



# UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Universidad  
Andina del Cusco**

TESIS

---

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN MEZCLAS TRADICIONALES DE ADOBE CON LA ADICIÓN DE CEMENTO YURA IP, PARA EL REVESTIMIENTO DEL RESERVORIO ENTERRADO EN EL SISTEMA DE RIEGO CCARCCO, COMUNIDAD SAN FERNANDO, DISTRITO DE INKAWASI, LA CONVENCION, CUSCO – 2018.**

---

Presentado por:  
Bach. Candy Vanessa Ardiles Lupaca

Para optar al Título Profesional de  
Ingeniero Civil

Asesor:  
Dr. Ing. Víctor Chacón Sánchez

CUSCO – PERÚ

2021



## Dedicatoria

*Dedico este trabajo de investigación:*

*A mis padres, porque a pesar de todas nuestras diferencias, siempre han sido un apoyo y soporte en mi vida mostrándome paciencia y comprensión.*

*A mis hermanos, por todos estos años que nunca perdieron la fe ante mis sueños y aceptaron que somos diferentes; que la felicidad no siempre se encuentra haciendo lo que todos esperan de ti.*

*A mi esposo e hijos, por su gran apoyo y consideración, por tantos desvelos juntos y por las interminables postergaciones que aceptaron a mi lado.*

*A todos aquellos amigos cuyos destinos se han cruzado con el mío, convirtiéndose en un camino y una vida, paralela y opuesta a la mía.*



## Agradecimiento

Agradezco a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por no solo brindarme sus conocimientos teóricos durante mi formación sino también por compartir sus experiencias, motivándome siempre a conseguir lo que desee y alentándome para nunca rendirme.

De igual manera, agradezco a mi asesor: Dr. Víctor Chacón Sánchez, que me ha apoyado y dirigido durante este proceso, mostrándose paciente y comprensivo, pero sobre todo dándome ánimos y palabras perseverancia.

Agradezco a mi familia, todos y cada uno de ellos han sido partícipes en cada paso durante estos años, porque a pesar de mis tropiezos siempre han estado a mi lado para darme una mano y evitar que me ahogue en la soledad y tristeza.



## Resumen

La investigación denominada “Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas en mezclas tradicionales de adobe con la adición de cemento Yura IP, para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, la Convención, Cusco – 2018”, examinó a nivel de campo y laboratorio el efecto de la adición de cemento Yura IP en las propiedades físicas y mecánicas de mezclas tradicionales de adobe, considerando seis mezclas: M2(2.50%), M3(3.50%), M4(4.50%), M5(5.50%), M6(6.50%) y M7(7.5%) con adición creciente de cemento Yura IP y una mezcla patrón M1(0.00%) sin adición de cemento Yura IP.

Dentro de las propiedades físicas, fueron evaluadas la fisuración a los 14, 28 y 56 días y la absorción a 1, 6, 12 y 24 horas, mientras que, dentro de las propiedades mecánicas fueron evaluadas la resistencia a la compresión a los 14, 28 y 56 días y la erosión acelerada.

La metodología abarcada en esta investigación cuenta con un enfoque cuantitativo, con nivel descriptivo empleando el método de investigación hipotético deductivo, cuyo diseño metodológico es experimental.

De los resultados se concluye que la fisuración en las mezclas mejora al disminuir la formación de las mismas en comparación al patrón ya que no hay fisuras visibles en las mezclas M5(5.50%), M6(6.50%) y M7(7.50%). La absorción en las mezclas mejora en M2(2.50%), M3(3.50%), M4(4.50%), M5(5.50%), M6(6.50%) y M7(7.50%) ya que se incrementa en comparación con el patrón que se desmorona al ser evaluadas a 6 horas. La resistencia a la compresión no mejora ya que se reduce comparada con el patrón en las mezclas M2(2.50%), M3(3.50%), M4(4.50%), M5(5.50%), M6(6.50%) y M7(7.50%). La erosión acelerada evaluada por el método Swinburne mejora ya que se reduce de 6.05 mm de oquedad en la muestra patrón M1(0.00%) a 0.0 mm en las mezclas M4(4.50%), M5(5.50%), M6(6.50%) y M7(7.50%).

**Palabras clave:** Tierra reforzada, Fisuración, Absorción, Erosión, Resistencia a la Compresión, Mezclas tradicionales de adobe.



## Abstract

The research called “Evaluation of the physical and mechanical properties in traditional adobe mixtures with the addition of Yura IP cement, for the lining of the buried reservoir in the Ccarcco irrigation system, San Fernando community, Inkawasi district, La Convencion, Cusco - 2018”, studied in the laboratory and on site the effect of the addition of Yura IP cement on the physical and mechanical properties of traditional adobe mixtures. For the present investigation, six mixtures: M2(2.50%), M3(3.50%), M4(4.50%), M5(5.50%), M6(6.50%) and M7(7.50%) with increasing addition of Yura IP cement and a standard mixture M1(0.00%) were considered.

The physical properties evaluated were: cracking at 14, 28 and 56 days, and absorption at 1, 6, 12 and 24 hours. The mechanical properties evaluated were: resistance to compression at 14, 28 and 56 days and accelerated erosion.

The methodology covered in this research has a quantitative approach, with a descriptive level using the hypothetical deductive research method, whose methodological design is experimental.

From the results it is concluded that the cracking in the mixtures improves by reducing their formation compared to the standard since there are no visible cracks in the mixtures M5 (5.50%), M6 (6.50%) and M7 (7.50%). The absorption in the mixtures improves in M2 (2.50%), M3 (3.50%), M4 (4.50%), M5 (5.50%), M6 (6.50%) and M7 (7.50%) since it increases compared to the pattern that crumbles when evaluated at 6 hours. The compressive strength does not improve since it is reduced compared to the standard in the mixes M2 (2.50%), M3 (3.50%), M4 (4.50%), M5 (5.50%), M6 (6.50%) and M7 (7.50%). The accelerated erosion evaluated by the Swinburne method improves since it is reduced from 6.05 mm of void in the standard sample M1 (0.00%) to 0.0 mm in the mixtures M4 (4.50%), M5 (5.50%), M6 (6.50%) and M7 (7.50%).

Keywords: Reinforced earth, Cracking, Absorption, Compressive strength, Accelerated erosion, Traditional adobe mixes.



## Introducción

Las mezclas tradicionales de adobe son utilizadas desde tiempos remotos en la construcción de viviendas, muros, arcos y otras estructuras, sin embargo, estas construcciones muestran alta vulnerabilidad sísmica, razón por la cual, se viene evaluando aditivos naturales o sintéticos que permitan mejorar las características físicas y mecánicas de las mezclas tradicionales. Los reservorios enterrados de riego, cuyo objetivo es almacenar el recurso hídrico en forma temporal, pueden ser impermeabilizados con diversos materiales, entre ellos tenemos: concreto, geomembrana y mezclas tradicionales de adobe, este último material a pesar de su bajo costo presenta desventajas como son: alto grado de fisuración, alta absorción y desmoronamiento, alta susceptibilidad a la erosión hídrica y resistencia a la compresión no especificada.

Por ello, esta investigación propuso un diseño de mezcla que va desde 2.50 % al 7.50% de adición de cemento Yura IP en función del volumen de la tierra empleada para evaluar las propiedades físicas (fisuración y absorción) y propiedades mecánicas (resistencia a la compresión y erosión acelerada) permitiendo que con la asistencia técnica en la producción sea económicamente accesible y cumpla con las necesidades que se busquen.

Para el desarrollo de la presente investigación se tomó en cuenta los siguientes antecedentes: “Influencia del estabilizante de cemento y tipos de suelos sobre la resistencia y durabilidad de un adobe constructivo, Trujillo”, tesis de pregrado realizada por Nureña, J.F. (2017); “Estudio de las propiedades mecánicas y físicas del adobe con biopolímeros de fuentes locales”, tesis de pregrado realizado por Ramirez, J. E. (2016); “Estabilización de adobe con especie de pasto natural en la zona alto andina, Ayacucho – 2016”, tesis de pregrado elaborado por Cooillo, A. (2016); “Análisis de una canal de riego en tierra vs. revestido de suelo-cemento”, tesis de pregrado elaborado por Fonseca, E. y Sánchez, L. (2018); “Estabilización de morteros de barro para la protección de muros de tierra”, tesis de posgrado elaborada por Castilla (2004); “Morteros de barro estabilizados con fibras de paja, esparto y sisal para su uso como revestimientos.”, tesis de posgrado elaborada por Gonzalo, V. (2012).

El objetivo fundamental en la presente investigación fue evaluar si las propiedades físicas y mecánicas de mezclas tradicionales de adobe mejoran con la adición de mayores porcentajes



de cemento Yura IP, para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco-2018 para poder identificar el porcentaje de adición de Cemento Yuta IP que debe ser agregado a la mezcla tradicional de adobe que muestre una disminución y control de la fisuración durante el secado, que al incrementarse el porcentaje de absorción no se desmorone ante el contacto continuo con el agua, que la resistencia a la compresión sea aceptable y sea resistente a la erosión hídrica, esta mezcla así obtenida podrá ser utilizada para revestir reservorios enterrados para riego.

Finalmente, la investigación está conformada por lo siguiente:

Capítulo I: Planteamiento del Problema, podemos encontrar la Identificación del Problema, Justificación e Importancia de la Investigación, Limitaciones de la Investigación y Objetivos de la Investigación.

Capítulo II: Marco Teórico, encontramos los Antecedentes de la Tesis, Bases Teóricas Pertinentes, Hipótesis y Definición de Variables.

Capítulo III: Metodología, encontramos la Metodología de la Investigación, Diseño de la Investigación, Población y Muestra, Instrumentos, Procedimientos de recolección de datos y Procedimiento de Análisis de Datos.

Capítulo IV: Resultados, donde se presentan los resultados de análisis de datos obtenidos en la investigación, tanto en las pruebas de campo y en los ensayos de laboratorio, estos resultados mostraran las mejoras obtenidas al realizar la estabilización del adobe.

Capítulo V: Discusión de los resultados, donde se compara, se contrasta y discute los resultados obtenidos en la presente investigación, para poder reconocer las debilidades o limitaciones y fortalezas o aportes de la investigación, esto para poder extraer conclusiones y formular recomendaciones. Para concluir se encontrará en la investigación: Glosario, Conclusiones, Recomendaciones, Referencias y Anexos.



## Índice general

<b>Agradecimiento</b> .....	<b>iii</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>iv</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>v</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>vi</b>
<b>Índice general</b> .....	<b>viii</b>
<b>Índice de tablas</b> .....	<b>xiv</b>
<b>Índice de figuras</b> .....	<b>xviii</b>
<b>Capítulo I: Planteamiento del Problema</b> .....	<b>21</b>
1.1. Identificación del Problema .....	21
1.1.1. Descripción del problema .....	21
1.1.2. Formulación interrogativa del problema.....	23
1.1.2.1. Formulación interrogativa del problema general .....	23
1.1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos .....	23
1.2. Justificación e Importancia de la investigación .....	23
1.2.1. Justificación técnica .....	23
1.2.2. Justificación social .....	24
1.2.3. Justificación por viabilidad .....	24
1.2.4. Justificación por relevancia .....	24
1.3. Limitaciones de la Investigación .....	24
1.4. Objetivo de la investigación .....	26
1.4.1. Objetivo General.....	26
1.4.2. Objetivos Específicos .....	26
<b>Capítulo II: Marco Teórico</b> .....	<b>27</b>
2.1. Antecedentes de la Tesis o Investigación Actual.....	27
2.1.1. Antecedentes a Nivel Nacional.....	27





2.1.2. Antecedentes a Nivel Internacional .....	30
2.2. Aspectos Teóricos Pertinentes .....	32
2.2.1. Adobe .....	32
2.2.1.1. Composición tradicional del adobe .....	33
2.2.2. Cemento .....	36
2.2.2.1. Cemento Portland.....	36
2.2.3. Pruebas de análisis y control en campo de la tierra a emplearse .....	36
2.2.3.1. Tests táctil visuales .....	36
2.2.3.2. Prueba de cinta de barro .....	38
2.2.3.3. Prueba de resistencia seca o presencia de arcilla .....	38
2.2.3.4. Prueba de la botella (Prueba granulométrica) .....	39
2.2.4. Ensayos de análisis y control en laboratorio de la tierra a emplearse.....	40
2.2.4.1. Muestreo del suelo .....	40
2.2.4.2. Determinación del contenido de humedad del suelo. ....	41
2.2.4.3. Análisis granulométrico del suelo.....	41
2.2.4.4. Determinación de los límites de Atterberg. ....	43
2.2.4.5. Clasificación por el Sistema Unificado de Clasificación de suelos (S.U.C.S) .....	46
2.2.5. Proceso de elaboración del adobe .....	49
2.2.6. Sistemas constructivos con tierra.....	49
2.2.7. Estabilización del suelo .....	50
2.2.7.1. Clasificación de la estabilización del suelo por la función que cumplen.....	51
2.2.7.2. Suelos estabilizados con cemento .....	52
2.2.8. Reacciones durante la mezcla de suelo y cemento .....	53
2.2.9. Propiedades físicas de evaluación.....	55
2.2.9.1. Fisuración.....	55
2.2.9.2. Absorción.....	55
2.2.10. Propiedades mecánicas de evaluación.....	56



2.2.10.1. Resistencia a la compresión.....	56
2.2.10.2. Erosión acelerada de Swinburne (SAET) .....	56
2.3. Hipótesis .....	58
2.3.1. Hipótesis general.....	58
2.3.2. Sub hipótesis .....	58
2.4. Definición de variables .....	58
2.4.1. Variables independientes .....	58
2.4.2. Variables dependientes .....	58
2.4.3. Cuadro de operacionalización de variables .....	60
<b>Capítulo III: Metodología.....</b>	<b>61</b>
3.1. Metodología de la investigación .....	61
3.1.1. Enfoque de la investigación.....	61
3.1.2. Nivel o alcance de la investigación.....	61
3.1.3. Método de la investigación .....	61
3.2. Diseño de investigación .....	61
3.2.1. Diseño metodológico .....	61
3.2.2. Diseño de ingeniería .....	62
3.3. Población y Muestra .....	63
3.3.1. Población .....	63
3.3.1.1. Descripción de la población .....	63
3.3.1.2. Cuantificación de la población.....	63
3.3.2. Muestra .....	63
3.3.2.1. Descripción de la muestra .....	63
3.3.2.2. Cuantificación de la muestra.....	63
3.3.2.3. Método de muestreo.....	65
3.3.2.4. Criterios de evaluación de muestra .....	65
3.3.3. Criterios de inclusión.....	66



3.4. Instrumentos.....	66
3.4.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de Recolección de Datos.....	66
3.4.2. Instrumentos de Ingeniería.....	78
3.5. Procedimientos de recolección de Datos .....	80
3.5.1. Muestreo del suelo (muestra alterada) .....	80
3.5.2. Tests táctil-visuales.....	81
3.5.3. Prueba de cinta de barro.....	83
3.5.4. Prueba de resistencia seca.....	84
3.5.5. Prueba de la botella.....	85
3.5.6. Ensayo de contenido de humedad.....	87
3.5.7. Granulometría por tamizado .....	88
3.5.8. Límites de Atterberg: Ensayo de límite líquido y Límite plástico.....	90
3.5.9. Clasificación del suelo por tamaño de partículas.....	92
3.5.10. Proceso de Dormido y amasado inicial .....	93
3.5.11. Proceso amasado final, lanzado y moldeado .....	97
3.5.12. Ensayo de fisuración a los 14, 28 y 56 días de secado .....	101
3.5.13. Ensayo de absorción .....	106
3.5.14. Ensayo de resistencia a la compresión .....	112
3.5.15. Ensayo de erosión acelerada.....	120
3.6. Procedimiento de análisis de datos .....	123
3.6.1. Contenido de humedad .....	123
3.6.2. Granulometría del suelo por tamizado.....	125
3.6.3. Clasificación del suelo por el tamaño de sus partículas.....	126
3.6.4. Ensayo de fisuración.....	127
3.6.4.1. Ensayo de fisuración a los 14 días de secado .....	127
3.6.4.2. Ensayo de fisuración a los 28 días de secado .....	128
3.6.4.3. Ensayo de fisuración a los 56 días de secado .....	128



3.6.5. Ensayo de Absorción .....	129
3.6.5.1. Ensayo de Absorción a 1 hora .....	129
3.6.5.2. Ensayo de Absorción a 6 horas .....	131
3.6.5.3. Ensayo de Absorción a 12 horas .....	135
3.6.5.4. Ensayo de Absorción a 24 horas .....	138
3.6.6. Ensayo de resistencia a la compresión.....	142
3.6.6.1. Ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días .....	142
3.6.6.2. Ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días .....	146
3.6.6.3. Ensayo de resistencia a la compresión a los 56 días .....	150
3.6.7. Ensayo de erosión acelerada de Swinburne .....	154
<b>Capítulo IV: Resultados.....</b>	<b>157</b>
4.1. Resultados de fisuración .....	157
4.1.1. Fisuración a los 14 días.....	157
4.1.2. Fisuración a los 28 días.....	157
4.1.3. Fisuración a los 56 días.....	158
4.1.4. Resumen de fisuración a los 14-28-56 días .....	159
4.2. Resultados de Absorción .....	159
4.2.1. Absorción a 1 hora.....	159
4.2.2. Absorción a 6 horas .....	160
4.2.3. Absorción a 12 horas .....	161
4.2.4. Absorción a 24 horas .....	161
4.2.5. Resumen de absorción a 1-6-12-24 horas .....	162
4.3. Resultados de resistencia .....	163
4.3.1. Resistencia a la compresión a los 14 días .....	163
4.3.2. Resistencia a la compresión a los 28 días .....	164
4.3.3. Resistencia a la compresión a los 56 días .....	165
4.3.4. Resumen de resistencia a la compresión a los 14-28-56 días .....	165



4.4. Resultados de erosión .....	166
4.5. Resultados de dosificación.....	167
<b>Capítulo V: Discusión .....</b>	<b>170</b>
<b>Glosario .....</b>	<b>173</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>174</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>177</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>178</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>181</b>



## Índice de tablas

<i>Tabla 1: Clasificación taxonómica propuesta por APG III – 2009</i> .....	35
<i>Tabla 2: Límites permisibles para el agua de mezclado y curado según la NTP 339.088</i> .....	35
<i>Tabla 3: Test táctil-visuales para clasificación de tierra</i> .....	37
<i>Tabla 4: Tamices de malla cuadrada</i> .....	42
<i>Tabla 5: Peso mínimo de la muestra según el tamaño máximo de sus partículas</i> .....	42
<i>Tabla 6: Criterios para asignación de símbolos de grupo para suelos de grano grueso.</i> .....	47
<i>Tabla 7: Criterios para asignación de símbolos de grupo para suelos de grano fino.</i> .....	48
<i>Tabla 8: Criterios para aceptación o rechazo ante erosión acelerada.</i> .....	57
<i>Tabla 9: Operacionalización de variables.</i> .....	60
<i>Tabla 10: Cuantificación de la muestra para el ensayo de fisuración.</i> .....	63
<i>Tabla 11: Cuantificación de la muestra para el ensayo de absorción.</i> .....	64
<i>Tabla 12: Cuantificación de la muestra para el ensayo de resistencia a la compresión.</i> .....	64
<i>Tabla 13: Cuantificación de la muestra para el ensayo de erosión.</i> .....	64
<i>Tabla 14: Guía de observación en campo para suelo: Tests táctil-visuales.</i> .....	67
<i>Tabla 15: Guía de observación en campo para suelo: Prueba de cinta de barro.</i> .....	68
<i>Tabla 16: Guía de observación en campo para suelo: Presencia de arcilla o resistencia seca.</i> .....	68
<i>Tabla 17: Guía de observación en campo para suelo: Prueba de la botella o test del vidrio.</i> .....	69
<i>Tabla 18: Guía de observación en laboratorio para suelo: Contenido de humedad.</i> .....	70
<i>Tabla 19: Guía de observación en laboratorio para el suelo: Análisis granulométrico de suelos por tamizado.</i> .....	70
<i>Tabla 20: Guía de observación en laboratorio: Límites de Atterberg – Límite líquido.</i> .....	71
<i>Tabla 21: Guía de observación en laboratorio: Límites de Atterberg – Límite plástico.</i> .....	72
<i>Tabla 22: Guía de observación en laboratorio: Dosificación de mezclas para amasado inicial.</i> .....	72
<i>Tabla 23: Guía de observación en laboratorio: Dosificación de mezclas para amasado final.</i> .....	73
<i>Tabla 24: Guía de observación en campo: Fisuración</i> .....	74
<i>Tabla 25: Guía de observación en laboratorio: Absorción</i> .....	75
<i>Tabla 26: Guía de observación en laboratorio: Resistencia a la compresión.</i> .....	76
<i>Tabla 27: Guía de observación en laboratorio: Erosión acelerada</i> .....	77
<i>Tabla 28: Datos de los tests táctil-visuales para clasificación preliminar del suelo.</i> .....	83
<i>Tabla 29: Datos de la prueba de cinta de barro</i> .....	84
<i>Tabla 30: Datos de la prueba de resistencia seca</i> .....	85
<i>Tabla 31: Datos de la prueba de la botella.</i> .....	87
<i>Tabla 32: Datos del ensayo de contenido de humedad</i> .....	88
<i>Tabla 33: Datos del ensayo de granulometría del suelo por tamizado.</i> .....	90
<i>Tabla 34: Datos del ensayo de límite líquido.</i> .....	91
<i>Tabla 35: Datos del análisis fisicoquímico del suelo.</i> .....	93



<i>Tabla 36: Datos de dosificación para amasado inicial .....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 37: Datos de dosificación para amasado final .....</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 38: Datos del ensayo de fisuración a los 14 días de secado.....</i>	<i>105</i>
<i>Tabla 39: Datos del ensayo de fisuración a los 28 días de secado.....</i>	<i>105</i>
<i>Tabla 40: Datos del ensayo de fisuración a los 56 días de secado.....</i>	<i>105</i>
<i>Tabla 41: Datos del ensayo de absorción a 1 hora.....</i>	<i>109</i>
<i>Tabla 42: Datos del ensayo de absorción a 6 horas .....</i>	<i>110</i>
<i>Tabla 43: Datos del ensayo de absorción a 12 horas .....</i>	<i>111</i>
<i>Tabla 44: Datos del ensayo de absorción a 24 horas .....</i>	<i>112</i>
<i>Tabla 45: Datos del ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días.....</i>	<i>117</i>
<i>Tabla 46: Datos del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días.....</i>	<i>118</i>
<i>Tabla 47: Datos del ensayo de resistencia a la compresión a los 56 días.....</i>	<i>119</i>
<i>Tabla 48: Datos del ensayo de erosión acelerada Swinburne .....</i>	<i>123</i>
<i>Tabla 49: Procesamiento del ensayo de contenido de humedad del suelo .....</i>	<i>124</i>
<i>Tabla 50: Procesamiento del ensayo de granulometría del suelo por tamizado .....</i>	<i>125</i>
<i>Tabla 51: Procesamiento de la textura del suelo por el método Kilmer y Alexander.....</i>	<i>126</i>
<i>Tabla 52: Procesamiento del ensayo de fisuración a los 14 días de secado .....</i>	<i>127</i>
<i>Tabla 53: Procesamiento del ensayo de fisuración a los 28 días de secado .....</i>	<i>128</i>
<i>Tabla 54: Procesamiento del ensayo de fisuración a los 56 días de secado .....</i>	<i>129</i>
<i>Tabla 55: Procesamiento del ensayo de absorción a 1 hora .....</i>	<i>130</i>
<i>Tabla 56: Estadísticos descriptivos del porcentaje de absorción en 1 hora.....</i>	<i>131</i>
<i>Tabla 57: Procesamiento del ensayo de absorción a 6 horas.....</i>	<i>132</i>
<i>Tabla 58: Estadísticos descriptivos del porcentaje de absorción en 6 horas .....</i>	<i>133</i>
<i>Tabla 59: Prueba de normalidad para el porcentaje de absorción en 6 horas .....</i>	<i>133</i>
<i>Tabla 60: Análisis de varianzas para el porcentaje de absorción en 6 horas .....</i>	<i>133</i>
<i>Tabla 61: Prueba de homogeneidad de varianzas para el porcentaje de absorción en 6 horas.....</i>	<i>133</i>
<i>Tabla 62: Prueba de T3 Dunnett para el porcentaje de absorción en 6 horas.....</i>	<i>134</i>
<i>Tabla 63: Procesamiento del ensayo de absorción a 12 horas.....</i>	<i>136</i>
<i>Tabla 64: Estadísticos descriptivos del porcentaje de absorción en 12 horas .....</i>	<i>136</i>
<i>Tabla 65: Prueba de normalidad para el porcentaje de absorción en 12 hora.....</i>	<i>137</i>
<i>Tabla 66: Análisis de varianzas para el porcentaje de absorción en 12 horas .....</i>	<i>137</i>
<i>Tabla 67: Prueba de homogeneidad de varianzas para el porcentaje de absorción en 12 horas.....</i>	<i>137</i>
<i>Tabla 68: Prueba de T3 Dunnett para el porcentaje de absorción en 12 horas.....</i>	<i>137</i>
<i>Tabla 69: Procesamiento del ensayo de absorción a 24 horas.....</i>	<i>139</i>
<i>Tabla 70: Estadísticos descriptivos del porcentaje de absorción en 24 horas .....</i>	<i>140</i>
<i>Tabla 71: Prueba de normalidad para el porcentaje de absorción en 24 horas .....</i>	<i>140</i>
<i>Tabla 72: Análisis de varianzas para el porcentaje de absorción en 24 horas .....</i>	<i>140</i>



<i>Tabla 73: Prueba de homogeneidad de varianzas para el porcentaje de absorción en 24 horas</i> .....	141
<i>Tabla 74: Prueba de T3 Dunnett para el porcentaje de absorción en 24 horas</i> .....	141
<i>Tabla 75: Procesamiento del ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días</i> .....	143
<i>Tabla 76: Estadísticos descriptivos para la resistencia a la compresión a los 14 días</i> .....	144
<i>Tabla 77: Prueba de normalidad para la resistencia a compresión a los 14 días</i> .....	144
<i>Tabla 78: Análisis de varianza para la resistencia a la compresión a los 14 días</i> .....	145
<i>Tabla 79: Prueba de homogeneidad de varianzas para resistencia a la compresión a los 14 días</i> ...	145
<i>Tabla 80: Prueba de Tukey para la resistencia a la compresión a los 14 días</i> .....	145
<i>Tabla 81: Procesamiento del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días</i> .....	147
<i>Tabla 82: Estadísticos descriptivos para la resistencia a la compresión a los 28 días</i> .....	148
<i>Tabla 83: Prueba de normalidad para la resistencia a la compresión a los 28 días</i> .....	148
<i>Tabla 84: Análisis de varianza para la resistencia a la compresión a los 28 días</i> .....	149
<i>Tabla 85: Prueba de homogeneidad para la resistencia a la compresión a los 28 días</i> .....	149
<i>Tabla 86: Prueba de Tukey para la resistencia a la compresión a los 28 días</i> .....	149
<i>Tabla 87: Procesamiento del ensayo de resistencia a la compresión a los 56 días</i> .....	151
<i>Tabla 88: Estadísticos descriptivos para la resistencia a la compresión a los 56 días</i> .....	152
<i>Tabla 89: Prueba de normalidad para la resistencia a la compresión a los 56 días</i> .....	152
<i>Tabla 90: Análisis de varianza para la resistencia a la compresión a los 56 días</i> .....	153
<i>Tabla 91: Prueba de homogeneidad de varianzas para la resistencia a la compresión a los 56 días</i>	153
<i>Tabla 92: Prueba de Tukey para la resistencia a la compresión a los 56 días</i> .....	153
<i>Tabla 93: Procesamiento del ensayo de erosión acelerada Swinburne</i> .....	155
<i>Tabla 94: Resultados de fisuración a los 14 días</i> .....	157
<i>Tabla 95: Resultados de fisuración a los 28 días</i> .....	157
<i>Tabla 96: Resultados de fisuración a los 56 días</i> .....	158
<i>Tabla 97: Resumen de resultados de fisuración a los 14-28-56 días</i> .....	159
<i>Tabla 98: Resultados del porcentaje de absorción en 1 hora</i> .....	159
<i>Tabla 99: Resultados del porcentaje de absorción en 6 horas</i> .....	160
<i>Tabla 100: Resultados del porcentaje de absorción en 12 horas</i> .....	161
<i>Tabla 101: Resultados del porcentaje de absorción en 24 horas</i> .....	161
<i>Tabla 102: Resumen de resultados del porcentaje de absorción a 1-6-12-24 horas</i> .....	162
<i>Tabla 103: Resultados de la resistencia a la compresión a los 14 días</i> .....	163
<i>Tabla 104: Resultados de la resistencia a la compresión a los 28 días</i> .....	164
<i>Tabla 105: Resultados de la resistencia a la compresión a los 56 días</i> .....	165
<i>Tabla 106: Resumen de resultados de la resistencia a la compresión a los 14-28-56 días</i> .....	165
<i>Tabla 107: Resultados de la erosión acelerada de Swinburne</i> .....	166
<i>Tabla 108: Consideraciones previas para dosificación</i> .....	167
<i>Tabla 109: Dosificación para 1 m<sup>3</sup> de mezcla tradicional de adobe</i> .....	167





<i>Tabla 110: Dosificación de 1 m<sup>3</sup> de mezcla tradicional de adobe + 2.50% de cemento Yura IP .....</i>	<i>167</i>
<i>Tabla 108: Dosificación de 1 m<sup>3</sup> de mezcla tradicional de adobe + 3.50% de cemento Yura IP .....</i>	<i>168</i>
<i>Tabla 112: Dosificación de 1 m<sup>3</sup> de mezcla tradicional de adobe + 4.50% de cemento Yura IP .....</i>	<i>168</i>
<i>Tabla 113: Dosificación de 1 m<sup>3</sup> de mezcla tradicional de adobe + 5.50% de cemento Yura IP .....</i>	<i>168</i>
<i>Tabla 114: Dosificación de 1 m<sup>3</sup> de mezcla tradicional de adobe + 6.50% de cemento Yura IP .....</i>	<i>168</i>
<i>Tabla 115: Dosificación de 1 m<sup>3</sup> de mezcla tradicional de adobe + 7.50% de cemento Yura IP .....</i>	<i>169</i>
<i>Tabla 116: Matriz de consistencia .....</i>	<i>181</i>



## Índice de figuras

<i>Figura 1: Ubicación geográfica de la provincia La Convención y del distrito de Inkawasi.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 2: Ubicación de la zona de muestras en el distrito de Inkawasi.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 3: Perfil tipo de depósito coluvial.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 4: Prueba de cinta de barro.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 5: Prueba de resistencia seca.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 6: Distribución final del ensayo.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 7: Diagrama triangular de clasificación de suelos para la prueba de la botella.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 8: Diagrama triangular de clasificación de suelos.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 9: Límites de Atterberg.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 10: Determinación del límite líquido en la curva de flujo.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 11: Prueba de límite líquido: (a) dispositivo de límite líquido, (b) herramienta de ranurado, (c) porción d suelo antes de la prueba, (d) porción de suelo después de la prueba.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 12: Carta de plasticidad.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 13: Selección del tipo de estabilizante en función del I.P. y de la granulometría de la tierra .</i>	<i>52</i>
<i>Figura 14: Esquema del ensayo.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 15: Diseño de Ingeniería (Flujograma).....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 16: Excavación de calicata.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 17: Toma de muestra alterada.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 18: Caracterización por tamaño de partículas.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 19: Caracterización por color.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 20: Caracterización por brillo.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 21: Caracterización por tacto.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 22: Prueba de cinta de barro.....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 23: Prueba de resistencia seca.....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 24: Caracterización por tamaño de partículas.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 25: Clasificación del suelo por prueba de la botella.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 26: Contenido de humedad natural del terreno.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 27: Muestras para contenido de humedad en el horno eléctrico.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 28: Muestra de suelo, serie de tamices y zaranda mecánica.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 29: Muestra retenida en la serie de tamices para agregado fino.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 30: Ensayo de Límite Líquido con la cuchara de Casagrande.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 31: Corte y pesado de paja para la preparación de las mezclas.....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 32: Verificación de medidas y homogeneidad de la tierra.....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 33: Preparado de las rumas para el amasado inicial.....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 34: Materiales antes del amasado inicial.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 35: Proceso de amasado inicial.....</i>	<i>95</i>



<i>Figura 36: Incorporación intercalada de paja y agua a la mezcla durante el amasado inicial .....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 37: Armado de rumas de mezclas para el proceso de dormido .....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 38: Protección de las rumas de mezcla luego del amasado inicial .....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 39: Armado de paneles para el ensayo de fisuración .....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 40: Verificación de medidas de los paneles para el ensayo de fisuración.....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 41: Corte y armado de moldes para los ensayos de resistencia a la compresión, absorción y erosión acelerada.....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 42: Verificación de medidas y ensamblado de moldes.....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 43: Incorporación de cemento para el amasado final de las mezclas .....</i>	<i>99</i>
<i>Figura 44: Proceso de lanzado de mezcla en moldes cúbicos .....</i>	<i>99</i>
<i>Figura 45: Proceso de lanzado de mezcla en paneles para el ensayo de fisuración.....</i>	<i>99</i>
<i>Figura 46: Enlucido de los paneles luego del lanzado y moldeado de mezcla.....</i>	<i>100</i>
<i>Figura 47: Protección de los paneles y bloques durante el proceso de secado.....</i>	<i>100</i>
<i>Figura 48: Desmoldado de bloques durante el proceso de secado a los 2 días .....</i>	<i>100</i>
<i>Figura 49: Paneles para evaluación de fisuración a los 2 días de secado.....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 50: Paneles para evaluación de fisuración a los 14 días de secado.....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 51: Formación de fisuras a partir del segundo día de secado en la mezcla testigo (M1) .....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 52: Panel con mezcla de testigo que evidencia la formación excesiva de fisuras .....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 53: Evaluación de la fisuración a los 28 días de secado .....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 54: Toma de medida con hilo nylon en las fisuras (M1) a los 14 días de secado.....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 55: Paneles para evaluación de fisuras a los 56 días de secado .....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 56: Toma de medidas de bloques de 10x10x10 cm antes de sumergirlos .....</i>	<i>106</i>
<i>Figura 57: Bloques sumergidos para el ensayo de absorción.....</i>	<i>107</i>
<i>Figura 58: Bloques de la M1 luego de 1 hora sumergida .....</i>	<i>107</i>
<i>Figura 59: Bloques de M1 luego de 6 horas sumergidas .....</i>	<i>107</i>
<i>Figura 60: Bloques de M2, M3 y M4 luego de 6 horas sumergidas .....</i>	<i>108</i>
<i>Figura 61: Bloques de M2, M3, M4, M5, M6 y M7 luego de 24 horas sumergidos .....</i>	<i>108</i>
<i>Figura 62: Embalado de los bloques a los 13 días de secado para ensayos en la ciudad de Cusco..</i>	<i>113</i>
<i>Figura 63: Muestras de los bloques a ensayar a los 14 días .....</i>	<i>114</i>
<i>Figura 64: Toma de dimensiones de los bloques para compresión axial a los 14 días.....</i>	<i>114</i>
<i>Figura 65: Desarrollo del ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días de secado .....</i>	<i>114</i>
<i>Figura 66: Desarrollo del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días de secado .....</i>	<i>115</i>
<i>Figura 67: Ensayo a los 28 días de secado con la participación del asesor de tesis .....</i>	<i>115</i>
<i>Figura 68: Ensayo de resistencia a compresión en bloques a los 56 días de secado.....</i>	<i>116</i>
<i>Figura 69: Muestras luego del ensayo de resistencia a la compresión a los 56 días.....</i>	<i>116</i>
<i>Figura 70: Bloques antes del ensayo de erosión acelerada de Swinburne.....</i>	<i>120</i>
<i>Figura 71: Bloques antes del ensayo de erosión acelerada de Swinburne.....</i>	<i>121</i>



<i>Figura 72: Calibración del equipo para erosión acelerada de Swinburne .....</i>	<i>121</i>
<i>Figura 73: Desarrollo del ensayo de erosión acelerada .....</i>	<i>121</i>
<i>Figura 74: Medida de la profundidad de oquedad .....</i>	<i>122</i>
<i>Figura 75: Muestra de M1 luego del ensayo de erosión acelerada de Swinburne.....</i>	<i>122</i>
<i>Figura 76: Bloques con adición de cemento Yura IP luego del ensayo de erosión acelerada.....</i>	<i>122</i>
<i>Figura 77: Bloques con adición de cemento Yura IP luego del ensayo de erosión acelerada.....</i>	<i>124</i>
<i>Figura 78: Curva granulométrica del suelo .....</i>	<i>125</i>
<i>Figura 79: Clasificación del suelo por tamaño de partículas con el diagrama triangular.....</i>	<i>126</i>
<i>Figura 80: Curva para la resistencia a la compresión a los 14 días.....</i>	<i>144</i>
<i>Figura 81: Curva para la resistencia a la compresión a los 28 días.....</i>	<i>148</i>
<i>Figura 82: Curva para la resistencia a la compresión a los 56 días.....</i>	<i>152</i>
<i>Figura 83: Fisuración acumulada a los 14 días .....</i>	<i>157</i>
<i>Figura 84: Fisuración acumulada a los 28 días .....</i>	<i>158</i>
<i>Figura 85: Fisuración acumulada a los 56 días .....</i>	<i>158</i>
<i>Figura 86: Resumen de fisuración acumulada a los 14-28-56 días.....</i>	<i>159</i>
<i>Figura 87: Porcentaje de absorción promedio en 1 hora.....</i>	<i>160</i>
<i>Figura 88: Porcentaje de absorción promedio en 6 horas .....</i>	<i>160</i>
<i>Figura 89: Porcentaje de absorción promedio en 12 horas .....</i>	<i>161</i>
<i>Figura 90: Porcentaje de absorción promedio en 24 horas .....</i>	<i>162</i>
<i>Figura 91: Resumen de porcentaje de absorción promedio a 1-6-12-24 horas .....</i>	<i>162</i>
<i>Figura 92: Resistencia a la compresión promedio a los 14 días .....</i>	<i>163</i>
<i>Figura 93: Resistencia a la compresión promedio a los 28 días .....</i>	<i>164</i>
<i>Figura 94: Resistencia a la compresión promedio a los 56 días .....</i>	<i>165</i>
<i>Figura 95: Resumen de resistencia a la compresión promedio a los 14-28-56 días .....</i>	<i>166</i>
<i>Figura 96: Erosión acelerada de Swinburne promedio.....</i>	<i>167</i>



## Capítulo I: Planteamiento del Problema

### 1.1. Identificación del Problema

#### 1.1.1. Descripción del problema

En la región Cusco, específicamente en la provincia de La Convención, la mayor parte de los suelos presentan altos niveles de pedregosidad, siendo una característica adicional la presencia de piedras con aristas muy agudas, motivo por el cual, se generan superficies irregulares durante la excavación de reservorios enterrados en sistemas de riego. Esta situación es crítica cuando se construyen reservorios enterrados de geomembrana, puesto que, existe un alto riesgo de deterioro rápido, incluso daño físico por punzonamiento sobre la geomembrana.

Una alternativa viable para resolver el problema mencionado es conformar la superficie de taludes, piso y cubreras del reservorio enterrado de geomembrana con una capa de 5 a 10 cm de espesor con suelo reforzado, de tal manera que se convierta en una superficie uniforme y regular y permita instalar en forma adecuada la geomembrana, evitando punzonamiento y asegurando la duración del material instalado.

En la actualidad, el uso de mezclas tradicionales de adobe con adición de cemento ha sido empleado como revestimiento para reservorios de geomembrana en sistemas de riego en la provincia de La Convención, en forma empírica; ante la necesidad de soluciones prácticas, económicas y de fácil aplicación en zonas de alta pedregosidad y alejadas de vías de circulación.

Desde de abril del 2017 hasta julio del 2018 se ejecutó la obra “Creación del servicio de agua para riego en los sectores de Ccarcco y Cconchatorio, en la comunidad de San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco”, éste sistema cuenta con 04 captaciones que conducen 23 l/s de caudal a través de una línea de conducción entubada y totalmente presurizada, cuenta también con cámaras rompe-presión, hidrantes, válvulas de purga y un reservorio enterrado de geomembrana nocturno de 650 m<sup>3</sup>, construido luego de realizar las pruebas en campo, ensayos en laboratorio y evaluación de los resultados de ésta investigación.

Las muestras de los materiales y la elaboración de testigos para los ensayos corresponden al sector de Ccarcco en la comunidad campesina de San Fernando, distrito de Inkawasi, zona occidental de la provincia de la Convención – Cusco, como se aprecia en la Figura 1 y 2,



limitado por las regiones de Apurímac y Ayacucho; en la que se ejecutó la obra; con ubicación geográfica UTM Norte 8524328, Este 693916 y altitud media de 3228 msnm.

Los ensayos de resistencia a la compresión, absorción y erosión acelerada de Swinburne para la investigación se desarrollaron en los laboratorios de Suelos y Asfaltos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco; el ensayo para evaluar la fisuración se realizó en la misma zona donde fueron tomadas las muestras.

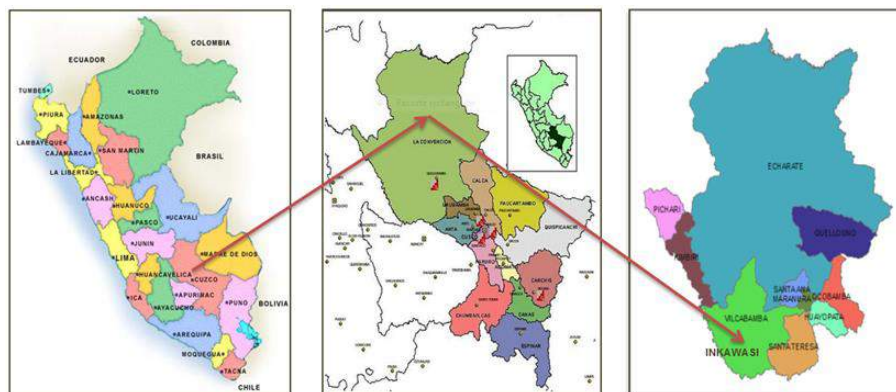


Figura 1: Ubicación geográfica de la provincia La Convención y del distrito de Inkawasi  
Fuente: Municipalidad Distrital de Inkawasi (2017).

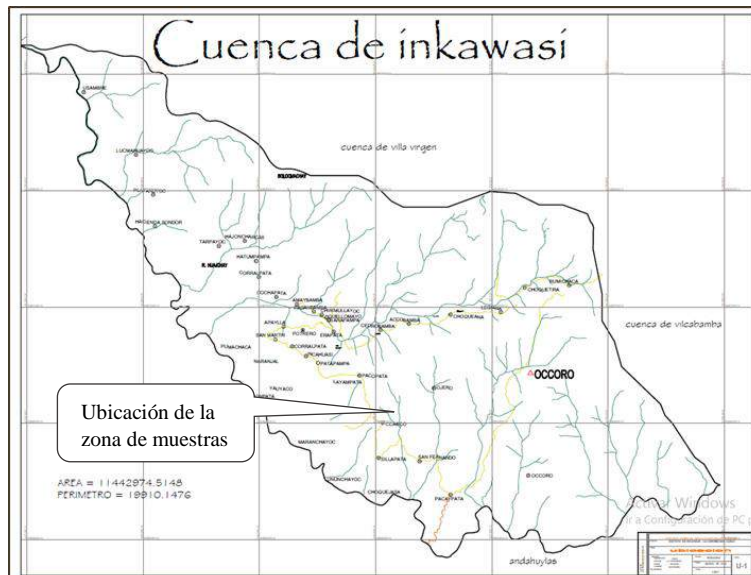


Figura 2: Ubicación de la zona de muestras en el distrito de Inkawasi  
Fuente: Municipalidad Distrital de Inkawasi (2017).



