

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**



**Influencia de la adición de macrofibras y microfibras de polipropileno  
reciclado en la resistencia del shotcrete para estabilización de taludes–  
Cutervo**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

**AUTOR**

**Brayan Smith Olivera Carrero**

**ASESOR**

**Ronald Esteban Villanueva Maguiña**

<https://orcid.org/0000-0002-3707-5503>

**Chiclayo, 2023**

**Influencia de la adición de macrofibras y microfibras de polipropileno reciclado en la resistencia del shotcrete para estabilización de taludes–Cutervo**

PRESENTADA POR:

**Brayan Smith Olivera Carrero**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

APROBADA POR

Carlos Rafael Tafur Jiménez

PRESIDENTE

José Alberto Acero Martínez

SECRETARIO

Ronald Esteban Villanueva Maguiña

VOCAL

## **Dedicatoria**

Doy gracias a Dios por concederme la capacidad de vivir, aprender, crecer y estar sano.

A mi querida madre y a mi querido hermano, por su moral, su orientación y su apoyo inquebrantable que me impulsaron a cumplir mi ansiada meta, por ser una fuente de motivación y adoración absoluta, por su amor y su sacrificio para formarme como una persona decente. Le agradezco que prioricen constantemente el crecimiento de nuestra familia.

## **Agradecimientos**

Dios, gracias por guiarme cada día, por estar siempre a mi lado, por la oportunidad, por mi salud y por permitirme cumplir una de mis metas.

A mi querida madre Violeta, que ha sido una de mis mayores influencias y una fuente de apoyo inquebrantable. Por su aprecio, compañerismo, fe y amor insondable.

A mi querido hermano Duvert, me gustaría expresarle mi gratitud por su inquebrantable apoyo, confianza y amistad. Eres una de las personas más significativas de mi vida, la mayor fuente de mi inspiración y el destinatario de una gran cantidad de amor.

Siempre te llevaré en mi corazón, abuelita Juana, por ser la persona que me mostró el camino y me ayudó a ser mejor cada día. Agradezco toda tu orientación, amor, paciencia y los ideales que enseñaste en mí cuando era un jovencito.

Al Ingeniero Villanueva, mi profesor, por su constante ayuda en el desarrollo de este proyecto. Además, ofreció sus conocimientos en un esfuerzo por ayudarme a lograr uno de mis objetivos.

## INFORME FINAL - OLIVERA CARRERO BRAYAN SMITH

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>20%</b>	<b>19%</b>	<b>2%</b>	<b>4%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>tesis.usat.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.uss.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>core.ac.uk</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>Submitted to Universidad Católica de Santa María</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>docplayer.es</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>Submitted to Associatie K.U.Leuven</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>

## Índice

Resumen .....	21
Abstract.....	22
Introducción.....	23
Revisión de Literatura .....	26
Antecedentes de Problema.....	26
Base Teórico – Científico .....	33
Polipropileno: .....	33
Estabilización de Taludes: .....	36
Definición de Términos Básicos .....	38
Hipótesis y Variables .....	42
Formulación de Hipótesis.....	42
Tipo y Nivel de Investigación .....	42
De acuerdo con el fin que se persigue: .....	42
De acuerdo con los datos analizados: .....	42
Diseño de Investigación .....	42
Variables – Operacionalización .....	43
Materiales y métodos.....	44
Tipo de Estudio y Diseño de Contrastación de Hipótesis .....	44
Población, Muestra de Estudio y Muestreo.....	44
Unidad de Estudio: .....	44
Población: .....	44
Muestra: .....	44
Muestreo: .....	45
Métodos, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos .....	47
Técnica: .....	47
Fuentes:.....	47
Instrumentos de Recolección de Datos:.....	48
Ensayo de Agregado Fino y Grueso: .....	48
Ensayo de Concreto en Estado Fresco:.....	55

Ensayo de Concreto en Estado Endurecido:.....	57
Ensayo de Muestra de Suelo de Talud: .....	59
Procedimientos:.....	66
Selección de Agregados para Diseño de Mezcla:.....	66
Selección de Microfibras y Macrofibras de Polipropileno Reciclado:.....	66
Ensayo de Agregados para Diseño de Mezcla.....	67
Elaboración de Diseños de Mezclas .....	80
Ensayo de Concreto en Estado Fresco.....	84
Ensayo de Concreto en Estado Endurecido .....	87
Ensayo de Muestra de Suelo de Talud Del Km 16 + 780, Cutervo – Cochabamba .....	90
Aplicación del Método Bishop para Cálculo de FS de Talud en el Km 16 + 780 de la Carretera Cutervo – Cochabamba, Empleando el Software Geo5: .....	101
Resultados.....	104
Ensayo de Materiales .....	104
Ensayo de Agregados para Diseño de Mezcla.....	104
Elaboración de Diseño de Mezcla .....	111
Ensayo de Concreto.....	113
Ensayo de Concreto en Estado Fresco.....	113
Ensayo de Concreto en Estado Endurecido .....	116
Ensayo de Muestra de Suelo de Talud .....	134
Ensayo de Muestra de Suelo de Talud del Km 16 + 780, Cutervo – Cochabamba .....	134
Aplicación de Software “Geo5” (Estabilización de Taludes) .....	137
Aplicación del Método Bishop para Cálculo de FS de Talud en el Km 16 + 780 de la Carretera Cutervo – Cochabamba, Empleando el Software Geo5: .....	138
Discusión: .....	139
Ensayo de Materiales .....	139
Ensayo de Agregados para Diseño de Mezcla.....	139
Análisis de Diseño de Mezcla .....	140
Análisis de los Ensayos de Concreto en Estado Endurecido.....	143
Análisis de los Ensayos de Muestra de Suelo de Talud .....	151

Ensayo de Muestra de Suelo de Talud del Km 16 + 780, Cutervo – Cochabamba .....	151
Análisis de Resultados por Aplicación del Software “Geo5” (Estabilización de Taludes).....	154
Aplicación del Método Bishop para Cálculo de FS de Talud en el Km 16 + 780 de la Carretera Cutervo – Cochabamba, Empleando el Software Geo5: .....	154
Conclusiones.....	156
Recomendaciones .....	158
Referencias .....	159
Anexos.....	163
Ensayos de Agregados (Fino y Grueso) .....	166
Ensayo de Granulometría por Tamizado de los Agregados Fino y Grueso: .....	166
Ensayo de Contenido de Humedad de los Agregados Fino y Grueso:.....	171
Ensayo de Contenido de Humedad Superficial de Agregado Fino:.....	175
Ensayo de Límite de Consistencia de Agregado Fino: .....	177
Ensayo de Equivalente de Arena de Agregado Fino:.....	179
Ensayo de Material Fino que Pasa por el Tamiz N° 200: .....	182
Ensayo de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables de Agregado Fino: .....	184
Ensayo de Peso Unitario y Vacíos de los Agregados Fino y Grueso:.....	186
Ensayo de Gravedad Específica y Absorción de los Agregados Fino y Grueso:..	192
Ensayo de Impurezas Orgánicas en el Agregado Fino:.....	196
Elaboración de Diseños de Mezcla.....	199
Ensayos de Concreto en Estado Fresco .....	214
Ensayo de Asentamiento de Concreto (Slump = 7’): .....	214
Elaboración y Curado de Probetas Cilíndricas de Concreto (Ensayo de Compresión): .....	216
Elaboración y Curado de Probetas Cilíndricas de Concreto (Ensayo de Tracción Indirecta): .....	217
Elaboración y Curado de Vigas Prismáticas de Concreto (Ensayo de Flexión a Vigas Simplemente Apoyadas con Cargas a los Tercios del Tramo): .....	218
Temperatura de Concreto: .....	219
Peso Unitario en la Mezcla de Concreto: .....	220

Ensayos de Concreto en Estado Endurecido.....	221
Ensayo de Testigos Cilíndricos de Concreto (Ensayo de Compresión):.....	221
Ensayo de Testigos Cilíndricos de Concreto (Ensayo de Tracción Indirecta):.....	226
Ensayo de Vigas Prismáticas de Concreto (Ensayo de Flexión a Vigas Simplemente Apoyadas con Cargas a los Tercios del Tramo):.....	231
Ensayo de Segregación en el Concreto Endurecido:.....	236
Ensayos de Muestra de Suelo de Talud .....	237
Ensayo de Análisis Granulométrico por Tamizado de Muestra de Suelo de Talud en Estudio:.....	237
Ensayo de Contenido de Humedad de Muestra de Suelo de Talud en Estudio: ...	239
Ensayo de Límites de Consistencia de Muestra de Suelo de Talud en Estudio: ...	242
Ensayo de Sales Solubles Totales en Muestra de Suelo de Talud en Estudio: .....	246
Ensayo de Relación Densidad/Humedad (Proctor) en Muestra de Suelo de Talud en Estudio:.....	248
Ensayo de Corte Directo en Muestra de Suelo de Talud en Estudio: .....	252
Aplicación del Método Bishop para Cálculo de FS de Talud en el Km 16 + 780 de la Carretera Cutervo – Cochabamba, empleando el Software Geo5 .....	259
Modelado de Talud en Estado Natural:.....	266
Modelado con Refuerzo de Shotcrete Microfibras (0,15%) + Macrofibras (1,0%), con ( $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ):.....	271

## Lista de Tablas

Tabla 1: Características de las fibras. Fuente [22].....	34
Tabla 2: Valores de fisuración en estado fresco para un mismo concreto sin reforzar y con diferentes porcentajes de reforzamiento. (Fisuración Plástica).....	39
Tabla 3: Variables de Estudio.....	43
Tabla 4: Muestras de Ensayo para Resistencia a Compresión .....	45
Tabla 5: Muestras de Ensayo para Resistencia a Tracción.....	46
Tabla 6: Muestras de Ensayo para Resistencia a Flexión.....	46
Tabla 7: Muestras de ensayo de Corte Directo a Muestra de Suelo de Talud.....	47
Tabla 8: Capacidad de Recipientes de Medida. Fuente [32] .....	53
Tabla 9: Requisitos para los Recipientes de Medida. Fuente [32] .....	53
Tabla 10: Resistencia requerida de acuerdo con Resistencia Especificada. Fuente: [34] .....	81
Tabla 11: Contenido de aire atrapado. Fuente: [34] .....	81
Tabla 12: Volumen de agua por m <sup>3</sup> (en lts). Fuente: [34] .....	82
Tabla 13: Relación agua/cemento. Fuente: [34].....	82
Tabla 14: Peso de agregado grueso por unidad de volumen del concreto. Fuente: [34] .....	83
Tabla 15: Número de capas requeridas en la elaboración de las muestras. Fuente: [32].....	86
Tabla 16: Diámetro de varilla y número de golpes por capa. Fuente: [32] .....	86
Tabla 17: Granulometría para el Agregado fino. Fuente: Propia .....	104
Tabla 18: Granulometría para el Agregado Grueso. Fuente: Propia .....	104
Tabla 19: Contenido de Humedad de Agregado Fino. Fuente Propia.....	105
Tabla 20: Contenido de Humedad de Agregado Grueso. Fuente Propia .....	105
Tabla 21: Contenido de Humedad Superficial de Agregado Fino. Fuente: Propia .....	106
Tabla 22: Límite Líquido en Agregado Fino. Fuente: Propia .....	106
Tabla 23: Equivalente de Arena en Agregado Fino. Fuente: Propia .....	107
Tabla 24: Porcentaje de Ag. Fino que pasa por N° 200. Fuente: Propia.....	107
Tabla 25: Porcentaje de Terrones de Arcilla PD en Ag. Fino. Fuente: propia.....	108
Tabla 26: Peso Unitario en Agregado Fino. Fuente: Propia.....	108
Tabla 27: Peso Unitario en Agregado Grueso. Fuente: Propia.....	109
Tabla 28: Peso Específico de Agregado Fino. Fuente: Propia .....	109
Tabla 29: Peso Específico de Agregado Grueso. Fuente: Propia .....	110
Tabla 30: Impurezas Orgánicas en Agregado Fino. Fuente: Propia.....	110
Tabla 31: Diseño de Mezcla Patrón. Fuente:Propia .....	111

Tabla 32: Dosificación en Volúmenes de Diseño de Mezcla. Fuente: Propia .....	111
Tabla 33: Cantidades de Material por M3. Fuente: Propia.....	111
Tabla 34: Diseño de Mezcla Experimental (0,15% de Microfibra + 0,5% de Macrofibra). Fuente: Propia.....	112
Tabla 35: Diseño de Mezcla Experimental (0,15% de Microfibra + 1,0% de Macrofibra). Fuente: Propia.....	112
Tabla 36: Diseño de Mezcla Experimental (0,15% de Microfibra + 1,5% de Macrofibra). Fuente: Propia.....	112
Tabla 37: Ensayos de Testigos Cilíndricos de concreto Patrón (Ensayo de Compresión). Fuente: Propia.....	116
Tabla 38: Ensayos de Testigos Cilíndricos de concreto E-01 (Ensayo de Compresión). Fuente: Propia.....	117
Tabla 39: Ensayos de Testigos Cilíndricos de concreto E-02 (Ensayo de Compresión). Fuente: Propia.....	117
Tabla 40: Ensayos de Testigos Cilíndricos de concreto E-03 (Ensayo de Compresión). Fuente: Propia.....	118
Tabla 41: Ensayos de Testigos Cilíndricos de concreto en las Edades de Ensayo (Ensayo de Compresión). Fuente: Propia .....	118
Tabla 42: Ensayos de Testigos Cilíndricos de concreto Patrón (Ensayo de Tracción Indirecta). Fuente: Propia .....	121
Tabla 43: Ensayos de Testigos Cilíndricos de concreto E-01 (Ensayo de Tracción Indirecta). Fuente: Propia .....	121
Tabla 44: Ensayos de Testigos Cilíndricos de concreto E-02 (Ensayo de Tracción Indirecta). Fuente: Propia .....	122
Tabla 45: Ensayos de Testigos Cilíndricos de concreto E-03 (Ensayo de Tracción Indirecta). Fuente: Propia .....	122
Tabla 46: Ensayos de Testigos Cilíndricos de concreto en las Edades de Ensayo (Ensayo de Tracción Indirecta). Fuente: Propia .....	123
Tabla 47: Ensayos de Testigos Prismáticos de concreto Patrón (Ensayo de Flexión a viga simplemente apoyada con cargas a los tercios del tramo). Fuente: Propia .....	126
Tabla 48: Ensayos de Testigos Prismáticos de concreto E-01 (Ensayo de Flexión a viga simplemente apoyada con cargas a los tercios del tramo). Fuente: Propia .....	127
Tabla 49: Ensayos de Testigos Prismáticos de concreto E-02 (Ensayo de Flexión a viga simplemente apoyada con cargas a los tercios del tramo). Fuente: Propia .....	128
Tabla 50: Ensayos de Testigos Prismáticos de concreto E-03 (Ensayo de Flexión a viga simplemente apoyada con cargas a los tercios del tramo). Fuente: Propia .....	129
Tabla 51: Ensayos de Testigos Prismáticos de concreto en las Edades de Ensayo (Ensayo de Flexión a viga simplemente apoyada con cargas a los tercios del tramo). Fuente: Propia .....	129

Tabla 52: Porcentajes de Resistencia de Concretos. A Edades de Curado en días. Fuente: Propia.....	132
Tabla 53: Granulometría de Muestra de Suelo de Talud. Fuente: Propia .....	134
Tabla 54: Contenido de Humedad de Muestra de Suelo. Fuente: Propia.....	135
Tabla 55: Límite Líquido de Muestra de Suelo de Talud. Fuente: propia .....	135
Tabla 56: Límite Plástico de Muestra de Suelo de Talud. Fuente: propia .....	136
Tabla 57: Sales Solubles Totales en Muestra de Suelo de Talud. Fuente: Propia.....	136
Tabla 58: Proctor en Muestra de Suelo de Talud. Fuente: Propia.....	137
Tabla 59: Corte Directo en Muestra de Suelo de Talud. Fuente: Propia.....	137
Tabla 60: Comparación de Resultados del Agregado Fino. Fuente: Propia.....	139
Tabla 61: Comparación de Resultados del Agregado Grueso. Fuente: Propia .....	140
Tabla 62: Muestras de variación de Asentamiento por cada tipo de ensayo experimental. Fuente: Propia.....	141
Tabla 63: Resultados finales de resistencia a la compresión para los diferentes tipos de adición. Fuente: Propia.....	143
Tabla 64: Resultados finales de resistencia a la tracción para los diferentes tipos de adición. Fuente: Propia.....	145
Tabla 65: Resultados finales de resistencia a la flexión para los diferentes tipos de adición. Fuente: Propia.....	148
Tabla 66: Resumen Caracterización Geotécnica del Suelo de Talud. Fuente: Propia .	152

## Lista de Ilustraciones

Ilustración 1: Aparato Manual para Límite Líquido. Fuente [32] .....	50
Ilustración 2: Probeta cilíndrica transparente graduada con tapón de hule, tubo irrigador, pisón lastrado, y sifón. Fuente: [33] .....	51
Ilustración 3: Cono de Abrams, para determinar el asentamiento de Concreto. Fuente: [32] .....	56
Ilustración 4: Esquema de un equipo adecuado para el ensayo de flexión del concreto usando una viga simple cargada en los tercios de la luz. Fuente: [32].....	58
Ilustración 5: Aparato Manual para Límite Líquido. Fuente: [32] .....	61
Ilustración 6: Molde Cilíndrico de 4". Fuente: [32] .....	63
Ilustración 7: Molde Cilíndrico de 6". Fuente: [32] .....	63
Ilustración 8: Ensayo de corte sencillo y corte doble. Fuente: [32] .....	65
Ilustración 9: Dispositivo para el ensayo de corte directo. Fuente: [32] .....	65
Ilustración 10: Toma de Muestra de Suelo de Talud. Fuente: Propia .....	66
Ilustración 12: Selección de Microfibras y Macrofibras de Polipropileno Reciclado. Fuente: Propia.....	67
Ilustración 13: Granulometría Por Tamizado De Agregado Fino y Grueso. Fuente: Propia .....	68
Ilustración 14: Ensayo De Contenido De Humedad De Agregado Grueso. Fuente: Propia .....	69
Ilustración 15: Ensayo De Contenido De Humedad De Agregado Fino. Fuente: Propia .....	69
Ilustración 16: Compactación de Agregado Fino. Fuente: [33] .....	70
Ilustración 17: Condición SSS para arena con poco material grueso. Fuente: [33] .....	70
Ilustración 19: Ensayo De Límite De Consistencia De Agregado Fino. Fuente: Propia	72
Ilustración 20: Lectura de Equivalente de Arena. Fuente: [33].....	73
Ilustración 21: Ensayo De Equivalente De Arena De Agregado Fino. Fuente: Propia..	73
Ilustración 22: Ensayo De Material Fino Que Pasa Por El Tamiz N° 200. Fuente: Propia .....	75
Ilustración 23: Ensayo De Terrones De Arcilla Y Partículas Deleznable De Agregado Fino. Fuente: Propia .....	76
Ilustración 24: Peso Unitario Suelto De Agregado Grueso. Fuente: Propia .....	77
Ilustración 25: Peso Unitario Suelto De Agregado Fino. Fuente: Propia.....	77
Ilustración 24: Ensayo De Flexión A Vigas Simplemente Apoyadas Con Cargas A Los Tercios Del Tramo. Fuente: Propia .....	89

Ilustración 62: Desarrollo de la Resistencia a Compresión de Shotcrete respecto al tiempo .....	144
Ilustración 63: Desarrollo de la Resistencia a Tracción de Shotcrete respecto al tiempo .....	146
Ilustración 64: Desarrollo de la Resistencia a Flexión de Shotcrete respecto al tiempo .....	149
Ilustración 65: Clasificación SUCS del suelo (Ábaco de Casagrande). Fuente: Propia	151
Ilustración 66: Curva de compactación del suelo. Fuente: Propia .....	152
Ilustración 67: Resultado de Ensayo de Corte Directo de Suelo de Talud. Fuente: Propia .....	153

### **Lista de Gráficos**

Gráfico 1: Asentamiento de Concretos $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ . Fuente: Propia .....	113
Gráfico 2: Peso Unitario de Concretos $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ . Fuente: Propia.....	114
Gráfico 3: Temperaturas de Concretos con $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ . Fuente: Propia.....	115
Gráfico 4: Resistencia a Compresión de Concretos. Edad de Curado 03 días. Fuente: Propia.....	119
Gráfico 5: Resistencia a Compresión de Concretos. Edad de Curado 07 días. Fuente: Propia.....	119
Gráfico 6: Resistencia a Compresión de Concretos. Edad de Curado 21 días. Fuente: Propia.....	120
Gráfico 7: Resistencia a Compresión de Concretos. Edad de Curado 28 días. Fuente: Propia.....	120
Gráfico 8: Resistencia a Tracción Indirecta de Concretos. Edad de Curado 03 días. Fuente: Propia.....	123
Gráfico 9: Resistencia a Tracción Indirecta de Concretos. Edad de Curado 07 días. Fuente: Propia.....	124
Gráfico 10: Resistencia a Tracción Indirecta de Concretos. Edad de Curado 21 días. Fuente: Propia.....	124
Gráfico 11: Resistencia a Tracción Indirecta de Concretos. Edad de Curado 28 días. Fuente: Propia.....	125
Gráfico 12: Resistencia a Flexión en viga simplemente apoyada con cargas a los tercios del tramo de Concretos. Edad de Curado 03 días. Fuente: Propia .....	130
Gráfico 13: Resistencia a Flexión en viga simplemente apoyada con cargas a los tercios del tramo de Concretos. Edad de Curado 07 días. Fuente: Propia .....	130

Gráfico 14: Resistencia a Flexión en viga simplemente apoyada con cargas a los tercios del tramo de Concretos. Edad de Curado 21 días. Fuente: Propia .....	131
Gráfico 15: Resistencia a Flexión en viga simplemente apoyada con cargas a los tercios del tramo de Concretos. Edad de Curado 28 días. Fuente: Propia .....	131
Gráfico 16: Desarrollo de la Resistencia a Compresión de Shotcrete respecto al tiempo. Fuente: Propia.....	132
Gráfico 17: Desarrollo de la Resistencia a Tracción de Shotcrete respecto al tiempo. Fuente: Propia.....	133
Gráfico 18: Desarrollo de la Resistencia a Flexión de Shotcrete respecto al tiempo. Fuente: Propia.....	133
Gráfico 19: Temperatura T° de los distintos experimentos de Shotcrete en estado Fresco. Fuente: Propia.....	141
Gráfico 20: Muestras de variación de Asentamiento por cada tipo de ensayo experimental. Fuente: Propia.....	142
Gráfico 21: Resultados finales de resistencia a la compresión para los diferentes tipos de adición. Fuente: Propia.....	143
Gráfico 22: Resultados finales de resistencia a la tracción para los diferentes tipos de adición. Fuente: Propia.....	146
Gráfico 23: Resultados finales de resistencia a la flexión para los diferentes tipos de adición. Fuente: Propia.....	148

### **Lista de Anexos**

Anexo 1: Declaración Jurada. Fuente: Propia .....	163
Anexo 2: Tramo de Carretera Cutervo - Cochabamba. Fuente: Google Earth Pro .....	164
Anexo 3: Funciones de las Micro y Macrofibras de Polipropileno en el concreto. Fuente: [19] .....	164
Anexo 4: Falla en Talud estabilizado con shotcrete. Fuente Propia.....	165
Anexo 5: Macrofibras de Polipropileno Reciclado. Fuente Propia .....	165
Anexo 6: Microfibras de Polipropileno Reciclado. Fuente Propia.....	166
Anexo 7: Peso de Agregado para Ensayo Granulométrico. Fuente: Propia .....	166
Anexo 8: Cuarteo de Agregado para Ensayo de Granulometría. Fuente: Propia .....	167
Anexo 9: Tamizado de Agregado Fino. Fuente: Propia .....	167
Anexo 10: Tamizado de Agregado. Fuente: Propia .....	168
Anexo 11: Tamizado de Agregado. Fuente: Propia .....	168
Anexo 12: Resultado de Ensayo De Granulometría Por Tamizado De Agregado Fino. Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos.....	169

Anexo 13: Resultado de Ensayo De Granulometría Por Tamizado De Agregado Grueso. Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos.....	170
Anexo 14: Cuarteo de Agregado para Contenido de Humedad. Fuente: Propia.....	171
Anexo 15: Secado en Horno de Agregado Fino. Fuente: Propia.....	171
Anexo 16: Toma de Datos de Peso de Agregado Fino. Fuente: Propia .....	172
Anexo 17: Toma de Datos de Peso de Agregado Grueso. Fuente: Propia .....	172
Anexo 18: Resultado de Ensayo De Contenido De Humedad De Agregado Fino. Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos.....	173
Anexo 19: Resultado de Ensayo De Contenido De Humedad De Agregado Grueso. Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos.....	174
Anexo 20: Cono de Absorción colocado cada 3 partes. Fuente: Propia.....	175
Anexo 21: 25 golpes verticales en cada una de las partes (3/3), con el piñón. Fuente: Propia.....	175
Anexo 22: Asentado de $\frac{3}{4}$ con respecto al cono de absorción, la muestra se encuentra saturada superficialmente seca. Fuente: Propia.....	175
Anexo 23: Resultado de Ensayo De Contenido De Humedad Superficial De Agregado Fino. Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos .....	176
Anexo 24: Límite de Consistencia de Agregado Fino. Fuente: Propia .....	177
Anexo 25: Límite Líquido de Agregado Fino. Fuente: Propia.....	177
Anexo 26: Resultado de Ensayo De Límite De Consistencia De Agregado Fino. Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos.....	178
Anexo 27: Ensayo de Equivalente de Arena de Agregado Fino. Fuente: Propia.....	179
Anexo 28: Toma de Muestra de Ensayo de Equivalente de Arena. Fuente: Propia.....	179
Anexo 29: Equivalente de Arena, ensayo de Laboratorio. Fuente: Propia.....	180
Anexo 30: 3 Ensayos de Equivalente de Arena. Fuente: Propia .....	180
Anexo 31: Resultado de Ensayo De Equivalente De Arena De Agregado Fino. Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos.....	181
Anexo 32: Material Fino que Pasa por Tamiz N° 200. Fuente: Propia.....	182
Anexo 33: Lavado de Agregado Fino que pasa por tamiz N° 200. Fuente: Propia .....	182
Anexo 34: Resultado de Ensayo De Material Fino Que Pasa Por El Tamiz N° 200. Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos.....	183
Anexo 35: Muestra de Agregado para Ensayo de Terrones de Arcilla. Fuente: Propia.....	184
Anexo 36: Ensayo De Terrones De Arcilla Y Partículas Deleznales De Agregado Fino. Fuente: Propia.....	184
Anexo 37: Resultado de Ensayo De Terrones De Arcilla Y Partículas Deleznales De Agregado Fino. Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos.....	185

Anexo 38: Resultado de Ensayo Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables. Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos.....	185
Anexo 39: Vaciado de Agregado Fino. Fuente: Propia.....	186
Anexo 40: Peso de Muestra de Agregado Fino. Fuente: Propia.....	186
Anexo 41: Enrasado de Agregado Fino en Probeta Cilíndrica. Fuente: Propia .....	187
Anexo 42: Peso Unitario Suelto de Agregado. Fuente: Propia .....	187
Anexo 43: Varillado de Agregado Grueso. Fuente: Propia.....	188
Anexo 44: Enrasado de Agregado Grueso en Probeta Cilíndrica. Fuente: Propia .....	188
Anexo 45: Varillado de Agregado Fino. Fuente: Propia .....	189
Anexo 46: Peso Unitario Compactado de Agregado. Fuente: Propia .....	189
Anexo 47: Resultado de Ensayo De Peso Unitario Y Vacíos De Agregado Fino. Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos.....	190
Anexo 48: Resultado de Ensayo De Peso Unitario Y Vacíos De Agregado Grueso. Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos.....	191
Anexo 49: Ensayo De Gravedad Específica Y Absorción De Agregado Fino. Fuente: Propia.....	192
Anexo 50: Temperatura en Ensayo Gravedad Específica Y Absorción De Agregado Fino. Fuente: Propia.....	192
Anexo 51: Lavado de Agregado. Ensayo De Gravedad Específica Y Absorción De Agregado Grueso. Fuente: Propia .....	192
Anexo 52: Temperatura de Agua potable en Peso Específico de Agregado Grueso. Fuente: Propia.....	193
Anexo 53: Peso Sumergido de Agregado Grueso. Fuente: Propia.....	193
Anexo 54: Ensayo De Gravedad Específica Y Absorción De Agregado Grueso. Fuente: Propia.....	193
Anexo 55: Resultado de Ensayo De Gravedad Específica Y Absorción De Agregado Fino. Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos.....	194
Anexo 56: Resultado de Ensayo De Gravedad Específica Y Absorción De Agregado Grueso. Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos .....	195
Anexo 57: Resultados de Ensayo de Peso Específico de Agregado Fino y Grueso. Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos.....	195
Anexo 59: Ensayo de Impurezas Orgánicas en Agregado Fino. Fuente: Propia.....	196
Anexo 61: Impurezas Orgánicas en Agregado Fino. Fuente: Propia .....	196
Anexo 62: Vaciado de Agregado Fino para ensayo de Impurezas Orgánicas. Fuente: Propia.....	197
Anexo 63: Comparación de Color en Impurezas Orgánicas. Fuente: Propia.....	197

Anexo 64: Resultado de Ensayo De Impurezas Orgánicas En El Agregado Fino. Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos.....	198
Anexo 65: Engrasado de Probetas para Elaboración de Especímenes Cilíndricas. Fuente: Propia.....	199
Anexo 66: Aditivo: ZRR-Plast para mejorar la trabajabilidad. Fuente: Propia.....	199
Anexo 67: Peso de Agregado Grueso de acuerdo con Diseño de Mezcla. Fuente: Propia .....	200
Anexo 68: Peso de Cemento de acuerdo con Diseño de Mezcla. Fuente: Propia .....	200
Anexo 69: Peso de Agregado Fino de acuerdo con Diseño de Mezcla. Fuente: Propia .....	201
Anexo 70: Peso de Aditivo Plastificante de acuerdo con Diseño de Mezcla. Fuente: Propia .....	201
Anexo 71: Peso de Agua Potable de acuerdo con Diseño de Mezcla. Fuente: Propia .	202
Anexo 72: Peso de Macrofibras de Polipropileno Reciclado de acuerdo con Diseño de Mezcla. Fuente: Propia .....	202
Anexo 73: Peso de Microfibras de Polipropileno Reciclado de acuerdo con Diseño de Mezcla. Fuente: Propia .....	203
Anexo 74: Engrasado de Probetas para Elaboración de Especímenes Prismáticos. Fuente: Propia.....	203
Anexo 75: Ensayo de Slump de Agregado en estado fresco. Fuente: Propia.....	204
Anexo 76: Varillado de Probetas Cilíndricas de Concreto. Fuente: Propia .....	204
Anexo 77: Golpeo de Probetas Cilíndricas de Concreto. Fuente: Propia.....	205
Anexo 78: Enrasado de Probetas Cilíndricas de Concreto. Fuente: Propia .....	205
Anexo 79: Varillado de Probetas Prismáticas de Concreto. Fuente: Propia .....	206
Anexo 80: Enrasado de Probetas Prismáticas de Concreto. Fuente: Propia.....	206
Anexo 81: Especímenes Cilíndricos y Prismáticos de Concreto. Fuente: Propia .....	207
Anexo 82: Peso Unitario de Especímenes de Concreto en Estado Endurecido. Fuente: Propia.....	207
Anexo 83: Especiménes de concreto para Curado en Días. Fuente: Propia} .....	208
Anexo 84: Curado de Especímenes Cilíndricos de Concreto. Fuente: Propia .....	208
Anexo 83: Curado de Especímenes Prismáticos de Concreto. Fuente: Propia .....	209
Anexo 86: Resultado de Diseño de Mezcla de Concreto Patrón $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ . Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos.....	210
Anexo 87: Resultado de Diseño de Mezcla de Concreto $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ con la adición de 0,15% de Microfibras + 0,5% de Macrofibras de Polipropileno Reciclado. Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos .....	211

