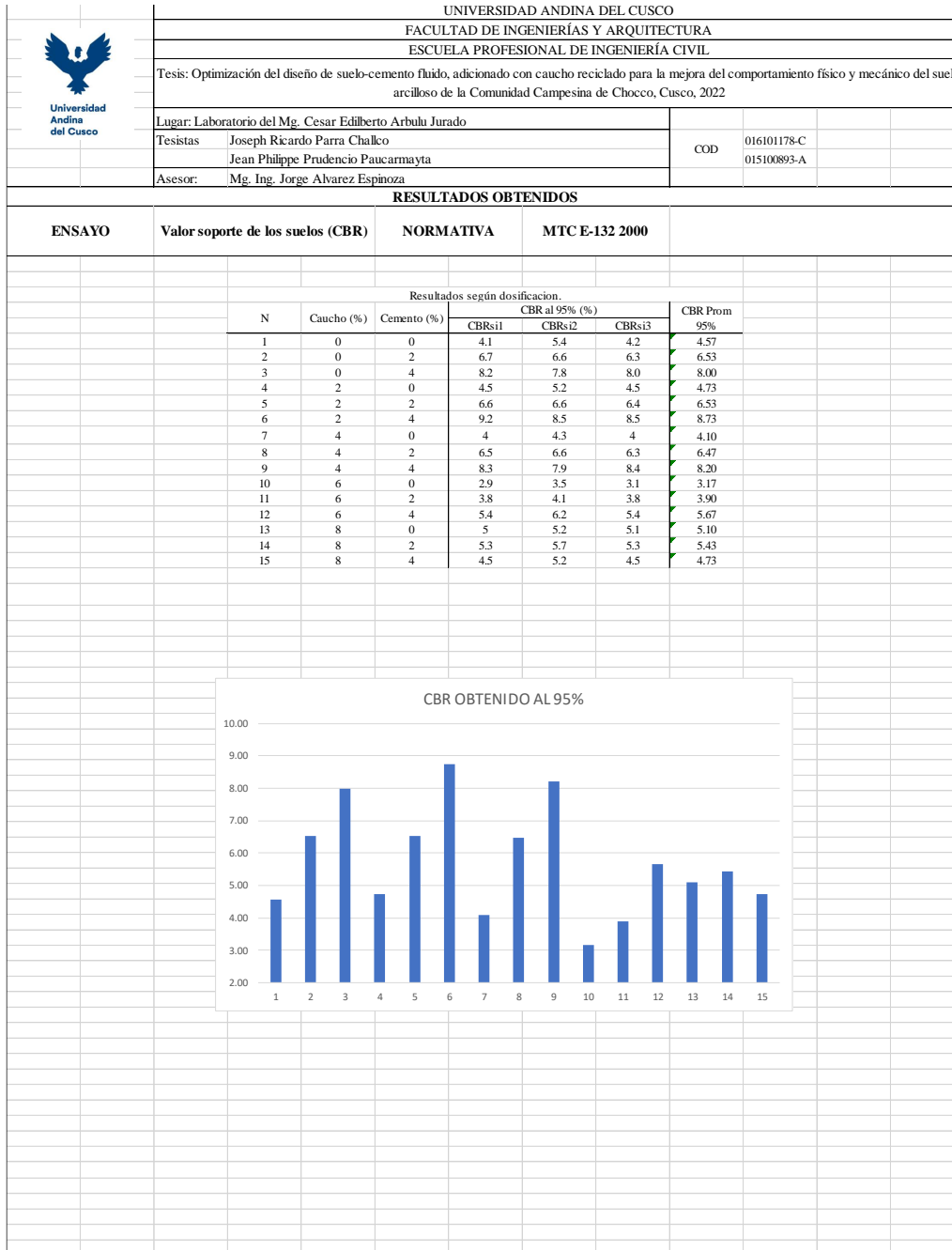
Fuente: Pronia

La densidad seca máxima de las dosificaciones corresponde al diseño N6 como se aprecia en la Figura 140, se verifica que el diseño N6 (2% de caucho reciclado y 4% de cemento), tiene una mayor densidad máxima seca con referencia a los diseños sin adición de caucho reciclado, tambien podemos apreciar que para adiciones de caucho mayores al 2% este valor empieza disminuir.



Resultados del CBR al 95% para encontrar el diseño optimizado.

Figura 141: Resultados de CBR al 95% para encontrar el diseño optimizado.



Fuente: Propia

El CBR al 95% con mayor valor corresponde al diseño N6 como se aprecia en la Figura 141, se verifica que el diseño N6 (2% de caucho reciclado y 4% de cemento), tiene una mayor valor de CBR al 95% en contraste a los diseños sin adición de caucho reciclado, podemos observar que los diseños con 4% de caucho reciclado no difieren mucho de los de dosificación sin caucho reciclado pero que a partir de este valor el CBR al 95% disminuye.



Resultados del CBR al 100% para encontrar el diseño optimizado.

Figura 142: Resultados de CBR al 100% para encontrar el diseño optimizado.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022						
Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado				COD	016101178-C 015100893-A	
Tesisistas		Joseph Ricardo Parra Challco Jean Philippe Prudencio Paucarmayta				
Asesor:		Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza				
RESULTADOS OBTENIDOS						
ENSAYO	Valor soporte de los suelos (CBR)	NORMATIVA	MTC E-132 2000			
Resultados según dosificación.						
N	Caucho (%)	Cemento (%)	CBR 100% (%)			CBR 100%
			CBRsi1	CBRsi2	CBRsi3	
1	0	0	8.2	8.8	8.3	8.43
2	0	2	10.2	10.3	10.1	10.20
3	0	4	12.6	12	12.4	12.33
4	2	0	8.4	9.1	8.5	8.67
5	2	2	10.5	10.6	10.4	10.50
6	2	4	13	12.4	12.7	12.70
7	4	0	8.2	8.7	8.4	8.43
8	4	2	10.2	10.2	10.1	10.17
9	4	4	12.5	12.1	12.2	12.27
10	6	0	6.2	7.3	6.5	6.67
11	6	2	7.7	8.5	7.9	8.03
12	6	4	9.6	10	9.6	9.73
13	8	0	9.3	9.7	9.3	9.43
14	8	2	9	9.4	9.1	9.17
15	8	4	8.7	9.1	8.8	8.87

Fuente: Propia

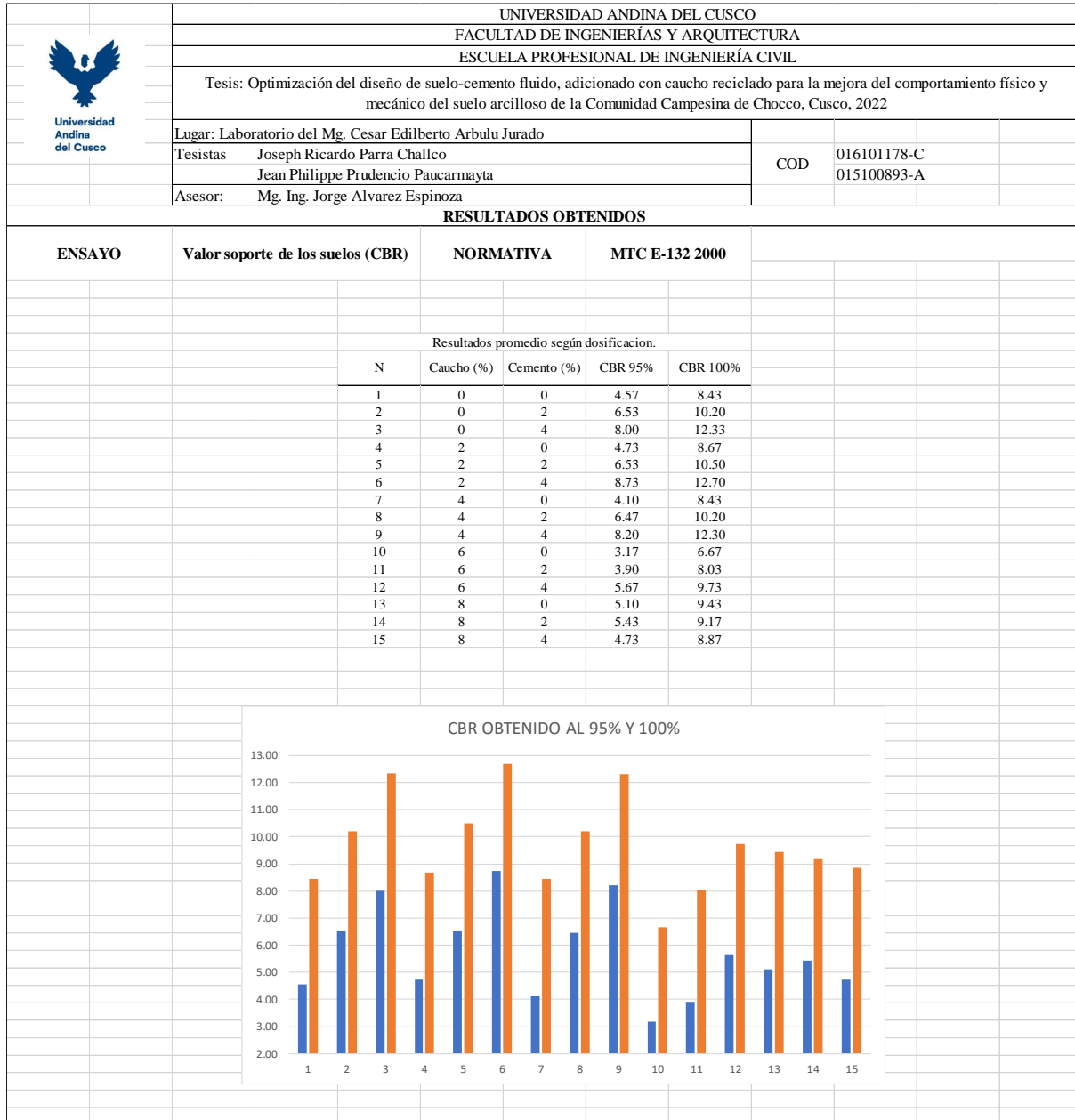
El CBR al 100% con mayor valor corresponde al diseño N6 como se aprecia en la Figura 142, se verifica que el diseño N6 (2% de caucho reciclado y 4% de cemento), tiene una mayor valor de CBR al 100% en contraste a los diseños sin adición de caucho reciclado, podemos observar que los valores de diseño con 4% de adición de caucho reciclado son similares al de los diseños



de suelo cemento sin adición de caucho, a mayores porcentajes que el de 4% de caucho reciclado el valor de CBR al 100% disminuye.

Comparación de CBR al 95% y 100%

Figura 143: Comparación de CBR al 95% y 100%



Fuente: Propia



Cuadro Comparativo del Ensayo de Ascensión Capilar

Figura 144: Resultados de Ascensión Capilar y Grafico comparativo.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022			
Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado			
Tesistas:	Joseph Ricardo Parra Chalco		
	Jean Philippe Prudencio Paucarmayta		
Asesor:	Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza		
COD	016101178-C 015100893-A		
RESULTADOS OBTENIDOS			
ENSAYO	ENSAYO DE ASCENSIÓN CAPILAR	NORMATIVA	ISO 15148-2002
Resultados Indice de Ascensión capilar			
N	Caucho (%)	Cemento (%)	A B C Promedio
N1	0	0	0.1550 0.1528 0.1571 0.1550
N2	0	2	0.1389 0.1325 0.1454 0.1389
N3	0	4	0.1052 0.0964 0.1003 0.1006
N4	2	0	0.1360 0.1222 0.1299 0.1294
N5	2	2	0.1182 0.1086 0.1039 0.1102
N6	2	4	0.0960 0.0882 0.0881 0.0908
N7	4	0	0.1144 0.1136 0.1181 0.1154
N8	4	2	0.1017 0.1079 0.0937 0.1011
N9	4	4	0.1029 0.0914 0.1043 0.0995
N10	6	0	0.1409 0.1463 0.1475 0.1449
N11	6	2	0.1203 0.1222 0.1245 0.1223
N12	6	4	0.1171 0.1023 0.1159 0.1118
N13	8	0	0.1601 0.1543 0.1413 0.1519
N14	8	2	0.1231 0.1167 0.1246 0.1215
N15	8	4	0.1154 0.1195 0.1266 0.1205

Fuente: Propia

Según (Cirvini & J.A., 2014). La humedad debido al nivel de ascensión capilar es un indicador de conservación. Por lo que en la Figura 144, se verifica que la mezcla N6 (2% de caucho reciclado y 4% de cemento), tiene un menor índice de absorción capilar, siendo menor que el de la mezcla N1 (0% de caucho y 0% de cemento) en un 41.43%.



4. Resultados

4.1. Resultados respecto a los Objetivos Específicos.

Objetivo 1.

Se determino la óptima densidad seca máxima para el diseño de suelo cemento adicionado con caucho reciclado, el cual es de 2.342 g/cm³, correspondiente al diseño N6 con una dosificación de 2% de caucho reciclado y 4% de cemento, estos porcentajes en relación con el peso seco del suelo arcilloso.

Objetivo 2.

Se determino la óptima densidad seca máxima para el diseño de suelo cemento sin adición de caucho reciclado, el cual es de 2.236 g/cm³, correspondiente al diseño N3 con una dosificación de 0% de caucho reciclado y 4% de cemento, estos porcentajes en relación con el peso seco del suelo arcilloso.

Objetivo 3.

Se determino el óptimo porcentaje de CBR que presenta el diseño de suelo cemento adicionado con caucho reciclado, el cual para un 95% es de 8.73 % y al 100% es de 12.70%, estos resultados corresponden al diseño N6 con una dosificación de 2% de caucho reciclado y 4% de cemento, estos porcentajes en relación con el peso seco del suelo arcilloso.

Objetivo 4.

Se determino el óptimo porcentaje de CBR para el diseño de suelo cemento sin adición de caucho reciclado, el cual para un 95% es de 8.00 % y al 100% es de 12.33 %, correspondientes al diseño N3 con una dosificación de 0% de caucho reciclado y 4% de cemento, estos porcentajes en relación con el peso seco del suelo arcilloso.

Objetivo 5.

Se determino el óptimo coeficiente de agua por absorción capilar del diseño de suelo cemento con adición de caucho reciclado, el cual es de 0.0908 kg/(m²*s^{0.5}), correspondientes al diseño N6 con una dosificación de 2% de caucho reciclado y 4% de cemento, estos porcentajes en relación con el peso seco del suelo arcilloso.

Objetivo 6.

Se determino el óptimo coeficiente de agua por absorción capilar del diseño de suelo cemento sin adición de caucho reciclado, el cual es de 0.1006 kg/(m²*s^{0.5}), correspondientes al diseño



N3 con una dosificación de 0% de caucho reciclado y 4% de cemento, estos porcentajes en relación con el peso seco del suelo arcilloso.

4.2. Resultados respecto al Objetivo General.

Se obtuvo el diseño óptimo de suelo-cemento con caucho reciclado con una dosificación de 2% de caucho reciclado y 4% de cemento en porcentaje del peso de suelo seco, mejorando así las propiedades: Densidad máxima seca en un 10.08%, CBR en 47.71% al 95% y 33.60 % al 100% y Ascensión capilar en un 41.43 %, estas comparadas respecto al suelo sin adición.

Capítulo V: Discusión

5.1. Descripción de los hallazgos más relevantes y significativos

- Se observó que según los resultados del ensayo Proctor modificado en la dosificación N6 (2% caucho reciclado, 4% cemento) se obtenía el mayor valor de la densidad seca máxima 2.342 g/cm³, en cuanto a los porcentajes iguales o mayores a 4% de caucho reciclado el valor de la densidad seca máxima disminuye, siendo la causante de esta la densidad del caucho Figura 140.
- El CBR al 95% demuestra resultados positivos ya que está dentro de la norma referenciada del Ministerio de Transportes y Comunicaciones “Manual de diseño de vías no pavimentadas de bajo volumen de tránsito” estando el valor de 10.37% del diseño optimizado, dosificación N6 dentro de los parámetros de regular a buena en la clasificación de subrasante según CBR.
- Contrastando el índice de absorción capilar con las propiedades de CBR y Proctor, se verifica que este índice tiene similitud con lo obtenido en las propiedades mecánicas. Siendo los gráficos compilatorios de los resultados de las propiedades antes mencionadas similares.

5.2. Limitaciones del estudio

La presente investigación se limita a los siguientes parámetros:

- El material usado fue el suelo arcilloso de la comunidad campesina de Chocco el cual fue extraído empíricamente.



- El caucho utilizado proveniente del reciclaje de canchas sintéticas, que a su vez es elaborado con llantas recicladas en un porcentaje de (0%, 2%, 4% 6 % y 8%) con respecto al peso del suelo seco.
- El cemento utilizado es “Cemento Yura - Portland IP”, en un porcentaje de (0%, 2% y 4%) con respecto al peso del suelo seco.
- La aplicación y los parámetros de esta tesis se limitan a la Comunidad Campesina de Chocco del distrito de San Sebastián/Santiago, Provincia de Cusco y Departamento de Cusco.
- Debido a la coyuntura del COVID-19, se limitaron diversos aspectos de la tesis como el uso del laboratorio, ya que los laboratorios de Universidad Andina del Cusco no se pudieron usar esto provocó que los ensayos se realizaron en el laboratorio particular del Mg. Ing. Cesar Edilberto Arbulu Jurado, el cual se contrató manera particular.
- El diseño de mezclas se elaboró en cuanto al cemento en base a la investigación para CBR no sumergido del artículo (Technology, 2013) de la Prince of Songkla University en su Songklanakarin Journal of Science and Technology. Y para el porcentaje de caucho reciclado tomamos de referencia nuestros antecedentes internacionales, nacionales; (Patiñó Ycaza, Estabilizacion del suelo mediante adiciones de caucho reciclado., 2017), (Benavente Huaman & Navarro Cardenas, 2020) presentes en el marco teórico, en las que se usaron porcentajes de 5% 10% 15% 20%, concluyendo que a partir del 10% eran valores demasiado grandes, viendo que eran perjudiciales para sus fines; por lo cual escogimos valores más cercanos al 0% buscando resultados positivos.
- Las normas y antecedentes sobre las cuales tomamos como referencia para los resultados es el Manual de diseño de vías no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008) y Determinación del coeficiente de absorción de agua en inmersión parcial. (ISO, 2002)

5.3.Comparación crítica con la literatura existente

¿El CBR obtenido de las pruebas de laboratorio cumple con lo indicado en el Manual de diseño de vías no pavimentadas de bajo volumen de tránsito?