## **1.1.2. Formulación interrogativa del problema**

### **1.1.2.1. Formulación interrogativa del problema general**

**Problema General.** ¿Mejoran las propiedades físicas y mecánicas en mezclas tradicionales de adobe con la adición de mayores porcentajes de cemento Yura IP; para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco - 2018?

### **1.1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos**

**Problema Específico N°01.** ¿Disminuye la fisuración en mezclas tradicionales de adobe con la adición de mayores porcentajes de cemento Yura IP a los 14, 28 y 56 días de secado, para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco - 2018?

**Problema Específico N°02.** ¿Mejora la absorción en mezclas tradicionales de adobe con la adición de mayores porcentajes de cemento Yura IP, para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco - 2018?

**Problema Específico N°03.** ¿Mejora la resistencia a la compresión en mezclas tradicionales de adobe con la adición de mayores porcentajes de cemento Yura IP a los 14, 28 y 56 días de secado, para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco - 2018?

**Problema Específico N°04.** ¿Disminuye la erosión acelerada en mezclas tradicionales de adobe con la adición de mayores porcentajes de cemento Yura IP, para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco - 2018?

## **1.2. Justificación e Importancia de la investigación**

### **1.2.1. Justificación técnica**

Los resultados de la evaluación de las mezclas tradicionales de adobe con adición de cemento Yura IP son importantes porque fueron empleados en el revestimiento del reservorio enterrado de la obra “Creación del servicio de agua para riego en los sectores de Ccarcco y Cconchatorio, en la comunidad de San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco” y brindan un



diseño base para obras de características similares en los que se desee mejorar las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas a emplearse, así como su uso en estanques para cosecha del agua, revestimiento de construcciones tradicionales de la región para uso turístico e implementación en la rehabilitación de patrimonio cultural cuyo material constructivo emplee adobe.

### **1.2.2. Justificación social**

Usando mezclas tradicionales para adobe con adición de cemento Yura IP para el revestimiento de reservorios enterrados se busca generar mayor cantidad de proyectos para el almacenamiento de agua en sistemas de riego del distrito de Inkawasi que mejoren las condiciones económicas de las comunidades pertenecientes al distrito que tienen como principal fuente de desarrollo a la agricultura generando también mayor conciencia sobre el uso y manejo del recurso agua.

### **1.2.3. Justificación por viabilidad**

Esta investigación fue factible realizarla con muestras obtenidas del lugar donde se desarrolló la obra y los ensayos se realizaron en el laboratorio de Suelos y Asfaltos de la Universidad Andina del Cusco contando con los equipos necesarios para su desarrollo, además se cuenta con los servicios externos en otros laboratorios del ámbito local para aquellas pruebas que no se puedan desarrollar directamente.

### **1.2.4. Justificación por relevancia**

Esta investigación es relevante porque brinda una base para posteriores aplicaciones con materiales de características similares en cuanto a la clasificación del suelo a ser empleado en el revestimiento de reservorios, también brinda pautas sobre los procedimientos constructivos afectados por las condiciones ambientales naturales.

## **1.3. Limitaciones de la Investigación**

La investigación presentó las siguientes limitaciones:

- El financiamiento económico para esta investigación fue propio, por lo que, debido a lo elevado de los costos en transporte y preparación de muestras, se gestionó ante la residencia de la obra, el apoyo con la mano de obra y transporte de muestras del sector de Ccarcco hacia los laboratorios de la Universidad Andina del Cusco.
- Debido a que no existe norma referida a la forma de ensayo para medir la fisuración en adobes y la irregularidad de sus formas, se decidió aplicar en forma similar la metodología





de medición con mecate empleado para delimitación de cuencas, empleando para esta investigación hilo nylon.

- Otra de las limitantes para medir la fisuración, fue que dependía de la inspección visual del testista, por lo que, una vez iniciado el ensayo, no podía pedirse apoyo de otra persona, para evitar acumulación de errores en las lecturas durante la medición.
- Una limitante para el desarrollo de la investigación fue la falta de antecedentes específicos para el uso que se deseaba dar a la mezcla.
- Con respecto a la manipulación y transporte de muestras para los ensayos, se realizó en camioneta 4x4 en trocha carrozable en un viaje que duraba alrededor de 6 horas y media, por lo que se necesitó de embalaje extra para resguardar la integridad de las muestras y que los resultados obtenidos no se vean afectados.
- Como limitante de las propiedades físicas y mecánicas, solo se estudió la fisuración, absorción, resistencia a la compresión y erosión acelerada, no se pudo medir otras propiedades como la permeabilidad porque no se contaba con el equipo en campo, además de que la investigación se extendería demasiado.
- Otra de las limitantes para la investigación fue la lejanía entre el campo experimental y los laboratorios para ensayo, esta limitante no pudo superarse porque se necesitaba guardar la mayor similitud de las condiciones climáticas y el efecto directo sobre las muestras, para darle el uso final en el revestimiento del reservorio.
- Se tuvo que proteger las muestras de los cambios de temperatura bruscos, cuidando que luego del desmoldado de los testigos a las 48 horas hasta los 56 días de secado, fueron protegidos de los cambios de temperatura con cubierta plástica, que permitía la circulación de aire por las mañanas y el curado a humedad atmosférica.
- La presente investigación estudió bloques 10 x 10 cm y paneles 1.00 x 1.00 m de adobe con adición de 0.0% (M1), 2.5% (M2), 3.5% (M3), 4.5% (M4), 5.5% (M5), 6.5% (M6) y 7.5% (M7) de cemento Yura IP en volumen, empleando tierra de la zona de excavación del reservorio enterrado, cemento Yura IP, paja del sector de Choquetira y agua del manante de Ccarcco, por lo que se deben adecuar dosificaciones de acuerdo a las condiciones que afectan el diseño.
- Otra de las limitantes fue la falta de moldes adecuados para la elaboración de muestras, por lo que se tuvieron que elaborar en la obra, de acuerdo a la disposición de tiempos del personal.



## 1.4. Objetivo de la investigación

### 1.4.1. Objetivo General

**Objetivo General.** Evaluar si las propiedades físicas y mecánicas de mezclas tradicionales de adobe mejoran con la adición de mayores porcentajes de cemento Yura IP, para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco-2018.

### 1.4.2. Objetivos Específicos

**Objetivo Específico N°01.** Medir la fisuración en mezclas tradicionales de adobe con adición de mayores porcentajes de cemento Yura IP a los 14, 28 y 56 días de secado, para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco - 2018.

**Objetivo Específico N°02.** Medir la absorción en mezclas tradicionales de adobe con la adición de mayores porcentajes de cemento Yura IP, para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco - 2018.

**Objetivo Específico N°03.** Medir la resistencia a la compresión en mezclas tradicionales de adobe con adición de mayores porcentajes de cemento Yura IP a los 14, 28 y 56 días de secado, para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco - 2018.

**Objetivo Específico N°04.** Medir la erosión acelerada en mezclas tradicionales de adobe con la adición de mayores porcentajes de cemento Yura IP, para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco - 2018.



## Capítulo II: Marco Teórico

### 2.1. Antecedentes de la Tesis o Investigación Actual

#### 2.1.1. Antecedentes a Nivel Nacional

- En la investigación de pregrado realizada por Nureña, J.F. (2017) denominada “*Influencia del estabilizante de cemento y tipos de suelos sobre la resistencia y durabilidad de un adobe constructivo, Trujillo*” de la Universidad Privada del Norte, que tuvo como objetivo evaluar la influencia del estabilizante de cemento y tipos de suelos en adobes constructivos sobre la resistencia a la compresión en condiciones de equilibrio, saturadas con agua y su durabilidad; el porcentaje de cemento empleado fue de 0%, 3%, 6%, 9% y 12% del total de suelo para la elaboración de unidades de adobe; se consiguió variar el tipo de suelo al modificar en 3 proporciones el porcentaje de arena y limo-arcilla, la primera proporción entre 55%-70% de arena y 45%-30% limo-arcilla (según los parámetros de la Norma E.080\_2006), la segunda proporción de 50% de arena y 50% limo-arcilla; y la tercera proporción de 75% de arena y 25% limo-arcilla, las dimensiones de los adobes fueron de 12.5 cm de ancho, 8.5 cm de alto y 21,5 de largo, los adobes fueron elaborados mediante un conformado manual con moldeo, con un tiempo de secado de 27 días y almacenados bajo cubierta.

Los mejores resultados en la investigación se obtuvieron a una estabilización al 12% en peso de cemento y una proporción de 75% de arena y 25% limo-arcilla, por encima de lo especificado en la Norma E.080\_2006 y Norma E.080\_2017, con 48.2 kg/cm<sup>2</sup> por compresión en condiciones de equilibrio y 26.2 kg/cm<sup>2</sup> por compresión con saturación de agua por 24 horas, mientras que la mejor combinación en tierra sin la adición de cemento es 50% de arena y 50% limo-arcilla dando un valor de 25.7 kg/cm<sup>2</sup> en condiciones de equilibrio y en saturado se deshizo. Todas las unidades de adobe estabilizado con cemento tuvieron una buena respuesta de durabilidad a la presencia del agua de manera estática en comparación a un adobe tradicional, puesto que luego de 7 días de estar sumergidos en agua, sólo los adicionados al 3% fueron afectados en su forma y peso al perder entre 18.1%-30.3% de material, siendo el más afectado el suelo con mayor cantidad de finos en su estructura, sin embargo a partir del 6% de cemento adicionado no se presentan pérdidas de peso.



De esta investigación he tomado como referencia que el suelo empleado con 75% de arena y 25% de limo y arcilla es adecuado para emplearse y obtener una resistencia a la compresión recomendada por la Norma E.080\_2017, sin realizar mayor adición de arena al suelo para la preparación de los testigos de ensayo.

- En la investigación de pregrado realizado por Ramirez, J. E. (2016) denominada “*Estudio de las propiedades mecánicas y físicas del adobe con biopolímeros de fuentes locales*”, de la Pontificia Universidad Católica del Perú, realizó la evaluación de la resistencia del suelo al agua mediante ensayos de erosión y permeabilidad, determinación del comportamiento a compresión y caracterización de la resistencia a tensión y flexión en tres puntos. Fueron evaluados dos tipos de muestras, el primero fue una mezcla de tierra y Quitosana al 3% en proporción de 3:1 por peso y el segundo aplicando un recubrimiento superficial a los especímenes de tierra y agua con soluciones de Quitosana (1% y 3%), y Carragenina (2%). La resistencia al agua se determinó midiendo el ángulo de contacto de una gota de agua liberada en su superficie. El desempeño ante la erosión se determinó mediante ensayo de erosión acelerada. El comportamiento a la compresión y la resistencia a la tensión fueron evaluados mediante ensayos de compresión, split y flexión en tres puntos.

Las conclusiones fueron que ambos polímeros generan un efecto impermeabilizante en las muestras evitando que se produzca daño por los efectos del agua. Particularmente, la aplicación de los biopolímeros en forma de lámina sobre la superficie de tierra resultó ser más eficiente para la impermeabilización, incluso con soluciones de baja concentración. Cuando se adicionó Quitosana en la mezcla, fue necesaria una solución polimérica de mayor concentración para conseguir una protección efectiva. Finalmente, los biopolímeros generan un incremento de las propiedades de compresión y tensión de la mezcla de tierra. Ambos polímeros incrementaron la resistencia a compresión del suelo en porcentajes similares.

De esta investigación se ha empleado el método de ensayo de erosión acelerada para poder evaluar el desempeño ante la erosión hídrica de las mezclas y el método de ensayo para medir la resistencia a la compresión.

- En la tesis de pregrado elaborado por Cooillo, A. (2016) denominada “*Estabilización de adobe con especie de pasto natural en la zona alto andina, Ayacucho – 2016*” en la Universidad Nacional De San Cristobal de Huamanga, en el cual se evalúa el



comportamiento del adobe estabilizado con pasto natural (*Stipa ichu*) y solución de cactus. El tipo de suelo utilizado fue SC con arena 60.17%, limo 11.04% y arcilla 28.79%, Pasto de la especie *Stipa ichu* y cactus San Pedro. Fueron evaluados 6 tratamientos en los cuales fue variando el contenido del pasto y la solución de cactus. Para los ensayos de compresión se utilizó cubos de 10 cm de arista según Norma E.080, ensayándose 6 unidades de cubos por cada tratamiento. Para la absorción de agua se adoptó la metodología de la norma NTP 399.613, se seleccionaron 6 unidades de cubos de diferentes tratamientos y fueron sumergidas en una probeta graduada con agua. Para el ensayo de erosión se utilizó una precipitación inducida de 396.94 mm/hora, con un flujo de agua de caudal constante, se determinó el porcentaje de desgaste final en cada tratamiento, durante 30 minutos sometido a la prueba. Los resultados fueron procesados según el diseño completamente al azar y la comparación de medias se hizo por las pruebas estadísticas de Tukey y Dunnett. Los resultados de la investigación fueron que la resistencia a la compresión del tratamiento sin aditivos fue de 37.43 kg/cm<sup>2</sup>, los demás tratamientos obtuvieron valores inferiores siendo el mínimo 17.74 kg/cm<sup>2</sup> correspondiente al tratamiento CC+2.0%SI (suelo + solución de cactus + 2% de paja en peso). En el ensayo de absorción de agua todos los tratamientos antes de los 60 minutos de inmersión terminaron por desintegrarse produciendo un desmoronamiento total. El porcentaje de desgaste de los cubos varía de 6.32% hasta 5.08% entre los tratamientos.

Las conclusiones obtenidas fueron que la resistencia a la compresión se reduce con la adición de solución de cactus y paja, siendo el de menor resistencia la muestra que tiene mayor contenido de paja. Se observó una rápida absorción de agua, a los 60 minutos sumergidos todos los tratamientos se desintegran. El pasto natural (*Stipa ichu*) disminuye el desgaste a la erosión del adobe de 6.12% tratamiento patrón a 5.08% del tratamiento CC+2.0%S.

Esta investigación me permitió establecer más puntos de evaluación durante las 24 horas de sumergida la muestra para medir el porcentaje de absorción antes de la presencia de desmoronamiento.



### 2.1.2. Antecedentes a Nivel Internacional

- En la investigación de pregrado realizada por Fonseca, E. y Sánchez, L. (2018) denominada “*Análisis de una canal de riego en tierra vs. revestido de suelo-cemento*” de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, que tuvo como objetivo la optimización hidráulica y aspectos económicos para mejorar el funcionamiento del canal ubicado en Tarifa perteneciente al cantón Samborondón, el cual mediante un análisis comparativo entre un canal revestido con suelo-cemento y uno sin revestir, buscó alcanzar una resistencia a la compresión de entre 40 kg/cm<sup>2</sup> a 50 kg/cm<sup>2</sup>, al realizar los ensayos previos, se observó que al emplear el material arcilloso propio de la zona, las dosificaciones de suelo-cemento fueron de 1:0.87; 1:1.75; 1:2.62; 1:3.5; 1:4.38; 1:4.85 que no alcanzaron las resistencias mínimas buscadas, por lo que se empleó arena de una cantera cercana al canal (9km), se mezcló la arena con 12.5% y 25% de material arcilloso de la zona para disminuir costos obteniéndose dosificaciones de suelo-cemento de 1:2; 1:4; 1:6; 1:8; 1:10, siendo la dosificación 1:6 la que alcanzó la resistencia mínima buscada.

El costo en el canal revestido de suelo-cemento representa un 20% mayor al costo que del canal de tierra; el gasto hidráulico representa 26.80% superior al canal de tierra; el canal revestido con suelo-cemento de resistencia 40 kg/cm<sup>2</sup> no presenta problemas de erosión y socavación, mientras que el canal de tierra presenta erosión con una velocidad superficial del 0.46 m/s.

De esta investigación se tomó como referencia el uso de cemento como material estabilizante que mejore las condiciones hidráulicas de un canal y que puede ser aplicado a otras estructuras de riego, por lo que se consideró su uso en un reservorio de riego.

- En la investigación de posgrado elaborada por Castilla (2004) denominada “*Estabilización de morteros de barro para la protección de muros de tierra*” de la Universidad Politécnica de Madrid que tuvo como objetivo el dar un soporte técnico para la utilización de embarrados (constituidos por barro y paja básicamente), estudiando el uso de aditivos (estabilizantes) de látex sintético y sus ventajas e inconvenientes al aplicarlos sobre muros de adobe, tierra apisonada o ladrillos cerámicos, con el objetivo de mejorar la durabilidad de los morteros de barro y paja tradicionales que han sido usados en forma habitual en muchas regiones de la geografía española a pesar de que su aplicación es cada vez más



amenazada por la escasez de conocimiento por parte de las distintas profesiones sobre las que recaen la construcción y mantenimiento de estos edificios.

En esta investigación se ha logrado demostrar que las emulsiones acuosas de estireno-butadieno, reúnen algunas condiciones idóneas, mejoran hasta el 50% la adherencia en los revestimientos con barro y paja sobre los muros de adobe o tapia, así como su cohesión interna, duplica su valor sobre cerámicos (barro cocido); se presentó una disminución en la capacidad de absorción de agua y como consecuencia el aumento de la durabilidad frente a la erosión, la emulsión puede añadirse al agua de amasado sin disminuir considerablemente la efectividad de la estabilización ni la trabajabilidad del barro, conserva su capacidad de adherencia inicial hasta en un 70% una vez aplicado, tampoco se produce disminución en la capacidad de adherencia de capas posteriores, éste tipo de estabilizante es asequible en el mercado. La proporción adecuada de SBR, respecto al peso de la tierra seco, oscila en torno al 5%, lo que implica emulsiones acuosas de latex original en proporciones entre 1:2 y 1:1, en función del momento de adición de agua, la adherencia del embarrado se puede mejorar mediante la utilización de la misma emulsión para humedecer el muro previo a su aplicación.

De esta investigación se rescata la idea central de que los aditivos estabilizantes mejoran las características de absorción de agua y su durabilidad frente a la erosión, razón por la cual podrían ser utilizados en estructuras hidráulicas como reservorios.

- En la investigación de posgrado realizada por Gonzalo, V. (2012) denominada "*Morteros de barro estabilizados con fibras de paja, esparto y sisal para su uso como revestimientos*" de la Universidad Politécnica de Madrid, cuyos objetivos específicos fueron: Analizar las propiedades de tres muestras de tierras extraídas de distintas zonas del municipio de Hita (Guadalajara). Seleccionar de ellas la que presente características más apropiadas para la elaboración de revestimientos de tierra y estudiar el comportamiento de esos revestimientos con la adición de fibras naturales: paja, esparto y sisal. Se realizaron los ensayos de retracción, goteo, intemperismo, capilaridad, flexión y compresión. El ensayo de goteo o erosión fue realizado en el método basado en la erosión acelerada Swinburne. El ensayo de absorción de agua o capilaridad se realizó de acuerdo a las normas NE-EN 1015-18: 2003 y la norma la UNE 41410:2008. El ensayo de resistencia a la compresión se realizó de acuerdo a la norma UNE-EN-1015-11:2000.



Los resultados obtenidos fueron que para el ensayo de goteo después de 3 horas todas las probetas se flexionaron por el peso del agua absorbida, quedando prácticamente reblandecidas. Para el ensayo de abasorcion de agua las probetas que peor comportamiento presentan son las de barro, ya que al someterlas al ensayo de capilaridad son las que más cantidad de materia pierden. Por el hecho de no estar adicionadas con fibras, son las que menos cantidad de agua absorben. Para la resistencia a la compresión Las probetas de barro muestran mayores resistencias que las de barro con paja, en cambio, son menores que las obtenidas en las probetas de barro con esparto y barro con sisal. En las probetas con paja se observa que con un mayor contenido de fibras la resistencia a compresión disminuye, en contra de lo que ocurre con el esparto y el sisal, que a más contenido de fibras, mayores resistencias. Entre las conclusiones se tiene que mediante la incorporación de fibras naturales, se logra estabilizar mecánicamente de mejor manera las diferentes muestras.

De esta investigación se ha utilizado la conclusión de que la fibra natural, como es la paja, sirve para mejorar las propiedades originales del barro, razón por la cual, este aditivo natural será utilizado en todas las mezclas propuestas.

## **2.2.Aspectos Teóricos Pertinentes**

### **2.2.1. Adobe**

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2017) en la Norma E.080 define al adobe como una unidad de tierra cruda, que puede estar mezclada con paja u arena gruesa para mejorar su resistencia y durabilidad. Que a través de una técnica mixta puede utilizar además de la tierra uno o más materiales de construcción.

Los requisitos generales de gradación del suelo para unidades de adobe o bloques de adobe deben aproximarse a los siguientes porcentajes: arena 55–70%, limo 15–25% y arcillas 10–20%, estos rangos pueden variar cuando se fabriquen adobes estabilizados y no deben de usarse suelos orgánicos (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

El adobe estabilizado es aquel en el que se han incorporado otros materiales tales como asfalto, cemento, cal, entre otros, con el fin de mejorar las condiciones de resistencia a la compresión y estabilidad ante la presencia de humedad (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2010).





### 2.2.1.1. Composición tradicional del adobe

#### 2.2.1.1.1. Tierra

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2017) en la Norma E.080 define a la tierra como el material de construcción que está compuesto de cuatro componentes básicos: arena gruesa, arena fina, limo y arcilla.

La arena es un componente inerte del suelo, estable en contacto con agua y sin propiedades cohesivas que está constituido por partículas de roca que son observables a simple vista, con tamaños comprendidos para arena gruesa entre 4.75 mm y 0.6 mm y arena fina entre 0.50 mm y 0.080 mm.

El limo es un componente inerte del suelo que está constituido por partículas finas con poca o ninguna plasticidad, con tamaños comprendidos entre 0.080 mm y 0,002 mm, es estable en contacto con el agua y sin propiedades cohesivas, si se forma una pasta agua-limo y se coloca sobre la mano, se puede ver cómo el agua exuda con facilidad.

La arcilla, es el único material activo e indispensable del suelo, está constituida por partículas con tamaños inferiores a 0.002 mm, tiene un comportamiento plástico en contacto con el agua y puede cohesionar al resto de partículas inertes del suelo para formar el barro que luego de secarse se convierte en material constructivo.

Según González, Ferrer, Ortuño, & Oteo (2004), las arcillas están formadas, principalmente, por minerales silicatados, constituidos por cadenas de elementos tetraédricos y octaédricos (el ión silicio se encuentra en el centro de cada una de estas estructuras regulares), unidas por enlaces covalentes débiles, pudiendo entrar las moléculas de agua entre las cadenas produciendo, a veces, aumentos de volumen (recuperables cuando el agua se evapora). Todo ello hace que la capacidad de retención del agua sea muy grande (pequeños huecos con una gran superficie de absorción en las partículas y una estructura que permite retener el agua), por lo que son generalmente los materiales más problemáticos (tiempos muy elevados de consolidación o de expulsión de agua bajo esfuerzos).

La tierra a emplearse para la evaluación de esta investigación corresponde a un depósito transportado por gravedad, este suelo está formado por un deslizamiento en una pendiente natural pronunciada la cual se denomina depósito coluvial, en la Figura N° 3 se muestra el perfil de este tipo de depósitos.

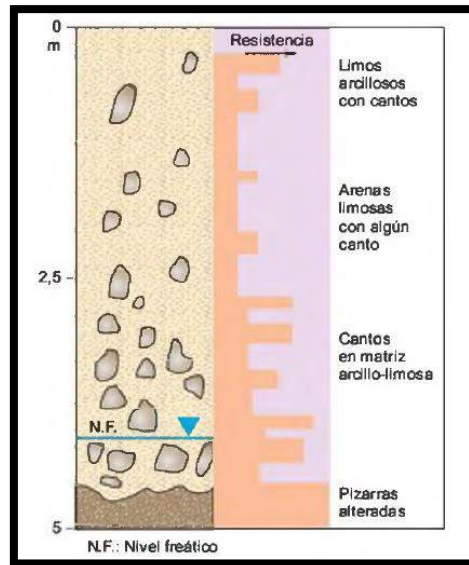


Figura 3: Perfil tipo de depósito coluvial  
Fuente: Gonzáles, Ferrer, Ortuño y Oteo (2004)

#### 2.2.1.1.2. Paja (*Stipa ichu*)

La descripción morfológica del Ichu (*Stipa ichu*) indica que es una planta herbácea, amacollada, erguida y densamente cespitosa. El tallo es de 35 cm a 1.3 m de alto, con más de tres nudos con o sin pelos, entrenudos ásperos al tacto o con pelos. Las hojas presentan vaina glabra, con pelos blancos de  $\pm 1$  mm de largo en el cuello, lígula membranácea de  $\pm 2$  mm de largo, lámina plegada o con los márgenes doblados hacia dentro, áspera al tacto o con pelos en el haz y a veces hispida en los márgenes, de 30 a 60 cm de largo y menos de 4 mm de ancho. La inflorescencia es una panícula abierta y densa, blanca o plateada, de 15 a 40 cm de largo, su nudo basal con pelos blancos o café claro, de aproximadamente 1 mm de largo, con ejes ásperos al tacto. La espiguilla presenta glumas hialinas o purpúreas, de 6 a 10 mm de largo y menos de 1 mm de ancho, largamente acuminadas, trinervadas, iguales o la primera un poco más larga que la segunda; lema fusiforme, café claro, de 2 a 3.5 mm de largo, con pelos blancos, ápice de la yema con pelos blancos de 3 a 4 mm de largo, arista de 1 a 2 cm de largo, escabrosa o glabra y flexuosa. (Chávez, 2016).

En la Tabla 1, se observa la clasificación taxonómica propuesta por APG III - 2009 (Angiosperm Phylogeny Group), el ichu ocupa la siguiente posición taxonómica:



Tabla 1: Clasificación taxonómica propuesta por APG III – 2009

Reyno		Plantae	
División		Magnoliophyta	
Clase		Liliopsida	
Orden		Poales	
Familia		Poaceae	
Subfamilia		Stipoideae	
Tribu		Stipeae	
Género		Stipa	
Especie		Ichu (Ruiz & Pav.) Kunth	

Fuente: (Chávez, 2016)

### 2.2.1.1.3. Agua

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2017) en la Norma indica que el agua a emplearse debe de cumplir con las siguientes características:

- Agua potable o libre de materia orgánica, sales y sólidos en suspensión.
- Estar limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica y otras sustancias que puedan ser dañinas.
- El agua de mar sólo puede emplearse si se cuenta con la autorización del ingeniero proyectista y del responsable de la supervisión.

Al no indicar límites permisibles sobre los requisitos de calidad de agua empleada para preparación de mezclas de adobe, se puede tomar como referencia lo indicado por INDECOPI (2006) en la NTP 339.088 del agua apta empleada para preparación y curado de concreto como se aprecia en la Tabla 2.

Tabla 2: Límites permisibles para el agua de mezclado y curado según la NTP 339.088

Descripción	Límite permisible		
Sólidos en suspensión	5000	ppm	máximo
Materia orgánica	3	ppm	máximo
Alcalinidad (NaCHO <sub>3</sub> )	1000	ppm	máximo
Sulfatos (ión SO <sub>4</sub> )	600	ppm	máximo
Cloruros (ión Cl <sup>-</sup> )	1000	ppm	máximo
pH	5.5 a 8	ppm	máximo

Fuente: Elaborado en base a INDECOPI (2006)

La función que cumple el agua en la mezcla tradicional de adobe para ser empleado como revestimiento en el reservorio enterrado es de hidratar y dar trabajabilidad durante el proceso de amasado y moldeado.



### **2.2.2. Cemento**

Es un material pulverizado que luego de una adición conveniente de agua es capaz de formar una pasta conglomerante que puede endurecer tanto sumergido en agua como al aire, formando de esta forma compuestos estables (Rivva, 2000).

#### **2.2.2.1. Cemento Portland**

INDECOPI (2001) en la NTP 334.001 define al cemento portland como un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente sulfato de calcio y eventualmente caliza como adición durante la molienda.

##### **2.2.2.1.1. Cemento portland Tipo IP (marca Yura)**

Es un producto fabricado a base de Clinker de alta calidad, puzolana natural de origen volcánico de alta reactividad y yeso, la cual es molida industrialmente con un alto grado de finura, dándole cualidades únicas de alta durabilidad, lo cual hace que mejore la resistencia y la impermeabilidad, también resiste a la acción del intemperismo, ataques químicos, abrasión entre otros tipos de deterioro. La puzolana natural de origen volcánico que posee tiene mayor superficie específica interna en comparación con otros tipos de puzolanas, lo cual permite que con el tiempo desarrolle resistencias a la compresión superiores a las que ofrecen otros tipos de cementos; presenta también una disminución de la porosidad capilar debido a que se produce mayor cantidad de silicatos de calcio por la reacción de los aluminosilicatos de la puzolana con los hidróxidos de calcio producidos en la hidratación del cemento lo cual le da mayor impermeabilidad; la reacción entre el hidróxido de calcio con el aluminato tricálcico genera gran calor de hidratación, la puzolana inhibe ésta reacción generando menor calor de hidratación lo cual evita de mejor manera las contracciones y formación de fisuraciones (Yura, 2014).

### **2.2.3. Pruebas de análisis y control en campo de la tierra a emplearse**

#### **2.2.3.1. Tests táctil visuales**

Martins, Borges, Rotondaro, Cevallos, & Hoffmann (2009) indican que para la identificación de la muestra de tierra, la apariencia de la misma puede revelar datos muy importantes sobre su tipo y características, por lo que se debe de caracterizar por el tamaño de partículas, color, brillo y tacto.



- Caracterización por tamaño de partículas: Para clasificar preliminarmente la tierra se debe de esparcir la muestra de tierra seca sobre una superficie lisa no absorbente y separar con las manos las partículas que sean observables a simple vista, aquellas partículas visibles a simple vista corresponden a la grava y arena y el restante corresponde a limo y arcilla.
- Caracterización por color: En función del color se puede determinar si la tierra es orgánica o inorgánica.
- Caracterización por brillo: Se debe de tomar un poco de material bien fino y amasarlo con agua hasta formar una bola compacta del tamaño de la mano, luego se corta por la mitad y se observa la superficie para determinar qué tan brillante u opaca es y clasificarla como arcillosa, limoso o arenosa.
- Caracterización por tacto: se debe de restregar entre los dedos una pequeña porción de tierra, si raspa se trata de arena, pero si cubre los dedos con partículas suaves como si fuera talco, entonces puede ser limoso o arenosa por lo que, para verificar la presencia de arcilla, se debe de humedecer una porción de la tierra y moldear una bola, cuanto mayor sea la presencia de arcilla, mayor la facilidad para formar la bola.

En la Tabla 3, se pueden observar los tipos de caracterización con las condiciones para clasificar la tierra en forma preliminar.

Tabla 3: Test táctil-visuales para clasificación de tierra

Caracterización	Condición	Clasificación
<b>Tamaño de partículas</b>	Si la cantidad de limo y arcilla es mayor que la de grava y arena	Limoso o Arcillosa
	Si la cantidad de limo y arcilla es menor que la de grava y arena	Arenosa
<b>Color</b>	Colores claros y brillantes	Suelos Inorgánicos
	Colores café oscuro, verde oliva o negro	Suelos orgánicos
<b>Brillo</b>	Las superficies son brillantes o hay mucho brillo	Arcillosa
	Las superficies presentan poco brillo	Limoso
	Las superficies son opacas	Arenosa
<b>Tacto</b>	Si raspa	Arenosa
	Si es suave como talco	Limoso o arcillosa

Fuente: Elaborado en base a Martins et al (2009)



### 2.2.3.2. Prueba de cinta de barro

La prueba de cinta de barro permite tener una primera evaluación de la existencia de arcilla en el suelo, la cual consiste en utilizar una muestra de barro con humedad que permita realizar un cilindro de 12 mm de diámetro que debe de ser colocado en una mano, luego se aplana poco a poco entre los dedos pulgar e índice hasta formar una cinta de 4 mm de espesor que se dejará descolgar lo más que se pueda, el suelo tendrá poco contenido de arcilla si la cinta se corta a los 10 cm o menos y si la cinta alcanza entre 20 a 25 cm de longitud nos indica que el suelo es muy arcilloso, como se puede apreciar en la Figura 4 (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017).

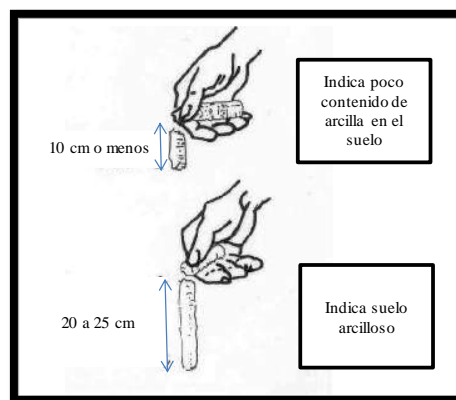


Figura 4: Prueba de cinta de barro

Fuente: Elaborado en base al Ministerio de Desarrollo Económico (2017)

### 2.2.3.3. Prueba de resistencia seca o presencia de arcilla

La prueba de resistencia seca o presencia de arcilla, consiste en formar 4 bolitas de suelo de la zona que se considera apropiada, se le añade una mínima cantidad de agua necesaria para formar en las palmas de las manos cada una de las bolitas, sin que estas se deformen significativamente a simple vista al secarse. Se deja secar las bolitas durante 48 horas, en un lugar protegido de lluvias o derrames de agua que pudieran humedecerlas, luego de transcurrido el tiempo de secado, se debe presionar fuertemente cada una de las bolitas con el dedo pulgar y el dedo índice de una mano, si es que se quiebra, rompa o agriete al menos una de las bolitas se debe volver a formar las cuatro bolitas con los mismos materiales y dejándolas secar en las mismas condiciones, ésta prueba debe de ser realizada por un adulto que participe en la construcción, como se aprecia en la Figura 5, si la falla se volviera a repetir, se deberá desechar la cantera de suelo a menos que se mezcle con arcilla o suelo muy arcilloso (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017).

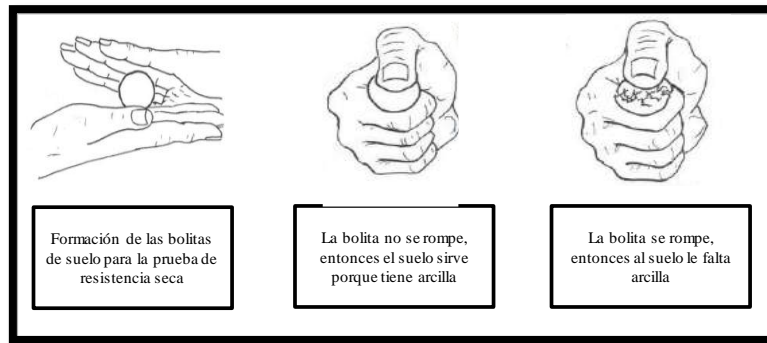


Figura 5: Prueba de resistencia seca  
Fuente: Elaborado en base a la Norma E.080 (2017)

#### 2.2.3.4. Prueba de la botella (Prueba granulométrica)

La prueba de la botella sirve para determinar la proporción de los componentes principales de la tierra (arena, limos y arcilla), la prueba debe realizarse con tierra tamizada usando el tamiz N°4 en una botella de boca ancha de un litro de capacidad; se vacía la tierra hasta la mitad de su altura, se llena la parte restante con agua limpia, se agita vigorosamente la botella hasta que todas las partículas de tierra estén en suspensión, luego dejar la botella sobre una superficie horizontal y esperar a que todas las partículas de arena reposen en el fondo. Las partículas de limos y arcillas reposarán horas después como se puede ver en la Figura 6, finalmente se miden las capas para determinar la proporción de arena y limo con arcilla. La cantidad de arena debe ser de 1.5 a 3 veces la cantidad de limos y arcilla (Ministerio de Desarrollo Económico, 2017).

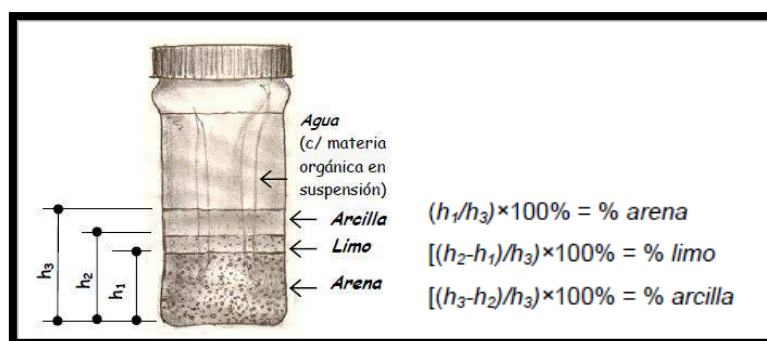


Figura 6: Distribución final del ensayo  
Fuente: (Martins et al (2009))

Con los resultados obtenidos se emplea el diagrama triangular de clasificación de suelos para esta prueba, como se observa el Figura 7.

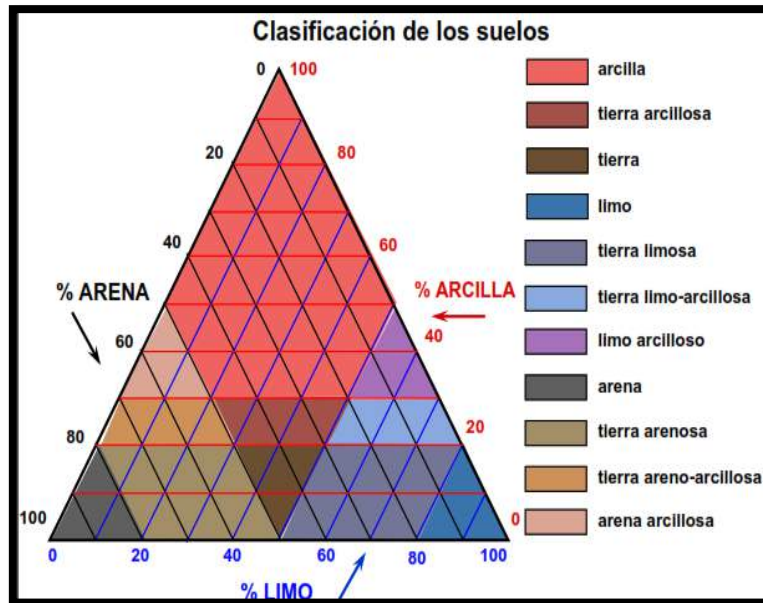


Figura 7: Diagrama triangular de clasificación de suelos para la prueba de la botella  
Fuente: Martins et al, 2009. (adaptado de Aid at al (s/d) y Moran, 1984)

## 2.2.4. Ensayos de análisis y control en laboratorio de la tierra a emplearse

### 2.2.4.1. Muestreo del suelo

Para poder determinar las propiedades de un suelo en laboratorio se deben de contar con muestras representativas, las muestras pueden ser de dos tipos:

#### 2.2.4.1.1. Muestras alteradas

Las muestras alteradas son aquellas que no guardan las mismas condiciones del terreno de procedencia, para hacer la toma de éste tipo de muestras se pueden realizar sondeos a cielo abierto de 1.50 m x 1.50 m y a una profundidad requerida, rebajando primero la parte seca y suelta para obtener una superficie fresca, luego se toma una muestra de cada estrato en un recipiente y se le coloca una tarjeta de identificación, finalmente son trasladadas al laboratorio para los ensayos requeridos (Crespo, 2004).

#### 2.2.4.1.2. Muestras Inalteradas

Las muestras inalteradas son aquellas que guardan las mismas condiciones del terreno de procedencia, para hacer la toma de este tipo de muestras se pueden realizar cortes de un determinado trozo de suelo deseado, generalmente de un cubo de arista de 0.30 m, el cual debe de ser cubierto con parafina para evitar la pérdida de humedad y su inmediato empaque y envío a laboratorio (Crespo, 2004).





#### 2.2.4.2. Determinación del contenido de humedad del suelo.

El contenido de humedad en un suelo es la relación del peso de agua de una masa de suelo con respecto al peso seco del suelo, expresada en porcentaje (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso del suelo seco}} \times 100$$

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{Peso original del suelo} - \text{Peso del suelo seco}}{\text{Peso del suelo seco}} \times 100$$

#### 2.2.4.3. Análisis granulométrico del suelo.

El análisis granulométrico de un suelo es la aproximación a la determinación de proporciones relativas de las diferentes partículas en una masa de suelo representativo (Bowles, 1980).

Los resultados se presentan generalmente a través de curvas de distribución granulométrica mediante gráficas semilogarítmicas, los diámetros de las partículas se colocan en el eje de las abscisas graficándose en una escala logarítmica y el porcentaje que pasa se coloca en el eje de las ordenadas en una escala aritmética (Braja, 2015).

Generalmente se usan dos métodos para determinar las proporciones relativas de las partículas del suelo:

##### a) Análisis granulométrico del suelo por tamizado

El análisis granulométrico del suelo por tamizado consiste en sacudir una muestra de suelo representativo a través de un conjunto de mallas que tienen aberturas que progresivamente son más pequeñas (Braja, 2015).

Se toma una muestra seca de suelo, se disgrega y se procede al lavado a través del tamiz N°200, el residuo se seca al horno por 24 horas a una temperatura de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ , finalmente se procede con el tamizado mecánico por 10 minutos aproximadamente, se determina el peso de cada fracción retenida en una balanza de sensibilidad de 0,1 %. Se recomienda de forma alternativa una serie de tamices de malla cuadrada detallada en la Tabla 4, así como también el peso mínimo de la muestra según el tamaño máximo de sus partículas detallada en la Tabla 5 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).



Tabla 4: Tamices de malla cuadrada

Tamices	Abertura (mm)	Tamices	Abertura (mm)
3"	75,000	N°8	2,360
2"	50,800	N°16	1,100
1 1/2"	38,100	N°30	0,590
3/4"	25,400	N°50	0,297
3/8"	19,000	N°100	0,149
N°4	4,760	N°200	0,075

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016)

Tabla 5: Peso mínimo de la muestra según el tamaño máximo de sus partículas

Diámetro nominal de las partículas más grandes mm (pulg)	Peso mínimo aproximado de la porción (gr)
9,5 (3/8")	500
19,6 (3/4")	1000
25,7 (1")	2000
37,5 (1 1/2")	3000
50,0 (2")	4000
75,0 (3")	5000

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016)

b) Análisis granulométrico por medio del hidrómetro

Es un método ampliamente usado para obtener en forma estimada la distribución granulométrica de los suelos, para aquellas partículas que se encuentren desde el tamiz N°200 (0,075 mm) hasta alrededor de 0.001 mm. (Bowles, 1980).

El análisis hidrométrico se basa en la ley de Stokes, asumiendo que esta ley puede ser aplicada a una masa de suelo dispersado, con partículas de varias formas y tamaños, para determinar el porcentaje de partículas que permanecen en suspensión en un determinado tiempo; se aplica a partículas de suelos que pasan el tamiz N°10 (2,00 mm). El tamaño aproximado de muestra para el ensayo varía de acuerdo al tipo de suelo, para suelos arenosos se requiere de 75 a 100 g y para limos y arcillas de 50 a 60 g (peso seco) (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016). En base a la curva de distribución granulométrica se hallan el Cu y Cc.