Anexo 88: Resultado de Diseño de Mezcla de Concreto $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ con la adición de 0,15% de Microfibras + 1,0% de Macrofibras de Polipropileno Reciclado. Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos .....	212
Anexo 89: Resultado de Diseño de Mezcla de Concreto $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ con la adición de 0,15% de Microfibras + 1,5% de Macrofibras de Polipropileno Reciclado. Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos .....	213
Anexo 90: Resultado de Ensayo De Asentamiento De Concreto (Slump = 7"). Fuente: Propia.....	214
Anexo 91: Varillado en Cono de Abrams para ensayo de Slump. Fuente: Propia.....	214
Anexo 92: Levantamiento de Cono de Abrams para medición de Slump en Concreto. Fuente: Propia.....	215
Anexo 93: Medición de Slump en Concreto. Fuente: Propia .....	215
Anexo 94: Elaboración Y Curado De Probetas Cilíndricas De Concreto (Ensayo De Compresión). Fuente: Propia.....	216
Anexo 95: Elaboración Y Curado De Probetas Cilíndricas De Concreto (Ensayo De Tracción Indirecta). Fuente: Propia .....	217
Anexo 96: Elaboración Y Curado De Vigas Prismáticas De Concreto (Ensayo De Flexión A Vigas Simplemente Apoyadas Con Cargas A Los Tercios Del Tramo). Fuente: Propia .....	218
Anexo 97: Resultado de Temperatura De Concreto. Fuente: Propia .....	219
Anexo 96: Temperatura de Concreto en Estado Fresco. Fuente: Propia.....	219
Anexo 99: Resultado de Peso Unitario En La Mezcla De Concreto. Fuente: Propia...	220
Anexo 100: Peso Unitario En La Mezcla De Concreto. Fuente: Propia .....	220
Anexo 99: Ensayo De Testigos Cilíndricos De Concreto (Ensayo De Compresión). Fuente: Propia.....	221
Anexo 102: Resultado de Ensayos De Concreto En Estado Endurecido. Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos .....	225
Anexo 103: Ensayo De Testigos Cilíndricos De Concreto (Ensayo De Tracción Indirecta). Fuente: Propia.....	226
Anexo 104: Resultado de Ensayo De Testigos Cilíndricos De Concreto (Ensayo De Tracción Indirecta). Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos .....	230
Anexo 106: Resultado de Ensayo De Vigas Prismáticas De Concreto (Ensayo De Flexión A Vigas Simplemente Apoyadas Con Cargas A Los Tercios Del Tramo). Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos .....	235
Anexo 107: Ensayo De Segregación En El Concreto Endurecido. Fuente: Propia.....	236
Anexo 108: Cuarteo de Muestra de Suelo de Talud. Fuente: Propia .....	237
Anexo 109: Ensayo De Análisis Granulométrico Por Tamizado De Muestra De Suelo De Talud En Estudio. Fuente: Propia.....	237

Anexo 110: Resultado de Ensayo De Análisis Granulométrico Por Tamizado De Muestra De Suelo De Talud En Estudio. Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos .....	238
Anexo 111: Muestra de Suelo de Talud para Ensayo de Contenido de Humedad. Fuente: Propia.....	239
Anexo 112: Cuarteo de Muestra de Suelo de Talud para Ensayo de Contenido de Humedad. Fuente: Propia .....	239
Anexo 113: Peso de Muestra de Suelo de Talud para Ensayo de Contenido de Humedad. Fuente: Propia.....	240
Anexo 114: Sometimiento a Horno de Muestra de Suelo de Talud para Ensayo de Contenido de Humedad. Fuente: Propia.....	240
Anexo 115: Resultado de Ensayo De Contenido De Humedad De Muestra De Suelo De Talud En Estudio. Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos.....	241
Anexo 116: Toma de Muestra de Suelo de Talud para Límite de Consistencia Líquido. Fuente: Propia.....	242
Anexo 117: Límite Líquido de Muestra de Suelo de Talud. Fuente: Propia.....	242
Anexo 118: Ensayo De Límites De Consistencia De Muestra De Suelo De Talud En Estudio (Límite Líquido De Suelo). Fuente: Propia.....	243
Anexo 119: Toma de Muestra de Suelo de Talud para Límite de Consistencia Plástico. Fuente: Propia.....	244
Anexo 120: Ensayo De Límites De Consistencia De Muestra De Suelo De Talud En Estudio (Límite Plástico De Suelo). Fuente: Propia.....	244
Anexo 121: Resultado de Ensayo De Límites De Consistencia De Muestra De Suelo De Talud En Estudio. Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos.....	245
Anexo 122: Toma de Muestra de Suelo para ensayo de Sales Solubles en Suelo de Talud. Fuente: Propia.....	246
Anexo 123: Ensayo De Sales Solubles Totales En Muestra De Suelo De Talud En Estudio. Fuente: Propia.....	246
Anexo 124: Resultado de Ensayo De Sales Solubles Totales En Muestra De Suelo De Talud En Estudio. Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos.....	247
Anexo 125: Toma de Muestra de Suelo de Talud para Ensayo de Proctor. Fuente: Propia .....	248
Anexo 126: Compactación de Suelo de Talud en Ensayo Proctor. Fuente: Propia.....	249
Anexo 127: Registro de Peso en Proctor de Muestra de Suelo de Talud. Fuente: Propia .....	249
Anexo 128: Ensayo De Relación Densidad/Humedad (Proctor) En Muestra De Suelo De Talud En Estudio. Fuente: Propia.....	250
Anexo 129: Resultado de Ensayo De Relación Densidad/Humedad (Proctor) En Muestra De Suelo De Talud En Estudio. Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos .....	251

Anexo 130: Máquina empleada en Corte Directo en Muestra de Suelo de Talud. Fuente: Propia.....	252
Anexo 131: Aplicación de Fuerza en Corte Directo. Fuente: Propia .....	252
Anexo 132: Aplicación de Fuerza Cortante en Corte Directo. Fuente: Propia .....	253
Anexo 133: Aplicación de Fuerza Normal en Corte Directo. Fuente: Propia.....	253
Anexo 134: Engrasado para mejora en Ensayo de Corte Directo. Fuente: Propia.....	254
Anexo 135: Aplicación de Fuerzas en Ensayo de Corte Directo a Muestra de Suelo de Talud. Fuente: Propia .....	254
Anexo 136: Ajuste de Máquina para Ensayo de Corte Directo. Fuente: Propia .....	255
Anexo 137: Muestra de Suelo en Estado Natural de Talud. Fuente: Propia .....	255
Anexo 138: Ensayo De Corte Directo En Muestra De Suelo De Talud En Estudio. Fuente: Propia.....	256
Anexo 139: Resultado de Ensayo De Corte Directo En Muestra De Suelo De Talud En Estudio.....	257
Anexo 140: Resumen de Resultados de Ensayo De Corte Directo En Muestra De Suelo De Talud En Estudio. Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos .....	258
Anexo 141: Coordenadas UTM, de talud en estudio. Fuente: Propia .....	259
Anexo 142: Memoria Descriptiva de Levantamiento topográfico. Fuente: Lab. Ingeniería y Construcción Quintos .....	260
Anexo 143: Metodología para el desarrollo Topográfico. Fuente: Lab. Ingeniería y Construcción Quintos .....	261
Anexo 144: Data de Levantamiento Topográfico. Fuente: Lab. Ingeniería y Construcción Quintos .....	262
Anexo 145: Datos Técnicos y Coordenadas UTM de Perfil de Talud en Estudio. Fuente: Lab. Ingeniería y Construcción Quintos.....	263
Anexo 149: Perfil Longitudinal. Fuente: Ingeniería y Construcción Quintos.....	264
Anexo 150: Perfil Transversal. Fuente: Propia .....	264
Anexo 151: Puntos de Levantamiento Topográfico. Fuente: Lab. Ingeniería y Construcción Quintos .....	265
Anexo 152: Resultado de Modelado De Talud En Estado Natural. Fuente: Propia.....	270
Anexo 147: Resultado de Modelado Con Refuerzo De Shotcrete Microfibras (0,15%) + Macropfibras (1,0%), Con ( $F'c = 280 \text{ Kg/Cm}^2$ ). Fuente: Propia.....	274

## Resumen

Dada la creciente demanda de infraestructuras viales, muchas investigaciones han centrado su estudio en la obtención de nuevas alternativas que permitan mejorar la conservación de las estructuras, generando de esta manera mayores beneficios económicos y sociales en la población.

Para la preservación de redes viales a largo plazo, surge como una de las alternativas la estabilización de taludes, siendo necesario su aplicación en redes accidentadas, como es el caso de nuestra área de estudio. Asimismo, dadas las tendencias actuales, es usual la adición de materiales en la estabilización de estructuras, como alternativas para mejorar su durabilidad y resistencia, por lo que, en la presente investigación, se pretende identificar los niveles de influencia de la aplicación de fibras de polipropileno sobre las propiedades mecánicas del shotcrete para estabilización de taludes en la ciudad de Cutervo.

Para lograr el objetivo de la presente investigación se evaluará la adición de porcentajes de macrofibras y microfibras de polipropileno sobre el shotcrete, para estabilización de taludes en la ciudad de Cutervo, hasta obtener los niveles óptimos de resistencia. Para la medición de la influencia del material plástico sobre las propiedades mecánicas del concreto lanzado, se hará uso de ensayos de laboratorio, mediante la elaboración de 144 testigos de concreto lanzado. Asimismo, se recopilará una muestra significativa del tipo de suelo para la aplicación de taludes, con la finalidad de realizar un estudio de su geotecnia.

**Palabras clave:** Polipropileno, concreto lanzado, estabilización, taludes.

### **Abstract**

Given the growing demand for road infrastructures, many researches have focused their studies on the search for alternatives to improve the preservation of structures, thus generating greater economic and social benefits for the population.

For the long-term preservation of road networks, slope stabilization has emerged as one of the alternatives, being necessary its application in rough networks, as is the case of our study area. Likewise, given the current trends, it is usual to add materials in the stabilization of structures, as alternatives to improve their durability and resistance. Therefore, in the present research, we intend to identify the levels of influence of the application of polypropylene fibers on the mechanical properties of shotcrete for slope stabilization in the city of Cutervo.

To achieve the objective of this research, the addition of percentages of polypropylene macro and microfibers on shotcrete for slope stabilization in the city of Cutervo will be evaluated until the optimum levels of strength and cohesion are obtained. To measure the influence of the plastic material on the mechanical properties of the shotcrete, laboratory tests will be carried out by means of the elaboration of 144 shotcrete cores. Likewise, a significant sample of the type of soil for the application of slopes will be collected in order to carry out a geotechnical study.

**Keywords:** Polypropylene, shotcrete, stabilization, slopes.

## **Introducción**

La masificación de redes viales, y la necesidad de su mantenimiento, han originado que la estabilización de taludes sea, en ocasiones, el centro de estudio para la conservación de la infraestructura.

Como lo menciona [1], “tanto por el aspecto económico, como por los efectos derivados de su falla, los taludes constituyen hoy una de las estructuras de ingeniería que demandan mayor estudio por los profesionales”. Es decir, desde un punto de vista económico, rebajar un talud hasta alcanzar su estabilidad, conllevaría a un esfuerzo económico demasiado costoso, mientras que, en lo social, las fallas ocasionadas por los taludes pueden tener consecuencias catastróficas, como son las pérdidas humanas y/o daños sociales importantes (interrupción de las vías de comunicación, daños a las estructuras viales, entre otras).

A nivel internacional, ya son varios países en Europa que vienen utilizando las fibras sintéticas para el revestimiento y estabilidad en la construcción de estructuras complejas, tal es el caso de España, que ha aplicado el material sintético en túneles ferroviarios de alta velocidad, túneles de carreteras, túneles de mina y túneles hidráulicos [2].

Por otro lado, el uso de productos derivados del plástico es inevitable, dado su importancia social y económica, sin embargo; la contaminación que genera es preocupante, por lo que surge la necesidad de motivar el reciclaje, y su posterior estudio de reutilización en el rubro de la ingeniería civil.

La necesidad de reutilización es inminente, dado que, en el Perú, existen estudios del Ministerio del Ambiente, que manifiestan que, en promedio, el uso de plástico por cada ciudadano es de 30 kilos, lo que perjudica la calidad de vida, producido por la contaminación ambiental.

A nivel local, como lo menciona [3], en la Región Cajamarca, los deslizamientos, caídas de rocas y derrumbes, hundimientos y vuelcos, son usuales en la región norte de Celendín, al sur de Chota, entre Cutervo y Tacabamba, y todos ellos generalmente forman parte de rocas calcáreas. Los vuelcos están relacionados a taludes con una gran caída de rocas o derrumbes, y en muchos casos, en forma combinada.

Esta situación de vulnerabilidad en la región ocasiona muchas veces problemas de comunicación entre las regiones, más aún en épocas climatológicamente complicadas.

Asimismo, el daño que sufren las estructuras viales ocasiona perjuicios económicos, que conlleva mayores costos de mantenimiento.

De esta manera, la estabilización de taludes en zonas accidentadas surge como una necesidad al momento de la construcción de redes viales, siendo importante analizar sus características y propiedades, y más aún, buscar alternativas que conlleven a generar una mejor estabilidad a partir de los materiales utilizados para dicho fin.

La aplicación de materiales sintéticos tiene como finalidad primordial la disminución de fisuras en las estructuras construidas, pero, además la motivación de reutilización de productos plásticos que conlleven a la mitigación de la contaminación ambiental.

En este contexto, surge como necesidad realizar un estudio del uso de materiales reciclados (polipropileno) como aditivos para mejorar las propiedades físicas del shotcrete en la estabilización de taludes. Coincide [4], al mencionar que, “el estudio de métodos de estabilización de taludes con materiales no convencionales es muy importante en la Ingeniería Civil ya que con estos diseños se pueden investigar nuevos materiales o darle un adecuado uso a uno ya existente, asimismo; puede ser aplicado en zonas con bajos recursos económicos, lo cual se convierte en una solución muy importante dentro de una comunidad”.

La presente investigación experimental planteó la siguiente formulación de problema; ¿Cómo influye la incorporación de macrofibras y microfibras de polipropileno reciclado en la resistencia del shotcrete para estabilización de taludes en el tramo de la carretera Cutervo – Cochabamba?

De demostrarse la influencia positiva de las fibras de polipropileno en esta investigación, se justificaría económicamente su aplicación en comunidades o zonas con reducidos presupuestos públicos, dado el bajo costo del material reciclado. Con respecto a la justificación ambiental, la reutilización del material plástico se estaría contribuyendo con la sostenibilidad de la ciudad. Asimismo, con respecto a la justificación teórica se estaría motivando al estudio de nuevas alternativas que permitan disminuir el uso del plástico y/o a reutilizarlo de manera positiva en la sociedad.

Con la presente investigación se generaría mayor conocimiento acerca de la reutilización de la materia plástica en el campo de la ingeniería civil y ambiental. Asimismo, motivaría al estudio de mayores alternativas de reutilización y reciclaje.

De demostrarse que la aplicación de fibras de polipropileno como un agregado en el shotcrete para estabilización de taludes, influye de manera positiva en la estabilización de taludes, conllevaría a que su aplicación disminuya los costos de mantenimiento de infraestructura vial.

Por otro lado, se estaría motivando en la ciudad de Cutervo el desarrollo de la actividad económica de reciclaje, influenciado por la demanda en proyectos de infraestructura, así como la aplicación de fibras de polipropileno reciclado como aditivo al concreto lanzado en estabilización de taludes en el tramo de la carretera Cutervo – Cochabamba.

La investigación experimental tiene como objetivo; analizar la resistencia del shotcrete adicionando microfibras y macrofibras de polipropileno, para la aplicación en estabilización de taludes en el tramo de la carretera Cutervo – Cochabamba, departamento de Cajamarca. Además, para ello se estableció objetivos específicos tales como: Clasificar las fibras de polipropileno reciclado en microfibras y macrofibras, teniendo en cuenta; sus diámetros, longitudes, características físicas y proporción a ser utilizada. Determinar el análisis granulométrico de los agregados a emplear en la mezcla de shotcrete y ensayos determinados a la muestra de suelo de talud. Diseñar la mezcla patrón de shotcrete, con una resistencia a la compresión de  $280 \text{ Kg/cm}^2$ . Diseñar una mezcla del shotcrete con porcentajes distintos de microfibras (0,15 %) y macrofibras (0,5 %, 1 %, 1,5 %) de polipropileno. Comparar las propiedades mecánicas de resistencia de la mezcla patrón de shotcrete, y el diseño de mezcla de shotcrete incorporado con distintos porcentajes de microfibras y macrofibras de polipropileno mediante ensayos de resistencia a compresión, tracción, flexión y densidad. Determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno para su aplicación en estabilización de taludes en el tramo de la carretera Cutervo – Cochabamba, y su cumplimiento con la Norma CE. 020, MTC y la resistencia planteada. Determinar el factor de seguridad óptimo mediante el método Bishop para estabilización de taludes, utilizando el porcentaje óptimo de microfibras y macrofibras de polipropileno y muestra patrón, realizando ensayo de Corte Directo y análisis granulométricos.

## **Revisión de Literatura**

### **Antecedentes de Problema**

#### **Antecedentes Internacionales**

En la investigación hecha por [5], inquirió las relaciones constitutivas de tracción de edad temprana para acero y concreto reforzado con fibra de polipropileno en la ciudad de Hyderabad – India, las pruebas de fractura en edades tempranas se llevaron a cabo en vigas de concreto con acero discreto, macro polipropileno y mezclas de macro y microfibras de polipropileno. Se investigó el comportamiento de fractura con envejecimiento de la matriz de concreto que contuvo 0,66% de fracción volumétrica de fibras a los 1, 3, 7 y 28 días de edad. La relación entre grietas por tensión cohesiva multilineal dependiente de la edad y el módulo de elasticidad del material compuesto reforzado con fibra se obtuvo a partir de las respuestas de fractura medidas. La forma multilineal genérica de la relación esfuerzo deformación ( $\sigma-w$ ), capturó las variaciones dependientes de la edad en la tensión con apertura de grietas asociadas con el ablandamiento inicial y el endurecimiento producido por las fibras. Las relaciones determinadas a partir de las respuestas a la fractura indicaron que todos los tipos de fibras ensayadas aumentaron significativamente la resistencia a la tracción del concreto a edad de un 1 día. Las respuestas de resistencia de los concretos reforzados con polipropileno aumentaron con la edad y hubo un aumento constante de la energía de fractura con la edad. Las mezclas de micro y macro fibras de polipropileno exhibieron una mayor resistencia a la propagación de grietas y a la extracción de fibras en comparación con las macro fibras de polipropileno por sí solas.

En la investigación realizada por [6], en Erbil, Región del Kurdistán, Iraq; se estudiaron dos configuraciones de PCM. Los nombres comerciales de estos artículos incluyen Sika MonoTop®- 620, un compuesto de reparación de estructuras de concreto, y DCP Cemfix 2CS, un adhesivo utilizado ocasionalmente para fijar baldosas a subestructuras de concreto. Utilizando tres proporciones diferentes de agua/aglutinante, se examinó el impacto de la fibra de polipropileno en divisiones de volumen de 0, 0,5, 0,75 y 1%. En total había 24 mezclas diferentes. Se midió la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión y la resistencia a la adherencia del material. Se utilizaron las

técnicas de ensayo Slant-Shear y Pull-off para medir la fuerza de unión de cada combinación. Existió una notable correlación, de alrededor del 85%, entre los resultados de resistencia de la unión conseguidos en los ensayos de cizalladura y de extracción. Además, la resistencia a la adhesión estaba inversamente correlacionada con las resistencias a la compresión y a la flexión del material, con correlaciones respectivas del 95% y el 86% para el cizallamiento y del 80% y el 76% para el pull-off, con el complemento de fibras recicladas de polipropileno.

En la investigación realizada por [7], en la región de Erode, ciudad de la India; se centró en los resultados experimentales del concreto autocompactante (HAC) con residuos de mármol como sustituto parcial del árido fino y fibra reciclada de polipropileno como ingrediente adicional. Como resultado, se produjo un concreto con residuos de mármol utilizando tres sustituciones de 20%, 30% y 40% en el agregado fino natural. La resistencia a la flexión y a la tracción del HAC se incrementó añadiendo fibra de polipropileno en una proporción constante del 0,4%. A los 7 y 28 días después del curado, se examinó la resistencia total del concreto curado. También se evaluó la trabajabilidad del nuevo concreto. La mejor resistencia a la compresión la produjeron los residuos de mármol sustituidos hasta el 20% por el agregado fino, mientras que los residuos de mármol sustituidos hasta el 40% por el agregado fino presentaron un aspecto fresco satisfactorio. Los resultados de los ensayos de concreto sugirieron que los residuos de mármol pueden utilizarse en lugar de parte del árido fino.

En la investigación realizada por [8], en la Universidad del Sur de California, Estados Unidos, examinaron cómo mejorar las características mecánicas de las construcciones de concreto mediante la integración de SUM. Se dividió el material de los EPI entre cinco tipos de mezcla tras cortar primero el hilo interior del alambre de la nariz y las orejeras. En las pruebas, que se concentraron en UCS, STS, FS y PV, los EPI se añadieron en volumen al 0%, 1%, 1,5%, 2,0% y 2,5%. Estas pruebas pretendían identificar la consistencia general del concreto y evaluar la mejora de sus características mecánicas. Los resultados demostraron que la adición de EPI mejoró el rendimiento general y las características de resistencia de las muestras de concreto. A partir del 2%, el patrón de intensidad creciente comenzó a disminuir. Los resultados revelaron que, con un 2% de

PPE óptimo, la introducción de fibras de PPE aumentó la UCS en un 9,4%. Por otra parte, las fibras PPE son esenciales para determinar el STS y el FS del refuerzo del concreto.

En la investigación ejecutada por [9], realizó un artículo comparativo de las propiedades de durabilidad de los materiales compuestos de cemento de ingeniería con fibra de polipropileno y fibra de vidrio en la ciudad de Coimbatore – India, se investigó las características de durabilidad de los Composites Cementosos de Ingeniería (ECC) con diversas fibras como polipropileno y vidrio con el fin de desarrollar materiales compuestos con alta resistencia a la fisuración. Los ECC ofrecieron un gran potencial para las infraestructuras civiles duraderas debido a su alta capacidad de tensión y al ancho controlado de las microfisuras. En este estudio, se variaron las fracciones de volumen de fibra (0,5%, 1%, 1,5% y 2%) tanto de fibras de polipropileno como de vidrio, y medidas de durabilidad como un ensayo rápido de penetración de cloruro, sorptividad, absorción de agua, ataque de ácidos y ataque de sulfatos. El aumento del contenido de fibra de polipropileno hasta el 1,5% mejoró las propiedades de durabilidad y su resistencia frente a estos cloruros con un contenido de fibra de polipropileno del 2% arrojó menor permeabilidad, lo que se traduce en una mayor resistencia a la compresión y en incremento de propiedades de durabilidad.

En la investigación hecha por [10], realizó el estudio a cerca de la efectividad del tratamiento químico sobre fibras de polipropileno como refuerzo en concretos permeables en el estado de Dakota del Norte – Washington, el estudio indicó que el refuerzo de fibras de polipropileno incorporado en concretos permeables retrasó la generación de grietas y mejoró la resistencia de la matriz huésped. Debido a la suavidad de la superficie y la naturaleza química inerte de las fibras disponibles comercialmente, los investigadores han estudiado varias técnicas de tratamiento mecánico y químico para aumentar las propiedades de unión entre la fibra y el concreto. Este estudio analizó además el efecto del tratamiento químico en fibras cortas de polipropileno y sus usos en concreto permeable como refuerzo. El cambio en la superficie de la fibra debido al tratamiento se determinó mediante una prueba de humectabilidad de la fibra y microscopía de fuerza atómica. También se tabularon los cambios en la resistencia a la tracción de las fibras por los métodos de tratamiento. Se realizaron pruebas de extracción de una sola fibra para

estudiar el efecto del tipo de tratamiento en las propiedades de la interfaz de fibrocemento. Las fibras tratadas se colocaron luego en una matriz de concreto permeable para ensayos de resistencia a la compresión y flexión. Descubriendo que los tratamientos químicos mejoran la rugosidad de la superficie y las propiedades de la interfaz de la matriz de cemento, así como también mejoran la resistencia general del concreto permeable fortificado con fibras de polipropileno.

En la investigación realizada por [11], realizó la investigación sobre el impacto de la incorporación de fibras de polipropileno sobre la resistencia del concreto en el estado de Andhra Pradesh - India. En el cual; empleó agregado grueso con un peso específico de  $2.65 \text{ gr/cm}^3$ , una densidad de  $1480 \text{ kg/m}^3$ , además de agregado fino con un peso específico de  $2.50 \text{ gr/cm}^3$ , y una densidad de  $1645 \text{ kg/m}^3$ . El cemento presentó un peso específico de  $3.10 \text{ gr/cm}^3$ , donde se trabajó tiempos de fraguado de 50 y 170 minutos, respectivamente. Las fibras empleadas en los ensayos fueron monofilamentos de polipropileno con una longitud de 14,5 mm. Las medidas que se tomaron para su investigación establecieron, a una edad de 28 días; lograr una resistencia a la compresión de  $280 \text{ Kg/cm}^2$ , relación A/C de 0.55. Se ejecutaron ensayos con distintos porcentajes de adición de fibra de polipropileno, los cuales variaron de 0,5 %, 1 %, 1,5 % y 2,0 % comparado con ensayos patrón (sin incorporación). Cuyos resultados fueron, para incorporaciones por encima a 2,0 % de fibra arrojó una depreciación del slump, referente a la resistencia a compresión, en incorporaciones de 0,5 %, 1 % y 1,5 % de fibra de polipropileno, se incrementó la resistencia a la compresión a la edad de 28 días en 217.86, 248.67 y 269.94  $\text{Kg/cm}^2$ , respectivamente, sin embargo; para una incorporación del 2,0 % de fibra de polipropileno la resistencia a compresión disminuyó a 198.98  $\text{Kg/cm}^2$ . La resistencia a la tracción incrementó para incorporaciones de 0.5 %, 1 % y 1.5 % en 4.54, 4.78 y 4.95 MPa, respectivamente.

La investigación realizada por [12], investigó el efecto del tratamiento superficial de la fibra de polipropileno (PP) sobre la resistencia a la corrosión por sulfato del mortero de cemento en la Universidad de Arquitectura y Tecnología de Xi'an, Xi'an en China, afirmando que la fibra de polipropileno presenta varias ventajas, que incluyen rentabilidad, ductilidad, resistencia a la corrosión, buena estabilidad térmica (alto punto

de fusión) y alta estabilidad en el entorno alcalino del concreto. En consecuencia, la investigación indicó que se mejoró la adhesión interfacial entre la fibra de polipropileno tratada y la matriz de cemento, lo que a su vez condujo a mejorar la resistencia a la erosión por sulfato de la fibra de polipropileno tratada. Además, los coeficientes de resistencia a la corrosión y de la resistencia a la flexión del mortero de cemento con la fibra de polipropileno tratada fueron mayores que aquellos sin polipropileno. Cuando la proporción de mortero fue 1:1 y el contenido de fibra fue del 0,6%, la tasa de pérdida de masa y la pérdida de resistencia a la flexión de los especímenes eran las más bajas. Inclusive la fibra de polipropileno, tratada en la superficie se sumergió durante diferentes tiempos en una solución de sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ). La rugosidad de la superficie de la fibra de polipropileno tratada en la superficie aumentó y el diámetro de la fibra se hizo más grande; esto mejoró la adhesión de la interfaz entre la fibra de polipropileno tratada y la matriz de cemento, que es la principal razón para mejorar la resistencia a la erosión por sulfato del mortero de cemento.

En la investigación realizada por [13], se estudió el rendimiento del concreto incorporado con fibra de polipropileno seleccionando diferentes proporciones para obtener la variación de la resistencia al 0%, 0,5%, 1%, 1,5% y 2%, y observaciones a edades de los 7, 14 y 28 días en la ciudad de Amravati - India. En dicha investigación se determinó la reducción al sangrado y segregación de la mezcla de concreto, la resistencia a la compresión se incrementó con el aumento de la dosis de fibra de polipropileno hasta el 0,5% a edades a partir de los 7 días, en la prueba de resistencia a la tracción, se encontró que la resistencia a la tracción se mejoró significativamente sólo para el 0,5% de fibra de polipropileno a edades similares a la resistencia a compresión. En la resistencia a la flexión, la mejora en el comportamiento debido a la adición de fibras de polipropileno fue parecido a la de la resistencia axial de la tracción. Por lo tanto, el porcentaje adecuado de adición de fibra de polipropileno evaluado en la investigación fue del 0,5%, el cual incrementó de manera significativa la resistencia a flexión y tracción de dichos ensayos, mencionando además que la resistencia iba mejorando conforme se añadió más porcentaje de fibras de polipropileno, según los parámetros de experimentación establecido.

En la investigación que realizó [14], analizó la influencia de la incorporación de fibras, tanto de acero como de polipropileno, con incorporaciones de 2.5, 4.0, 6.5 y 8.5 kg/m<sup>3</sup>. Los límites para el diseño de concreto fue el revenimiento de 10 cm, incorporación de agregados fue de 50% para el agregado grueso y de 45% para el agregado fino, y una relación A/C de 0.5 para el concreto patrón (para la comparación experimental). En la investigación se dio a conocer las características en estado plástico del concreto incorporado con fibras de polipropileno donde, la trabajabilidad de este se incrementó de forma adecuada a la incorporación de macrofibras de polipropileno. En cuanto a la densidad no arrojó diferenciación al añadir las proporciones de dichas fibras, en cambio el porcentaje de aire atrapado experimentó una reducción al incorporar fibras de polipropileno. Frente a ensayos de agrietamiento; la más eficaz en la mitigación de fisuras por contracción plástica fue la macrofibra de polipropileno. Respecto a propiedades mecánicas del concreto, ofrecieron una mejora en la resistencia a la edad de 28 días, en comparación al concreto patrón. La resistencia a tracción se incrementó al añadir estas fibras; además la resistencia a tensión; también aumentó con la incorporación de las fibras. Para porcentajes de fibras de polipropileno de hasta 0.45% fue donde arrojó un mejor resultado de estas en la incorporación al concreto para dicho lugar de estudio.

### **Antecedentes Nacionales**

En la investigación hecha por [15], se analizó las propiedades del concreto aplicado en proyectos de pavimentos rígidos añadiendo fibras de polipropileno en el asentamiento humano de Villa María en la ciudad de Chimbote, donde se ejecutó ensayos, los cuales fueron evaluadas a edades de 7 y 28 días con porcentajes de (0 %, 75 %, 100 %, 115 % y 125 %), en ello; la desviación estándar promedio fue de 4,1 Kg/cm<sup>2</sup>; obteniendo valores al más bajo de 0,90 % y el mayor de 4,05 %. Con relación a la dispersión en datos entre el ensayo a flexión y patrón se tuvo como menor valor en porcentaje de 0,20 % y como mayor de 0,55 %, demostrando que los resultados obtenidos fueron confiables. La dosificación de A/C de 0,50 ofreció mejores resultados en la resistencia a la compresión con un porcentaje de 95 % de adición de fibras de polipropileno arrojando resultados de 332,24 Kg/cm<sup>2</sup> respecto a 328,03 Kg/cm<sup>2</sup> como ensayo patrón.

En la investigación realizada por [16], el módulo de ruptura se incrementó de 6.90% a 17.10%, dependiendo de la adición de fibra, esta característica mejoró con la incorporación de fibras de polipropileno en 0.55 kg/m<sup>3</sup>, 1.15 kg/m<sup>3</sup>, 1.75 kg/m<sup>3</sup>, y 2.35 kg/m<sup>3</sup>. Se determinó la resistencia a la flexión del concreto con una resistencia de 210 Kg/cm<sup>2</sup> con la incorporación de fibras de polipropileno de 19 mm en la ciudad de Puno, dando resultados esperados.