Según el MTC en su manual de diseño de vías no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, se diseñará con un CBR al 95% y se considera como material apto para la



coronación de la subrasante de suelos aquellos con un CBR mayor o igual al 6%, y apoyándonos de la Figura 8 podemos inducir que nuestro CBR al 95% en el diseño óptimo N6 es de 10.37% estando entre la clasificación regular a buena según el manual.

¿La capilaridad obtenida de los ensayos de laboratorio se encuentra dentro de los parámetros de la norma ISO 15148?

La norma ISO 15148, no indica parámetros entre los cuales debe estar el material a analizarse, sin embargo. Según (Cirvini & J.A., 2014), menor humedad producida por ascensión capilar es un indicador de conservación del material, por consiguiente, los ensayos de laboratorio indican que la mezcla N6 (con dosificación: 2% caucho reciclado y 4% de cemento) tiene un mejor índice de conservación Figura 144.

¿Cuál es la influencia del caucho reciclado en las dosificaciones realizadas?

De acuerdo a nuestros antecedentes los valores de caucho reciclado por encima del 10% eran perjudiciales, para las dosificaciones planteadas en nuestra investigación observamos que en un porcentaje bajo (2%) resulta beneficioso para las propiedades físicas y mecánicas. A medida que el porcentaje de caucho incrementa, los valores de densidad seca máxima y CBR decrecen, esto se verifica en: Figura 140, Figura 141 y Figura 142. Con el incremento de porcentaje de caucho también el índice de capilaridad aumenta siendo perjudicial Figura 144.

5.4. Implicancias del estudio

Esta investigación tendrá un efecto positivo en la sociedad puesto que las personas que viven en la Comunidad Campesina de Chocco tendrán una alternativa para tener vías de bajo volumen de tránsito de mejor calidad. También servirá de base y/o sustento para futuras investigaciones, relacionadas con el caucho y suelo cemento.



C. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Pudimos demostrar la hipótesis general “La optimización del diseño de suelo cemento adicionado con caucho reciclado tendrá mejoras en el comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la comunidad campesina de Chocco”, puesto que el suelo arcilloso natural sin adiciones N1 tiene una densidad seca máxima de 2.106 gr/cm³ (Figura 140Figura 35), CBR de 4.57% al 95% y 8.43% al 100% (Figura 143) e índice de absorción capilar de 0.1550 kg/(m²*s^{0.5}) (Figura 144). Se concluye que el diseño óptimo es el diseño N6 que aumenta el valor de la densidad seca máxima en un 10.08%, el CBR en 47.71% al 95% y 33.60 % al 100% el índice de absorción capilar se reduce en 41.43 % respecto al suelo natural.
- Se demostró la sub hipótesis N °1 “La óptima densidad seca máxima que presentará el diseño de suelo cemento adicionado con caucho reciclado será mayor que la de los diseños de suelo cemento sin adición de caucho reciclado, del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco”, puesto que la óptima densidad seca máxima obtenida es la que corresponde al diseño N6 con adición de caucho reciclado que nos da el valor de 2.342 g/cm³ (Figura 140Figura 35), asimismo se concluye que a mayor adición de caucho la densidad seca máxima va en declive esto debido a la baja densidad del caucho reciclado que es compensada en parte por el cemento en los diseños. También podemos observar que esta supera por poco la densidad seca máxima del diseño N3 que no tiene añadidura de caucho con un valor de 2.236 g/cm³ (Figura 140Figura 35), teniendo un porcentaje de mejora del 4.53 %.
- No se demostró la sub hipótesis N°2 “La óptima densidad seca máxima que presentará el diseño de suelo cemento sin adición de caucho reciclado será mayor que la de los diseños de suelo cemento adicionados con caucho reciclado, del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco”, puesto que la óptima densidad seca máxima en los diseños sin añadidura de caucho reciclado corresponde al diseño N3, concluyendo que este es menor con respecto al diseño optimizado N6 sin embargo es mayor a la de los diseños con más del 2% de caucho añadido, pudiendo afirmar que a un 2% de adición de caucho reciclado y 4% de cemento, se obtiene la máxima densidad seca del suelo arcilloso, pero a mayores porcentajes de caucho a partir de este valor disminuye siendo perjudicial para la densidad seca máxima en mayores proporciones.
- Se demostró la sub hipótesis N°3 “El óptimo porcentaje de CBR que presentará el diseño de suelo cemento adicionado con caucho reciclado será mayor que la de los diseños de



suelo cemento sin adición de caucho reciclado, del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco”, puesto que el porcentaje óptimo de CBR del diseño N6 al 95% es 8.73 % y al 100% es 12.70% (Figura 143), concluimos que es mejor respecto al diseño N3 suelo cemento (4%) sin caucho reciclado (0%), así también se verifica que es mayor con respecto a los demás diseños de suelo cemento con adición de caucho mayor al 2%, viendo una clara tendencia que a mayor añadidura de caucho el valor de CBR disminuye, siendo el valor óptimo de caucho un 2%.

- No se demostró la sub hipótesis N°4 “El óptimo porcentaje de CBR que presentará el diseño de suelo cemento sin caucho reciclado será mayor que la de los diseños de suelo cemento adicionados con caucho reciclado, del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco”, puesto que el mayor valor de CBR del diseño de suelo cemento sin adición de caucho correspondiente al N3 al 95% es 8.00 % y al 100% es 12.33 % (Figura 143), valores menores que el del diseño con añadidura de caucho al 2% N6, donde el CBR al 95% es 8.73 y al 100% es 12.70% (Figura 143) concluyendo que con los diseños con 4% los valores de CBR son similares a los valores del diseño sin adición de caucho y los diseños con porcentajes de caucho mayores al 4% presenta un valor de CBR por debajo del diseño sin caucho reciclado.
- Se demostró la sub hipótesis N°5 “El óptimo coeficiente de agua por absorción capilar que presentará el diseño de suelo cemento adicionado con caucho reciclado será menor que la de los diseños de suelo cemento sin adición de caucho reciclado, del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco”, concluimos que el menor coeficiente de agua por absorción capilar corresponde al diseño óptimo N6 es de 0.0908 kg/(m²*s^{0.5}) (Figura 144), siendo este menor respecto a los diseños de suelo cemento sin caucho reciclado, así también se verifica que este es menor con respecto a los demás diseños de suelo cemento con adiciones de caucho reciclado mayores al 2%, ya que al aumentar el caucho reciclado el coeficiente de agua por absorción capilar aumenta, concluyendo que el valor óptimo de este es 2%.
- No se confirmó la sub hipótesis N°6 “El óptimo coeficiente de agua por absorción capilar que presentará el diseño de suelo cemento sin adición de caucho reciclado será menor que la de los diseños de suelo cemento con adición de caucho reciclado, del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco”, concluyendo que el menor coeficiente de agua por absorción capilar del diseño de suelo cemento sin adición de caucho corresponde al N3 con 0.1006 kg/(m²*s^{0.5}) (Figura 144), sin embargo es mayor que el que corresponde al diseño con añadidura de caucho al 2% N6 de 0.0908



kg/(m²*s^{0.5}) (Figura 144), donde existe una variación del 9.80 %, así también se verifica que comparando el diseño N3 con 0% de caucho reciclado y el diseño N9 con 4% de caucho reciclado el N9 es ligeramente mayor.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar caucho en proporciones no mayores al 2% del peso del suelo seco en vías de bajo volumen de tránsito.
- Se recomienda realizar investigaciones relacionadas a estabilización de suelos usando caucho reciclado, analizando otras propiedades físicas y mecánicas, para así ampliar el conocimiento de este material que es usualmente desechado.
- Se recomienda realizar estudios sobre el uso de polímeros naturales y artificiales como materiales estabilizantes de suelos, para así poder analizar el comportamiento de estos.
- Se recomienda usar más proporciones y dosificaciones de cemento/caucho.
- Se recomienda usar el caucho reciclado en bajas proporciones.
- Se recomienda en el desarrollo profesional de los estudiantes de ingeniería civil el uso de Normativas y estándares internacionales para así estar a la vanguardia con las nuevas tecnologías.
- Se recomienda tomar como referencia la presente investigación para la elaboración de futuros estudios sobre estabilización de suelos o suelo cemento con caucho.



D. REFERENCIAS

- Abanto Castillo, F. (2009). *Tecnología del Concreto*. Lima: San Marcos E.I.R.L. - Editor.
- Bañon Blazquez, L., & Bevia Garcia, J. F. (1999). *Manual de Carreteras. Volumen II: Construccion y mantenimiento*. Valencia: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A.
- Benavente Huaman, E. J., & Navarro Cardenas, M. E. (2020). *Estudio experimental del comportamiento mecanico geotecnico de un suelo granular con adiccion de caucho reciclado proveniente de neumaticos inservibles*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Benavente Huaman, E., & Navarro Cardenas, M. (2020). *Estudio experimental del comportamiento mecánico geotécnico de un suelo granular con adición de caucho reciclado proveniente de neumaticos inservibles*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Cabanillas Huachua, E. R. (2017). *Comportamiento fisico mecanico del concreto hidraulico adicionado con caucho reciclado*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Caucho, I. (21 de Marzo de 2012). *Reciclario.com*. Obtenido de Reciclario.ar: <http://reciclario.com.ar/indice/caucho/>
- Cirvini, S. A., & J.A., G. V. (2014). *Ensayo y dispositivo para evaluar la absorción capilar en probetas de adobe y tapia*. Mendoza: Universidad del Zulia.
- Comision de Reglamentos Tecnicos y Comerciales-INDECOPI. (1999). *SUELOS. Metodo de ensayo CBR (Relacion de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio*. Lima: INDECOPI.
- Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecanica de suelos y cimentaciones*. Limusa: Editorial Limusa S.A. de C.V.
- Das, B. M. (2015). *Fundamentos de la Ingenieria Geotecnica Cuarta edición*. Mexio D.F.: Cengage Learning Editores S.A.
- E. Halsted, G., S. Adaska, W., & T. McConnell, W. (2008). *Guide to Cement-Modified Soil (CMS)*. Skokie, Illinois: Portland Cement Association.
- El Comercio. (20 de 12 de 2016). Las canchas sintéticas de caucho son seguras, según estudio. *El Comercio*, pág. 1.



- Garcia Toro, J. R. (2019). *Estudio de la tecnica de suelo-cemento para la estabilizacion de vias terciarias en Colombia que posean un alto contenido de caolín*. Bogotá: Universidad Catolica de Colombia.
- Hernandez Sampieri, E., & Mendoza Torres, C. (2018). *Metodologia de la investigación*. Mexico: Mc Graw Hill Education.
- ISO. (2002). *Hygrothermal performance of building materials and products - Determination of water absorption coefficient by partial immersion (ISO 15148:2002)*. Londres: ISO.
- Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., Panarese, W. C., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Illinois: Portland Cement Association.
- Madsen, L., Collo, G. L., & Marfil, S. A. (2016). *Microanalisis como herramienta para diferenciar arcillas expansibles*. Corrientes, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2008). *Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de transito*. Lima: MTC.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2017). *Manual de Ensayo de Materiales*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2019). *Ingenieria Geotecnica en Edificaciones*. Lima: Direccion Nacional de Construccion.
- Pasquel Carbajal, E. (1998). *Temas de Tecnología del concreto en el Perú*. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú Consejo Nacional.
- Patiño Ycaza, J. J. (2017). *Estabilizacion de suelo mediante adiciones de caucho reciclado*. Guayaquil: Universidad Catolica de Santiago de Guayaquil .
- Patiño Ycaza, J. J. (2017). *Estabilizacion del suelo mediante adiciones de caucho reciclado*. Guayaquil: Universidad Catolica de Santiago de Guayaquil.
- Polanco, J., & Setién, J. (2020). *Cementos, morteros y hormigones*. Catabria: Universidad de Catabria.
- Quiroz Crespo, M. (2006). APOYO DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE EN LA ASIGNATURA DE “TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN” . En L. E. MARIELA VIVIAN QUIROZ CRESPO, *APOYO DIDÁCTICO PARA LA*



ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE EN LA ASIGNATURA DE “TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN” . Cochabamba-Bolivia.

Ramirez Pico, L. A., Orjuela Rodriguez, A. E., & Angulo Blanquist, G. E. (2020). *Propuesta de adoquines hechos a base de caucho reciclado*. Cúcuta, Colombia: Fundacion Universitaria Antonio de Arévalo .

RENECAL. (2013). Reciclado de neumaticos de Castilla y Leon S.L. *Ficha Tecnica de Renecal.*, 1-3.

Riva López, E. (2000). *Materiales para el Concreto*. Lima: Capítulo Peruano ACI.

Sanchez de Guzman, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Santafé de Bogotá: BHANDAR EDITORES LTDA.

Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción – SENCICO. (Julio de 2009). NORMA E.060 CONCRETO ARMADO . Lima, Perú: DIGIGRAF CORP. SA.

Technology, S. J. (2013). Compound soil-tyre chips modified by cement as a road construction material. *Songklanakarín Journal of Science and Technology*, 8-9.

Valle Areas, W. A. (2010). *Estabilización de suelos arcillosos plásticos con mineralizadores en ambientes sulfatados o yesíferos*. Lima: Caminos.

Viera Estrada, A. L., Benavides Miranda, E., & Montoya Cañás, R. (s.f.). *Manual de elaboracion, colocacion y control de calidad de Suelo Cemento Fluido*.

Vivar Romero, G. (2001). *EL SUELO-CEMENTO AUTOCOMPACTADO (SCA)*. Puno: XIII CONGRESO NACIONAL DE INGENIERIA CIVIL.

YURA. (2019). IP CEMENTO MULTI - PROPOSITO . *Ficha técnica / Versio4ón 2019*. Arequipa, Perú: Yura.



E. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica de recolección de datos se realizó a través de los formatos de recolección brindados por el laboratorio planteados según las normativas que se aprecian al largo de la presente investigación y siendo estos validados por el Msc. Ing. Cesar Edilberto Arbulu Jurado como se contempla en el apartado 3.6 de validez de formatos de recolección de datos.

Formato de Recolección de datos para granulometría y límites de Atterberg.