Los resultados obtenidos del análisis granulométrico por medio del hidrómetro se utilizan en el diagrama triangular de clasificación de suelos; mostrado en la Figura 8 dada por la Comisión del Río Mississippi; para obtener la clasificación del suelo se toma el porcentaje de arena, limo y arcilla sobre la escala del lado correspondiente del triángulo, se trazan tres rectas y el punto común da la clasificación del suelo, sin embargo tiene el inconveniente de que su relación con las principales características físicas del suelo es indirecta, ya que el tamaño de los granos del suelo es sólo uno de los diferentes factores de los que dependen ciertas propiedades físicas, como la cohesión y la permeabilidad (Crespo, 2004).

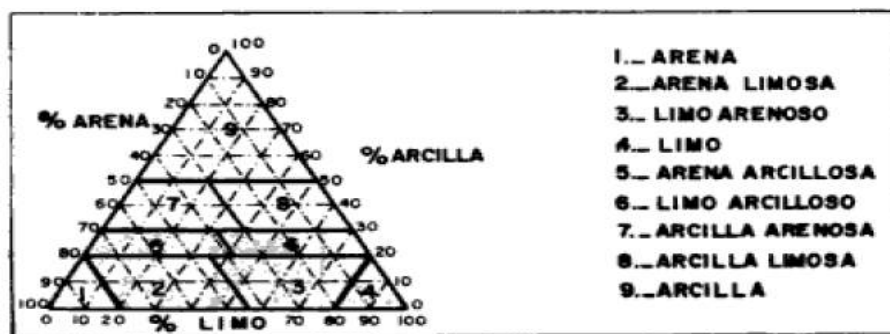


Figura 8: Diagrama triangular de clasificación de suelos  
Fuente: Crespo (2004)

#### 2.2.4.4. Determinación de los límites de Atterberg.

Para determinar la consistencia de los suelos de grano fino, el científico sueco Albert Mauritz Atterberg desarrolló un método que analiza el comportamiento del suelo que depende del contenido de humedad (expresado en porcentaje), mediante el cual puede ser dividido en cuatro estados básicos: sólido, semisólido, plástico y líquido, como se muestra en la Figura 9. El contenido de humedad en el punto de transición del estado sólido al estado semisólido es el límite de contracción. El contenido de humedad en el punto de transición del estado semisólido al estado plástico es el límite plástico y el contenido de humedad en el punto de transición del estado plástico al estado líquido es el límite líquido (Braja, 2015).

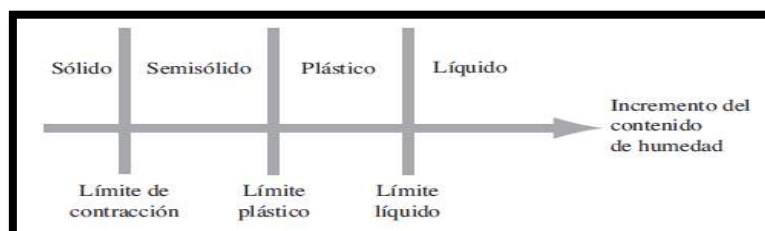


Figura 9: Límites de Atterberg  
Fuente: Braja (2015)



#### 2.2.4.4.1. Determinación del límite líquido (L.L.)

Se determina el límite líquido en base al contenido de humedad, expresado en porcentaje, necesario para cerrar una distancia de 12,7 mm a lo largo de la parte inferior de la ranura en la copa de Casagrande después de 25 golpes, determinado a partir de la curva de flujo, como se observa en la Figura 10 (Braja, 2015).

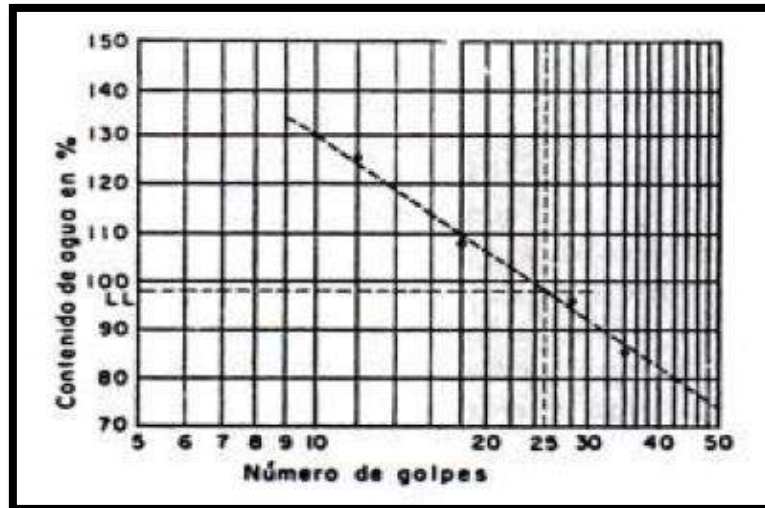


Figura 10: Determinación del límite líquido en la curva de flujo

Fuente: Juárez & Rico (2005)

Para la determinación del límite líquido se obtiene una porción representativa de material pasante del tamiz N°40 de aproximadamente 150 a 200 g, se coloca el suelo en el plato de mezclado y se le incorpora agua destilada, se toma una porción del suelo preparado en la copa del dispositivo de límite líquido en el punto en el que la copa descansa sobre la base, presionándola y esparciéndola hasta una profundidad aproximada de 10 mm en su punto más profundo, sin dejar burbujas de aire atrapados en la pasta con el menor número de pasadas de la espátula, se mantiene cubierto el suelo no usado en el plato de mezclado para retener la humedad en la muestra. Se divide la muestra contenida en la copa con el acanalador, se gira el manubrio a una velocidad de 1,9 a 2,1 golpes por segundo hasta que las dos mitades de suelo estén en contacto en la base en una longitud de 12,7 mm (1/2") y se registra el número de golpes (N). Se recupera el suelo remanente en la copa al plato de mezclado; se toma una muestra de suelo para determinar el contenido de humedad del ensayo; se lava y seca la copa y el acanalador, se fija nuevamente la copa a su soporte para realizar al menos dos pruebas adicionales produciendo números de golpes sucesivamente más bajos para cerrar la ranura. Las pruebas se realizarán para un cierre que requiera de 25 a 35 golpes, una para cierre entre 20 y 30 golpes y una prueba para un cierre que requiera de 15 a 25 golpes.

Si la pasta de suelo se desliza en la copa luego de varias pruebas a contenidos de humedad sucesivamente más altos o si el número de golpes necesarios para cerrar la ranura es siempre menor de 25 golpes, se debe registrar que el límite no pudo determinarse, indicando al suelo como no plástico (NP) sin realizar el ensayo de límite plástico (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

En la figura 11, se aprecian gráficamente las condiciones de ensayo para la prueba de límite líquido.

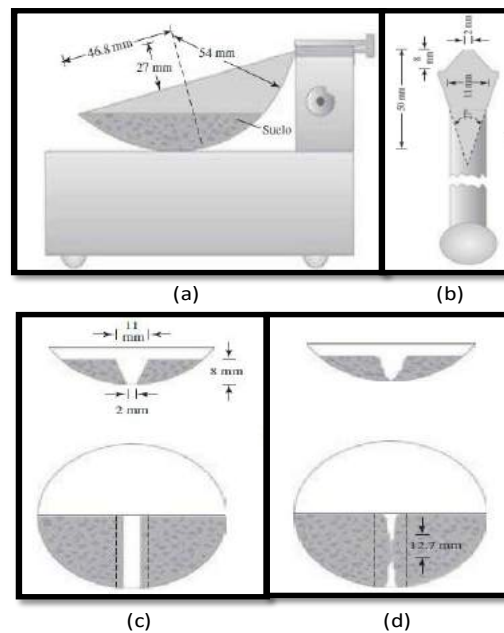


Figura 11: Prueba de límite líquido: (a) dispositivo de límite líquido, (b) herramienta de ranurado, (c) porción d suelo antes de la prueba, (d) porción de suelo después de la prueba  
Fuente: Braja (2015)

Se determina el límite líquido para cada espécimen con la siguiente ecuación:

$$\text{Límite Líquido (L. L.)} = W^n \left( \frac{N}{25} \right)^{0,121}$$

Donde:

N = Número de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad.

$W^n$  = Contenido de humedad del suelo.

#### 2.2.4.4.2. Determinación del límite plástico (L.P.) e índice de plasticidad (I.P.)

Para la determinación del límite plástico, generalmente se usa el material sobrante del ensayo del límite líquido, se toman aproximadamente 20 g de muestra que pasen por el tamiz N°40, se



amasa con agua destilada hasta que pueda formarse con facilidad una esfera, se toma una porción de 1,5 g a 2,0 g de la esfera formada sin que se pegue demasiado a los dedos al aplastarla.

Se moldea la mitad de la muestra en forma elipsoide, luego se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa (vidrio esmerilado), con una presión estrictamente necesaria para formar cilindros, si antes de llegar el cilindro a unos 3,2 mm (1/8") no se ha desmoronado, se vuelve a hacer un elipsoide y se repite el proceso cuantas veces sean necesarias, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro, una vez obtenida la porción se coloca en taras para calcular el contenido de humedad. Se repite la misma operación con la otra mitad de la masa.

El límite plástico es el promedio de las humedades de ambas determinaciones, se expresa como porcentaje de humedad, con aproximación a un entero y se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{Límite Plástico (L.P.)} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso del suelo secado al horno}} \times 100$$

El índice de plasticidad (I.P.), se denomina a la diferencia numérica entre el límite líquido y límite plástico, que nos indica el margen de humedades dentro del cual el suelo se encuentra en estado plástico, se determina con la siguiente ecuación:

$$\text{Índice de Plasticidad (I.P.)} = \text{L.L.} - \text{L.P.}$$

Cuando el L.L. o L.P. no pueden determinarse, se debe informar el índice de plasticidad con la abreviatura NP (no plástico), de igual forma, cuando el L.P. resulte igual o mayor que el L.L., el índice de plasticidad se informará como NP (no plástico).

#### **2.2.4.5. Clasificación por el Sistema Unificado de Clasificación de suelos (S.U.C.S)**

El sistema unificado de clasificación de suelos, divide a los suelos en gruesos y finos mediante el tamizado a través del tamiz N° 200, un suelo se considera grueso si más del 50% de sus partículas quedan retenidos en el tamiz N°200 y fino si más de la mitad de sus partículas pasan a través del tamiz N°200 (Juárez & Rico, 2005).



Tabla 6: Criterios para asignación de símbolos de grupo para suelos de grano grueso.

Suelos de grano grueso, más de 50% retenido en el tamiz N° 200					
MÁS DE 50% DE FRACCIÓN GRUESA ES RETENIDA EN TAMIZ N° 4	<b>GRAVAS</b> Gravas limpias (Poco o nada de partículas finas)	Gravas limpias	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$ <sup>c</sup>	GW	Gravas bien graduadas
		Menos de 5% finos <sup>a</sup>	$Cu < 4$ y/o $1 > Cc > 3$ <sup>c</sup>	GP	Gravas mal graduadas
	<b>Grava con finos</b> (Cantidad apreciable de partículas finas)	Gravas con finos	$IP < 4$ o gráficos por debajo de línea "A"	GM	Gravas limosas
		Más de 12% finos <sup>a,d</sup>	$IP > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A"	GC	Gravas arcillosas
50% O MÁS DE LA FRACCIÓN GRUESA PASA EL TAMIZ N° 4	<b>ARENAS</b> Arena limpia (Poco o nada de partículas finas)	Arenas limpias	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$ <sup>c</sup>	SW	Arenas bien graduadas
		Menos de 5% finos <sup>b</sup>	$Cu < 6$ y/o $1 > Cc > 3$ <sup>c</sup>	SP	Arenas mal graduadas
	<b>Arena con finos</b> (Cantidad apreciable de partículas finas)	Arenas con finos	$IP < 4$ o gráficos por debajo de línea "A"	SM	Arenas limosas
		Más de 12% finos <sup>b,d</sup>	$IP > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A"	SC	Arenas arcillosas

Nota: <sup>a</sup> Gravas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: GW-GM, GW-GC, GP-GM, GP-GC.

<sup>b</sup> Arenas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: SW-SM, SW-SC, SP-SM, SP-SC.

$$^c \quad Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}; \quad Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

<sup>d</sup> Si  $4 \leq IP \leq 7$  y gráficos en la zona rayada de la carta de plasticidad, se usa doble símbolo GC-GM o SC-SM.

Fuente: Elaborado en base a Braja (2015) y Crespo (2004).

Los suelos de grano grueso que son de grava y arena en estado natural con menos de 50% que pasa a través del tamiz N°200. Los símbolos del grupo comienzan con un prefijo G que es para el suelo de grava o grava y con el prefijo S para la arena o suelo arenoso, también se utiliza el símbolo W para indicar que se encuentra bien graduado y el símbolo P para indicar que se encuentra mal graduado. Los criterios para asignación de símbolos de grupo para suelos de grano grueso se pueden apreciar en la Tabla 6 (Braja, 2015).

Los suelos de grano fino con 50% o más que pasa por el tamiz N°200, los símbolos del grupo comienzan con un prefijo M para el limo inorgánico, con el prefijo C a la arcilla inorgánica y O para limos orgánicos y arcillas. El símbolo Pt se utiliza para turba, lodo y otros suelos altamente orgánicos, también se utiliza el símbolo L para indicar que tiene baja plasticidad (L.L. menor de 50) y el símbolo H para indicar que tiene alta plasticidad (L.L. mayor de 50). Los criterios para asignación de símbolos de grupo para suelos de grano fino se pueden apreciar en la Tabla 7 (Braja, 2015).



Tabla 7: Criterios para asignación de símbolos de grupo para suelos de grano fino.

Suelos de grano fino, 50% o más pasa el tamiz N° 200				
<b>LIMOS Y ARCILLAS</b>	Inorgánico	IP > 7 y gráficos en o por encima de línea "A" <sup>e</sup>	CL	Arcillas de baja plasticidad
		IP < 4 y gráficos en o por encima de línea "A" <sup>e</sup>	ML	Limo de baja plasticidad
Límite líquido menor que 50	Orgánico	$\frac{\text{Límite líquido: secado}}{\text{Límite líquido: no secado}} < 0.75$ ; zona OL	OL	Suelo orgánico de baja plasticidad
<b>LIMOS Y ARCILLAS</b>	Inorgánico	Gráficos IP en o por encima de línea "A"	CH	Arcillas de alta plasticidad
		Gráficos IP por debajo de línea "A"	MH	Limos de alta plasticidad
Límite líquido 50 o más	Orgánico	$\frac{\text{Límite líquido: secado}}{\text{Límite líquido: no secado}} < 0.75$ ; zona OH	OH	Suelo orgánico de alta plasticidad
<b>SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS</b>	Materia orgánica principalmente	Color oscuro y orgánico	Pt	Turbas y otros suelos altamente orgánicos

Nota: <sup>e</sup> Si  $4 \leq IP \leq 7$  y gráficos en la zona rayada de la carta de plasticidad, se usa doble símbolo CL-ML.

Fuente: Elaborado en base a Braja (2015) y Crespo (2004)

Braja (2015) indica que para una clasificación adecuada de acuerdo a éste sistema, una parte o toda la siguiente información debe conocerse:

- Porcentaje de grava, esto es, la fracción que pasa el tamiz de 76.2 mm y retenida en el tamiz N°4 (4.75 mm).
- El porcentaje de arena, es decir, la fracción que pasa N°4 y es retenida en el tamiz N°200 (0.075 mm).
- El porcentaje de limo y arcilla, esto es, la fracción más fina que el tamiz N° 200 (0.075 mm).
- El coeficiente de uniformidad (Cu) y el coeficiente de curvatura (Cc).
- El límite líquido y el índice de plasticidad de la porción de suelo que pasa el tamiz N°40.

Los símbolos de los grupos de los suelos de grava de grano grueso son GW, GP, GM, GC, GC-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GM y GP-GC. Del mismo modo, los símbolos de los grupos de suelos de grano fino son CL, ML, OL, CH, MH, OH, CL-ML y Pt como se aprecia en la carta de plasticidad de la Figura 12.



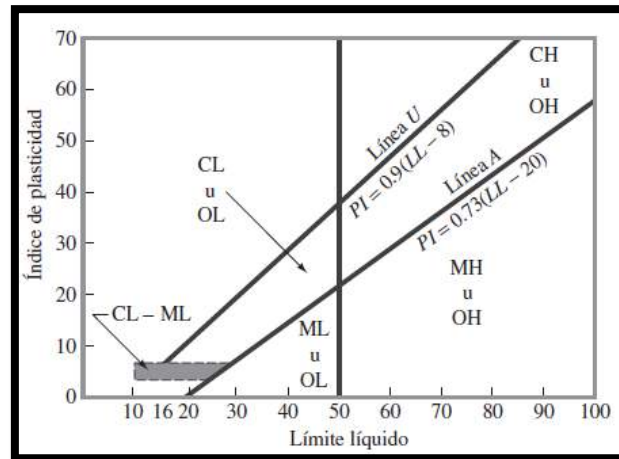


Figura 12: Carta de plasticidad  
Fuente: Braja (2015)

### 2.2.5. Proceso de elaboración del adobe

En el Manual de Construcción (2010) se indica que luego de la selección de materiales adecuados para la fabricación de adobe, se puede iniciar con el proceso de elaboración del adobe que consta de los siguientes pasos:

- Dormido: Es el proceso de humedecimiento de la tierra libre de terrones o piedras a través del zarandeado o tamizado por dos o más días para que se activen la mayor cantidad de partículas de arcilla antes de ser amasada, ya sean con o sin paja (Norma E.080, 2017).
- Amasado: Consiste en la integración mediante el pisado de la tierra con el agua requerida para su trabajabilidad, así como la incorporación de paja y/o la adición de otro material constructivo.
- Lanzado y moldeado: Consiste en lanzar parte de mezcla en los moldes humedecido con el enrasado correspondiente para obtener el acabado de superficie lisa necesario
- Secado inicial: Se da durante las 24 a 48 horas iniciales en los moldes, los cuales han estado cubiertos para evitar cambios bruscos de temperatura.
- Secado final: Pasado el período de secado inicial, se procede al desmolde de las unidades; a los 3 o 5 días se voltea al adobe para completar el secado; y se mantienen cubiertos del sol por lo menos por un mes.

### 2.2.6. Sistemas constructivos con tierra

Según Martins, Borges, Rotondaro, Cevallos, & Hoffmann (2009), no existe un criterio único adoptado en el medio técnico que relacione las características de la tierra con las técnicas constructivas, porque en general, los factores de decisión están más relacionados con la cultura



y tradición en el proceso de construcción de que con el tipo de suelo disponible. Son diversas las técnicas constructivas con tierra y variables por zona. Como referencia, se adoptan tres sistemas que agrupan la mayoría de las técnicas constructivas: albañilería, monolítico y técnicas mixtas.

En el sistema de albañilería están notadamente las técnicas de ladrillos y bloques, compactados o prensados, denominados BTC (Bloques de tierra comprimidos) y adobe. En el sistema monolítico se encuentran las técnicas de tierra compactada, generalmente en moldes, con las denominaciones más conocidas como tapia, tapial y paneles de suelo cemento.

En el sistema de técnicas mixtas, se agrupan las técnicas constructivas que utilizan principalmente la madera como estructura portante y la tierra como material de relleno de los entramados, éstos son generalmente de madera, en forma de varas, carrizos o piezas de pequeña sección.

### **2.2.7. Estabilización del suelo**

Martins et al (2009), indican que en general las propiedades de la tierra o suelo pueden ser mejoradas significativamente por la adición de algunos productos estabilizadores, de ese modo, la mezcla de fragmentos de paja, u otras fibras vegetales, reduce acentuadamente el efecto de retracción en el secado del barro; la adición de aceites vegetales y emulsiones asfálticas, tanto en el barro como en la tierra comprimida, tiene el efecto de disminuir significativamente la permeabilidad, mejorando las condiciones de durabilidad. La mezcla de aglomerantes (cemento, cal u otros productos cementantes) puede producir aumentos considerables de la resistencia mecánica, principalmente en la tierra comprimida.

La expresión estabilización de suelos se refiere, en su sentido más amplio, a todo proceso a través del cual el suelo mejora sus características, adquiriendo así las propiedades necesarias a la finalidad que se destina. La adición de asfalto natural o paja en la producción de adobes, para disminuir la permeabilidad o reducir la retracción, es una práctica milenaria. El apisonado (por compactación o prensado), la mezcla con otros suelos para mejorar sus características granulométricas (denominada estabilización granulométrica) y la adición de aglomerantes son tipos de estabilización de uso muy frecuente en el campo de la ingeniería.



El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), define la estabilización de suelos como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general se realizan en los suelos de sub rasante inadecuado o pobre, en este caso son conocidas como estabilización suelo-cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos diversos. En cambio, cuando se estabiliza una subbase granular o base granular, para obtener un material de mejor calidad se denomina como subbase o base granular tratada (con cemento o con cal o con asfalto, etc.).

### 2.2.7.1. Clasificación de la estabilización del suelo por la función que cumplen

Bardou y Arzoumanian (citado por Martins et al, 2009), clasifican la estabilización del suelo en cuatro categorías, con las siguientes denominaciones y características:

- Estabilización por cimentación: Consiste en adicionar al suelo una sustancia capaz de solidificar los granos de arena y las partículas arcillosas de forma a obtener un esqueleto interno que haga oposición a la capacidad de absorción de agua por la arcilla. Los estabilizadores más conocidos son: cemento Portland; cal, virgen o hidratada; la mezcla de cal y cemento; o también una mezcla de cal con cenizas (de coque, de hulla, etc).
- Estabilización por armazón: Consiste en agregar al suelo un material de cohesión (granos o fibras), que permita asegurar, por fricción con las partículas de arcilla, una mayor firmeza al material. La resistencia mecánica final es reducida, pero se gana en estabilidad y durabilidad. No hay determinación específica para los materiales a ser empleados, pues depende de la disponibilidad y de las adaptaciones locales.
- Estabilización por impermeabilización: Consiste en envolver las partículas de arcilla por una capa impermeable, volviéndolas estables y más resistentes a la acción del agua. El material más conocido es el asfalto (o betumen), utilizado en emulsión que, a pesar de la gran superficie específica de la arcilla, requiere una cantidad muy pequeña para obtener buenos resultados, el mayor inconveniente de este material es la pérdida de plasticidad a pesar de ganar en cohesión, por lo que se requiere mayor cantidad de agua para amasar y limita las técnicas constructivas a ser utilizadas. Pueden ser utilizadas otras sustancias como el aceite de coco, savias de algunas plantas oleaginosas, el látex y los residuos del prensado de aceite de oliva.
- Estabilización química: Consiste en agregar al suelo diversas sustancias capaces de formar compuestos estables con los elementos de la arcilla. Los productos químicos varían de



acuerdo con la composición química de la propia arcilla, por lo que es necesario un análisis químico de la misma. La cal, además de agente cementante, funciona como estabilizador químico, actuando con los minerales amorfos o arcillosos del suelo, formando compuestos puzolánicos. Pueden emplearse otras sustancias de bajo costo como la soda cáustica y la orina de ganado.

Con relación a la adición de estabilizantes, uno de los criterios bastante usados es el que relaciona EL índice de plasticidad del suelo y la granulometría con el tipo de aglomerante como se puede observar en la Figura 13.

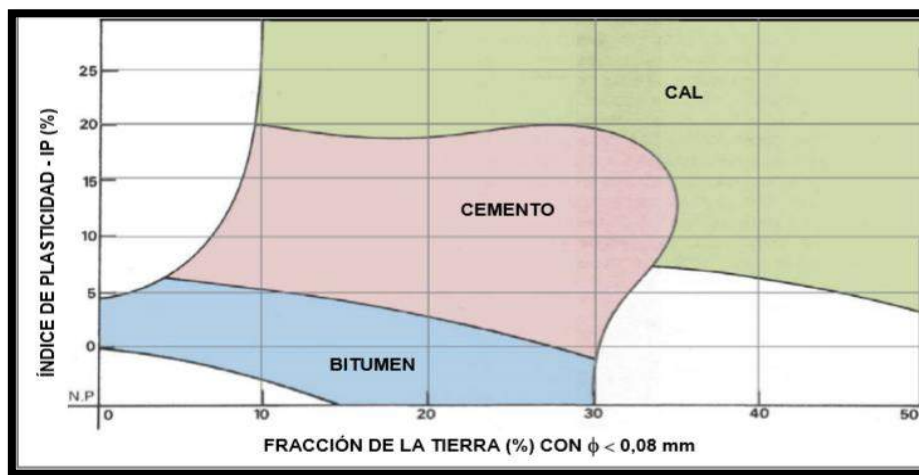


Figura 13: Selección del tipo de estabilizante en función del I.P. y de la granulometría de la tierra

Fuente: (Martins, Borges, Rotondaro, Cevallos y Hoffmann, 2009)

### 2.2.7.2. Suelos estabilizados con cemento

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), indica que el material llamado suelo-cemento se obtiene por la mezcla íntima de un suelo suficientemente disgregado con cemento, agua y otras eventuales adiciones, seguida de una compactación y curado adecuados. De esta forma, el material suelto se convierte en otro endurecido, mucho más resistente.

La Portland Cement Association (citado por De la Fuente, 2013), propone la definición de suelo-cemento como una mezcla íntima de suelo, convenientemente pulverizado, con determinadas porciones de agua y cemento que se compacta y cura para obtener mayor densidad. Cuando el cemento se hidrata, la mezcla se transforma en un material duro, durable y rígido.



El principal inconveniente de las definiciones de suelo-cemento presentados por varios autores, es que son vagas, provocando confusiones si se toman en sentido estricto y se comparan con las definiciones de otros materiales a los que se les agrega cemento (De la Fuente, 2013). Por lo que este autor utiliza el término suelo-cemento como término breve y sinónimo del término suelo tratado con cemento.

#### 2.2.7.2.1. Clasificación del suelo estabilizado con cemento en función del porcentaje de cemento adicionado

De la Fuente (2013), determina una clasificación del suelo tratado con cemento, según las proporciones de cemento, suelo y agua que forman parte de la mezcla; distinguiéndose por su comportamiento real los siguientes tipos:

- Suelo-Cemento compactado: Referido comúnmente al suelo-cemento, es el que requiere una cantidad de cemento en peso que varía entre el 4% y 25% aproximadamente. Se compacta la mezcla para darle dureza. Pueden ser hechos con suelo granular limpio; mezcla de suelos granulares y finos, predominantemente limosos; mezcla de suelos granulares y finos, predominantemente arcillosos; suelos limosos y suelos arcillosos.
- Suelo modificado con cemento: La Portland Cement Association (citado por De la Fuente, 2013), la define como una mezcla dura o semidura, íntima de suelo pulverizado, agua y pequeñas cantidades de cemento que se compacta. La cantidad de cemento varía entre el 1% y 4%, se utiliza principalmente cuando se requiere obtener mayor resistencia del suelo, aunque no muy alta; para compactar el terreno en condiciones más favorables y cuando quiere hacer más impermeables determinados suelos.
- Suelo-Cemento plástico: La Portland Cement Association (citado por De la Fuente, 2013), lo considera como la mezcla de cemento con un suelo fino muy húmedo en estado plástico. Cuando se le coloca tiene la consistencia de un mortero plástico. Frecuentemente se usa en zonas difíciles donde no es posible compactar. Requiere una cantidad mayor de cemento que el tipo compactado, esto es, mayor del 10% y no se compacta.

#### 2.2.8. Reacciones durante la mezcla de suelo y cemento

Según De la Fuente (2013), las reacciones de la pasta de agua-cemento con el suelo, son de naturaleza físico-químico. La reacción química producida es función de las características de los agentes químicos que existen en la mezcla, de sus concentraciones, tiempo, tipo de suelo, tipo de agua, tipo de cemento, curado y de los aditivos usados.



La reacción del cemento con los suelos finos proporciona aumentos en la resistencia en la mayoría de los casos, debido a la rápida floculación y acercamiento de las partículas de arcilla o limo; a la hidratación del cemento con el establecimiento de vínculos entre partículas y paquetes de ellas; y a la cristalización del carbonato de calcio con partículas de cemento, que por el mezclado se encontraban distribuidas discretamente en el medio.

En mezclas de suelos predominantemente arcillosos con bajos contenidos de cemento, la resistencia a compresión simple puede no aumentar e inclusive disminuir apreciablemente. Se considera que este efecto de disminución es debido a que los pequeños contenidos de cemento producen un efecto de encapsulamiento de las partículas de arcilla sobre las mayores del cemento, lo cual produce una estructura interna débil a veces menos resistente que la que se presenta en el suelo sin cemento; esto sucede frecuentemente con porcentajes pequeños de cemento (3% a 5%, en peso).

Las partículas de cemento generalmente tienen tamaños comprendidos entre 0.5 y 100 micras y las de arcilla menores de 2 micras. La finura del cemento es del orden de  $2800 \text{ cm}^2/\text{gr}$  y la de la arcilla bastante mayor ( $10^5$  o  $100\,000 \text{ cm}^2/\text{gr}$ ).

En los suelos finos plásticos tratados con cemento ocurren reacciones químicas que alteran sustancialmente la estructura original, debido a que:

- Las partículas de cemento son bastante mayores que las de las arcillas, por lo tanto, el número de partículas por unidad de volumen es varias veces mayor en las arcillas que en los cementos.
- El mezclado entre el cemento y los finos plásticos nunca es completo y puede decirse que prácticamente es imposible de lograr en obra.
- Existe una floculación inicial de las partículas de arcilla y se forman grumos o paquetes de arcillas.
- Los cambios físico-químicos son más intensos inicialmente y después, aunque mucho menor, son significativos y ocurren durante un tiempo prolongado.



## 2.2.9. Propiedades físicas de evaluación

### 2.2.9.1. Fisuración.

Se define a la fisura o grieta estructural, como una rajadura que se presenta, que pueden o no atravesar el elemento de lado a lado, pudiendo ser de espesores variables o invisibles al ojo humano, considerando que la fisura es una abertura igual o menor de un milímetro y grieta cuando la abertura es mayor a un milímetro, las cuales son producidas generalmente por contracciones debidas a cambios de temperaturas muy bruscos durante el proceso de secado. Se considera (Norma E.080, 2017).

Para la evaluación de esta investigación, la fisuración es la formación de una rajadura, que no se limita por el espesor de su abertura, sino por la observación humana y que puede ser medida a lo largo de todas sus longitudes acumuladas en un área dada, expresada en  $\text{cm}/\text{m}^2$ .

Para evaluar la fisuración en mezclas tradicionales de adobe con adición de cemento Yura IP, se elaboraron paneles de área de  $1\text{m}^2$  y de profundidad máxima de 0.1 m, con la siguiente expresión.

$$\text{Fisuración} = \frac{\text{Longitud total de fisuras}}{\text{Área del panel}}; \quad \left[ \frac{\text{cm}}{\text{m}^2} \right]$$

Se evaluó la fisuración a los 14, 28 y 56 días de secado.

### 2.2.9.2. Absorción.

El ensayo de absorción tiene el objetivo de conocer la capacidad de absorción en muestras cuando alcanzan un estado de saturación, primero se secan los especímenes en horno a temperatura controlada ( $110^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ ) durante 24 horas, se toma el valor del peso seco y se sumerge en agua a temperatura entre  $15.5^\circ\text{C}$  a  $30^\circ\text{C}$  durante 24 horas el espécimen, concluido el plazo se retira el espécimen del agua y se le quita el agua superficial con un paño para el pesado dentro de los 5 minutos siguientes de retirados del agua, se calcula la absorción de cada muestra con la siguiente expresión:

$$\text{Absorción \%} = \frac{(W_s - W_d)}{W_d} \times 100; \quad [\%]$$



Donde:

$W_d$  = Peso del espécimen seco

$W_s$  = Peso del espécimen saturado

Para esta investigación, la absorción, es la máxima cantidad de agua que puede absorber un testigo y retenerlo; expresado en peso, con respecto al peso seco del mismo testigo, sin modificar la estructura visible del mismo, expresado en porcentaje [%].

Para calcular la absorción se elaboraron cubos de 0.1 m de arista en campo, los cuales fueron ensayados en el laboratorio de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco.

## **2.2.10. Propiedades mecánicas de evaluación**

### **2.2.10.1. Resistencia a la compresión.**

La resistencia a la compresión se define como el máximo esfuerzo que puede soportar el testigo, producida por una carga máxima sobre el área de contacto a cierta edad sin producirse la falla, la resistencia a la compresión se usa como un índice de calidad (Rivva, 2000).

Para poder evaluar la resistencia a la compresión de mezclas tradicionales de adobe con adición de cemento Yura IP, se elaboraron cubos de 0.1 m de arista en campo, los cuales fueron evaluados a los 14, 28 y 56 días de secado, con la siguiente expresión:

$$\text{Resistencia a la compresión} = \frac{\text{Fuerza aplicada}}{\text{Área}}; \left[ \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} \right]$$

### **2.2.10.2. Erosión acelerada de Swinburne (SAET)**

En Asociación Española de Normalización y Certificación (2008, describe el procedimiento para el ensayo, el cual consiste en dejar caer una corriente continua de agua sobre el bloque durante 10 minutos a través de un tubo de cristal de  $\emptyset$  interior = 5 mm conectado a un tanque de agua de nivel constante, cuya cabecera está a 1.5 m sobre la cara del bloque. Éste se mantiene inclinado a  $27^\circ$  respecto a la horizontal. Con una varilla de  $\emptyset = 3$  mm, se mide la profundidad de las oquedades, (D) que aparecen.

Como criterio de aceptación o rechazo de unidades de adobe ante la erosión acelerada, se considera lo detallado en la Tabla 8.



Tabla 8: Criterios para aceptación o rechazo ante erosión acelerada.

Propiedad	Criterio	Resultados
D, (profundidad de la oquedad, en mm)	$0 \leq D \leq 10$	Bloque apto
	$D > 10$	Bloque no apto

Fuente: Asociación Nacional de Fabricantes de Cales y Derivados de España (2008).

El esquema para la realización del ensayo se puede apreciar en la Figura 14.

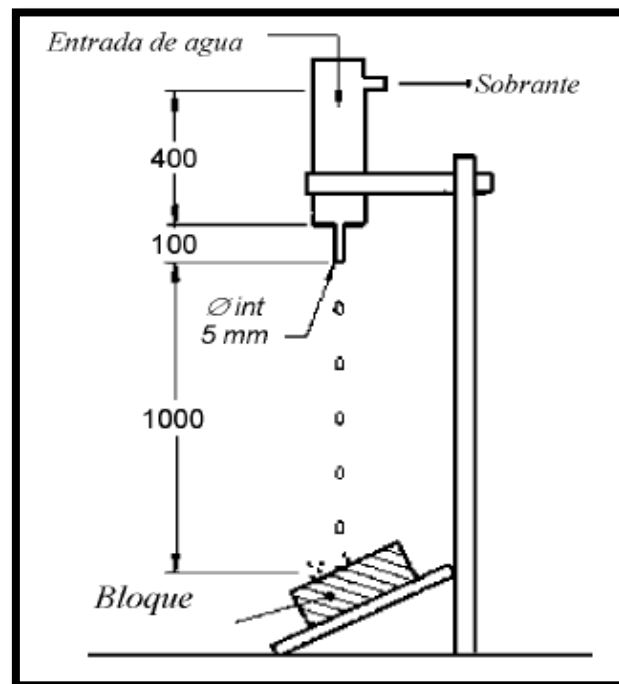


Figura 14: Esquema del ensayo

Fuente: Asociación Nacional de Fabricantes de Cales y Derivados de España (2008).

Para esta investigación, la erosión acelerada, es aquella oquedad que se produce por una corriente continua de agua luego de 10 minutos de exposición, a través de un tubo de cristal con diámetro interior de 5mm conectado a un tanque con nivel constante de agua, cuya cabecera está a 1.50 m de la cara del bloque, el cual se mantiene inclinado a 27° con respecto a la horizontal, puede ser expresado en mm.

Para poder evaluar la erosión de mezclas tradicionales de adobe con adición de cemento Yura IP, se elaboraron cubos de 0.1 m de arista en campo, los cuales fueron evaluados según la descripción del ensayo.



## 2.3.Hipótesis

### 2.3.1. Hipótesis general

Las propiedades físicas y mecánicas en mezclas tradicionales de adobe para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco-2018, mejoran con la adición de mayores porcentajes de cemento Yura IP.

### 2.3.2. Sub hipótesis

**Sub hipótesis N°01.** La fisuración en mezclas tradicionales de adobe disminuye con la adición de mayores porcentajes de cemento Yura IP a los 14, 28 y 56 días de secado, para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco - 2018.

**Sub hipótesis N°02.** La absorción en mezclas tradicionales de adobe mejora con la adición de mayores porcentajes de cemento Yura IP, para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco - 2018.

**Sub hipótesis N°03.** La resistencia a la compresión en mezclas tradicionales de adobe mejora con la adición de mayores porcentajes de cemento Yura IP a los 14, 28 y 56 días de secado, para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco - 2018.

**Sub hipótesis N°04.** La erosión acelerada en mezclas tradicionales de adobe disminuye con la adición de mayores porcentajes de cemento Yura IP, para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco – 2018.

## 2.4.Definición de variables

### 2.4.1. Variables independientes

Adición de cemento Yura IP

### 2.4.2. Variables dependientes

a) Propiedades físicas



- Fisuración a los 14 días
  - Fisuración a los 28 días
  - Fisuración a los 56 días
  - Absorción a 1 hora
  - Absorción a 6 horas
  - Absorción a 12 horas
  - Absorción a 24 horas
- b) Propiedades mecánicas
- Resistencia a la compresión a los 14 días
  - Resistencia a la compresión a los 28 días
  - Resistencia a la compresión a los 56 días
  - Erosión acelerada



### 2.4.3. Cuadro de operacionalización de variables

Tabla 9: Operacionalización de variables.

Tipo de variable	Denominación	Definición técnica	Definición	Nivel	Indicador	Unidad	Instrumento
Variable Independiente	Adición de cemento	La adición de cemento es aquella cantidad que constituye una porción para el volumen de 1.00 m <sup>3</sup> de mezcla final	En esta investigación es considerada como el porcentaje del volumen de cemento Yura IP adicionado para la elaboración de los testigos.	0.00%	Porcentaje del volumen de cemento Yura IP	%	
				2.50%			
				3.50%			
				4.50%			
				5.50%			
				6.50%			
				7.50%			
Variable Dependiente	Propiedades físicas	Son consideradas como aquellas que se pueden medir sin que sea afectada su estructura.	Para esta investigación, las propiedades físicas consideradas son: Fisuración y Absorción	Fisuración a los 14 días	Longitud / Área	cm/m <sup>2</sup>	1.- Fichas de recolección de datos en campo. 2.- Fichas de recolección de datos de los ensayos. 3.- Hojas Excel y programa estadístico SPSS para procesamiento de datos. 4.- Normas y manuales para ensayos.
				Fisuración a los 28 días			
				Fisuración a los 56 días			
				Absorción en 1 hora	Porcentaje	%	
				Absorción en 6 horas			
				Absorción en 12 horas			
	Absorción en 24 horas						
	Propiedades mecánicas	Son consideradas como aquellas que se pueden medir luego de que sean afectadas en su estructura por la aplicación de una fuerza.	Para esta investigación, las propiedades mecánicas consideradas son: Resistencia a la compresión y Erosión acelerada	Resistencia a la compresión a los 14 días	Fuerza / Área	Kgf / cm <sup>2</sup>	
				Resistencia a la compresión a los 28 días			
				Resistencia a la compresión a los 56 días			
Erosión acelerada				Profundidad de oquedad	mm		

Fuente: Propia



## Capítulo III: Metodología

### 3.1. Metodología de la investigación

#### 3.1.1. Enfoque de la investigación

El enfoque de la investigación es de tipo cuantitativo, porque se realizó a través de la recolección de datos, se evaluaron diferentes propiedades físicas y mecánicas como la fisuración, la absorción, la resistencia a la compresión y la erosión, los cuales brindaron parámetros numéricos o valores como resultado de cada uno de los ensayos para probar la hipótesis planteada con el posterior análisis estadístico (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

#### 3.1.2. Nivel o alcance de la investigación

El nivel de la investigación es descriptivo, ya que en el estudio se buscó especificar las propiedades físicas y mecánicas alcanzadas de los especímenes preparados con un valor porcentual del cemento Yura IP en volumen adicionado entre el 0.0% al 7.5%, luego de la caracterización de la tierra, paja y agua empleada, evaluando su vinculación final para establecer el comportamiento de las variables de estudio (Hernández et al, 2014).

#### 3.1.3. Método de la investigación

El método de investigación es hipotético deductivo, porque en la investigación se emitió una hipótesis general y sub hipótesis con respecto a las propiedades físicas y mecánicas evaluadas en los diferentes ensayos de laboratorio y campo, para finalmente comprobar la veracidad de las hipótesis planteadas (Cegarra, 2004).

### 3.2. Diseño de investigación

#### 3.2.1. Diseño metodológico

El diseño metodológico de esta investigación es experimental, puesto que se manipuló la variable independiente que es la adición de cemento para obtener un efecto sobre las variables dependientes que en esta investigación son las propiedades físicas (en los niveles de fisuración y absorción) y las propiedades mecánicas (en los niveles de resistencia a la compresión y erosión acelerada). Se observó y evaluó los efectos que causa la modificación controlada en la variable independiente sobre las variables dependientes (Hernández et al, 2014).



### 3.2.2. Diseño de ingeniería

Para el diseño de ingeniería se ha considerado un flujograma que muestra en forma visual una serie de pasos y acciones para cada proceso determinado de esta investigación.