En la investigación realizada por [17], en la ciudad de Trujillo - La Libertad, donde se realizaron ensayos previos de los materiales, se realizó una investigación de las características físico-mecánicas del concreto tradicional empleando fibras de polipropileno para pavimentos rígidos. De acuerdo con los resultados, el agregado fino tuvo un módulo de finura de 2.81, un contenido de humedad de 1.20%, un peso unitario seco suelto de 1640 kg/m<sup>3</sup>, un peso unitario compactado de 1760 kg/m<sup>3</sup>, un peso específico de 2670 kg/m<sup>3</sup> y un grado de absorción de 1.20%. Para el árido grueso también se indica un contenido de humedad del 0,60%, un peso unitario seco suelto de 1430 kg/m<sup>3</sup>, un peso unitario compactado de 1560 kg/m<sup>3</sup>, un peso específico de 2730 kg/m<sup>3</sup> y un grado de absorción del 1,30%.

En la investigación realizada por [18], estudió el producto de la incorporación de fibras de polipropileno sobre las propiedades mecánicas del concreto en el distrito de Pimentel, mediante el diseño de mezclas convencionales de concreto con un  $f'c$  de 175, 210 y 280 Kg/cm<sup>2</sup>, los cuales fueron muestrarios de comparación con concretos incorporados de fibras de polipropileno con diferentes proporciones de peso (200, 300 y 400 gramos por m<sup>3</sup> de concreto). La incorporación más adecuada de fibra de polipropileno fue de 250 gr/m<sup>3</sup>, el cual logró reducir problemas de fisuración en hasta un 54,5 %. Esta incorporación de fibra disminuyó el slump en un 35%, el porcentaje de aire se redujo en un 30%. La resistencia a compresión se vio incrementada con la incorporación de fibras de polipropilenos, en un estimado de 4.5 % y 12.5 % a una edad experimental de 28 días. La incorporación de 350 gr/m<sup>3</sup> proporcionó una resistencia a la compresión a la edad de 28 días de 275.17, 195.27 y 298.78 kg/cm<sup>2</sup> en comparación a diseños patrones.

### **Antecedentes Locales**

En la investigación hecha por [19], tuvo como finalidad realizar una mezcla de concreto permeable aplicado en pavimentos urbanos en la ciudad de Cajamarca, adicionando fibra de polipropileno para diseño de resistencia de 280 kg/cm<sup>2</sup>. Se elaboraron en total 166 testigos de concreto con fines en pavimentos, afianzando la investigación a normas ACI 522 y ACI 211, incorporando fibras de polipropileno, arrojó a los 28 días resultados de resistencia de 25.20 MPa, para ensayos de compresión, 7.87 kg/cm<sup>2</sup> y a flexión de 5.77 MPa. La permeabilidad fue de 0.31 cm/seg, con un porcentaje de aire atrapado de 15.20%. Finalmente, se determinó que el diseño de mezcla ajustado a las normas empleadas, cumplieron los parámetros establecidos en el proyecto investigativo con una capacidad adecuada para ser ejecutado en pavimentos urbanos en la ciudad de Cajamarca.

### **Base Teórico – Científico**

#### **Polipropileno:**

El polipropileno (PP), según [20], a partir de su lanzamiento comercial en 1957 por la firma Montecatini, no ha dejado de crecer en número de aplicaciones y consumo, representa el 90% de la producción de materiales plásticos, su implementación en la tecnología es gracias a su versatilidad y variedad de tipologías, ya que se trata del polímero termoplástico comercial con menor densidad (0,9 g/cm<sup>3</sup>), siendo 5% más liviano que el polietileno de alta densidad (HDPE), 14% más ligero que el poliestireno (PS), y 50% más que el politereftalato de etileno (PET); obtenido por la polimerización de propileno.

#### **Clasificación:**

El polipropileno [20], se clasifica en tres grupos:

- ✓ **Polipropileno Atáctico (aPP):** Este polímero presenta una superficie amorfa, y una contextura pegajosa y blanda, donde su campo de aplicación se emplea en modificación y ejecución de asfalto, impermeabilizadores, elementos adhesivos, entre otros.
- ✓ **Polipropileno Isotáctico (iPP):** Este polímero presentan una alta cristalinidad (70% – 80%), poseen una alta resistencia mecánica y alta tenacidad, resiliencia,

rigidez y resistencia al impacto, se usa para la producción de rafia, papel de embalaje, celofán, y otros presentados en piezas de juguetes.

- ✓ **Polipropileno Sindiotáctico (sPP):** Este polímero en cambio tiene una baja cristalinidad, no presentan una buena rigidez, pero si una resistencia al impacto comparada con el isotáctico y además una mayor transparencia.

### Características y Propiedades:

El polipropileno presenta características y propiedades físicas y químicas como bien menciona [21], se presenta como un elemento sin olor, con estructuras diversas y variedad de apariencias físicas, su punto de ebullición se da a 320° F (160° C), su densidad es de 0,9 g/cm<sup>3</sup>, siendo la más baja en comparación con los demás polímeros comerciales, a pesar de tener una baja densidad; es el material más rígido en la mayoría de termoplásticos, con una carga de 25,5 Kg/cm<sup>2</sup>, tiene una resistencia a temperaturas de hasta 70° C, posee la capacidad de recuperación elástica, es decir; puede recuperar sus dimensiones originales luego de haber sido expuesto a esfuerzos. Además, se afirma que posee naturaleza apolar; con una gran resistencia a agentes químicos que dificulta su interacción con ellos, presenta un bajo coeficiente de absorción de humedad de aproximadamente 0,02 Kg/m<sup>2</sup>. h<sup>0.5</sup>, este material no es soluble en agua y presenta una buena resistencia a disolventes orgánicos como cloroformo, acetona y tetrahidrofurano.

En [22], realiza una comparación de las características de cada tipo de fibra, desde un punto de vista de la resistencia a tracción y flexión, además del módulo de elasticidad.

Tabla 1: Características de las fibras. Fuente [22]

Tipo de fibra	Resistencia a tracción (MPa)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Módulo de elasticidad (GPa)	Alargamiento de rotura (%)
Acero	500-3000	7800	210	3,5
Acero inoxidable	2100	7860	160	3,0
Vidrio	2000	2700	60	3,6
Carbono	3000	1900	200-500	0,5
Nilón	900	1100	4	13,0-15,0
Polipropileno	400-800	900	5-25	8,0-20,0
Poliéster	700-900	1400	8,2	11,0-13,0
Hormigón	5-8	2300	30	3,5

### Usos en la Ingeniería:

El material de polipropileno presenta muchas utilidades en distintos ámbitos de la ingeniería civil, como lo indica [23], de los cuales podemos presentar a continuación:

- ✓ **Pisos y Pavimentos:** Tanto microfibras como macrofibras de polipropileno son usados para resistir esfuerzos secundarios en pavimentos y pisos, previniendo fisuramientos a largas edades para estados ya endurecidos; mejorando la tenacidad de este, aun cuando se esté dando la falla, este hecho hace mejorar la vida útil de esta estructura.
- ✓ **Prefabricados:** Las diligencias de estas fibras de polipropileno en vigas, trabes, prelosas y otros aligerados de densidades bajas, se han ejecutado gracias a la propiedad de aumentar su capacidad de deformación, es decir, que este material polímero permite que estas estructuras prefabricadas sean mucho más dúctiles frente a esfuerzos; antes de que se produzca una falla.
- ✓ **Concreto Lanzado:** Las macrofibras de polipropileno son empleadas en concretos lanzados ya que estas podrían sustituir la malla electrosoldada, ahorrando el tiempo que representa ejecutar la fijación y colocación de esta malla, estableciendo así; una diferencia en costos por metros cuadrados que demanda este material en ser colocado.

### Reciclaje en el Perú:

Según [24], nos recuerda que, en nuestro país; se genera aproximadamente 21 mil toneladas de residuos municipales al día (entre materiales orgánicos e inorgánicos), producida por 30 millones de habitantes, dando una referencia de 0,80 kilogramos de producción de residuos por cada ciudadano por cada día. Por lo que la directora de Gestión de Residuos Sólidos del MINAM; Sonia Beatriz Aranibar Tapia, recomienda poner en práctica el reciclaje, a través de la economía circular, incentivando a la ciudadanía en general a contribuir con el desarrollo sostenible; comprometiéndonos a reflexionar sobre la reutilización de materiales plásticos y a resaltar su uso en distintos fines, mitigando así la contaminación ambiental.

## **Estabilización de Taludes:**

### **Definición de un Talud**

Según [1], el talud se define como cualquier área inclinada en relación con la horizontal que tienen que adoptar permanentemente las estructuras terrestres. No cabe duda, que al hablar de taludes es necesario el estudio de mecánica de suelos y mecánica de rocas, más aún cuando se buscan alternativas de solución que permitan mitigar los efectos negativos de las fallas y movimientos que se puedan presentar producto de su propia naturaleza.

### **Estabilidad**

Para [1], la estabilidad se define como la seguridad que presenta las estructuras terrestres contra cualquier falla o movimiento que repercute de manera negativa en lo que se pretende proteger. Se debe conceptualizar los criterios de seguridad de los taludes, lo cual significa poder presagiar cuál va a ser la pendiente idónea en un corte o terraplén en un determinado momento; casi invariablemente, la más correcta va a ser la más pronunciada que dure la época primordial sin desplomarse.

### **Fallas en Taludes**

Las fallas que ocurren en taludes se muestran por medio de deslizamientos, los cuales según [1], son desplazamientos del suelo producidos por socavaciones en el pie de la estructura terrestre, o bien; por la dispersión progresiva de la estructura del suelo y el incremento de presiones intersticiales del mismo. Los tipos de falla en taludes son:

- ✓ **Deslizamientos Superficiales:** Son aquellos donde el movimiento de las masas de terreno no ocurre con un cambio violento, pero involucra áreas considerables y es más propenso al movimiento en la superficie. Dicho movimiento escapa de la vista humana ya que desliza la masa terrestre en longitudes pequeñas al año (centímetros).
- ✓ **Movimiento del Cuerpo de Talud:** Son aquellos donde su movimiento se manifiesta de manera violenta, ahora con masas considerables y profundas gracias a esfuerzos cortantes mayores, son comunes en suelos arenosos y sus fallas son debido a presiones altas localizadas en el estrato.
- ✓ **Flujos:** Son aquellos cuyos movimientos son rápidos y con desplazamientos semejante a material viscoso, es frecuente en suelos arcillosos y granulares

finos, donde se puede observar la licuefacción del suelo, a través de avalanchas con consecuencias catastróficas. Generalmente esta falla se da de manera rotacional, ya que puede presentarse tanto en la superficie como en el pie del cuerpo del talud.

### **Material para Estabilización de Taludes**

Los materiales utilizados para una estabilización de un determinado talud son los siguientes:

#### ✓ **Concreto Lanzado:**

Es aquel concreto proyectado a altas velocidades sobre una determinada superficie, según [25], se ha establecido dos diferentes procesos de aplicación de concreto lanzado o proyectado; entre ellas tenemos:

- **Concreto Lanzado por Vía Seca:** Este concreto está conformado por cemento, agregado fino, agregado grueso, y en algunos casos aditivo; proyectada neumáticamente sobre una determinada superficie a altas velocidades, y se le agrega agua en la boquilla antes de ser incorporada en dicha superficie.
- **Concreto Lanzado por Vía Húmeda:** Este concreto podría ser reforzado con fibras o tal vez no, presenta la misma composición que el concreto por vía seca, sin embargo, la mezcla es dosificada preliminarmente a la conducción y aplicación a la superficie; a través de máquinas impulsadoras.

#### ✓ **Mallas Electrosoldadas:**

Según [26], son un conjunto de alambres de acero extruido de frío, los cuales son ubicados longitudinal y transversalmente con ángulos rectos y soldados entre sí en todos los puntos de intersección con un espaciamiento mínimo de 4" en cada dirección, además presenta un área de sección transversal de 0,05 pulg<sup>2</sup>. Las especificaciones ASTM A-185 y ASTM A-497, tratan a mallas electrosoldadas de alambros liso y de alambros corrugado respectivamente, los esfuerzos de fluencia especifican una deformación unitaria máxima de 0,005. Es importante saber que el código ACI, exige un esfuerzo de fluencia de 60 Klb/pulg<sup>2</sup>, a excepción del empleo correspondiente a una deformación unitaria de 0,0035.

✓ **Platinas y tuercas como anclaje:**

Para [26], son perfiles que actúan como anclaje, con secciones rectangulares y superficies lisas, con grosores y dimensiones ya establecidas, cuya resistencia requerida para esfuerzos transmitidos son determinadas según sea su empleo. Su función en la estabilización de un talud; es la de mantener posicionado adecuadamente los anclajes y así recibir de manera distribuida las cargas que soporte la pantalla de concreto proyectado. Esta lechada debe, después de 28 días de curado, tener una resistencia a la compresión no confinada de al menos 3500 lbs/pulg<sup>2</sup>.

**Definición de Términos Básicos**

➤ Microfibras de Polipropileno:

Según [23], están destinadas a evitar el agrietamiento y fisuramiento del concreto por retracción plástica; en un estado fresco, su dosificación en el concreto es para volúmenes entre 0.03% a 0.15% del mismo. Estas fibras de polipropileno fluctúan entre 0,022 mm y 0,045 mm de diámetro, entre ellas tenemos monofilamentos y fibriladas. En la Tabla 1; ofrece conclusiones basadas en una investigación que evaluó diversos porcentajes de microfibra de polipropileno frente al concreto normal y al mismo concreto reforzado con malla electrosoldada (150 x 150, 3,4 mm de diámetro). Este estudio, realizado en losas de 5 cm de espesor en circunstancias de aire cuidadosamente reguladas, permite calcular la gran eficacia de las microfibras para evitar las fisuras en 24 horas. El concreto convencional presentaba 166 grietas, pero el mismo concreto tratado con sólo 900 g/m<sup>3</sup> de microfibras "A" tenía sólo 9, y el tratado con microfibras "B" sólo 2, junto con regiones de grietas menores.

Tipo de Especimen	Área total de agrietamiento	Ancho de fisura promedio	Número total de fisuras	% total de área de agrietamiento con respecto al espécimen de referencia
Patrón	994	0.10	166	100
Malla	824	0.11	102	83
Microfibra A (0,45 k/gm <sup>3</sup> )	108	0.09	21	11
Microfibra A (0,9 k/gm <sup>3</sup> )	34	0.09	9	3
Microfibra B (0,60 k/gm <sup>3</sup> )	59	0.08	20	6
Microfibra B (0,9/ k/gm <sup>3</sup> )	4	0.08	2	0

Tabla 2: Valores de fisuración en estado fresco para un mismo concreto sin reforzar y con diferentes porcentajes de reforzamiento. (Fisuración Plástica).

➤ Macrofibras de Polipropileno:

Estas fibras, según [23]; se encargan de reducir la fisuración del concreto en un estado endurecido, además de disminuir el tamaño de la fisura si ésta se presentase conllevando a un adecuado trabajo de la estructura fisurada. Se añaden en concentraciones que van del 0,2% al 0,8% del volumen del concreto. Su diámetro oscila entre 0,05 y 2,00 milímetros. Su relación (L/d) oscila entre 20 y 100. Se añaden al concreto para hacerlo más duradero (tenacidad), es decir, para que las construcciones puedan soportar cargas y presiones incluso después de las grietas de la matriz. La dureza es la capacidad de una sustancia para soportar cargas antes de fallar.

➤ Resistencia a Compresión:

Según [27], es la principal propiedad mecánica del shotcrete; la cual se le atribuye como la solidez de un material a una fuerza de aplastamiento aplicada de manera axial, es uno de los indicadores de calidad del concreto. Esta propiedad del concreto; es afectada por factores tales como: la temperatura, adición de aditivos, proyección y compactación, curado, entre otros. Es importante saber que los testigos elaborados in situ; son la medida más apropiada para esta propiedad mecánica.

➤ Resistencia Temprana:

Según [27], el concreto lanzado empleado como soporte de rocas y suelos, debe alcanzar una resistencia mínima a edades tempranas, esta es la requerida

a edades menores a las especificados en concretos convencionales, la cual es a menos de un día. Su comprobación se da a través de ensayos como el penetrómetro, el cual es un método indirecto que indica valores reales de resistencia a compresión del concreto lanzado a edades tempranas.

➤ Tenacidad:

Según [27], es la capacidad de carga residual o de absorción de energía, analizada desde el inicio de la carga y la deflexión determinada en ensayos de paneles, el cual se determina como el área bajo la curva carga/deflexión, para una probeta y medida en unidades de Joules (KNmm).

➤ Resistencia a Flexión:

Según [27], para la estabilización de taludes, es la resistencia del concreto lanzado sometido a momentos flectores, se conoce como módulo de rotura; y se le atribuye a la tracción de una viga de ensayo sometida a cargas puntuales a través de distribuciones elásticas de tensión en toda la sección transversal de dicho elemento. Su magnitud varía entre 7% - 15% de la resistencia a compresión del shotcrete.

➤ Cohesión:

Según [27], se mide a través de asentamientos de pruebas de cono de Abrams, donde el concreto lanzado desciende en un estado plástico, luego de ser llenado, compactado y levantado verticalmente (ASTM C143), tiene mucha relación con la trabajabilidad, y sus asentamientos adecuados oscilan entre 60 mm -100 mm para asentamientos bajos (sin aceleradores de fragua) y para asentamientos altos de 180 mm – 200 mm (con aceleradores de fragua). Esta propiedad depende de la temperatura, la granulometría de los áridos (porcentaje de finos presentes), el tiempo transcurrido desde el mezclado, y en algunos casos la adición de algún aditivo.

➤ Derrumbes:

Para [28], los derrumbes son los deslizamientos de rocas, suelo y materiales orgánicos bajo efectos de la gravedad, teniendo en cuenta la estructura y forma del terreno que resulta bajo ese movimiento. Esto puede ocurrir en la superficie

de ruptura, curva (Deslizamiento por Rotación) o plana (Deslizamiento por Traslación); donde el material se desplaza como una masa cohesionada con deformaciones internas bajas, y se puede dar a través de desprendimiento de rocas, derribos de la masa de suelo, derrumbes rotacionales, deslizamientos de traslación, extensiones laterales, corrientes de escombros, avalanchas de escombros, corrientes de escombros volcánico, corrientes de tierra, arrastres de tierra lenta, corrientes en el permafrost; todas ellas provocadas ya sea naturalmente o por actividades humanas.

➤ Interacción de Suelo y Fibras:

Un punto importante es determinar la interacción del suelo y las fibras de polipropileno, buscando mejorar la resistencia a la tensión.

En ese sentido, [29] en su investigación sobre la relación fibras y suelos; se llevaron a cabo experimentos de compresión triaxial y ensayos de extracción bajo diversas presiones de confinamiento y con distintos contenidos de fibra para investigar a fondo el impacto de las fibras del suelo. Entre ellos se encuentran la concentración de fibras, el efecto de adhesión, las conexiones longitud-díametro, la disposición de las fibras y el mecanismo de agrietamiento. Basándose en sus conclusiones, enumeran los factores que consideran más importantes a la hora de analizar los procesos de trabajo de los suelos reforzados con fibras.

## **Hipótesis y Variables**

### **Formulación de Hipótesis**

La adición de microfibras y macrofibras de polipropileno reciclado mejora la propiedad mecánica de resistencia del shotcrete en la estabilización de taludes en el tramo de la carretera Cutervo – Cochabamba, en la Ciudad de Cutervo – Cajamarca.

### **Tipo y Nivel de Investigación**

#### **De acuerdo con el fin que se persigue:**

En el trabajo de investigación utilizamos microfibras y macrofibras de polipropileno reciclado en un esfuerzo por abordar los problemas medioambientales contribuyendo a una justificación medioambiental y metodológica. Esta investigación es aplicada porque crea nuevos conocimientos que son rentables para abordar una realidad desafiante.

#### **De acuerdo con los datos analizados:**

Se trata de un estudio cuantitativo, ya que la cuestión planteada puede resolverse mediante la recopilación y el análisis de los datos de las pruebas pertinentes que se crearán a lo largo del estudio, lo que permitirá confirmar o rechazar la hipótesis planteada.

### **Diseño de Investigación**

En este estudio se utilizará un diseño experimental para respaldar la hipótesis. Para aplicar el estudio indicado, se llevarán a cabo una serie de pruebas, como el análisis de los áridos y de las muestras de suelo del talud, los ensayos de rotura del concreto, que miden la resistencia del concreto proyectado utilizado en la estabilización de taludes. A partir de los resultados de la comparación de las mezclas, será posible confirmar o refutar la hipótesis planteada.

## Variables – Operacionalización

	<b>VARIABLE</b>	<b>DIMENSIÓN</b>	<b>INDICADORES</b>
<b>INDEPENDIENTE</b>	<b>POLIPROPILENO</b>	PROPIEDADES DEL POLIPROPILENO	Longitud
			Diámetro
			Peso Específico
			Tracción
<b>DEPENDIENTE</b>	<b>SHOTCRETE PARA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES</b>	PROPIEDAD MECÁNICA DE RESISTENCIA DEL SHOTCRETE	Resistencia a la Compresión
			Resistencia a la Tracción
			Resistencia a la Flexión
		CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SHOTCRETE	Densidad de Shotcrete
			Segregación de Shotcrete
			Peso Unitario
	Temperatura y Asentamiento de Shotcrete		
	<b>MUESTRA DE SUELO DE TALUD</b>	FACTOR DE SEGURIDAD	Análisis de Muestra a través de Ensayos normalizados
			Software GEO5, análisis por método Bishop

Tabla 3: Variables de Estudio

## **Materiales y métodos**

### **Tipo de Estudio y Diseño de Contrastación de Hipótesis**

Este proyecto de investigación tuvo un diseño de tipo experimental, ya que se manipuló la variable independiente mediante ensayos de laboratorio, con la finalidad de evaluar el comportamiento del shotcrete incorporándole fibras de polipropileno en diferentes porcentajes para la aplicación en estabilización de taludes en la Ciudad de Cutervo – Cajamarca.

### **Población, Muestra de Estudio y Muestreo**

#### **Unidad de Estudio:**

La unidad de estudio fue la probeta de shotcrete con la incorporación de fibras de polipropileno en diferentes porcentajes, aplicado en estabilización de taludes.

#### **Población:**

La población estuvo conformada por los 30 Km + 400 de carretera entre las ciudades de Cutervo – Cochabamba.

#### **Muestra:**

Para la presente investigación la muestra fue el tramo 16 Km + 780, de la carretera Cutervo – Cochabamba. En esta muestra se evidenció constantes derrumbes y deslizamientos, lo cual conllevó a concluir que es una zona representativa para el presente estudio.

Esto se realizó a partir de numerosos casos de interrupciones y restricciones en este tramo debido a derrumbes en dicho trayecto de carretera, tal es el caso como evidencia el Centro de Operaciones de Emergencia Regional (COER), el cual informó que, debido a los continuos deslizamientos, numerosos puntos de circulación en la zona de Cajamarca se han visto limitados como consecuencia de las lluvias, entre ellas, el tramo ya mencionado [30].

### Muestreo:

El procedimiento de muestreo usado fue el probabilístico aleatorio simple. Para efectos de la presente investigación se realizó ensayos de 144 probetas de shotcrete las cuales poseían la misma probabilidad de ser seleccionada. Cabe recalcar que esta cantidad de probetas se encuentran sustentado bajo lo mencionado por la norma NTP 339.183, donde indica que se deberán moldear tres o más especímenes de concreto para las edades y condiciones de prueba propuestas, el cual equivale a un ensayo del concreto.

Para la presente investigación se trabajó con microfibras de polipropileno reciclado, cuya dosificación en el concreto fue de 0,15% de este. Este porcentaje elegido, se ha tomado como referencia de investigaciones realizadas, tales como [23], en el que manifiesta que el porcentaje de este tipo de fibra fluctúa entre 0,03% a 0,15%.

En el caso de las macrofibras de polipropileno reciclado, se experimentó con porcentajes de dosificación en el concreto de 0,5%, 1,0% y 1,5%. Estos porcentajes elegidos han sido tomadas como referencia de investigaciones realizadas, tal es el caso de [23], en el que manifiesta que las dosificaciones de este tipo de fibras fluctúan entre 0,2% al 0,8%. Sin embargo, existen investigaciones tales como, la realizada por [31], en el que da a conocer dosificaciones que oscilan entre 0,5% y 3,5%. Esta situación ha motivado que en la presente investigación se utilicen porcentajes que fluctúen entre 0,5% al 1,5%.

<b>ESPECÍMENES DE ENSAYO PARA RESISTENCIA A COMPRESIÓN</b>				
<b>EDAD</b>	<b>PORCENTAJE EXPERIMENTAL</b>			
	<b>Muestrario</b>	<b>Muestrario con Porcentajes de Polipropileno</b>		
	<b>0 %</b>	<b>0,5% (Macro) 0,15% (Micro)</b>	<b>1,0 % (Macro) 0,15% (Micro)</b>	<b>1,5% (Macro) 0,15% (Micro)</b>
<b>3 días</b>	3 probetas	3 probetas	3 probetas	3 probetas
<b>7 días</b>	3 probetas	3 probetas	3 probetas	3 probetas
<b>21 días</b>	3 probetas	3 probetas	3 probetas	3 probetas
<b>28 días</b>	3 probetas	3 probetas	3 probetas	3 probetas
<b>Probetas</b>	<b>12 probetas</b>	<b>12 probetas</b>	<b>12 probetas</b>	<b>12 probetas</b>
<b>Total, de Probetas</b>	<b>48 probetas</b>			

Tabla 4: Muestras de Ensayo para Resistencia a Compresión

<b>ESPECÍMENES DE ENSAYO PARA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN</b>				
<b>EDAD</b>	<b>PORCENTAJE EXPERIMENTAL</b>			
	<b>Muestrario</b>	<b>Muestrario con Porcentajes de Polipropileno</b>		
	<b>0 %</b>	<b>0,5% (Macro) 0,15% (Micro)</b>	<b>1,0 % (Macro) 0,15% (Micro)</b>	<b>1,5% (Macro) 0,15% (Micro)</b>
<b>3 días</b>	3 probetas	3 probetas	3 probetas	3 probetas
<b>7 días</b>	3 probetas	3 probetas	3 probetas	3 probetas
<b>21 días</b>	3 probetas	3 probetas	3 probetas	3 probetas
<b>28 días</b>	3 probetas	3 probetas	3 probetas	3 probetas
<b>Probetas</b>	<b>12 probetas</b>	<b>12 probetas</b>	<b>12 probetas</b>	<b>12 probetas</b>
<b>Total, de Probetas</b>	<b>48 probetas</b>			

Tabla 5: Muestras de Ensayo para Resistencia a Tracción

<b>ESPECÍMENES DE ENSAYO PARA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN</b>				
<b>EDAD</b>	<b>PORCENTAJE EXPERIMENTAL</b>			
	<b>Muestrario</b>	<b>Muestrario con Porcentajes de Polipropileno</b>		
	<b>0 %</b>	<b>0,5% (Macro) 0,15% (Micro)</b>	<b>1,0 % (Macro) 0,15% (Micro)</b>	<b>1,5% (Macro) 0,15% (Micro)</b>
<b>3 días</b>	3 probetas	3 probetas	3 probetas	3 probetas
<b>7 días</b>	3 probetas	3 probetas	3 probetas	3 probetas
<b>21 días</b>	3 probetas	3 probetas	3 probetas	3 probetas
<b>28 días</b>	3 probetas	3 probetas	3 probetas	3 probetas
<b>Probetas</b>	<b>12 probetas</b>	<b>12 probetas</b>	<b>12 probetas</b>	<b>12 probetas</b>
<b>Total, de Probetas</b>	<b>48 probetas</b>			

Tabla 6: Muestras de Ensayo para Resistencia a Flexión

<b>ESPECÍMENES DE ENSAYO DE CORTE DIRECTO A MUESTRA DE SUELO DE TALUD</b>		
<b>Suelo</b>	<b>CANTIDAD POR CADA PROBETA DE ENSAYO</b>	
	<b>Muestra de Suelo de Talud (gr)</b>	<b>Muestrario con Porcentajes de Polipropileno</b>
	<b>Cantidad</b>	<b>0 % (Macro) 0 % (Micro)</b>
<b>En Estado Natural</b>	3000 gr	3 probetas
<b>Total</b>	<b>3000 gr</b>	<b>3 probetas</b>
<b>Total, de Probetas</b>	<b>3 probetas</b>	

*Tabla 7: Muestras de ensayo de Corte Directo a Muestra de Suelo de Talud.*

### **Métodos, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

#### **Técnica:**

#### **Investigación:**

A través de la recolección de información obtenido, tales como resultados de ensayos, se pudo ejecutar y realizar nuestro tema de investigación.

#### **Experimental:**

Hemos podido confirmar o rechazar nuestra hipótesis ajustando las variables de investigación para las distintas pruebas, al realizar la manipulación de estas mediante los distintos ensayos planteados.

#### **Fuentes:**

- ❖ American Concrete Institute (ACI).
- ❖ Ministerio de Transportes y Comunicaciones – MTC (Manual de Ensayos de Materiales).
- ❖ American Society for Testing and Materials (ASTM).
- ❖ NORMA CE.020 (Estabilización de Taludes).
- ❖ Norma Técnica Peruana (NTP).

### **Instrumentos de Recolección de Datos:**

Softwares de sistematización, tales como:

- ❖ Microsoft Office Word.
- ❖ Microsoft Office Excel.
- ❖ GEO5 y Google Earth Pro.
- ❖ Estación Total marca LEICA, prisma, GPS, cámara fotográfica digital, otros.

### **Ensayo de Agregado Fino y Grueso:**

#### **Ensayo de Granulometría por Tamizado de Agregado Fino y Grueso:**

##### **DEFINICIÓN:**

El diámetro de los granos o unidades de agregados (finos y gruesos) que no se pueden dividir se encuentra mediante el análisis granulométrico. La importancia o relevancia de esta prueba es que la granulometría de cada agregado indicará si es aceptable o no para las obras de ingeniería para las que está diseñado, lo que le permitirá desempeñar un papel más eficiente en función de su propósito único.

##### **MATERIALES:**

En este ensayo, se empleó, una balanza, cucharón, horno e inclusive; se presentó y utilizó las siguientes series de tamices en su respectivo orden:

- ❖ Agregado grueso:

Fondo, Tamiz #16, #8, #4, #3/8", #1/2", #3/4" y #1".

- ❖ Agregado Fino:

Fondo, Tamiz #100, #50, #30, #16, #8, #4 y #3/8".

### **Ensayo de Contenido de Humedad de Agregado fino y Grueso:**

#### **DEFINICIÓN:**

El contenido de agua de una mezcla, como es bien sabido, determina la resistencia y otras cualidades del concreto. Como resultado, es vital regular el contenido de agua. Sin embargo, un árido parcialmente seco resta agua, mientras que un árido superficialmente húmedo da lugar a un exceso de agua en el concreto. Las partículas saturadas y aparentemente secas no pueden absorber ni liberar agua durante el proceso de mezclado. En estos casos, es necesario revisar el contenido de agua para que sea adecuado para el próximo diseño. Esto puede hacerse aumentando o disminuyendo la dosis de agua especificada en un determinado porcentaje. Dentro de los materiales empleados fueron: Balanza, cucharón, horno de secado y recipientes pequeños.

### **Ensayo de Contenido de Humedad Superficial de Agregado Fino:**

#### **DEFINICIÓN:**

El método debe usarse para cuartear la muestra de agregado fino que está seca o en un estado saturado de superficie seca. Las muestras de campo que están libres de humedad en la superficie se pueden dividir en cuartos de acuerdo de cuarteo o tratarse como una muestra pequeña (pilas cónicas).

#### **MATERIALES:**

✓ Molde y pisón:

Para evaluar la humedad de la superficie (estado seco de la superficie saturada). Molde de metal truncado con las siguientes medidas, los diámetros interiores en la parte superior e inferior son de 40 mm y 90 mm, respectivamente, mientras que la altura es de 75 mm. El metal debe tener un grosor mínimo de 0,8 mm. El pisón debe pesar 340 g y tener una superficie circular de 25 mm de diámetro en la cara del pisón.