Tabla 7: Formato de Recolección de datos para Granulometría y Límites de Atterberg (Fuente: Propia)


	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
	FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
	Tesis: Optimización de diseño de suelo cemento adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco				
	Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado				
Tesistas	Joseph Ricardo Parra Chalco			Fecha:	28/10/2022
	Jean Philippe Prudencio Paucarmayta				
Asesor	Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza				
FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS (GRANULOMETRIA Y LIMITES DE ATTERBERG)					
NORMATIVA: (Manual de Ensayo de Materiales D.S. N° 034-2008-MTC)					
			Peso inicial		
			Malla	Peso Ret	
			10		
			20		
			40		
			60		
			140		
			200		
			Fondo		
			Sumatoria		
LIMITE LIQUIDO					
	N° Ensayo	Cod Cap	Peso Capsul (gr)	Peso Cap+ Suelo hum (gr)	N° Golpes
	1				
	2				
	3				
	4				
LIMITE PLASTICO					
	N° Ensayo	Cod Cap	Peso Capsul	Peso Cap+ Suelo hum	
	1				
	2				
	3				

Fuente: Propia



Formato de Dosificaciones

Tabla 8: Dosificaciones de mezcla programada


 Universidad Andina del Cusco		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO							
		FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA							
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
		Tesis: Optimización de diseño de suelo cemento adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco							
Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado		Tesisistas		Joseph Ricardo Parra Chalco Jean Philippe Prudencio Paucarmaya		Fecha:		28/10/2022	
Asesor									
Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza									
		N	Caucho (%)		Cemento (%)				
		1	0		0				
		2	0		2				
		3	0		4				
		4	2		0				
		5	2		2				
		6	2		4				
		7	4		0				
		8	4		2				
		9	4		4				
		10	6		0				
		11	6		2				
		12	6		4				
		13	8		0				
		14	8		2				
		15	8		4				

Fuente: Propia



Formato de Recolección de datos de Geometría de Probetas


Tabla 9: Formato de recolección de datos (Geometría de probetas) (Ensayo de Capilaridad) (Fuente: Propia)

 Universidad Andina del Cusco	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
	FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA									
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL									
	Tesis: Optimización de diseño de suelo cemento adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco,									
	Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado			Fecha:			22/09/2022			
Tesistas	Joseph Ricardo Parra Chalco									
	Jean Philippe Prudencio Paucarmayta									
Asesor	Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza									
FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS (DIMENSIONES DE PROBETAS PARA CAPILARIDAD)										
Según: Antecedentes										
	N		d1 (cm)	d2 (cm)	d3 (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	h3 (cm)	d' (cm)	h' (cm)
	1	A								
	1	B								
	1	C								
	2	A								
	2	B								
	2	C								
	3	A								
	3	B								
	3	C								
	4	A								
	4	B								
	4	C								
	5	A								
	5	B								
	5	C								
	6	A								
	6	B								
	6	C								
	7	A								
	7	B								
	7	C								
	8	A								
	8	B								
	8	C								
	9	A								
	9	B								
	9	C								
	10	A								
	10	B								
	10	C								
	11	A								
	11	B								
	11	C								
	12	A								
	12	B								
	12	C								
	13	A								
	13	B								
	13	C								
	14	A								
	14	B								
	14	C								
	15	A								
	15	B								
	15	C								



Formato de Recolección de datos de Geometría y Pesaje de Probetas para el ensayo de Capilaridad

Tabla 10: Formato de recolección de datos (Pesaje de probetas según tiempo) (Ensayo de Capilaridad) (Fuente: Propia)


UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA									
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL									
 Universidad Andina del Cusco		Tesis: Optimización de diseño de suelo cemento adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco,									
		Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado		Fecha:		22/09/2022					
		Tesistas	Asesor								
		Joseph Ricardo Parra Chalco									
		Jean Philippe Prudencio Paucarmayta									
		Mg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza									
FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS (PESAJE DE PROBETAS PARA CAPILARIDAD)											
Según: Antecedentes											
		Pesaje (gr)									
N		0 min	1 min	3 min	5 min	10 min	15 min	30 min	60 min	480 min	1440 min
1	A										
1	B										
1	C										
2	A										
2	B										
2	C										
3	A										
3	B										
3	C										
4	A										
4	B										
4	C										
5	A										
5	B										
5	C										
6	A										
6	B										
6	C										
7	A										
7	B										
7	C										
8	A										
8	B										
8	C										
9	A										
9	B										
9	C										
10	A										
10	B										
10	C										
11	A										
11	B										
11	C										
12	A										
12	B										
12	C										
13	A										
13	B										
13	C										
14	A										
14	B										
14	C										
15	A										
15	B										
15	C										

Fuente: Propia



Formato de Recolección de datos para el Ensayo de Proctor

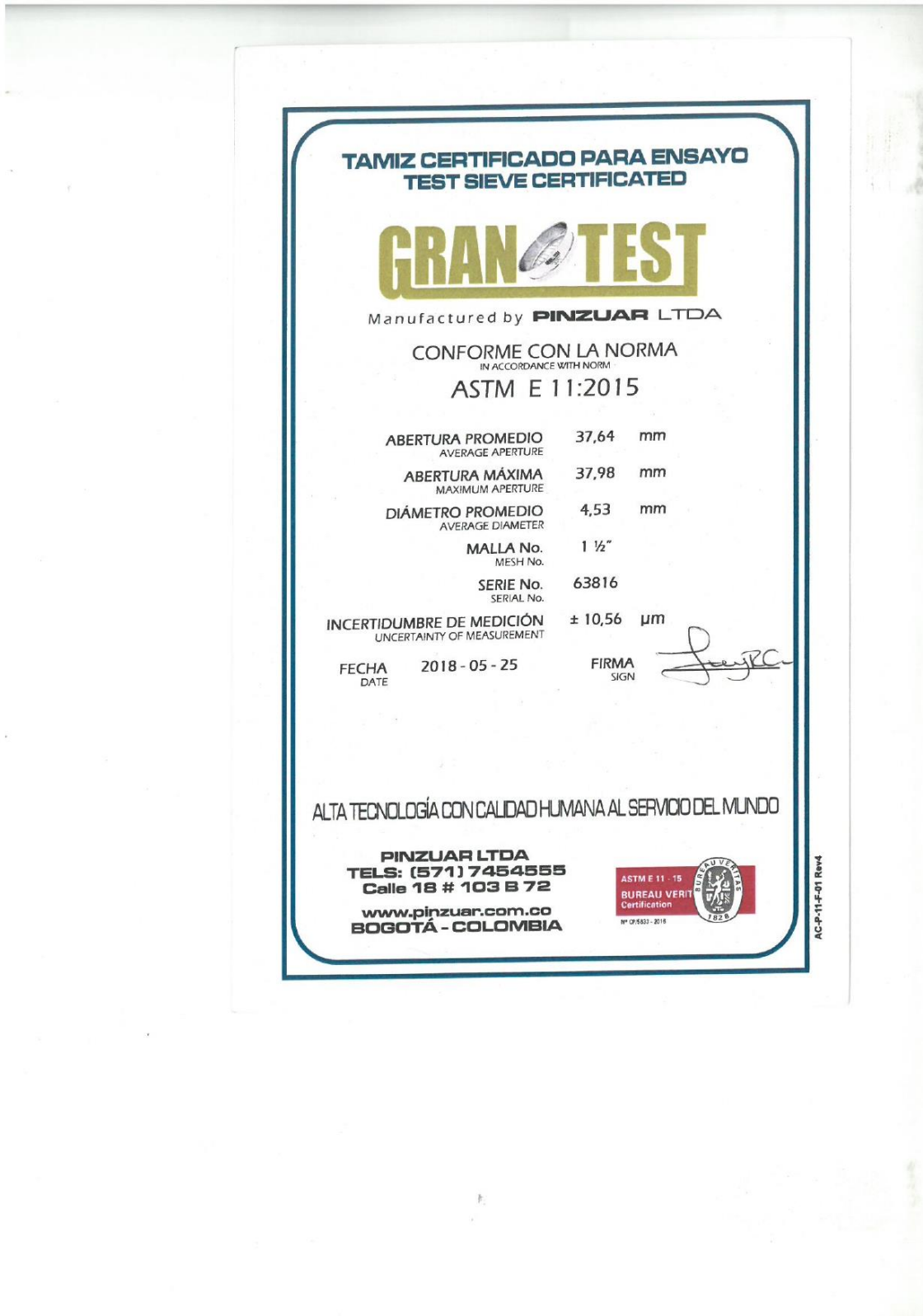
Tabla 11: Formato de Recolección de datos para el ensayo de Proctor

 Universidad Andina del Cusco	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO										
	FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA										
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL										
	Tesis: Optimización del diseño de suelo-cemento fluido, adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022										
	Lugar: Laboratorio del Mg. Cesar Edilberto Arbulu Jurado							Fecha:			
Tesisistas Joseph Ricardo Parra Chalco											
Jean Philippe Prudencio Paucarmayta											
AsesorMg. Ing. Jorge Alvarez Espinoza											
Descripcion del Suelo:											
Golpes por capa:				Nº Capas:				Peso Martillo (lb):			
Diámetro del molde (cm):				Altura(cm):				Volumen (cm ³):			
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD											
MUESTRA	01		02		03		04		05		
CAPSULA Nº	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	
PESO DE LA LATA (gr)											
PESO DE LATA + SUELO HÚMEDO (gr)											
PESO DE LATA + SUELO SECO (gr)											
PESO DE SUELO SECO (gr)											
PESO DEL AGUA (gr)											
CONTENIDO DE HUMEDAD(%)											
DETERMINACION DE LA DENSIDAD											
MUESTRA	01		02		03		04		05		
PESO DEL MOLDE (gr)											
PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)											
CONTENIDO DE HUMEDAD REAL(%)											
PESO DE SUELO (gr)											
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)											
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)											

Fuente: Propia



F. VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS





INFORME DE INSPECCIÓN

Fecha Date	2016 - 02 - 07
Instrumento Instrument	TAMIZ PARA ENSAYO TEST SIEVE
Fabricante Manufacturer	PINZUAR LTDA.
Serie No. Serial No.	62141
Malla No. Mesh No.	2"

NORMA DE ENSAYO: ASTM E 11-15

Trazabilidad: Sus especificaciones se han verificado en el laboratorio de Control de calidad de Pinzuar Ltda. Por medio de instrumentos de medición calibrados con trazabilidad al sistema internacional de unidades (SI).

Resultados: Las dimensiones del marco fueron evaluadas de acuerdo al numeral 6,3 de la Norma ASTM E 11 - 15. La abertura de la malla cumple con lo establecido en el numeral 6,1 de la Norma ASTM E 11 - 15. El diámetro del alambre cumple con lo establecido en el numeral 6,2 de la Norma ASTM E 11-15.

PINZUAR LTDA

Esta informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron.
El laboratorio no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento.



**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED**

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

CONFORME CON LA NORMA
IN ACCORDANCE WITH NORM
ASTM E 11:2015

ABERTURA PROMEDIO <small>AVERAGE APERTURE</small>	851,32	µm
ABERTURA MÁXIMA <small>MAXIMUM APERTURE</small>	882,95	µm
DIÁMETRO PROMEDIO <small>AVERAGE DIAMETER</small>	505,21	µm
MALLA No. <small>MESH No.</small>	20	
SERIE No. <small>SERIAL No.</small>	64609	
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN <small>UNCERTAINTY OF MEASUREMENT</small>	± 10,93	µm
FECHA <small>DATE</small>	2018 - 07 - 18	FIRMA <small>SIGN</small>

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

PINZUAR LTDA
TELS: (571) 7454555
Calle 18 # 103 B 72
www.pinzuar.com.co
BOGOTÁ - COLOMBIA



AC-P-11F-01 Rev4



INFORME DE INSPECCIÓN

Fecha Date	2018 - 07 - 18
Instrumento Instrument	TAMIZ PARA ENSAYO TEST SIEVE
Fabricante Manufacturer	PINZUAR LTDA.
Serie No. Serial No.	64609
Malla No. Mesh No.	20

NORMA DE ENSAYO: ASTM E 11-15

Trazabilidad: Sus especificaciones se han verificado en el laboratorio de Control de calidad de Pinzuar Ltda. Por medio de instrumentos de medición calibrados con trazabilidad al sistema internacional de unidades (SI).

Resultados: Las dimensiones del marco fueron evaluadas de acuerdo al numeral 6,3 de la Norma ASTM E 11 - 15. La abertura de la malla cumple con lo establecido en el numeral 6,1 de la Norma ASTM E 11 - 15. El diámetro del alambre cumple con lo establecido en el numeral 6,2 de la Norma ASTM E 11-15.

PINZUAR LTDA

Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron.
El laboratorio no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento.



**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED**

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

CONFORME CON LA NORMA
IN ACCORDANCE WITH NORM
ASTM E 11:2015

ABERTURA PROMEDIO 74,67 mm
AVERAGE APERTURE

ABERTURA MÁXIMA 75,05 mm
MAXIMUM APERTURE

DIÁMETRO PROMEDIO 6,32 mm
AVERAGE DIAMETER

MALLA No. 3"
MESH No.

SERIE No. 61917
SERIAL No.

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN ± 10,57 µm
UNCERTAINTY OF MEASUREMENT

FECHA 2018-01-26
DATE

FIRMA
SIGN

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

PINZUAR LTDA
TELS: (571) 7454555
Calle 18 # 103 B 72
www.pinzuar.com.co
BOGOTÁ - COLOMBIA



AC-P-11-F-01 Rev4



INFORME DE INSPECCIÓN

Fecha Date	2018 - 01 - 26
Instrumento Instrument	TAMIZ PARA ENSAYO TEST SIEVE
Fabricante Manufacturer	PINZUAR LTDA.
Serie No. Serial No.	61917
Malla No. Mesh No.	3"

NORMA DE ENSAYO: ASTM E 11-15

Trazabilidad: Sus especificaciones se han verificado en el laboratorio de Control de calidad de Pinzuar Ltda. Por medio de instrumentos de medición calibrados con trazabilidad al sistema internacional de unidades (SI).

Resultados: Las dimensiones del marco fueron evaluadas de acuerdo al numeral 6,3 de la Norma ASTM E 11 - 15. La abertura de la malla cumple con lo establecido en el numeral 6,1 de la Norma ASTM E 11 - 15. El diámetro del alambre cumple con lo establecido en el numeral 6,2 de la Norma ASTM E 11-15.

PINZUAR LTDA

Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron.
El laboratorio no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento.



INFORME DE INSPECCIÓN

Fecha Date	2018 - 05 - 25
Instrumento Instrument	TAMIZ PARA ENSAYO TEST SIEVE
Fabricante Manufacturer	PINZUAR LTDA.
Serie No. Serial No.	63816
Malla No. Mesh No.	1 ½"

NORMA DE ENSAYO: ASTM E 11-15

Trazabilidad: Sus especificaciones se han verificado en el laboratorio de Control de calidad de Pinzuar Ltda. Por medio de instrumentos de medición calibrados con trazabilidad al sistema internacional de unidades (SI).

Resultados: Las dimensiones del marco fueron evaluadas de acuerdo al numeral 6.3 de la Norma ASTM E 11 - 15. La abertura de la malla cumple con lo establecido en el numeral 6.1 de la Norma ASTM E 11 - 15. El diámetro del alambre cumple con lo establecido en el numeral 6.2 de la Norma ASTM E 11-15.

PINZUAR LTDA

Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron.
El laboratorio no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento.



**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED**

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

CONFORME CON LA NORMA
IN ACCORDANCE WITH NORM
ASTM E 11:2015

ABERTURA PROMEDIO AVERAGE APERTURE	19,05	mm
ABERTURA MÁXIMA MAXIMUM APERTURE	19,16	mm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	3,02	mm
MALLA No. MESH No.	¾"	
SERIE No. SERIAL No.	63968	
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 10,55	µm
FECHA DATE	2018-06-07	FIRMA SIGN 

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

PINZUAR LTDA
TELS: (571) 7454555
Calle 18 # 103 B 72
www.pinzuar.com.co
BOGOTÁ - COLOMBIA



AC-P-11-F-01 Rev4



INFORME DE INSPECCIÓN

Fecha Date	2018 - 06 - 07
Instrumento Instrument	TAMIZ PARA ENSAYO TEST SIEVE
Fabricante Manufacturer	PINZUAR LTDA.
Serie No. Serial No.	63968
Malla No. Mesh No.	3/4"

NORMA DE ENSAYO: ASTM E 11-15

Trazabilidad: Sus especificaciones se han verificado en el laboratorio de Control de calidad de Pinzuar Ltda. Por medio de instrumentos de medición calibrados con trazabilidad al sistema internacional de unidades (SI).

Resultados: Las dimensiones del marco fueron evaluadas de acuerdo al numeral 6.3 de la Norma ASTM E 11 - 15. La abertura de la malla cumple con lo establecido en el numeral 6.1 de la Norma ASTM E 11 - 15. El diámetro del alambre cumple con lo establecido en el numeral 6.2 de la Norma ASTM E 11-15.

PINZUAR LTDA

Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron.
El laboratorio no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento.



**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED**

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

CONFORME CON LA NORMA
IN ACCORDANCE WITH NORM
ASTM E 11:2015

ABERTURA PROMEDIO AVERAGE APERTURE	4,78	mm
ABERTURA MÁXIMA MAXIMUM APERTURE	4,88	mm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	1,71	mm
MALLA No. MESH No.	4	
SERIE No. SERIAL No.	64256	
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 10,55	µm
FECHA DATE	2018 - 06 - 22	FIRMA SIGN <i>Lidy Lopez</i>

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

PINZUAR LTDA
TELS: (571) 7454555
Calle 18 # 103 B 72
www.pinzuar.com.co
BOGOTÁ - COLOMBIA



AC-P-11-F-01 Rev4



INFORME DE INSPECCIÓN

Fecha Date	2018 - 06 - 22
Instrumento Instrument	TAMIZ PARA ENSAYO TEST SIEVE
Fabricante Manufacturer	PINZUAR LTDA.
Serie No. Serial No.	64256
Malla No. Mesh No.	4

NORMA DE ENSAYO: ASTM E 11-15

Trazabilidad: Sus especificaciones se han verificado en el laboratorio de Control de calidad de Pinzuar Ltda. Por medio de instrumentos de medición calibrados con trazabilidad al sistema internacional de unidades (SI).

Resultados: Las dimensiones del marco fueron evaluadas de acuerdo al numeral 6,3 de la Norma ASTM E 11 - 15. La abertura de la malla cumple con lo establecido en el numeral 6,1 de la Norma ASTM E 11 - 15. El diámetro del alambre cumple con lo establecido en el numeral 6,2 de la Norma ASTM E 11-15.

PINZUAR LTDA

Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron.
El laboratorio no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento.



**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED**

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

CONFORME CON LA NORMA
IN ACCORDANCE WITH NORM
ASTM E 11:2015

ABERTURA PROMEDIO AVERAGE APERTURE	9,49	mm
ABERTURA MÁXIMA MAXIMUM APERTURE	9,58	mm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	2,30	mm
MALLA No. MESH No.	3/8"	
SERIE No. SERIAL No.	63657	
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 10,55	µm
FECHA DATE	2018 - 05 - 16	FIRMA SIGN 

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

PINZUAR LTDA
TELS: (571) 7454555
Calle 18 # 103 B 72
www.pinzuar.com.co
BOGOTÁ - COLOMBIA



AC-P-11-F-01 Rev4



INFORME DE INSPECCIÓN

Fecha Date	2018 - 05 - 16
Instrumento Instrument	TAMIZ PARA ENSAYO TEST SIEVE
Fabricante Manufacturer	PINZUAR LTDA.
Serie No. Serial No.	63657
Malla No. Mesh No.	3/8"

NORMA DE ENSAYO: ASTM E 11-15

Trazabilidad: Sus especificaciones se han verificado en el laboratorio de Control de calidad de Pinzuar Ltda. Por medio de instrumentos de medición calibrados con trazabilidad al sistema internacional de unidades (SI).