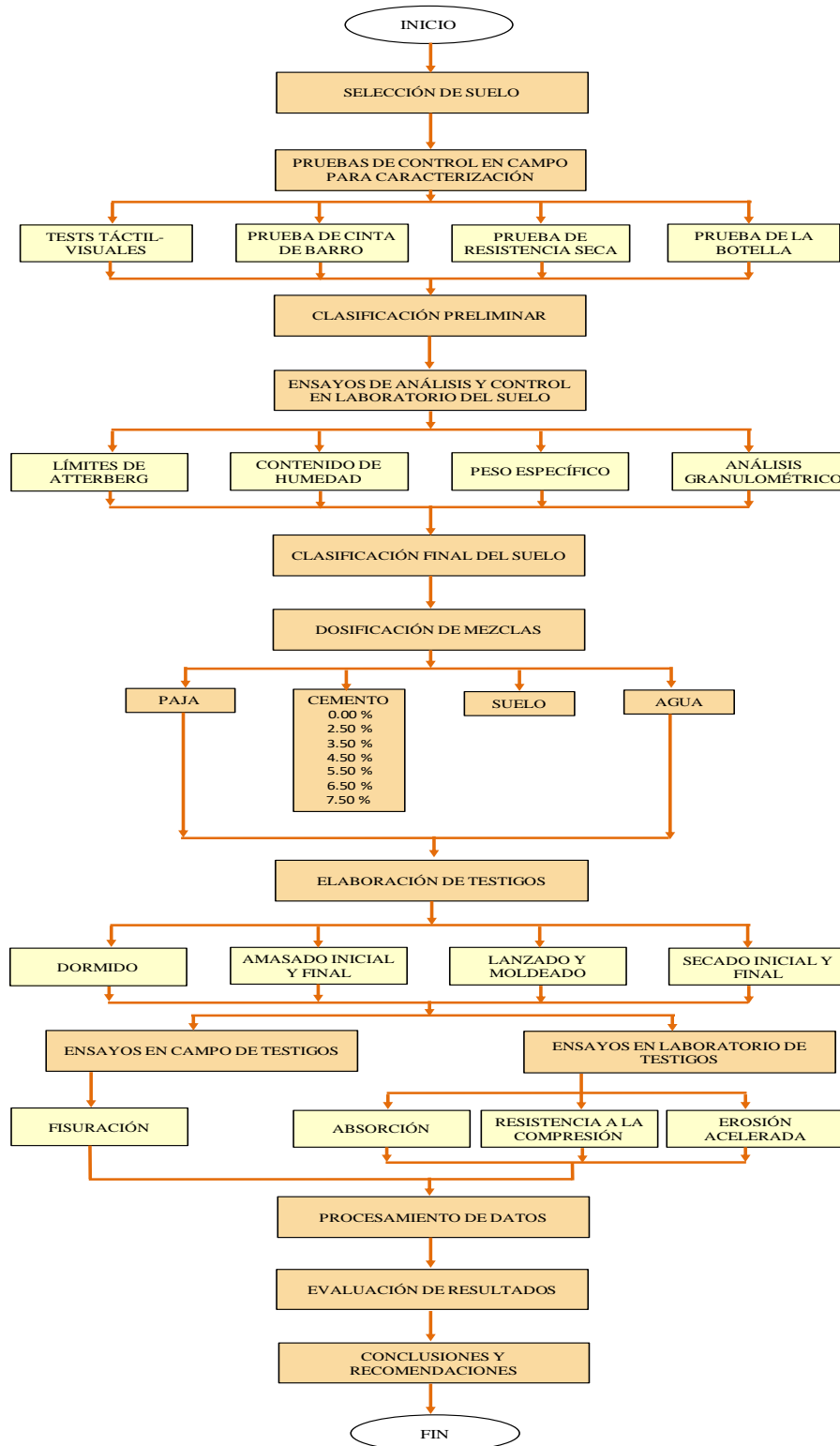


Figura 15: Diseño de Ingeniería (Flujograma)  
Fuente: Propia



### 3.3. Población y Muestra

#### 3.3.1. Población

##### 3.3.1.1. Descripción de la población

La población es el conjunto que constituye a todos los elementos que concuerdan con el objetivo o propósito dentro de una investigación (Hernández et al, 2014). En esta investigación, la población está delimitada por todos aquellas mezclas tradicionales de adobe constituídos de suelo, paja y agua con la adición de 0.00%, 2.50%, 3.50%, 4.50%, 5.50%, 6.50% y 7.50% de cemento Yura IP, que fueron elaboradas como bloques de 10x10x10 cm y paneles de 100x100 cm con una profundidad de 10 cm.

##### 3.3.1.2. Cuantificación de la población

La población consta de 182 bloques y 07 paneles de mezclas tradicionales de adobe con adición de cemento Yura IP entre 0.00% a 7.50%.

#### 3.3.2. Muestra

##### 3.3.2.1. Descripción de la muestra

En esta investigación la muestra es igual a la población y está delimitada por todos aquellas mezclas tradicionales de adobe constituídos de suelo, paja y agua con la adición de 0.00%, 2.50%, 3.50%, 4.50%, 5.50%, 6.50% y 7.50% de cemento Yura IP, que fueron elaboradas como bloques de 10x10x10 cm y paneles de 100x100 cm de área con una profundidad de 10 cm.

##### 3.3.2.2. Cuantificación de la muestra

La muestra consta de 182 bloques y 07 paneles de mezclas tradicionales de adobe con adición de cemento Yura IP entre 0.00% a 7.50%, detallados en las tablas N°10, 11, 12 y 13.

Tabla 10: Cuantificación de la muestra para el ensayo de fisuración.

Tipo de testigo	Denominación de la muestra	Sigla	Porcentaje de adición de cemento Yura IP	Cantidad de testigos por ensayo
Panel 100x100x10 cm	Mezcla 1	M1	0.00%	1
	Mezcla 2	M2	2.50%	1
	Mezcla 3	M3	3.50%	1
	Mezcla 4	M4	4.50%	1
	Mezcla 5	M5	5.50%	1
	Mezcla 6	M6	6.50%	1
	Mezcla 7	M7	7.50%	1
<b>Total de testigos para el ensayo de fisuración</b>				<b>7</b>



Tabla 11: Cuantificación de la muestra para el ensayo de absorción.

Tipo de testigo	Denominación de mezcla	Sigla	Porcentaje de adición de cemento Yura IP	Cantidad de testigos por ensayo
<b>Bloque 10x10x10 cm</b>	Mezcla 1	M1	0.00%	4
	Mezcla 2	M2	2.50%	4
	Mezcla 3	M3	3.50%	4
	Mezcla 4	M4	4.50%	4
	Mezcla 5	M5	5.50%	4
	Mezcla 6	M6	6.50%	4
	Mezcla 7	M7	7.50%	4
<b>Total de testigos para el ensayo de absorción</b>				<b>28</b>

Fuente: Propia

Tabla 12: Cuantificación de la muestra para el ensayo de resistencia a la compresión.

Tipo de testigo	Denominación de mezcla	Sigla	Porcentaje de adición de cemento Yura IP	Cantidad de testigos por ensayo
<b>Bloque 10x10x10 cm</b>	Mezcla 1	M1	0.00%	18
	Mezcla 2	M2	2.50%	18
	Mezcla 3	M3	3.50%	18
	Mezcla 4	M4	4.50%	18
	Mezcla 5	M5	5.50%	18
	Mezcla 6	M6	6.50%	18
	Mezcla 7	M7	7.50%	18
<b>Total de testigos para el ensayo de resistencia a la compresión</b>				<b>126</b>

Fuente: Propia

Tabla 13: Cuantificación de la muestra para el ensayo de erosión.

Tipo de testigo	Denominación de mezcla	Sigla	Porcentaje de adición de cemento Yura IP	Cantidad de testigos por ensayo
<b>Bloque 10x10x10 cm</b>	Mezcla 1	M1	0.00%	4
	Mezcla 2	M2	2.50%	4
	Mezcla 3	M3	3.50%	4
	Mezcla 4	M4	4.50%	4
	Mezcla 5	M5	5.50%	4
	Mezcla 6	M6	6.50%	4
	Mezcla 7	M7	7.50%	4
<b>Total de testigos para el ensayo de erosión</b>				<b>28</b>

Fuente: Propia





### 3.3.2.3.Método de muestreo

Se empleó el método de muestreo no probabilístico, debido a que la elección de las muestras a ensayar no depende de la probabilidad, sino que están relacionadas por las características de esta investigación (Hernández et al, 2014).

### 3.3.2.4.Criterios de evaluación de muestra

Cada ensayo se evaluó de forma particular.

- Fisuración - En este ensayo se elaboraron 7 especímenes que corresponden a paneles de 100x100cm de área con una profundidad de cada panel de 10 cm, de los cuales, 01 panel corresponde a la nomenclatura de M1 con 0.00% de adición de cemento Yura IP que se empleó como control y 06 paneles que corresponden a las nomenclaturas M2, M3, M4, M5, M6 Y M7 con 2.50%, 3.50%, 4.50%, 5.50%, 6.50% y 7.50% de adición de cemento Yura IP respectivamente. La evaluación se realizó a los 14, 28 y 56 días luego de su elaboración, midiendo la longitud acumulada de las fisuras en cm observadas en 1.00 m<sup>2</sup> del panel.
- Absorción - Para la evaluación de este ensayo se elaboraron 28 especímenes (04 testigos por mezcla) que corresponden a bloques cúbicos de 10 cm de arista; 04 testigos corresponden a la nomenclatura de M1 con 0.00% de adición de cemento Yura IP que se empleó como grupo de control y 24 testigos que corresponden a las nomenclaturas M2, M3, M4, M5, M6 Y M7 con 2.50%, 3.50%, 4.50%, 5.50%, 6.50% y 7.50% de adición de cemento Yura IP respectivamente. El ensayo se realizó en muestras secas, evaluando el porcentaje de absorción a 01, 06, 12 y 24 horas luego de sumergir completamente las muestras, determinándose el volumen de agua absorbida por cada espécimen.
- Resistencia a la compresión - Para la evaluación de este ensayo se elaboraron 126 especímenes (18 testigos por mezcla) que corresponden a bloques cúbicos de 10 cm de arista; 18 testigos corresponden a la nomenclatura de M1 con 0.00% de adición de cemento Yura IP que se empleó como grupo de control y 108 testigos que corresponden a las nomenclaturas M2, M3, M4, M5, M6 Y M7 con 2.50%, 3.50%, 4.50%, 5.50%, 6.50% y 7.50% de adición de cemento Yura IP respectivamente. El ensayo se realizó a los 14, 28 y 56 días empleando 06 testigos por mezcla en cada ensayo, se registró la fuerza necesaria aplicada en ambas caras del bloque hasta que este se fracture y falle por compresión.



- Erosión - Para la evaluación de este ensayo se elaboraron 28 especímenes (04 testigos por mezcla) que corresponden a bloques cúbicos de 10 cm de arista; 04 testigos corresponden a la nomenclatura de M1 con 0.00% de adición de cemento Yura IP que se empleó como grupo de control y 24 testigos que corresponden a las nomenclaturas M2, M3, M4, M5, M6 y M7 con 2.50%, 3.50%, 4.50%, 5.50%, 6.50% y 7.50% de adición de cemento Yura IP respectivamente. El ensayo se realizó en muestras secas que fueron sometidas a erosión acelerada de Swinburne, luego de dejar caer una corriente de agua continua sobre el espécimen que se mantuvo inclinado a 27° por 10 minutos se midió la profundidad de oquedad en las muestras.

### 3.3.3. Criterios de inclusión

De acuerdo a los ensayos evaluados en esta investigación, se tienen los siguientes criterios de inclusión:

- Se evaluaron bloques tipo panel y cúbicos de mezclas de adobe tradicional con 0.00%, 2.50%, 3.50%, 4.50%, 5.50%, 6.50% y 7.50% de adición de cemento Yura IP elaborados en el sector de Ccarcco del distrito de Inkawasi, provincia La Convención, Región Cusco.
- La dimensión de los bloques tipo panel fue de 100x100 cm y una profundidad de 10 cm.
- La dimensión de los bloques tipo cúbico fue de 10 cm de arista.
- Los bloques se elaboraron con agua de manante del sector de Ccarcco, paja del sector de Choquetira y el suelo que corresponde al material excedente de excavación para el reservorio enterrado en del sector de Ccarcco del distrito de Inkawasi, provincia La Convención, Región Cusco.
- Los bloques fueron estabilizados con la adición de cemento Yura IP.
- La mano de obra para la elaboración de las muestras corresponde a un individuo de la comunidad de San Fernando del distrito de Inkawasi, provincia La Convención, Región Cusco.

## 3.4. Instrumentos



### 3.4.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de Recolección de Datos

- Guías de observación en campo para:
  - El suelo.
    - Tests Táctil-visuales
    - Prueba de cinta de barro
  - Bloques de adobe tradicional y estabilizado



- Guías de observación en laboratorio para:
  - El suelo.
  - Bloques de adobe tradicional y estabilizado



Tabla 14: Guía de observación en campo para suelo: Tests táctil-visuales.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO	
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN EN CAMPO</b>		
<b>PARA SUELO : TESTS TÁCTIL-VISUALES</b>		
Lugar : <u>Sector Ccareco, Comunidad Campesina San Fernando,</u> <span style="float: right;">Fecha: _____</span> <u>Distrito de Inkawasi, Provincia La Convención, Cusco</u>		
Responsable: <u>Bach. Candy Vanessa Ardiles Lupaca</u>		
Tesis:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN MEZCLAS TRADICIONALES DE ADOBE CON LA ADICIÓN DE CEMENTO YURA IP, PARA EL REVESTIMIENTO DEL RESERVORIO ENTERRADO EN EL SISTEMA DE RIEGO CCARCCO, COMUNIDAD SAN FERNANDO, DISTRITO DE INKAWASI, LA CONVENCION, CUSCO – 2018.	
TIPO	INDICADORES	Muestra N°1
Caracterización por tamaño de partículas	Si la cantidad de limo y arcilla es mayor que la de grava y arena : puede ser limoso o arcilloso	
	Si la cantidad de limo y arcilla es menor que la de grava y arena : puede ser arenosa	
	<b>RESULTADO:</b>	
Caracterización por color	Colores claros y brillantes: Suelos Inorgánicos	
	Colores café oscuro, verde oliva o negro: Suelos orgánicos	
	<b>RESULTADO:</b>	
Caracterización por brillo	Las superficies son brillantes o hay mucho brillo: Es arcillosa	
	Las superficies presentan poco brillo: Es limosa	
	Las superficies son opacas: Es arenosa	
	<b>RESULTADO:</b>	
Caracterización por tacto	Si raspa: Es arenosa	
	Si es suave como talco: Es limoso o arcillosa	
	<b>RESULTADO:</b>	

Fuente: Propia





Tabla 15: Guía de observación en campo para suelo: Prueba de cinta de barro.

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN EN CAMPO</b>				
<b>PARA SUELO : PRUEBA DE CINTA DE BARRO</b>				
Lugar : <u>Sector Ccarcco, Comunidad Campesina San Fernando,</u>		Fecha: _____		
<u>Distrito de Inkawasi, Provincia La Convención, Cusco</u>				
Responsable: <u>Bach. Candy Vanessa Ardiles Lupaca</u>				
Tesis:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN MEZCLAS TRADICIONALES DE ADOBE CON LA ADICIÓN DE CEMENTO YURA IP, PARA EL REVESTIMIENTO DEL RESERVORIO ENTERRADO EN EL SISTEMA DE RIEGO CCARCCO, COMUNIDAD SAN FERNANDO, DISTRITO DE INKA WASI, LA CONVENCION, CUSCO – 2018.			
TIPO	INDICADORES	Muestra N°1 (cm)	Muestra N°2 (cm)	Muestra N°3 (cm)
Prueba de Cinta de barro	Si la cinta alcanza entre 20 cm y 25 cm: Suelo muy arcilloso			
	Si la cinta se corta a los 10 cm o menos: Suelo con poco contenido de arcilla			
<b>RESULTADO:</b>				

Fuente: Propia

Tabla 16: Guía de observación en campo para suelo: Presencia de arcilla o resistencia seca.

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN EN CAMPO</b>			
<b>PARA SUELO : Prueba "Presencia de arcilla" o "Resistencia seca"</b>			
Lugar : <u>Sector Ccarcco, Comunidad Campesina San Fernando,</u>		Fecha: _____	
<u>Distrito de Inkawasi, Provincia La Convención, Cusco</u>			
Responsable: <u>Bach. Candy Vanessa Ardiles Lupaca</u>			
Tesis:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN MEZCLAS TRADICIONALES DE ADOBE CON LA ADICIÓN DE CEMENTO YURA IP, PARA EL REVESTIMIENTO DEL RESERVORIO ENTERRADO EN EL SISTEMA DE RIEGO CCARCCO, COMUNIDAD SAN FERNANDO, DISTRITO DE INKA WASI, LA CONVENCION, CUSCO – 2018.		
TIPO	INDICADORES	Muestra N°1	Muestra N°2
Presencia de Arcilla o Resistencia Seca	NO SE ROMPE: El suelo tiene suficiente arcilla.	Bolita N°01	
		Bolita N°02	
	SE ROMPE: El suelo tiene poca arcilla.	Bolita N°03	
		Bolita N°04	
<b>RESULTADO:</b>			

Fuente: Propia



Tabla 17: Guía de observación en campo para suelo: Prueba de la botella o test del vidrio.

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN EN CAMPO</b>		
<b>PARA SUELO : PRUEBA DE LA BOTELLA o TEST DEL VIDRIO</b>		
Lugar : <u>Sector Ccarcco, Comunidad Campesina San Fernando,</u>		Fecha: _____
<u>Distrito de Inkawasi, Provincia La Convención, Cusco</u>		
Responsable: <u>Bach. Candy Vanessa Ardiles Lupaca</u>		
Tesis:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN MEZCLAS TRADICIONALES DE ADOBE CON LA ADICIÓN DE CEMENTO YURA IP, PARA EL REVESTIMIENTO DEL RESERVORIO ENTERRADO EN EL SISTEMA DE RIEGO CCARCCO, COMUNIDAD SAN FERNANDO, DISTRITO DE INKAWASI, LA CONVENCION, CUSCO – 2018.	

Denominación	Altura (cm)			% ARENA	% LIMO	% ARCILLA
MUESTRA N° 01	h1:	h2:	h3:			

$(h1/h3) \times 100\% = \% \text{ Arena}$   
 $[(h2-h1)/h3] \times 100\% = \% \text{ limo}$   
 $[(h3-h2)/h3] \times 100\% = \% \text{ arcilla}$

**RESULTADOS DE CLASIFICACIÓN DEL SUELO**

MUESTRA N°01

Fuente: Propia



Tabla 18: Guía de observación en laboratorio para suelo: Contenido de humedad

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
GUÍA DE OBSERVACIÓN EN LABORATORIO		UAC	
<b>PARA EL SUELO: CONTENIDO DE HUMEDAD</b>			
MTC E 108-2016, basado en la Norma ASTM D 2216			
Lugar : <u>Sector Ccareco, Comunidad Campesina San Fernando,</u>		Fecha: _____	
<u>Distrito de Inkawasi, Provincia La Convención, Cusco</u>			
Responsable: <u>Bach. Candy Vanessa Ardiles Lupaca</u>			
Tesis:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN MEZCLAS TRADICIONALES DE ADOBE CON LA ADICIÓN DE CEMENTO YURA IP, PARA EL REVESTIMIENTO DEL RESERVORIO ENTERRADO EN EL SISTEMA DE RIEGO CCARCCO, COMUNIDAD SAN FERNANDO, DISTRITO DE INKAWASI, LA CONVENCION, CUSCO – 2018.		
DESCRIPCIÓN	Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3
Peso del contenedor (gr)			
Peso del contenedor + muestra suelo húmedo (gr)			
Peso del contenedor + muestra suelo secada al horno (gr)			
Peso del agua (gr)			
Peso de la muestra de suelo secada al horno (gr)			
% de CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO			
	% CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO PROMEDIO		

Fuente: Propia

Tabla 19: Guía de observación en laboratorio para el suelo: Análisis granulométrico de suelos por tamizado.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
GUÍA DE OBSERVACIÓN EN LABORATORIO		UAC			
<b>PARA EL SUELO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO</b>					
MTC E 107-2016, basado en la Norma ASTM D 422					
Lugar : <u>Sector Ccareco, Comunidad Campesina San Fernando,</u>		Fecha: _____			
<u>Distrito de Inkawasi, Provincia La Convención, Cusco</u>					
Responsable: <u>Bach. Candy Vanessa Ardiles Lupaca</u>					
Tesis:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN MEZCLAS TRADICIONALES DE ADOBE CON LA ADICIÓN DE CEMENTO YURA IP, PARA EL REVESTIMIENTO DEL RESERVORIO ENTERRADO EN EL SISTEMA DE RIEGO CCARCCO, COMUNIDAD SAN FERNANDO, DISTRITO DE INKAWASI, LA CONVENCION, CUSCO – 2018.				
<b>ANTES DEL LAVADO</b> Muestra + Bandeja : <input style="width: 50px;" type="text"/> gr Peso de la bandeja : <input style="width: 50px;" type="text"/> gr Peso de la muestra seca : <input style="width: 50px;" type="text"/> gr		<b>DESPUÉS DEL LAVADO</b> Muestra + Bandeja : <input style="width: 50px;" type="text"/> gr Peso de la bandeja : <input style="width: 50px;" type="text"/> gr Peso de la muestra seca : <input style="width: 50px;" type="text"/> gr % de error en peso : <input style="width: 50px;" type="text"/>			
GRANULOMETRÍA DEL SUELO					
Mallas estandar		Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que Pasa
Pulg.	φ mm				
3/8"	19.000				
N° 4	4.776				
N° 8	2.360				
N° 16	1.100				
N° 30	0.590				
N° 50	0.297				
N° 100	0.149				
N° 200	0.075				
Cazuela	-				
Total	-				

Fuente: Propia



Tabla 20: Guía de observación en laboratorio: Límites de Atterberg – Límite líquido.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN</b>			
<b>ENSAYO EN LABORATORIO: LÍMITES DE ATTERBERG - LÍMITE LÍQUIDO</b>			
MTCE 110-2016, basado en la NTP 339.129			
Lugar :	Sector Ccarcco, Comunidad Campesina San Fernando, _____ Distrito de Inkawasi, Provincia La Convención, Cusco _____		
Fecha:	_____		
Responsable:	Bach. Candy Vanessa Ardiles Lupaca _____		
Tesis:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN MEZCLAS TRADICIONALES DE ADOBE CON LA ADICIÓN DE CEMENTO YURA IP, PARA EL REVESTIMIENTO DEL RESERVORIO ENTERRADO EN EL SISTEMA DE RIEGO CCARCCO, COMUNIDAD SAN FERNANDO, DISTRITO DE INKA WASI, LA CONVENCION, CUSCO – 2018.		
LÍMITE LÍQUIDO			
DESCRIPCIÓN	Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3
Peso de contenedor (gr)			
Peso de contenedor + muestra de suelo húmedo (gr)			
Peso de la muestra de suelo húmedo (gr)			
Peso contenedor+muestra de suelo secada al horno (gr)			
Peso de la muestra de suelo secada al horno (gr)			
Peso del agua (gr)			
Contenido de humedad del suelo (%)			
<b>Número de golpes</b>			
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1;"> </div> <div style="flex: 0.5; margin-left: 10px;"> <p>Número de golpes <span style="display: inline-block; width: 20px; height: 15px; border: 1px solid black; background-color: white; margin-left: 5px;"></span></p> <p>Límite líquido <span style="display: inline-block; width: 20px; height: 15px; border: 1px solid black; background-color: #c0c0c0; margin-left: 5px;"></span></p> </div> </div>			

Fuente: Propia



Tabla 21: Guía de observación en laboratorio: Límites de Atterberg – Límite plástico.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
	<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN</b>		
<b>ENSAYO EN LABORATORIO: LÍMITES DE ATTERBERG - LÍMITE PLÁSTICO</b>			
MTC E 111-2016, basado en la NTP 339.129			
Lugar : <u>Sector Ccarcco, Comunidad Campesina San Fernando,</u>		Fecha: _____	
<u>Distrito de Inkawasi, Provincia La Convención, Cusco</u>			
Responsable: <u>Bach. Candy Vanessa Ardiles Lupaca</u>			
Tesis:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN MEZCLAS TRADICIONALES DE ADOBE CON LA ADICIÓN DE CEMENTO YURA IP, PARA EL REVESTIMIENTO DEL RESERVORIO ENTERRADO EN EL SISTEMA DE RIEGO CCARCCO, COMUNIDAD SAN FERNANDO, DISTRITO DE INKAWASI, LA CONVENCION, CUSCO – 2018.		
LÍMITE PLÁSTICO			
DESCRIPCIÓN	Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3
Peso de contenedor (gr)			
Peso de contenedor + muestra de suelo húmedo (gr)			
Peso contenedor+muestra de suelo secada al horno (gr)			
Peso del agua (gr)			
Peso de la muestra de suelo secada al horno (gr)			
Contenido de humedad del suelo (%)			
		Límite plástico	
		Índice de plasticidad	

Fuente: Propia

Tabla 22: Guía de observación en laboratorio: Dosificación de mezclas para amasado inicial



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
	<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN EN CAMPO</b>						
<b>DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS PARA AMASADO INICIAL</b>							
Lugar : <u>Sector Ccarcco, Comunidad Campesina San Fernando,</u>		Fecha: <u>23/04/2018</u>					
<u>Distrito de Inkawasi, Provincia La Convención, Cusco</u>							
Responsable: <u>Bach. Candy Vanessa Ardiles Lupaca</u>							
Tesis:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN MEZCLAS TRADICIONALES DE ADOBE CON LA ADICIÓN DE CEMENTO YURA IP, PARA EL REVESTIMIENTO DEL RESERVORIO ENTERRADO EN EL SISTEMA DE RIEGO CCARCCO, COMUNIDAD SAN FERNANDO, DISTRITO DE INKAWASI, LA CONVENCION, CUSCO – 2018.						
Material	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
Tierra							
Agua							
Paja							

Fuente: Propia





Tabla 23: Guía de observación en laboratorio: Dosificación de mezclas para amasado final

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN EN CAMPO</b>					
<b>DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS PARA AMASADO FINAL</b>					
Lugar : <u>Sector Ccarcco, Comunidad Campesina San Fernando,</u>		Fecha: _____			
<u>Distrito de Inkawasi, Provincia La Convención, Cusco</u>					
Responsable: <u>Bach. Candy Vanessa Ardiles Lupaca</u>					
Tesis:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN MEZCLAS TRADICIONALES DE ADOBE CON LA ADICIÓN DE CEMENTO YURA IP, PARA EL REVESTIMIENTO DEL RESERVORIO ENTERRADO EN EL SISTEMA DE RIEGO CCARCCO, COMUNIDAD SAN FERNANDO, DISTRITO DE INKAWASI, LA CONVENCION, CUSCO – 2018.				
Hora de inicio :		Hora final:			
Temperatura inicial :		Temperatura final :			
Humedad inicial :		Humedad final :			
Denominación	Porcentaje de adición (%)	Materiales	Medida	Unidad	Observaciones
M1	100.00	Tierra		Pie <sup>3</sup>	
	0.00	Cemento Yura IP		kg	
		Agua		litro	
		Paja		kg	
M2	100.00	Tierra		Pie <sup>3</sup>	
	2.50	Cemento Yura IP		kg	
		Agua		litro	
		Paja		kg	
M3	100.00	Tierra		Pie <sup>3</sup>	
	3.50	Cemento Yura IP		kg	
		Agua		litro	
		Paja		kg	
M4	100.00	Tierra		Pie <sup>3</sup>	
	4.50	Cemento Yura IP		kg	
		Agua		litro	
		Paja		kg	
M5	100.00	Tierra		Pie <sup>3</sup>	
	5.50	Cemento Yura IP		kg	
		Agua		litro	
		Paja		kg	
M6	100.00	Tierra		Pie <sup>3</sup>	
	6.50	Cemento Yura IP		kg	
		Agua		litro	
		Paja		kg	
M7	100.00	Tierra		Pie <sup>3</sup>	
	7.50	Cemento Yura IP		kg	
		Agua		litro	
		Paja		kg	

Fuente: Propia



Tabla 24: Guía de observación en campo: Fisuración

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		GUÍA DE OBSERVACIÓN											
<b>ENSAYO EN CAMPO: FISURACIÓN _____ días</b>																	
Lugar : <u>Sector Ccarcco, Comunidad Campesina San Fernando,</u>				Fecha: _____													
<u>Distrito de Inkawasi, Provincia La Convención, Cusco</u>																	
Responsable: <u>Bach. Candy Vanessa Ardiles Lupaca</u>																	
Tesis:		EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN MEZCLAS TRADICIONALES DE ADOBE CON LA ADICIÓN DE CEMENTO YURA IP, PARA EL REVESTIMIENTO DEL RESERVOIRIO ENTERRADO EN EL SISTEMA DE RIEGO CCARCCO, COMUNIDAD SAN FERNANDO, DISTRITO DE INKA WASI, LA CONVENCION, CUSCO – 2018.															
Serie de mezclas	% cemento Yura IP (Volumen)	% tierra (volumen)	Serie de testigos	Área de panel (m <sup>2</sup> )	Longitud de fisuras (cm)										Long. total fisuras (cm)	Fisuración (cm/m <sup>2</sup> )	
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			11
M1	0.00%	100.00%	T1	1.00													
M2	2.50%	100.00%	T1	1.00													
M3	3.50%	100.00%	T1	1.00													
M4	4.50%	100.00%	T1	1.00													
M5	5.50%	100.00%	T1	1.00													
M6	6.50%	100.00%	T1	1.00													
M7	7.50%	100.00%	T1	1.00													

Fuente: Propia



Tabla 25: Guía de observación en laboratorio: Absorción

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA											
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL											
GUÍA DE OBSERVACIÓN											
<b>ENSAYO EN LABORATORIO: ABSORCIÓN - ___ hora</b>											
Lugar : Laboratorio de suelos y asfaltos, Escuela Profesional de Ingeniería Civil						Fecha: _____					
Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Andina del Cusco- Sede Larapa						Hora : _____					
Responsable: <u>Bach. Candy Vanessa Ardiles Lupaca</u>											
Tesis: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN MEZCLAS TRADICIONALES DE ADOBE CON LA ADICIÓN DE CEMENTO YURA IP, PARA EL REVESTIMIENTO DEL RESERVORIO ENTERRADO EN EL SISTEMA DE RIEGO CCARCCO, COMUNIDAD SAN FERNANDO, DISTRITO DE INKA WASI, LA CONVENCION, CUSCO – 2018.											
Serie de mezclas	% cemento Yura IP (Volumen)	% tierra (volumen)	Serie de testigos	Dimensiones (cm)			Volumen testigo (cm³)	Peso seco (gr)	Peso saturado 1 hora (gr)	Absorción (%)	Promedio Absorción (%)
				Largo	Ancho	Alto					
M1	0.00%	100.00%	T1								
			T2								
			T3								
			T4								
M2	2.50%	100.00%	T1								
			T2								
			T3								
			T4								
M3	3.50%	100.00%	T1								
			T2								
			T3								
			T4								
M4	4.50%	100.00%	T1								
			T2								
			T3								
			T4								
M5	5.50%	100.00%	T1								
			T2								
			T3								
			T4								
M6	6.50%	100.00%	T1								
			T2								
			T3								
			T4								
M7	7.50%	100.00%	T1								
			T2								
			T3								
			T4								

Fuente: Propia



Tabla 26: Guía de observación en laboratorio: Resistencia a la compresión

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		GUÍA DE OBSERVACIÓN			
<b>ENSAYO EN LABORATORIO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, ____ días</b>									
Lugar : Laboratorio de suelos y asfaltos, Escuela Profesional de Ingeniería Civil				Fecha: _____					
Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Andina del Cusco- Sede Larapa									
Responsable: Bach. Candy Vanessa Ardiles Lupaca									
Tesis:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN MEZCLAS TRADICIONALES DE ADOBE CON LA ADICIÓN DE CEMENTO YURA IP, PARA EL REVESTIMIENTO DEL RESERVORIO ENTERRADO EN EL SISTEMA DE RIEGO CCARCCO, COMUNIDAD SAN FERNANDO, DISTRITO DE INKA WASI, LA CONVENCION, CUSCO – 2018.								
Serie de mezclas	% cemento Yura IP (Volumen)	% tierra (volumen)	Serie de testigos	Dimensiones (cm)		Área de contacto (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (Kgf)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )
				Largo	Ancho				
M1	0.00%	100.00%	T1						
			T2						
			T3						
			T4						
			T5						
			T6						
M2	2.50%	100.00%	T1						
			T2						
			T3						
			T4						
			T5						
			T6						
M3	3.50%	100.00%	T1						
			T2						
			T3						
			T4						
			T5						
			T6						
M4	4.50%	100.00%	T1						
			T2						
			T3						
			T4						
			T5						
			T6						
M5	5.50%	100.00%	T1						
			T2						
			T3						
			T4						
			T5						
			T6						
M6	6.50%	100.00%	T1						
			T2						
			T3						
			T4						
			T5						
			T6						
M7	7.50%	100.00%	T1						
			T2						
			T3						
			T4						
			T5						
			T6						

Fuente: Propia



Tabla 27: Guía de observación en laboratorio: Erosión acelerada

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO											
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA											
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL											
GUÍA DE OBSERVACIÓN											
<b>ENSAYO EN LABORATORIO: EROSIÓN ACELERADA SWINBURNE</b>											
Lugar : <u>San Sebastián, Cusco</u>						Fecha: _____					
Responsable: <u>Bach. Candy Vanessa Ardiles Lupaca</u>											
Tesis: <b>EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN MEZCLAS TRADICIONALES DE ADOBE CON LA ADICIÓN DE CEMENTO YURA IP, PARA EL REVESTIMIENTO DEL RESERVORIO ENTERRADO EN EL SISTEMA DE RIEGO CCARCCO, COMUNIDAD SAN FERNANDO, DISTRITO DE INKA WASI, LA CONVENCIÓN, CUSCO – 2018.</b>											
Serie de mezclas	% cemento Yura IP (Volumen)	% tierra (volumen)	Serie de testigos	Profundidad oquedad (mm)	Prom. Prof. oquedad (mm)	Serie de mezclas	% cemento Yura IP (Volumen)	% tierra (volumen)	Serie de testigos	Profundidad oquedad (mm)	Prom. Prof. oquedad (mm)
M1	0.00%	100.00%	T1			M5	5.50%	100.00%	T1		
			T2						T2		
			T3						T3		
			T4						T4		
M2	2.50%	100.00%	T1			M6	6.50%	100.00%	T1		
			T2						T2		
			T3						T3		
			T4						T4		
M3	3.50%	100.00%	T1			M7	7.50%	100.00%	T1		
			T2						T2		
			T3						T3		
			T4						T4		
M4	4.50%	100.00%	T1								
			T2								
			T3								
			T4								

Fuente: Propia



### 3.4.2. Instrumentos de Ingeniería

Los Instrumentos de ingeniería que se utilizaron para la presente investigación fueron:

#### **Contenido de humedad del suelo**

- Taras con tapa
- Horno eléctrico
- Balanza de precisión

#### **Granulometría**

- Serie de tamices: 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200, fondo y tapa
- Balanza de precisión
- Tamiz N°200 de lavado
- Horno eléctrico
- Zaranda mecánica
- Recipientes

#### **Límite líquido**

- Tamiz N°40
- Plato de mezclado
- Piseta
- Copa de Casagrande
- Ranurador
- Taras con tapa
- Horno eléctrico
- Balanza de precisión

#### **Límite plástico**

- Vidrio esmerilado
- Varilla calibrada 3mm
- Piseta
- Taras
- Horno eléctrico
- Balanza de precisión



### **Elaboración de testigos**

- Cubetera de 1 pie<sup>3</sup>
- Herramientas manuales
- Balanza
- Plástico para cobertura y protección
- Molde para testigos
- Panel para vaciado de testigos
- Higrotermómetro

### **Fisuración**

- Cordel nylon
- Regla graduada

### **Absorción**

- Balanza de precisión
- Horno eléctrico
- Vernier
- Recipientes profundos
- Paño absorbente de tela

### **Resistencia a la compresión**

- Equipo de compresión axial
- Vernier

### **Erosión acelerada**

- Equipo de erosión acelerada de Swinburne
- Vernier
- Probeta plástica de 1000 ml
- Cronómetro



### 3.5. Procedimientos de recolección de Datos

#### 3.5.1. Muestreo del suelo (muestra alterada)

##### a) Equipos utilizados en la prueba

- Flexómetro
- Palas y picos
- Embalaje para despacho a laboratorio y pruebas en campo

##### b) Procedimiento

- Se realizó la excavación de una calicata para toma de muestras alteradas e inalteradas.
- Se determinaron las alturas de los estratos observados.
- Se tomó una muestra suficiente y necesaria para realizar los ensayos en campo y laboratorio

##### c) Toma de datos



Figura 16: Excavación de calicata

Fuente: Propia



Figura 17: Toma de muestra alterada

Fuente: Propia





### 3.5.2. Tests táctil-visuales

a) Equipos utilizados en la prueba

- Superficie lisa no absorbente

b) Procedimiento

- Para la caracterización por tamaño de partículas: se esparció una muestra de tierra seca sobre una superficie lisa no absorbente, separando con las manos las partículas que eran observables a simple vista y se clasificó preliminarmente de acuerdo a la cantidad visible del material.
- Para la caracterización por color: se toma una muestra seca de tierra y se clasificó preliminarmente en forma visual.
- Para la caracterización por brillo, se tomó una muestra de material bien fino y se amasó con agua hasta que se formó una bola compacta del tamaño de la mano, se cortó por la mitad, luego se observó que tan brillante era.
- Para la caracterización por tacto: se restregó entre los dedos una porción de tierra y se clasificó preliminarmente, luego se verificó la clasificación humedeciendo una porción de la tierra moldeando una bola, finalmente se clasificó.



Figura 18: Caracterización por tamaño de partículas

Fuente: Propia



Figura 19: Caracterización por color  
Fuente: Propia



Figura 20: Caracterización por brillo  
Fuente: Propia

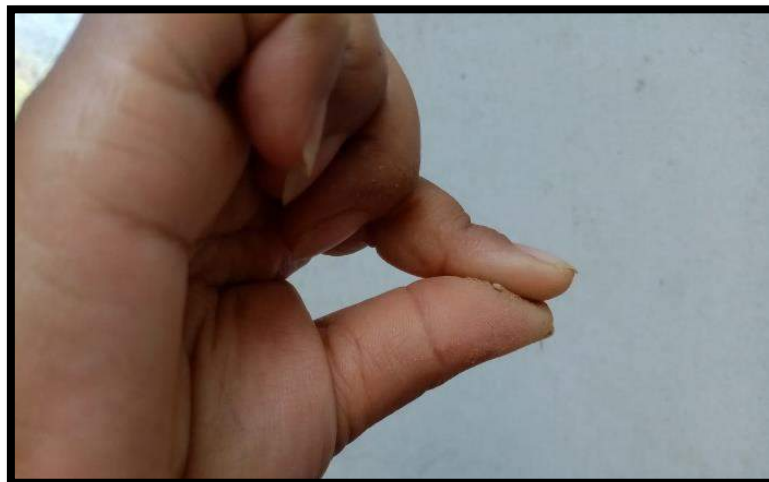


Figura 21: Caracterización por tacto  
Fuente: Propia



c) Toma de datos

Tabla 28: Datos de los tests táctil-visuales para clasificación preliminar del suelo

Tipo	Indicadores	Muestra	Clasificación preliminar
Caracterización por tamaño de partículas	Si la cantidad de limo y arcilla es mayor que la de grava y arena	NO	Arenosa
	Si la cantidad de limo y arcilla es menor que la de grava y arena	SI	
Caracterización por color	Colores claros y brillantes	SI	Suelo inorgánico
	Colores café oscuro, verde oliva o negro	NO	
Caracterización por brillo	Las superficies son brillantes o hay mucho brillo	NO	Limoso
	Las superficies presentan poco brillo	SI	
Caracterización por tacto	Si raspa	SI	Arenosa
	Si es suave como talco	NO	

### 3.5.3. Prueba de cinta de barro

a) Equipos utilizados en la prueba

- Regla graduada

b) Procedimiento

- Se tomó una muestra de tierra, se humedeció y se formó un cilindro con las manos de 12mm de diámetro.
- Con el cilindro en la mano se procedió a aplanar poco a poco con los dedos hasta formar una cinta de 4 mm de espesor.
- Se dejó descolgar lo más que se pudo hasta que se cortó.



- Finalmente se procedió a tomar media con una regla graduada y se repitió el proceso 2 veces más.



Figura 22: Prueba de cinta de barro  
Fuente: Propia

c) Toma de datos

Tabla 29: Datos de la prueba de cinta de barro

TIPO	INDICADORES	Muestra N°1 (cm)	Muestra N°2 (cm)	Muestra N°3 (cm)
<b>Prueba de Cinta de barro</b>	Si la cinta alcanza entre 20 cm y 25 cm: Suelo muy arcilloso	16.50	15.50	16.00
	Si la cinta se corta a los 10 cm o menos: Suelo con poco contenido de arcilla			
<b>RESULTADO:</b>		Suelo con contenido medio de arcilla		

### 3.5.4. Prueba de resistencia seca

a) Equipos utilizados en la prueba

- Recipiente de secado

b) Procedimiento

- Se tomó una muestra de tierra, se le añadió agua necesaria para su amasado
- Se formaron 4 bolitas entre las palmas de las manos
- Se dejaron secar durante 48 horas
- Luego del secado se procedió a comprimirlas entre el dedo índice y pulgar de una mano



Figura 23: Prueba de resistencia seca  
Fuente: Propia

c) Toma de datos

Tabla 30: Datos de la prueba de resistencia seca

TIPO		INDICADORES	Muestra N°1
<b>Presencia de Arcilla</b> o <b>Resistencia Seca</b>	NO SE ROMPE: El suelo tiene suficiente arcilla.	Bolita N°01	No se rompe
		Bolita N°02	No se rompe
	SE ROMPE: El suelo tiene poca arcilla.	Bolita N°03	No se rompe
		Bolita N°04	No se rompe
<b>RESULTADO:</b>			El suelo tiene suficiente arcilla

### 3.5.5. Prueba de la botella

a) Equipos utilizados en la prueba

- Botella de vidrio de boca ancha
- Regla graduada

b) Procedimiento

- Se tomó una muestra de tierra que no tuviera partículas superiores retenidas por el tamiz N°4.
- Se llenó la botella de vidrio hasta la mitad de su altura con la muestra de tierra y se le añadió agua hasta llenarla.
- Se agitó vigorosamente y se dejó descansar en una superficie horizontal.
- Finalmente, luego de que todas las partículas en suspensión se decanten, se procedió a medir las alturas.



Figura 24: Caracterización por tamaño de partículas  
Fuente: Propia

c) Toma de datos

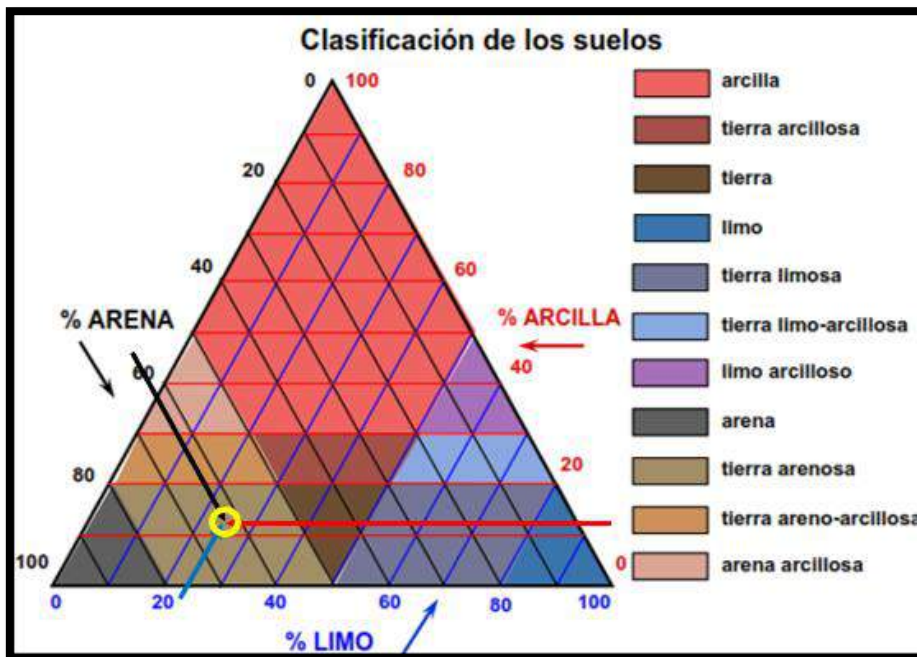


Figura 25: Clasificación del suelo por prueba de la botella  
Fuente: Martins et al, 2009. (adaptado de Aid at al (s/d) y Moran, 1984)



Tabla 31: Datos de la prueba de la botella

TIPO	h1 (cm)	h2 (cm)	h3 (cm)	% arena	% limo	% arcilla
Prueba de la botella	5.4	7.4	8.5	63.53%	23.53%	12.94%
<b>RESULTADO:</b>						Tierra arenosa

### 3.5.6. Ensayo de contenido de humedad

#### a) Equipos utilizados en la prueba

- Horno eléctrico
- Balanza de precisión
- Taras con tapa

#### b) Procedimiento

- Se tomaron muestras representativas de suelo y se colocaron en las taras.
- Se pesaron las taras y se llevaron al horno a temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  por 24 horas.
- Se retiraron las taras de horno y luego de que enfriaran a temperatura ambiente se tomó el peso seco de las muestras.