## Ensayo de Límite de Consistencia de Agregado Fino:

### DEFINICIÓN:

Los agregados finos que contienen grandes cantidades de materia orgánica se secan en el horno antes de las pruebas. Normalmente se utiliza el límite líquido del árido fino, con cualidades adicionales como la contracción-expansión, compactibilidad, permeabilidad, compresibilidad y otras correlacionadas con su comportamiento técnico. Como índice cualitativo del contenido de materia orgánica del agregado fino, se puede comparar el límite líquido de una muestra antes y después del secado al horno [32]. Se utilizó materiales tales como: recipientes, aparato de Casagrande, acanalador, balanza, espátula, estufa para secado de material.

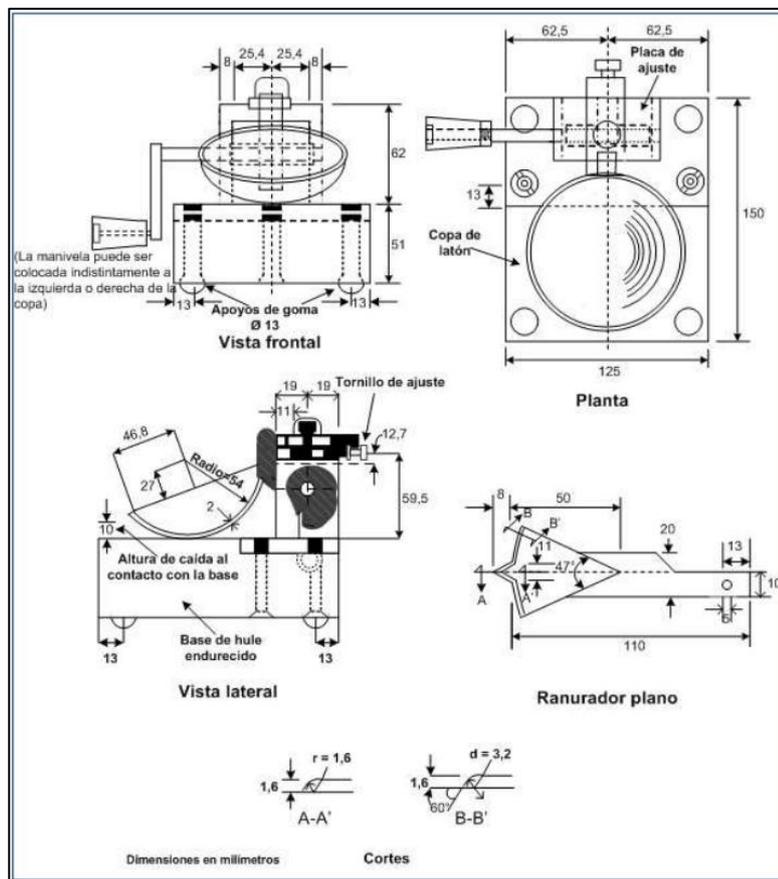


Ilustración 1: Aparato Manual para Límite Líquido. Fuente [32]

## Ensayo de Equivalente de Arena de Agregado Fino:

### DEFINICIÓN:

Permite medir las proporciones de arcilla o finos plásticos con respecto a los granulares del suelo en los agregados finos que normalmente pasan por el filtro de 4,75 mm (N° 4).

Se cree que la mayoría de los suelos granulares y los agregados finos son mezclas de arena ventajosa y partículas gruesas, así como arcillas normalmente desfavorables, finos plásticos y polvo. Dentro de los materiales empleados tenemos: Una balanza, medidor de agua, tamiz N° 4 de 4.75 mm, papel filtro, cloruro de calcio, agua destilada, horno y probeta cilíndrica con tapón de hule y sifón [33]:

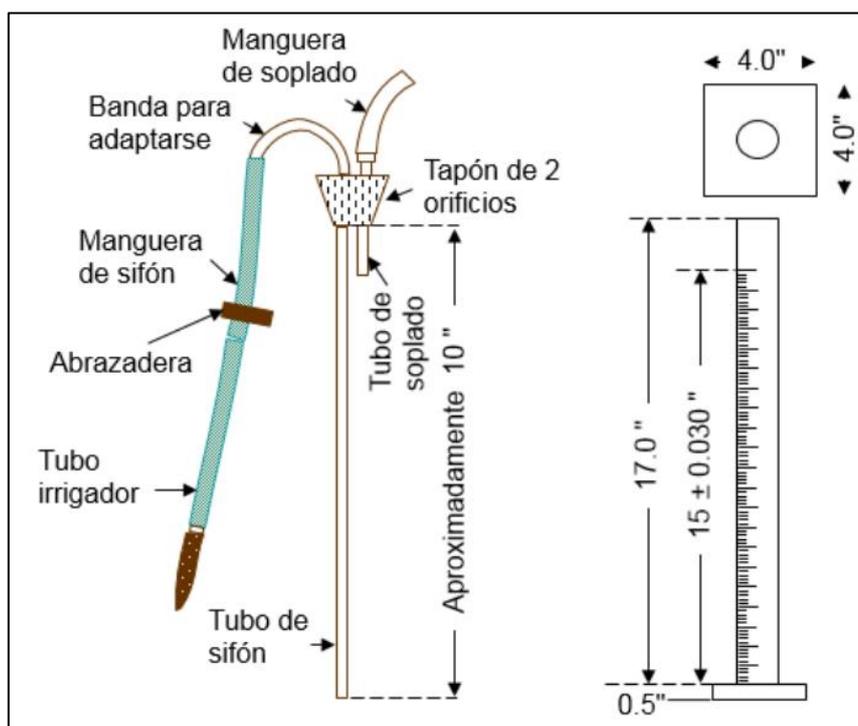


Ilustración 2: Probeta cilíndrica transparente graduada con tapón de hule, tubo irrigador, pisón lastrado, y sifón.

Fuente: [33]

### **Ensayo de Material Fino que Pasa por el Tamiz N° 200:**

#### **DEFINICIÓN:**

Esta prueba ayuda a determinar la cantidad de partículas finas de un árido que pasarán por un tamiz N° 200 después de ser lavadas en agua. La prueba consiste en lavar la superficie del árido para eliminar las partículas que atraviesan el tamiz N° 200, incluidas las arcillas, los áridos muy finos y los compuestos solubles en agua.

Por lo tanto, este ensayo se aplica a la muestra antes del tamizado en seco, en línea con el ensayo MTC E204, cuando se buscan mediciones precisas de material más fino que el tamiz N° 200 en un agregado grueso o fino. La cantidad total de material más fino que el tamiz N° 200, además de la obtenida por tamizado en seco en la misma muestra, se proporciona con los resultados del ensayo MTC E 204, y los resultados de este ensayo se tienen en cuenta en el cálculo del ensayo MTC E204. La cantidad adicional de material recuperado mediante el proceso de tamizado en seco que es más fina que 75 µm suele ser una cantidad insignificante. Si es excesivamente grande, hay que examinar la eficacia del proceso de lavado.

### **Ensayo de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables de Agregado Fino:**

#### **DEFINICIÓN:**

Este ensayo permite desarrollar un proceso para estimar la proporción de terrones de arcilla y partículas desmenuzables en los áridos utilizados en la fabricación de concreto y morteros.

Con referencia a los requisitos de la NTP 400.015 (Procedimiento de prueba estándar para grumos de arcilla y partículas desmenuzables en los agregados), esta norma se utiliza para evaluar la aceptabilidad de los agregados finos en términos del contenido de grumos de arcilla y partículas desmenuzables. Dentro de los materiales empleados para su procedimiento, son: Balanza, recipientes pequeños, tamices que deben cumplir con la NTP 350.001, estufa.

## Ensayo de Peso Unitario y Vacíos de los Agregados Fino y Grueso:

### DEFINICIÓN:

El ensayo evalúa la cantidad de huecos en los áridos finos, los áridos gruesos o una mezcla de ambos, así como el peso unitario suelto y/o compactado.

El proceso se utiliza para áridos con un tamaño máximo nominal de 6". Siempre se utiliza para determinar el valor del peso unitario para el ACI en este caso y otros procedimientos de diseño de mezclas de concreto.

Los materiales que intervienen son: cilíndrico de molde, balanza, recipientes pequeños, varilla compactadora de acero, y un cucharón para el vaciado.

*Tabla 8: Capacidad de Recipientes de Medida. Fuente [32]*

Tamaño Máximo Nominal del Agregado		Capacidad de recipiente de medida <sup>D</sup>	
Mm	pulgadas	L( m <sup>3</sup> )	Pie <sup>3</sup>
12,5	½	2,8 (0,0028)	1/10
25,0	1	9,3 (0,0093)	1/3
37,5	1 ½	14,0 (0,014)	½
75,0	3	28,0 (0,028)	1
112,0	4 ½	70,0 (0,070)	2 ½
150,0	6	100,0 (0,100)	3 ½

*Tabla 9: Requisitos para los Recipientes de Medida. Fuente [32]*

Espesor del metal, mínimo			
Capacidad de recipiente de medida	Fondo	Sobre 1 ½ pulg ó 38 mm de pared AE	Espesor Adicional
Menos de 0,4 pie <sup>3</sup>	0,20 pulg	0,10 pulg	0,10 pulg
De 0,4 pie <sup>3</sup> a 1,5 pie <sup>3</sup> , incluido	0,20 pulg	0,20 pulg	0,12 pulg
Sobre 1,5 a 2,8 pie <sup>3</sup> , incluido	0,40 pulg	0,25 pulg	0,15 pulg
Sobre 2,8 a 4,0 pie <sup>3</sup> , incluido	0,50 pulg	0,30 pulg	0,20 pulg
Menos de 11 L	5,0 mm	2,5 mm	2,5 mm
11 a 42 L, incluido	5,0 mm	5,0 mm	3,0 mm
Sobre 42 a 80 L, incluido	10,0 mm	6,4 mm	3,8 mm
Sobre 80 a 113 L, incluido	13,0 mm	7,6 mm	5,0 mm

## **Ensayo de Gravedad Específica y Absorción de los Agregados Fino y Grueso:**

### **❖ AGREGADO FINO:**

#### **DEFINICIÓN:**

La prueba permite calcular la gravedad específica seca, la gravedad específica saturada con una superficie seca, la gravedad específica aparente y la absorción después de sumergir el agregado fino en agua durante 24 horas.

La gravedad específica (peso específico) es una propiedad que se utiliza habitualmente para calcular el volumen llenado por el árido en diferentes mezclas que contienen áridos, como el concreto de cemento Portland, el concreto bituminoso y otras combinaciones analizadas y proporcionales al volumen. También se utiliza en el ensayo MTC E 203 para calcular los huecos en el árido. Dentro de los materiales que participan tenemos: Balanza, estufa, recipiente volumétrico con una capacidad de 500cm<sup>3</sup>, fiola, varilla de apisonado.

### **❖ AGREGADO GRUESO:**

#### **DEFINICIÓN:**

Este enfoque define un método para evaluar la gravedad específica seca del agregado grueso, la gravedad específica seca de la superficie saturada, la gravedad específica aparente y la absorción. La gravedad específica seca de la superficie saturada y la absorción se calculan utilizando agregados que han sido remojados en agua durante 24 horas. Dentro de los materiales que tenemos son: Balanza, cesta con una malla de alambre, depósito de agua, tamiz de 4,75 mm (Nº 4), horno.

## **Ensayo de Impurezas Orgánicas en Agregado Fino:**

#### **DEFINICIÓN:**

La prueba contribuye al desarrollo de una técnica que engloba los procesos para estimar la presencia de contaminantes orgánicos peligrosos en los áridos finos utilizados en los concretos o morteros de cemento hidráulico.

La mayor ventaja de este método de ensayo es que advierte de la presencia de contaminantes orgánicos potencialmente peligrosos. Cuando una muestra sometida a

estas programaciones produce un color más oscuro que la solución de referencia, se recomienda probar el efecto de las impurezas orgánicas en la resistencia del mortero, que está sujeto a la NTP 400.024: AGREGADOS: Ensayo para la determinación cualitativa de las impurezas orgánicas en los áridos finos para concreto. Dentro de los materiales que se emplean, son: botellas graduadas de vidrio, (NaOH) hidróxido de Sodio al 3%, (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) reactivo grado dicromato de potasio.

### **Ensayo de Concreto en Estado Fresco:**

#### **Ensayo de Asentamiento de Concreto (Slump = 7"):**

##### **DEFINICIÓN:**

Con este ensayo se evalúa la consistencia del concreto de diseño. El ensayo de asentamiento (también conocido como cono de Abrams) es una prueba sencilla y económica.

Los concretos con asentamientos inferiores a 15 mm (1/2") pueden ser insuficientemente flexibles, mientras que los concretos con asentamientos superiores a 230 mm (9") pueden ser insuficientemente cohesivos para que este ensayo sea útil. Además, esta norma está guiada a la NTP 339.035: Concreto, que debe interpretarse con precaución. Algunos de los materiales usados son: Molde de Cono de Abrams normalizado, con 4" en base superior, 8" de diámetro en base inferior y 12" de altura, con azas y sujetadores en la base para el agarre de los pies, varilla compactadora con extremo hemisférico, cucharón.

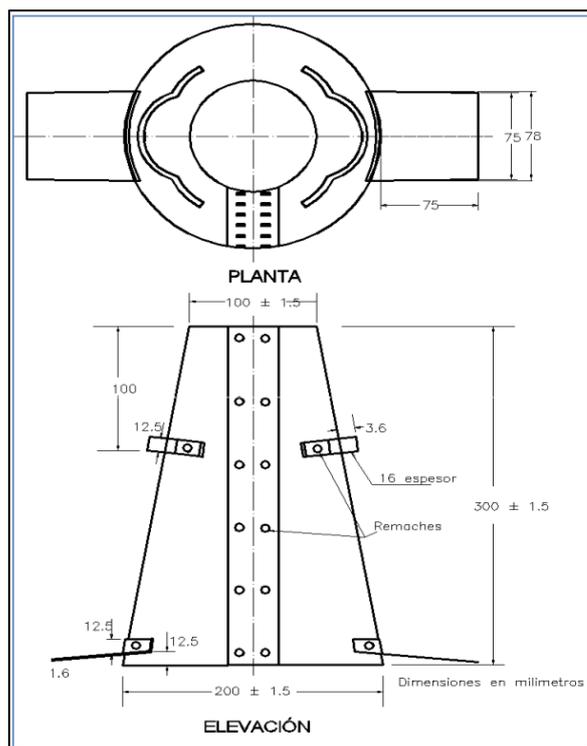


Ilustración 3: Cono de Abrams, para determinar el asentamiento de Concreto. Fuente: [32]

## **Elaboración y Curado de Especímenes de Concreto en el Laboratorio:**

### **DEFINICIÓN:**

Al emplear concreto compactado que ha sido apisonado o vibrado, este proceso crea criterios establecidos para la fabricación de materiales y mezclas de concreto, así como para la preparación y el curado de muestras de concreto para su ensayo en entornos controlados.

Las probetas se prepararon de acuerdo con esta norma (NTP 339.183), y se utilizaron para recopilar información relevante en: la dosificación de mezclas de concreto, la evaluación de diferentes combinaciones y materiales, y la preparación de probetas por motivos de investigación. Dentro de los materiales tenemos, moldes normalizados para cada ensayo planteado, moldes cilíndricos reutilizables, moldes de vigas prismáticas, varilla compactadora, martillo de caucho o goma.

## **Temperatura de Concreto:**

### **DEFINICIÓN:**

Este ensayo mide la temperatura de las mezclas de concreto fresco y puede utilizarse para confirmar que la temperatura del concreto en la obra cumple una norma establecida. Los materiales utilizados son: recipientes pequeños de material no absorbente, termómetro de concreto.

## **Ensayo de Concreto en Estado Endurecido:**

### **Ensayo de Testigos Cilíndricos de Concreto (Ensayo de Compresión):**

#### **DEFINICIÓN:**

Este ensayo determina la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto, y sólo es aplicable al concreto con un peso unitario superior a  $800 \text{ kg/m}^3$ .

En la prueba, los cilindros moldeados se someten a una fuerza de compresión axial con una tasa de carga predeterminada hasta el fallo. Dividiendo la fuerza ejercida durante el ensayo por la sección transversal de la probeta, se calcula la resistencia a la compresión de la misma.

Dado que la resistencia es un atributo inherente fundamental del concreto fabricado a partir de materiales específicos, debe tenerse cuidado al interpretar la relevancia de los valores arrojados de la resistencia a la compresión mediante esta técnica de ensayo. Los valores obtenidos se ven afectados por el tamaño y la forma de la probeta, el lote, los procesos de mezcla, la muestra, el molde y los métodos de fabricación, como las condiciones de edad, temperatura y humedad.

La NTP 339.034, procedimiento de ensayo normalizado para establecer la resistencia a la compresión del concreto en probetas cilíndricas, regula este ensayo. Los materiales que participan son: reguladores de fijación con extremos de neopreno, máquina de ensayo para compresión.

### Ensayo de Testigos Cilíndricos de Concreto (Ensayo de Tracción Indirecta):

#### DEFINICIÓN:

La prueba permite desarrollar el método de ensayo de tracción indirecta para cilindros de concreto típicos.

El cual está incluido en la NTP 339.084: La resistencia básica a la tracción del concreto puede medirse mediante una técnica de ensayo normalizada por compresión diametral de una probeta cilíndrica. Y los materiales utilizados son: Máquina de ensayo, Platinas de apoyo, Tiras de Cartón.

### Ensayo de Vigas Prismáticas de Concreto (Ensayo de Flexión a Vigas Simplemente Apoyadas con Cargas a los Tercios del Tramo):

#### DEFINICIÓN:

Mediante el uso de una viga simplemente apoyada sometida en los tercios de su luz y la NTP 339.078, este ensayo permite determinar el proceso a seguir para la medición de la resistencia a la flexión del concreto. A través del ensayo de flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas y cargadas en la mitad de la luz. Los materiales usados son: Máquinas universal de ensayo, como se observa en la siguiente ilustración:

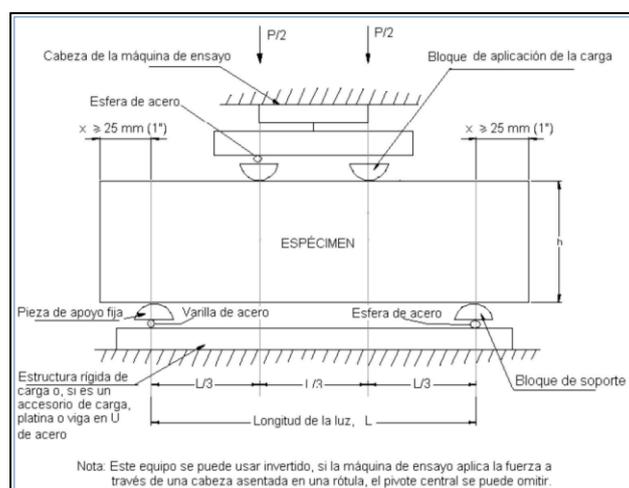


Ilustración 4: Esquema de un equipo adecuado para el ensayo de flexión del concreto usando una viga simple cargada en los tercios de la luz. Fuente: [32]

## **Ensayo de Muestra de Suelo de Talud:**

### **Ensayo de Análisis Granulométrico por Tamizado de Muestra de Suelo de Talud en Estudio:**

#### **DEFINICIÓN:**

Este ensayo nos permite determinar cuantitativamente la repartición del tamaño de partículas en muestras del suelo.

Según el MTC E 107, este modo de funcionamiento explica cómo calcular las proporciones de muestra que pasan a través de los diferentes tamices de la serie de pruebas empleada hasta 74 mm (N° 200). Dentro de los materiales tenemos: Balanza, estufa, envases pequeños, brochas y cepillo, tamices normalizados (#1/4", N° 4, N° 6, N° 8, N° 10, N° 16, N° 20, N° 30, N° 40, N° 50, N° 60, N° 80, N° 100, N° 200, Fondo).

### **Ensayo de Contenido de Humedad de Muestra de Suelo de Talud en Estudio:**

#### **DEFINICIÓN:**

La proporción entre el peso del agua y el peso de las partículas sólidas en una determinada cantidad de suelo se conoce como humedad o contenido de humedad de un suelo. Esta proporción se formula en porcentajes.

En este modo de funcionamiento, la tierra húmeda se seca hasta alcanzar un peso constante en una estufa. El peso de las partículas sólidas es igual a la cantidad de tierra que sigue presente después del secado en estufa. La reducción de peso provocada por el secado se contabiliza como peso de agua. Y los materiales empleados en este ensayo son: Horno, balanza, recipientes, etc.

## **Ensayo de Límites de Consistencia de Muestra de Suelo de Talud en Estudio:**

### **Determinación del Límite Líquido de los Suelos.**

#### **DEFINICIÓN:**

La porción de humedad del suelo que está presente cuando convergen las fases líquida y plástica, se determina como el contenido de humedad al que, después de dejarlo caer 25 veces a razón de dos veces por segundo desde una altura de 1 cm, la ranura de separación de dos mitades de una pasta de suelo se cierra en su parte inferior abarcando una distancia de  $\frac{1}{2}$ ", según esta definición.

Los parámetros del suelo, como el límite líquido, plástico e índice de plasticidad se utilizan habitualmente para correlacionarlos con comportamientos de ingeniería como la compactibilidad, la contracción, la compresibilidad, la permeabilidad, expansión y la resistencia al corte.

El límite líquido disminuye en gran medida cuando un suelo que contiene mucha materia orgánica se seca en el horno antes de la prueba. Por lo tanto, se puede hacer una evaluación cualitativa de la cantidad de materia orgánica en un suelo comparando el límite líquido de una muestra antes y después del secado en el horno. Los instrumentos utilizados son grandes contenedores, el dispositivo de límite líquido de Casagrande, una balanza, una espátula, agua destilada y un horno.

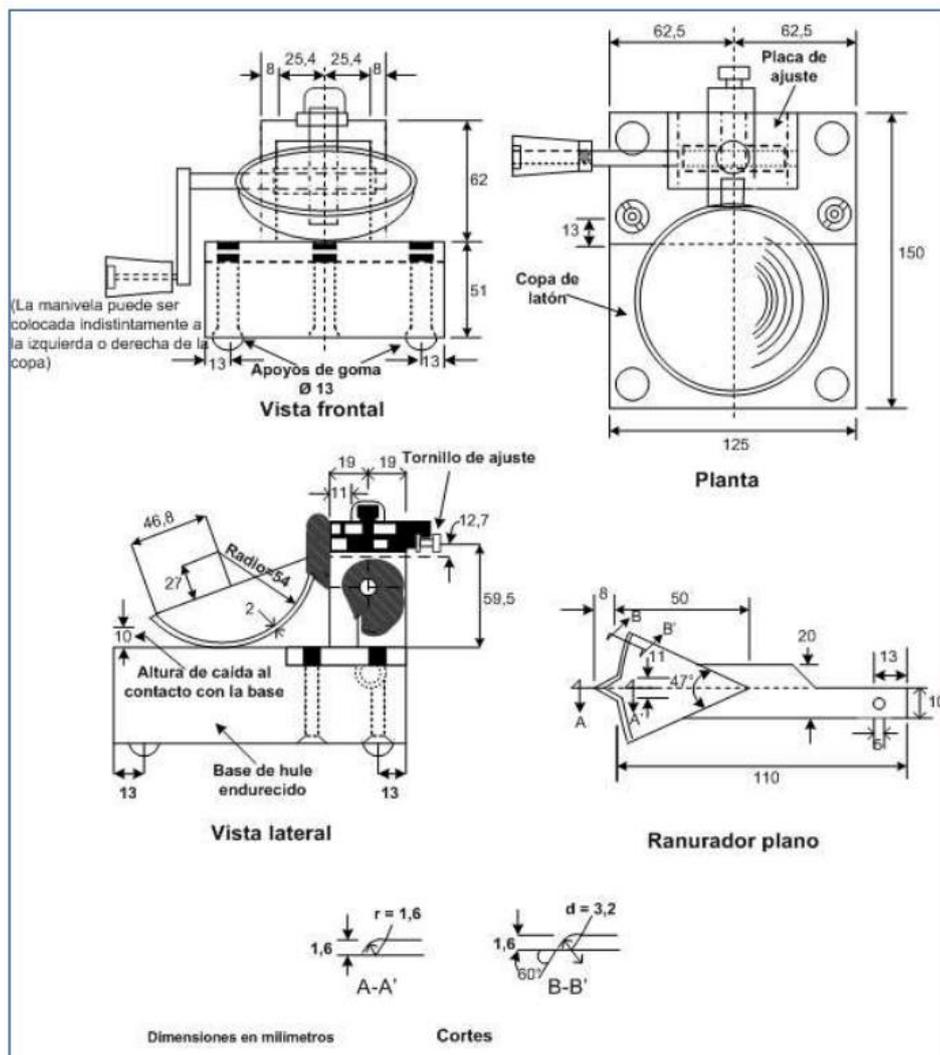


Ilustración 5: Aparato Manual para Límite Líquido. Fuente: [32]

### Determinación del Límite Plástico (L.P.) de los Suelos e Índice de Plasticidad (I.P.)

#### DEFINICIÓN:

La prueba permite identificar el límite líquido (L.L.) de un suelo y utiliza esa información para calcular el índice de plasticidad (I.P.) del suelo.

El límite de plasticidad (L.P.) es el contenido de humedad más bajo en el que la tierra puede enrollarse entre la palma de la mano y un vidrio liso y formarse en palos de aproximadamente 3,2 mm (1/8") de diámetro sin colapsar.

La plasticidad de un suelo puede ser utilizada en conjunto con su contenido de humedad natural para expresar su consistencia relativa o índice de fluidez, y puede ser

utilizada en conjunto con el porcentaje más fino que  $2\ \mu\text{m}$  para calcular su número de actividad; esta prueba está cubierta por la NTP 339.129. Los materiales empleados son: Espátula, recipientes grandes, balanza, estufa, agua destilada, vidrio de reloj, vidrio grueso esmerilado, tamiz N° 40.

### **Ensayo de Sales Solubles Totales en Muestra de Suelo de Talud en Estudio:**

#### **DEFINICIÓN:**

Para evaluar la cantidad de sal soluble en las muestras de suelo, esta prueba requiere la producción de un extracto acuoso. La medición de los sólidos disueltos en el agua es el procedimiento de prueba generalmente utilizado.

Para determinar la concentración global de sales solubles de un suelo se utiliza un extracto acuoso con una proporción suelo-agua de 1:5. Un volumen conocido de la solución de prueba o una muestra de agua subterránea filtrada se seca hasta un peso fijo y se evapora hasta sequedad en una cápsula a  $180\ ^\circ\text{C}$ . Los sólidos disueltos totales están representados por el incremento de peso descubierto. Se utilizaron los siguientes materiales balanza, embudo y matraz de filtración con embudo.

### **Ensayo de Relación Densidad/Humedad (Proctor) en Muestra de Suelo de Talud en Estudio:**

#### **DEFINICIÓN:**

Esta prueba permite construir la técnica de ensayo de compactación de suelos utilizando una energía modificada ( $2\ 700\ \text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}^3$ ).

Esta prueba cubre los procedimientos para determinar la correlación entre el contenido de humedad del suelo y el peso seco unitario (curva de compactación) cuando el suelo se compacta en un molde con un diámetro de 4 o 6 pulgadas utilizando un apisonador de 10 libras que se deja caer desde una altura de 18 pulgadas, produciendo la energía de compactación mencionada.

Esta prueba sólo se aplica a los suelos que retienen el 30% en peso de sus partículas en el tamiz de  $\frac{3}{4}$ ".

Si la muestra de ensayo comprende más del 5% en peso de un tamaño y el material no se incluirá en el ensayo, las modificaciones del peso unitario y el contenido de agua de la muestra de ensayo, o la densidad de campo necesaria, deben realizarse utilizando el procedimiento del ensayo ASTM D 4718. Los materiales empleados son: moldes cilíndricos, pisón, balanza, estufa, cucharón, regla y tamices de  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{3}{8}$ " y N° 4.

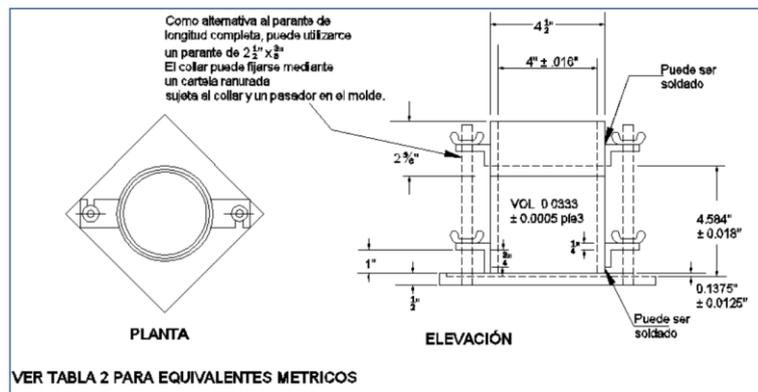


Ilustración 6: Molde Cilíndrico de 4". Fuente: [32]

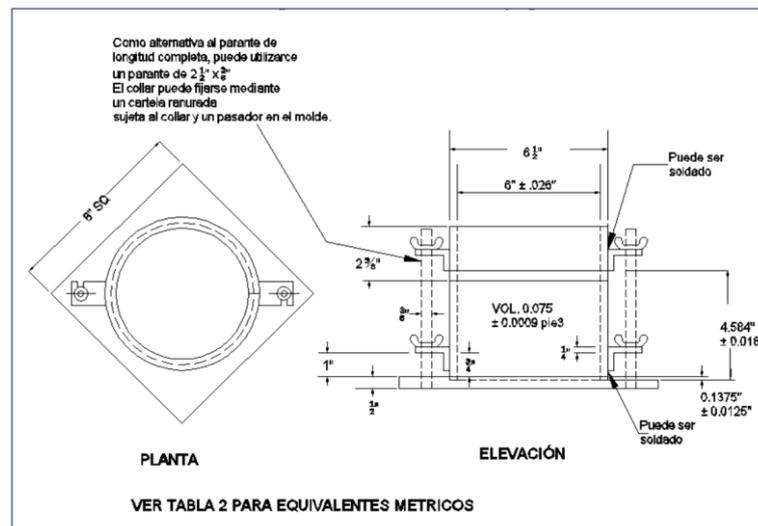


Ilustración 7: Molde Cilíndrico de 6". Fuente: [32]

## **Ensayo de Corte Directo en Muestra de Suelo de Talud en Estudio:**

### **DEFINICIÓN:**

El espécimen se coloca en una caja de cizallamiento directo (DC), se aplica una tensión normal determinada, el espécimen de ensayo se humedece o se drena, el espécimen se consolida bajo la tensión normal, los marcos que contienen el espécimen se liberan y un marco se desplaza horizontalmente con respecto al otro a una velocidad de deformación constante, y la fuerza de cizallamiento y los desplazamientos horizontales se miden a medida que el espécimen se lleva a la falla.

Este modo de funcionamiento es apropiado para determinar cualidades de resistencia de los materiales drenados y consolidados. Como las vías de drenaje a través de la muestra, el exceso de presión de poros se disipa más rápido que en otros experimentos de drenaje. El ensayo puede realizarse en cualquier suelo inalterado, remodelado o compactado.

Los resultados de la prueba pueden utilizarse para calcular la resistencia al corte en un entorno de campo cuando se ha producido una consolidación completa bajo cargas normales actuales. En circunstancias drenadas, la rotura se produce lentamente, permitiendo que el exceso de presiones de poros se disipe.

La prueba completa consta de los siguientes pasos: colocación de la muestra en el dispositivo de corte, aplicación de una carga, organización de los métodos de vaciado y remojo de la muestra, consolidación de la muestra, liberación de los soportes y se aplica una fuerza de cizallamiento para inducir el fallo de la muestra. Dentro de los materiales esenciales tenemos: Dispositivo de cargas, piedras porosas de carburo de silicio, dispositivo para aplicación de fuerza normal, fuerza de corte, equipo para cada uno de ellos, base de caja de corte, balanza, estufa, indicadores de deformación, equipo de moldeo de probetas, cronómetro, recipientes, cuchillos, etc.