Resultados: Las dimensiones del marco fueron evaluadas de acuerdo al numeral 6.3 de la Norma ASTM E 11 - 15. La abertura de la malla cumple con lo establecido en el numeral 6.1 de la Norma ASTM E 11 - 15. El diámetro del alambre cumple con lo establecido en el numeral 6.2 de la Norma ASTM E 11-15.

PINZUAR LTDA

Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron.

El laboratorio no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento.



**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED**

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

CONFORME CON LA NORMA
IN ACCORDANCE WITH NORM

ASTM E 11:2015

ABERTURA PROMEDIO 250,24 μm
AVERAGE APERTURE

ABERTURA MÁXIMA 258,66 μm
MAXIMUM APERTURE

DIÁMETRO PROMEDIO 156,66 μm
AVERAGE DIAMETER

MALLA No. 60
MESH No.

SERIE No. 59915
SERIAL No.

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN $\pm 3,93 \mu\text{m}$
UNCERTAINTY OF MEASUREMENT

FECHA 2017 - 09 - 29
DATE

FIRMA
SIGN

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

PINZUAR LTDA
TELS: (571) 7454555
Calle 18 # 103 B 72
www.pinzuar.com.co
BOGOTÁ - COLOMBIA



AC-P-11-F-01 Rev4



INFORME DE INSPECCIÓN

Fecha Date	2017 - 09 - 29
Instrumento Instrument	TAMIZ PARA ENSAYO TEST SIEVE
Fabricante Manufacturer	PINZUAR LTDA.
Serie No. Serial No.	59915
Malla No. Mesh No.	60

NORMA DE ENSAYO: ASTM E 11-15

Trazabilidad: Sus especificaciones se han verificado en el laboratorio de Control de calidad de Pinzuar Ltda. Por medio de instrumentos de medición calibrados con trazabilidad al sistema internacional de unidades (SI).

Resultados: Las dimensiones del marco fueron evaluadas de acuerdo al numeral 6.3 de la Norma ASTM E 11 - 15. La abertura de la malla cumple con lo establecido en el numeral 6.1 de la Norma ASTM E 11 - 15. El diámetro del alambre cumple con lo establecido en el numeral 6.2 de la Norma ASTM E 11-15.

PINZUAR LTDA

Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron.
El laboratorio no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento.



**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED**

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

CONFORME CON LA NORMA
IN ACCORDANCE WITH NORM

ASTM E 11:2015

ABERTURA PROMEDIO 426,47 μm
AVERAGE APERTURE

ABERTURA MÁXIMA 439,12 μm
MAXIMUM APERTURE

DIÁMETRO PROMEDIO 276,28 μm
AVERAGE DIAMETER

MALLA No. 40
MESH No.

SERIE No. 63845
SERIAL No.

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN $\pm 4,59 \mu\text{m}$
UNCERTAINTY OF MEASUREMENT

FECHA 2018 - 05 - 28
DATE

FIRMA
SIGN

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

PINZUAR LTDA
TELS: (571) 7454555
Calle 18 # 103 B 72
www.pinzuar.com.co
BOGOTÁ - COLOMBIA



ASTM E 11 - 15

BUREAU VERITAS
Certification

19th CP 9532 - 2015

AC-P-11-15-01 Rev4



INFORME DE INSPECCIÓN

Fecha Date	2018 - 05 - 28
Instrumento Instrument	TAMIZ PARA ENSAYO TEST SIEVE
Fabricante Manufacturer	PINZUAR LTDA.
Serie No. Serial No.	63845
Malla No. Mesh No.	40

NORMA DE ENSAYO: ASTM E 11-15

Trazabilidad: Sus especificaciones se han verificado en el laboratorio de Control de calidad de Pinzuar Ltda. Por medio de instrumentos de medición calibrados con trazabilidad al sistema internacional de unidades (SI).

Resultados: Las dimensiones del marco fueron evaluadas de acuerdo al numeral 6,3 de la Norma ASTM E 11 - 15. La abertura de la malla cumple con lo establecido en el numeral 6,1 de la Norma ASTM E 11 - 15. El diámetro del alambre cumple con lo establecido en el numeral 6,2 de la Norma ASTM E 11-15.

PINZUAR LTDA

Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron.
El laboratorio no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento.



**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED**

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

CONFORME CON LA NORMA
IN ACCORDANCE WITH NORM
ASTM E 11:2015

ABERTURA PROMEDIO AVERAGE APERTURE	25,03	mm
ABERTURA MÁXIMA MAXIMUM APERTURE	25,68	mm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	3,59	mm
MALLA No. MESH No.	1"	
SERIE No. SERIAL No.	59758	
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 10,56	µm
FECHA DATE	2017-09-26	FIRMA SIGN 

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

PINZUAR LTDA
TELS: (571) 7454555
Calle 18 # 103 B 72
www.pinzuar.com.co
BOGOTÁ - COLOMBIA



AC-P-11-F-01 Rev4



INFORME DE INSPECCIÓN

Fecha Date	2017 - 09 - 26
Instrumento Instrument	TAMIZ PARA ENSAYO TEST SIEVE
Fabricante Manufacturer	PINZUAR LTDA.
Serie No. Serial No.	59758
Malla No. Mesh No.	1"

NORMA DE ENSAYO: ASTM E 11-15

Trazabilidad: Sus especificaciones se han verificado en el laboratorio de Control de calidad de Pinzuar Ltda. Por medio de instrumentos de medición calibrados con trazabilidad al sistema internacional de unidades (SI).

Resultados: Las dimensiones del marco fueron evaluadas de acuerdo al numeral 6,3 de la Norma ASTM E 11 - 15. La abertura de la malla cumple con lo establecido en el numeral 6,1 de la Norma ASTM E 11 - 15. El diámetro del alambre cumple con lo establecido en el numeral 6,2 de la Norma ASTM E 11-15.

PINZUAR LTDA

Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron.
El laboratorio no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento.



Metrotest E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

Página 1 de 3

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CLM-575-2022

Solicitante : ARBULU JURADO CESAR EDILBERTO

Dirección : AV. MICAELA BASTIDAS 258 OF. 704 - WANCHAQ - CUSCO

Instrumento de Medición : COPA CASA GRANDE

Marca : PINZUAR

Modelo : PS11

Serie : 1846

Identificación : NO INDICA

Procedencia : COLOMBIA

Contador : ANALOGO

División mínima : 1

Lugar de Calibración : Lab. Longitud de Metrotest E.I.R.L.

Fecha de Calibración : 2022-01-21

Fecha de Emisión : 2022-01-21

Misión:
Prestar servicios con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.

Visión:
Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios.
Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.

Método de Calibración Empleado

La calibración se realizó por comparación directa usando un tacómetro y un Cronómetro Patrón certificados, empleando el método de comparación entre las indicaciones de lectura del equipo Casagrande a calibrar versus las revoluciones por minuto medidas con el tacómetro patrón en un tiempo determinado.
Tomando Como referencia la Norma ASTM D 4318 y el Manual de Ensayos de Materiales (EM2000)
Determinación de Limite Liquido de los Suelos MTC E 110 - 2000.

Observaciones:

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- Base endurecida Cumple con su referencia a rebote Seco

Los errores encontrados son menores a los Errores Máximos Permitidos (e.m.p) para su Clase de Exactitud. Los resultados indicados en el presente documentos son validos en el momento de la calibración y se refiere exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto. METROTEST EIRL. No se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento. El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes. El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

- (*) Código inscrito en una etiqueta adherida al instrumento.



Luigi Asenjo G.
Jefe de Metrologia



Metrotest E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

Certificado de Calibración
CLM-575-2022 Página 2 de 3

Condiciones Ambientales:

	Inicial	Final
Temperatura	21,2 °C	21,0 °C
Humedad Relativa	51 %	52,0 %

PATRONES DE REFERENCIA:

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa del Servicio Nacional de Metrología SNM – INDECOPI en concordancia con el sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de METROTEST E.I.R.L.	Pie de rey Patrón	CLM-001-2018
Patrones de referencia del DM-INACAL	Cronometro Patrón de 0,01 seg de resolución	LTF-C-111-2018
Patrones de referencia del DM-INACAL	Tacómetro Patrón de 0,1 RPM de resolución	LTF-C-108-2018

RESULTADOS

APARATO DE LIMITE LIQUIDO

Descripción	Metrico	Dimensiones				
		Tolerancia	Ingles	Tolerancia		
		(mm)	(mm)	(in)	(in)	
Conjunto de la cazuela	Radio de la copa	A	54,472	54 ±0.5	2,14	0,020
	Espesor de la copa	B	1,938	2 ±0.1	0,08	0,004
	Profundidad de la copa	C	26,554	27 ±0.5	1,05	0,020
Base	Copa desde la guía del elevador hasta la base	N	47,8	47 ±1	1,88	0,039
	Espesor	K	50,86	50 ±2	2,00	0,08
	Largo	L	149,65	150 ±2	5,89	0,08
	Ancho	M	125,228	125 ±2	4,93	0,08

RANURADOR

Espesor	a	10,06	0,1	0,40	0,004
Borde Cortante	b	2,47	0,1	0,10	0,004
Ancho	c	13,48	0,1	0,53	0,004



Luigi Asarjo G.
Jefe de Metrología



Metrotest E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

Certificado de Calibración
CLM-575-2022 Página 3 de 3

CONTOMETRO

N° Cuentas del Patrón	N° Cuentas del instrumento	Error de N° de cuentas	Incertidumbre de N° cuentas
2	2	0	1
5	5	0	1
10	10	0	1
15	15	0	1
20	20	0	1
25	25	0	1
30	30	0	1

Incertidumbre

La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con las Guías OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100: 2008) y OIML G1-104-en: 2009 (JCGM 104: 2009) "Guía para la expresión de la incertidumbre en las Mediciones", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante La Incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo.

La Incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la Incertidumbre Estándar Combinada (u) por el factor de cobertura (k). Generalmente se expresa un actor k=2 para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Fin del Certificado de Calibración





PINZUAR LTDA
ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

INSPECTION CERTIFICATE CERTIFICADO DE INSPECCIÓN

CAZUELA CASAGRANDE MANUAL

CONFORME CON LA NORMA

NORMA: INV E-125 REFERENCIA: PS11

CERTIFICA QUE CUMPLE CON
LOS SIGUIENTES REQUERIMIENTOS

CARACTERISTICAS	RESULTADO	UNIDAD
Peso de la copa y el soporte	203,80	g
Espesor de la copa	2,01	mm
Profundidad de la copa.	26,94	mm
Altura de la base	50,84	mm
Ancho de la base	124,91	mm
Longitud de la base	149,80	mm

No Serie / Lote: 1846 / N.P.

FECHA: 2022-02-06 FIRMA: 

PINZUAR LTDA

AC-P-01-F-14/Rev 01/ Válido desde 2017-11-15

Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron.

Pinzuar Ltda. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento.

TEL: (571) 7454555 | Calle 18 No. 103 B 72
www.pinzuar.com.co Bogotá - Colombia



CERTIFICADO DE CALIDAD

El presente documento garantiza la calidad y detalla las especificaciones técnicas de nuestro producto.

PRODUCTO	MOLDE PROCTOR MODIFICADO
NORMA	ASTM D-1557
MODELO	MS-40
SERIE	652
MARCA	METROTEST
PROCEDENCIA	PERU
MATERIAL	Molde fabricado en fierro zincado Diámetro interior 6" (152,4mm) y altura de 116,43mm. Incluye base y collar.

* Certificamos que los datos corresponden a lo indicado por nuestro proveedor.

Atentamente



Jr. Aristides Sologuren 484 Dpto. 102 Urb. Parques de Villa Sol - Los Olivos www.metrotesteirl.com / metrotestlogistica@hotmail.com / ventas@metrotesteirl.com
Tel.: 528-7898 Telefax: 528-3324 Entel: 997 045 343 / #962 889 991

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROTEST EIRL



Metrottest

E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CTM-100-2022

Página 1 de 5

Solicitante : CONSULTORA ITHENDA E.I.R.L.
 Dirección : AV. MICAELA BASTIDAS NRO. 258 INT. 704
 CERCADO DE WANCHAQ - CUSCO - WANCHAQ
 Equipo de Medición : HORNO ELECTRICO
 Marca : METROTEST
 Modelo : MS-H1
 Procedencia : PERÚ
 Código de Identifica : NO INDICA
 Número de Serie : 839
 Temperatura de trab : 110 °C ± 10 °C
 Ventilación : Natural
 Lugar de Calibraciór : Lab. Temperatura de Metrottest E.I.R.L.

Misión:
 Prestar servicios con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.

Visión:
 Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios.
 Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.

Instrumento de Medi :

Nombre	Marca	Modelo	Código de Identificación	Alcance de indicación	División mínima	Tipo de Indicación
Termometro controlador	AUTONICS	TCN4S	NO INDICA	200°C	1°C	Digital

Fecha de Calibración : 2022-01-21

Fecha de Emisión : 2022-01-21

Método de Calibración Empleado

La calibración se realizó tomando como referencia el Método de Comparación entre las indicaciones de lectura del termometro controlador del equipo a calibrar con Termometro patrón con 10 termopares utilizando el "Procedimiento de INDECOP/ISNM PC-005 1ª Ed. "Procedimiento para la Calibración de Hornos".

Observaciones

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento.



Luiggi Asehjo G.
 Jefe de Metrologia



Metrotest E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACION CTM-100-2018

Página 2 de 5

PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROTEST E.I.R.L.	Termómetro de indicación Digital con 10 sensores	CTM-001-2022
Patrones de referencia de DM-INACAL	Termómetro de indicación digital	LT-539-2017

Condiciones Ambientales:

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	19,9	20,3
Humedad (%)	43	45

Resultados de la calibración:

CALIBRACIÓN PARA 110 °C ± 10 °C

TIEMPO (min.)	T ind. (°C) Termómetro del equipo	TEMPERATURA EN LAS POSICIONES DE MEDICION (° C)										T prom. (° C)	Tmax-Tmin. (° C)
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110	111,3	112,2	112,3	110,1	112,1	111,6	111,6	110,6	110,2	112,5	111,5	2,4
02	110	111,3	112,2	112,3	110,1	112,1	111,6	111,6	110,6	110,2	112,5	111,5	2,4
04	110	111,3	112,2	112,3	110,1	112,1	111,6	111,6	110,6	110,2	112,5	111,5	2,4
06	110	111,3	112,2	112,3	110,1	112,2	111,7	111,6	110,7	110,3	112,5	111,5	2,4
08	110	111,4	112,3	112,4	110,1	112,2	111,7	111,7	110,7	110,3	112,6	111,5	2,5
10	110	111,4	112,3	112,4	110,2	112,2	111,7	111,7	110,8	110,4	112,6	111,6	2,4
12	110	111,4	112,3	112,4	110,2	112,2	111,8	111,7	110,8	110,4	112,6	111,6	2,4
14	110	111,4	112,3	112,4	110,2	112,3	111,9	111,7	110,9	110,4	112,6	111,6	2,4
16	110	111,5	112,3	112,4	110,2	112,3	111,9	111,8	110,9	110,5	112,6	111,6	2,4
18	110	111,5	112,4	112,4	110,3	112,4	111,9	111,8	111,0	110,5	112,7	111,7	2,4
20	110	111,5	112,4	112,4	110,3	112,4	111,9	111,8	111,1	110,5	112,7	111,7	2,4
22	110	111,5	112,4	112,4	110,3	112,4	112,0	111,9	111,1	110,5	112,7	111,7	2,4
24	110	111,6	112,4	112,4	110,3	112,4	112,0	111,9	111,1	110,6	112,7	111,7	2,4
26	110	111,6	112,4	112,4	110,4	112,5	112,0	112,0	111,2	110,6	112,7	111,8	2,3
28	110	111,6	112,4	112,4	110,4	112,5	112,0	112,0	111,2	110,6	112,7	111,8	2,3
30	110	111,6	112,4	112,4	110,4	112,5	112,0	112,0	111,2	110,6	112,7	111,8	2,3
32	110	111,6	112,4	112,4	110,4	112,5	112,1	112,0	111,3	110,6	112,7	111,8	2,3
34	110	111,7	112,4	112,4	110,5	112,6	112,1	112,1	111,3	110,7	112,7	111,9	2,2
36	110	111,7	112,4	112,5	110,5	112,6	112,1	112,2	111,3	110,7	112,7	111,9	2,2
38	110	111,7	112,4	112,5	110,5	112,6	112,1	112,2	111,3	110,7	112,7	111,9	2,2
40	110	111,7	112,5	112,5	110,5	112,6	112,1	112,2	111,3	110,7	112,7	111,9	2,2
42	110	111,8	112,5	112,5	110,6	112,6	112,1	112,2	111,3	110,8	112,7	111,9	2,1
44	110	111,8	112,5	112,5	110,6	112,6	112,2	112,2	111,4	110,8	112,7	111,9	2,1
46	110	111,9	112,5	112,6	110,6	112,6	112,2	112,2	111,4	110,8	112,6	111,9	2,0
48	110	111,9	112,5	112,6	110,7	112,6	112,2	112,2	111,4	110,9	112,6	112,0	1,9
50	110	112,0	112,5	112,6	110,7	112,7	112,3	112,2	111,4	110,9	112,6	112,0	2,0
52	110	112,0	112,7	112,6	110,7	112,7	112,3	112,3	111,5	110,9	112,6	112,0	2,0
54	110	112,1	112,5	112,6	110,8	112,7	112,4	112,4	111,5	110,9	112,6	112,1	1,9
56	110	112,1	112,5	112,6	110,8	112,7	112,4	112,4	111,5	111,0	112,5	112,1	1,9
58	110	112,1	112,5	112,6	110,9	112,7	112,4	112,4	111,5	111,0	112,5	112,1	1,8
60	110	112,1	112,5	112,6	110,9	112,7	112,4	112,5	111,5	111,0	112,5	112,1	1,8
T.PROM	110	111,7	112,4	112,5	110,4	112,5	112,0	112,0	111,1	110,6	112,6	111,8	
T.MAX	110	112,1	112,7	112,6	110,9	112,7	112,4	112,5	111,5	111,0	112,7		
T.MIN	110	111,3	112,2	112,3	110,1	112,1	111,6	111,6	110,6	110,2	112,5		
DTT		0,0	0,8	0,5	0,3	0,8	0,6	0,8	0,9	0,9	0,8	0,2	



Jr. Aristides Sotelo 484 Dpto. 102 Urb. Parques de Villa Sol - Los Olivos www.metrotesteirl.com / metrotestlogistica@hotmail.com / ventas@metrotesteirl.com
Telf.: 528-7898 Telefax: 528-3324 Entel: 997 045 343 / #962 889 991

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROTEST EIRL



Metrotest
E.I.R.L.
LABORATORIO DE METROLOGÍA

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CTM-100-2018**

Página 3 de 5

PARÁMETRO	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	112,7	0,3
Mínima Temperatura Medida	110,1	0,3
Desviación de Temperatura en el Tiempo	0,9	0,1
Desviación de Temperatura en el Espacio	2,2	0,3
Estabilidad	± 0,45	0,04
Uniformidad	2,5	0,3

T.PROM.: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T.prom. : Promedio de la temperatura en las diez posiciones de medición para un instante dado.
T.MAX : Temperatura máxima
T.MIN. : Temperatura mínima
DTT. : Desviación de Temperatura en el tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo " DTT esta dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición
Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del medio isoterme **0,5 °C**

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La estabilidad es considerada igual a $\pm 1/2$ máx. DTT.