Figura 26: Contenido de humedad natural del terreno  
Fuente: Propia



Figura 27: Muestras para contenido de humedad en el horno eléctrico  
Fuente: Propia

c) Toma de datos

Tabla 32: Datos del ensayo de contenido de humedad

DESCRIPCIÓN	Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3
Peso del contenedor (gr)	36.90	37.10	36.50
Peso del contenedor + muestra suelo húmedo (gr)	132.13	122.00	125.07
Peso del contenedor + muestra suelo seca (gr)	109.40	101.64	103.72
Peso del agua (gr)	22.73	20.36	21.35
Peso de la muestra de suelo secada al horno (gr)	72.50	64.54	67.22

### 3.5.7. Granulometría por tamizado

a) Equipos utilizados en la prueba

- Pala y regla para cuarteo
- Horno eléctrico
- Bandejas
- Tamiz N°200 para lavado
- Balanza de precisión





- Zaranda mecánica
  - Serie de tamices agregado fino: N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200, fondo y tapa.
  - Brocha, comba de goma
- b) Procedimiento
- Se cuarteó una muestra representativa según el MTC E201 para colocar al horno de secado a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  durante 24 horas.
  - Luego de que la muestra estuviera seca y a temperatura ambiente, se pesó la cantidad indicada para proceder al lavado a través del tamiz N°200 hasta que el agua estuviera libre limpia, guardando el cuidado de no perder muestra durante el lavado.
  - Se colocó la muestra en el horno de secado durante 24 horas, se pesó luego de llegar a temperatura ambiente.
  - Se tamizó en la zaranda mecánica colocando la serie de tamices en orden decreciente.
  - Se tomó el peso de muestra retenida en cada tamiz.



Figura 28: Muestra de suelo, serie de tamices y zaranda mecánica  
Fuente: Propia



Figura 29: Muestra retenida en la serie de tamices para agregado fino  
Fuente: Propia



c) Toma de datos

Tabla 33: Datos del ensayo de granulometría del suelo por tamizado

Mallas estándar		Durante el lavado	Después del lavado
N°	φ mm	Peso retenido del lavado (gr)	Peso Retenido (gr)
N°4	4.760		0.00
N°8	2.360		7.28
N°16	1.100		25.20
N°30	0.590		55.70
N°50	0.297		66.96
N°100	0.149		79.90
N°200	0.075		71.88
Cazuela	-	188.94	4.14
Total	-		500.00

### 3.5.8. Límites de Atterberg: Ensayo de límite líquido y Límite plástico

a) Equipos utilizados en las pruebas

- Cuchara de Casagrande
- Ranurador
- Balanza de precisión
- Taras
- Espátula
- Plato con pilón de porcelana y paño húmedo
- Piseta con agua destilada
- Tamiz N°40
- Vidrio esmerilado para rodadura
- Varilla metálica de 1/8"

b) Procedimiento

Para el ensayo de Límite Líquido:

- Se tamizó una muestra de suelo por la malla N°40.
- Se tomó parte de la muestra tamizada y se le agregó agua destilada, mezclando homogéneamente.
- Se colocó la muestra humedecida con la espátula en la cuchara de Casagrande, se separó con el ranurador y se procedió a girar el manubrio.



- Luego de 3 intentos, se detuvo el ensayo debido a que el límite líquido no pudo determinarse, ya que la ranura se cerraba mucho antes de los 25 golpes (12, 9, 11 golpes).

Como el límite líquido no pudo determinarse, se canceló el ensayo para determinar el límite plástico y se clasificó como suelo no plástico según la recomendación del MTC E110.

c) Toma de datos

Tabla 34: Datos del ensayo de límite líquido

DESCRIPCIÓN	Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3
Peso de contenedor (gr)	15.97	16.22	15.90
Peso de contenedor + muestra de suelo húmedo (gr)	-	-	-
Peso de la muestra de suelo húmedo (gr)	-	-	-
Peso contenedor + muestra suelo secada horno (gr)	-	-	-
Peso de la muestra de suelo secada al horno (gr)	-	-	-
Peso del agua (gr)	-	-	-
Contenido de humedad del suelo (%)	-	-	-
Número de golpes	12	9	11
<b>RESULTADO DE LÍMITE LÍQUIDO:</b>	<b>Límite no pudo determinarse (L.N.P.D.)</b>		
<b>SUELO</b>	<b>NO PLÁSTICO</b>		



Figura 30: Ensayo de Límite Líquido con la cuchara de Casagrande  
Fuente: Propia



Como el Límite Líquido no pudo determinarse y por tanto el Índice de Plasticidad, requeridos por la tabla 6 de criterios para asignación de símbolos de grupo para suelos de grano grueso y según la granulometría del suelo por tamizado, se observa que tiene el 100% de la fracción gruesa pasa el tamiz N°4, el 61.38% es retenido en el tamiz N° 200 y el 38.62% pasa el tamiz N°200, por lo que el suelo puede estar clasificado dentro de arena limpia o arena con finos.

- Observación 1: Al emplear el ranurador de la cuchara de Casagrande del laboratorio de suelos y asfaltos, el técnico de laboratorio indica que para completar el ensayo y por las características del suelo, se debe de emplear un ranurador tipo guadaña, que por el momento no se cuenta en el laboratorio, razón por la cual sugiere realizar el ensayo en un laboratorio externo, de acuerdo a la necesidad que debamos darle a la clasificación.
- Observación 2: En la Norma E.080 “Diseño y construcción con tierra reforzada” indica que poder identificar un suelo adecuado con cantidad de arcilla suficiente para emplearse en la elaboración de unidades de adobe reforzado, se deben de realizar 2 tipos de prueba: Prueba de “Cinta de Barro” y la prueba de “Presencia de arcilla” o “Resistencia Seca”, las cuales han sido desarrolladas en los ítems 3.5.3 y 3.5.4.

Finalmente, se opta por emplear los resultados de clasificación de suelos por tamaño de partículas obtenidos por el método Kilmer y Alexander del Departamento Académico de Química de la Facultad de Ciencias Químicas, Físicas y Matemáticas de la Universidad de San Antonio Abad del Cusco, para minimizar los gastos económicos. Clasificándose entonces al suelo como una Arena Limosa (SM) según lo observado en la tabla 35: Datos del análisis físico químico del suelo.

### **3.5.9. Clasificación del suelo por tamaño de partículas**

#### a) Equipos utilizados en la prueba

- Diagrama triangular de clasificación de suelos

#### b) Procedimiento

- Para contar con una clasificación del suelo por el tamaño de sus partículas, se emplearon los resultados de una muestra de suelo enviada al Departamento Académico de Química de la Facultad de Ciencias Químicas, Físicas y Matemáticas de la Universidad de San Antonio Abad del Cusco, los resultados se utilizaron en vista que no se pudo determinar el límite líquido e índice de plasticidad para realizar la clasificación S.U.C.S.



c) Toma de datos

Tabla 35: Datos del análisis fisicoquímico del suelo

DESCRIPCIÓN	MEDIDA	MÉTODO
p. H.	6.50	Método Potenciométrico
Materia Orgánica (%)	0.90	Método Walkley y Black
C.E. (mmhos/cm)	0.055	Método Instrumental
d. a. (g/cc)	1.493	Método Gravimétrico
Arena (%)	63	
Textura: Limo (%)	27	Método Kilmer y Alexander
Arcilla (%)	10	

Fuente: Laboratorio de análisis químico del Departamento Académico de Química de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

### 3.5.10. Proceso de Dormido y amasado inicial

a) Equipos y materiales utilizados

- Cubeteras de 1 pie<sup>3</sup>
- Balanza
- Palas
- Jarra medidora
- Plásticos

b) Procedimiento

- Se obtuvo la tierra para realizar los bloques y paneles del material excedente de excavación para la construcción del reservorio enterrado en el sector de Ccarcco, el cual se mantuvo envuelto en plástico durante el proceso de dormido para mantener la humedad natural del terreno y evitar que las precipitaciones pluviales o temperaturas altas varíen su composición natural.
- Luego del proceso de dormido inicial se midieron las cantidades necesarias de cada material para elaborar los paneles y bloques de ensayo.
- Se midió la tierra en cubeteras según la dosificación previamente calculada, se le agregó la medida de agua y se mezcló con el pisado por 25 minutos.
- Luego se agregó la paja y se completó el mezclado por 5 minutos.
- Finalmente se concluyó el amasado inicial luego de 30 minutos de pisado, se armaron rumas y se dejó dormir la mezcla por 2 días más protegiéndola con plástico.



Figura 31: Corte y pesado de paja para la preparación de las mezclas

Fuente: Propia



Figura 32: Verificación de medidas y homogeneidad de la tierra

Fuente: Propia



Figura 33: Preparado de las rumas para el amasado inicial

Fuente: Propia



Figura 34: Materiales antes del amasado inicial  
Fuente: Propia



Figura 35: Proceso de amasado inicial  
Fuente: Propia



Figura 36: Incorporación intercalada de paja y agua a la mezcla durante el amasado inicial  
Fuente: Propia



Figura 37: Armado de rumas de mezclas para el proceso de dormido  
Fuente: Propia



Figura 38: Protección de las rumas de mezcla luego del amasado inicial  
Fuente: Propia

c) Toma de datos

Tabla 36: Datos de dosificación para amasado inicial

Material	Cantidad	Unidad
Tierra	5.98	pie <sup>3</sup>
Agua	12.00	litro
Paja	1.30	kilogramo

Fuente: Propia





### 3.5.11. Proceso amasado final, lanzado y moldeado

#### a) Equipos y materiales utilizados

- Paneles de 100x100x10 cm
- Moldes para bloques de 10x10x10 cm
- Balanza
- Cemento Yura IP
- Plásticos para cobertura y protección
- Higrotermómetro

#### b) Procedimiento

- Luego del proceso de dormido, se procedió a incorporar poco a poco el cemento Yura IP en la mezcla y se pisó para homogenizar la mezcla, la actividad fue realizada por 01 persona durante 10 minutos, a excepción de la mezcla M1 que es la mezcla testigo que no se le incorporó cemento.
- Terminado el proceso de mezclado, se procedió al lanzado y moldeado, tanto en los paneles como en los moldes cúbicos, la actividad demoró alrededor de 15 minutos por cada mezcla.
- Luego de los acabados finales de enlucido se protegieron las muestras mediante la cobertura con plástico en forma de carpa a 2 aguas.
- Se desmoldaron los bloques a los 2 días de secado y se mantuvieron cubiertos del sol, viento y precipitaciones para evitar cambios bruscos de temperatura o el ingreso de corrientes muy frías de viento.
- Se tomaron los datos de temperatura y humedad atmosférica al iniciar y terminar todo el proceso.



Figura 39: Armado de paneles para el ensayo de fisuración  
Fuente: Propia



Figura 40: Verificación de medidas de los paneles para el ensayo de fisuración

Fuente: Propia



Figura 41: Corte y armado de moldes para los ensayos de resistencia a la compresión, absorción y erosión acelerada

Fuente: Propia



Figura 42: Verificación de medidas y ensamblado de moldes

Fuente: Propia



Figura 43: Incorporación de cemento para el amasado final de las mezclas  
Fuente: Propia



Figura 44: Proceso de lanzamiento de mezcla en moldes cúbicos  
Fuente: Propia



Figura 45: Proceso de lanzamiento de mezcla en paneles para el ensayo de fisuración  
Fuente: Propia



Figura 46: Enlucido de los paneles luego del lanzado y moldeado de mezcla  
Fuente: Propia



Figura 47: Protección de los paneles y bloques durante el proceso de secado  
Fuente: Propia



Figura 48: Desmoldado de bloques durante el proceso de secado a los 2 días  
Fuente: Propia



c) Toma de datos

Tabla 37: Datos de dosificación para amasado final

Denominación	Porcentaje de adición (%)	Materiales	Medida	Unidad
M1	100.00	Tierra	5.98	Pie <sup>3</sup>
	0.00	Cemento Yura IP	0.00	kg
		Agua	12.00	litro
		Paja	1.30	kg
M2	100.00	Tierra	5.98	Pie <sup>3</sup>
	2.50	Cemento Yura IP	6.354	kg
		Agua	12.00	litro
		Paja	1.30	kg
M3	100.00	Tierra	5.98	Pie <sup>3</sup>
	3.50	Cemento Yura IP	8.895	kg
		Agua	12.00	litro
		Paja	1.30	kg
M4	100.00	Tierra	5.98	Pie <sup>3</sup>
	4.50	Cemento Yura IP	11.437	kg
		Agua	12.00	litro
		Paja	1.30	kg
M5	100.00	Tierra	5.98	Pie <sup>3</sup>
	5.50	Cemento Yura IP	13.978	kg
		Agua	12.00	litro
		Paja	1.30	kg
M6	100.00	Tierra	5.98	Pie <sup>3</sup>
	6.50	Cemento Yura IP	16.520	kg
		Agua	12.00	litro
		Paja	1.30	kg
M7	100.00	Tierra	5.98	Pie <sup>3</sup>
	7.50	Cemento Yura IP	19.061	kg
		Agua	12.00	litro
		Paja	1.30	kg

Fuente: Propia

### 3.5.12. Ensayo de fisuración a los 14, 28 y 56 días de secado

a) Equipos utilizados

- Hilo de nylon N°16
- Regla graduada

b) Procedimiento

- A los 14, 28 y 56 días se tomó hilo nylon y se tomó la longitud de fisuras siguiendo la forma real que desarrollaron.
- Se midió la longitud del hilo con la regla graduada, cuidando de no estirar el mismo



- Finalmente se marcaron las fisuras en el inicio y continuar con la medición en las fechas programadas.



Figura 49: Paneles para evaluación de fisuración a los 2 días de secado  
Fuente: Propia



Figura 50: Paneles para evaluación de fisuración a los 14 días de secado  
Fuente: Propia



Figura 51: Formación de fisuras a partir del segundo día de secado en la mezcla testigo (M1)  
Fuente: Propia



Figura 52: Panel con mezcla de testigo que evidencia la formación excesiva de fisuras  
Fuente: Propia



Figura 53: Evaluación de la fisuración a los 28 días de secado  
Fuente: Propia



Figura 54: Toma de medida con hilo nylon en las fisuras (M1) a los 14 días de secado  
Fuente: Propia



Figura 55: Paneles para evaluación de fisuras a los 56 días de secado  
Fuente: Propia





c) Toma de datos

Tabla 38: Datos del ensayo de fisuración a los 14 días de secado

Serie de mezclas	% cemento Yura IP (Volumen)	% tierra (volumen)	Serie de testigos	Área de panel (m2)	Long. total fisuras (cm)
M1	0.00%	100.00%	T1	1.00	658.30
M2	2.50%	100.00%	T2	1.00	150.30
M3	3.50%	100.00%	T3	1.00	18.50
M4	4.50%	100.00%	T4	1.00	0.00
M5	5.50%	100.00%	T5	1.00	0.00
M6	6.50%	100.00%	T6	1.00	0.00
M7	7.50%	100.00%	T7	1.00	0.00

Fuente: Propia

Tabla 39: Datos del ensayo de fisuración a los 28 días de secado

Serie de mezclas	% cemento Yura IP (Volumen)	% tierra (volumen)	Serie de testigos	Área de panel (m2)	Long. total fisuras (cm)
M1	0.00%	100.00%	T1	1.00	688.20
M2	2.50%	100.00%	T2	1.00	165.50
M3	3.50%	100.00%	T3	1.00	26.60
M4	4.50%	100.00%	T4	1.00	2.70
M5	5.50%	100.00%	T5	1.00	0.00
M6	6.50%	100.00%	T6	1.00	0.00
M7	7.50%	100.00%	T7	1.00	0.00

Fuente: Propia

Tabla 40: Datos del ensayo de fisuración a los 56 días de secado

Serie de mezclas	% cemento Yura IP (Volumen)	% tierra (volumen)	Serie de testigos	Área de panel (m2)	Long. total fisuras (cm)
M1	0.00%	100.00%	T1	1.00	692.40
M2	2.50%	100.00%	T2	1.00	168.30
M3	3.50%	100.00%	T3	1.00	29.10
M4	4.50%	100.00%	T4	1.00	2.70
M5	5.50%	100.00%	T5	1.00	0.00
M6	6.50%	100.00%	T6	1.00	0.00
M7	7.50%	100.00%	T7	1.00	0.00

Fuente: Propia



### 3.5.13. Ensayo de absorción

#### a) Equipos utilizados

- Recipientes para sumergir los bloques de ensayo
- Vernier
- Balanza de precisión
- Horno eléctrico
- Paño absorbente

#### b) Procedimiento

- Se colocan los bloques en el horno durante 24 horas a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ , para tener muestras secas para el ensayo.
- Luego de que las muestras se encuentran a temperatura ambiente, se procedió a tomar las medidas de largo, ancho, altura y peso.
- Se sumergieron los bloques en agua a temperatura ambiente
- Luego de transcurrida 01 hora se retiraron los bloques del agua y se toma su peso luego de secarla superficialmente con el paño absorbente.
- Se retornó el bloque al agua inmediatamente se completó el ensayo.
- Se repitió la toma de pesos para 6, 12 y 24 horas.

\*\* El ensayo de absorción debe de realizarse para 24 horas de saturación, sin embargo, se consideró tomar medidas desde 1 hora de sumergido el bloque para tener un punto estimado en el que alguno de los bloques no pueda completar el ensayo y por lo tanto no pueda determinarse el porcentaje de absorción debido al desmoronamiento de la muestra.



Figura 56: Toma de medidas de bloques de 10x10x10 cm antes de sumergirlos  
Fuente: Propia



Figura 57: Bloques sumergidos para el ensayo de absorción  
Fuente: Propia



Figura 58: Bloques de la M1 luego de 1 hora sumergida  
Fuente: Propia



Figura 59: Bloques de M1 luego de 6 horas sumergidas  
Fuente: Propia



Figura 60: Bloques de M2, M3 y M4 luego de 6 horas sumergidas

Fuente: Propia



Figura 61: Bloques de M2, M3, M4, M5, M6 y M7 luego de 24 horas sumergidos

Fuente: Propia



c) Toma de datos

Tabla 41: Datos del ensayo de absorción a 1 hora

Serie mezclas	% cemento Yura IP	% tierra	Serie testigos	Dimensiones (cm)			Peso seco (gr)	Peso saturado 1 hora (gr)
				Largo	Ancho	Alto		
M1	0.00%	100.00%	T1	9.51	9.63	9.68	1455.90	1654.20
			T2	9.59	9.15	9.55	1422.50	1603.10
			T3	9.56	9.47	9.53	1433.90	1622.30
			T4	9.55	9.37	9.64	1450.20	1657.20
M2	2.50%	100.00%	T1	10.42	9.83	10.19	1620.70	1945.90
			T2	9.76	9.68	10.14	1527.90	1829.50
			T3	10.05	10.14	9.85	1559.20	1873.70
			T4	10.07	10.12	10.30	1640.30	1969.70
M3	3.50%	100.00%	T1	9.82	9.98	10.22	1540.70	1862.10
			T2	9.88	9.76	10.16	1462.00	1801.80
			T3	9.83	9.95	10.48	1537.30	1894.70
			T4	9.90	10.14	9.91	1539.70	1863.80
M4	4.50%	100.00%	T1	10.17	10.56	9.94	1598.10	1955.60
			T2	10.07	10.44	10.01	1608.30	1928.10
			T3	9.97	10.42	9.95	1549.80	1896.80
			T4	9.98	10.19	10.34	1617.10	1957.30
M5	5.50%	100.00%	T1	9.94	10.23	10.14	1608.60	1939.90
			T2	9.97	10.03	10.12	1517.90	1865.90
			T3	9.93	9.94	10.27	1546.10	1871.50
			T4	9.95	10.26	10.47	1621.90	1986.00
M6	6.50%	100.00%	T1	10.05	9.97	10.63	1604.20	1959.70
			T2	9.95	9.86	10.31	1462.60	1815.00
			T3	9.99	10.07	9.98	1498.30	1862.00
			T4	9.87	10.34	10.26	1554.90	1930.70
M7	7.50%	100.00%	T1	10.34	10.01	10.52	1619.40	2001.40
			T2	10.04	10.19	10.36	1592.00	1966.00
			T3	10.02	10.38	9.99	1541.40	1905.00
			T4	9.98	9.96	10.42	1550.10	1915.80

Fuente: Propia



Tabla 42: Datos del ensayo de absorción a 6 horas

Serie mezclas	% cemento Yura IP	% tierra	Serie testigos	Dimensiones (cm)			Peso seco (gr)	Peso saturado 6 horas (gr)
				Largo	Ancho	Alto		
M1	0.00%	100.00%	T1	9.51	9.63	9.68	1455.90	N.D.
			T2	9.59	9.15	9.55	1422.50	N.D.
			T3	9.56	9.47	9.53	1433.90	N.D.
			T4	9.55	9.37	9.64	1450.20	N.D.
M2	2.50%	100.00%	T1	10.42	9.83	10.19	1620.70	1958.50
			T2	9.76	9.68	10.14	1527.90	1841.90
			T3	10.05	10.14	9.85	1559.20	1885.90
			T4	10.07	10.12	10.30	1640.30	1983.40
M3	3.50%	100.00%	T1	9.82	9.98	10.22	1540.70	1871.60
			T2	9.88	9.76	10.16	1462.00	1813.40
			T3	9.83	9.95	10.48	1537.30	1896.50
			T4	9.90	10.14	9.91	1539.70	1873.10
M4	4.50%	100.00%	T1	10.17	10.56	9.94	1598.10	1964.30
			T2	10.07	10.44	10.01	1608.30	1937.80
			T3	9.97	10.42	9.95	1549.80	1905.40
			T4	9.98	10.19	10.34	1617.10	1967.10
M5	5.50%	100.00%	T1	9.94	10.23	10.14	1608.60	1946.60
			T2	9.97	10.03	10.12	1517.90	1872.00
			T3	9.93	9.94	10.27	1546.10	1877.20
			T4	9.95	10.26	10.47	1621.90	1992.60
M6	6.50%	100.00%	T1	10.05	9.97	10.63	1604.20	1968.50
			T2	9.95	9.86	10.31	1462.60	1822.00
			T3	9.99	10.07	9.98	1498.30	1868.20
			T4	9.87	10.34	10.26	1554.90	1938.10
M7	7.50%	100.00%	T1	10.34	10.01	10.52	1619.40	2008.20
			T2	10.04	10.19	10.36	1592.00	1972.50
			T3	10.02	10.38	9.99	1541.40	1910.90
			T4	9.98	9.96	10.42	1550.10	1922.10

Fuente: Propia



Tabla 43: Datos del ensayo de absorción a 12 horas

Serie mezclas	% cemento Yura IP	% tierra	Serie testigos	Dimensiones (cm)			Peso seco (gr)	Peso saturado 12 horas (gr)
				Largo	Ancho	Alto		
M1	0.00%	100.00%	T1	9.51	9.63	9.68	1455.90	N.D.
			T2	9.59	9.15	9.55	1422.50	N.D.
			T3	9.56	9.47	9.53	1433.90	N.D.
			T4	9.55	9.37	9.64	1450.20	N.D.
M2	2.50%	100.00%	T1	10.42	9.83	10.19	1620.70	1961.90
			T2	9.76	9.68	10.14	1527.90	1845.30
			T3	10.05	10.14	9.85	1559.20	1888.90
			T4	10.07	10.12	10.30	1640.30	1986.10
M3	3.50%	100.00%	T1	9.82	9.98	10.22	1540.70	1873.80
			T2	9.88	9.76	10.16	1462.00	1816.20
			T3	9.83	9.95	10.48	1537.30	1909.60
			T4	9.90	10.14	9.91	1539.70	1876.00
M4	4.50%	100.00%	T1	10.17	10.56	9.94	1598.10	1966.50
			T2	10.07	10.44	10.01	1608.30	1939.70
			T3	9.97	10.42	9.95	1549.80	1906.70
			T4	9.98	10.19	10.34	1617.10	1969.10
M5	5.50%	100.00%	T1	9.94	10.23	10.14	1608.60	1950.50
			T2	9.97	10.03	10.12	1517.90	1875.60
			T3	9.93	9.94	10.27	1546.10	1880.40
			T4	9.95	10.26	10.47	1621.90	1996.40
M6	6.50%	100.00%	T1	10.05	9.97	10.63	1604.20	1973.40
			T2	9.95	9.86	10.31	1462.60	1826.00
			T3	9.99	10.07	9.98	1498.30	1870.60
			T4	9.87	10.34	10.26	1554.90	1940.60
M7	7.50%	100.00%	T1	10.34	10.01	10.52	1619.40	2011.50
			T2	10.04	10.19	10.36	1592.00	1975.30
			T3	10.02	10.38	9.99	1541.40	1913.50
			T4	9.98	9.96	10.42	1550.10	1925.40

Fuente: Propia



Tabla 44: Datos del ensayo de absorción a 24 horas

Serie mezclas	% cemento Yura IP	% tierra	Serie testigos	Dimensiones (cm)			Peso seco (gr)	Peso saturado 12 horas (gr)
				Largo	Ancho	Alto		
M1	0.00%	100.00%	T1	9.51	9.63	9.68	1455.90	N.D.
			T2	9.59	9.15	9.55	1422.50	N.D.
			T3	9.56	9.47	9.53	1433.90	N.D.
			T4	9.55	9.37	9.64	1450.20	N.D.
M2	2.50%	100.00%	T1	10.42	9.83	10.19	1620.70	1968.10
			T2	9.76	9.68	10.14	1527.90	1852.90
			T3	10.05	10.14	9.85	1559.20	1896.20
			T4	10.07	10.12	10.30	1640.30	1992.50
M3	3.50%	100.00%	T1	9.82	9.98	10.22	1540.70	1878.30
			T2	9.88	9.76	10.16	1462.00	1822.80
			T3	9.83	9.95	10.48	1537.30	1915.10
			T4	9.90	10.14	9.91	1539.70	1880.40
M4	4.50%	100.00%	T1	10.17	10.56	9.94	1598.10	1969.70
			T2	10.07	10.44	10.01	1608.30	1942.30
			T3	9.97	10.42	9.95	1549.80	1909.30
			T4	9.98	10.19	10.34	1617.10	1973.70
M5	5.50%	100.00%	T1	9.94	10.23	10.14	1608.60	1952.60
			T2	9.97	10.03	10.12	1517.90	1877.70
			T3	9.93	9.94	10.27	1546.10	1882.10
			T4	9.95	10.26	10.47	1621.90	1998.00
M6	6.50%	100.00%	T1	10.05	9.97	10.63	1604.20	1976.50
			T2	9.95	9.86	10.31	1462.60	1826.90
			T3	9.99	10.07	9.98	1498.30	1871.90
			T4	9.87	10.34	10.26	1554.90	1941.20
M7	7.50%	100.00%	T1	10.34	10.01	10.52	1619.40	2011.90
			T2	10.04	10.19	10.36	1592.00	1976.50
			T3	10.02	10.38	9.99	1541.40	1914.00
			T4	9.98	9.96	10.42	1550.10	1926.10

Fuente: Propia

### 3.5.14. Ensayo de resistencia a la compresión

#### a) Equipos utilizados

- Máquina de compresión axial.
- Vernier





b) Procedimiento

- A los 13 días de secado, se embalaron los bloques para ser transportados desde el Sector de Ccarcco en el distrito de Inkawasi, provincia La Convención hacia el laboratorio de suelos y asfaltos de la escuela profesional de ingeniería civil de la Universidad Andina del Cusco.
- A los 14 días de secado se registraron las dimensiones de largo y ancha para el posterior cálculo del área de contacto.
- Se programó la máquina para el ensayo en bloques cúbicos de 10 cm de arista.
- Se alinearon las muestras entre placas para que el contacto fuera constante a velocidad controlada.
- Se ejerció carga hasta que el bloque se fracturara y se terminó el ensayo.
- Este procedimiento se repitió para los 28 y 56 días.



Figura 62: Embalado de los bloques a los 13 días de secado para ensayos en la ciudad de Cusco

Fuente: Propia



Figura 63: Muestras de los bloques a ensayar a los 14 días  
Fuente: Propia



Figura 64: Toma de dimensiones de los bloques para compresión axial a los 14 días  
Fuente: Propia



Figura 65: Desarrollo del ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días de secado  
Fuente: Propia



Figura 66: Desarrollo del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días de secado  
Fuente: Propia



Figura 67: Ensayo a los 28 días de secado con la participación del asesor de tesis  
Fuente: Propia



Figura 68: Ensayo de resistencia a compresión en bloques a los 56 días de secado  
Fuente: Propia



Figura 69: Muestras luego del ensayo de resistencia a la compresión a los 56 días  
Fuente: Propia

c) Toma de datos



Tabla 45: Datos del ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días

Serie de mezclas	% cemento Yura IP (Volumen)	% tierra (volumen)	Serie de testigos	Dimensiones (cm)		Carga máxima (Kgf)
				Largo	Ancho	
M1	0.00%	100.00%	T1	9.65	9.74	1560.00
			T2	9.68	9.79	1530.00
			T3	9.61	9.83	1550.00
			T4	9.74	9.86	1470.00
			T5	9.69	9.66	1400.00
			T6	9.67	9.72	1370.00
M2	2.50%	100.00%	T1	9.80	9.90	910.00
			T2	9.78	9.97	910.00
			T3	9.80	9.82	860.00
			T4	9.84	9.81	910.00
			T5	9.86	9.81	790.00
			T6	9.91	9.94	910.00
M3	3.50%	100.00%	T1	9.91	9.95	720.00
			T2	9.88	9.97	770.00
			T3	9.93	9.94	550.00
			T4	9.92	10.04	700.00
			T5	9.91	9.91	650.00
			T6	9.92	9.96	710.00
M4	4.50%	100.00%	T1	10.02	10.23	640.00
			T2	10.01	10.10	650.00
			T3	9.92	10.03	730.00
			T4	10.01	10.01	530.00
			T5	10.01	10.01	520.00
			T6	10.05	10.06	530.00
M5	5.50%	100.00%	T1	9.87	10.33	860.00
			T2	10.08	10.19	900.00
			T3	10.06	10.08	840.00
			T4	10.00	10.50	870.00
			T5	9.97	10.00	720.00
			T6	10.07	10.00	810.00
M6	6.50%	100.00%	T1	10.05	10.28	1090.00
			T2	10.06	10.31	1080.00
			T3	10.01	9.88	1190.00
			T4	10.01	10.06	1240.00
			T5	9.95	10.08	1240.00
			T6	10.01	9.99	1110.00
M7	7.50%	100.00%	T1	10.03	11.00	1310.00
			T2	10.09	11.00	1260.00
			T3	10.05	10.03	940.00
			T4	10.04	10.01	1180.00
			T5	10.03	10.08	1340.00
			T6	10.16	10.13	1040.00

Fuente: Propia



Tabla 46: Datos del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días

Serie de mezclas	% cemento Yura IP (Volumen)	% tierra (volumen)	Serie de testigos	Dimensiones (cm)		Carga máxima (Kgf)
				Largo	Ancho	
M1	0.00%	100.00%	T1	9.87	10.04	1570.00
			T2	9.56	9.74	1550.00
			T3	9.80	9.96	1710.00
			T4	9.50	10.14	1840.00
			T5	9.76	9.58	1830.00
			T6	9.82	9.75	1610.00
M2	2.50%	100.00%	T1	10.21	10.10	900.00
			T2	10.24	9.93	910.00
			T3	10.26	10.00	930.00
			T4	10.24	10.08	960.00
			T5	10.12	9.86	980.00
			T6	10.21	9.87	890.00
M3	3.50%	100.00%	T1	10.18	10.00	770.00
			T2	10.30	10.10	710.00
			T3	10.04	9.98	680.00
			T4	10.20	10.00	830.00
			T5	10.23	10.11	620.00
			T6	10.30	10.04	820.00
M4	4.50%	100.00%	T1	10.20	10.18	790.00
			T2	10.20	10.02	920.00
			T3	10.00	10.20	830.00
			T4	9.85	9.96	650.00
			T5	10.20	10.15	740.00
			T6	10.28	10.14	730.00
M5	5.50%	100.00%	T1	10.20	10.14	960.00
			T2	10.12	10.14	920.00
			T3	10.31	10.14	840.00
			T4	10.26	10.16	930.00
			T5	10.08	10.06	860.00
			T6	10.21	10.05	900.00
M6	6.50%	100.00%	T1	10.30	10.40	1230.00
			T2	10.25	10.16	1130.00
			T3	10.24	10.01	1270.00
			T4	10.16	10.00	1130.00
			T5	10.00	9.90	1260.00
			T6	10.27	10.18	1140.00
M7	7.50%	100.00%	T1	10.20	10.20	1410.00
			T2	10.20	9.98	1110.00
			T3	10.30	10.14	1280.00
			T4	10.30	9.90	1070.00
			T5	10.30	10.15	1120.00
			T6	10.10	10.14	1130.00

Fuente: Propia



Tabla 47: Datos del ensayo de resistencia a la compresión a los 56 días

Serie de mezclas	% cemento Yura IP (Volumen)	% tierra (volumen)	Serie de testigos	Dimensiones (cm)		Carga máxima (Kgf)
				Largo	Ancho	
M1	0.00%	100.00%	T1	9.87	9.85	1650.00
			T2	9.90	9.75	1560.00
			T3	10.00	9.80	1820.00
			T4	10.00	9.81	1480.00
			T5	9.80	9.95	1710.00
			T6	9.85	9.83	1830.00
M2	2.50%	100.00%	T1	9.88	9.98	980.00
			T2	9.95	10.02	990.00
			T3	9.86	10.13	970.00
			T4	9.87	9.95	970.00
			T5	10.00	10.30	1010.00
			T6	9.88	9.92	990.00
M3	3.50%	100.00%	T1	10.11	10.30	860.00
			T2	10.31	10.00	990.00
			T3	10.03	10.01	910.00
			T4	9.92	9.86	880.00
			T5	9.85	10.22	890.00
			T6	9.94	10.01	900.00
M4	4.50%	100.00%	T1	10.02	10.17	890.00
			T2	10.14	10.12	840.00
			T3	10.10	9.98	790.00
			T4	10.24	10.05	830.00
			T5	9.86	9.93	730.00
			T6	10.26	9.90	850.00
M5	5.50%	100.00%	T1	10.01	10.02	990.00
			T2	9.86	10.40	990.00
			T3	9.98	10.12	980.00
			T4	9.99	10.00	970.00
			T5	10.02	9.95	1150.00
			T6	10.00	10.30	1060.00
M6	6.50%	100.00%	T1	10.00	10.12	1140.00
			T2	10.02	10.10	1400.00
			T3	10.12	10.20	1180.00
			T4	10.00	10.14	1070.00
			T5	9.98	9.88	1130.00
			T6	10.03	9.96	1190.00
M7	7.50%	100.00%	T1	10.21	9.97	1250.00
			T2	9.98	9.98	1330.00
			T3	10.14	9.99	1210.00
			T4	10.04	9.95	1420.00
			T5	10.03	9.96	1120.00
			T6	9.96	10.04	1480.00

Fuente: Propia



### 3.5.15. Ensayo de erosión acelerada

#### a) Equipos utilizados

- Equipo de erosión acelerada de Swinburne
- Vernier

#### b) Procedimiento

- Se secaron los bloques a  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas
- Antes de iniciar el ensayo se verificó la altura de instalación del equipo, el ángulo de inclinación en que deben de ser colocados los bloques y se calibró el flujo de agua para que fuera constante.
- Se colocó el bloque al centro de la caída de agua y se cronometró 10 minutos.
- Se secó superficialmente el bloque con un paño absorbente y se procedió a medir la profundidad de oquedad en los bloques.
- Se repitió el ensayo para cada bloque.



Figura 70: Bloques antes del ensayo de erosión acelerada de Swinburne

Fuente: Propia





Figura 71: Bloques antes del ensayo de erosión acelerada de Swinburne  
Fuente: Propia



Figura 72: Calibración del equipo para erosión acelerada de Swinburne  
Fuente: Propia



Figura 73: Desarrollo del ensayo de erosión acelerada  
Fuente: Propia



Figura 74: Medida de la profundidad de oquedad  
Fuente: Propia



Figura 75: Muestra de M1 luego del ensayo de erosión acelerada de Swinburne  
Fuente: Propia



Figura 76: Bloques con adición de cemento Yura IP luego del ensayo de erosión acelerada  
Fuente: Propia



c) Toma de datos

Tabla 48: Datos del ensayo de erosión acelerada Swinburne

Serie de mezclas	% cemento Yura IP (Volumen)	% tierra (volumen)	Serie de testigos	Profundidad oquedad (mm)
M1	0.00%	100.00%	T1	5.60
			T2	5.20
			T3	8.70
			T4	4.70
M2	2.50%	100.00%	T1	1.30
			T2	1.10
			T3	1.40
			T4	1.50
M3	3.50%	100.00%	T1	1.00
			T2	0.90
			T3	1.30
			T4	1.20
M4	4.50%	100.00%	T1	0.00
			T2	0.00
			T3	0.00
			T4	0.00
M5	5.50%	100.00%	T1	0.00
			T2	0.00
			T3	0.00
			T4	0.00
M6	6.50%	100.00%	T1	0.00
			T2	0.00
			T3	0.00
			T4	0.00
M7	7.50%	100.00%	T1	0.00
			T2	0.00
			T3	0.00
			T4	0.00

Fuente: Propia

### 3.6.Procedimiento de análisis de datos

#### 3.6.1. Contenido de humedad

a) Cálculos de la prueba

Se calculó el contenido de humedad con la siguiente expresión:

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso del suelo seco}} \times 100$$



b) Tablas

Tabla 49: Procesamiento del ensayo de contenido de humedad del suelo

DESCRIPCIÓN	Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3	PROMEDIO
Peso del contenedor (gr)	36.90	37.10	36.50	
Peso del contenedor + muestra suelo húmedo (gr)	132.13	122.00	125.07	
Peso del contenedor + muestra suelo seca (gr)	109.40	101.64	103.72	
Peso del agua (gr)	22.73	20.36	21.35	
Peso de la muestra de suelo secada al horno (gr)	72.50	64.54	67.22	
Contenido de humedad del suelo (%)	31.35%	31.55%	31.76%	
<b>Contenido de humedad promedio del suelo (%)</b>				<b>31.55%</b>

Fuente: Propia

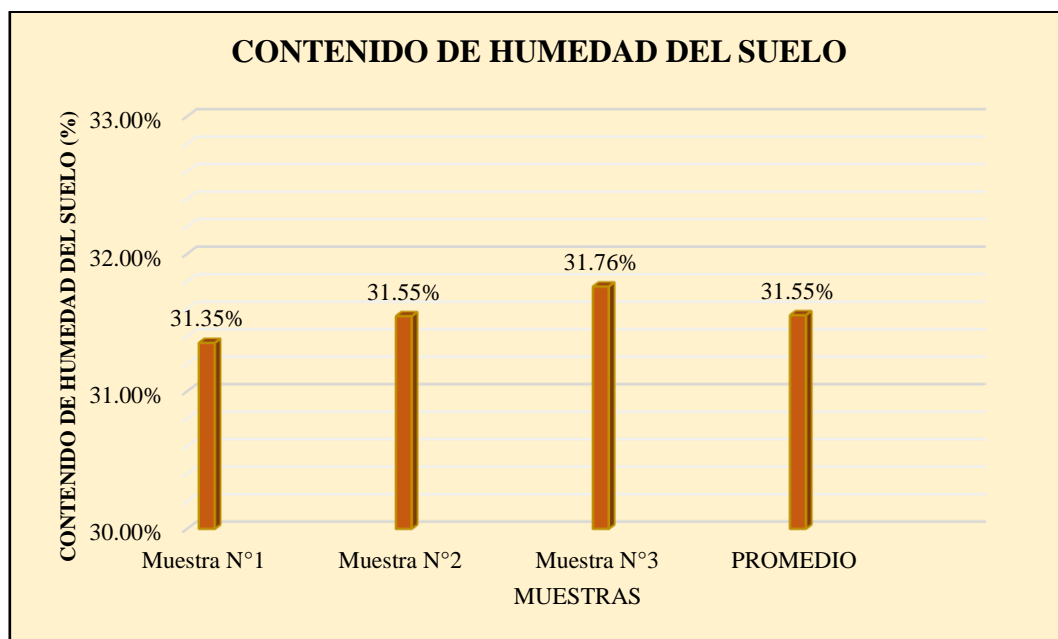


Figura 77: Bloques con adición de cemento Yura IP luego del ensayo de erosión acelerada  
Fuente: Propia

c) Análisis de la prueba

Mediante la prueba se pudo determinar el contenido de humedad natural del terreno que fue empleado para la elaboración de paneles y bloques, cuyo promedio es 31.55%.