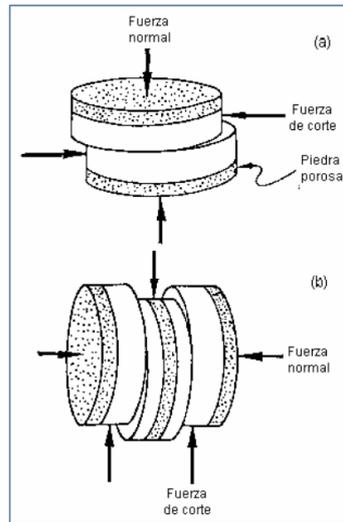


Ilustración 8: Ensayo de corte sencillo y corte doble. Fuente: [32]

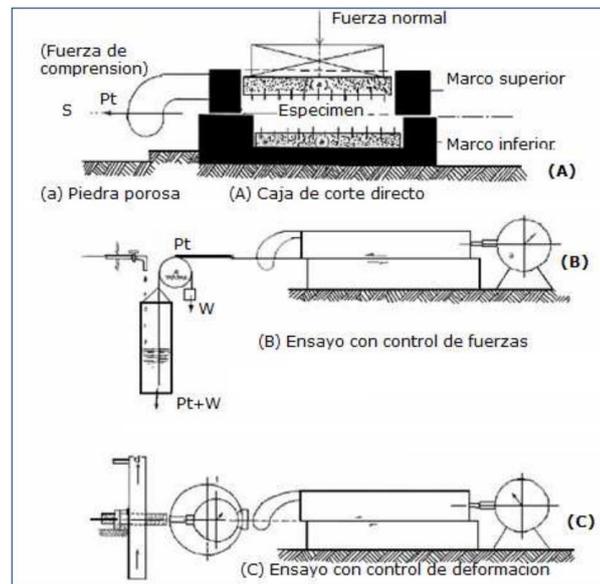


Ilustración 9: Dispositivo para el ensayo de corte directo. Fuente: [32]

## Procedimientos:

### Selección de Agregados para Diseño de Mezcla:

En la investigación apertura la parte experimental con la selección de agregado fino y grueso en la cantera Yangachis distrito La Succha, provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca, los cuales fueron ensayados para determinar las principales propiedades físicas que presentan previos al diseño de la mezcla, para luego dar lugar a una discusión que define nuestra hipótesis planteada.



Ilustración 10: Toma de Muestra de Suelo de Talud. Fuente: Propia

### Selección de Microfibras y Macrofibras de Polipropileno Reciclado:

Para la obtención del material a ser investigado (polipropileno reciclado), fue conveniente contactar con la empresa “Recicladora C&M. E.I.R.L”, la cual proporcionó las microfibras y macrofibras de polipropileno reciclado, para el óptimo desarrollo y ejecución del proyecto de investigación experimental.



*Ilustración 11: Selección de Microfibras y Macrofibras de Polipropileno Reciclado. Fuente: Propia*

### **Ensayo de Agregados para Diseño de Mezcla**

#### **Ensayo de Granulometría por Tamizado de los Agregados Fino y Grueso:**

En primer lugar, se empleó el método de cuarteo, que reside en esparcir la muestra de manera cónica, intentando garantizar que el material, se disperse uniformemente; después se eligió la muestra deseada, que es la más representativa. A continuación, se pesó una muestra de al menos 5 kg de árido grueso y 500 gr de árido fino.

Se dejó secar a 110° C antes de pasarla por una sucesión de tamices en orden decreciente, según el tipo de agregado. El árido fino se pasó por los tamices 3/8", #4, #8, #16, #30, #50, #100, y el árido grueso por los tamices 1", 3/4", 1/2", 3/8", #4, #8, #16.

El importe de muestra retenida en cada tamiz se midió en la balanza, dando como resultado el peso retenido, que luego se utilizó para rellenar la tabla correspondiente, hacer los cálculos necesarios y producir la curva granulométrica asociada para cada agregado.



Ilustración 12: Granulometría Por Tamizado De Agregado Fino y Grueso. Fuente: Propia

### Ensayo de Contenido de Humedad de los Agregados Fino y Grueso:

En primer lugar, pesamos una muestra en estado natural de 500 g de arena y 5 kg de piedra. A continuación, la pusimos en una tara antes de meterla en el horno a 100°C durante 24 horas para tener un peso estable. Por último, se utiliza la fórmula siguiente:

$$P = \frac{\text{Masa Inicial (gr)} - \text{Masa Seca (gr)}}{\text{Masa Seca (gr)}} \times 100$$

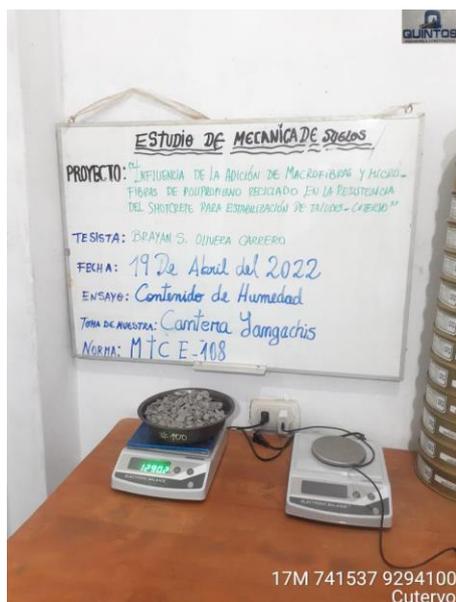


Ilustración 13: Ensayo De Contenido De Humedad De Agregado Grueso. Fuente: Propia

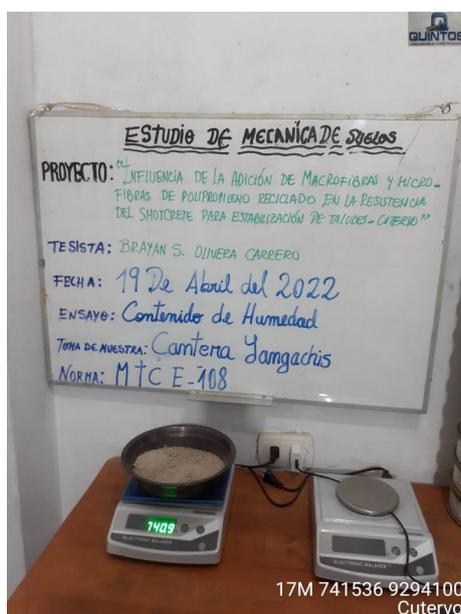


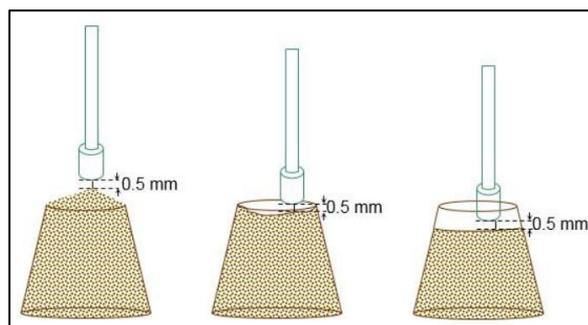
Ilustración 14: Ensayo De Contenido De Humedad De Agregado Fino. Fuente: Propia

### **Ensayo de Contenido de Humedad Superficial de Agregado Fino:**

Secamos una muestra típica de 1kg en un horno de masa constante a 110 °C. Dejamos que la muestra se enfriara hasta que alcanzar una temperatura de manipulación adecuada. A continuación, se añadió agua a la muestra hasta que alcanzó al menos un 6% de humedad, y se mantuvo en un recipiente durante 24 horas para mitigar la reducción de humedad.

Hasta que salió del molde de prueba, la muestra de agregado fino se llenó y se vertió. Para añadir más material, cubrimos la parte superior del molde con un movimiento circular realizado con las yemas de los dedos.

Con 25 golpes del pisón dentro del molde, comprimimos suavemente el agregado fino. El pisón se dejó caer a una altura de 5 mm en relación con la superficie de la muestra para cada golpe. A continuación, esparcimos suavemente el material por toda la superficie.



*Ilustración 15: Compactación de Agregado Fino. Fuente: [33]*

Tras separar la demasía de material de la base del cono, el molde se elevó verticalmente. El agregado fino conservará la forma del molde si todavía había humedad en la superficie. Por otro lado, el requisito de SSS se ha cumplido cuando hay una modesta disminución del agregado fino.



*Ilustración 16: Condición SSS para arena con poco material grueso. Fuente: [33]*

Hasta que se alcance la condición de SSS, se debe seguir secando con una mezcla regular y reiniciar el proceso para verificar la condición de SSS.

Si se produce un desprendimiento importante del material, se debe repetir el proceso de secado hasta alcanzar la condición de SSS por una falta de humedad. A continuación, la sustancia debe combinarse a fondo con una pequeña cantidad de agua y dejarse reposar durante 30 minutos en un recipiente tapado. Se toma una muestra de 500 g en cuanto se cumpla el requisito de SSS y se registra la masa de la muestra (S).

### **Ensayo de Límite de Consistencia de Agregado Fino:**

En el lugar donde la copa del dispositivo de límite líquido se asienta sobre la base, se añadió una porción de agregado fino, se empujó hacia abajo y se distribuyó hasta una profundidad de 10 mm en su punto más hondo, produciendo una superficie nivelada. Para mantener la humedad de la muestra, se colocó una toalla húmeda sobre la placa de mezcla.

La muestra en la taza se dividió utilizando el acanalador cortando una ranura en el suelo que seguía una línea que conectaba los puntos más altos y bajos de la copa. Este se mantuvo contra la superficie de la taza mientras se cortaba la ranura, y se trazó un arco para mantener la corriente en movimiento paralelo a la superficie de la taza.

Se revisó debajo de la copa para ver si hay algún residuo de agregado fino. Cuando las dos mitades de la muestra de agregado están en interacción con la base de la ranura a una longitud de  $\frac{1}{2}$ ", esta copa se levantó haciendo girar el mango a un ritmo de 1 a 2 golpes por segundo. Se observó cuántos golpes eran necesarios para sellar la ranura. Se decidió tomar una rebanada de la muestra que tuviera aproximadamente la anchura de la espátula, estirándola de extremo a extremo en ángulo recto con la ranura e incorporando la totalidad de la ranura en la que se deslizaba.



*Ilustración 17: Ensayo De Límite De Consistencia De Agregado Fino. Fuente: Propia*

### **Ensayo de Equivalente de Arena de Agregado Fino:**

En primer lugar, recogimos al menos 1 500 g de arena que pasó por el tamiz N° 4. A continuación, la medimos utilizando un medidor cilíndrico tres veces, golpeando el fondo en la mesa de trabajo cuatro veces en cada medición. Por último, registramos la masa de arena contenida en cada muestra utilizando el medidor cilíndrico para determinar la masa aproximada necesaria para una muestra de ensayo.

Una muestra de ensayo tenía una masa igual a la sustancia dentro del medidor cilíndrico. La solución de trabajo se transfirió a través del sifón al cilindro graduado antes de añadir la muestra, utilizando el embudo para evitar derrames. Para redimir las burbujas de aire que habían quedado atrapadas y favorecer el empapamiento de la muestra, golpeamos ligeramente la base de la probeta graduada. Además, humedecemos la muestra y la dejamos reposar en la probeta sin tocarla durante 10 minutos antes de registrar la lectura de arcilla como el nivel superior de la suspensión de la misma.

El espécimen se colocó entonces sobre el pisón, que se utilizó para bajarlo gradualmente hasta que descansa sobre la arena. El extremo del pisón se apunta en la dirección de las graduaciones de la probeta hasta que entra en contacto con la pared interior de la misma. Para obtener la lectura de la arena, se deducen 25 del nivel que indica la base del pisón. Además, registramos el nivel de graduación más alto si las lecturas de arcilla o arena estaban entre los marcadores de graduación de 2,5 mm.

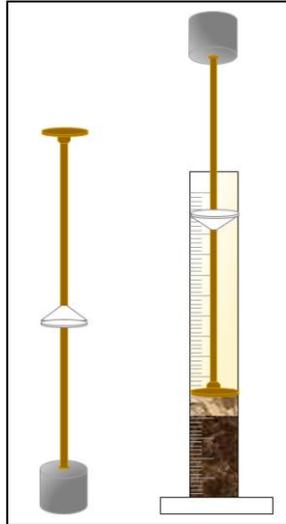


Ilustración 18: Lectura de Equivalente de Arena. Fuente: [33]

Para este ensayo se empleó la siguiente fórmula para el cálculo respectivo y la lectura de resultado:

$$SE = \frac{\text{Lectura de Arena, con aproximación de 0.1 pulg (1 decimal)}}{\text{Lectura de Arcilla, con aproximación de 0.1 pulg (1 decimal)}}$$

Hemos promediado el equivalente de arena de cada medición, redondeado al número inmediatamente superior, para obtener el valor del equivalente de arena de varias pruebas (especímenes) realizadas con el mismo material.



Ilustración 19: Ensayo De Equivalente De Arena De Agregado Fino. Fuente: Propia

### **Ensayo de Material Fino Pasante por el Tamiz N° 200:**

La muestra de ensayo se seca primero en el horno a 110 °C hasta alcanzar un peso constante. Colocamos la muestra en el recipiente, añadimos agua suficiente para cubrirla, la secamos y calculamos la masa. Para eliminar completamente todas las partículas más pequeñas de las gruesas y poner el material fino en suspensión, agitamos la muestra. Sobre los tamices, vertemos inmediatamente el agua de lavado que tiene el material fino. Hay que tener precaución para evitar que las partículas más finas de la muestra se asienten.

La muestra en el recipiente debe recibir una segunda carga de agua, agitarse y decantarse como anteriormente. Se continúa haciendo esto hasta que el agua de lavado sea cristalina.

Por último, devolvemos a la muestra lavada todo el material que se había mantenido en el conjunto de tamices mediante un chorro de agua. Calculamos el peso del agregado lavado, secándola hasta un peso constante a 110 °C.

Para calcular este ensayo, empleamos la siguiente fórmula:

$$A = \frac{B - C}{C} \times 100$$

Donde:

A = % de Agregado fino que pasa el tamiz N° 200 por lavado.

B = Peso seco de la muestra original, en gr.

C = Peso seco de la muestra luego del lavado, en gr.



Ilustración 20: Ensayo De Material Fino Que Pasa Por El Tamiz N° 200. Fuente: Propia

### **Ensayo de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznales de Agregado Fino:**

El material retenido en el tamiz típico N° 200, sirvió como muestra agregada para esta prueba.

Antes de remojarla durante 24 horas, se pesó la arena, se distribuyó finamente por el fondo del recipiente y se vertió agua destilada. Se creó una fina capa de trozos de arcilla y piezas desmenuzables. Los trozos de arcilla y los trozos desmenuzables se rompieron en trozos más pequeños por compresión y deslizamiento entre el pulgar y los dedos.

Los grumos de arcilla o las partículas desmenuzables se definieron como aquellas que podían eliminarse como finos mediante un cribado en húmedo después de haber sido desmenuzadas con el dedo.

El cribado en húmedo se realizó agitando físicamente el tamiz mientras se hacía correr agua sobre la muestra para eliminar cualquier partícula de tamaño inferior.

A continuación, se retiraron las partículas que quedaban en el tamiz, se secaron a 110 °C, se enfriaron y se pesaron. A continuación, se utilizó la siguiente fórmula para determinar la proporción de fragmentos desmenuzables y grumos de arcilla en el agregado fino:

$$P = \frac{M-R}{M} \times 100$$

Donde:

P = % de partículas desmenuzables y terrones de arcilla.

M = Masa de la muestra de ensayo (caso de agregado fino fue la masa de partículas retenidas en el tamiz N° 16).

R = Masa de arenas retenidas en el tamiz normalizado.

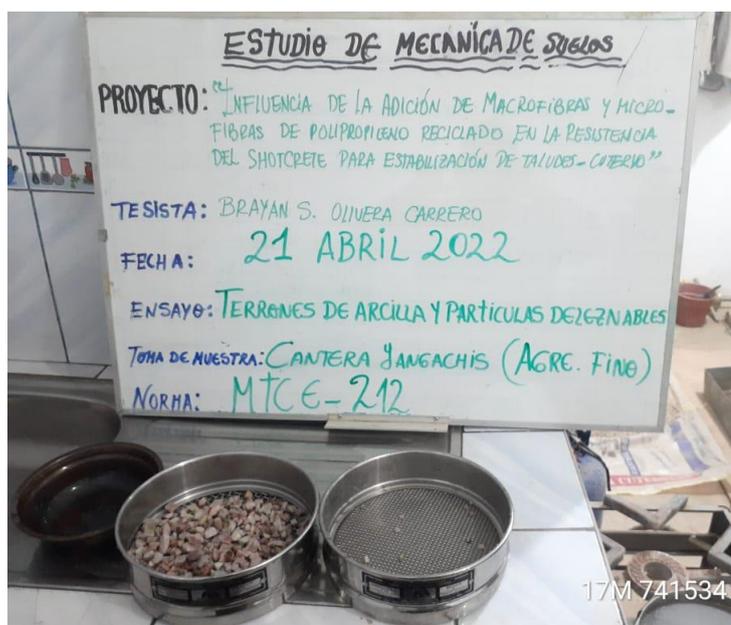


Ilustración 21: Ensayo De Terrones De Arcilla Y Partículas Deleznables De Agregado Fino. Fuente: Propia

### **Ensayo de Peso Unitario y Vacíos de los Agregados Fino y Grueso:**

#### **Peso Unitario Suelto de los Agregados:**

Cuando está vacío, se pesa el típico molde cilíndrico. Entonces se midió el volumen del recipiente. A continuación, el recipiente se llena por gravedad con el árido hasta una altura no superior a 2", y lo nivelamos con la varilla para que quede recto. Pesamos la muestra tres veces nos permite obtener una media a partir de la cual podemos calcular.

$$P. U. S. S. = \frac{P. U. S. H.}{1 + \% \text{ Absorción}} \times 100$$



Ilustración 22: Peso Unitario Suelto De Agregado Grueso. Fuente: Propia



Ilustración 23: Peso Unitario Suelto De Agregado Fino. Fuente: Propia

### **Peso Unitario Compactado de los Agregados:**

Identificamos el volumen del contenedor del espécimen cilíndrico. Vertimos el material en el contenedor en tres capas iguales, y luego compactamos con una varilla punta hiperbólica dando 25 golpes sin cambiar la capa superior. Colocamos un poco más en la última capa para que la compactación quede al nivel del contenedor. Para determinar el peso de la sustancia, se pesan tanto la superficie superior como el contenedor.

$$P. U. C. S. = \frac{P. U. S. H.}{1 + \% \text{ Absorción}} \times 100$$

Donde:

PUSS = Peso unitario compactado seco.

PUSH = Peso unitario suelto húmedo.

### **Ensayo de Gravedad Específica y Absorción de los Agregados Fino y Grueso:**

#### **❖ AGREGADO FINO:**

Primero, se eligió 500 g de arena que se había tamizado a través de la malla N°4. Al agitar la fiola se eliminaron las burbujas. Se le dio un periodo de relajación de 24 horas. A continuación, se pesó la fiola junto con el peso del agua. Todo el material se transfirió a una olla y se horneó durante 24 horas. A continuación, se pesó la muestra seca y se hicieron los cálculos necesarios.

$$P. e. = \frac{A}{S - B}$$

Donde:

Pe = Peso Específico de Agregado (gr/cm<sup>3</sup>).

A = Masa de agregado seco en el horno (g).

B = Masa de agua (g).

S = Volumen de frasco de ensayo (g).

#### **❖ AGREGADO GRUESO:**

Se sumergió la piedra durante un total de 24 horas. Se secó brevemente. Cuando la muestra se sumergió en agua a temperatura ambiente, se colocó en la cesta de alambrado y se calculó su peso.

A continuación, se mantuvo la piedra en el horno durante un día a 100 °C. A continuación, se pesó la muestra tras el enfriamiento y se realizó el cálculo correspondiente de la prueba.

$$P. e. = \frac{A}{S - B}$$

Donde:

Pe = Peso Específico de agregado (gr/cm<sup>3</sup>).

A = Masa de agregado grueso seco en el horno (gr).

B = Masa de Muestra Sumergida en Agua (gr).

S = Masa Saturada Superficialmente Seca (gr).

### **Grado de Absorción de los Agregados:**

#### **❖ AGREGADO FINO:**

Esta prueba es una extensión de la prueba de peso o gravedad específica, en la que se seleccionaron 500 gramos de agregado fino, se colocaron en un matraz y luego se agregó agua hasta el límite designado. A continuación, se introdujo en una tara y se calentó durante 24 horas en el horno. Una vez pesada la arena, se utilizó la fórmula siguiente para realizar los cálculos necesarios para esta prueba:

$$\% \text{ Absorción} = \frac{P. M. S. S. - W_o}{W_o} \times 100$$

Donde:

PMSS = Peso de muestra saturada superficialmente seca.

Wo = Peso de muestra secada en estufa.

### ❖ AGREGADO GRUESO:

Se sumergió en agua durante un día una cantidad determinada de árido, aproximadamente 3000 g. Se sacó la muestra y se le dio un tiempo para que se secase brevemente de forma superficial. A continuación, se pesó una determinada cantidad de áridos y se horneó durante un día. A continuación, se pesó la piedra secada en estufa y los cálculos basados en ese peso se realizaron mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Absorción} = \frac{P.S.S. - P}{P} \times 100$$

Donde:

PSS = Peso de muestra superficialmente seca.

P = Peso de Agregado seco en estufa.

### Ensayo de Impurezas Orgánicas en el Agregado Fino:

La muestra de arena pesaba alrededor de 450 g, y pusimos unos 130 mL de la muestra de arena a analizar en el recipiente graduado. Una vez que el volumen de arena y del líquido alcanzó unos 200 mL, añadimos la solución de hidróxido de sodio y la dejamos reposar un día completo.

A continuación, se vertió la nueva solución de referencia en un vial hasta un volumen de unos 75 mL. A continuación, se compara el color del líquido sobrenadante de las arenas con el color de la solución patrón y se anota si es más claro, igual o más oscuro.

### Elaboración de Diseños de Mezclas

El comité 211 del American Concrete Institute, en el que se basa el diseño de la mezcla, nos da los siguientes procedimientos y tablas para construir el método:

**Paso 1:** En esta situación se elaboraron especímenes con una  $f'c$  de 280 kg/cm<sup>2</sup>. Se establece la resistencia a la compresión para la que fue diseñada.

**Paso 2:** Se encuentra la resistencia necesaria. Esta se calcula utilizando uno de los dos escenarios: cuando se conoce la desviación estándar porque hay registros de ensayos anteriores, o cuando se desconoce porque no hay ensayos anteriores. Como la desviación estándar es desconocida en esta situación, se elige la opción 2.

Tabla 10: Resistencia requerida de acuerdo con Resistencia Especificada. Fuente: [34]

Resistencia Especificada $F'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Requerida $F'cr$ (kg/cm <sup>2</sup> )
$F'c < 210$	$F'cr = F'c + 70$
$210 \leq F'c \leq 350$	$F'cr = F'c + 84$
$F'c \geq 350$	$F'cr = F'c + 98$ $F'cr = 1.10 F'c + 50$

**Paso 3:** En función de los resultados de la prueba de granulometría, se elige el tamaño nominal máximo del árido grueso.

**Paso 4:** Para proporcionar una trabajabilidad aceptable, se decide el asentamiento de los áridos según el tipo de finalidad y/o el uso previsto del concreto, en nuestro caso un asentamiento de 7".

**Paso 5:** En función del tamaño nominal máximo del árido grueso, se calcula el contenido de aire atrapado.

Tabla 11: Contenido de aire atrapado. Fuente: [34]

CONTENIDO DE AIRE				
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL (pulg)	AIRE ATRAPADO	AIRE ATRAPADO EN FUNCIÓN DEL GRADO DE EXPOSICIÓN		
		NORMAL	MODERADA	EXTREMA
3/8	3.0%	4.5%	6.0%	7.5%
1/2	2.5%	4.0%	5.5%	7.0%
3/4	2.0%	3.5%	5.0%	6.0%
1	1.5%	3.0%	4.5%	6.0%
1 1/2	1.0%	2.5%	4.5%	5.5%
2	0.5%	2.0%	4.0%	5.0%
3	0.3%	1.5%	3.5%	4.5%
6	0.2%	1.0%	3.0%	4.0%

**Paso 6:** Calculamos el contenido volumétrico de agua de acuerdo a TMN.

Tabla 12: Volumen de agua por m<sup>3</sup> (en lts). Fuente: [34]

VOLUMEN UNITARIO DEL AGUA								
Agua en l/m <sup>3</sup> , para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicados								
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO								
Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	...
CONCRETO CON AIRE INCORPORADO								
Asentamiento	0.375	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	6
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	...

**Paso 7:** Sobre la base de la resistencia a la compresión requerida indicada anteriormente, se calcula la relación agua/cemento; si el valor no está disponible en la tabla correspondiente, se requiere una interpolación.

Tabla 13: Relación agua/cemento. Fuente: [34]

f' cr (28 días)	Relación agua / cemento de diseño en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
100	0.91	0.83
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	....
450	0.38	....

**Paso 8:** El tamaño nominal máximo del árido grueso y el módulo de finura del árido fino se utilizan para calcular el peso del árido grueso por unidad de volumen de concreto. En esta fase, también es necesaria la interpolación en caso de que el valor no pueda localizarse en la tabla conveniente. Además, se tiene en cuenta la cantidad

de litros por m<sup>3</sup> de aditivo que se empleará teniendo en cuenta la cantidad de cemento y la densidad de este, el cual se emplea a un 80% del mismo.

Tabla 14: Peso de agregado grueso por unidad de volumen del concreto. Fuente: [34]

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen del agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de finura del agregado fino.					
	2.20	2.40	2.60	2.80	3.00	3.20
3/8	0.52	0.50	0.48	0.46	0.44	0.42
1/2	0.61	0.59	0.57	0.55	0.53	0.51
3/4	0.68	0.66	0.64	0.62	0.60	0.58
1	0.73	0.71	0.69	0.67	0.65	0.63
1 1/2	0.78	0.76	0.74	0.72	0.70	0.68
2	0.80	0.78	0.76	0.74	0.72	0.70
3	0.83	0.81	0.79	0.77	0.75	0.73
6	0.89	0.87	0.85	0.83	0.81	0.79

**Paso 9:** Se calculan los volúmenes absolutos; el total de los volúmenes se determina después de conocer los pesos de piedra, el cemento, el aditivo y el agua.

**Paso 10:** Para calcular el contenido de arena, primero se calcula su volumen absoluto comparando el valor unitario con el total de los volúmenes absolutos determinados, y luego se calcula el peso de agregado.

**Paso 11:** Para obtener los valores que se utilizarán en la obra, los áridos se ajustan en función de la humedad.

**Paso 12:** El cálculo de la dosis en peso que se utilizará para hacer los especímenes estándar mostrará si nuestro diseño de mezcla se adhiere a la resistencia inicialmente prevista o no, para posterior a ello dar por establecido los diseños de mezcla experimentales que se desea ejecutar; con los distintos porcentajes de incorporación empírico.

## **Ensayo de Concreto en Estado Fresco**

### **Ensayo de Asentamiento de Concreto (Slump = 7''):**

Tras colocar el molde en una superficie plana y húmeda, se vertió una capa de concreto encima, llenando hasta 1/3 de la capacidad del tronco. Con 25 golpes de la varilla, se sometió.

A continuación, se añadieron otras dos capas mediante el mismo proceso, consolidándolas hasta que la varilla pudo pasar a la capa inferior en 1/3 del volumen.

Una vez concluida la consolidación, la tercera capa tuvo que ser sobrellenada antes de ser nivelada. El molde se levantó verticalmente con cuidado después de haber sido relleno y enrasado, a fin de examinar la idoneidad del concreto para la investigación experimental y garantizar que tuviera la flexibilidad y la cohesión necesarias para la prueba de asentamiento.

### **Elaboración y Curado de Especímenes de Concreto en el Laboratorio:**

Para la preparación de especímenes para los 2 tipos de moldes que se planteó para el estudio experimental, tenemos lo siguiente:

#### **❖ PROBETAS CILÍNDRICAS:**

Para los moldes cilíndricos (Ensayo de Compresión y Tracción), primero se procedió al vaciado de concreto en 3 capas iguales a una altura no mayor de 2', en cada una de ellas se aplicó el apisonado por varillado y una compactación de acuerdo con el Slump de diseño (7''), el número de apisonado por varillado en cada capa fue de 25 y el número de golpes usando comba de goma fue de 15. Al finalizar la última capa se enrazó y niveló empleando badilejo para obtener un molde que cumpla con las medidas de ensayo, y facilitar el cálculo de resistencia correspondiente.

### ❖ **PROBETAS PRISMÁTICAS:**

Para los moldes prismáticos (Ensayo de Flexión o Tensión), primero se procedió al vaciado de concreto en 3 capas iguales a una altura que no supere las 2", en cada una de ellas se aplicó el apisonado por varillado y una compactación de acuerdo con el Slump de diseño (7"), el número de apisonado por varillado en cada capa fue de 25 y el número de golpes usando comba de goma fue de 15. Al finalizar la última capa se enrazó y niveló empleando badilejo para obtener un molde que cumpla con las medidas de ensayo y para no dejar huecos por la varilla se golpeó levemente los lados del molde para ocupar estos espacios, y así facilitar el cálculo de resistencia correspondiente.

### ❖ **CURADO DE ESPECÍMENES**

Los núcleos se cubrieron inmediatamente con plástico impermeable tras su finalización, que permaneció en su lugar durante 24 horas después de terminar la muestra, para evitar la evaporación del agua del concreto no endurecido durante todo el proceso de curado.

Cuando no se empleaban aditivos, las muestras debían retirarse de sus moldes en un plazo no inferior a 20 horas ni superior a 48 horas; de lo contrario, podían utilizarse períodos alternativos; en nuestro caso, fueron 24 horas. Desde el momento del moldeo hasta el momento de la prueba, incluso los núcleos cilíndricos y prismáticos se almacenaron en circunstancias húmedas a una temperatura ambiente.

El almacenamiento se realizó en un espacio donde no haya movimientos y vibraciones durante las primeras 48 horas de curado.

Con el fin de preservar el contenido de humedad durante la hidratación de los materiales cementicios, el encofrado se desmontó una vez finalizado el proceso de colado de las probetas y vigas y después de que el proceso de fraguado hubiera tenido lugar durante 24 horas. Para esta operación se utilizó agua potable, ya que el concreto pierde agua durante la hidratación y necesita recuperarla para evitar que se seque; por ello, debe tener unas condiciones comparables a las del agua de amasado utilizada para preparar la combinación, a fin de evitar que se modifiquen las características del concreto.

Tabla 15: Número de capas requeridas en la elaboración de las muestras. Fuente: [32]

Tipo de tamaño de la muestra en mm (pulgadas)	Método de compactación	Número de capas	Altura aproximada De la capa en mm (pulgadas)
CILINDROS Hasta 300(12) Mayor que 300(12)	Apisonado(varillado)	3 iguales	100(4)
	Apisonado(varillado)	Las requeridas	
Hasta 460(18) Mayor que 460(18)	Vibración	2 iguales	200(4)
	Vibración	3 ó más	
PRISMAS Hasta 200(8) Mayor que 200(8)	Apisonado(varillado)	2 iguales	100(4)
	Apisonado(varillado)	3 o más	
Hasta 200(8) Mayor que 200(8)	Vibración	1	200(8) C 172
	Vibración	2 o más	

Tabla 16: Diámetro de varilla y número de golpes por capa. Fuente: [32]

CILINDROS		
Diámetro del cilindro en mm (pulgadas)	Diámetro de varilla en mm (pulgadas)	Número de golpes por cada
50 (2) a 150 (6)	10 (3/8)	25
150 (6)	16 (5/8)	25
200(8)	16 (5/8)	50
250(10)	16 (5/8)	75
VIGAS Y PRISMAS		
Área de la superficie superior De la muestra en cm <sup>2</sup> (pulg <sup>2</sup> )	Diámetro de varilla en mm (pulgada)	Número de golpes por capa
160(25)	10(3/8)	25
165(26) a 310 (49)	10(3/8)	1 por cada 7 cm <sup>2</sup> (1 pulg <sup>2</sup> ) de área
320(50) o más	16(5/8)	1 por cada 14cm <sup>2</sup> (2pulg <sup>2</sup> ) de área

### Temperatura de Concreto:

Adquirimos un espécimen de concreto dentro de un molde grande como para dejar al menos 3” de concreto alrededor del sensor de temperatura.