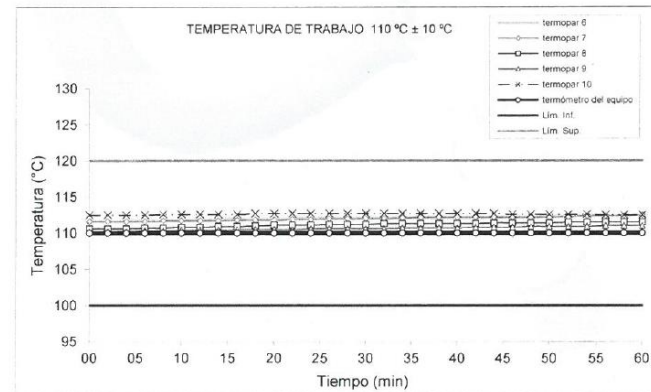
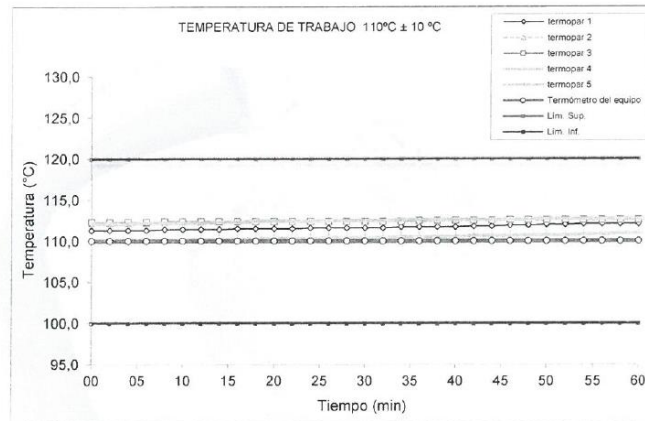


Metrotest

E.I.R.L.
LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CTM-100-2018

Página 4 de 5



Jr. Aristides Sologuren 484 Dpto. 102 Urb. Parques de Villa Sol - Los Olivos www.metrotesteirl.com / metrotestlogistica@hotmail.com / ventas@metrotesteirl.com
Telf.: 528-7898 Telefax: 528-3324 Entel: 997 045 343 / #962 889 991

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION DE METROTEST EIRL



Metrotest

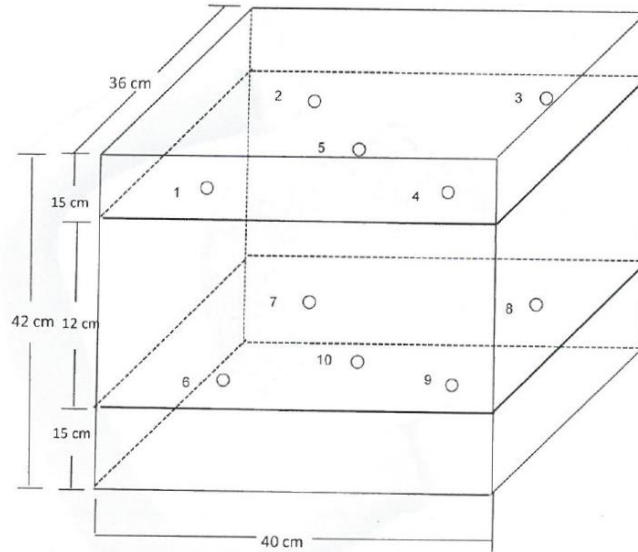
E.
I.
R.
L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CTM-100-2018

Página 5 de 5

DISTRIBUCIÓN DE LOS TERMOPARES



Los termopares 5 y 10 están ubicados en el centro de los planos inferior y superior.
Los termopares del 1 al 4 y del 6 al 10 están ubicados a 9 cm de las paredes laterales.
Los termopares del 1 al 4 y del 6 al 10 están ubicados a 10 cm y a 12 cm respectivamente de la parte superior e inferior del horno tal como se muestra en el dibujo.





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 1425-145-2022

Página 1 de 3

Arsou Group

Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión 2022/03/30

Solicitante CÉSAR EDILBERTO ARBULÚ JURADO

Dirección AV. MICAELA BASTIDAS 258- WANCHAQ - CUZCO-PERU

Instrumento de medición PRENSA HIDRAULICA PARA ROTURA DE CONCRETO

Identificación 1425-145-2020

Marca ARSOU

Modelo PR701

Serie 2138

Capacidad 120000KG

Indicador DIGITAL

Bomba MANUAL

Procedencia PERÚ
Laboratorio de Suelos y Concreto

Ubicación
Lugar de calibración Laboratorio de ARSOU GROUP SAC

Fecha de calibración 2022/03/30

Método/Procedimiento de calibración

El procedimiento toma como referencia a la norma ISO 7500-1 "Metallic materials - Verification of static uniaxial testing machines", Se aplicaron dos series de carga al Sistema Digital mediante la misma prensa. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ARSOU GROUP S.A.C
Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica
METROLOGÍA

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 1425-145-2022

Página 2 de 3

Arsou Group

Laboratorio de Metrología

Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de PUCP	Celda de Carga de 100 TN	192-19 con trazabilidad INF-LE 250-18.

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 20,3 °c	Final: 20,5 °c
Humedad Relativa	Inicial: 63 %hr	Final: 65 %hr
Presión Atmosférica	Inicial: 1015 mbar	Final: 1015 mbar

Resultados

TABLA N° 01
CALIBRACION DE PRENSA HIDRAULICA PARA CONCRETO

SISTEMA DIGITAL "A" KG	SERIES DE VERIFICACIÓN PATRON (Kg)				PROMEDIO "B" kg	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE (1) kg	SERIE (2) kg	ERROR %	ERROR (2) %			
10000	10001.4	10000.9	0.0	0.0	10001.2	0.0115	0.00
20000	19999.0	19999.5	0.0	0.0	19999.3	0.00	0.00
30000	30000.0	29999.8	0.0	0.0	29999.9	0.00	0.00
40000	40000.5	39999.4	0.0	0.0	40000.0	0.00	0.00
50000	50000.0	50000.0	0.0	0.0	50000.0	0.00	0.00
60000	60000.4	59999.4	0.0	0.0	59999.9	0.00	0.00
70000	69998.8	69999.4	0.0	0.0	69999.1	0.00	0.00
80000	80000.0	79999.5	0.0	0.0	79999.8	0.00	0.00

NOTAS SOBRE CALIBRACION

1. - La Calibración se hizo según el Método C de la norma ISO 7500-1
2. - Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100$$

$$Rp = Error(2) - Error(1)$$
3. - La norma exige que Ep y Rp no excedan el +/- 1.0 %
4. - Incertidumbre expandida del Error (Ep) = 0,35 % (1,73 kg)



ARSOU GROUP S.A.C

 Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica
 METROLOGÍA

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
 Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
 ventas@arsougroup.com
 www.arsougroup.com



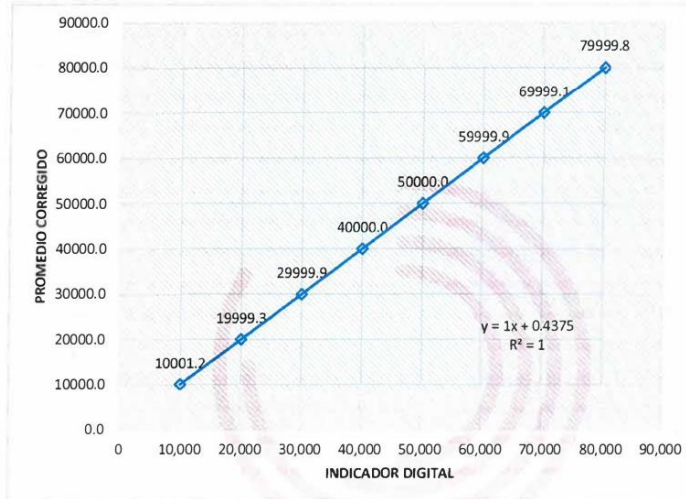
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 1425-145-2022

Página 3 de 3

Arso Group

Laboratorio de Metrología
Gráfica (Coeficiente de correlación y Ecuación de Ajuste)

GRAFICO N° 01



Ecuación de ajuste:

Donde: $y = 1x + 0,4375$

Coeficiente Correlación $R^2 = 1$

X : Lectura de la pantalla (kg)

Y : fuerza promedio (kg)

Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura k=2 .
3. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
4. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

ARSOU GROUP S.A.C
Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica
METROLOGÍA



ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú

Tel: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437

ventas@arsougroup.com

www.arsougroup.com





ELE
International

TEST SIEVE CERTIFICATE OF COMPLIANCE

P.O. BOX 608
Loveland, CO 80539-0608
In USA 1-800-323-1242
Worldwide (970) 663-9780
Fax: (970) 663-9781
E-mail: soiltest@eleusa.com
Website: www.eleusa.com


Chartmoor Road, Chantwell Business Park
Leighton Buzzard
Bedfordshire, LU7 8WG, England
Phone: +44 1525 249200
Fax: +44 1525 249249
E-mail: ele@eleint.co.uk
<http://www.ele.com>

This Certificate of Compliance represents ELE's commitment to deliver testing sieves of the highest quality. Every test sieve conforms to the manufacturing requirements of the following specifications:

ASTM E 11	ISO 565 ISO 3310-1	BS 410
-----------	-----------------------	-----------

Serial Number: 164729087

Nº 200 (13-SEPT-2018)

Testing Equipment for  Construction Materials

HUMBOLDT

Certificate of Compliance

to specifications of
ASTM — American Society for Testing and Materials
ANSI — American National Standards Institute
ISO — International Standards Organization

This is to certify that the openings in the wire cloth of this test sieve have been checked through advanced optical technology to ensure conformity to ASTM Specification E-11. The dimensions of the test sieve frame have also been checked with precision gauges to ensure conformity to these same specifications.

Humboldt Mfg. Co. — 1.800.544.7220 • www.humboldtmfg.com • hmc@humboldtmfg.com

©GOES 455 LITHO IN U.S.A.

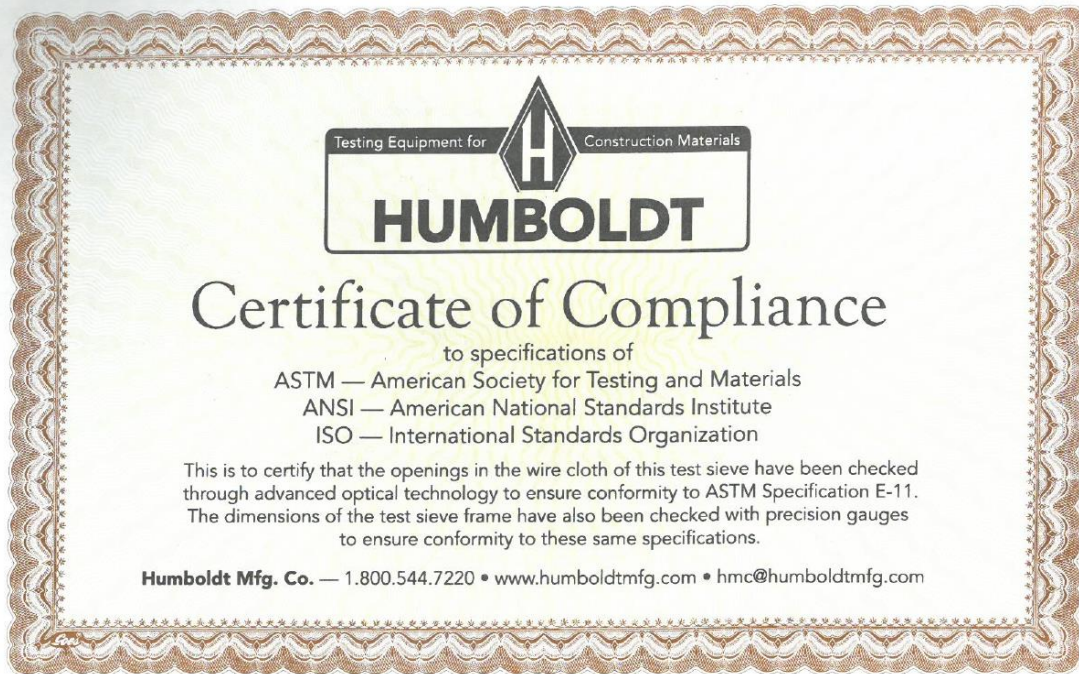


Care and Cleaning suggestions for care of 8" and 12" Sieves:

1. Brush sieves from the **Bottom** side with a brush. Use extreme care to avoid screen damage.
2. Washing with a solution of detergent and warm water will produce good results. For a more thorough cleaning, use the same warm water and detergent solution in a small ultrasonic cleaner.
3. **CAUTION:** Do not expose sieves to temperatures above 261°F. The solder holding the sieve material in place will begin to soften at this point.
4. Do not dry 100 mesh and finer sieves with forced air. This may result in screen damage.
5. Store sieves in a clean and dry place when not in use.

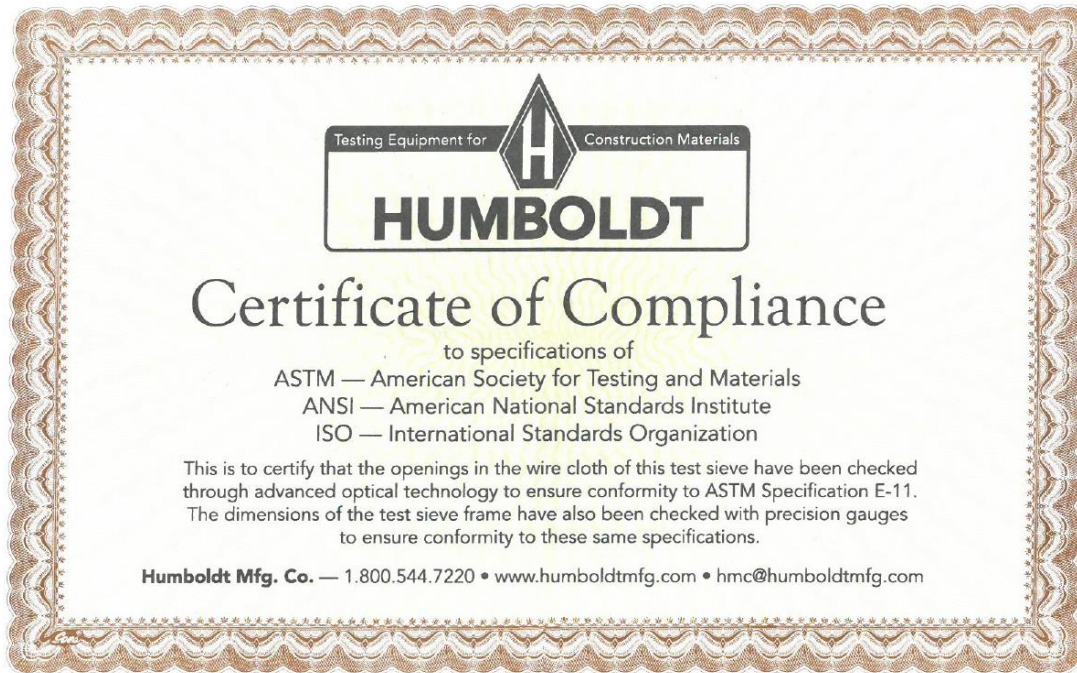


Humboldt Mfg. Co. — 1.800.544.7220 • www.humboldtmfg.com • hmc@humboldtmfg.com



©GOES 455

LITHO. IN U.S.A.



©GOES 455

LITHO. IN U.S.A.