### 3.6.2. Granulometría del suelo por tamizado

a) Cálculos de la prueba

Se calculó el porcentaje retenido y porcentaje de material pasante con las siguientes expresiones:

$$\% \text{ Retenido} = 100 \times \frac{\text{Peso Retenido Corregido}}{\text{Peso Total}} ; [\%]$$

$$\% \text{ Retenido Acumulado} = \% \text{ Retenido Acumulado Anterior} + \% \text{ Retenido} ; [\%]$$

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido Acumulado} ; [\%]$$

b) Tablas

Tabla 50: Procesamiento del ensayo de granulometría del suelo por tamizado

Mallas estándar		Durante el lavado	Después del lavado			
N°.	φ mm	Peso retenido del lavado (gr)	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que Pasa
N°4	4.760		0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N°8	2.360		7.28	1.46%	1.46%	98.54%
N°16	1.100		25.20	5.04%	6.50%	93.50%
N°30	0.590		55.70	11.14%	17.64%	82.36%
N°50	0.297		66.96	13.39%	31.03%	68.97%
N°100	0.149		79.90	15.98%	47.01%	52.99%
N°200	0.075		71.88	14.38%	61.38%	38.62%
Cazuela	-	188.94	4.14	38.62%	100.00%	0.00%
Total	-		500.00	100.00%		

Fuente: Propia

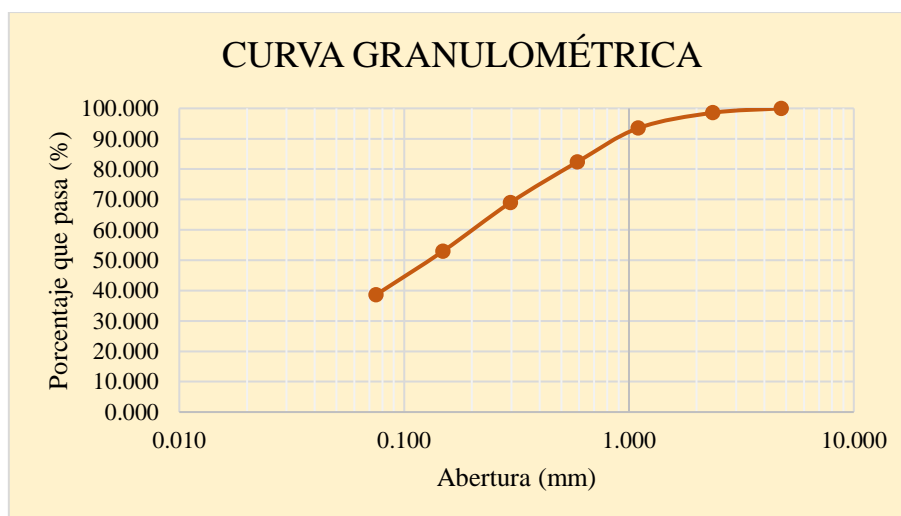


Figura 78: Curva granulométrica del suelo

Fuente: Propia



c) Análisis de la prueba

Para que la curva granulométrica expresara los verdaderos resultados, se empleó también la cantidad de finos lavados antes del tamizado, reflejando entonces que el 38.62% del material corresponde a material fino (limos y arcillas) y solo el 61.38% corresponde a la fracción gruesa del material

**3.6.3. Clasificación del suelo por el tamaño de sus partículas**

a) Cálculos de la prueba

Se empleó los resultados del análisis fisicoquímico del suelo.

b) Tablas

Tabla 51: Procesamiento de la textura del suelo por el método Kilmer y Alexander

DESCRIPCIÓN	MEDIDA	MÉTODO
Arena (%)	63	
Textura: Limo (%)	27	Método Kilmer y Alexander
Arcilla (%)	10	

Fuente: Laboratorio de análisis químico del Departamento Académico de Química de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

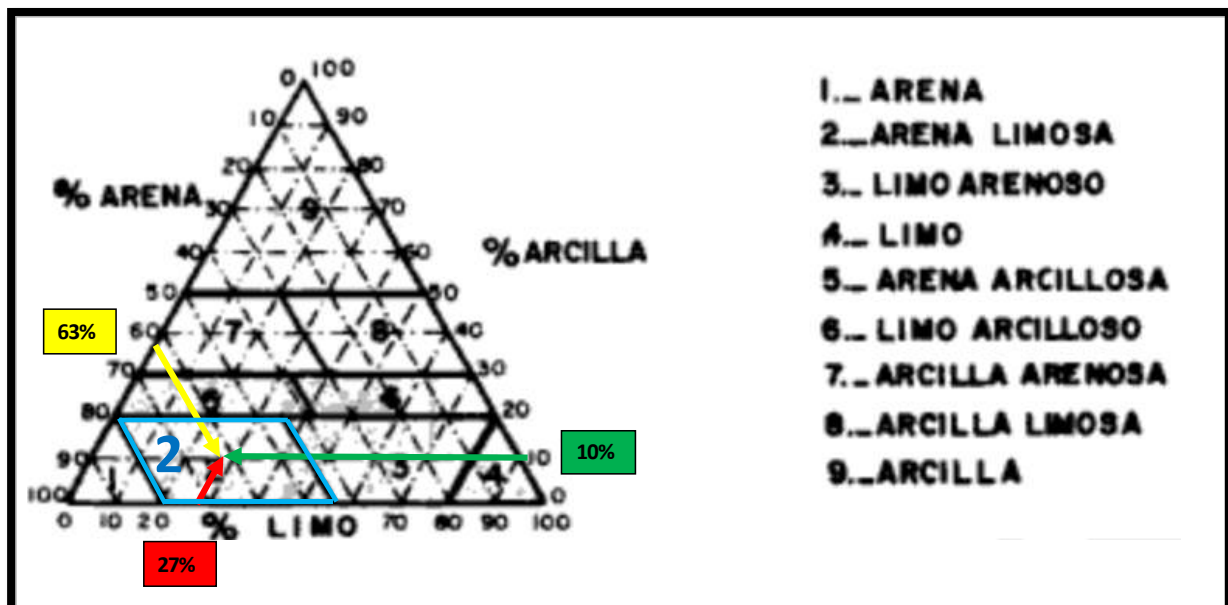


Figura 79: Clasificación del suelo por tamaño de partículas con el diagrama triangular

Fuente: En base a Crespo (2004)



c) Análisis de la prueba

Con los datos de clasificación por textura por el método de Kilmer y Alexander, se empleó el diagrama triangular de clasificación del suelo por el tamaño de sus partículas, mostrando que para un 63% de arena, 27% de limo y 10% de arcilla, el material puede clasificarse dentro del bloque 2 que corresponde a una arena limosa.

De la prueba de la botella realizada en campo se obtuvo un 63.53% de arena, 23.53% de limo y 12.94% de arcilla, que según la clasificación puede considerarse también una arena limosa.

Del análisis granulométrico por tamizado se obtuvo que el 61.38% corresponde a arena y el 38.62% corresponde a limo y arcilla, por lo que también puede estimarse que los puede pertenecer al bloque 2 considerada arena limosa (SM).

### 3.6.4. Ensayo de fisuración

#### 3.6.4.1. Ensayo de fisuración a los 14 días de secado

a) Cálculos de la prueba

Para el cálculo de la fisuración a los 14 días de secado, se empleó la siguiente expresión:

$$Fisuración = \frac{\text{Longitud total de fisuras}}{\text{Área del panel}} ; \left[ \frac{cm}{m^2} \right]$$

b) Tablas

Tabla 52: Procesamiento del ensayo de fisuración a los 14 días de secado

Serie de mezclas	% cemento Yura IP (Volumen)	% tierra (volumen)	Serie de testigos	Área de panel (m <sup>2</sup> )	Long. total fisuras (cm)	Fisuración (cm/m <sup>2</sup> )
M1	0.00%	100.00%	T1	1.00	658.30	658.30
M2	2.50%	100.00%	T2	1.00	150.30	150.30
M3	3.50%	100.00%	T3	1.00	18.50	18.50
M4	4.50%	100.00%	T4	1.00	0.00	0.00
M5	5.50%	100.00%	T5	1.00	0.00	0.00
M6	6.50%	100.00%	T6	1.00	0.00	0.00
M7	7.50%	100.00%	T7	1.00	0.00	0.00

Fuente: Propia

c) Análisis de la prueba

Para el análisis de la fisuración a los 14 días de secado se observa a simple inspección que la mezcla M1 (0.00 % de adición de cemento Yura IP) presenta la mayor longitud acumulada de fisuras con un valor de 658.30 cm/m<sup>2</sup>, la mezcla M3 (3.50% de adición de cemento Yura IP)



presenta la menor longitud acumulada de fisuras con un valor de 18.50 cm/m<sup>2</sup> y las mezclas M4, M5, M6 y M7 no presentan formación de fisuras. Por tanto, la fisuración evaluada a los 14 días, disminuye conforme se incrementa los porcentajes de adición de cemento Yura IP.

### 3.6.4.2. Ensayo de fisuración a los 28 días de secado

a) Cálculos de la prueba

Para el cálculo de la fisuración a los 28 días de secado, se empleó la siguiente expresión:

$$Fisuración = \frac{\text{Longitud total de fisuras}}{\text{Área del panel}} ; \left[ \frac{cm}{m^2} \right]$$

b) Tablas

Tabla 53: Procesamiento del ensayo de fisuración a los 28 días de secado

Serie de mezclas	% cemento Yura IP (Volumen)	% tierra (volumen)	Serie de testigos	Área de panel (m <sup>2</sup> )	Long. total fisuras (cm)	Fisuración (cm/m <sup>2</sup> )
M1	0.00%	100.00%	T1	1.00	688.20	688.20
M2	2.50%	100.00%	T2	1.00	165.50	165.50
M3	3.50%	100.00%	T3	1.00	26.60	26.60
M4	4.50%	100.00%	T4	1.00	2.70	2.70
M5	5.50%	100.00%	T5	1.00	0.00	0.00
M6	6.50%	100.00%	T6	1.00	0.00	0.00
M7	7.50%	100.00%	T7	1.00	0.00	0.00

Fuente: Propia

c) Análisis de la prueba

Para el análisis de la fisuración a los 28 días de secado se observa a simple inspección que la mezcla M1 (0.00 % de adición de cemento Yura IP) presenta la mayor longitud acumulada de fisuras con un valor de 688.20 cm/m<sup>2</sup>, la mezcla M4 (4.50% de adición de cemento Yura IP) presenta la menor longitud acumulada de fisuras con un valor de 2.70 cm/m<sup>2</sup> y las mezclas M5, M6 y M7 no se observa formación de fisuras. Por tanto, la fisuración evaluada a los 28 días, disminuye conforme se incrementa los porcentajes de adición de cemento Yura IP.

### 3.6.4.3. Ensayo de fisuración a los 56 días de secado

a) Cálculos de la prueba

Para el cálculo de la fisuración a los 56 días de secado, se empleó la siguiente expresión:

$$Fisuración = \frac{\text{Longitud total de fisuras}}{\text{Área del panel}} ; \left[ \frac{cm}{m^2} \right]$$





b) Tablas

Tabla 54: Procesamiento del ensayo de fisuración a los 56 días de secado

Serie de mezclas	% cemento Yura IP (Volumen)	% tierra (volumen)	Serie de testigos	Área de panel (m2)	Long. total fisuras (cm)	Fisuración (cm/m2)
M1	0.00%	100.00%	T1	1.00	692.40	692.40
M2	2.50%	100.00%	T2	1.00	168.30	168.30
M3	3.50%	100.00%	T3	1.00	29.10	29.10
M4	4.50%	100.00%	T4	1.00	2.70	2.70
M5	5.50%	100.00%	T5	1.00	0.00	0.00
M6	6.50%	100.00%	T6	1.00	0.00	0.00
M7	7.50%	100.00%	T7	1.00	0.00	0.00

Fuente: Propia

c) Análisis de la prueba

Para el análisis de la fisuración a los 56 días de secado se observa a simple inspección que la mezcla M1 (0.00 % de adición de cemento Yura IP) presenta la mayor longitud acumulada de fisuras con un valor de 692.40 cm/m<sup>2</sup>, la mezcla M4 (4.50% de adición de cemento Yura IP) presenta la menor longitud acumulada de fisuras con un valor de 2.70 cm/m<sup>2</sup> y en las mezclas M5, M6 y M7 no se observa formación de fisuras. Por tanto, la fisuración evaluada a los 56 días, disminuye conforme se incrementa los porcentajes de adición de cemento Yura IP.

### 3.6.5. Ensayo de Absorción

#### 3.6.5.1. Ensayo de Absorción a 1 hora

a) Cálculos de la prueba

Para los cálculos del porcentaje de absorción evaluada a 01 hora se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Absorción \%} = \frac{(W_s - W_d)}{W_d} \times 100; \quad [\%]$$

Donde:

$W_d$  = Peso del espécimen seco

$W_s$  = Peso del espécimen saturado

También se empleó el programa estadístico SPSS versión 25



b) Tablas

Tabla 55: Procesamiento del ensayo de absorción a 1 hora

Serie mezclas	% cemento Yura IP	% tierra	Serie testigos	Dimensiones (cm)			Volumen testigo (cm <sup>3</sup> )	Peso seco (gr)	Peso saturado 1 hora (gr)	Absorción (%)	Promedio Absorción (%)
				Largo	Ancho	Alto					
M1	0.00%	100.00%	T1	9.51	9.63	9.68	886.51	1455.90	1654.20	13.62	<b>13.43</b>
			T2	9.59	9.15	9.55	838.00	1422.50	1603.10	12.70	
			T3	9.56	9.47	9.53	862.78	1433.90	1622.30	13.14	
			T4	9.55	9.37	9.64	862.62	1450.20	1657.20	14.27	
M2	2.50%	100.00%	T1	10.42	9.83	10.19	1043.75	1620.70	1945.90	20.07	<b>20.01</b>
			T2	9.76	9.68	10.14	957.99	1527.90	1829.50	19.74	
			T3	10.05	10.14	9.85	1003.78	1559.20	1873.70	20.17	
			T4	10.07	10.12	10.30	1049.66	1640.30	1969.70	20.08	
M3	3.50%	100.00%	T1	9.82	9.98	10.22	1001.60	1540.70	1862.10	20.86	<b>22.10</b>
			T2	9.88	9.76	10.16	979.72	1462.00	1801.80	23.24	
			T3	9.83	9.95	10.48	1025.03	1537.30	1894.70	23.25	
			T4	9.90	10.14	9.91	994.83	1539.70	1863.80	21.05	
M4	4.50%	100.00%	T1	10.17	10.56	9.94	1067.51	1598.10	1955.60	22.37	<b>21.42</b>
			T2	10.07	10.44	10.01	1052.36	1608.30	1928.10	19.88	
			T3	9.97	10.42	9.95	1033.68	1549.80	1896.80	22.39	
			T4	9.98	10.19	10.34	1051.54	1617.10	1957.30	21.04	
M5	5.50%	100.00%	T1	9.94	10.23	10.14	1031.10	1608.60	1939.90	20.60	<b>21.75</b>
			T2	9.97	10.03	10.12	1011.99	1517.90	1865.90	22.93	
			T3	9.93	9.94	10.27	1013.69	1546.10	1871.50	21.05	
			T4	9.95	10.26	10.47	1068.85	1621.90	1986.00	22.45	
M6	6.50%	100.00%	T1	10.05	9.97	10.63	1065.11	1604.20	1959.70	22.16	<b>23.67</b>
			T2	9.95	9.86	10.31	1011.48	1462.60	1815.00	24.09	
			T3	9.99	10.07	9.98	1003.98	1498.30	1862.00	24.27	
			T4	9.87	10.34	10.26	1047.09	1554.90	1930.70	24.17	
M7	7.50%	100.00%	T1	10.34	10.01	10.52	1088.86	1619.40	2001.40	23.59	<b>23.57</b>
			T2	10.04	10.19	10.36	1059.91	1592.00	1966.00	23.49	
			T3	10.02	10.38	9.99	1039.04	1541.40	1905.00	23.59	
			T4	9.98	9.96	10.42	1035.76	1550.10	1915.80	23.59	

Fuente: Propia



Tabla 56: Estadísticos descriptivos del porcentaje de absorción en 1 hora

MEZCLAS	N	Media %	Desviación estándar	Mínimo %	Máximo %
<b>M1 (0.00%)</b>	4	13.43 %	0.673	12.70 %	14.27 %
<b>M2 (2.50%)</b>	4	20.01 %	0.189	19.74 %	20.17 %
<b>M3 (3.50%)</b>	4	22.10 %	1.324	20.86 %	23.25 %
<b>M4 (4.50%)</b>	4	21.42 %	1.205	19.88 %	22.39 %
<b>M5 (5.50%)</b>	4	21.75 %	1.110	20.60 %	22.93 %
<b>M6 (6.50%)</b>	4	23.67 %	1.011	22.16 %	24.27 %
<b>M7 (7.50%)</b>	4	23.57 %	0.050	23.49 %	23.59 %
<b>Total</b>	28	20.85 %	3.404	12.70 %	24.27 %

Fuente: Propia

### c) Análisis de la prueba

Para el análisis de la prueba de absorción a 1 hora, se calcularon los estadísticos descriptivos con el programa SPSS que muestra el porcentaje de absorción promedio general de 20.85%, el valor máximo es de 24.27% y corresponde a la mezcla M6, mientras que el valor más bajo es de 12.70 % y corresponde a la mezcla M1, la desviación estándar general de los datos registrados es de 3.404 como se observa en la Tabla 56.

A simple inspección se observa que la mezcla M1 presenta el promedio más bajo con 13.43 % y el promedio mayor se observa en la mezcla M6 con promedio de 23.67 %. Por lo tanto, el porcentaje de absorción promedio a 1 hora incrementa a mayor porcentaje de adición de cemento Yura IP.

### 3.6.5.2. Ensayo de Absorción a 6 horas

#### a) Cálculos de la prueba

Para los cálculos del porcentaje de absorción evaluada a 6 horas se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Absorción \%} = \frac{(W_s - W_d)}{W_d} \times 100; \quad [\%]$$

Donde:

$W_d$  = Peso del espécimen seco

$W_s$  = Peso del espécimen saturado

También se empleó el programa estadístico SPSS versión 25



b) Tablas

Tabla 57: Procesamiento del ensayo de absorción a 6 horas

Serie mezclas	% cemento Yura IP	% tierra	Serie testigos	Dimensiones (cm)			Volumen testigo (cm <sup>3</sup> )	Peso seco (gr)	Peso saturado 6 horas (gr)	Absorción (%)	Promedio Absorción (%)
				Largo	Ancho	Alto					
M1	0.00%	100.00%	T1	9.51	9.63	9.68	886.51	1455.90	N.D.	N.D.	N.D.
			T2	9.59	9.15	9.55	838.00	1422.50	N.D.	N.D.	
			T3	9.56	9.47	9.53	862.78	1433.90	N.D.	N.D.	
			T4	9.55	9.37	9.64	862.62	1450.20	N.D.	N.D.	
M2	2.50%	100.00%	T1	10.42	9.83	10.19	1043.75	1620.70	1958.50	20.84	20.82
			T2	9.76	9.68	10.14	957.99	1527.90	1841.90	20.55	
			T3	10.05	10.14	9.85	1003.78	1559.20	1885.90	20.95	
			T4	10.07	10.12	10.30	1049.66	1640.30	1983.40	20.92	
M3	3.50%	100.00%	T1	9.82	9.98	10.22	1001.60	1540.70	1871.60	21.48	22.63
			T2	9.88	9.76	10.16	979.72	1462.00	1813.40	24.04	
			T3	9.83	9.95	10.48	1025.03	1537.30	1896.50	23.37	
			T4	9.90	10.14	9.91	994.83	1539.70	1873.10	21.65	
M4	4.50%	100.00%	T1	10.17	10.56	9.94	1067.51	1598.10	1964.30	22.91	22.00
			T2	10.07	10.44	10.01	1052.36	1608.30	1937.80	20.49	
			T3	9.97	10.42	9.95	1033.68	1549.80	1905.40	22.94	
			T4	9.98	10.19	10.34	1051.54	1617.10	1967.10	21.64	
M5	5.50%	100.00%	T1	9.94	10.23	10.14	1031.10	1608.60	1946.60	21.01	22.15
			T2	9.97	10.03	10.12	1011.99	1517.90	1872.00	23.33	
			T3	9.93	9.94	10.27	1013.69	1546.10	1877.20	21.42	
			T4	9.95	10.26	10.47	1068.85	1621.90	1992.60	22.86	
M6	6.50%	100.00%	T1	10.05	9.97	10.63	1065.11	1604.20	1968.50	22.71	24.15
			T2	9.95	9.86	10.31	1011.48	1462.60	1822.00	24.57	
			T3	9.99	10.07	9.98	1003.98	1498.30	1868.20	24.69	
			T4	9.87	10.34	10.26	1047.09	1554.90	1938.10	24.64	
M7	7.50%	100.00%	T1	10.34	10.01	10.52	1088.86	1619.40	2008.20	24.01	23.97
			T2	10.04	10.19	10.36	1059.91	1592.00	1972.50	23.90	
			T3	10.02	10.38	9.99	1039.04	1541.40	1910.90	23.97	
			T4	9.98	9.96	10.42	1035.76	1550.10	1922.10	24.00	

Fuente: Propia



Tabla 58: Estadísticos descriptivos del porcentaje de absorción en 6 horas

MEZCLAS	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
M2 (2.50%)	4	20.82 %	0.183	20.55 %	20.95 %
M3 (3.50%)	4	22.63 %	1.267	21.48 %	24.04 %
M4 (4.50%)	4	22.00 %	1.172	20.49 %	22.94 %
M5 (5.50%)	4	22.15 %	1.115	21.01 %	23.33 %
M6 (6.50%)	4	24.15 %	0.963	22.71 %	24.69 %
M7 (7.50%)	4	23.97 %	0.050	23.90 %	24.01 %
<b>Total</b>	24	22.62 %	1.440	20.49 %	24.69 %

Fuente: Propia

Tabla 59: Prueba de normalidad para el porcentaje de absorción en 6 horas

MEZCLAS	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
M2 (2.50%)	0.830	4	0.167
M3 (3.50%)	0.868	4	0.291
M4 (4.50%)	0.871	4	0.303
M5 (5.50%)	0.902	4	0.441
M6 (6.50%)	0.677	4	0.050
M7 (7.50%)	0.878	4	0.329

Fuente: Propia

Tabla 60: Análisis de varianzas para el porcentaje de absorción en 6 horas

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	32.145	5	6.429	7.438	0.001
Dentro de grupos	15.558	18	0.864		
<b>Total</b>	47.702	23			

Fuente: Propia

Tabla 61: Prueba de homogeneidad de varianzas para el porcentaje de absorción en 6 horas

Estadístico de Levene	Grados de libertad de mezclas	Grados de libertad del error	Sig.
7.791	5	18	0.000

Fuente: Propia



Tabla 62: Prueba de T3 Dunnett para el porcentaje de absorción en 6 horas

Comparaciones múltiples	Diferencia de medias (I-J)	Sig.	
M3 (3.50%)	-1.82000	0.331	
M4 (4.50%)	-1.18000	0.606	
M2 (2.50 %)	M5 (5.50%)	-1.34000	0.463
	M6 (6.50%)	-3,33750*	0.034
	M7 (7.50%)	-3,15500*	0.000

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Propia

### c) Análisis de la prueba

Para el procesamiento de los datos, no se pudo evaluar la mezcla M1 a las 6 horas, ya que los bloques se desmoronaron por lo que no se pudo determinar el porcentaje de absorción a 6 horas como se observa en la Tabla 57.

Para el análisis de la prueba de absorción a 6 horas, se calcularon los estadísticos descriptivos con el programa SPSS desde la mezcla M2 a las M7, que muestra el porcentaje de absorción máxima de 24.69% y corresponde a la mezcla M6, mientras que el mínimo valor es de 20.49% y corresponde a la mezcla M4, la desviación estándar general de los datos registrados es de 1.440 como se observa en la Tabla 58.

A simple inspección se observa que existe un incremento en el porcentaje de absorción conforme se incrementa el porcentaje de adición de cemento Yura IP pero con valores muy cercanos, razón por la cual, es necesario realizar un análisis de varianza para determinar si las diferencias entre promedios son significativas, por lo que iniciamos el proceso de análisis determinando si los datos registrados se ajustan a una distribución probabilística normal. Según la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, los datos registrados para el porcentaje de absorción a 6 horas se ajustan a la distribución probabilística normal, puesto que el nivel de significancia es superior a 0.05 mostrado en la Tabla 59.

El análisis de varianza presentado en la Tabla 60, utilizando el estadístico F (Fisher-Snedecor), indica que existen diferencias significativas entre los promedios del porcentaje de absorción a 6 horas de las mezclas evaluadas al 95% de probabilidad, puesto que el valor de significancia es inferior a 0.05.



Para poder determinar cuál de las mezclas es estadísticamente superior se deben de realizar las pruebas de comparación de medias previo al análisis de la homogeneidad de sus varianzas.

En la Tabla 61 según el estadístico de Levene las varianzas de los datos registrados no son homogéneas puesto que la significancia es menor a 0.05. Como las varianzas no son homogéneas se realizó la prueba de T3 Dunnett.

La prueba T3-Dunnett presentado en la Tabla 62 indica que el promedio de las mezclas M6 y M7 son estadísticamente iguales pero superiores la mezcla M2 puesto que la significancia es menor a 0.05, finalmente las mezclas M3, M4 y M5 son estadísticamente iguales a la mezcla M2.

Como la mezcla M1 sufre desmoronamiento por absorber mayor cantidad de agua se estima que las mezclas M2, M3, M4, M5, M6 y M7 presentan un menor porcentaje de absorción de agua.

### 3.6.5.3. Ensayo de Absorción a 12 horas

#### a) Cálculos de la prueba

Para los cálculos del porcentaje de absorción evaluada a 12 horas se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Absorción \%} = \frac{(W_s - W_d)}{W_d} \times 100; \quad [\%]$$

Donde:

$W_d$  = Peso del espécimen seco

$W_s$  = Peso del espécimen saturado

También se empleó el programa estadístico SPSS versión 25

#### b) Tablas



Tabla 63: Procesamiento del ensayo de absorción a 12 horas

Serie mezclas	% cemento Yura IP	% tierra	Serie testigos	Dimensiones (cm)			Volumen testigo (cm <sup>3</sup> )	Peso seco (gr)	Peso saturado 12 horas (gr)	Absorción (%)	Promedio Absorción (%)
				Largo	Ancho	Alto					
M1	0.00%	100.00%	T1	9.51	9.63	9.68	886.51	1455.90	N.D.	N.D.	N.D.
			T2	9.59	9.15	9.55	838.00	1422.50	N.D.	N.D.	
			T3	9.56	9.47	9.53	862.78	1433.90	N.D.	N.D.	
			T4	9.55	9.37	9.64	862.62	1450.20	N.D.	N.D.	
M2	2.50%	100.00%	T1	10.42	9.83	10.19	1043.75	1620.70	1961.90	21.05	21.01
			T2	9.76	9.68	10.14	957.99	1527.90	1845.30	20.77	
			T3	10.05	10.14	9.85	1003.78	1559.20	1888.90	21.15	
			T4	10.07	10.12	10.30	1049.66	1640.30	1986.10	21.08	
M3	3.50%	100.00%	T1	9.82	9.98	10.22	1001.60	1540.70	1873.80	21.62	22.98
			T2	9.88	9.76	10.16	979.72	1462.00	1816.20	24.23	
			T3	9.83	9.95	10.48	1025.03	1537.30	1909.60	24.22	
			T4	9.90	10.14	9.91	994.83	1539.70	1876.00	21.84	
M4	4.50%	100.00%	T1	10.17	10.56	9.94	1067.51	1598.10	1966.50	23.05	22.11
			T2	10.07	10.44	10.01	1052.36	1608.30	1939.70	20.61	
			T3	9.97	10.42	9.95	1033.68	1549.80	1906.70	23.03	
			T4	9.98	10.19	10.34	1051.54	1617.10	1969.10	21.77	
M5	5.50%	100.00%	T1	9.94	10.23	10.14	1031.10	1608.60	1950.50	21.25	22.38
			T2	9.97	10.03	10.12	1011.99	1517.90	1875.60	23.57	
			T3	9.93	9.94	10.27	1013.69	1546.10	1880.40	21.62	
			T4	9.95	10.26	10.47	1068.85	1621.90	1996.40	23.09	
M6	6.50%	100.00%	T1	10.05	9.97	10.63	1065.11	1604.20	1973.40	23.01	24.38
			T2	9.95	9.86	10.31	1011.48	1462.60	1826.00	24.85	
			T3	9.99	10.07	9.98	1003.98	1498.30	1870.60	24.85	
			T4	9.87	10.34	10.26	1047.09	1554.90	1940.60	24.81	
M7	7.50%	100.00%	T1	10.34	10.01	10.52	1088.86	1619.40	2011.50	24.21	24.16
			T2	10.04	10.19	10.36	1059.91	1592.00	1975.30	24.08	
			T3	10.02	10.38	9.99	1039.04	1541.40	1913.50	24.14	
			T4	9.98	9.96	10.42	1035.76	1550.10	1925.40	24.21	

Tabla 64: Estadísticos descriptivos del porcentaje de absorción en 12 horas

MEZCLAS	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
<b>M2 (2.50%)</b>	4	21.01 %	0.1670	20.77 %	21.15 %
<b>M3 (3.50%)</b>	4	22.98 %	1.4433	21.62 %	24.23 %
<b>M4 (4.50%)</b>	4	22.11 %	1.1684	20.61 %	23.05 %
<b>M5 (5.50%)</b>	4	22.38 %	1.1217	21.25 %	23.57 %
<b>M6 (6.50%)</b>	4	24.38 %	0.9135	23.01 %	24.85 %
<b>M7 (7.50%)</b>	4	24.16 %	0.0627	24.08 %	24.21 %
<b>Total</b>	24	22.84 %	1.468	20.61 %	24.85 %





Tabla 65: Prueba de normalidad para el porcentaje de absorción en 12 hora

MEZCLAS	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
M2 (2.50%)	0.847	4	0.215
M3 (3.50%)	0.767	4	0.055
M4 (4.50%)	0.869	4	0.294
M5 (5.50%)	0.896	4	0.411
M6 (6.50%)	0.645	4	0.051
M7 (7.50%)	0.864	4	0.276

Fuente: Propia

Tabla 66: Análisis de varianzas para el porcentaje de absorción en 12 horas

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	32.830	5	6.566	7.069	0.001
Dentro de grupos	16.719	18	0.929		
Total	49.549	23			

Fuente: Propia

Tabla 67: Prueba de homogeneidad de varianzas para el porcentaje de absorción en 12 horas

Estadístico de Levene	Grados de libertad de mezclas	Grados de libertad del error	Sig.
10.896	5	18	0.000

Fuente: Propia

Tabla 68: Prueba de T3 Dunnett para el porcentaje de absorción en 12 horas

Comparaciones múltiples	Diferencia de medias (I-J)	Sig.
M2 (2.50 %)	M3 (3.50%)	0.368
	M4 (4.50%)	0.657
	M5 (5.50%)	0.450
	M6 (6.50%)	0.028
	M7 (7.50%)	0.000

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Propia



c) Análisis de prueba

Para el análisis de la prueba de absorción a 12 horas, se calcularon los estadísticos descriptivos con el programa SPSS desde la mezcla M2 a las M7, que muestra el porcentaje de absorción máxima de 24.85% y corresponde a la mezcla M6, mientras que el mínimo valor es de 20.61 % y corresponde a la mezcla M4, la desviación estándar general de los datos registrados es de 1.468 como se observa en la Tabla 64.

A simple inspección se observa que existe un incremento en el porcentaje de absorción conforme se incrementa el porcentaje de adición de cemento Yura IP pero con valores muy cercanos, razón por la cual, es necesario realizar un análisis de varianza para determinar si las diferencias entre promedios son significativas, por lo que iniciamos el proceso de análisis determinando si los datos registrados se ajustan a una distribución probabilística normal. Según la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, los datos registrados para el porcentaje de absorción a 12 horas se ajustan a la distribución probabilística normal, puesto que el nivel de significancia es superior a 0.05 mostrado en la Tabla 65.

El análisis de varianza presentado en la Tabla 66 utilizando el estadístico F (Fisher-Snedecor), indica que existen diferencias significativas entre los promedios del porcentaje de absorción a 12 horas de las mezclas evaluadas al 95% de probabilidad, puesto que el valor de significancia es inferior a 0.05

Para poder determinar cuál de las mezclas es estadísticamente superior se deben de realizar las pruebas de comparación de medias previo al análisis de la homogeneidad de sus varianzas. En la Tabla 67, según el estadístico de Levene las varianzas de los datos registrados no son homogéneas puesto que la significancia es menor a 0.05. Como las varianzas no son homogéneas se realizó la prueba de T3 Dunnett.

La prueba T3-Dunnett presentado en la Tabla 68 indica que el promedio de las mezclas M6 y M7 son estadísticamente iguales pero superiores la mezcla M2 puesto que la significancia es menor a 0.05, finalmente las mezclas M3, M4 y M5 son estadísticamente iguales a la mezcla M2.

#### **3.6.5.4. Ensayo de Absorción a 24 horas**

a) Cálculos de la prueba

Para los cálculos del porcentaje de absorción evaluada a 24 horas se utilizó la siguiente ecuación:



$$\text{Absorción \%} = \frac{(W_s - W_d)}{W_d} \times 100; \quad [\%]$$

Donde:

$W_d$  = Peso del espécimen seco

$W_s$  = Peso del espécimen saturado

También se empleó el programa estadístico SPSS versión 25

b) Tablas

Tabla 69: Procesamiento del ensayo de absorción a 24 horas

Serie mezclas	% cemento Yura IP	% tierra	Serie testigos	Dimensiones (cm)			Volumen testigo (cm <sup>3</sup> )	Peso seco (gr)	Peso saturado 12 horas (gr)	Absorción (%)	Promedio Absorción (%)
				Largo	Ancho	Alto					
M1	0.00%	100.00%	T1	9.51	9.63	9.68	886.51	1455.90	N.D.	N.D.	N.D.
			T2	9.59	9.15	9.55	838.00	1422.50	N.D.	N.D.	
			T3	9.56	9.47	9.53	862.78	1433.90	N.D.	N.D.	
			T4	9.55	9.37	9.64	862.62	1450.20	N.D.	N.D.	
M2	2.50%	100.00%	T1	10.42	9.83	10.19	1043.75	1620.70	1968.10	21.44	21.45
			T2	9.76	9.68	10.14	957.99	1527.90	1852.90	21.27	
			T3	10.05	10.14	9.85	1003.78	1559.20	1896.20	21.61	
			T4	10.07	10.12	10.30	1049.66	1640.30	1992.50	21.47	
M3	3.50%	100.00%	T1	9.82	9.98	10.22	1001.60	1540.70	1878.30	21.91	23.32
			T2	9.88	9.76	10.16	979.72	1462.00	1822.80	24.68	
			T3	9.83	9.95	10.48	1025.03	1537.30	1915.10	24.58	
			T4	9.90	10.14	9.91	994.83	1539.70	1880.40	22.13	
M4	4.50%	100.00%	T1	10.17	10.56	9.94	1067.51	1598.10	1969.70	23.25	22.32
			T2	10.07	10.44	10.01	1052.36	1608.30	1942.30	20.77	
			T3	9.97	10.42	9.95	1033.68	1549.80	1909.30	23.20	
			T4	9.98	10.19	10.34	1051.54	1617.10	1973.70	22.05	
M5	5.50%	100.00%	T1	9.94	10.23	10.14	1031.10	1608.60	1952.60	21.39	22.50
			T2	9.97	10.03	10.12	1011.99	1517.90	1877.70	23.70	
			T3	9.93	9.94	10.27	1013.69	1546.10	1882.10	21.73	
			T4	9.95	10.26	10.47	1068.85	1621.90	1998.00	23.19	
M6	6.50%	100.00%	T1	10.05	9.97	10.63	1065.11	1604.20	1976.50	23.21	24.47
			T2	9.95	9.86	10.31	1011.48	1462.60	1826.90	24.91	
			T3	9.99	10.07	9.98	1003.98	1498.30	1871.90	24.93	
			T4	9.87	10.34	10.26	1047.09	1554.90	1941.20	24.84	
M7	7.50%	100.00%	T1	10.34	10.01	10.52	1088.86	1619.40	2011.90	24.24	24.20
			T2	10.04	10.19	10.36	1059.91	1592.00	1976.50	24.15	
			T3	10.02	10.38	9.99	1039.04	1541.40	1914.00	24.17	
			T4	9.98	9.96	10.42	1035.76	1550.10	1926.10	24.26	

Fuente: Propia



Tabla 70: Estadísticos descriptivos del porcentaje de absorción en 24 horas

MEZCLAS	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
M2 (2.50%)	4	21.45 %	0.140	21.27 %	21.61 %
M3 (3.50%)	4	23.32 %	1.510	21.91 %	24.68 %
M4 (4.50%)	4	22.32 %	1.171	20.77 %	23.25 %
M5 (5.50%)	4	22.50 %	1.117	21.39 %	23.70 %
M6 (6.50%)	4	24.47 %	0.843	23.21 %	24.93 %
M7 (7.50%)	4	24.21 %	0.053	24.15 %	24.26 %
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>23.05 %</b>	<b>1.387</b>	<b>20.77 %</b>	<b>24.93 %</b>

Fuente: Propia

Tabla 71: Prueba de normalidad para el porcentaje de absorción en 24 horas

MEZCLAS	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
M2 (2.50%)	0.974	4	0.866
M3 (3.50%)	0.781	4	0.072
M4 (4.50%)	0.873	4	0.311
M5 (5.50%)	0.896	4	0.409
M6 (6.50%)	0.669	4	0.055
M7 (7.50%)	0.895	4	0.409

Fuente: Propia

Tabla 72: Análisis de varianzas para el porcentaje de absorción en 24 horas

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	27.349	5	5.470	5.828	0.002
Dentro de grupos	16.894	18	0.939		
<b>Total</b>	<b>44.243</b>	<b>23</b>			

Fuente: Propia



Tabla 73: Prueba de homogeneidad de varianzas para el porcentaje de absorción en 24 horas

Estadístico de Levene	Grados de libertad de mezclas	Grados de libertad del error	Sig.
11.337	5	18	0.000

Fuente: Propia

Tabla 74: Prueba de T3 Dunnett para el porcentaje de absorción en 24 horas

Comparaciones múltiples	Diferencia de medias (I-J)	Sig.	
	M3 (3.50%)	-1.87750	0.434
	M4 (4.50%)	-0.87000	0.824
M2 (2.50 %)	M5 (5.50%)	-1.05500	0.654
	M6 (6.50%)	-3,02500*	0.031
	M7 (7.50%)	-2,75750*	0.000

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Propia

### c) Análisis de la prueba

Para el análisis de la prueba de absorción a 24 horas, se calcularon los estadísticos descriptivos con el programa SPSS desde la mezcla M2 a las M7, que muestra el porcentaje de absorción máxima de 24.93% y corresponde a la mezcla M6, mientras que el mínimo valor es de 20.77 % y corresponde a la mezcla M4, la desviación estándar general de los datos registrados es de 1.387 como se observa en la Tabla 70.

A simple inspección se observa que existe un incremento en el porcentaje de absorción conforme se incrementa el porcentaje de adición de cemento Yura IP pero con valores muy cercanos, razón por la cual, es necesario realizar un análisis de varianza para determinar si las diferencias entre promedios son significativas, por lo que iniciamos el proceso de análisis determinando si los datos registrados se ajustan a una distribución probabilística normal. Según la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, los datos registrados para el porcentaje de absorción a 24 horas se ajustan a la distribución probabilística normal, puesto que el nivel de significancia es superior a 0.05 mostrado en la Tabla 71.



El análisis de varianza presentado en la Tabla 72, utilizando el estadístico F (Fisher-Snedecor), indica que existen diferencias significativas entre los promedios del porcentaje de absorción a 24 horas de las mezclas evaluadas al 95% de probabilidad, puesto que el valor de significancia es inferior a 0.05.

Para poder determinar cuál de las mezclas es estadísticamente superior se deben de realizar las pruebas de comparación de medias previo al análisis de la homogeneidad de sus varianzas.

En la Tabla 73 según el estadístico de Levene las varianzas de los datos registrados no son homogéneas puesto que la significancia es menor a 0.05. Como las varianzas no son homogéneas se realizó la prueba de T3 Dunnett.

La prueba T3-Dunnett presentado en la Tabla 74 indica que el promedio de las mezclas M6 y M7 son estadísticamente iguales pero superiores la mezcla M2 puesto que la significancia es menor a 0.05, finalmente las mezclas M3, M4 y M5 son estadísticamente iguales a la mezcla M2.

### **3.6.6. Ensayo de resistencia a la compresión**

#### **3.6.6.1. Ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días**

##### a) Cálculos de la prueba

Para los cálculos de la resistencia a la compresión a los 14 días se utilizó la siguiente expresión:

$$\text{Resistencia a la compresión} = \frac{\text{Carga máxima}}{\text{Área de contacto}}; \left[ \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} \right]$$

También se empleó el programa estadístico SPSS versión 25.

##### b) Tablas y figuras



Tabla 75: Procesamiento del ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días

Serie de mezclas	% cemento Yura IP (Volumen)	% tierra (volumen)	Serie de testigos	Dimensiones (cm)		Área de contacto (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Promedio esfuerzo (Kgf/cm <sup>2</sup> )
				Largo	Ancho				
M1	0.00%	100.00%	T1	9.65	9.74	93.99	1560.00	16.60	15.66
			T2	9.68	9.79	94.77	1530.00	16.14	
			T3	9.61	9.83	94.47	1550.00	16.41	
			T4	9.74	9.86	96.04	1470.00	15.31	
			T5	9.69	9.66	93.61	1400.00	14.96	
			T6	9.67	9.72	93.99	1370.00	14.58	
M2	2.50%	100.00%	T1	9.80	9.90	97.02	910.00	9.38	9.08
			T2	9.78	9.97	97.51	910.00	9.33	
			T3	9.80	9.82	96.24	860.00	8.94	
			T4	9.84	9.81	96.53	910.00	9.43	
			T5	9.86	9.81	96.73	790.00	8.17	
			T6	9.91	9.94	98.51	910.00	9.24	
M3	3.50%	100.00%	T1	9.91	9.95	98.60	720.00	7.30	6.92
			T2	9.88	9.97	98.50	770.00	7.82	
			T3	9.93	9.94	98.70	550.00	5.57	
			T4	9.92	10.04	99.60	700.00	7.03	
			T5	9.91	9.91	98.21	650.00	6.62	
			T6	9.92	9.96	98.80	710.00	7.19	
M4	4.50%	100.00%	T1	10.02	10.23	102.50	640.00	6.24	5.96
			T2	10.01	10.10	101.10	650.00	6.43	
			T3	9.92	10.03	99.50	730.00	7.34	
			T4	10.01	10.01	100.20	530.00	5.29	
			T5	10.01	10.01	100.20	520.00	5.19	
			T6	10.05	10.06	101.10	530.00	5.24	
M5	5.50%	100.00%	T1	9.87	10.33	101.96	860.00	8.43	8.17
			T2	10.08	10.19	102.72	900.00	8.76	
			T3	10.06	10.08	101.40	840.00	8.28	
			T4	10.00	10.50	105.00	870.00	8.29	
			T5	9.97	10.00	99.70	720.00	7.22	
			T6	10.07	10.00	100.70	810.00	8.04	
M6	6.50%	100.00%	T1	10.05	10.28	103.31	1090.00	10.55	11.46
			T2	10.06	10.31	103.72	1080.00	10.41	
			T3	10.01	9.88	98.90	1190.00	12.03	
			T4	10.01	10.06	100.70	1240.00	12.31	
			T5	9.95	10.08	100.30	1240.00	12.36	
			T6	10.01	9.99	100.00	1110.00	11.10	
M7	7.50%	100.00%	T1	10.03	11.00	110.33	1310.00	11.87	11.28
			T2	10.09	11.00	110.99	1260.00	11.35	
			T3	10.05	10.03	100.80	940.00	9.33	
			T4	10.04	10.01	100.50	1180.00	11.74	
			T5	10.03	10.08	101.10	1340.00	13.25	
			T6	10.16	10.13	102.92	1040.00	10.10	

Fuente: Propia

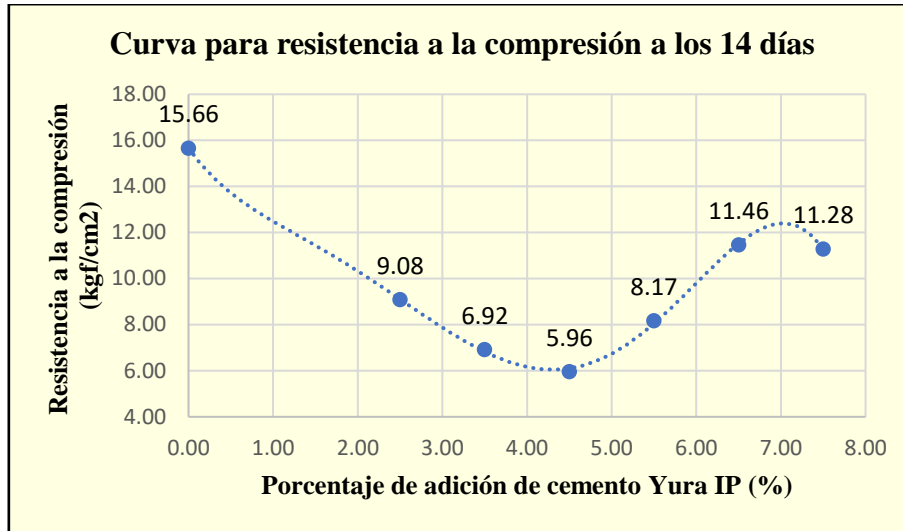


Figura 80: Curva para la resistencia a la compresión a los 14 días  
Fuente: Propia

Tabla 76: Estadísticos descriptivos para la resistencia a la compresión a los 14 días

MEZCLAS	N	Media (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar	Mínimo (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Máximo (Kgf/cm <sup>2</sup> )
M1 (0.00%)	6	15.66	0.831	14.58	16.60
M2 (2.50%)	6	9.08	0.479	8.17	9.43
M3 (3.50%)	6	6.92	0.768	5.57	7.82
M4 (4.50%)	6	5.96	0.868	5.19	7.34
M5 (5.50%)	6	8.17	0.522	7.22	8.76
M6 (6.50%)	6	11.46	0.885	10.41	12.36
M7 (7.50%)	6	11.28	1.389	9.33	13.25
<b>Total</b>	42	9.79	3.200	5.19	16.60

Fuente: Propia

Tabla 77: Prueba de normalidad para la resistencia a compresión a los 14 días

MEZCLAS	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
M1 (0.00%)	0.215	6	0.200	0.916	6	0.478
M2 (2.50%)	0.296	6	0.109	0.772	6	0.053
M3 (3.50%)	0.223	6	0.200	0.924	6	0.536
M4 (4.50%)	0.278	6	0.161	0.861	6	0.193
M5 (5.50%)	0.250	6	0.200	0.890	6	0.316
M6 (6.50%)	0.240	6	0.200	0.855	6	0.172
M7 (7.50%)	0.189	6	0.200	0.966	6	0.865

Fuente: Propia





Tabla 78: Análisis de varianza para la resistencia a la compresión a los 14 días

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	393.511	6	65.585	87.485	0.000
Dentro de grupos	26.238	35	0.750		
Total	419.749	41			

Fuente: Propia

Tabla 79: Prueba de homogeneidad de varianzas para resistencia a la compresión a los 14 días

Estadístico de Levene	Grados de libertad de mezclas	Grados de libertad del error	Sig.
1.874	6	35	0.113

Fuente: Propia

Tabla 80: Prueba de Tukey para la resistencia a la compresión a los 14 días

MEZCLAS	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
M4 (4.50 %)	6	5.96				
M3 (3.50 %)	6	6.92	6.92			
M5 (5.50 %)	6		8.17	8.17		
M2 (2.50 %)	6			9.08		
M7 (7.50 %)	6				11.27	
M6 (6.50 %)	6				11.46	
M1 (0.00 %)	6					15.66

Fuente: Propia

### c) Análisis de datos

Para el análisis de la prueba de resistencia a la compresión a los 14 días de secado, se calcularon los estadísticos descriptivos con el programa SPSS desde la mezcla M1 a las M7, que muestra la resistencia a la compresión máxima de 16.60 kgf/cm<sup>2</sup> y corresponde a la mezcla M1, mientras que el mínimo valor es de 5.19 kgf/cm<sup>2</sup> y corresponde a la mezcla M4, la desviación estándar general de los datos registrados es de 3.20 como se observa en la Tabla 76.