El sensor debe estar cubierto por el termómetro con al menos 75 mm en todas las direcciones dentro de la muestra. Empujamos con cuidado el concreto alrededor del termómetro en la superficie del concreto mientras cierra por la izquierda. Registramos la medición de la temperatura después de tomarla durante al menos 2 minutos o hasta que se estabilice.

## **Ensayo de Concreto en Estado Endurecido**

### **Ensayo de Testigos Cilíndricos de Concreto (Ensayo de Compresión):**

Utilizando un trompo para la mezcla de los materiales (cemento, agregado grueso y fino, agua y aditivo plastificante).

Para evitar que el concreto se pegue al secarse, se comenzó deslizando un paño de aceite húmedo en el molde. Se vierte el concreto y, tras recibir 25 golpes con una varilla lisa y 15 golpes de martillo, se aplica en el lateral del cilindro. Se saca del molde después de 24 horas y se pasa a la segunda fase (curado en edades). Se retira antes de realizar la prueba de resistencia a la compresión después de 6 horas, y entonces realizamos el cálculo correspondiente utilizando la fórmula que se indica a continuación para cada testigo de prueba.

$$F'c = \frac{P}{A}$$

Donde:

F'c = Resistencia a Compresión de Concreto (Kg/cm<sup>2</sup>).

P = Cargas máxima hasta llegar a falla (Kg).

A = Área de sección transversal de espécimen cilíndrica (cm<sup>2</sup>)

### **Ensayo de Testigos Cilíndricos de Concreto (Ensayo de Tracción Indirecta):**

Luego del mezclado correspondiente de materiales, para cada diseño experimental, se procedió a moldear cada probeta de ensayo respectivamente y a ser curadas a una determinada edad y finalmente a ser ensayada.

El centro de la placa inferior se marcó con una tira de apoyo. Para centrar el punto de tangencia de las dos bases en la placa de apoyo, se equilibró el cilindro sobre la barra. Tras ensayar la segunda barra longitudinalmente sobre el cilindro con una carga de velocidad constante y centrarla de forma similar a la primera, se calculó la

carga máxima soportada y la resistencia a la tracción indirecta del concreto mediante la fórmula siguiente.

$$T'c = \frac{2 * P}{\pi * L * d}$$

Donde:

T'c = Resistencia a tracción indirecta (Kg/cm<sup>2</sup>).

P = Carga máxima hasta llegar a la falla de espécimen (Kg).

L = Longitud de probeta de cilindro (cm)

d = Diámetro del espécimen cilíndrico (cm)

### **Ensayo de Vigas Prismáticas de Concreto (Ensayo de Flexión a Vigas Simplemente Apoyadas con Cargas a los Tercios del Tramo):**

Los bloques de soporte servían de punto focal, y esos mismos bloques estaban enfocados en relación con la fuerza aplicada. En los terceros lugares entre los soportes, los bloques de aplicación de la carga se colocaron de forma que entraran en contacto con la superficie de la probeta. Tras la aplicación de la carga a una velocidad uniforme, se realizaron los cálculos correspondientes mediante la fórmula siguiente:

- El módulo de ruptura se calcula así; si la falla se hubiera presentado en el tercio medio del claro:

$$R = \frac{L * P}{b * d^2}$$

Donde:

R = Módulo de Rotura (Kg/cm<sup>2</sup>).

P = Carga máxima indicada hasta llegar a la falla (Kg).

L = Longitud de la distancia de los apoyos (cm)

b = Ancho estándar de espécimen (cm)

d = Peralte promedio prisma (cm)

- En no más del 5% de su longitud, si la falla de prisma se presenta se calcula así, cuando este ocurre fuera del tercio medio del claro:

$$R = \frac{3 * Pa}{b * d^2}$$

Donde:

a = Distancia entre la línea de falla y el apoyo cercano (mm).



*Ilustración 24: Ensayo De Flexión A Vigas Simplemente Apoyadas Con Cargas A Los Tercios Del Tramo. Fuente: Propia*

### **Segregación en Concreto Endurecido:**

La percepción visual es el método utilizado para determinar si hay segregación.

Ya que el concreto rinde mejor con este esfuerzo, posterior a realizar el ensayo de compresión, pasamos a confirmar la presencia de segregación observando si los materiales de la mezcla de concreto se han separado.

## **Ensayo de Muestra de Suelo de Talud Del Km 16 + 780, Cutervo – Cochabamba**

### **Ensayo de Análisis Granulométrico por Tamizado de Muestra de Suelo de Talud en Estudio:**

Se pesaron los cuartos, y una parte de 10 a 15 g se secó en la estufa a 110 °C. Se pesaron de nuevo y se anotaron los resultados.

A continuación, se limpió la muestra con abundante agua en un tamiz de N° 200, teniendo cuidado de no frotarla contra el tamiz y de no perder ninguna de las partículas que se conservaban. El material retenido se recogió entonces en un recipiente, se secó en una estufa a 110°C y se pesó.

Una vez seca la muestra, se separó el material que había quedado retenido en el tamiz N° 4 al N° 200. El peso de cada fracción se calculó utilizando una balanza. La diferencia entre el peso inicial de la muestra y el peso total de todas las fracciones no debía ser superior al 1%.

Se midió el peso de la muestra mantenida en cada tamiz utilizando una balanza, se obtuvo el peso retenido, se rellenó la tabla asociada, se hicieron las cuentas necesarias y se generó la curva granulométrica correspondiente a esta prueba.

### **Ensayo de Contenido de Humedad de Muestra de Suelo de Talud en Estudio:**

Antes de nada, pesamos una muestra de 500 g de suelo sin procesar. A continuación, para obtener un peso constante, la colocamos en una bolsa y la horneamos durante 24 horas a una temperatura de 100°C. Por último, utilizamos la fórmula siguiente:

$$P = \frac{\text{Masa Inicial (gr)} - \text{Masa Seca (gr)}}{\text{Masa Seca (gr)}} \times 100$$

## **Ensayo Límites de Consistencia de Muestra de Suelo de Talud en Estudio:**

### **❖ DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS.**

El porcentaje de humedad que corresponde al corte de la línea de tendencia en los 25 golpes se utiliza para calcular el límite líquido.

Se pudo adquirir una muestra típica que hubiera proporcionado de 150 g de material que ha pasado por un tamiz N° 40. Para condensar las muestras que fluyen libremente se pueden utilizar técnicas de división o despiece de la muestra.

Cuando el material estaba listo, se comprimió un trozo y se extendió por el platillo, teniendo cuidado de no dejar burbujas de aire y procurando que su valor máximo de profundidad fuera de unos 10 mm.

La ranura se formó de la manera más uniforme posible trabajando de arriba a abajo mientras se mantenía la herramienta de ranurado normal a la superficie de la bandeja. La bandeja se movió a un ritmo de dos golpes por segundo, y se contó el número de golpes hasta que se cerró el suelo inclinado de 13 mm de longitud de la ranura. La ranura debería haberse cerrado no por el desplazamiento del suelo sobre la bandeja, sino por el flujo del suelo.

Asegurándose de que proceda de ambos lados de la ranura, se sacó una parte de la sujeción de la cubeta y se colocó en un recipiente con una masa conocida antes de cubrirla.

La sujeción sobrante se trasladó a la zona de mezclas, donde se modificó la humedad de la tierra con agua destilada según la necesidad de aumentar o reducir el número de golpes.

Después de limpiar y lavar tanto la cubeta como la máquina de ranurado, se realizaron otras dos pruebas. Los datos de los golpes deben estar dentro de las siguientes tolerancias. 15-25, 20-30, 25-35.

Se calculó y reconoció el peso de recipiente más la cantidad de tierra. Una vez que se obtuvieron valores de masa consistentes, se secó la tierra en un horno ajustado a 100 °C, y se registró el peso de la tierra seca más el contenedor. La fórmula que se utilizó para calcularlo fue la siguiente:

$$w (\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Donde:

w (%) = Humedad de muestra de Suelo de talud.

Ww = Peso de agua en la masa de muestra de suelo de talud.

Ws = Peso seco de sólidos en el suelo de talud.

- La Curva de Fluidez, se determinó a través del Número de Golpes vs Contenido de Humedad.

#### ❖ DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.)

Las muestras utilizadas para crear la sustancia de ensayo debieron ser representativas y su nivel de humedad natural debía conservarse hasta el momento del ensayo. Para el cálculo de este límite se requería material que pasara el tamiz N° 40 en una cantidad de al menos 15 g.

Cuando el material podía formar rollos y no se adhería a las manos al tocarlo, se disminuía el contenido de humedad. Moldeando la muestra con una espátula o exponiéndola a corrientes de aire, se puede reducir la humedad.

Se eligió una pieza de la muestra previamente preparada que pesaba entre 1,5 y 2,0 g. Para hacer rodar la pieza de la muestra se requería una presión continua que no superara la necesaria para crear rollos entre la palma de la mano o los dedos y la placa de vidrio esmerilado.

A lo largo de toda la longitud, se creó un rollo con un diámetro constante, que creció hasta tener un diámetro de unos 3,2 mm.

Si el rollo no comenzaba a partirse y desmoronarse al alcanzar este diámetro, el contenido de humedad del material era demasiado alto para que fuera plástico. En este caso, el material se vuelve a unir para crear una esfera mientras se manipula con las manos, lo que hace que pierda humedad.

El procedimiento se repitió hasta que el diámetro del material alcanzó los 3,2 mm, momento en el que empezó a partirse y desmoronarse. A continuación, se introdujo

el material en un recipiente de masa conocida y se registró el peso combinado de la muestra y el recipiente para su posterior cálculo mediante el método que se indica a continuación.

- Del contenido de Humedad de muestras, asumiríamos:

$$w (\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Donde:

$w (\%)$  = Contenido de Humedad de muestra de Suelo de talud.

$W_w$  = Peso de agua actual en la masa de muestra de suelo de talud.

$W_s$  = Peso seco de sólidos en el suelo de talud.

- Luego, para determinar el Límite Plástico de suelo de talud, fue así:

$$LP = \frac{W_1 + W_2 + \dots + W_n}{n}$$

Donde:

$LP$  = Limite Plástico de la muestra de Suelo de Talud.

$W$  = Humedad Natural de la muestra de Suelo de Talud.

$n$  = Número de puntos de humedad tomados o registrados.

#### ❖ DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD.

Finalmente, para este ensayo, es necesario determinar, además; el índice de Plasticidad donde los cálculos se realizan mediante la fórmula siguiente:

$$IP = LL - LP$$

Donde:

IP = Índice de Plasticidad de la muestra de Suelo de Talud.

LL = Límite Líquido de la muestra de Suelo de Talud.

LP = Límite Plástico de la muestra de Suelo de Talud.

### **Ensayo de Sales Solubles Totales en Muestra de Suelo de Talud en Estudio:**

En esta prueba, calentamos las cápsulas de evaporación a 180 °C durante una hora en el horno de secado para medir el total de sólidos disueltos en la muestra de suelo. Guardamos los artículos en el desecador hasta su uso y los pesamos enseguida ( $m_1$ ).

Añadimos una cantidad medida de la solución de prueba a la cápsula de evaporación y dejamos que se evapore hasta que se seque. Si el volumen de la prueba es superior a la capacidad de la cápsula de evaporación, se añaden partes adicionales después de cada evaporación. Secamos durante al menos una hora a 180 °C en la estufa de secado, luego enfriamos en el desecador y pesamos.

Hasta que se alcance un peso constante ( $m_2$ ) o hasta que la fluctuación de peso sea inferior al 4% del pesaje anterior o a 1 mg, lo que se cumpla, continuamos el ciclo de secado, enfriamiento con desecación. También es crucial tener en cuenta que, para ejecutar el cálculo de esta prueba, las determinaciones duplicadas deben coincidir dentro del 10% de su media.

$$SS = \frac{(m_2 - m_1) * D}{E} * 10^6$$

Donde:

SS = Total de sales solubles presentes en la muestra de Suelo de Talud.

$(m_2 - m_1)$  = Peso del residuo de evaporación.

D = Correlación de la mezcla Suelo: Agua (*mezcla es 1:3; D = 3*).

E = Volumen de extracto acuoso evaporado de la muestra de Suelo.

### **Ensayo de Relación Densidad/Humedad (Proctor) en Muestra de Suelo de Talud en Estudio:**

La muestra, que pesaba unos 5.000 gramos y se recogió en campo, se tamizó. Una vez terminado este proceso, se tomaron por separado la fracción gruesa y la fracción de prueba. A partir de sus pesos pudimos determinar los porcentajes en el conjunto de suelo extraído, y pudimos confirmar la estipulación inicial de que la muestra no tenía más de un 30% de retención en el tamiz de  $\frac{3}{4}$ ".

Las muestras se eligieron de forma que se pudieran realizar las pruebas sabiendo que se había cumplido el requisito previo. Cuando se forman los puntos del gráfico de compactación y su línea de tendencia, se requiere preparar al menos cuatro submuestras para que el pico de la curva sea el que represente la máxima densidad seca.

Los tres siguientes se dispersaron a discreción del técnico de laboratorio cuando se estableció un valor que se acercaba al nivel de humedad ideal. dos por encima, uno por debajo, o lo contrario. Se calculó la cantidad de agua necesaria para alcanzar los niveles de humedad establecidos y se midió el líquido con la mayor precisión posible mediante el uso de una pipeta.

El material se compactó dentro del molde utilizando el peso del molde que se había aplicado previamente. Había que disponer cinco capas del material y cada una de ellas recibía cincuenta y seis golpes. Había que garantizar la altura máxima de caída de cada golpe y el contacto completo de la superficie con la cara del martillo. Además, había que asegurarse de que la última capa no se extendiera más de 6 mm más allá del borde del molde.

Una vez terminada la compactación, se retiró la cubierta superior y se procedió al enrasado con una espátula cuyas propiedades se ajustaban a los requisitos de la operación. Era habitual que los guijarros colocados en la superficie se desprendieran durante el enrasado, dejando pequeños huecos; en esta situación, se procedió a rellenar estos espacios con la tierra sobrante del cribado.

Después de ser enjuagado, el molde fue retirado de su placa base y se anotó su peso. Para crear los cálculos de esta prueba, se retiró el material del molde y se

obtuvieron muestras para cada prueba con el fin de evaluar el contenido de humedad. Esto se hizo de acuerdo con el proceso indicado.

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Donde:

A = Área de Espécimen de ensayo.

D = Diámetro de Espécimen de ensayo.

$$V = A * H$$

Donde:

V = Volumen de Espécimen de ensayo.

H = Altura de Espécimen de ensayo.

$$W (\%) = \frac{Wh - Ws}{Ws - Wr} * 100$$

Donde:

W (%) = Porcentaje de Humedad.

Wr = Masa del Recipiente.

Wh = Masa de Recipiente + Suelo Húmedo.

Ws = Masa de Recipiente + Suelo Seco.

$$\rho. hum = \frac{W. hum}{V}$$

Donde:

$\rho. hum$  = Densidad Húmeda de muestra de Suelo de Talud.

W.hum = Peso de la muestra húmeda.

V = Volumen del Molde.

$$\rho \cdot s = \frac{\rho \cdot hum}{1 + W}$$

Donde:

$\rho \cdot s$  = Densidad Seca de muestra de Suelo de Talud.

W = Porcentaje de Humedad de muestra de Suelo de Talud.

### **Ensayo de Corte Directo en Muestra de Suelo de Talud en Estudio:**

Colocamos la caja en su plataforma nivelada y robusta y la ensamblamos allí antes de colocarla en el aparato de corte. Una vez alineadas las dos piezas de la caja y lubricadas en sus superficies de contacto con aceite, las unimos con los tornillos de alineación de la parte superior.

Presionamos la muestra hasta que salga del anillo y se coloque sobre la piedra porosa después de colocar el anillo sobre el borde del agujero de la caja superior y previamente una piedra porosa en el fondo de la caja. La técnica de empuje debe utilizarse de forma que se distribuya la fuerza sobre la mayor superficie de la cara superior.

Para evitar que se produzcan tensiones de cizallamiento al mover la caja antes de que comience el ensayo, este procedimiento debe realizarse mientras se aprietan los tornillos de alineación o de bloqueo. A continuación, se colocan la placa ranurada, el pistón de carga y una piedra porosa sobre la probeta.

La célula de carga se ajusta horizontal y verticalmente sin ejercer ni percibir ninguna fuerza, con la caja de cizalla montada y correctamente centrada dentro del carro deslizante.

Los deformímetros encargados de medir la consolidación producto de la tensión normal aplicada y los desplazamientos horizontales producto de las tensiones de cizallamiento aplicadas se ponen a cero para la aplicación de tensiones y el fallo de la muestra. El peso unitario del suelo y la profundidad a la que fue tomada deben servir para determinar la carga normal que se le aplicará.

También se estableció qué cargas se aplicarían a las dos muestras que se evaluarían posteriormente. En ello influyó directamente el tipo de proyecto que se iba a realizar y los esfuerzos a los que se sometería el suelo una vez terminado el proyecto en el terreno natural circundante.

A continuación, se colocaron pesos de acero en el brazo de carga para aplicar la carga típica. Una vez aplicada la carga típica, llenamos el carro de desplazamiento con agua para elevar el nivel de agua sobre la muestra y mantenerlo así durante la prueba. Esto permite que se produzca el drenaje y el proceso de consolidación.

Se inicia el procedimiento de corte de la muestra cuando se ha completado la fase de consolidación. Se aprietan los tornillos de separación en lugar de los tornillos de bloqueo o alineadores, elevando la parte superior de la caja 0,25 mm por encima de la parte inferior. Es importante tomar precauciones para garantizar que la superficie de contacto de los tornillos con la caja inferior no presente desgaste o fracturas, ya que ello puede aumentar significativamente la fuerza de cizallamiento necesaria durante el corte.

Este método registra las cargas aplicadas y los períodos en los intervalos de deformación especificados mientras se aplica la fuerza de cizallamiento a un ritmo constante. El ensayo se detiene, y tenemos la certeza de que se ha producido el fallo, cuando las cargas que registra la célula de carga se estabilizan o descienden bruscamente.

Para volver a desplazar la célula de carga de cizallamiento, retiramos entonces las pesas del brazo de carga y ordenamos al ordenador que lo haga. Después de realizar la prueba de humedad natural de la muestra en un contenedor, pasamos al cálculo correspondiente.

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Donde:

A = Área de espécimen de ensayo.

D = Diámetro de espécimen de ensayo.

$$V = A * H$$

Donde:

V = Volumen de espécimen de ensayo.

H = Altura de espécimen de ensayo.

$$W (seco) = \frac{W_{hum}}{1 + w}$$

Donde:

Wseco = Peso Seco de Suelo de Talud.

Whum = Peso Húmedo de Suelo de Talud.

W = Contenido de Humedad de Suelo de Talud.

$$\gamma. hum = \frac{W. hum}{V}$$

Donde:

$\gamma. hum$  = Peso Unitario Húmedo de muestra de Suelo de Talud.

W.hum = Peso de la muestra húmeda.

V = Volumen del Molde.

$$A. corr = A. inicial - ((Dh * (0,254)^3))$$

Donde:

A.corr = Área Corregida.

Dh = Deformación Horizontal.

$$\sigma = \frac{q}{A. \text{ corregida}}$$

Donde:

$\sigma$  = Esfuerzo Normal.

q = Carga Normal.

$$\tau = \frac{q_c}{A. \text{ corregida}}$$

Donde:

$\tau$  = Esfuerzo de Corte.

$q_c$  = Carga Horizontal.

$$W (\%) = \frac{Wh - Ws}{Ws - Wr} * 100$$

Donde:

W (%) = Porcentaje de Humedad.

Wr = Masa del Recipiente.

Wh = Masa del Recipiente + Suelo Húmedo.

Ws = Masa del Recipiente + Suelo Seco.

**Aplicación del Método Bishop para Cálculo de FS de Talud en el Km 16 + 780 de la Carretera Cutervo – Cochabamba, Empleando el Software Geo5:**

**Modelado de Talud en Estado Natural y con Refuerzo de Shotcrete Microfibras (0,15%) + Macrofibras (1,0%), con ( $f^c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ):**

Para la ejecución del presente trabajo, se contó con el siguiente personal: Un Ingeniero, Topógrafo, Ayudante. Además, se utilizó el siguiente equipo: Estación Total marca LEICA, Prisma, 01 GPS marca Garmin Colorado 300, 01 cámara fotográfica digital, Otros: wincha, estacas, pintura, etc. El terreno en estudio presentó una superficie de pendiente baja en la zona del proyecto y de desniveles llana que van desde 14 % de hasta 2 % de pendiente promedio. Se procedió a la lectura de 64 puntos desde 1 estación Total, ubicadas convenientemente con el objetivo de obtener un rendimiento óptimo de cálculo, además se dejó 2 BM's, ubicados estratégicamente sobre según como se muestra en el plano topográfico. Para el trabajo de gabinete, con los datos obtenidos en campo, se realizaron los cálculos y dibujo del plano en planta y perfil trasversal, mostrando los desniveles respectivos del terreno. Los cálculos para la determinación del área, azimut y coordenadas UTM, fueron realizados en computadora, con un software especializado en base de datos (Civil 3D 2020).

Para el modelado de cada Talud (Estado natural, y adicionando refuerzo Shotcrete experimentado), partimos desde un rango de coordenadas a través de interfaces insertadas al software Geo5, estos son colocados tentativamente partiendo de medidas reales que este presenta, designado por la visita realizada en el momento de la toma de muestra y además con la ayuda de Google Earth Pro, se visualiza la altura y pendiente aproximada que este talud de estudio presenta.

Es importante saber que la profundidad del punto de interfaz más profundo es sólo para la visualización del perfil transversal del talud, ya que no tiene ninguna influencia en el análisis que se plantea realizar. Luego modelamos las capas de interfaz; añadiendo punto a punto, respecto del terreno utilizando las coordenadas definidas inicialmente.

Luego definimos los parámetros del suelo que este talud de estudio presenta, tal como humedad, cohesión, ángulo de fricción interna, unidad de peso (peso específico) y la capacidad portante del suelo de talud. Una vez definido; le asignamos al perfil modelado y verificando la estabilidad de los taludes, se resuelve esta investigación con los parámetros efectivos de la fuerza de deslizamiento de los suelos, a través del mismo software.

Luego, para insertar los distintos refuerzos de Shotcrete experimentales modelamos el concreto como un cuerpo rígido con un Peso Unitario determinado y una resistencia a la Tensión o Flexión establecida por los ensayos realizados a este; y luego verificamos que la superficie de deslizamiento no pase a través de este objeto, porque es una zona con una gran rigidez.

En el siguiente paso, definimos la sobrecarga la cual consideramos permanente y del tipo franja ubicada en la superficie del terreno, a través de coordenadas iniciales y finales con una pendiente y magnitud determinada. Es importante saber que el cuadro de sismo no tiene ninguna influencia en este análisis, debido a que la pendiente no se encuentra en la zona de actividad sísmica. A continuación, en el cuadro "Configuración de etapa", seleccionamos la situación de diseño. En este caso, consideramos que la situación de diseño es "Permanente". Posterior a ello, asignamos un nivel freático del suelo, a través de la Fuente de Microzonificación Sísmica realizada en el Departamento de Cajamarca, en el cual; se establece un parámetro de profundidad aproximada en el que se encuentra el Nivel Freático en dicha zona.

La superficie de deslizamiento original se introduce entonces en el cuadro "Análisis" utilizando las coordenadas del centro (x, y) y del radio, y se introducen tres lugares por los que se desplaza la superficie de deslizamiento haciendo clic en la interfaz. Hay que tener en cuenta que las superficies de deslizamiento giratorias son más comunes en los suelos cohesivos. En la modelización de éstos se utilizan superficies de deslizamiento circulares. Esta superficie se emplea para identificar las regiones clave de los taludes. Este examen debe realizarse para los suelos no cohesivos junto con el diagnóstico de estabilidad de taludes.

Luego, seleccionamos el método matemático que pensamos realizar, en el caso; "Bishop" como método de análisis y, a continuación, establecemos el tipo de análisis como "Optimización" para un mejor detallado en cada coordenado de interfaz

establecida inicialmente, esto nos ayuda a saber cuál es el FS en cada una de ellas para una mejor Optimización de superficie de deslizamiento circular. Luego, realizamos la verificación real, presionando el botón "Analizar".

Encontrar la superficie de deslizamiento circular más pequeña, estable y crucial es el objetivo de la optimización. La optimización de las superficies de deslizamiento circulares del software Slope Stability proporciona una evaluación muy precisa de toda la pendiente. Obtuvimos el mismo resultado para una superficie de deslizamiento crítica para varias superficies de deslizamiento iniciales.

Cuando se aplica el enfoque de evaluación "Bishop", la definición de estabilidad aceptable de la superficie de deslizamiento crítica es superior a 1,00. Y dependiendo del análisis que se realice, se pueden utilizar varias formas de verificar esto. Sin embargo, no se sugiere utilizar todos los enfoques, ya que algunos de ellos son bastante cautelosos y podrían proporcionar factores de seguridad bastante bajos.

Finalmente, para realizar el análisis ingresamos la superficie de deslizamiento poligonal. Como método de análisis, seleccionamos "Bishop", como el tipo de análisis, seleccionamos además "optimización", introducimos una superficie de deslizamiento poligonal y realizamos el análisis. El valor del nivel de la superficie de deslizamiento para una superficie de deslizamiento poligonal es  $FS > 1,50$ , la cual fue evaluada tanto en el Talud en estado natural, como para el talud reforzado con Shotcrete experimental (Patrón y añadiendo distintos porcentajes de Microfibras y Macrofibras de Polipropileno Reciclado).

La posición de una superficie de deslizamiento inicial determina el grado de optimización de una superficie de deslizamiento poligonal. Esto indica que es conveniente realizar varios estudios con distintas superficies de deslizamiento iniciales y recuentos de secciones. Los mínimos locales del factor de seguridad también pueden influir en la optimización de las superficies de deslizamiento poligonales. Esto indica que la localización de la superficie crítica real no es esencial. Si se introduce la superficie de deslizamiento poligonal inicial desde un lugar y una forma comparables a una superficie de deslizamiento circular óptima, puede ser más eficaz.

## Resultados

### Ensayo de Materiales

#### Ensayo de Agregados para Diseño de Mezcla

#### Ensayo de Granulometría por Tamizado de los Agregados Fino y Grueso:

Tabla 17: Granulometría para el Agregado fino. Fuente: Propia

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Especificaciones: norma ASTM C 33 - USO PARA PRODUCIR CONCRETO	
3 1/2"	90.000						
3"	75.000						
2 1/2"	63.000						
2"	50.000						
1 1/2"	37.500						
1"	25.000						
3/4"	19.000						
1/2"	12.500				100.00		
3/8"	9.500	97.36	0.83	0.83	99.17	100	100
1/4"	6.300	86.40	0.74	1.57	98.43		
N° 4	4.750	91.63	0.78	2.35	97.65	95	100
N° 6	3.350	63.14	5.78	8.13	91.87		
N° 8	2.360	60.20	4.59	12.72	87.28	80	100
N° 10	2.000	23.10	2.11	14.83	85.17		
N° 16	1.180	127.63	11.68	26.51	73.49	60	85
N° 20	0.850	166.70	14.34	40.85	59.15		
N° 30	0.600	82.30	7.53	48.38	51.62	25	60
N° 40	0.425	136.60	12.49	60.87	39.13		
N° 50	0.300	184.00	16.83	77.70	22.30	10	30
N° 60	0.250	85.90	5.11	82.81	17.19		
N° 80	0.180	52.00	4.76	87.57	12.43		
N° 100	0.150	19.30	1.77	89.34	10.66	2	10
N° 200	0.075	44.70	4.09	93.43	6.57		
Pasante		71.83	6.57	100.00			

Tabla 18: Granulometría para el Agregado Grueso. Fuente: Propia

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Especificaciones: norma ASTM C 33 - USO PARA PRODUCIR CONCRETO	
3 1/2"	90.000						
3"	75.000						
2 1/2"	63.000						
2"	50.000						
1 1/2"	37.500						
1"	25.000						
3/4"	19.000				100.00	100	100
1/2"	12.500	1,032.40	8.03	8.03	91.97	90	100
3/8"	9.500	3,560.20	27.68	35.71	64.29	40	70
1/4"	6.300	3,670.30	28.54	64.25	35.75		
N° 4	4.750	2,861.80	22.25	86.50	13.50	0	15
N° 6	3.350	249.40	5.83	92.33	7.67		
N° 8	2.360	80.50	1.88	94.21	5.79	0	5
N° 10	2.000	29.70	0.69	94.90	5.10		
N° 16	1.180	62.00	1.45	96.35	3.65		
N° 20	0.850	28.20	0.66	97.01	2.99		
N° 30	0.600	23.70	0.55	97.56	2.44		
N° 40	0.425	20.60	0.48	98.04	1.96		
N° 50	0.300	23.30	0.54	98.58	1.42		
N° 60	0.250	9.80	0.23	98.81	1.19		
N° 80	0.180	13.90	0.32	99.13	0.87		
N° 100	0.150	5.10	0.12	99.25	0.75		
N° 200	0.075	7.00	0.16	99.41	0.59		
Pasante		24.20	0.57	99.98			

La arena y piedra provenientes de la cantera Yangachis, localizada en el distrito de La Succha, Cutervo, Cajamarca, cumplen con las especificaciones granulométricas señaladas por el ITINTEC 400.037. Para confeccionar el diseño de la mezcla, tanto estándar como experimental, será importante conocer el tamaño máximo nominal del agregado grueso, que se solventó que sea de  $\frac{1}{2}$ " y el módulo de finura del agregado fino, que se determinó en 3.00.

### Ensayo de Contenido de Humedad de los Agregados Fino y Grueso:

Tabla 19: Contenido de Humedad de Agregado Fino. Fuente Propia

Descripcion	4	7
Peso de tara (gr)	68.60	73.60
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	767.10	786.30
Peso de la tara + muestra seca (gr)	722.10	740.90
Peso del agua contenida (gr)	45.00	45.40
Peso de la muestra seca (gr)	653.50	667.30
Contenido de Humedad (%)	6.89	6.80
<b>Contenido de Humedad Promedio (%)</b>	<b>6.84</b>	

Tabla 20: Contenido de Humedad de Agregado Grueso. Fuente Propia

Descripcion	1	4
Peso de tara (gr)	70.80	72.40
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	1312.30	1129.70
Peso de la tara + muestra seca (gr)	1290.30	1111.70
Peso del agua contenida (gr)	22.00	18.00
Peso de la muestra seca (gr)	1219.50	1039.30
Contenido de Humedad (%)	1.80	1.73
<b>Contenido de Humedad Promedio (%)</b>	<b>1.77</b>	

El agregado fino tenía un nivel de humedad del 6,84%, mientras que el agregado grueso tenía un contenido de humedad del 1,77%.

### Ensayo de Contenido de Humedad Superficial de Agregado Fino:

Tabla 21: Contenido de Humedad Superficial de Agregado Fino. Fuente: Propia

Descripción	101	102
Peso de tara (gr)	72.50	72.80
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	582.40	590.40
Peso de la tara + muestra seca (gr)	580.30	588.30
Peso del agua contenida (gr)	2.10	2.10
Peso de la muestra seca (gr)	507.80	515.50
Contenido de Humedad (%)	0.41	0.41
<b>Contenido de Humedad Promedio (%)</b>	<b>0.41</b>	

El agregado fino presentó un contenido de Humedad Superficial de 0,41%.