Care and Cleaning suggestions for care of 8" and 12" Sieves:

1. Brush sieves from the **Bottom** side with a brush. Use extreme care to avoid screen damage.
2. Washing with a solution of detergent and warm water will produce good results. For a more thorough cleaning, use the same warm water and detergent solution in a small ultrasonic cleaner.
3. **CAUTION:** Do not expose sieves to temperatures above 261°F. The solder holding the sieve material in place will begin to soften at this point.
4. Do not dry 100 mesh and finer sieves with forced air. This may result in screen damage.
5. Store sieves in a clean and dry place when not in use.



Humboldt Mfg. Co. — 1.800.544.7220 • www.humboldtmfg.com • hmc@humboldtmfg.com



**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED**

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

CONFORME CON LA NORMA
IN ACCORDANCE WITH NORM
ASTM E 11:2015

ABERTURA PROMEDIO 49,72 mm
AVERAGE APERTURE

ABERTURA MÁXIMA 49,78 mm
MAXIMUM APERTURE

DIÁMETRO PROMEDIO 5,00 mm
AVERAGE DIAMETER

MALLA No. 2"
MESH No.

SERIE No. 62141
SERIAL No.

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN ± 10,56 µm
UNCERTAINTY OF MEASUREMENT

FECHA 2016 - 02 - 07
DATE

FIRMA
SIGN

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

PINZUAR LTDA
TELS: (571) 7454555
Calle 18 # 103 B 72
www.pinzuar.com.co
BOGOTÁ - COLOMBIA



AC-P-11-F-01 Rev4



ANEXOS

Figura 145: Matriz de Consistencia

"OPTIMIZACIÓN DE DISEÑO DE SUELO CEMENTO ADICIONADO CON CAUCHO RECICLADO PARA LA MEJORA DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO Y MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO DE LA COMUNIDAD CAMPESINA DE CHOCCO, CUSCO, 2022"						
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	DIMENSIONES	Indicadores	Metodología
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Independiente			
¿Cuál es el diseño optimizado de suelo cemento adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la comunidad campesina de Chocco, Cusco, 2022?	Optimizar el diseño de suelo cemento adicionado con caucho reciclado para la mejora del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la comunidad campesina de Chocco, Cusco, 2022	La optimización del diseño de suelo cemento adicionado con caucho reciclado tendrá mejoras en el comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso de la comunidad campesina de Chocco, Cusco, 2022	SUELO CEMENTO ADICIONADO CON CAUCHO RECICLADO	CEMENTO	Suelo cemento con caucho reciclado. (Cau) $\%PCau = \frac{wCau}{wS} \times 100$ $\%Cem = \frac{wCem}{wS} \times 100$ Donde: %PCau: porcentaje de caucho %Cem: porcentaje de cemento wS: peso del suelo seco wCau: peso de caucho wCem: peso del cemento Rango de valores: 0.0% a 15.0% (ACI Committee 230, 2009) Rango de valores: 0.0% a 10.0%. (Cetin et al., 2006)	
				CAUCHO		
			SUELO CEMENTO	CEMENTO		Clasificación de la investigación: Tipo de investigación Cuantitativa.
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Dependiente	Dimensiones	Indicadores	
1. ¿Cuál será la óptima densidad seca máxima del diseño de suelo cemento con adición de caucho reciclado, del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022?	1. Determinar la óptima Densidad seca máxima que presentará el diseño de suelo cemento adicionado con caucho reciclado, del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022	1. La óptima Densidad seca máxima que presentará el diseño de suelo cemento adicionado con caucho reciclado será mayor que la de los diseños de suelo cemento sin adición de caucho reciclado, del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022.	Propiedades Mecánicas	Densidad seca Máxima	Densidad seca máxima ASTM D7263: $Ds = \frac{W_s}{V_s} [g/cm^3]$ Donde: Ds: densidad seca del espécimen. Ws: Peso seco del espécimen. Vs: volumen del espécimen seco.	Línea de investigación: Geotecnia.
2. ¿Cuál será la óptima densidad seca máxima del diseño óptimo de suelo cemento sin adición de caucho reciclado del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022?	2. Determinar la óptima Densidad seca máxima que presentará el diseño de suelo cemento sin adición de caucho reciclado, del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022.	2. La óptima Densidad seca máxima que presentará el diseño de suelo cemento sin adición de caucho reciclado será mayor que la de los diseños de suelo cemento adicionados con caucho reciclado, del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022.				
3. ¿Cuál será el óptimo porcentaje de CBR del diseño de suelo cemento con adición de caucho reciclado, del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022?	3. Determinar el óptimo porcentaje de CBR que presentará el diseño de suelo cemento adicionado con caucho reciclado, del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022.	3. El óptimo porcentaje de CBR que presentará el diseño de suelo cemento adicionado con caucho reciclado será mayor que la de los diseños de suelo cemento sin adición de caucho reciclado, del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022.	Propiedades Mecánicas	CBR	% CBR (Evaluación de la calidad y capacidad de soporte del suelo)	Nivel de investigación Descriptiva-correlacional
4. ¿Cuál será el óptimo porcentaje de CBR del diseño de suelo cemento sin adición de caucho reciclado del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022?	4. Determinar el óptimo porcentaje de CBR que presentará el diseño de suelo cemento sin adición de caucho reciclado, del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022.	4. El óptimo porcentaje de CBR que presentará el diseño de suelo cemento sin caucho reciclado será mayor que la de los diseños de suelo cemento adicionados con caucho reciclado, del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022.				
5. ¿Cuál será el óptimo coeficiente de agua por absorción capilar del diseño de suelo cemento con adición de caucho reciclado del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022?	5. Determinar el óptimo coeficiente de agua por absorción capilar del diseño de suelo cemento con adición de caucho reciclado del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022.	5. El óptimo coeficiente de agua por absorción capilar que presentará el diseño de suelo cemento adicionado con caucho reciclado será menor que la de los diseños de suelo cemento sin adición de caucho reciclado, del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022.	Propiedades Físicas	Ascensión Capilar	Ascensión capilar (ISO, 2002): $A_w = \frac{(M'_{1t} - m'_{1t})}{\sqrt{t}} \left(\frac{Kg}{m^2 \cdot s^{1/2}} \right)$ Aw: coeficiente de absorción de agua M'1t: ganancia de masa por área después de 1440 minutos M'0: ganancia de masa por área inicial t: tiempo de la succión en minutos	Método de investigación Hipotético deductivo
6. ¿Cuál será el óptimo coeficiente de agua por absorción capilar del diseño de suelo cemento sin adición de caucho reciclado del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022?	6. Determinar el óptimo coeficiente de agua por absorción capilar del diseño de suelo cemento sin adición de caucho reciclado del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022.	6. El óptimo coeficiente de agua por absorción capilar que presentará el diseño de suelo cemento sin adición de caucho reciclado será menor que la de los diseños de suelo cemento con adición de caucho reciclado, del suelo arcilloso de la Comunidad Campesina de Chocco, Cusco, 2022.				

Fuente: Propia



Panel Fotográfico

Figura 146: Extracción de muestra (Altura de Calicata)



Fuente: Propia

Figura 147: Extracción de muestra y carguío



Fuente: Propia



Figura 148: Preparación de material



Fuente: Propia

Figura 149: Secado de material en el horno



Fuente: Propia



Figura 151: Tamizado de material (Ensayo de Granulometría)



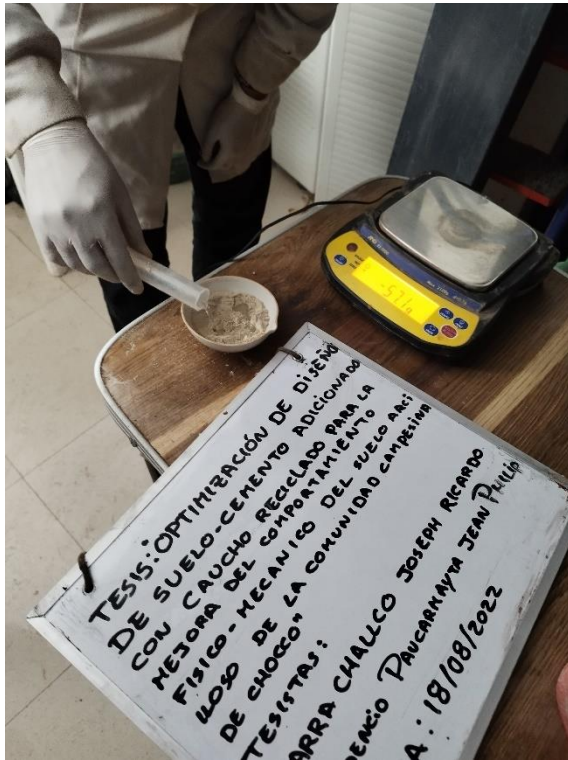
Fuente: Propia

Figura 150: Peso retenido en el Tamiz N° 40



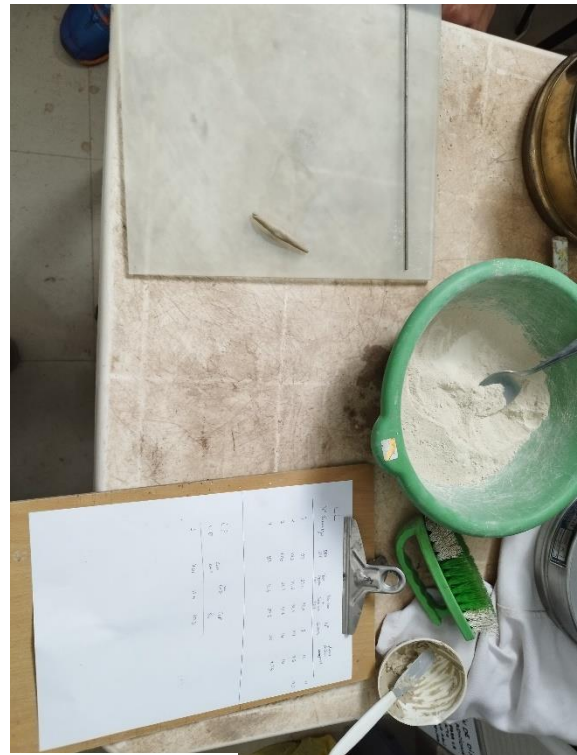
Fuente: Propia

Figura 153: Preparación de suelo y colocado en la cuchara de Casagrande (Ensayo Limite Liquido)



Fuente: Propia

Figura 152: Preparación de muestras de ensayo (Limite Plástico)



Fuente: Propia

Figura 155: Muestras para llevar al horno (Limites Liquido y Plástico)



Fuente: Propia

Figura 154: Preparación de materiales para elaborar las probetas



Fuente: Propia



Figura 157: Preparación y curado de probetas

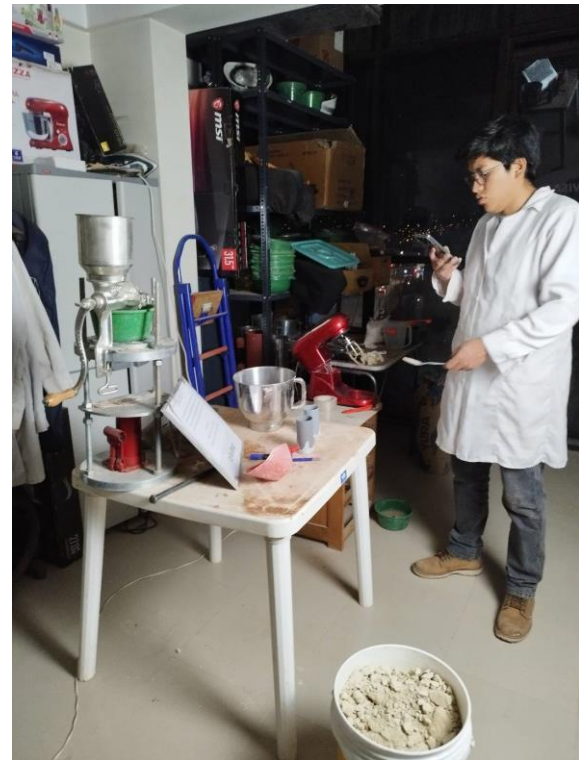
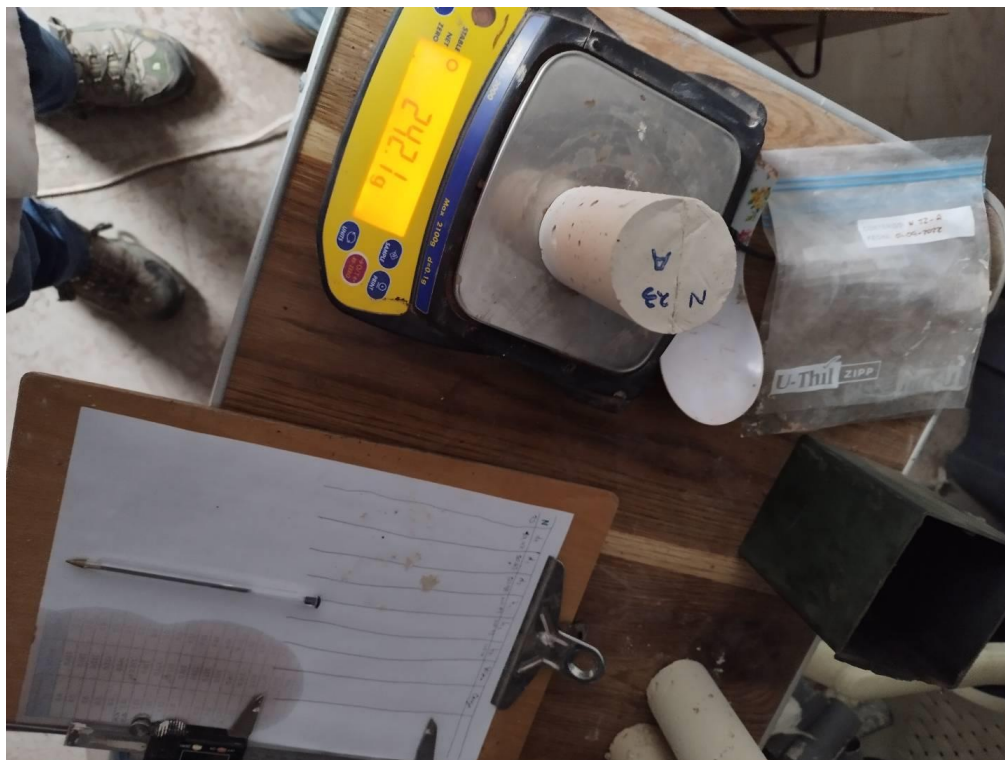
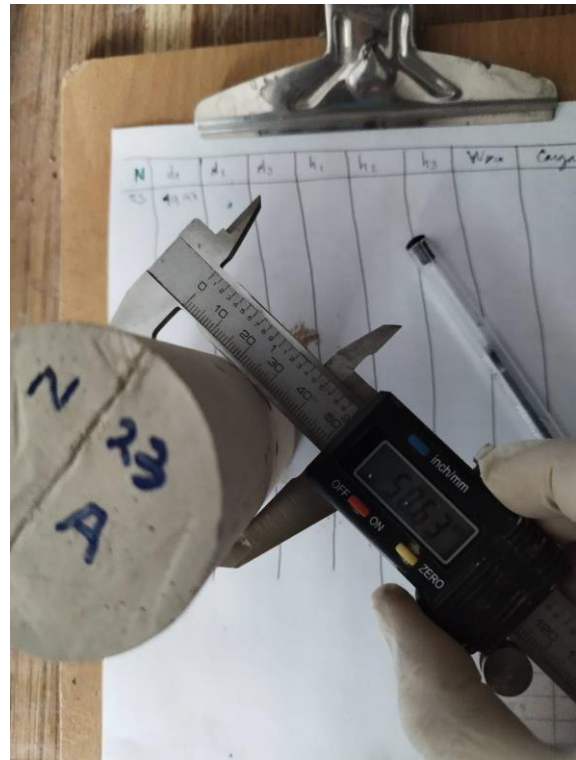


Figura 156: Pesaje de probeta



Fuente: Propia

Figura 159: Medición de probetas



Fuente: Propia

Figura 158: Pesaje de probetas (Fuente Propia)



Fuente: Propia

Figura 161: Muestras y probetas en sumergimiento



Fuente: Propia

Figura 160: Muestras a ser pesadas.



Fuente: Propia

Figura 163: Sumergimiento de probetas (Fuente: Propia)



Fuente: Propia

Figura 162: Pesaje de probetas sumergidas (Fuente: Propia)



Fuente: Propia

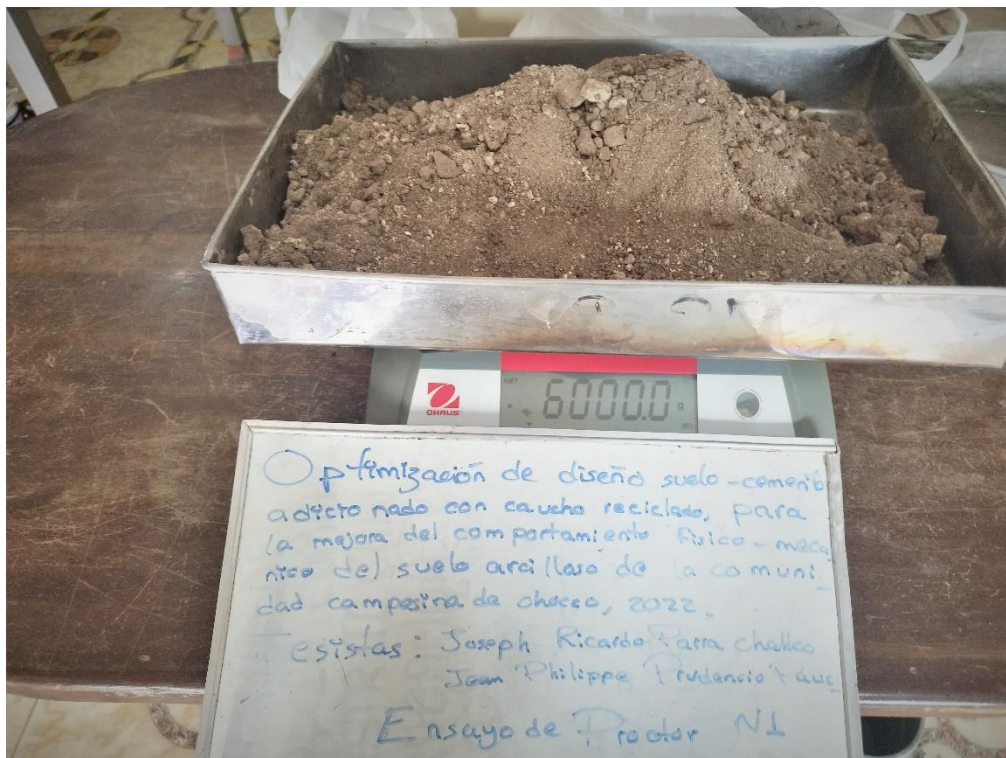


Figura 165: Pesaje de muestras sumergidas



Fuente: Propia

Figura 164: Material ensayo de Proctor



Optimización de diseño suelo-comorb
adictorado con caucho reciclado, para
la mejora del comportamiento físico-mecá
nico del suelo arcilloso de la comuni
dad campesina de chocco, 2022.