A simple inspección se observa que existe una reducción en la resistencia a la compresión al comparar la mezcla patrón M1 y las mezclas con adición de cemento Yura IP, pero con valores muy cercanos, razón por la cual, es necesario realizar un análisis de varianza para determinar si



las diferencias entre promedios son significativas, por lo que iniciamos el proceso de análisis determinando si los datos registrados se ajustan a una distribución probabilística normal. Según la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk, los datos registrados para la resistencia a la compresión evaluada a los 14 días se ajustan a la distribución probabilística normal, puesto que el nivel de significancia es superior a 0.05, mostrado en la Tabla 77.

El análisis de varianza presentado en la Tabla 78, utilizando el estadístico F (Fisher-Snedecor), indica que existen diferencias significativas entre los promedios de la resistencia a la compresión a los 14 días de las mezclas evaluadas al 95% de probabilidad, puesto que el valor de significancia es inferior a 0.05.

Para poder determinar cuál de las mezclas es estadísticamente superior se debe realizar las pruebas de comparación de medias previo al análisis de la homogeneidad de sus varianzas.

En la Tabla 79, según el estadístico de Levene las varianzas de los datos registrados son homogéneas puesto que la significancia es mayor a 0.05. Como las varianzas son homogéneas se realizó la prueba de Tukey.

La prueba de Tukey presentada en la Tabla 80 considerando una probabilidad del 95% indica que la mezcla M1 presenta el promedio de resistencia a compresión a los 14 días más elevado con un valor de 15.66 kgf/cm<sup>2</sup> y es superior estadísticamente a las demás mezclas, este resultado corrobora la información observada en la Figura 80, cuando se evalúan las mezclas con adición de cemento se demuestra que la mezcla M6 y M7 son estadísticamente iguales y superiores a las demás mezclas.

Por lo tanto, la resistencia a la compresión a los 14 días de secado se reduce cuando se adiciona cemento Yura IP comparada con el resultado de M1 sin adición de cemento Yura IP.

### 3.6.6.2. Ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días

#### a) Cálculos de la prueba

Para los cálculos de la resistencia a la compresión a los 28 días se utilizó la siguiente expresión:

$$\text{Resistencia a la compresión} = \frac{\text{Carga máxima}}{\text{Área de contacto}}; \left[ \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} \right]$$

También se empleó el programa estadístico SPSS versión 25.

#### b) Tablas y figuras



Tabla 81: Procesamiento del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días

Serie de mezclas	% cemento Yura IP (Volumen)	% tierra (volumen)	Serie de testigos	Dimensiones (cm)		Área de contacto (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Promedio esfuerzo (Kgf/cm <sup>2</sup> )
				Largo	Ancho				
M1	0.00%	100.00%	T1	9.87	10.04	99.09	1570.00	15.84	17.58
			T2	9.56	9.74	93.11	1550.00	16.65	
			T3	9.80	9.96	97.61	1710.00	17.52	
			T4	9.50	10.14	96.33	1840.00	19.10	
			T5	9.76	9.58	93.50	1830.00	19.57	
			T6	9.82	9.75	95.75	1610.00	16.82	
M2	2.50%	100.00%	T1	10.21	10.10	103.12	900.00	8.73	9.12
			T2	10.24	9.93	101.68	910.00	8.95	
			T3	10.26	10.00	102.60	930.00	9.06	
			T4	10.24	10.08	103.22	960.00	9.30	
			T5	10.12	9.86	99.78	980.00	9.82	
			T6	10.21	9.87	100.77	890.00	8.83	
M3	3.50%	100.00%	T1	10.18	10.00	101.80	770.00	7.56	7.21
			T2	10.30	10.10	104.03	710.00	6.82	
			T3	10.04	9.98	100.20	680.00	6.79	
			T4	10.20	10.00	102.00	830.00	8.14	
			T5	10.23	10.11	103.43	620.00	5.99	
			T6	10.30	10.04	103.41	820.00	7.93	
M4	4.50%	100.00%	T1	10.20	10.18	103.84	790.00	7.61	7.59
			T2	10.20	10.02	102.20	920.00	9.00	
			T3	10.00	10.20	102.00	830.00	8.14	
			T4	9.85	9.96	98.11	650.00	6.63	
			T5	10.20	10.15	103.53	740.00	7.15	
			T6	10.28	10.14	104.24	730.00	7.00	
M5	5.50%	100.00%	T1	10.20	10.14	103.43	960.00	9.28	8.74
			T2	10.12	10.14	102.62	920.00	8.97	
			T3	10.31	10.14	104.54	840.00	8.03	
			T4	10.26	10.16	104.24	930.00	8.92	
			T5	10.08	10.06	101.40	860.00	8.48	
			T6	10.21	10.05	102.61	900.00	8.77	
M6	6.50%	100.00%	T1	10.30	10.40	107.12	1230.00	11.48	11.58
			T2	10.25	10.16	104.14	1130.00	10.85	
			T3	10.24	10.01	102.50	1270.00	12.39	
			T4	10.16	10.00	101.60	1130.00	11.12	
			T5	10.00	9.90	99.00	1260.00	12.73	
			T6	10.27	10.18	104.55	1140.00	10.90	
M7	7.50%	100.00%	T1	10.20	10.20	104.04	1410.00	13.55	11.49
			T2	10.20	9.98	101.80	1110.00	10.90	
			T3	10.30	10.14	104.44	1280.00	12.26	
			T4	10.30	9.90	101.97	1070.00	10.49	
			T5	10.30	10.15	104.55	1120.00	10.71	
			T6	10.10	10.14	102.41	1130.00	11.03	

Fuente: Propia

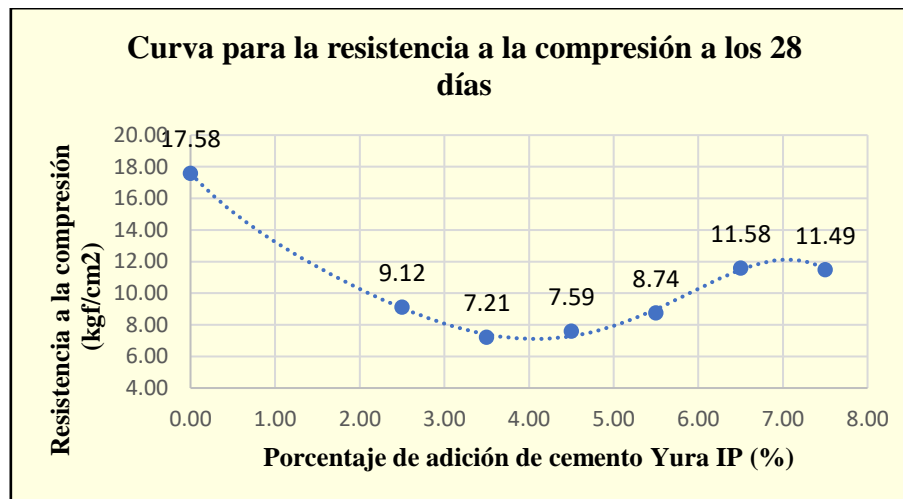


Figura 81: Curva para la resistencia a la compresión a los 28 días  
Fuente: Propia

Tabla 82: Estadísticos descriptivos para la resistencia a la compresión a los 28 días

MEZCLAS	N	Media (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar	Mínimo (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Máximo (Kgf/cm <sup>2</sup> )
M1 (0.00%)	6	17.58	1.466	15.84	19.57
M2 (2.50%)	6	9.12	0.398	8.73	9.82
M3 (3.50%)	6	7.21	0.815	5.99	8.14
M4 (4.50%)	6	7.59	0.867	6.63	9.00
M5 (5.50%)	6	8.74	0.436	8.03	9.28
M6 (6.50%)	6	11.58	0.799	10.85	12.73
M7 (7.50%)	6	11.49	1.184	10.49	13.55
<b>Total</b>	42	10.47	3.456	5.99	19.57

Fuente: Propia

Tabla 83: Prueba de normalidad para la resistencia a la compresión a los 28 días

MEZCLAS	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
M1 (0.00%)	0.199	6	0.200	0.922	6	0.522
M2 (2.50%)	0.222	6	0.200	0.897	6	0.359
M3 (3.50%)	0.182	6	0.200	0.940	6	0.663
M4 (4.50%)	0.194	6	0.200	0.946	6	0.707
M5 (5.50%)	0.193	6	0.200	0.960	6	0.816
M6 (6.50%)	0.217	6	0.200	0.861	6	0.193
M7 (7.50%)	0.318	6	0.058	0.832	6	0.112

Fuente: Propia



Tabla 84: Análisis de varianza para la resistencia a la compresión a los 28 días

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	459.934	6	76.656	90.148	0.000
Dentro de grupos	29.761	35	0.850		
Total	489.696	41			

Fuente: Propia

Tabla 85: Prueba de homogeneidad para la resistencia a la compresión a los 28 días

Estadístico de Levene	Grados de libertad de mezclas	Grados de libertad del error	Sig.
2.836	6	35	0.053

Fuente: Propia

Tabla 86: Prueba de Tukey para la resistencia a la compresión a los 28 días

MEZCLAS	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
M3 (3.50 %)	6	7.21			
M4 (4.50 %)	6	7.59	7.59		
M5 (5.50 %)	6	8.74	8.74		
M2 (2.50 %)	6		9.12		
M7 (7.50 %)	6			11.49	
M6 (6.50 %)	6			11.58	
M1 (0.00 %)	6				17.58

Fuente: Propia

### c) Análisis de prueba

Para el análisis de la prueba de resistencia a la compresión a los 28 días de secado, se calcularon los estadísticos descriptivos con el programa SPSS desde la mezcla M1 a la M7, que muestra la resistencia a la compresión máxima de 19.57 kgf/cm<sup>2</sup> y corresponde a la mezcla M1, mientras que el mínimo valor es de 5.99 kgf/cm<sup>2</sup> y corresponde a la mezcla M3, la desviación estándar general de los datos registrados es de 3.456 como se observa en la Tabla 82.

A simple inspección se observa que existe una reducción en la resistencia a la compresión al comparar la mezcla patrón M1 y las mezclas con adición de cemento Yura IP, pero con valores muy cercanos, razón por la cual, es necesario realizar un análisis de varianza para determinar si las diferencias entre promedios son significativas, por lo que iniciamos el proceso de análisis



determinando si los datos registrados se ajustan a una distribución probabilística normal. Según la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk, los datos registrados para la resistencia a la compresión evaluada a los 28 días se ajustan a la distribución probabilística normal, puesto que el nivel de significancia es superior a 0.05, mostrado en la Tabla 83.

El análisis de varianza presentada en la Tabla 84 utilizando el estadístico F (Fisher-Snedecor), indica que existen diferencias significativas entre los promedios de la resistencia a compresión a los 28 días de las mezclas evaluadas al 95% de probabilidad, puesto que el valor de la significancia es inferior a 0.05.

Para poder determinar cuál de las mezclas es estadísticamente superior se debe realizar las pruebas de comparación de medias previo al análisis de la homogeneidad de sus varianzas.

En la Tabla 85, según el estadístico de Levene las varianzas de los datos registrados son homogéneas puesto que la significancia es mayor a 0.05. Como las varianzas son homogéneas se realizó la prueba de Tukey.

La prueba de Tukey presentada en la Tabla 86 considerando una probabilidad del 95% indica que la mezcla M1 sin adición de cemento Yura IP presenta el promedio de resistencia a compresión a los 28 días más elevado con un valor de 17.58 kgf/cm<sup>2</sup> y es superior estadísticamente a las demás mezclas, este resultado corrobora la información observada en la Figura 81; cuando se evalúan las mezclas con adición de cemento se demuestra que la mezcla M6 y M7 son estadísticamente iguales y superiores a las demás mezclas.

Por lo tanto, la resistencia a la compresión a los 28 días de secado se reduce cuando se adiciona cemento Yura IP comparada con el resultado de M1 sin adición de cemento Yura IP.

### 3.6.6.3. Ensayo de resistencia a la compresión a los 56 días

#### a) Cálculos de la prueba

Para los cálculos de la resistencia a la compresión a los 56 días se utilizó la siguiente expresión:

$$\text{Resistencia a la compresión} = \frac{\text{Carga máxima}}{\text{Área de contacto}}; \left[ \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} \right]$$

También se empleó el programa estadístico SPSS versión 25.

#### b) Tablas y figuras



Tabla 87: Procesamiento del ensayo de resistencia a la compresión a los 56 días

Serie de mezclas	% cemento Yura IP (Volumen)	% tierra (volumen)	Serie de testigos	Dimensiones (cm)		Área de contacto (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Promedio esfuerzo (Kgf/cm <sup>2</sup> )
				Largo	Ancho				
M1	0.00%	100.00%	T1	9.87	9.85	97.22	1650.00	16.97	17.20
			T2	9.90	9.75	96.53	1560.00	16.16	
			T3	10.00	9.80	98.00	1820.00	18.57	
			T4	10.00	9.81	98.10	1480.00	15.09	
			T5	9.80	9.95	97.51	1710.00	17.54	
			T6	9.85	9.83	96.83	1830.00	18.90	
M2	2.50%	100.00%	T1	9.88	9.98	98.60	980.00	9.94	9.89
			T2	9.95	10.02	99.70	990.00	9.93	
			T3	9.86	10.13	99.88	970.00	9.71	
			T4	9.87	9.95	98.21	970.00	9.88	
			T5	10.00	10.30	103.00	1010.00	9.81	
			T6	9.88	9.92	98.01	990.00	10.10	
M3	3.50%	100.00%	T1	10.11	10.30	104.13	860.00	8.26	8.97
			T2	10.31	10.00	103.10	990.00	9.60	
			T3	10.03	10.01	100.40	910.00	9.06	
			T4	9.92	9.86	97.81	880.00	9.00	
			T5	9.85	10.22	100.67	890.00	8.84	
			T6	9.94	10.01	99.50	900.00	9.05	
M4	4.50%	100.00%	T1	10.02	10.17	101.90	890.00	8.73	8.11
			T2	10.14	10.12	102.62	840.00	8.19	
			T3	10.10	9.98	100.80	790.00	7.84	
			T4	10.24	10.05	102.91	830.00	8.07	
			T5	9.86	9.93	97.91	730.00	7.46	
			T6	10.26	9.90	101.57	850.00	8.37	
M5	5.50%	100.00%	T1	10.01	10.02	100.30	990.00	9.87	10.13
			T2	9.86	10.40	102.54	990.00	9.65	
			T3	9.98	10.12	101.00	980.00	9.70	
			T4	9.99	10.00	99.90	970.00	9.71	
			T5	10.02	9.95	99.70	1150.00	11.53	
			T6	10.00	10.30	103.00	1060.00	10.29	
M6	6.50%	100.00%	T1	10.00	10.12	101.20	1140.00	11.26	11.74
			T2	10.02	10.10	101.20	1400.00	13.83	
			T3	10.12	10.20	103.22	1180.00	11.43	
			T4	10.00	10.14	101.40	1070.00	10.55	
			T5	9.98	9.88	98.60	1130.00	11.46	
			T6	10.03	9.96	99.90	1190.00	11.91	
M7	7.50%	100.00%	T1	10.21	9.97	101.79	1250.00	12.28	12.97
			T2	9.98	9.98	99.60	1330.00	13.35	
			T3	10.14	9.99	101.30	1210.00	11.94	
			T4	10.04	9.95	99.90	1420.00	14.21	
			T5	10.03	9.96	99.90	1120.00	11.21	
			T6	9.96	10.04	100.00	1480.00	14.80	

Fuente: Propia

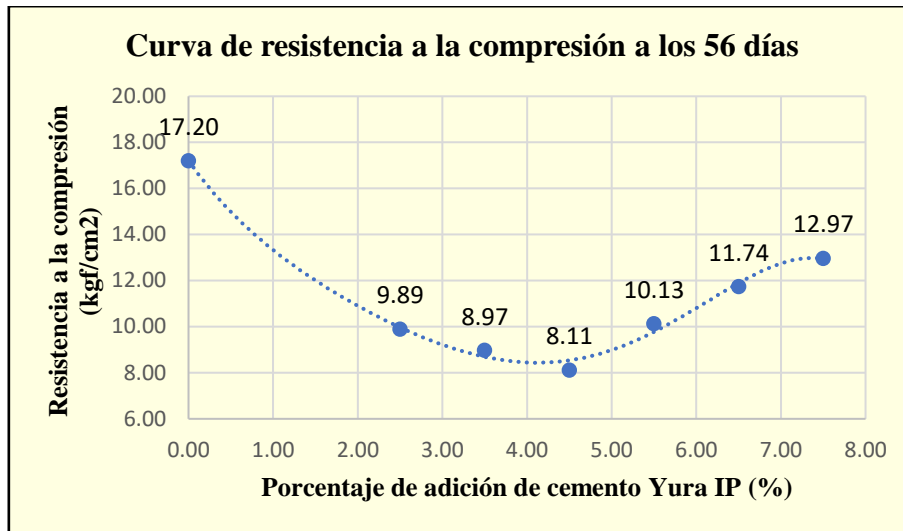


Figura 82: Curva para la resistencia a la compresión a los 56 días  
Fuente: Propia

Tabla 88: Estadísticos descriptivos para la resistencia a la compresión a los 56 días

MEZCLAS	N	Media (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar	Mínimo (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Máximo (Kgf/cm <sup>2</sup> )
M1 (0.00%)	6	17.20	1.447	15.09	18.90
M2 (2.50%)	6	9.90	0.132	9.71	10.10
M3 (3.50%)	6	8.97	0.432	8.26	9.60
M4 (4.50%)	6	8.11	0.437	7.46	8.73
M5 (5.50%)	6	10.13	0.727	9.65	11.53
M6 (6.50%)	6	11.74	1.115	10.55	13.83
M7 (7.50%)	6	12.97	1.390	11.21	14.80
<b>Total</b>	42	11.29	3.011	7.46	18.90

Fuente: Propia

Tabla 89: Prueba de normalidad para la resistencia a la compresión a los 56 días

MEZCLAS	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
M1 (0.00%)	0.161	6	0.200	0.964	6	0.849
M2 (2.50%)	0.200	6	0.200	0.978	6	0.943
M3 (3.50%)	0.249	6	0.200	0.922	6	0.522
M4 (4.50%)	0.130	6	0.200	0.997	6	0.999
M5 (5.50%)	0.304	6	0.088	0.729	6	0.052
M6 (6.50%)	0.273	6	0.184	0.846	6	0.147
M7 (7.50%)	0.189	6	0.200	0.956	6	0.789

Fuente: Propia





Tabla 90: Análisis de varianza para la resistencia a la compresión a los 56 días

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	340.806	6	56.801	64.187	0.000
Dentro de grupos	30.973	35	0.885		
Total	371.779	41			

Fuente: Propia

Tabla 91: Prueba de homogeneidad de varianzas para la resistencia a la compresión a los 56 días

Estadístico de Levene	Grados de libertad de mezclas	Grados de libertad del error	Sig.
4.062	6	35	0.053

Fuente: Propia

Tabla 92: Prueba de Tukey para la resistencia a la compresión a los 56 días

MEZCLAS	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
M4 (4.50%)	6	8.11				
M3 (3.50%)	6	8.97	8.97			
M2 (2.50%)	6		9.90			
M5 (5.50%)	6		10.13	10.13		
M6 (6.50%)	6			11.74	11.74	
M7 (7.50%)	6				12.97	
M1 (0.00%)	6					17.20

Fuente: Propia

### c) Análisis de prueba

Para el análisis de la prueba de resistencia a la compresión a los 56 días de secado, se calcularon los estadísticos descriptivos con el programa SPSS desde la mezcla M1 a la M7, que muestra la resistencia a la compresión máxima de 18.90 kgf/cm<sup>2</sup> y corresponde a la mezcla M1, mientras que el mínimo valor es de 7.46 kgf/cm<sup>2</sup> y corresponde a la mezcla M4, la desviación estándar general de los datos registrados es de 3.011 como se observa en la Tabla 88.

A simple inspección se observa que existe una reducción en la resistencia a la compresión al comparar la mezcla patrón M1 y las mezclas con adición de cemento Yura IP, pero con valores muy cercanos, razón por la cual, es necesario realizar un análisis de varianza para determinar si



las diferencias entre promedios son significativas, por lo que iniciamos el proceso de análisis determinando si los datos registrados se ajustan a una distribución probabilística normal.

Según la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk, los datos registrados para la resistencia a la compresión evaluada a los 56 días se ajustan a la distribución probabilística normal, puesto que el nivel de significancia es superior a 0.05, mostrado en la Tabla 89.

El análisis de varianza presentada en la Tabla 90 utilizando el estadístico F (Fisher-Snedecor), indica que existen diferencias significativas entre los promedios de la resistencia a compresión a los 56 días de las mezclas evaluadas al 95% de probabilidad, puesto que el valor de la significancia es inferior a 0.05.

Para poder determinar cuál de las mezclas es estadísticamente superior se debe realizar las pruebas de comparación de medias previo al análisis de la homogeneidad de sus varianzas.

En la Tabla 91, según el estadístico de Levene las varianzas de los datos registrados son homogéneas puesto que la significancia es mayor a 0.05. Como las varianzas son homogéneas se realizó la prueba de Tukey.

La prueba de Tukey presentada en la Tabla 92 considerando una probabilidad del 95% indica que la mezcla M1 sin adición de cemento Yura IP presenta el promedio de resistencia a compresión a los 56 días más elevado con un valor de  $17.20 \text{ kgf/cm}^2$  y es superior estadísticamente a las demás mezclas, este resultado corrobora la información observada en la Figura 82; cuando se evalúan las mezclas con adición de cemento se demuestra que la mezcla M6 y M7 son estadísticamente iguales y superiores a las demás mezclas.

Por lo tanto, la resistencia a la compresión a los 56 días se reduce cuando se adiciona cemento Yura IP comparada con el resultado de M1 sin adición de cemento Yura IP.

### **3.6.7. Ensayo de erosión acelerada de Swinburne**

#### **a) Cálculos de la prueba**

Para los cálculos del ensayo de erosión acelerada Swinburne, se midió la profundidad de oquedad con un vernier.

#### **b) Tablas**



Tabla 93: Procesamiento del ensayo de erosión acelerada Swinburne

Serie de mezclas	% cemento Yura IP (Volumen)	% tierra (volumen)	Serie de testigos	Profundidad oquedad (mm)	Prom. Prof. oquedad (mm)
M1	0.00%	100.00%	T1	5.60	6.05
			T2	5.20	
			T3	8.70	
			T4	4.70	
M2	2.50%	100.00%	T1	1.30	1.33
			T2	1.10	
			T3	1.40	
			T4	1.50	
M3	3.50%	100.00%	T1	1.00	1.10
			T2	0.90	
			T3	1.30	
			T4	1.20	
M4	4.50%	100.00%	T1	0.00	0.00
			T2	0.00	
			T3	0.00	
			T4	0.00	
M5	5.50%	100.00%	T1	0.00	0.00
			T2	0.00	
			T3	0.00	
			T4	0.00	
M6	6.50%	100.00%	T1	0.00	0.00
			T2	0.00	
			T3	0.00	
			T4	0.00	
M7	7.50%	100.00%	T1	0.00	0.00
			T2	0.00	
			T3	0.00	
			T4	0.00	

Fuente: Propia

c) Análisis de la prueba

Como criterio de aceptación o rechazo de unidades de adobe ante la erosión acelerada, se considera lo detallado en la Tabla 8, donde indica que para que un bloque sea considerado apto, la profundidad de oquedad debe de ser menor o igual a 10 mm. Sin embargo, para esta investigación, se considera como bloque apto a aquel que no presente formación de oquedades.



En la Tabla 93 se observa a simple inspección que la mezcla M1 (0.00 % de adición de cemento Yura IP) presenta el mayor promedio en profundidad de oquedad con un valor de 6.05 mm, la mezcla M3 presenta el menor promedio en profundidad de oquedad con un valor de 1.10 mm y en las mezclas M4, M5, M6 y M7 no se observa formación de oquedades en los testigos de las mezclas, por lo tanto la erosión acelerada disminuye conforme se incrementa el porcentaje de cemento Yura IP.



## Capítulo IV: Resultados

### 4.1. Resultados de fisuración

#### 4.1.1. Fisuración a los 14 días

Tabla 94: Resultados de fisuración a los 14 días.

TESTIGOS	MEZCLAS						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
	Porcentaje de adición de cemento Yura IP (%)						
	0.00 %	2.50 %	3.50 %	4.50 %	5.50 %	6.50 %	7.50 %
T1	658.30	150.30	18.50	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Fisuración (cm/m<sup>2</sup>)</b>	<b>658.30</b>	<b>150.30</b>	<b>18.50</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

Fuente: Propia

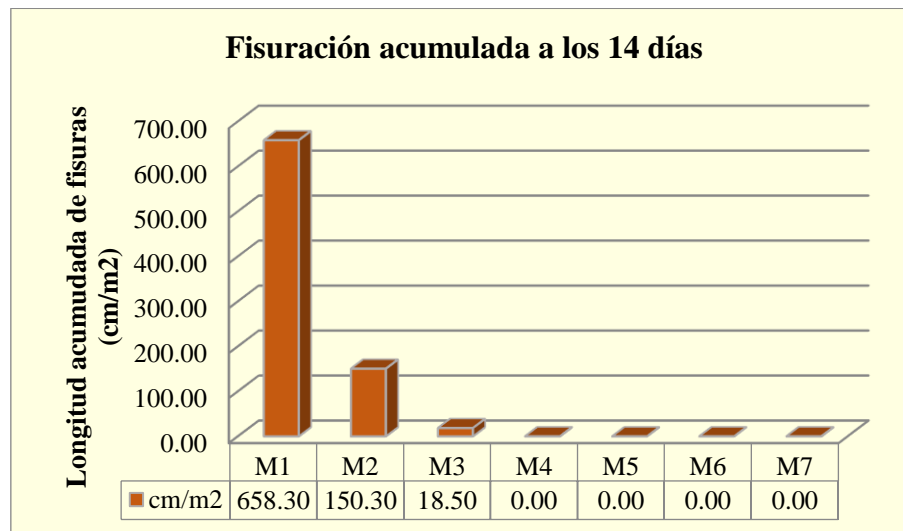


Figura 83: Fisuración acumulada a los 14 días

Fuente: Propia

#### 4.1.2. Fisuración a los 28 días

Tabla 95: Resultados de fisuración a los 28 días

TESTIGOS	MEZCLAS						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
	Porcentaje de adición de cemento Yura IP (%)						
	0.00	2.50	3.50	4.50	5.50	6.50	7.50
T1	688.20	165.50	26.60	2.70	0.00	0.00	0.00
<b>Fisuración (cm/m<sup>2</sup>)</b>	<b>688.20</b>	<b>165.50</b>	<b>26.60</b>	<b>2.70</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

Fuente: Propia

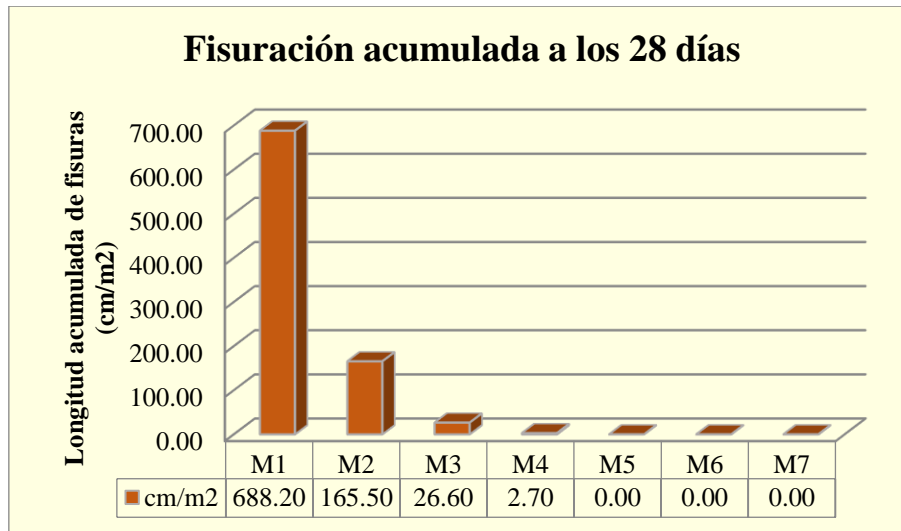


Figura 84: Fisuración acumulada a los 28 días  
Fuente: Propia

#### 4.1.3. Fisuración a los 56 días

Tabla 96: Resultados de fisuración a los 56 días

TESTIGOS	MEZCLAS						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
	Porcentaje de adición de cemento Yura IP (%)						
	0.00 %	2.50 %	3.50 %	4.50 %	5.50 %	6.50 %	7.50 %
<b>T1</b>	692.40	168.30	29.10	2.70	0.00	0.00	0.00
<b>Fisuración (cm/m2)</b>	<b>692.40</b>	<b>168.30</b>	<b>29.10</b>	<b>2.70</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

Fuente: Propia

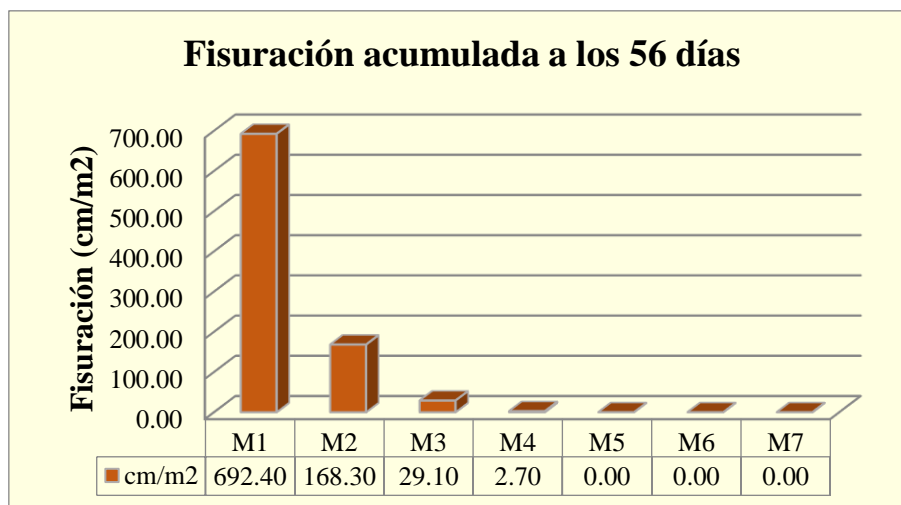


Figura 85: Fisuración acumulada a los 56 días  
Fuente: Propia

#### 4.1.4. Resumen de fisuración a los 14-28-56 días

Tabla 97: Resumen de resultados de fisuración a los 14-28-56 días

FISURACIÓN ACUMULADA (cm/m <sup>2</sup> )	MEZCLAS						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
	Porcentaje de adición de cemento Yura IP (%)						
	0.00%	2.50%	3.50%	4.50%	5.50%	6.50%	7.50%
14 días	658.30	150.30	18.50	0.00	0.00	0.00	0.00
28 días	688.20	165.50	26.60	2.70	0.00	0.00	0.00
56 días	692.40	168.30	29.10	2.70	0.00	0.00	0.00

Fuente: Propia

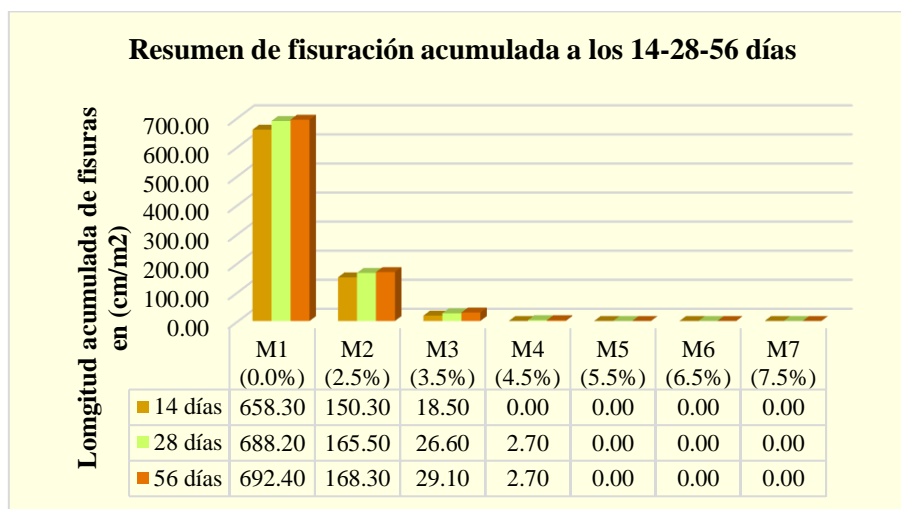


Figura 86: Resumen de fisuración acumulada a los 14-28-56 días

Fuente: Propia

## 4.2. Resultados de Absorción

### 4.2.1. Absorción a 1 hora

Tabla 98: Resultados del porcentaje de absorción en 1 hora

TESTIGOS	MEZCLAS						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
	Porcentaje de adición de cemento Yura IP (%)						
	0.00 %	2.50 %	3.50 %	4.50 %	5.50 %	6.50 %	7.50 %
T1	13.62 %	20.07 %	20.86 %	22.37 %	20.60 %	22.16 %	23.59 %
T2	12.70 %	19.74 %	23.24 %	19.88 %	22.93 %	24.09 %	23.49 %
T3	13.14 %	20.17 %	23.25 %	22.93 %	21.05 %	24.27 %	23.59 %
T4	14.27 %	20.08 %	21.05 %	21.04 %	22.45 %	24.17 %	23.59 %
<b>Promedio</b>	<b>13.43%</b>	<b>20.01%</b>	<b>22.10%</b>	<b>21.42%</b>	<b>21.75%</b>	<b>23.67%</b>	<b>23.57%</b>

Fuente: Propia

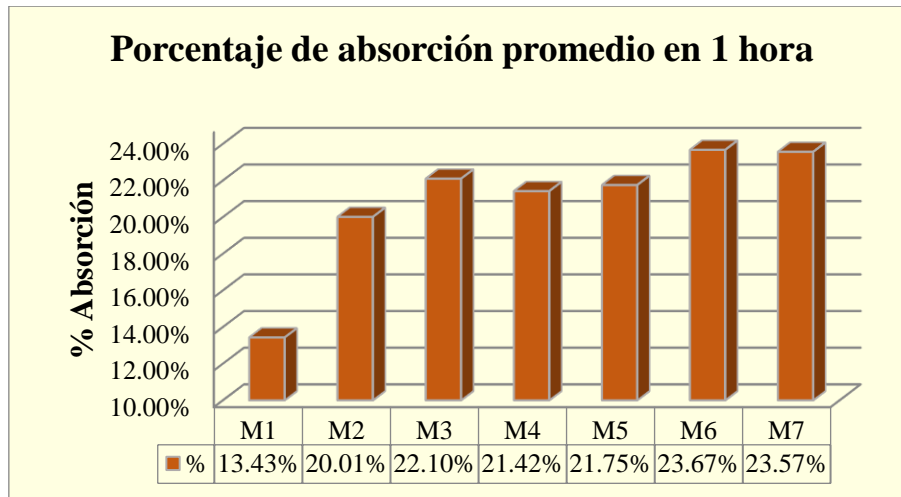


Figura 87: Porcentaje de absorción promedio en 1 hora  
Fuente: Propia

#### 4.2.2. Absorción a 6 horas

Tabla 99: Resultados del porcentaje de absorción en 6 horas

TESTIGOS	MEZCLAS						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
	Porcentaje de adición de cemento Yura IP (%)						
	0.00 %	2.50 %	3.50 %	4.50 %	5.50 %	6.50 %	7.50 %
T1	N.D.	20.84 %	21.48 %	22.91 %	21.01 %	22.71 %	24.01 %
T2	N.D.	20.55 %	24.04 %	20.49 %	23.33 %	24.57 %	23.90 %
T3	N.D.	20.95 %	23.37 %	22.94 %	21.42 %	24.69 %	23.97 %
T4	N.D.	20.92 %	21.65 %	21.64 %	22.86 %	24.64 %	24.00 %
<b>Promedio</b>	-	<b>20.82%</b>	<b>22.63%</b>	<b>22.00%</b>	<b>22.15%</b>	<b>24.15%</b>	<b>23.97%</b>

Fuente: Propia

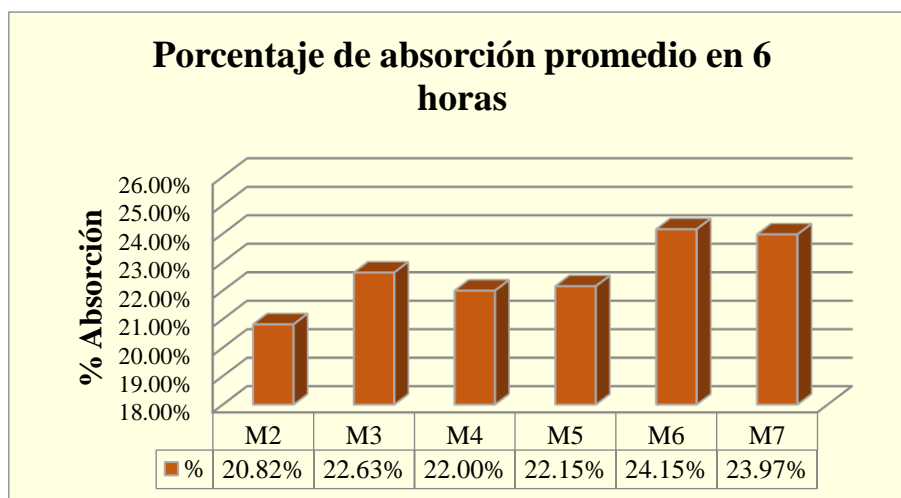


Figura 88: Porcentaje de absorción promedio en 6 horas  
Fuente: Propia





### 4.2.3. Absorción a 12 horas

Tabla 100: Resultados del porcentaje de absorción en 12 horas

TESTIGOS	MEZCLAS						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
	Porcentaje de adición de cemento Yura IP (%)						
	0.00 %	2.50 %	3.50 %	4.50 %	5.50 %	6.50 %	7.50 %
T1	N.D.	21.05 %	21.62 %	23.05 %	21.25 %	23.01 %	24.21 %
T2	N.D.	20.77 %	24.23 %	20.61 %	23.57 %	24.85 %	24.08 %
T3	N.D.	21.15 %	24.22 %	23.03 %	21.62 %	24.85 %	24.14 %
T4	N.D.	21.08 %	21.84 %	21.77 %	23.09 %	24.81 %	24.21 %
<b>Promedio</b>	-	<b>21.01%</b>	<b>22.98%</b>	<b>22.11%</b>	<b>22.38%</b>	<b>24.38%</b>	<b>24.16%</b>

Fuente: Propia

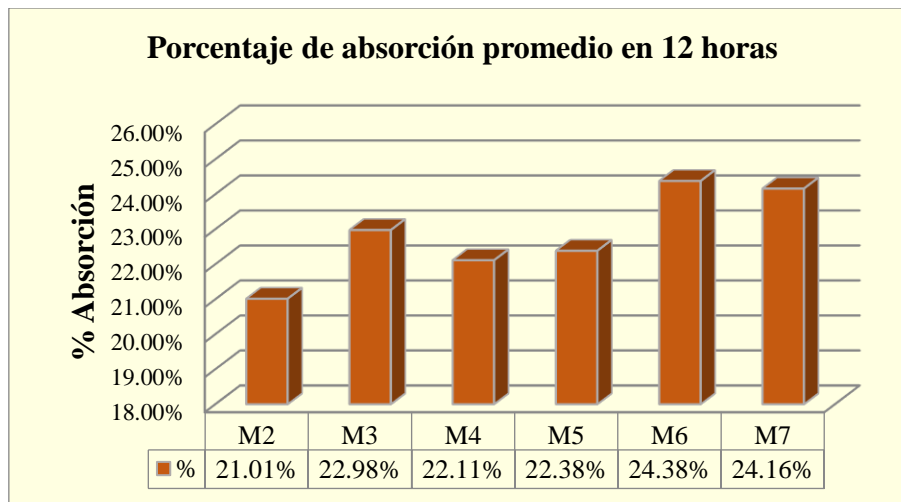


Figura 89: Porcentaje de absorción promedio en 12 horas

Fuente: Propia

### 4.2.4. Absorción a 24 horas

Tabla 101: Resultados del porcentaje de absorción en 24 horas

TESTIGOS	MEZCLAS						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
	Porcentaje de adición de cemento Yura IP (%)						
	0.00 %	2.50 %	3.50 %	4.50 %	5.50 %	6.50 %	7.50 %
T1	N.D.	21.44 %	21.91 %	23.25 %	21.39 %	23.21 %	24.24 %
T2	N.D.	21.27 %	24.68 %	20.77 %	23.70 %	24.91 %	24.15 %
T3	N.D.	21.61 %	24.58 %	23.20 %	21.73 %	24.93 %	24.17 %
T4	N.D.	21.47 %	22.13 %	22.05 %	23.19 %	24.84 %	24.26 %
<b>Promedio</b>	-	<b>21.45%</b>	<b>23.32%</b>	<b>22.32%</b>	<b>22.50%</b>	<b>24.47%</b>	<b>24.20%</b>