### Ensayo de Límite de Consistencia de Agregado Fino:

Tabla 22: Límite Líquido en Agregado Fino. Fuente: Propia

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO					
N° de Tarro		4	1	13	
Peso de Tarro + Suelo Húmedo	gr.	119.10	117.80	115.90	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	113.31	112.41	111.57	
Peso de Tarro	gr.	72.00	71.90	76.80	
Peso de Agua	gr.	5.79	5.39	4.33	
Peso del Suelo Seco	gr.	41.31	40.51	35.77	Límite Líquido
Contenido de Humedad	%	14.02	13.31	12.11	<b>13.0</b>
Numero de Golpes		17	25	34	

El límite de Consistencia del Agregado Fino presentó un rango de 13 para su Límite Líquido.

### Ensayo de Equivalente de Arena de Agregado Fino:

Tabla 23: Equivalente de Arena en Agregado Fino. Fuente: Propia

Descripción	U/m	IDENTIFICACION				Promedio
		1	2	3	4	
Tamaño máximo (pasa malla N° 4)	mm	4.75	4.75	4.75		
Hora de entrada a saturación		09:46	09:51	09:56		
Hora de salida de saturación (mas 10")		09:56	10:01	10:06		
Hora de entrada a decantación		09:58	10:03	10:08		
Hora de salida de decantación (mas 20")		10:18	10:23	10:28		
Altura máxima de material fino	pulg	4.30	4.63	4.50		
Altura máxima de la arena	pulg	3.40	3.60	3.50		
Equivalente de Arena	%	79.07	77.75	77.78		78

En el agregado fino el equivalente de Arena presente fue de 78%.

### Ensayo de Material Fino que Pasa por el Tamiz N° 200:

Tabla 24: Porcentaje de Ag. Fino que pasa por N° 200. Fuente: Propia

N° RECIPIENTE	2	7	3	
(B) PESO ORIGINAL DE LA MUESTRA SECA + TARA (gr)	1019.20	1017.5	1023.70	
(C) PESO DE LA MUESTRA SECA, DESPUES DEL LAVADO +TARA (gr)	992.10	989.3	1002.30	
PESO DEL MATERIAL PASANTE	27.1	28.2	21.4	
PESO DEL RECIPIENTE	0.00	0.0	0.00	
PESO DE LA MUESTRA SECA LAVADA	992.1	989.3	1002.3	
(A) % DE LA MALLA 200	2.73	2.85	2.14	
PROMEDIO				2.57

Un total del 2,57% del material fino superó o pasó el tamiz N° 200.

## Ensayo de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables de Agregado Fino:

Tabla 25: Porcentaje de Terrones de Arcilla PD en Ag. Fino. Fuente: propia

Tamaño del Agregado		A (gr.)	B (gr.)	C ((1-B/A)*100)	D (%)	E (%)
1 1/2"	3/4"	0.0	0.0			
3/4"	3/8"	0.0	0.0			
3/8"	Nº 4	384.7	382.0			
Nº4	Nº 16	145.5	142.3	2.199	58.4	1.3
Total			524.300	2.199	58.4	1.3
Porcentaje terrones de arcilla y P.D. (TOTAL E / TOTAL D):				3.20		<u>2.20</u>

El porcentaje de Terrones o grumos de arcilla y partículas deleznables presentes en el agregado fino fue de 2,20%.

## Ensayo de Peso Unitario y Vacíos de los Agregados Fino y Grueso:

Tabla 26: Peso Unitario en Agregado Fino. Fuente: Propia

<b>1. Peso Unitario Suelto</b>			
Descripcion	1	2	3
Peso del recipiente + muestra (gr)	15940.0	15920	15910
Peso del recipiente (gr)	7310.0	7310.0	7310.0
Peso de la muestra (gr)	8630.0	8610.0	8600.0
Volumen (m³)	5301.4	5301.4	5301.4
Peso Unitario Suelto Humedo (kg/cm³)	1.628	1.624	1.622
<b>Peso Unitario Suelto Seco</b>	<b>1.622</b>		
<b>1. Peso Unitario Compactado</b>			
Descripcion	1	2	3
Peso del recipiente + muestra (gr)	17090.0	17080	17110
Peso del recipiente (gr)	7310.0	7310.0	7310.0
Peso de la muestra (gr)	9780.0	9770	9800
Volumen( cm³)	5301.4	5301.4	5301.4
Peso Unitario Compactado Humedo (kg/cm³)	1.845	1.843	1.849
<b>Peso Unitario Compactado Seco</b>	<b>1.843</b>		

Tabla 27: Peso Unitario en Agregado Grueso. Fuente: Propia

**1. Peso Unitario Suelto**

Descripcion	1	2	3
Peso del recipiente + muestra (gr)	14620.0	14630	14600
Peso del recipiente (gr)	7310.0	7310.0	7310.0
Peso de la muestra (gr)	7310.0	7320	7290
Volumen (m <sup>3</sup> )	5301.4	5301.4	5301.4
Peso Unitario Suelto Humedo (kg/cm <sup>3</sup> )	1.379	1.381	1.375
<b>Peso Unitario Suelto Seco</b>	<b>1.376</b>		

**1. Peso Unitario Compactado**

Descripcion	1	2	3
Peso del recipiente + muestra (gr)	15360.0	15330	15330
Peso del recipiente (gr)	7310.0	7310.0	7310.0
Peso de la muestra (gr)	8050.0	8020	8020
Volumen (m <sup>3</sup> )	5301.4	5301.4	5301.4
Peso Unitario Compactado Humedo (kg/cm <sup>3</sup> )	1.518	1.513	1.513
<b>Peso Unitario Compactado Seco</b>	<b>1.512</b>		

Los pesos unitarios secos sueltos del árido fino y del árido grueso son, respectivamente, 1622 kg/m<sup>3</sup> y 1376 kg/m<sup>3</sup>.

El peso unitario seco compactado del árido fino es de 1843 kg/m<sup>3</sup>, mientras que el del árido grueso es de 1512 kg/m<sup>3</sup>.

### Ensayo de Gravedad Específica y Absorción de los Agregados Fino y Grueso:

Tabla 28: Peso Específico de Agregado Fino. Fuente: Propia

RESULTADOS		1	2	PROMEDIO
1	GEC: $B / (G - F) =$	2.446	2.438	2.442
2	GESSS: $A / (G - F) =$	2.478	2.477	2.477
3	GEA: $B / ((G - F) - (A - B)) =$	2.526	2.538	2.532
4	% de absorción = $((A - B) / B) * 100 =$	1.297	1.617	1.457

Tabla 29: Peso Especifico de Agregado Grueso. Fuente: Propia

DATOS					
RECIPIENTE		1	2	3	PROMEDIO
A). Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Aire)	gr.	2310.0	2315.0		
B). Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Agua)	gr.	1440.0	1430.0		
C). Vol. de Masa + Vol de Vacíos = A-B	gr.	870.0	885.0		
D). Peso Material Seco en Estufa (105 °C)	gr.	2300.0	2305.0		
E). Vol. de Masa = C-(A-D)	gr.	860.0	875.0		
Peso Bulk (Base Seca) = D/C	gr/cc.	2.644	2.605		2.624
Peso Bulk ( Base Saturada) = A/C	gr/cc.	2.655	2.616		2.635
Peso Aparente ( Base Seca ) = D/E	gr/cc.	2.674	2.634		2.654
% de Absorción = ((A -D)/D)*100	%	0.43	0.43		0.43

El peso específico del árido grueso era de 2,64 g/cm<sup>3</sup> con una absorción del 0,43%, mientras que el peso específico del árido fino era de 2,53 g/cm<sup>3</sup> con una absorción del 1,46%.

### Ensayo de Impurezas Orgánicas en el Agregado Fino:

Tabla 30: Impurezas Orgánicas en Agregado Fino. Fuente: Propia

TABLA DE COLORES ESTANDAR		RESULTADOS DE LA PRUEBA		
		COLOR DEL LIQUIDO DE LA MUESTRA	INTERPRETACION	CONCLUSIÓN
↑ MAS CLARO	8	X	POCO O NINGUN CONTENIDO DE COMPONENTE ORGÁNICO DAÑINO	APROBADO PARA USO
	11			
COLOR ESTANDAR DE REFERENCIA	14	CONTENIDO DE COMPONENTE ORGÁNICO ACEPTABLE		
↓ MAS OSCURO	16	POSIBILIDAD DE CONTENIDO DE COMPONENTE ORGANICO DAÑINO	!ADVERTENCIA¡ NESECITA DE OTRAS PRUEBAS DE VERIFICACIÓN	
	18			

El resultado de impurezas orgánicas presentes en los áridos finos fue aprobado para su posterior uso en el diseño de mezcla.

## Elaboración de Diseño de Mezcla

Tabla 31: Diseño de Mezcla Patrón. Fuente: Propia

<b>CANTIDADES DE MATERIAL POR METRO CÚBICO (DOSIFICACIÓN)</b>		
Cemento	.....	495.65 Kg/m <sup>3</sup> .
Agua	.....	178.17 l/m <sup>3</sup> .
Agregado Fino	.....	765.01 Kg/m <sup>3</sup> .
Agregado Grueso	.....	816.02 Kg/m <sup>3</sup> .
Aditivo	.....	3.30 l/m <sup>3</sup> .
<b>PROPORCIÓN EN VOLUMENES.</b>		
Cemento	.....	1.00
Agregado Fino	.....	1.34
Agregado Grueso	.....	1.76
Agua	.....	15.32
Aditivo	.....	0.28

Tabla 32: Dosificación en Volúmenes de Diseño de Mezcla. Fuente: Propia

<b>DOSIFICACIÓN EN VOLUMENES</b>					
Cemento		1.00			
Agregado Fino		1.34			
Agregado Grueso		1.76			
Agua		15.32 l		4.05 glns.	
Aditivo		0.28 l			
<b>C:AF:AG:A:ADIT</b>	<b>EN VOLUMENES</b>	<b>O SEA ----&gt;</b>	<b>1.00</b>	<b>1.34</b>	<b>1.76</b>
			<b>15.32</b>	<b>0.28</b>	

Tabla 33: Cantidades de Material por M3. Fuente: Propia

<b>CANTIDADES DE MATERIAL POR METRO CÚBICO (DOSIFICACIÓN)</b>		
Cemento	.....	495.65 Kg/m <sup>3</sup> .
Agua	.....	178.17 l/m <sup>3</sup> .
Agregado Fino	.....	765.01 Kg/m <sup>3</sup> .
Agregado Grueso	.....	816.02 Kg/m <sup>3</sup> .
Aditivo	.....	3.30 l/m <sup>3</sup> .

Para asegurar que el diseño inicial de la mezcla se adhiere a la resistencia para la que está destinada, se evaluaron muestras estándar a los 7 y 28 días. Los resultados mostraron el cumplimiento de la variabilidad, así como el asentamiento de diseño de  $7 \pm 1 \frac{1}{2}$ " según norma establecida en ASTM C-94.

Tabla 34: Diseño de Mezcla Experimental (0,15% de Microfibra + 0,5% de Macrofibra). Fuente: Propia

<b>CANTIDADES DE MATERIAL POR METRO CÚBICO (DOSIFICACIÓN)</b>		
Cemento	.....	495.65 Kg/m <sup>3</sup> .
Agua	.....	174.86 l/m <sup>3</sup> .
Agregado Fino	.....	759.87 Kg/m <sup>3</sup> .
Agregado Grueso	.....	810.89 Kg/m <sup>3</sup> .
Aditivo	.....	3.30 l/m <sup>3</sup> .
MACROFIBRAS DE POLIPROPILENO(0.5%)	.....	7.91 Kg/m <sup>3</sup> .
MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO(0.15%)	.....	2.37 Kg/m <sup>3</sup> .
<b>PROPORCIÓN EN VOLUMENES.</b>		
Cemento	.....	1.00
Agregado Fino	.....	1.33
Agregado Grueso	.....	1.75
Agua	.....	15.32
Aditivo	.....	0.28

Tabla 35: Diseño de Mezcla Experimental (0,15% de Microfibra + 1,0% de Macrofibra). Fuente: Propia

<b>CANTIDADES DE MATERIAL POR METRO CÚBICO (DOSIFICACIÓN)</b>		
Cemento	.....	495.65 Kg/m <sup>3</sup> .
Agua	.....	174.86 l/m <sup>3</sup> .
Agregado Fino	.....	755.92 Kg/m <sup>3</sup> .
Agregado Grueso	.....	806.93 Kg/m <sup>3</sup> .
Aditivo	.....	3.30 l/m <sup>3</sup> .
MACROFIBRAS DE POLIPROPILENO(1.0%)	.....	15.81 Kg/m <sup>3</sup> .
MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO(0.15%)	.....	2.37 Kg/m <sup>3</sup> .
<b>PROPORCIÓN EN VOLUMENES.</b>		
Cemento	.....	1.00
Agregado Fino	.....	1.32
Agregado Grueso	.....	1.74
Agua	.....	15.32
Aditivo	.....	0.28

Tabla 36: Diseño de Mezcla Experimental (0,15% de Microfibra + 1,5% de Macrofibra). Fuente: Propia

<b>CANTIDADES DE MATERIAL POR METRO CÚBICO (DOSIFICACIÓN)</b>		
Cemento	.....	495.65 Kg/m <sup>3</sup> .
Agua	.....	174.86 l/m <sup>3</sup> .
Agregado Fino	.....	751.97 Kg/m <sup>3</sup> .
Agregado Grueso	.....	802.98 Kg/m <sup>3</sup> .
Aditivo	.....	3.30 l/m <sup>3</sup> .
MACROFIBRAS DE POLIPROPILENO(1.5%)	.....	23.72 Kg/m <sup>3</sup> .
MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO(0.15%)	.....	2.37 Kg/m <sup>3</sup> .
<b>PROPORCIÓN EN VOLUMENES.</b>		
Cemento	.....	1.00
Agregado Fino	.....	1.31
Agregado Grueso	.....	1.74
Agua	.....	15.32
Aditivo	.....	0.28

Los diseños de mezcla experimentales, cumplieron con el slump de diseño de  $7 \pm 1 \frac{1}{2}$ " Según ASTM C-94. Además, se realizó su respectivo curado a una temperatura de aproximadamente  $21 \pm 2$  °C, y el curado respetivo en laboratorio a cada edad de diseño. Posterior a ello se realizó los 3 tipos de ensayo que se planteó experimentar,

para establecer la resistencia a compresión, tracción y flexión, y finalmente determinar qué porcentaje de adición de fibras (microfibras y macrofibras de polipropileno reciclado), es el más ideal para alcanzar una mejor resistencia de shotcrete.

## Ensayo de Concreto

### Ensayo de Concreto en Estado Fresco

#### Ensayo de Asentamiento de Concreto (Slump = 7''):

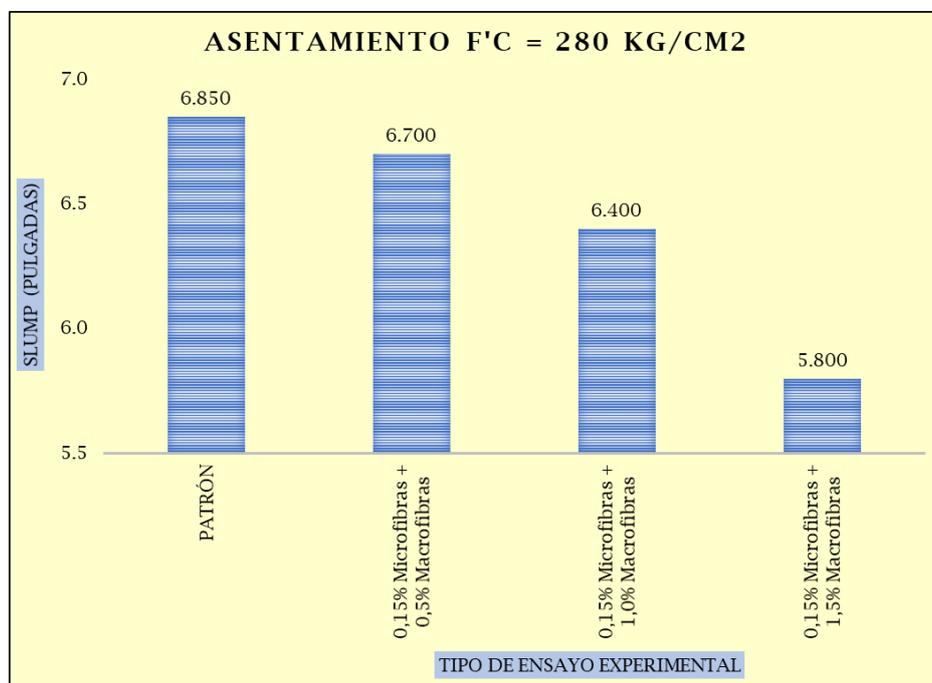


Gráfico 1: Asentamiento de Concretos  $f_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ . Fuente: Propia

- ✓ El asentamiento obtenido de la muestra de concreto patrón (sin adición de Microfibras y Macrofibras de polipropileno reciclado), es de 6,85''.
- ✓ El asentamiento obtenido de la muestra de concreto experimental 01 (0,15% de Microfibras + 0,5% de Macrofibras de polipropileno reciclado), es de 6,70''.
- ✓ El asentamiento obtenido de la muestra de concreto experimental 02 (0,15% de Microfibras + 1,0% de Macrofibras de polipropileno reciclado), es de 6,40''.

- ✓ El asentamiento obtenido de la muestra de concreto experimental 03 (0,15% de Microfibras + 1,5% de Macrofibras de polipropileno reciclado), es de 5,80”.

### Peso Unitario de Shotcrete:

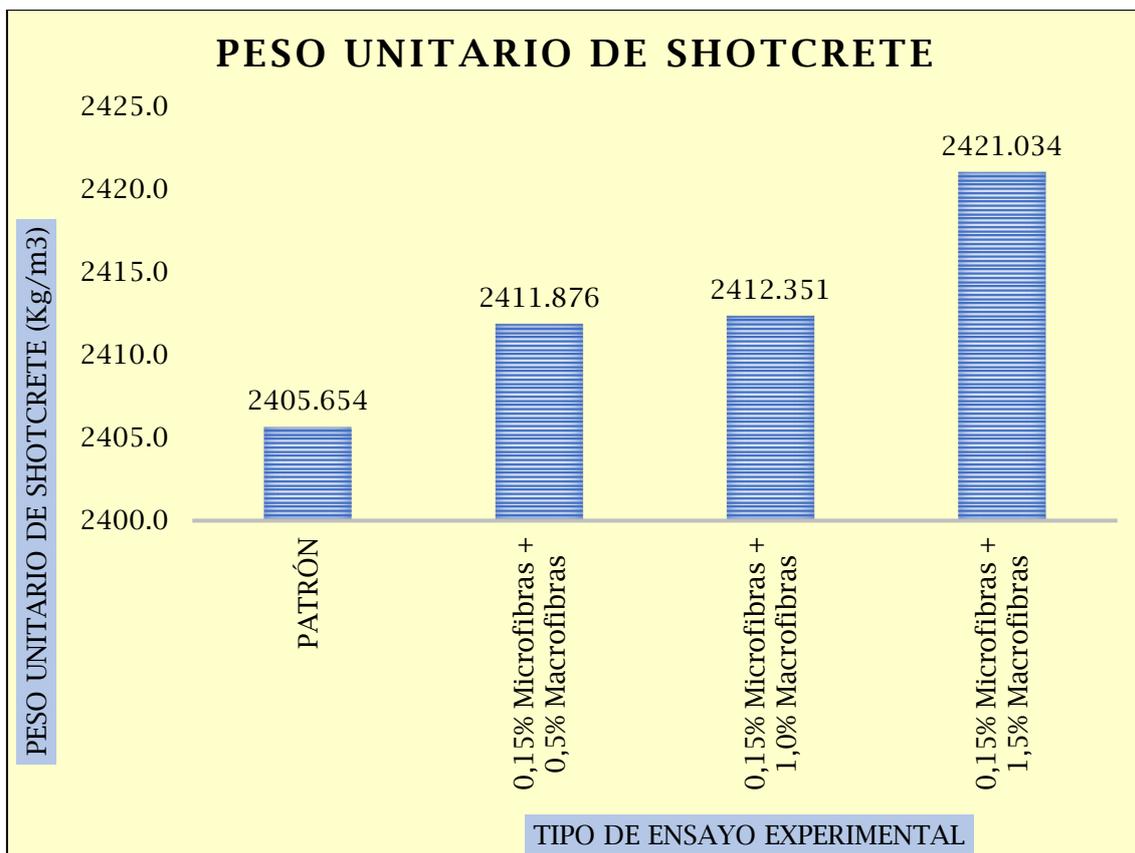


Gráfico 2: Peso Unitario de Concretos  $f_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ . Fuente: Propia

- ✓ El peso unitario de la muestra de concreto patrón (sin adición de Microfibras y Macrofibras de polipropileno reciclado), en estado fresco, es de 2405.654 Kg/m<sup>3</sup>.
- ✓ El peso unitario de la muestra de concreto experimental 01 (0,15% de Microfibras + 0,5% de Macrofibras de polipropileno reciclado), en estado fresco, es de 2411.876 Kg/m<sup>3</sup>.
- ✓ El peso unitario de la muestra de concreto experimental 02 (0,15% de Microfibras + 1,0% de Macrofibras de polipropileno reciclado), en estado fresco, es de 2412.351 Kg/m<sup>3</sup>.

- ✓ El peso unitario de la muestra de concreto experimental 03 (0,15% de Microfibras + 1,5% de Macrofibras de polipropileno reciclado), en estado fresco, es de 2421.034 Kg/m<sup>3</sup>.

### Temperatura de Concreto:

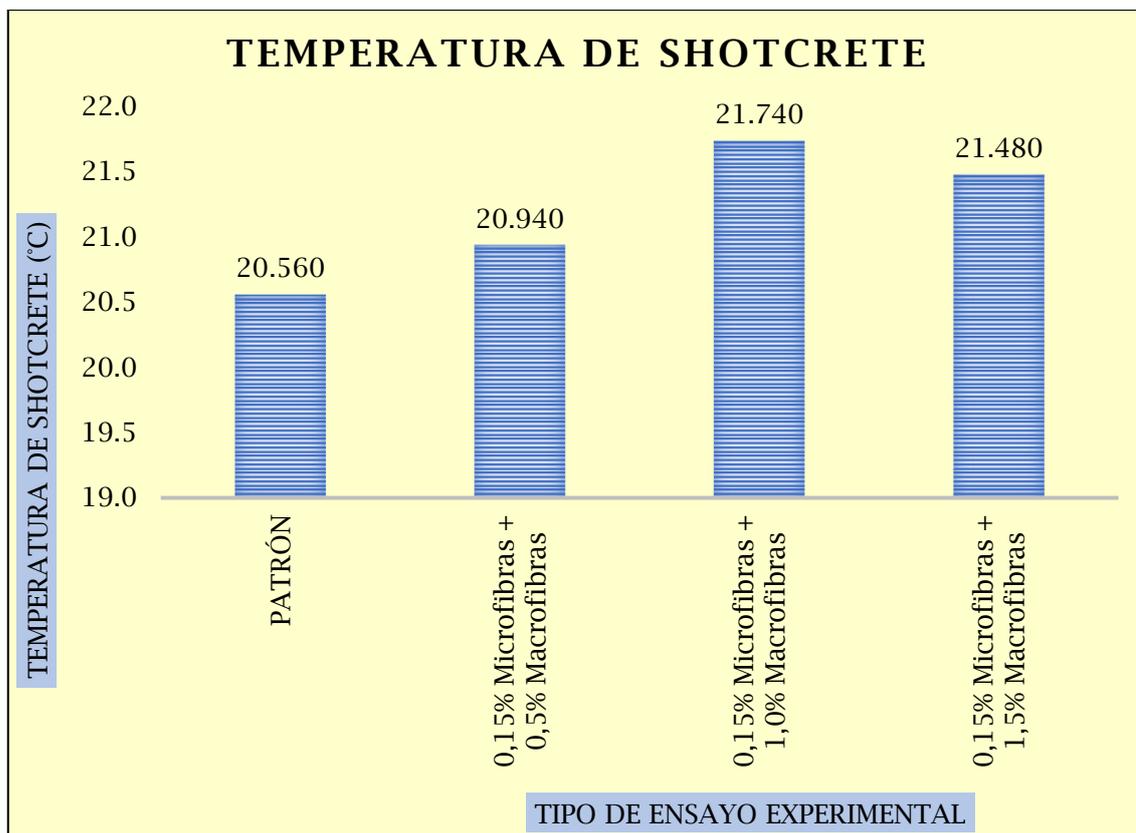


Gráfico 3: Temperaturas de Concretos con  $f_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ . Fuente: Propia

- ✓ La temperatura de la muestra de concreto patrón (sin adición de Microfibras y Macrofibras de polipropileno reciclado), en estado fresco, es de 20.560 °C.
- ✓ La temperatura de la muestra de concreto experimental 01 (0,15% de Microfibras + 0,5% de Macrofibras de polipropileno reciclado), en estado fresco, es de 20.940 °C.
- ✓ La temperatura de la muestra de concreto experimental 02 (0,15% de Microfibras + 1,0% de Macrofibras de polipropileno reciclado), en estado fresco, es de 21.740 °C.

- ✓ La temperatura de la muestra de concreto experimental 03 (0,15% de Microfibras + 1,5% de Macrofibras de polipropileno reciclado), en estado fresco, es de 21.480 °C.

### Ensayo de Concreto en Estado Endurecido

### Ensayo de Testigos Cilíndricos de Concreto (Ensayo de Compresión):

Tabla 37: Ensayos de Testigos Cilíndricos de concreto Patrón (Ensayo de Compresión). Fuente: Propia

CONTRATO/ ESTRUCTURA/ELEMENTO.	N° DE CILINDRO	FECHA DE TOMA DE MUESTRA	DIAS DE CURAD O	FECHA DE ROTURA	CARGA APLICADA (Kg)	COMPRESIÓN A LA FECHA (Kg/cm <sup>2</sup> )		% DE RESISTENCIA ESTIMADA SEGÚN LA CANTIDAD DE DIAS	PORCENTAJE CON RESPECTO A f' <sub>c</sub> DE DISEÑO	TIPO DE FALLA					
						OBTENIDA	DISEÑO								
PATRÓN (0% Microfibras + 0% Macrofibras)	1	30/04/2022	3	03/05/2022	21546.59919	121.77	280	42 ~ 53%	43.49%					X	
	2		3	03/05/2022	21369.1686	120.76	280	42 ~ 53%	43.13%					X	
	3		3	03/05/2022	21479.29793	121.06	280	42 ~ 53%	43.24%	X					
PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN						121.20	280	42 ~ 53%	43.28%						
PATRÓN (0% Microfibras + 0% Macrofibras)	1	30/04/2022	7	07/05/2022	36374.28961	205.56	280	70 ~ 85%	73.42%					X	
	2		7	07/05/2022	35725.75024	202.17	280	70 ~ 85%	72.20%					X	
	3		7	07/05/2022	35959.2652	202.68	280	70 ~ 85%	72.38%						X
PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN						203.47	280	70 ~ 85%	72.67%						
PATRÓN (0% Microfibras + 0% Macrofibras)	1	30/04/2022	21	21/05/2022	42373.27887	239.46	280	85 ~ 95%	85.52%	X					
	2		21	21/05/2022	42659.81907	241.41	280	85 ~ 95%	86.22%					X	
	3		21	21/05/2022	42834.19051	241.43	280	85 ~ 95%	86.22%					X	
PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN						240.76	280	85 ~ 95%	85.99%						
PATRÓN (0% Microfibras + 0% Macrofibras)	1	30/04/2022	28	28/05/2022	51755.68583	292.10	280	100 ~ 120%	104.32%		X				
	2		28	28/05/2022	52059.5612	294.20	280	100 ~ 120%	105.07%					X	
	3		28	28/05/2022	52123.80331	293.78	280	100 ~ 120%	104.92%					X	
PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN						293.36	280	100 ~ 120%	104.77%						

Tabla 38: Ensayos de Testigos Cilíndricos de concreto E-01 (Ensayo de Compresión). Fuente: Propia

CONTRATO/ ESTRUCTURA/ELEMENTO.	N° DE CILINDRO	FECHA DE TOMA DE MUESTRA	DIAS DE CURAD O	FECHA DE ROTURA	CARGA APLICADA (Kg)	COMPRESIÓN A LA FECHA (Kg/cm <sup>2</sup> )		% DE RESISTENCIA ESTIMADA SEGÚN LA CANTIDAD DE DIAS	PORCENTAJE CON RESPECTO A f <sub>c</sub> DE DISEÑO	TIPO DE FALLA				
						OBTENIDA	DISEÑO							
EXPERIMENTAL 01 (0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	3	03/05/2022	22822.15786	128.97	280	42 ~ 53%	46.06%			X		
	2		3	03/05/2022	23061.60675	130.50	280	42 ~ 53%	46.61%				X	
	3		3	03/05/2022	22860.41679	128.85	280	42 ~ 53%	46.02%		X			
PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN						129.44	280	42 ~ 53%	46.23%					
EXPERIMENTAL 01 (0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	7	07/05/2022	38447.62412	217.28	280	70 ~ 85%	77.60%				X	
	2		7	07/05/2022	37315.54612	211.16	280	70 ~ 85%	75.42%				X	
	3		7	07/05/2022	37559.4525	211.98	280	70 ~ 85%	75.71%					X
PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN						213.47	280	70 ~ 85%	76.24%					
EXPERIMENTAL 01 (0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	21	21/05/2022	44682.62257	252.52	280	85 ~ 95%	90.18%	X				
	2		21	21/05/2022	44937.85341	254.30	280	85 ~ 95%	90.82%				X	
	3		21	21/05/2022	45344.27407	256.25	280	85 ~ 95%	91.52%				X	
PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN						254.36	280	85 ~ 95%	90.84%					
EXPERIMENTAL 01 (0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	28	28/05/2022	54669.53095	308.95	280	100 ~ 120%	110.34%	X				
	2		28	28/05/2022	54849.95368	310.39	280	100 ~ 120%	110.85%				X	
	3		28	28/05/2022	55136.55914	311.18	280	100 ~ 120%	111.14%				X	
PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN						310.17	280	100 ~ 120%	110.78%					

Tabla 39: Ensayos de Testigos Cilíndricos de concreto E-02 (Ensayo de Compresión). Fuente: Propia

CONTRATO/ ESTRUCTURA/ELEMENTO.	N° DE CILINDRO	FECHA DE TOMA DE MUESTRA	DIAS DE CURAD O	FECHA DE ROTURA	CARGA APLICADA (Kg)	COMPRESIÓN A LA FECHA (Kg/cm <sup>2</sup> )		% DE RESISTENCIA ESTIMADA SEGÚN LA CANTIDAD DE DIAS	PORCENTAJE CON RESPECTO A f <sub>c</sub> DE DISEÑO	TIPO DE FALLA				
						OBTENIDA	DISEÑO							
EXPERIMENTAL 02 (0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras)	1	30/04/2022	3	03/05/2022	25498.24548	144.10	280	42 ~ 53%	51.46%			X		
	2		3	03/05/2022	25295.75333	143.14	280	42 ~ 53%	51.12%				X	
	3		3	03/05/2022	25506.66629	144.34	280	42 ~ 53%	51.55%		X			
PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN						143.86	280	42 ~ 53%	51.38%					
EXPERIMENTAL 02 (0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras)	1	30/04/2022	7	07/05/2022	43012.59747	243.08	280	70 ~ 85%	86.81%				X	
	2		7	07/05/2022	42324.2963	239.51	280	70 ~ 85%	85.54%				X	
	3		7	07/05/2022	42564.98222	240.23	280	70 ~ 85%	85.80%					X
PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN						240.94	280	70 ~ 85%	86.05%					
EXPERIMENTAL 02 (0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras)	1	30/04/2022	21	21/05/2022	50157.2502	283.45	280	85 ~ 95%	101.23%	X				
	2		21	21/05/2022	50069.82964	282.58	280	85 ~ 95%	100.92%				X	
	3		21	21/05/2022	50661.15363	285.92	280	85 ~ 95%	102.11%				X	
PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN						283.99	280	85 ~ 95%	101.42%					
EXPERIMENTAL 02 (0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras)	1	30/04/2022	28	28/05/2022	60952.67121	344.92	280	100 ~ 120%	123.19%	X				
	2		28	28/05/2022	61971.70166	349.75	280	100 ~ 120%	124.91%				X	
	3		28	28/05/2022	61474.81363	347.88	280	100 ~ 120%	124.24%				X	
PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN						347.52	280	100 ~ 120%	124.11%					