Asistas: Joseph Ricardo Parra Chelico
Jean Philippe Prudencio Vique

Ensayo de Proctor N1

Fuente: Propia



Figura 166: Preparado de material (Ensayo de Proctor)



Fuente: Propia

Figura 167: Compactado en moldes (Ensayo de Proctor)



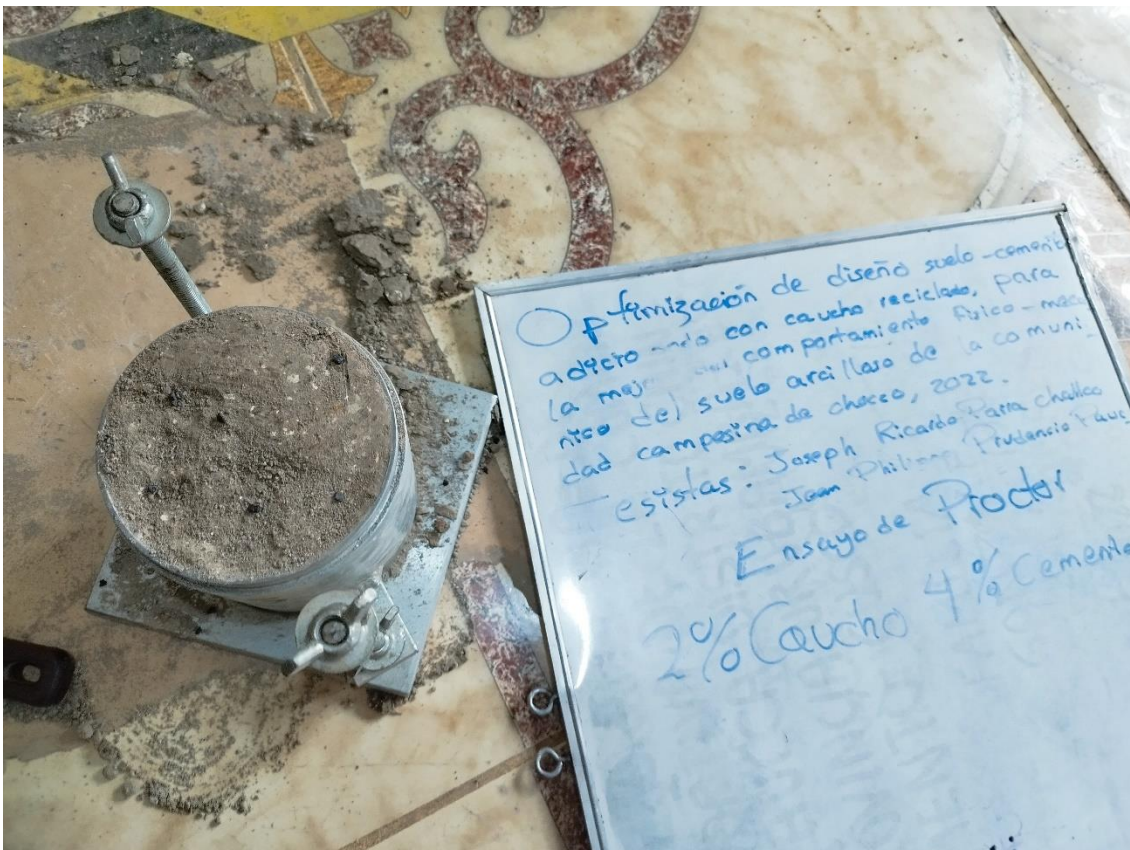
Fuente: Propia

Figura 169: Nivelado y pesaje de molde con muestra compactada



Fuente: Propia

Figura 168: Muestra sin collarín (Ensayo de Proctor)



Fuente: Propia



Figura 171: Pesaje Ensayo de Proctor



Fuente: Propia

Figura 170: Pesaje Ensayo de Proctor



Fuente: Propia



Figura 173: Preparado de muestra ensayo de CBR



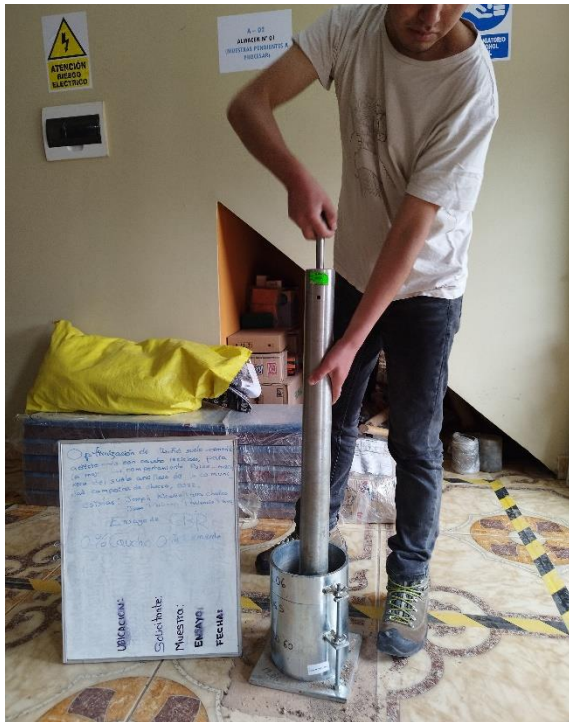
Fuente: Propia

Figura 172: Molde para Ensayo de CBR



Fuente: Propia

Figura 175: Apisonado Ensayo de CBR



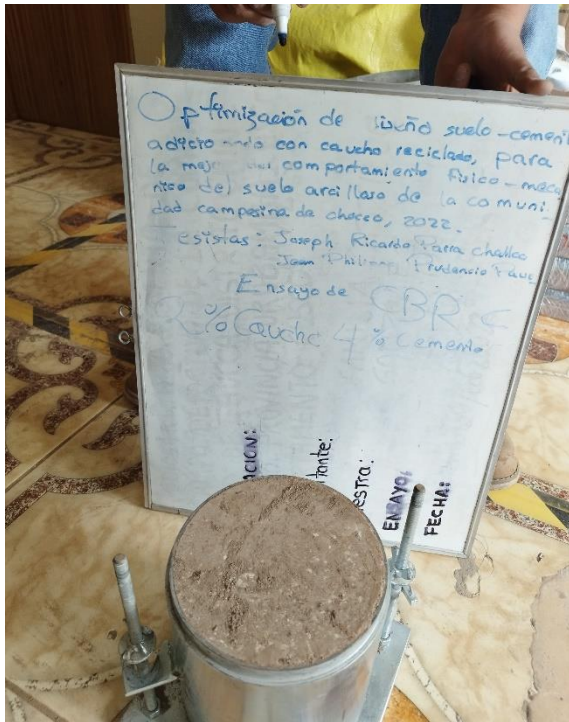
Fuente: Propia

Figura 174: Molde con muestra sin collarín Ensayo de CBR



Fuente: Propia

Figura 177: Muestras de diferentes dosificaciones sin collarín Ensayo de CBR



Fuente: Propia

Figura 176: Muestras en laboratorio (Ensayo CBR)



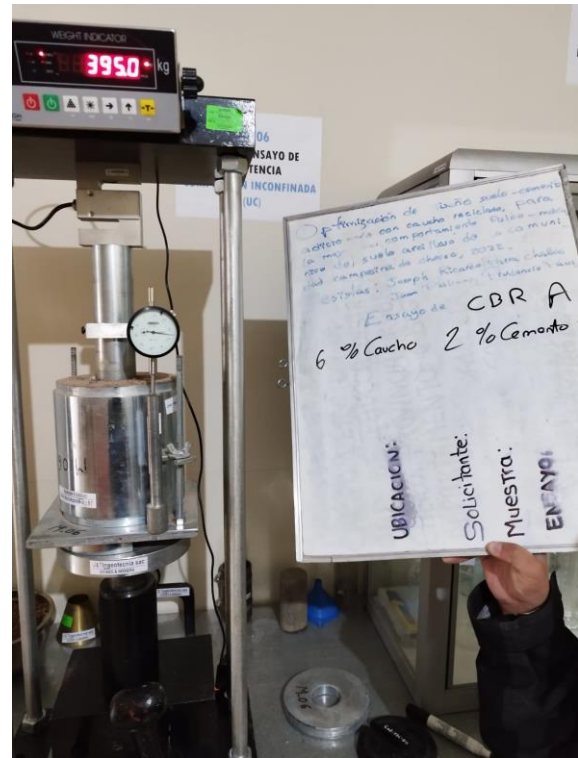
Fuente: Propia

Figura 179: Ensayo de CBR



Fuente: Propia

Figura 178: Ensayo de CBR



Fuente: Propia



Índice de Correlación entre variables

El coeficiente de correlación es la medida específica que cuantifica la intensidad de la relación lineal entre dos variables en un análisis de correlación. En los informes de correlación, este coeficiente se simboliza con la r .

Figura 180 Coeficiente de correlación.

$$r = \frac{\sum [(x_i - \bar{x}) (y_i - \bar{y})]}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 * \sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

Fuente: Statistical Discovery

Para aplicarlo a nuestra investigación tendremos que recopilar los datos de los resultados hallados en nuestra investigación y hallar el coeficiente de correlación entre ellos.

Figura 181 Valores de los resultados.

N	Caucho (%)	Cemento (%)	Densidad Seca Maxima (g/cm3)	CBR%	Capilaridad Promedio
1	0	0	2.106	8.43	0.155
2	0	2	2.153	10.2	0.1389
3	0	4	2.236	12.33	0.1006
4	2	0	2.076	8.67	0.1294
5	2	2	2.186	10.5	0.1102
6	2	4	2.342	12.7	0.0908
7	4	0	1.957	8.43	0.1154
8	4	2	2.084	10.2	0.1011
9	4	4	2.166	12.3	0.0995
10	6	0	2.009	6.67	0.1449
11	6	2	2.029	8.03	0.1223
12	6	4	2.156	9.73	0.1118
13	8	0	1.97	9.43	0.1519
14	8	2	1.997	9.17	0.1215
15	8	4	2.074	8.87	0.1205
		Media	2.10	9.71	0.12092

Fuente: Propia



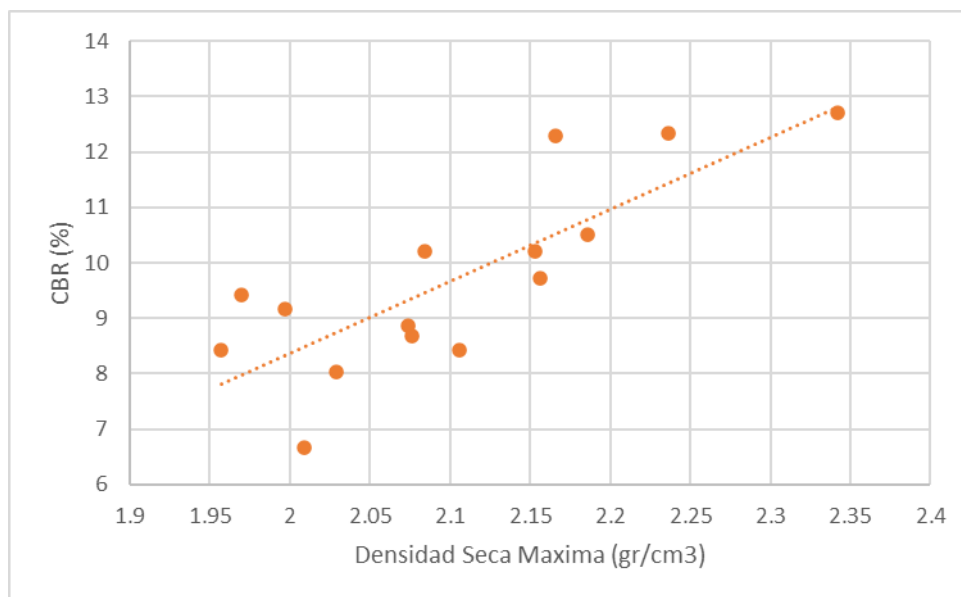
Índice correlacional entre Densidad Seca Máxima (gr/cm³) y CBR (%)

Figura 182 Cálculos para el índice de correlación entre los valores de densidad seca máxima y CBR

$x_i - \bar{x}$	$y_i - \bar{y}$	$\sum [(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]$	$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$	$\Sigma(y_i - \bar{y})^2$
0.00	-1.28	-0.004	0.00	1.640
0.05	0.49	0.025	0.00	0.239
0.13	2.62	0.349	0.02	6.861
-0.03	-1.04	0.028	0.00	1.083
0.08	0.79	0.066	0.01	0.623
0.24	2.99	0.715	0.06	8.936
-0.15	-1.28	0.187	0.02	1.640
-0.02	0.49	-0.009	0.00	0.239
0.06	2.59	0.164	0.00	6.705
-0.09	-3.04	0.285	0.01	9.246
-0.07	-1.68	0.124	0.01	2.825
0.05	0.02	0.001	0.00	0.000
-0.13	-0.28	0.037	0.02	0.079
-0.11	-0.54	0.057	0.01	0.292
-0.03	-0.84	0.024	0.00	0.707
Numerador de la ecuacion		2.048	0.16	41.12
				6.474
			Denominador	2.544
Indice de correlacion			0.80491975	

Fuente: Propia

Figura 183 Grafica de correlación, densidad seca máxima y CBR



Fuente: Propia



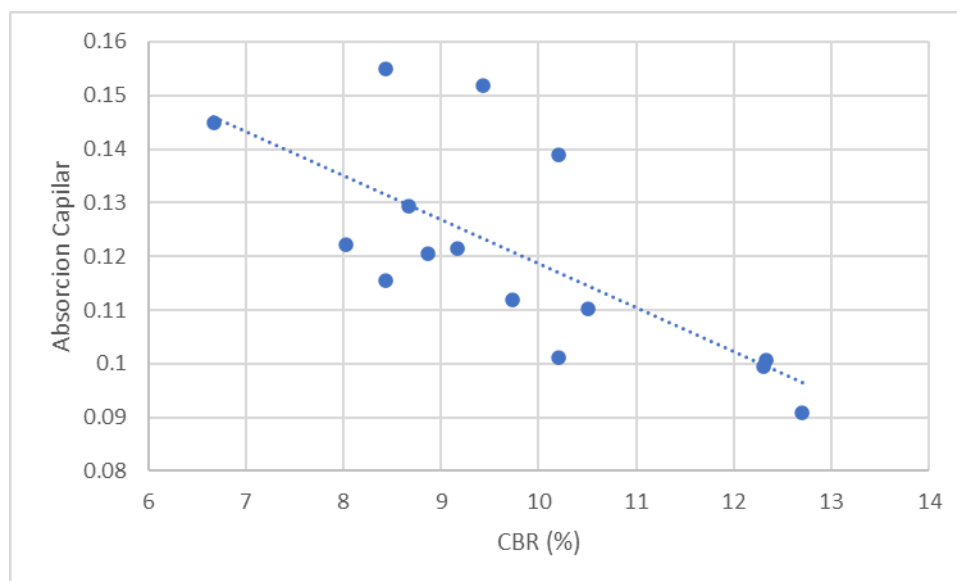
Índice correlacional entre CBR (%) y Absorción Capilar

Figura 184 Cálculos para el índice de correlación entre los valores de CBR y Absorción Capilar

$x_i - \bar{x}$	$y_i - \bar{y}$	$\sum [(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]$	$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$	$\Sigma(y_i - \bar{y})^2$
-1.28	0.03	-0.044	1.64	0.001
0.49	0.02	0.009	0.24	0.000
2.62	-0.02	-0.053	6.86	0.000
-1.04	0.01	-0.009	1.08	0.000
0.79	-0.01	-0.008	0.62	0.000
2.99	-0.03	-0.090	8.94	0.001
-1.28	-0.01	0.007	1.64	0.000
0.49	-0.02	-0.010	0.24	0.000
2.59	-0.02	-0.055	6.70	0.000
-3.04	0.02	-0.073	9.25	0.001
-1.68	0.00	-0.002	2.82	0.000
0.02	-0.01	0.000	0.00	0.000
-0.28	0.03	-0.009	0.08	0.001
-0.54	0.00	0.000	0.29	0.000
-0.84	0.00	0.000	0.71	0.000
Numerador de la ecuacion			41.12	0.01
0.338				0.226
			Denominador	0.475
Indice de correlacion			0.710219828	

Fuente: Propia

Figura 185 Gráfica de correlación, CBR y absorción capilar.