Fuente: Propia

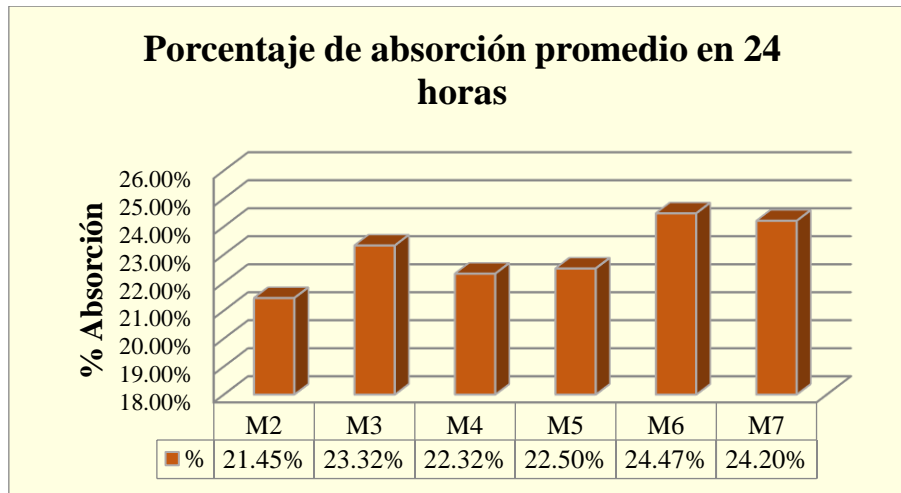


Figura 90: Porcentaje de absorción promedio en 24 horas  
Fuente: Propia

#### 4.2.5. Resumen de absorción a 1-6-12-24 horas

Tabla 102: Resumen de resultados del porcentaje de absorción a 1-6-12-24 horas

ABSORCIÓN PROMEDIO (%)	MEZCLAS						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
	Porcentaje de adición de cemento Yura IP (%)						
	0.00%	2.50%	3.50%	4.50%	5.50%	6.50%	7.50%
<b>1 hora</b>	13.43	20.01	22.10	21.42	21.75	23.67	23.57
<b>6 horas</b>	N.D.	20.82	22.63	22.00	22.15	24.15	23.97
<b>12 horas</b>	N.D.	21.01	22.98	22.11	22.38	24.38	24.16
<b>24 horas</b>	N.D.	21.45	23.32	22.32	22.50	24.47	24.20

Fuente: Propia

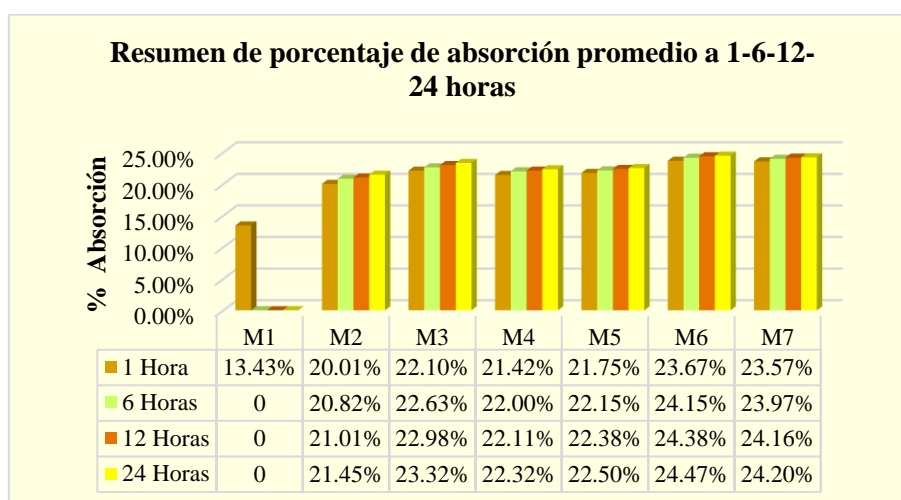


Figura 91: Resumen de porcentaje de absorción promedio a 1-6-12-24 horas  
Fuente: Propia



### 4.3.Resultados de resistencia

#### 4.3.1. Resistencia a la compresión a los 14 días

Tabla 103: Resultados de la resistencia a la compresión a los 14 días

TESTIGOS	MEZCLAS						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
	Porcentaje de adición de cemento Yura IP (%)						
	0.00 %	2.50 %	3.50 %	4.50 %	5.50 %	6.50 %	7.50 %
<b>T1</b>	16.60	9.38	7.30	6.24	8.43	10.55	11.87
<b>T2</b>	16.14	9.33	7.82	6.43	8.76	10.41	11.35
<b>T3</b>	16.41	8.94	5.57	7.34	8.28	12.03	9.33
<b>T4</b>	15.31	9.43	7.03	5.29	8.29	12.31	11.74
<b>T5</b>	14.96	8.17	6.62	5.19	7.22	12.36	13.25
<b>T6</b>	14.58	9.24	7.19	5.24	8.04	11.10	10.10
<b>Promedio (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>15.66</b>	<b>9.08</b>	<b>6.92</b>	<b>5.96</b>	<b>8.17</b>	<b>11.46</b>	<b>11.28</b>

Fuente: Propia

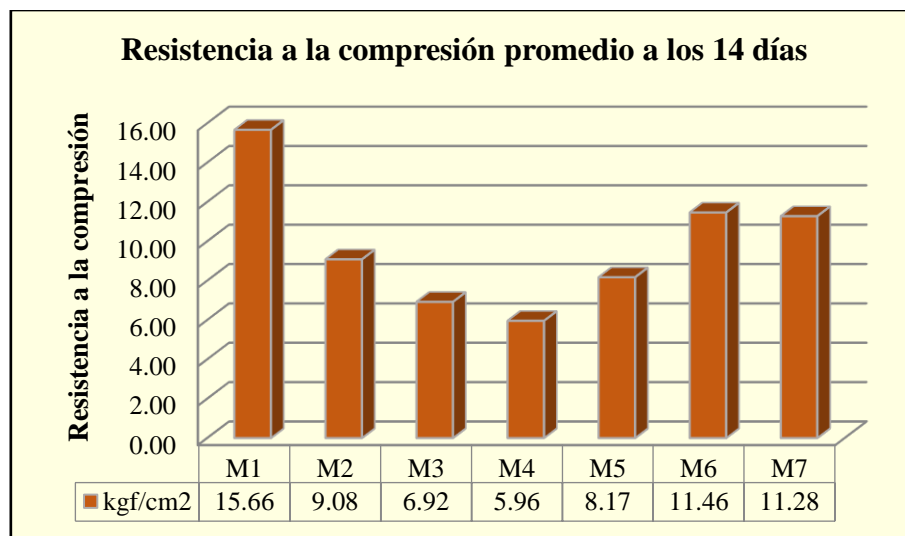


Figura 92: Resistencia a la compresión promedio a los 14 días

Fuente: Propia



### 4.3.2. Resistencia a la compresión a los 28 días

Tabla 104: Resultados de la resistencia a la compresión a los 28 días

TESTIGOS	MEZCLAS						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
	Porcentaje de adición de cemento Yura IP (%)						
	0.00 %	2.50 %	3.50 %	4.50 %	5.50 %	6.50 %	7.50 %
T1	15.84	8.73	7.56	7.61	9.28	11.48	13.55
T2	16.65	8.95	6.82	9.00	8.97	10.85	10.90
T3	17.52	9.06	6.79	8.14	8.03	12.39	12.26
T4	19.10	9.30	8.14	6.63	8.92	11.12	10.49
T5	19.57	9.82	5.99	7.15	8.48	12.73	10.71
T6	16.82	8.83	7.93	7.00	8.77	10.90	11.03
<b>Promedio (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>17.58</b>	<b>9.12</b>	<b>7.21</b>	<b>7.59</b>	<b>8.74</b>	<b>11.58</b>	<b>11.49</b>

Fuente: Propia

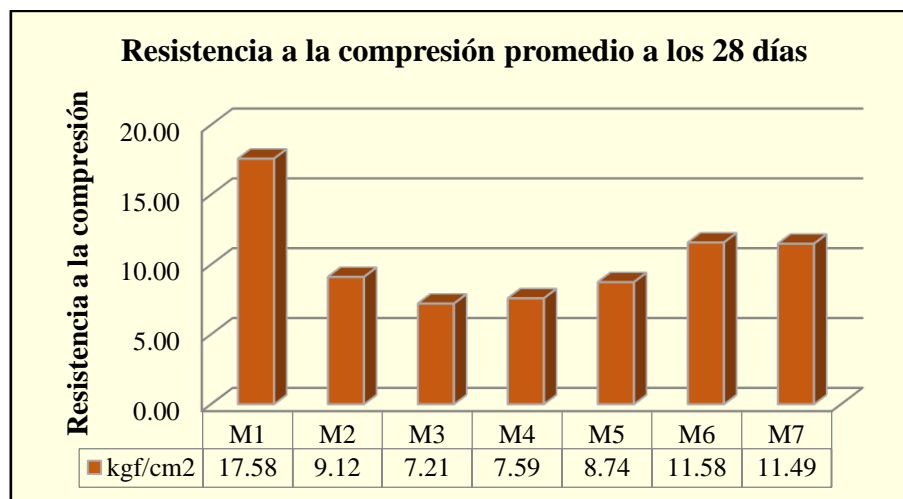


Figura 93: Resistencia a la compresión promedio a los 28 días

Fuente: Propia



### 4.3.3. Resistencia a la compresión a los 56 días

Tabla 105: Resultados de la resistencia a la compresión a los 56 días

TESTIGOS	MEZCLAS						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
	Porcentaje de adición de cemento Yura IP (%)						
	0.00 %	2.50 %	3.50 %	4.50 %	5.50 %	6.50 %	7.50 %
T1	16.97	9.94	8.26	8.73	9.87	11.26	12.28
T2	16.16	9.93	9.60	8.19	9.65	13.83	13.35
T3	18.57	9.71	9.06	7.84	9.70	11.43	11.94
T4	15.09	9.88	9.00	8.07	9.71	10.55	14.21
T5	17.54	9.81	8.84	7.46	11.53	11.46	11.21
T6	18.90	10.10	9.05	8.37	10.29	11.91	14.80
<b>Promedio (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>17.20</b>	<b>9.89</b>	<b>8.97</b>	<b>8.11</b>	<b>10.13</b>	<b>11.74</b>	<b>12.97</b>

Fuente: Propia

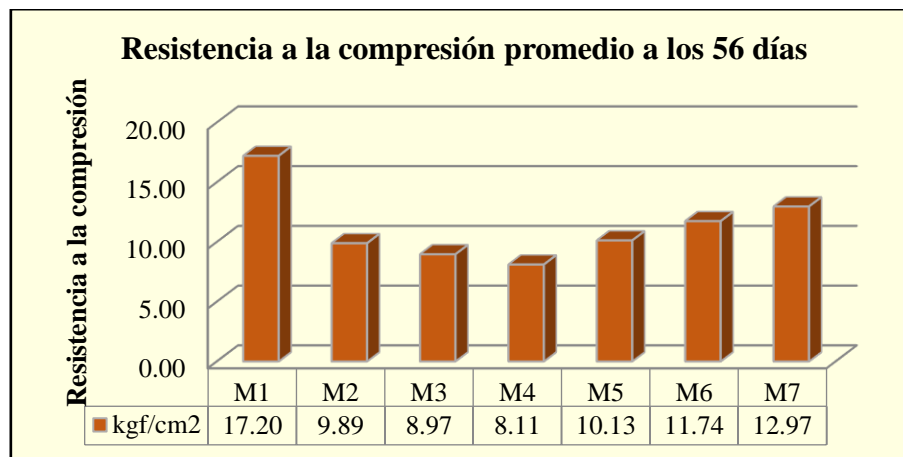


Figura 94: Resistencia a la compresión promedio a los 56 días

Fuente: Propia

### 4.3.4. Resumen de resistencia a la compresión a los 14-28-56 días

Tabla 106: Resumen de resultados de la resistencia a la compresión a los 14-28-56 días

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (Kgf/cm <sup>2</sup> )	MEZCLAS						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
	Porcentaje de adición de cemento Yura IP (%)						
	0.00%	2.50%	3.50%	4.50%	5.50%	6.50%	7.50%
14 días	15.66	9.08	6.92	5.96	8.17	11.46	11.28
28 días	17.58	9.12	7.21	7.59	8.74	11.58	11.49
56 días	17.20	9.89	8.97	8.11	10.13	11.74	12.97

Fuente: Propia

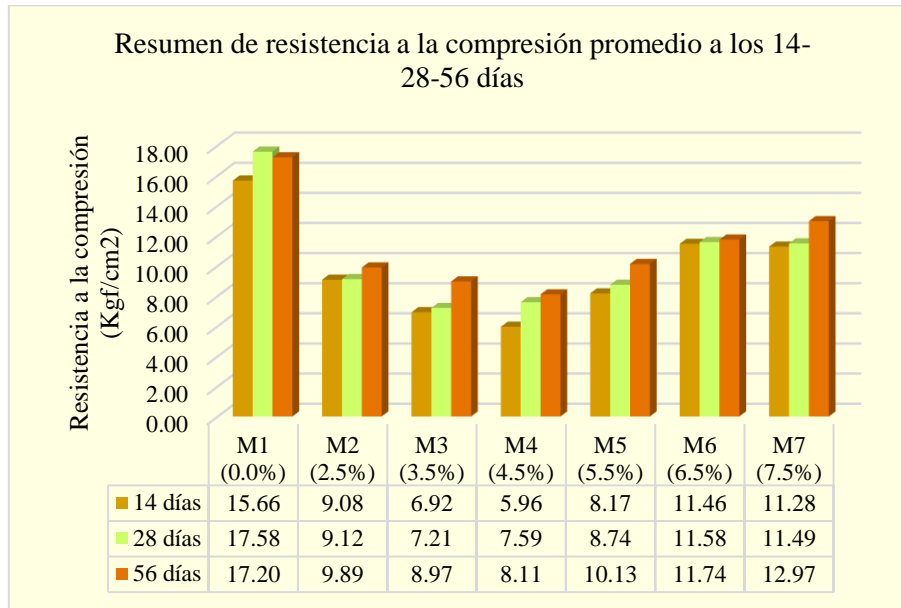


Figura 95: Resumen de resistencia a la compresión promedio a los 14-28-56 días  
Fuente: Propia

#### 4.4.Resultados de erosión

Tabla 107: Resultados de la erosión acelerada de Swinburne

TESTIGOS	MEZCLAS						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
	Porcentaje de adición de cemento Yura IP (%)						
	0.00 %	2.50 %	3.50 %	4.50 %	5.50 %	6.50 %	7.50 %
T1	5.60	1.30	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T2	5.20	1.10	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00
T3	8.70	1.40	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00
T4	4.70	1.50	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Promedio (mm)</b>	<b>6.05</b>	<b>1.33</b>	<b>1.10</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

Fuente: Propia

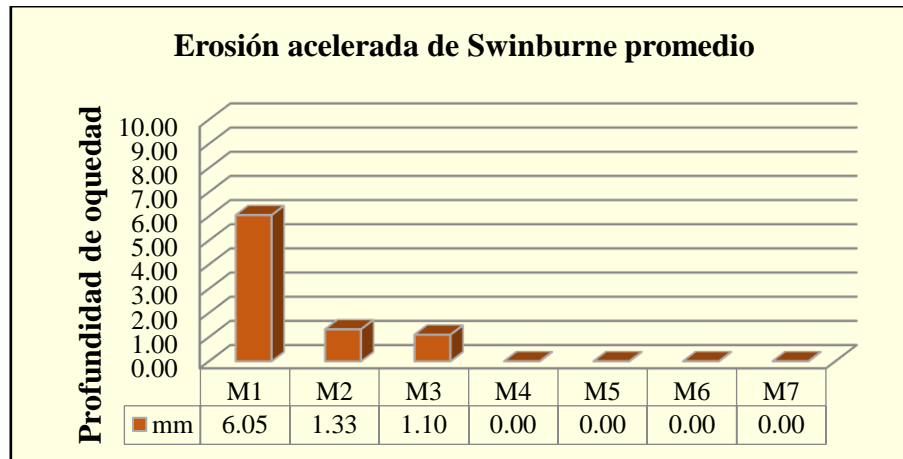


Figura 96: Erosión acelerada de Swinburne promedio

#### 4.5.Resultados de dosificación

Tabla 108: Consideraciones previas para dosificación

Descripción	Resultado
Contenido de humedad de la tierra	31.55%
Textura de la tierra	Arena 63%
	Limo 27%
	Arcilla 10%
Clasificación por tamaño de partículas en el diagrama triangular	Bloque 2 arena limosa

Fuente: Propia

Tabla 109: Dosificación para 1 m<sup>3</sup> de mezcla tradicional de adobe

Material	Cantidad	Medida
Tierra	46	pie <sup>3</sup>
Agua	92.31	litros
Paja	10	kg

Fuente: Propia

Tabla 110: Dosificación de 1 m<sup>3</sup> de mezcla tradicional de adobe + 2.50% de cemento Yura IP

Material	Cantidad	Medida
Cemento Yura IP	1.15	bolsas
Tierra	46.00	pie <sup>3</sup>
Agua	92.31	litros
Paja	10.00	kg

Fuente: Propia



Tabla 111: Dosificación de 1 m<sup>3</sup> de mezcla tradicional de adobe + 3.50% de cemento Yura IP

Material	Cantidad	Medida
Cemento Yura IP	1.61	bolsas
Tierra	46.00	pie <sup>3</sup>
Agua	92.31	litros
Paja	10.00	kg

Fuente: Propia

Tabla 112: Dosificación de 1 m<sup>3</sup> de mezcla tradicional de adobe + 4.50% de cemento Yura IP

Material	Cantidad	Medida
Cemento Yura IP	2.07	bolsas
Tierra	46.00	pie <sup>3</sup>
Agua	92.31	litros
Paja	10.00	kg

Fuente: Propia

Tabla 113: Dosificación de 1 m<sup>3</sup> de mezcla tradicional de adobe + 5.50% de cemento Yura IP

Material	Cantidad	Medida
Cemento Yura IP	2.53	bolsas
Tierra	46.00	pie <sup>3</sup>
Agua	92.31	litros
Paja	10.00	kg

Fuente: Propia

Tabla 114: Dosificación de 1 m<sup>3</sup> de mezcla tradicional de adobe + 6.50% de cemento Yura IP

Material	Cantidad	Medida
Cemento Yura IP	2.99	bolsas
Tierra	46.00	pie <sup>3</sup>
Agua	92.31	litros
Paja	10.00	kg

Fuente: Propia





Tabla 115: Dosificación de 1 m<sup>3</sup> de mezcla tradicional de adobe + 7.50% de cemento Yura IP

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Medida</b>
Cemento Yura IP	3.45	bolsas
Tierra	46.00	pie <sup>3</sup>
Agua	92.31	litros
Paja	10.00	kg

Fuente: Propia



## Capítulo V: Discusión

En la presente investigación fueron evaluados las propiedades físicas (fisuración y absorción) y mecánicas (resistencia a la compresión y erosión acelerada) de mezclas tradicionales de adobe para el revestimiento de reservorio enterrado con porcentajes crecientes de adición de cemento Yura IP.

Capítulo V: Discusión.....	161
5.1      Contraste de resultados con referentes del marco teórico .....	161
5.2      Interpretación de los resultados encontrados en la investigación.....	161
5.3      Comentarios de la demostración de la hipótesis .....	162
5.4      Aporte de la investigación.....	162
5.5      Incorporación de temas nuevos .....	162

### 5.1. Contraste de resultados del trabajo de campo con referentes del marco teórico

**Discusión 01:** ¿Por qué se utilizó cemento Yura IP para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de mezclas tradicionales de adobe para el revestimiento de reservorio enterrado?

Se utilizó cemento Yura IP por las siguientes razones: material de amplia disponibilidad en el mercado y mejora las propiedades físicas y mecánicas reforzando la estructura interna del bloque resultante.

**Discusión 02:** ¿Cómo fue el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas de mezclas tradicionales de adobe para el revestimiento de reservorio enterrado?

La fisuración de los bloques evaluado a los 14, 28 y 56 días, se redujo al incorporar cemento a la mezcla tradicional de adobe, lo cual se considera una mejora de las propiedades físicas, puesto que el revestimiento del reservorio estará en contacto directo con el agua, al no existir fisuras se reducirá la filtración.

El porcentaje de absorción evaluado a 1, 6, 12 y 24 horas, incrementa al incorporar cemento a la mezcla tradicional de adobe, este incremento ocurre sin desmoronamiento, por tanto, se considera una mejora en las propiedades físicas, puesto que, si bien absorbe mayor cantidad de agua no se desmorona como la mezcla tradicional sin cemento.



La resistencia a la compresión evaluada a los 14, 28 y 56 días disminuye cuando se incorpora cemento a la mezcla tradicional de adobe, esto se considera una desventaja de la adición de cemento, puesto que, compromete el esfuerzo a la compresión y podría afectar la durabilidad del revestimiento o limitar la capacidad de carga.

La erosión acelerada evaluada por el método Swinburne se reduce conforme incrementa la adición de cemento, esto se considera una mejora de las propiedades mecánicas puesto que resistirá de mejor manera la acción de la lluvia sobre el reservorio.

**Discusión 03:** ¿Guardan similitud en el comportamiento los resultados obtenidos según los antecedentes empleados en la investigación?

Según el primer antecedente nacional que indica que el suelo empleado con una proporción entre 55%-70% de arena y 45%-30% limo-arcilla presenta resistencia a la compresión  $22.1\text{kg/cm}^2$  sin añadir cemento, posteriormente al agregar 3% de cemento en peso sufre una caída en su resistencia de 49.3% para después ir aumentando y superar el valor inicial sin cemento cuando se le añade un 6% de cemento en peso, el valor máximo obtenido llega al 12% de cemento en peso cuando alcanza  $38.4\text{ kg/cm}^2$  aumentando en un 73.8% la resistencia del adobe sin cemento.

En la investigación que he desarrollado, con un suelo natural con 61.38% de arena y 38.62% de limo y arcilla, se pudo observar la similitud en el comportamiento de resistencia a la compresión a los 14, 28 y 56 días obteniéndose los valores más elevados en la mezcla M1 (0.00%) sin adición de cemento Yura IP con valores de  $15.66\text{ Kgf/cm}^2$ ,  $17.58\text{ Kgf/cm}^2$  y  $17.20\text{ Kgf/cm}^2$  respectivamente, que al agregarse cemento Yura IP en los diferentes porcentajes en volumen, sufre una caída en la resistencia a la compresión hasta el valor más bajo para luego incrementar hasta alcanzar un valor máximo en las M6(6.50%) y M7(7.50%) de  $11.46\text{Kgf/cm}^2$ - $11.28\text{Kgf/cm}^2$ ,  $11.58\text{Kgf/cm}^2$ -  $11.49\text{Kgf/cm}^2$  ,  $11.74\text{Kgf/cm}^2$ -  $12.97\text{Kgf/cm}^2$  respectivamente, dichos valores son estadísticamente iguales, como ha quedado demostrado.

Según el tercer antecedente nacional que indica que el suelo empleado fue SC con arena 60.17%, limo 11.04% y arcilla 28.79%, Pasto de la especie *Stipa ichu* y cactus San Pedro, en el ensayo de absorción de agua todos los tratamientos antes de los 60 minutos de inmersión terminaron por desintegrarse produciendo un desmoronamiento total; estos resultados al



compararse con la investigación desarrollada en la mezcla M1(0.00%) sin adición de cemento Yura IP, pudieron evaluarse, ya que no presentaron desmoronamiento con valor promedio alcanzado de 13.43%, pero al evaluarse a las 6, 12 y 24 horas, las muestras no pudieron evaluarse porque presentaron desmoronamiento total, observándose que para el suelo empleado presenta un mejor comportamiento inicial.

## 5.2. Contraste de la hipótesis general

**Discusión 04:** ¿La incorporación de cemento a las mezclas tradicionales de adobe para el revestimiento de reservorio enterrado mejoran las propiedades físicas y mecánicas?

Las propiedades físicas de las mezclas tradicionales de adobe mejoran puesto que se reduce la fisuración e incrementa el porcentaje de absorción sin desmoronamiento, mientras que, se ven parcialmente afectadas como es el caso de la resistencia a la compresión el cual se reduce con la adición de cemento y mejoran en el caso de la erosión acelerada.

## 5.3. Aporte científico de la investigación

**Discusión 05:** ¿Se obtuvo el diseño de mezcla que mejora las propiedades físicas y mecánicas del adobe tradicional para el revestimiento de reservorio enterrado?

Si se obtuvo, siendo las mezclas M6 (6.5% de adición de cemento) y la mezcla M7 (7.5% de adición de cemento) las mejores puesto que, no presentaron fisuración, el porcentaje de absorción sin desmoronamiento a las 24 horas, fue elevado (24.47 y 24.20% respectivamente), la resistencia a la compresión a los 28 días fue aceptable (11.74 y 12.97 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente) y no se presentó erosión acelerada.



## Glosario

Aditivos:	Son componentes de naturaleza orgánica (resinas) o inorgánica, cuya inclusión tiene como objeto modificar las propiedades de los materiales conglomerados en estado fresco.
Arcilla:	Partículas finas con tamaño de grano menor a $2\ \mu\text{m}$ (0,002 mm) provenientes de la alteración física y química de rocas y minerales.
Arena:	Partículas de roca que pasan la malla N <sup>a</sup> 4 (4,75 mm) y son retenidas por la malla N <sup>o</sup> 200.
Limo:	Partículas de roca o minerales cuyas dimensiones están entre 0,02 y 0,002 mm.
Fisuración:	Es un fenómeno físico que suele presentarse en elementos estructurales consistentes en pequeñas hendiduras que no comprometen la resistencia estructural.
Absorción:	Es la retención de una sustancia por las moléculas de otra, sea en estado líquido o gaseoso.
Resistencia a la compresión:	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un espécimen, luego de aplicarse una carga máxima por unidad de área a cierta edad sin presentar falla.
Erosión:	Desgaste producido en superficie de un cuerpo por el roce o frotamiento de otro.
Tierra reforzada:	Material de construcción compuesta por cuatro componentes básicos (arcilla, limo, arena gruesa y arena fina) que a través de una técnica mixta utiliza además uno o más materiales de construcción.
Pruebas de normalidad:	Son pruebas estadísticas diseñadas para determinar si un conjunto de datos se ajusta a una distribución probabilística normal.
Nivel de significancia:	Es la probabilidad de tomar la decisión de rechazar la hipótesis nula a pesar que esta es verdadera.
Estadístico descriptivo:	Es una función real medible en la muestra de una variable aleatoria, por ejemplo, el promedio.
Prueba de Tukey:	Es un método estadístico que sirve para comparar promedios y elegir el mejor o peor.
Análisis de varianza:	Es una técnica estadística utilizada para determinar si dos o más promedios son iguales o diferentes con cierto grado de probabilidad.



## Conclusiones

### Conclusión N°01:

Se acepta la hipótesis general, “Las propiedades físicas y mecánicas en mezclas tradicionales de adobe para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco-2018, mejoran con la adición de mayores porcentajes de cemento Yura IP”. La adición de cemento Yura IP a las mezclas tradicionales de adobe mejora porque reduce la fisuración, incrementa el porcentaje de absorción, reduce la erosión acelerada a pesar de que la resistencia a la compresión se reduce.

### Conclusión N°02:

Se acepta la Sub hipótesis 01, “La fisuración en mezclas tradicionales de adobe mejora con la adición de mayores porcentajes de cemento Yura IP a los 14, 28 y 56 días de secado, para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco - 2018”. Puesto que la longitud acumulada de fisuras se reduce a mayor porcentaje de cemento Yura IP.

En la evaluación a los 14 días de secado se observó que las mezclas M1(0.00%), M2(2.50%) y M3(3.50%) presentan fisuración acumulada de 658.30 cm/m<sup>2</sup>, 150.30 cm/m<sup>2</sup> y 18.50 cm/m<sup>2</sup> respectivamente, mientras que en las mezclas M4(4.50%), M5(5.50%), M6(6.50%) y M7(7.50%) no se observaron formación de fisuras.

En la evaluación a los 28 días de secado se observó que las mezclas M1, M2, M3 y M4 incrementaron la longitud y formación de fisuración acumulada a 688.20 cm/m<sup>2</sup>, 165.50 cm/m<sup>2</sup>, 26.60 cm/m<sup>2</sup> y 2.70 cm/m<sup>2</sup> respectivamente, mientras que en las mezclas M5, M6 y M7 no se observaron formación de fisuras.

En la evaluación a los 56 días de secado se observó que las mezclas M1, M2, M3 y M4 incrementaron la longitud y formación de fisuración acumulada a 692.40 cm/m<sup>2</sup>, 168.30 cm/m<sup>2</sup>, 29.10 cm/m<sup>2</sup>, y 2.70 cm/m<sup>2</sup> respectivamente, mientras que en las mezclas M5, M6 y M7 no se observaron formación de fisuras.

### Conclusión N°03:

Se acepta la Sub hipótesis 02, “La absorción en mezclas tradicionales de adobe mejora con la adición de mayores porcentajes de cemento Yura IP, para el revestimiento del reservorio



enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco - 2018”. Puesto que el porcentaje de absorción de las mezclas se incrementa sin presentar desmoronamiento a mayor porcentaje de cemento Yura IP.

En la evaluación realizada a 1 hora de sumergidas la muestras se observó que las mezclas M1(0.00%), M2(2.50%), M3(3.50%), M4(4.50%), M5(5.50%), M6(6.50%) y M7(7.50%) presentan incremento en el porcentaje de absorción de 13.43%, 20.01%, 22.10%, 21.42%, 21.75%, 23.67% y 23.57% respectivamente.

En la evaluación realizada a 6 horas de sumergidas las muestras, se observó que las mezclas M2, M3, M4, M5, M6 Y M7 presentan incremento en el porcentaje de absorción de 20.82%, 22.63%, 22.00%, 22.15%, 24.15% y 23.97% respectivamente, mientras que en la mezcla M1 no se pudo determinar el porcentaje de absorción ya que las muestras se desmoronaron al retirarlas del agua.

En la evaluación realizada a 12 horas de sumergidas las muestras, se observó que las mezclas M2, M3, M4, M5, M6 y M7 presentan incremento en el porcentaje de absorción de 21.01%, 22.98%, 22.11%, 22.38%, 24.38% y 24.16% respectivamente.

En la evaluación realizada a 24 horas de sumergidas las muestras, se observó que las mezclas M2, M3, M4, M5, M6 y M7 presentan incremento en el porcentaje de absorción de 21.45%, 23.32%, 22.32%, 22.50%, 24.47% y 24.20% respectivamente.

#### **Conclusión N°04:**

Se rechaza la Sub hipótesis 03, “La resistencia a la compresión en mezclas tradicionales de adobe mejora con la adición de mayores porcentajes de cemento Yura IP a los 14, 28 y 56 días de secado, para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco - 2018”. Puesto que la resistencia a la compresión de las mezclas disminuye en comparación con la mezcla patrón.

En la evaluación realizada a los 14 días de secado se observó que las mezclas M2(2.50%), M3(3.50%), M4(4.50%), M5(5.50%), M6(6.50%) y M7(7.50%) presentan reducción e incremento en la resistencia a la compresión de 9.08, 6.92, 5.96, 8.17, 11.46 y 11.28 Kgf/cm<sup>2</sup> respectivamente, pero la mezcla M1 (0.00%) presenta el mayor valor de resistencia a la compresión con 15.66 Kgf/cm<sup>2</sup>.

En la evaluación realizada a los 28 días de secado se observó que las mezclas M2, M3, M4, M5, M6 y M7 presentan reducción e incremento en la resistencia a la compresión de 9.12, 7.21,



7.59, 8.74, 11.58 y 11.49 Kgf/cm<sup>2</sup> respectivamente, pero la mezcla M1 (0.00%) presenta el mayor valor de resistencia a la compresión con 17.58 Kgf/cm<sup>2</sup>.

En la evaluación realizada a los 56 días de secado se observó que las mezclas M2, M3, M4, M5, M6 y M7 presentan reducción e incremento en la resistencia a la compresión de 9.89, 8.97, 8.11, 10.13, 11.74 y 12.97 Kgf/cm<sup>2</sup> respectivamente, pero la mezcla M1 (0.00%) presenta el mayor valor de resistencia a la compresión con 17.20 Kgf/cm<sup>2</sup>.

#### **Conclusión N°05:**

Se acepta la Sub hipótesis 04, “La erosión acelerada en mezclas tradicionales de adobe mejora con la adición de mayores porcentajes de cemento Yura IP, para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco - 2018”. Puesto que la erosión acelerada evaluada por el método Swinburne de las mezclas disminuye hasta la ausencia de oquedad.

En la evaluación realizada se observó que las mezclas M1(0.00%), M2(2.50%), M3(3.50%), presentan disminución en la profundidad de oquedad con los valores de 6.05mm, 1.33mm y 1.10 mm respectivamente mientras que las mezclas M4(4.50%), M5(5.50%), M6(6.50%) y M7(7.50)%, no presentan oquedad en la superficie ensayada.





### Recomendaciones

- i. Se recomienda que se continúe la investigación de tierra reforzada, utilizando otros aditivos naturales y/o sintéticos para su empleo en infraestructura de riego.
- ii. Se recomienda profundizar la investigación determinando además de las propiedades evaluadas el coeficiente de permeabilidad de las mezclas para infraestructura de riego.
- iii. Se recomienda evaluar los procesos constructivos con tierra reforzada para revestimiento de reservorios en diferentes condiciones climáticas.
- iv. Se recomienda la elaboración de guías y/o manuales del sistema constructivo y diseño de mezcla para el acceso directo a la población beneficiaria.



## Referencias

- Alvarez, S. Y. (2018). *Comparación de las propiedades mecánicas de unidades y prismas de bloques de tierra comprimida estabilizada con cemento y geopolímero de puzolana*. Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Asociación Española de Normalización y Certificación. (2008). *UNE 41410. Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo*. Madrid, España: Comité técnico AEN/CTN 41.
- Asociación Nacional de Fabricantes de Cales y Derivados de España. (2008). *Manual de estabilización de suelos con cemento o cal*. Madrid, España: Instituto del Cemento y sus Aplicaciones (IECA). Recuperado de: <https://enriquemontalar.com/manual-de-estabilizacion-de-suelos-con-cemento-o-cal/>.
- Bowles, J. E. (1980). *Manual de laboratorio de suelos*. Bogotá, Colombia: McGRAW-HILL LATINOAMERICANA S.A.
- Braja, D. H. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. México: Cengage Learning Editores S.A.
- Castilla, F. J. (2004). *Estabilización de morteros de barro para la protección de muros de tierra*. Tesis de posgrado, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
- Cegarra, J. (2004). *Metodología de la investigación científica y tecnológica*. Madrid, España: Díaz de Santos. Recuperado de: [https://www.academia.edu/31681132/Metodolog%C3%ADa\\_de\\_la\\_investigaci%C3%B3n\\_cient%C3%ADfica\\_y\\_tecnol%C3%B3gica](https://www.academia.edu/31681132/Metodolog%C3%ADa_de_la_investigaci%C3%B3n_cient%C3%ADfica_y_tecnol%C3%B3gica).
- Chávez, I. A. (2016). *Stipa Ichu como alternativa local en el cultivo de Pleurotus ostreatus (Jacquin ex Fr.) Kummer*. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco), Cusco, Perú.
- Cooillo, A. (2016). *Estabilización de adobe con especie de pasto natural en la zona altoandina, Ayacucho - 2016*. Tesis pregrado, Universidad Nacional De San Cristobal de Huamanga, Ayacucho, Perú.
- Crespo, C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. México: Limusa.



- De la Fuente, E. (2013). *Suelo-cemento, sus usos, propiedades y aplicaciones*. México: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C.
- Fonseca, E., & Sánchez, L. (2018). *Análisis de un canal de riego en tierra vs. revestido de suelo-cemento*. (Tesis de pregrado, Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil), Guayaquil: Ecuador. Recuperado de: [http//](http://).
- González, L. I., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2004). *Ingeniería geológica*. Madrid, España: PEARSON EDUCACIÓN S.A.
- Gonzalo, V. (2012). *Morteros de barro estabilizados con fibras de paja, esparto y sisal para su uso como revestimientos*. Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. México: MCGRAW-HILL / Interamericana editores S.A.
- INDECOPI. (2001). *Norma Técnica Peruana NTP 334.001. Cementos. Definiciones y nomenclatura*. Lima, Perú: INDECOPI. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/ianjaelespinozacandia/356376665-ntp334009cementosportlandrequisitospdf>.
- INDECOPI. (2006). *Norma Técnica Peruana NTP 339.088. Hormigón (concreto). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos*. Lima, Perú: INDECOPI. Recuperado de: <https://docho.net/document/ntp-339-088-agua-para-concreto-pdf>.
- Juárez, E., & Rico, A. (2005). *Mecánica de suelos. Tomo 1. Fundamentos de mecánica de suelos*. México: Limusa S.A.
- Martins, C. M., Borges, O., Rotondaro, R., Cevallos, P., & Hoffmann, M. (2009). *Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra*. Brasil: Red Iberoamericana PROTERRA. Recuperado de: <http://www.redproterra.org>.
- Ministerio de Desarrollo Económico. (2017). *Manual de autoconstrucción de unidades habitacionales con adobe*. Bolivia: Dirección General de Vivienda. Recuperado de: <https://docplayer.es/63398883-Manual-de-autoconstruccion-de-unidades-habitacionales-con-adobe.html>.



- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de carreteras. Suelos, geología, geotecnia y pavimentos*. Lima, Perú: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Recuperado de: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/manuales.html](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html).
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de ensayo de materiales*. Lima, Perú: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Recuperado de: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf).
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2010). *Manual de construcción. Edificaciones antisísmicas de adobe*. Lima, Perú: Dirección Nacional de Construcción. Recuperado de: [http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios\\_Normalizacion/Manuales\\_guias/MANUAL%20ADOBE.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Manuales_guias/MANUAL%20ADOBE.pdf).
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2017). *Norma E.080. Diseño y construcción con tierra reforzada*. Lima, Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Recuperado de: [https://procurement-notices.undp.org/view\\_file.cfm?doc\\_id=109376](https://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=109376).
- Municipalidad Distrital de Inkawasi. (2017). *Creación del servicio de agua para riego en los sectores de Ccarcco y Cconchatorio, en la comunidad de San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco*. Cusco, Perú: Expediente Técnico.
- Payán, M. L. (mayo-agosto de 2002). Estabilización de sahcab con cemento Pórtland Tipo I para la construcción de pisos en viviendas rurales. *Ingeniería*, 6(2), 33-45. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46760204>.
- Ramirez, J. E. (2016). *Estudio de las propiedades mecánicas y físicas del Adobe con biopolímeros de fuentes locales*. Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Rivva, E. (2000). *Naturaleza y materiales del concreto*. Lima, Perú: Capítulo peruano ACI.



Anexos

Tabla 116: Matriz de consistencia

Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas en mezclas tradicionales de adobe con la adición de cemento Yura IP, para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco – 2018.					
PROBLEMA GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	OBJETIVO GENERAL	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES
			INDEPENDIENTE	PARA VARIABLE INDEPENDIENTE	
¿Mejoran las propiedades físicas y mecánicas en mezclas tradicionales de adobe con la adición de mayores porcentajes de cemento Yura IP, para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco - 2018?	Las propiedades físicas y mecánicas en mezclas tradicionales de adobe para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco - 2018, mejoran con la adición de mayores porcentajes de cemento Yura IP.	Evaluar si las propiedades físicas y mecánicas de mezclas tradicionales de adobe mejoran con la adición de mayores porcentajes de cemento Yura IP, para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco - 2018.	X1: Adición de cemento Yura IP	Para X1: Porcentaje de cemento en función del volumen de la tierra	0.00%
					2.50%
					3.50%
					4.50%
					5.50%
					6.50%
7.50%					
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	SUB HIPÓTESIS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	DEPENDIENTES	PARA VARIABLE DEPENDIENTE	
PROBLEMA ESPECÍFICO N°01	SUB HIPÓTESIS N°01	OBJETIVO ESPECÍFICO N°01	Y1: Propiedades físicas	Fisuración	longitud/área, cm/m <sup>2</sup>
¿Disminuye la fisuración en mezclas tradicionales de adobe con la adición de mayores porcentajes de cemento Yura IP a los 14, 28 y 56 días de secado, para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco - 2018?	La fisuración en mezclas tradicionales de adobe disminuye con la adición de mayores porcentajes de cemento Yura IP a los 14, 28 y 56 días de secado, para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco - 2018.	Medir la fisuración en mezclas tradicionales de adobe con adición de mayores porcentajes de cemento Yura IP a los 14, 28 y 56 días de secado, para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco - 2018.			
PROBLEMA ESPECÍFICO N°02	SUB HIPÓTESIS N°02	OBJETIVO ESPECÍFICO N°02	Y2: Propiedades mecánicas	Absorción	porcentaje, %
¿Mejora la absorción en mezclas tradicionales de adobe con la adición de mayores porcentajes de cemento Yura IP, para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco - 2018?	La absorción en mezclas tradicionales de adobe mejora con la adición de mayores porcentajes de cemento Yura IP, para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco - 2018.	Medir la absorción en mezclas tradicionales de adobe con la adición de mayores porcentajes de cemento Yura IP, para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco - 2018.			
PROBLEMA ESPECÍFICO N°03	SUB HIPÓTESIS N°03	OBJETIVO ESPECÍFICO N°03	Y2: Propiedades mecánicas	Resistencia a la Compresión	Fuerza/Área, Kg/cm <sup>2</sup>
¿Mejora la resistencia a la compresión en mezclas tradicionales de adobe con la adición de mayores porcentajes de cemento Yura IP a los 14, 28 y 56 días de secado, para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco - 2018?	La resistencia a la compresión en mezclas tradicionales de adobe mejora con la adición de mayores porcentajes de cemento Yura IP a los 14, 28 y 56 días de secado, para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco - 2018.	Medir la resistencia a la compresión en mezclas tradicionales de adobe con adición de mayores porcentajes de cemento Yura IP a los 14, 28 y 56 días de secado, para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco - 2018.			
PROBLEMA ESPECÍFICO N°04	SUB HIPÓTESIS N°04	OBJETIVO ESPECÍFICO N°04	Y2: Propiedades mecánicas	Erosión acelerada	profundidad de oquedad, mm
¿Disminuye la erosión acelerada en mezclas tradicionales de adobe con la adición de mayores porcentajes de cemento Yura IP, para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco - 2018?	La erosión acelerada en mezclas tradicionales de adobe disminuye con la adición de mayores porcentajes de cemento Yura IP, para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco - 2018.	Medir la erosión acelerada en mezclas tradicionales de adobe con la adición de mayores porcentajes de cemento Yura IP, para el revestimiento del reservorio enterrado en el sistema de riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco - 2018.			