Fuente: Propia



Análisis de Costos Unitarios.

Figura 186 ACU con caucho 0%

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS CON ADICIÓN DE CEM 0% Y CAUCHO AL 0%					
NOMBRES : JOSEPH RICARDO PARRA CHALLCO					
JEAN PHILIPPE PRUDENCIO PAUCARMAYTA					
PARTIDA: AFIRMADO Y COMPACTADO DE VIA DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO					
RENDIMIENTO	350 m2/día	Costo unitario por m2			15.416
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					2.096
MAESTRO 2	hh	1.00	0.0229	10.4100	0.2379
OBRERO B	hh	1.00	0.0229	7.8000	0.1783
OBRERO C	hh	10.00	0.2286	7.3500	1.6800
MATERIALES					0.000
CEMENTO	bol		0.0000	28.0000	0.0000
CAUCHO RECICLADO	kg		0.0000	5.0000	0.0000
MAQUINARIA Y EQUIPOS					13.320
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	0.20	3.0000	2.0962	0.0629
CARGADOR FRONTAL	hm	1.00	0.0229	190.0000	4.3429
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.00	0.0229	170.0000	3.8857
RODILLO LISO AUTOVIBRADOR	hm	1.00	0.0229	130.0000	2.9714
CISTERNA (AGUA) 1500 gl	hm	0.50	0.0114	180.0000	2.0571
ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS CON ADICIÓN DE CEM 2% Y CAUCHO AL 0%					
PARTIDA: AFIRMADO Y COMPACTADO DE VIA DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO					
RENDIMIENTO	350 m2/día	Costo unitario por m2			25.216
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					2.096
MAESTRO 2	hh	1.00	0.0229	10.4100	0.2379
OBRERO B	hh	1.00	0.0229	7.8000	0.1783
OBRERO C	hh	10.00	0.2286	7.3500	1.6800
MATERIALES					9.800
CEMENTO	bol		0.3500	28.0000	9.8000
CAUCHO RECICLADO	kg		0.0000	5.0000	0.0000
MAQUINARIA Y EQUIPOS					13.320
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	0.20	3.0000	2.0962	0.0629
CARGADOR FRONTAL	hm	1.00	0.0229	190.0000	4.3429
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.00	0.0229	170.0000	3.8857
RODILLO LISO AUTOVIBRADOR	hm	1.00	0.0229	130.0000	2.9714
CISTERNA (AGUA) 1500 gl	hm	0.50	0.0114	180.0000	2.0571
ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS CON ADICIÓN DE CEM 4% Y CAUCHO AL 0%					
PARTIDA: AFIRMADO Y COMPACTADO DE VIA DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO					
RENDIMIENTO	350 m2/día	Costo unitario por m2			35.016
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA					2.096
MAESTRO 2	hh	1.00	0.0229	10.4100	0.2379
OBRERO B	hh	1.00	0.0229	7.8000	0.1783
OBRERO C	hh	10.00	0.2286	7.3500	1.6800
MATERIALES					19.600
CEMENTO	bol		0.7000	28.0000	19.6000
CAUCHO RECICLADO	kg		0.0000	5.0000	0.0000
MAQUINARIA Y EQUIPOS					13.320
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	0.20	3.0000	2.0962	0.0629
CARGADOR FRONTAL	hm	1.00	0.0229	190.0000	4.3429
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.00	0.0229	170.0000	3.8857
RODILLO LISO AUTOVIBRADOR	hm	1.00	0.0229	130.0000	2.9714
CISTERNA (AGUA) 1500 gl	hm	0.50	0.0114	180.0000	2.0571

Fuente: Propia



Figura 187 ACU con caucho 2%

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS CON ADICIÓN DE CEM 0% Y CAUCHO AL 2%						
NOMBRES :	JOSEPH RICARDO PARRA CHALLCO					
	JEAN PHILIPPE PRUDENCIO PAUCARMAYTA					
PARTIDA:	AFIRMADO Y COMPACTADO DE VIA DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO					
RENDIMIENTO	350 m2/día	Costo unitario por m2			32.666	
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
MANO DE OBRA						2.096
MAESTRO 2	hh	1.00	0.0229	10.4100	0.2379	
OBRERO B	hh	1.00	0.0229	7.8000	0.1783	
OBRERO C	hh	10.00	0.2286	7.3500	1.6800	
MATERIALES						17.250
CEMENTO	bol		0.0000	28.0000	0.0000	
CAUCHO RECICLADO	kg		15.0000	1.1500	17.2500	
MAQUINARIA Y EQUIPOS						13.320
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	0.20	3.0000	2.0962	0.0629	
CARGADOR FRONTAL	hm	1.00	0.0229	190.0000	4.3429	
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.00	0.0229	170.0000	3.8857	
RODILLO LISO AUTOVIBRADOR	hm	1.00	0.0229	130.0000	2.9714	
CISTERNA (AGUA) 1500 gl	hm	0.50	0.0114	180.0000	2.0571	
ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS CON ADICIÓN DE CEM 2% Y CAUCHO AL 2%						
PARTIDA:	AFIRMADO Y COMPACTADO DE VIA DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO					
RENDIMIENTO	350 m2/día	Costo unitario por m2			42.466	
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
MANO DE OBRA						2.096
MAESTRO 2	hh	1.00	0.0229	10.4100	0.2379	
OBRERO B	hh	1.00	0.0229	7.8000	0.1783	
OBRERO C	hh	10.00	0.2286	7.3500	1.6800	
MATERIALES						27.050
CEMENTO	bol		0.3500	28.0000	9.8000	
CAUCHO RECICLADO	kg		15.0000	1.1500	17.2500	
MAQUINARIA Y EQUIPOS						13.320
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	0.20	3.0000	2.0962	0.0629	
CARGADOR FRONTAL	hm	1.00	0.0229	190.0000	4.3429	
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.00	0.0229	170.0000	3.8857	
RODILLO LISO AUTOVIBRADOR	hm	1.00	0.0229	130.0000	2.9714	
CISTERNA (AGUA) 1500 gl	hm	0.50	0.0114	180.0000	2.0571	
ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS CON ADICIÓN DE CEM 4% Y CAUCHO AL 2%						
PARTIDA:	AFIRMADO Y COMPACTADO DE VIA DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO					
RENDIMIENTO	350 m2/día	Costo unitario por m2			52.266	
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
MANO DE OBRA						2.096
MAESTRO 2	hh	1.00	0.0229	10.4100	0.2379	
OBRERO B	hh	1.00	0.0229	7.8000	0.1783	
OBRERO C	hh	10.00	0.2286	7.3500	1.6800	
MATERIALES						36.850
CEMENTO	bol		0.7000	28.0000	19.6000	
CAUCHO RECICLADO	kg		15.0000	1.1500	17.2500	
MAQUINARIA Y EQUIPOS						13.320
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	0.20	3.0000	2.0962	0.0629	
CARGADOR FRONTAL	hm	1.00	0.0229	190.0000	4.3429	
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.00	0.0229	170.0000	3.8857	
RODILLO LISO AUTOVIBRADOR	hm	1.00	0.0229	130.0000	2.9714	
CISTERNA (AGUA) 1500 gl	hm	0.50	0.0114	180.0000	2.0571	

Fuente: Propia



Figura 188 ACU con caucho 4%

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS CON ADICIÓN DE CEM 0% Y CAUCHO AL 4%						
NOMBRES : JOSEPH RICARDO PARRA CHALLCO						
JEAN PHILIPPE PRUDENCIO PAUCARMAYTA						
PARTIDA: AFIRMADO Y COMPACTADO DE VIA DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO						
RENDIMIENTO	350 m2/día	Costo unitario por m2			49.916	
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla		Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						2.096
MAESTRO 2	hh	1.00		0.0229	10.4100	0.2379
OBRERO B	hh	1.00		0.0229	7.8000	0.1783
OBRERO C	hh	10.00		0.2286	7.3500	1.6800
MATERIALES						34.500
CEMENTO	bol			0.0000	28.0000	0.0000
CAUCHO RECICLADO	kg			30.0000	1.1500	34.5000
MAQUINARIA Y EQUIPOS						13.320
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	0.20		3.0000	2.0962	0.0629
CARGADOR FRONTAL	hm	1.00		0.0229	190.0000	4.3429
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.00		0.0229	170.0000	3.8857
RODILLO LISO AUTOVIBRADOR	hm	1.00		0.0229	130.0000	2.9714
CISTERNA (AGUA) 1500 gl	hm	0.50		0.0114	180.0000	2.0571
ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS CON ADICIÓN DE CEM 2% Y CAUCHO AL 4%						
PARTIDA: AFIRMADO Y COMPACTADO DE VIA DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO						
RENDIMIENTO	350 m2/día	Costo unitario por m2			59.716	
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla		Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						2.096
MAESTRO 2	hh	1.00		0.0229	10.4100	0.2379
OBRERO B	hh	1.00		0.0229	7.8000	0.1783
OBRERO C	hh	10.00		0.2286	7.3500	1.6800
MATERIALES						44.300
CEMENTO	bol			0.3500	28.0000	9.8000
CAUCHO RECICLADO	kg			30.0000	1.1500	34.5000
MAQUINARIA Y EQUIPOS						13.320
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	0.20		3.0000	2.0962	0.0629
CARGADOR FRONTAL	hm	1.00		0.0229	190.0000	4.3429
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.00		0.0229	170.0000	3.8857
RODILLO LISO AUTOVIBRADOR	hm	1.00		0.0229	130.0000	2.9714
CISTERNA (AGUA) 1500 gl	hm	0.50		0.0114	180.0000	2.0571
ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS CON ADICIÓN DE CEM 4% Y CAUCHO AL 4%						
PARTIDA: AFIRMADO Y COMPACTADO DE VIA DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO						
RENDIMIENTO	350 m2/día	Costo unitario por m2			69.516	
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla		Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						2.096
MAESTRO 2	hh	1.00		0.0229	10.4100	0.2379
OBRERO B	hh	1.00		0.0229	7.8000	0.1783
OBRERO C	hh	10.00		0.2286	7.3500	1.6800
MATERIALES						54.100
CEMENTO	bol			0.7000	28.0000	19.6000
CAUCHO RECICLADO	kg			30.0000	1.1500	34.5000
MAQUINARIA Y EQUIPOS						13.320
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	0.20		3.0000	2.0962	0.0629
CARGADOR FRONTAL	hm	1.00		0.0229	190.0000	4.3429
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.00		0.0229	170.0000	3.8857
RODILLO LISO AUTOVIBRADOR	hm	1.00		0.0229	130.0000	2.9714
CISTERNA (AGUA) 1500 gl	hm	0.50		0.0114	180.0000	2.0571

Fuente: Propia



Figura 189 ACU con caucho 6%

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS CON ADICIÓN DE CEM 0% Y CAUCHO AL 6%						
NOMBRES : JOSEPH RICARDO PARRA CHALLCO						
JEAN PHILIPPE PRUDENCIO PAUCARMAYTA						
PARTIDA: AFIRMADO Y COMPACTADO DE VIA DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO						
RENDIMIENTO	350 m2/día	Costo unitario por m2				67.166
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla		Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						2.096
MAESTRO 2	hh	1.00		0.0229	10.4100	0.2379
OBRERO B	hh	1.00		0.0229	7.8000	0.1783
OBRERO C	hh	10.00		0.2286	7.3500	1.6800
MATERIALES						51.750
CEMENTO	bol			0.0000	28.0000	0.0000
CAUCHO RECICLADO	kg			45.0000	1.1500	51.7500
MAQUINARIA Y EQUIPOS						13.320
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	0.20		3.0000	2.0962	0.0629
CARGADOR FRONTAL	hm	1.00		0.0229	190.0000	4.3429
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.00		0.0229	170.0000	3.8857
RODILLO LISO AUTOVIBRADOR	hm	1.00		0.0229	130.0000	2.9714
CISTERNA (AGUA) 1500 gl	hm	0.50		0.0114	180.0000	2.0571
ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS CON ADICIÓN DE CEM 2% Y CAUCHO AL 6%						
PARTIDA: AFIRMADO Y COMPACTADO DE VIA DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO						
RENDIMIENTO	350 m2/día	Costo unitario por m2				76.966
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla		Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						2.096
MAESTRO 2	hh	1.00		0.0229	10.4100	0.2379
OBRERO B	hh	1.00		0.0229	7.8000	0.1783
OBRERO C	hh	10.00		0.2286	7.3500	1.6800
MATERIALES						61.550
CEMENTO	bol			0.3500	28.0000	9.8000
CAUCHO RECICLADO	kg			45.0000	1.1500	51.7500
MAQUINARIA Y EQUIPOS						13.320
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	0.20		3.0000	2.0962	0.0629
CARGADOR FRONTAL	hm	1.00		0.0229	190.0000	4.3429
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.00		0.0229	170.0000	3.8857
RODILLO LISO AUTOVIBRADOR	hm	1.00		0.0229	130.0000	2.9714
CISTERNA (AGUA) 1500 gl	hm	0.50		0.0114	180.0000	2.0571
ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS CON ADICIÓN DE CEM 4% Y CAUCHO AL 6%						
PARTIDA: AFIRMADO Y COMPACTADO DE VIA DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO						
RENDIMIENTO	350 m2/día	Costo unitario por m2				86.766
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla		Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						2.096
MAESTRO 2	hh	1.00		0.0229	10.4100	0.2379
OBRERO B	hh	1.00		0.0229	7.8000	0.1783
OBRERO C	hh	10.00		0.2286	7.3500	1.6800
MATERIALES						71.350
CEMENTO	bol			0.7000	28.0000	19.6000
CAUCHO RECICLADO	kg			45.0000	1.1500	51.7500
MAQUINARIA Y EQUIPOS						13.320
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	0.20		3.0000	2.0962	0.0629
CARGADOR FRONTAL	hm	1.00		0.0229	190.0000	4.3429
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.00		0.0229	170.0000	3.8857
RODILLO LISO AUTOVIBRADOR	hm	1.00		0.0229	130.0000	2.9714
CISTERNA (AGUA) 1500 gl	hm	0.50		0.0114	180.0000	2.0571

Fuente: Propia



Figura 190 ACU con caucho 8%

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS CON ADICIÓN DE CEM 0% Y CAUCHO AL 8%						
NOMBRES : JOSEPH RICARDO PARRA CHALLCO						
JEAN PHILIPPE PRUDENCIO PAUCARMAYTA						
PARTIDA: AFIRMADO Y COMPACTADO DE VIA DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO						
RENDIMIENTO	350 m2/día	Costo unitario por m2				84.416
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla		Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						
MAESTRO 2	hh	1.00		0.0229	10.4100	0.2379
OBRERO B	hh	1.00		0.0229	7.8000	0.1783
OBRERO C	hh	10.00		0.2286	7.3500	1.6800
MATERIALES						
CEMENTO	bol			0.0000	28.0000	0.0000
CAUCHO RECICLADO	kg			60.0000	1.1500	69.0000
MAQUINARIA Y EQUIPOS						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	0.20		3.0000	2.0962	0.0629
CARGADOR FRONTAL	hm	1.00		0.0229	190.0000	4.3429
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.00		0.0229	170.0000	3.8857
RODILLO LISO AUTOVIBRADOR	hm	1.00		0.0229	130.0000	2.9714
CISTERNA (AGUA) 1500 gl	hm	0.50		0.0114	180.0000	2.0571
ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS CON ADICIÓN DE CEM 2% Y CAUCHO AL 8%						
PARTIDA: AFIRMADO Y COMPACTADO DE VIA DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO						
RENDIMIENTO	350 m2/día	Costo unitario por m2				94.216
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla		Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						
MAESTRO 2	hh	1.00		0.0229	10.4100	0.2379
OBRERO B	hh	1.00		0.0229	7.8000	0.1783
OBRERO C	hh	10.00		0.2286	7.3500	1.6800
MATERIALES						
CEMENTO	bol			0.3500	28.0000	9.8000
CAUCHO RECICLADO	kg			60.0000	1.1500	69.0000
MAQUINARIA Y EQUIPOS						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	0.20		3.0000	2.0962	0.0629
CARGADOR FRONTAL	hm	1.00		0.0229	190.0000	4.3429
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.00		0.0229	170.0000	3.8857
RODILLO LISO AUTOVIBRADOR	hm	1.00		0.0229	130.0000	2.9714
CISTERNA (AGUA) 1500 gl	hm	0.50		0.0114	180.0000	2.0571
ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS CON ADICIÓN DE CEM 4% Y CAUCHO AL 8%						
PARTIDA: AFIRMADO Y COMPACTADO DE VIA DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO						
RENDIMIENTO	350 m2/día	Costo unitario por m2				104.016
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla		Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						
MAESTRO 2	hh	1.00		0.0229	10.4100	0.2379
OBRERO B	hh	1.00		0.0229	7.8000	0.1783
OBRERO C	hh	10.00		0.2286	7.3500	1.6800
MATERIALES						
CEMENTO	bol			0.7000	28.0000	19.6000
CAUCHO RECICLADO	kg			60.0000	1.1500	69.0000
MAQUINARIA Y EQUIPOS						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	0.20		3.0000	2.0962	0.0629
CARGADOR FRONTAL	hm	1.00		0.0229	190.0000	4.3429
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.00		0.0229	170.0000	3.8857
RODILLO LISO AUTOVIBRADOR	hm	1.00		0.0229	130.0000	2.9714
CISTERNA (AGUA) 1500 gl	hm	0.50		0.0114	180.0000	2.0571

Fuente: Propia