Tabla 40: Ensayos de Testigos Cilíndricos de concreto E-03 (Ensayo de Compresión). Fuente: Propia

CONTRATO/ ESTRUCTURA/ELEMENTO.	N° DE CILINDRO	FECHA DE TOMA DE MUESTRA	DÍAS DE CURAD O	FECHA DE ROTURA	CARGA APLICADA (Kg)	COMPRESIÓN A LA FECHA (Kg/cm <sup>2</sup> )		% DE RESISTENCIA ESTIMADA SEGÚN LA CANTIDAD DE DÍAS	PORCENTAJE CON RESPECTO A f <sub>c</sub> DE DISEÑO	TIPO DE FALLA				
						OBTENIDA	DISEÑO							
EXPERIMENTAL 03 (0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	3	03/05/2022	23943.22741	134.95	280	42 ~ 53%	48.20%			X		
	2		3	03/05/2022	23772.13161	134.52	280	42 ~ 53%	48.04%				X	
	3		3	03/05/2022	23987.00596	135.38	280	42 ~ 53%	48.35%		X			
PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN						134.95	280	42 ~ 53%	48.20%					
EXPERIMENTAL 03 (0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	7	07/05/2022	40584.24989	229.66	280	70 ~ 85%	82.02%				X	
	2		7	07/05/2022	39628.07393	223.95	280	70 ~ 85%	79.98%				X	
	3		7	07/05/2022	40282.64766	227.04	280	70 ~ 85%	81.09%					X
PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN						226.88	280	70 ~ 85%	81.03%					
EXPERIMENTAL 03 (0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	21	21/05/2022	47005.94945	265.64	280	85 ~ 95%	94.87%	X				
	2		21	21/05/2022	47319.55111	267.77	280	85 ~ 95%	95.63%				X	
	3		21	21/05/2022	47515.96753	267.81	280	85 ~ 95%	95.65%				X	
PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN						267.08	280	85 ~ 95%	95.38%					
EXPERIMENTAL 03 (0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	28	28/05/2022	57393.43269	324.35	280	100 ~ 120%	115.84%	X				
	2		28	28/05/2022	57798.08663	326.20	280	100 ~ 120%	116.50%				X	
	3		28	28/05/2022	58098.75489	328.33	280	100 ~ 120%	117.26%				X	
PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN						326.29	280	100 ~ 120%	116.53%					

Tabla 41: Ensayos de Testigos Cilíndricos de concreto en las Edades de Ensayo (Ensayo de Compresión). Fuente: Propia

3 DÍAS			
PATRÓN	0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras	0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras	0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras
121.198	129.442	143.860	134.950

7 DÍAS			
PATRÓN	0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras	0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras	0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras
203.468	213.473	240.937	226.885

21 DÍAS			
PATRÓN	0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras	0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras	0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras
240.765	254.355	283.986	267.077

28 DÍAS			
PATRÓN	0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras	0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras	0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras
293.362	310.173	347.518	326.294

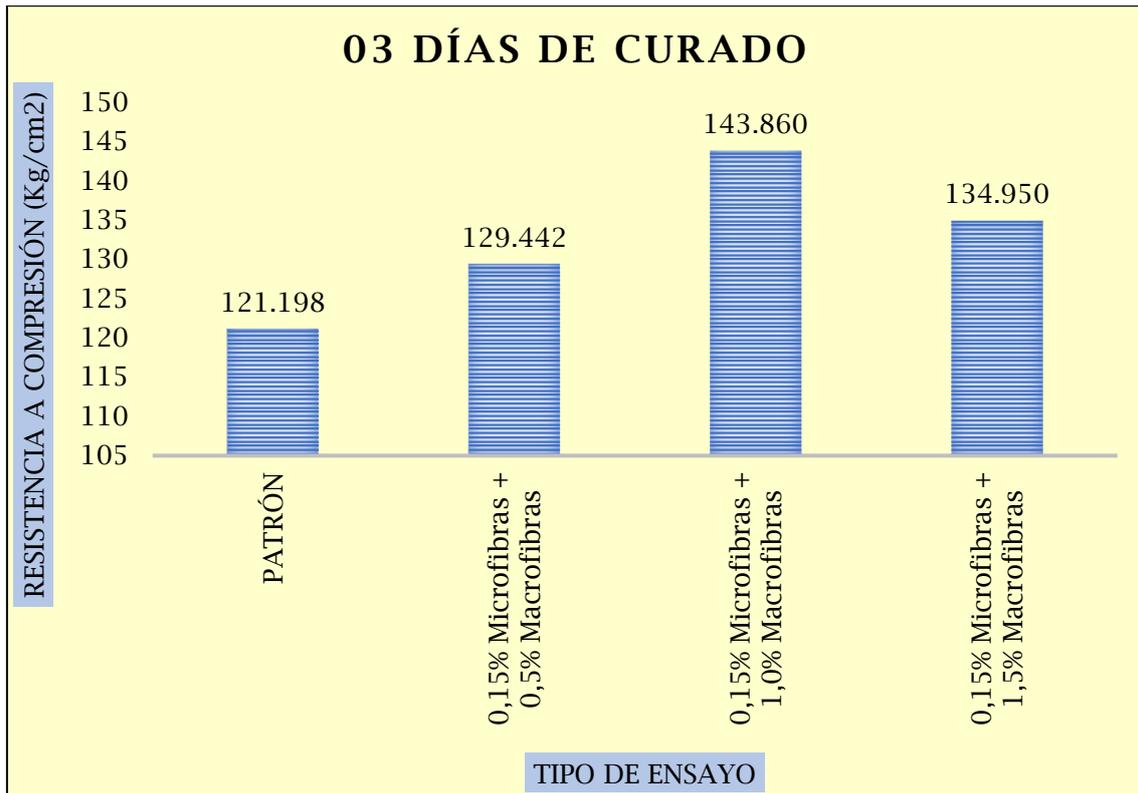


Gráfico 4: Resistencia a Compresión de Concretos. Edad de Curado 03 días. Fuente: Propia

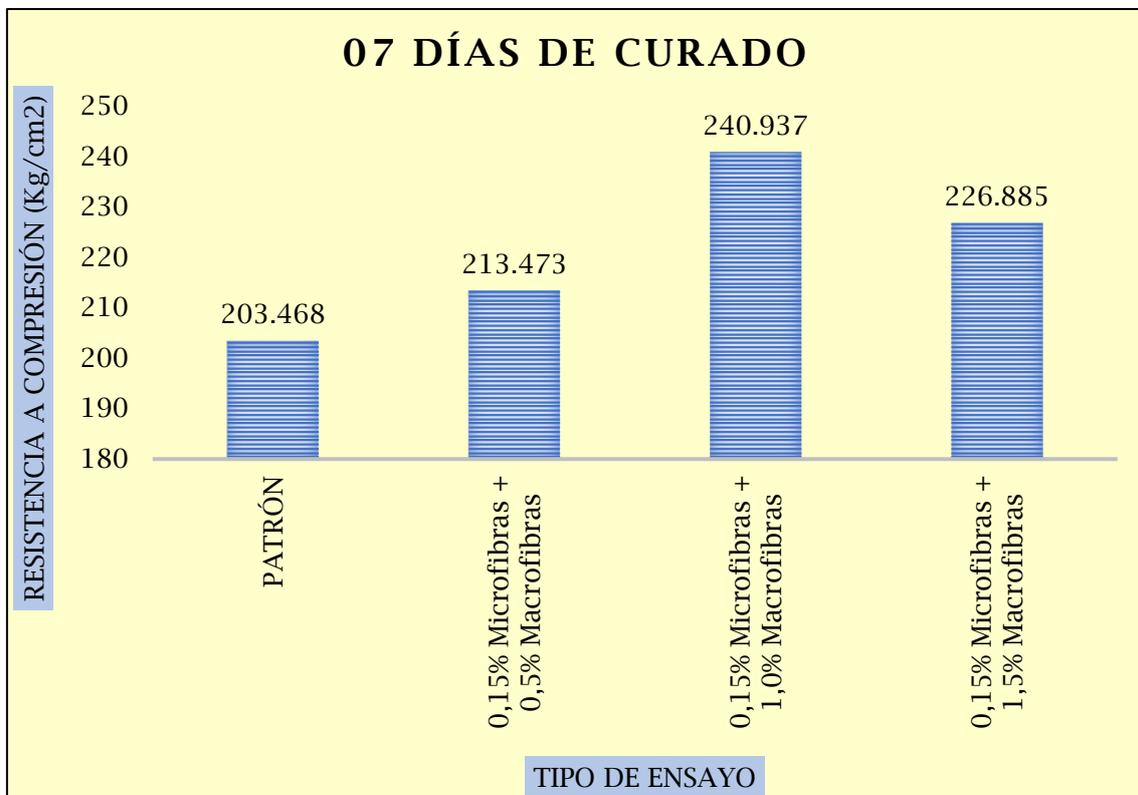


Gráfico 5: Resistencia a Compresión de Concretos. Edad de Curado 07 días. Fuente: Propia

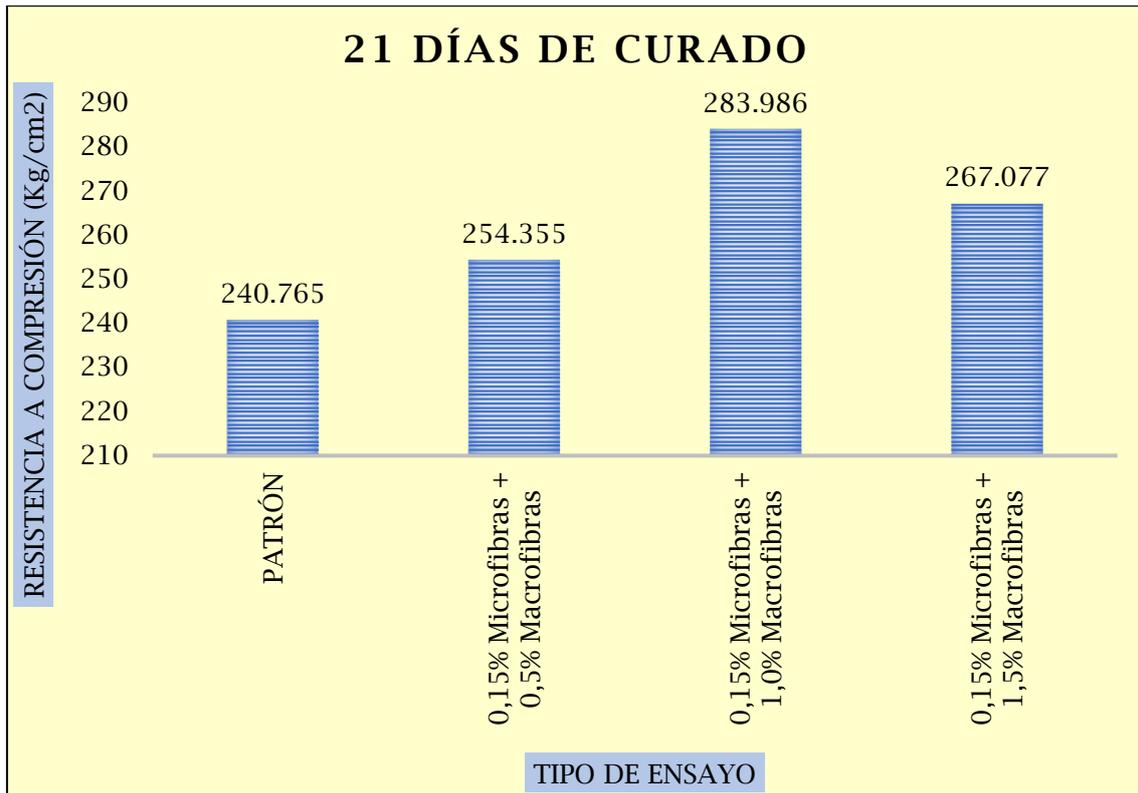


Gráfico 6: Resistencia a Compresión de Concretos. Edad de Curado 21 días. Fuente: Propia

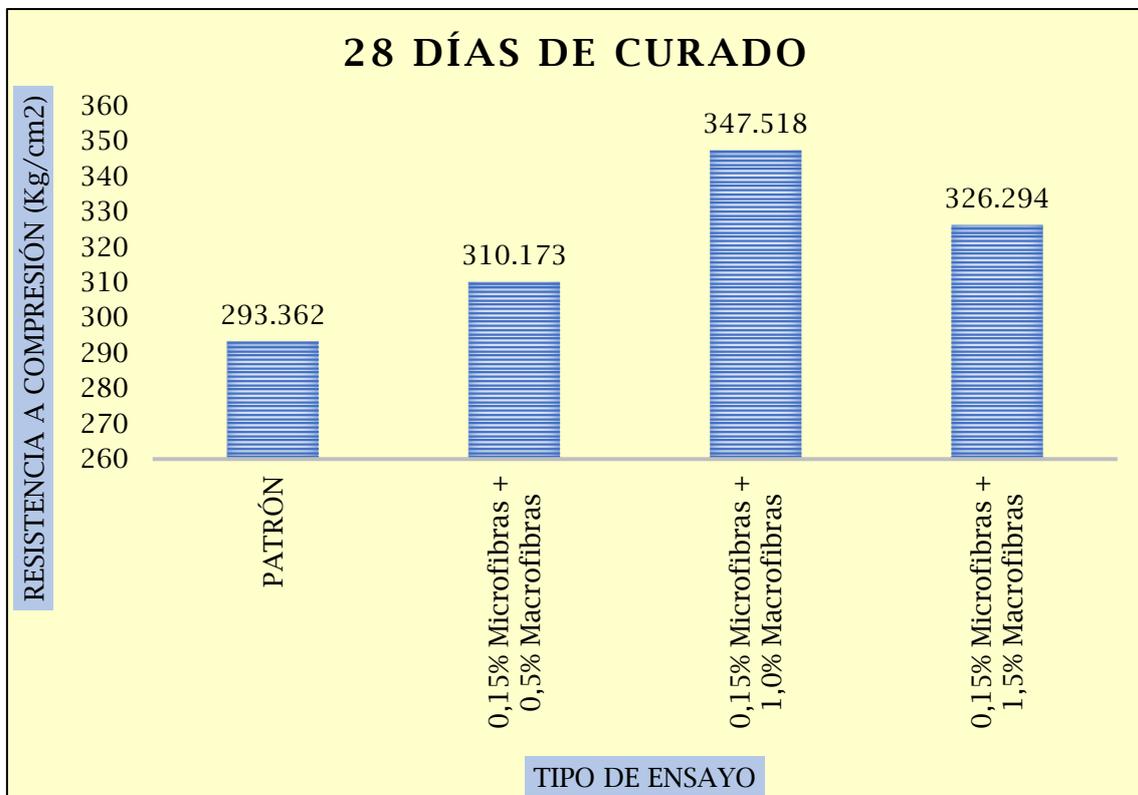


Gráfico 7: Resistencia a Compresión de Concretos. Edad de Curado 28 días. Fuente: Propia

## Ensayo de Testigos Cilíndricos de Concreto (Ensayo de Tracción Indirecta):

*Tabla 42: Ensayos de Testigos Cilíndricos de concreto Patrón (Ensayo de Tracción Indirecta). Fuente: Propia*

CONTRATO/ ESTRUCTURA/ELEMENTO.	N° DE CILINDRO	FECHA DE TOMA DE MUESTRA	DIAS DE CURAD O	FECHA DE ROTURA	CARGA APLICADA (Kg)	TRACCIÓN A LA FECHA (Kg/cm <sup>2</sup> )		% DE TRACCIÓN ESTIMADA SEGÚN LA CANTIDAD DE DIAS	PORCENTAJE CON RESPECTO A f <sub>c</sub> DE DISEÑO	TIPO DE FALLA					
						OBTENIDA	DISEÑO								
PATRÓN (0% Microfibras + 0% Macrofibras)	1	30/04/2022	3	03/05/2022	7174.00801	10.15	121.77	8 - 15%	8.33%		X				
	2		3	03/05/2022	7175.027726	10.14	120.76	8 - 15%	8.39%			X			
	3		3	03/05/2022	7174.721811	10.14	121.06	8 - 15%	8.37%		X				
<b>PROMEDIO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA</b>						<b>10.14</b>	<b>121.20</b>	8 - 15%	8.37%						
PATRÓN (0% Microfibras + 0% Macrofibras)	1	30/04/2022	7	07/05/2022	14887.85367	21.03	205.56	8 - 15%	10.23%					X	
	2		7	07/05/2022	14989.82527	21.21	202.17	8 - 15%	10.49%					X	
	3		7	07/05/2022	14989.82527	21.16	202.68	8 - 15%	10.44%		X				
<b>PROMEDIO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA</b>						<b>21.13</b>	<b>203.47</b>	8 - 15%	10.39%						
PATRÓN (0% Microfibras + 0% Macrofibras)	1	30/04/2022	21	21/05/2022	25186.98532	35.57	239.46	8 - 15%	14.86%					X	
	2		21	21/05/2022	25288.95692	35.73	241.41	8 - 15%	14.80%					X	
	3		21	21/05/2022	25186.98532	35.54	241.43	8 - 15%	14.72%					X	
<b>PROMEDIO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA</b>						<b>35.61</b>	<b>240.76</b>	8 - 15%	14.79%						
PATRÓN (0% Microfibras + 0% Macrofibras)	1	30/04/2022	28	28/05/2022	30153.00227	42.64	292.10	8 - 15%	14.60%		X				
	2		28	28/05/2022	29775.70735	42.07	294.20	8 - 15%	14.30%					X	
	3		28	28/05/2022	30524.17889	43.11	293.78	8 - 15%	14.67%					X	
<b>PROMEDIO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA</b>						<b>42.61</b>	<b>293.36</b>	8 - 15%	14.52%						

*Tabla 43: Ensayos de Testigos Cilíndricos de concreto E-01 (Ensayo de Tracción Indirecta). Fuente: Propia*

CONTRATO/ ESTRUCTURA/ELEMENTO.	N° DE CILINDRO	FECHA DE TOMA DE MUESTRA	DIAS DE CURAD O	FECHA DE ROTURA	CARGA APLICADA (Kg)	TRACCIÓN A LA FECHA (Kg/cm <sup>2</sup> )		% DE TRACCIÓN ESTIMADA SEGÚN LA CANTIDAD DE DIAS	PORCENTAJE CON RESPECTO A f <sub>c</sub> DE DISEÑO	TIPO DE FALLA					
						OBTENIDA	DISEÑO								
EXPERIMENTAL 01 (0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	3	03/05/2022	7663.992757	10.84	128.97	8 - 15%	8.40%			X			
	2		3	03/05/2022	7692.634226	10.88	130.50	8 - 15%	8.34%					X	
	3		3	03/05/2022	7650.692856	10.81	128.85	8 - 15%	8.39%					X	
<b>PROMEDIO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA</b>						<b>10.84</b>	<b>129.44</b>	8 - 15%	8.38%						
EXPERIMENTAL 01 (0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	7	07/05/2022	15865.98566	22.42	217.28	8 - 15%	10.32%					X	
	2		7	07/05/2022	15958.76758	22.58	211.16	8 - 15%	10.69%					X	
	3		7	07/05/2022	15880.22089	22.47	211.98	8 - 15%	10.60%						X
<b>PROMEDIO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA</b>						<b>22.49</b>	<b>213.47</b>	8 - 15%	10.53%						
EXPERIMENTAL 01 (0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	21	21/05/2022	26814.06458	37.90	252.52	8 - 15%	15.01%					X	
	2		21	21/05/2022	26894.80569	38.05	254.30	8 - 15%	14.96%					X	
	3		21	21/05/2022	26882.06944	37.93	256.25	8 - 15%	14.80%					X	
<b>PROMEDIO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA</b>						<b>37.96</b>	<b>254.36</b>	8 - 15%	14.92%						
EXPERIMENTAL 01 (0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	28	28/05/2022	32070.73321	45.33	308.95	8 - 15%	14.67%			X			
	2		28	28/05/2022	31779.61245	44.88	310.39	8 - 15%	14.46%					X	
	3		28	28/05/2022	32581.50855	46.03	311.18	8 - 15%	14.79%		X				
<b>PROMEDIO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA</b>						<b>45.41</b>	<b>310.17</b>	8 - 15%	14.64%						

Tabla 44: Ensayos de Testigos Cilíndricos de concreto E-02 (Ensayo de Tracción Indirecta). Fuente: Propia

CONTRATO/ ESTRUCTURA/ELEMENTO.	N° DE CILINDRO	FECHA DE TOMA DE MUESTRA	DIAS DE CURAD O	FECHA DE ROTURA	CARGA APLICADA (Kg)	TRACCIÓN A LA FECHA (Kg/cm <sup>2</sup> )		% DE TRACCIÓN ESTIMADA SEGÚN LA CANTIDAD DE DIAS	PORCENTAJE CON RESPECTO A f <sub>c</sub> DE DISEÑO	TIPO DE FALLA				
						OBTENIDA	DISEÑO							
EXPERIMENTAL 02 (0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras)	1	30/04/2022	3	03/05/2022	8597.331199	12.14	144.10	8 ~ 15%	8.42%		X			
	2		3	03/05/2022	8593.530707	12.16	143.14	8 ~ 15%	8.49%				X	
	3		3	03/05/2022	8568.770259	12.10	144.34	8 ~ 15%	8.38%					X
PROMEDIO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA						12.13	143.86	8 ~ 15%	8.43%					
EXPERIMENTAL 02 (0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras)	1	30/04/2022	7	07/05/2022	17826.71599	25.19	243.08	8 ~ 15%	10.36%					X
	2		7	07/05/2022	17978.79643	25.43	239.51	8 ~ 15%	10.62%					X
	3		7	07/05/2022	17878.3646	25.25	240.23	8 ~ 15%	10.51%			X		
PROMEDIO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA						25.29	240.94	8 ~ 15%	10.50%					
EXPERIMENTAL 02 (0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras)	1	30/04/2022	21	21/05/2022	30204.2328	42.67	283.45	8 ~ 15%	15.05%			X		
	2		21	21/05/2022	30306.28598	42.76	282.58	8 ~ 15%	15.13%				X	
	3		21	21/05/2022	30211.7889	42.70	285.92	8 ~ 15%	14.93%			X		
PROMEDIO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA						42.71	283.99	8 ~ 15%	15.04%					
EXPERIMENTAL 02 (0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras)	1	30/04/2022	28	28/05/2022	36162.49562	51.09	344.92	8 ~ 15%	14.81%			X		
	2		28	28/05/2022	35653.43198	50.41	349.75	8 ~ 15%	14.41%		X			
	3		28	28/05/2022	36580.17599	51.75	347.88	8 ~ 15%	14.88%			X		
PROMEDIO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA						51.08	347.52	8 ~ 15%	14.70%					

Tabla 45: Ensayos de Testigos Cilíndricos de concreto E-03 (Ensayo de Tracción Indirecta). Fuente: Propia

CONTRATO/ ESTRUCTURA/ELEMENTO.	N° DE CILINDRO	FECHA DE TOMA DE MUESTRA	DIAS DE CURAD O	FECHA DE ROTURA	CARGA APLICADA (Kg)	TRACCIÓN A LA FECHA (Kg/cm <sup>2</sup> )		% DE TRACCIÓN ESTIMADA SEGÚN LA CANTIDAD DE DIAS	PORCENTAJE CON RESPECTO A f <sub>c</sub> DE DISEÑO	TIPO DE FALLA				
						OBTENIDA	DISEÑO							
EXPERIMENTAL 03 (0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	3	03/05/2022	8003.852347	11.32	134.95	8 ~ 15%	8.39%					X
	2		3	03/05/2022	7983.197019	11.29	134.52	8 ~ 15%	8.40%					X
	3		3	03/05/2022	7997.949392	11.28	135.38	8 ~ 15%	8.34%			X		
PROMEDIO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA						11.30	134.95	8 ~ 15%	8.37%					
EXPERIMENTAL 03 (0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	7	07/05/2022	16607.03557	23.49	229.66	8 ~ 15%	10.23%					X
	2		7	07/05/2022	16733.83148	23.67	223.95	8 ~ 15%	10.57%					X
	3		7	07/05/2022	16709.68288	23.62	227.04	8 ~ 15%	10.40%			X		
PROMEDIO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA						23.59	226.88	8 ~ 15%	10.40%					
EXPERIMENTAL 03 (0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	21	21/05/2022	28075.93254	39.63	265.64	8 ~ 15%	14.92%					X
	2		21	21/05/2022	28191.24407	39.86	267.77	8 ~ 15%	14.88%					X
	3		21	21/05/2022	28147.63989	39.70	267.81	8 ~ 15%	14.82%					X
PROMEDIO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA						39.73	267.08	8 ~ 15%	14.88%					
EXPERIMENTAL 03 (0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	28	28/05/2022	33610.16459	47.45	324.35	8 ~ 15%	14.63%	X				
	2		28	28/05/2022	33162.09854	46.91	326.20	8 ~ 15%	14.38%			X		
	3		28	28/05/2022	33961.81192	47.92	328.33	8 ~ 15%	14.59%				X	
PROMEDIO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA						47.43	326.29	8 ~ 15%	14.54%					

Tabla 46: Ensayos de Testigos Cilíndricos de concreto en las Edades de Ensayo (Ensayo de Tracción Indirecta).  
Fuente: Propia

3 DÍAS			
PATRÓN	0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras	0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras	0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras
10.141	10.841	12.133	11.299

7 DÍAS			
PATRÓN	0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras	0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras	0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras
21.132	22.489	25.290	23.594

21 DÍAS			
PATRÓN	0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras	0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras	0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras
35.613	37.958	42.711	39.728

28 DÍAS			
PATRÓN	0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras	0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras	0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras
42.607	45.414	51.082	47.429

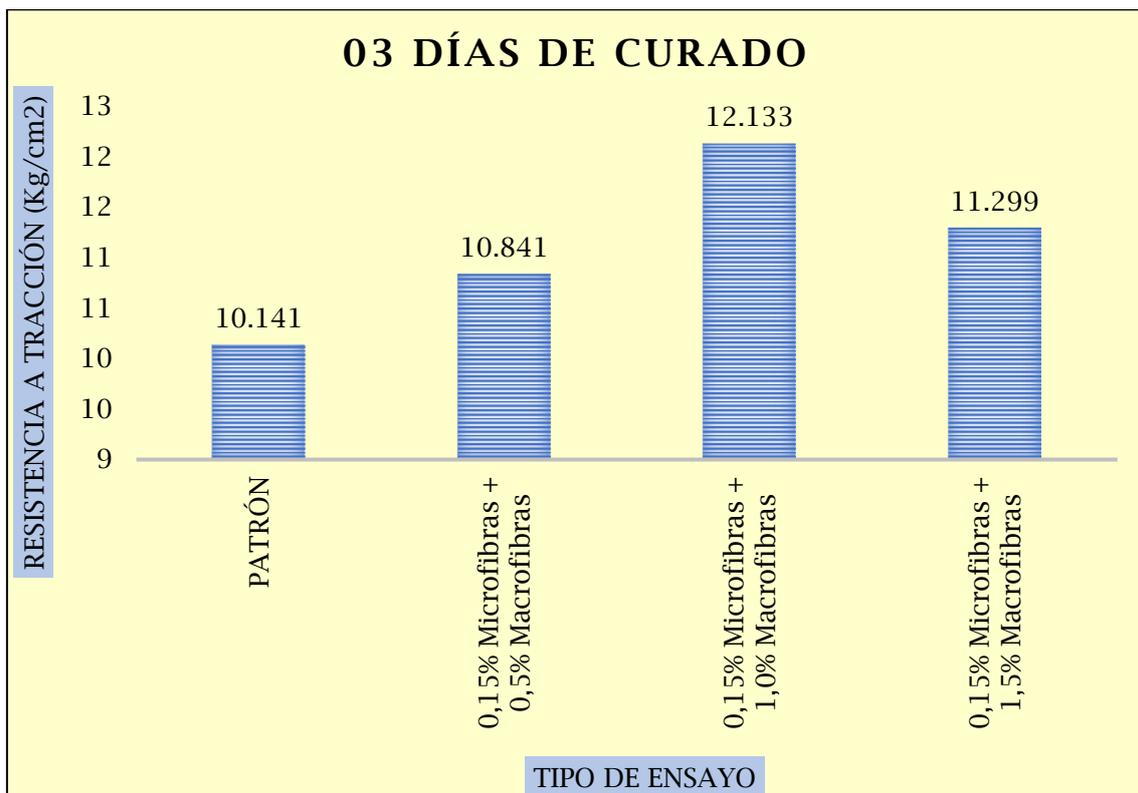


Gráfico 8: Resistencia a Tracción Indirecta de Concretos. Edad de Curado 03 días. Fuente: Propia

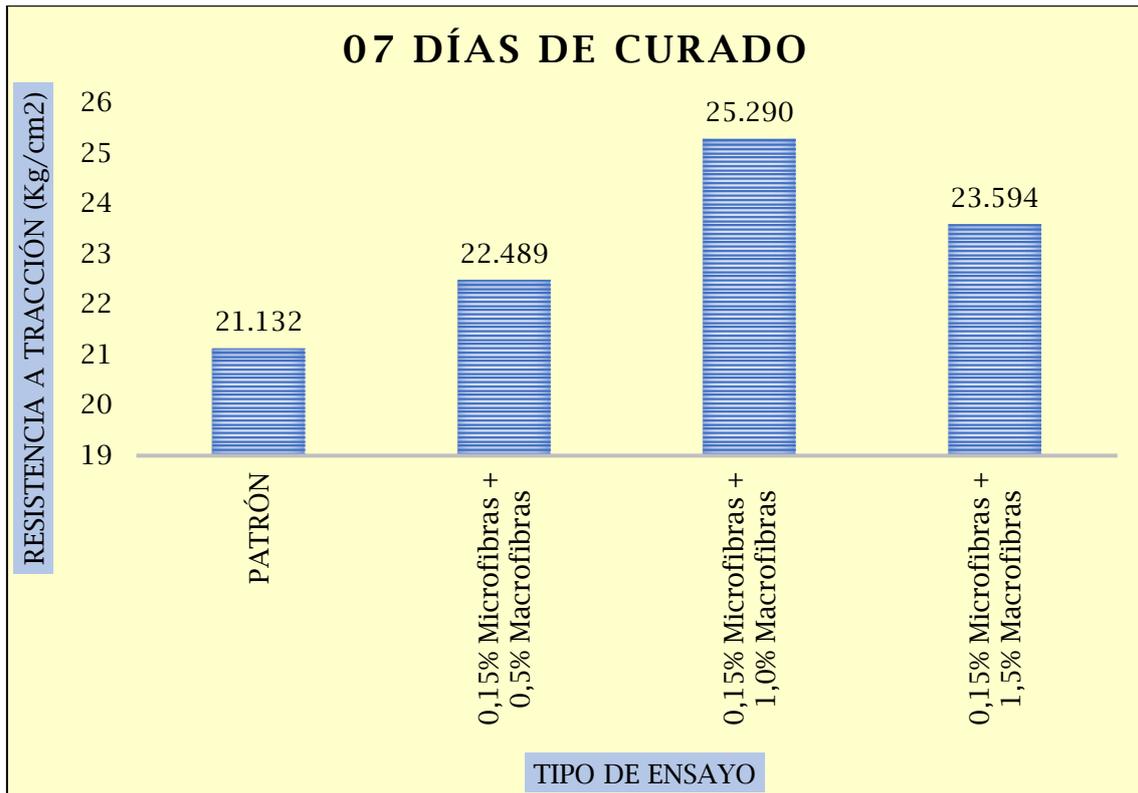


Gráfico 9: Resistencia a Tracción Indirecta de Concretos. Edad de Curado 07 días. Fuente: Propia

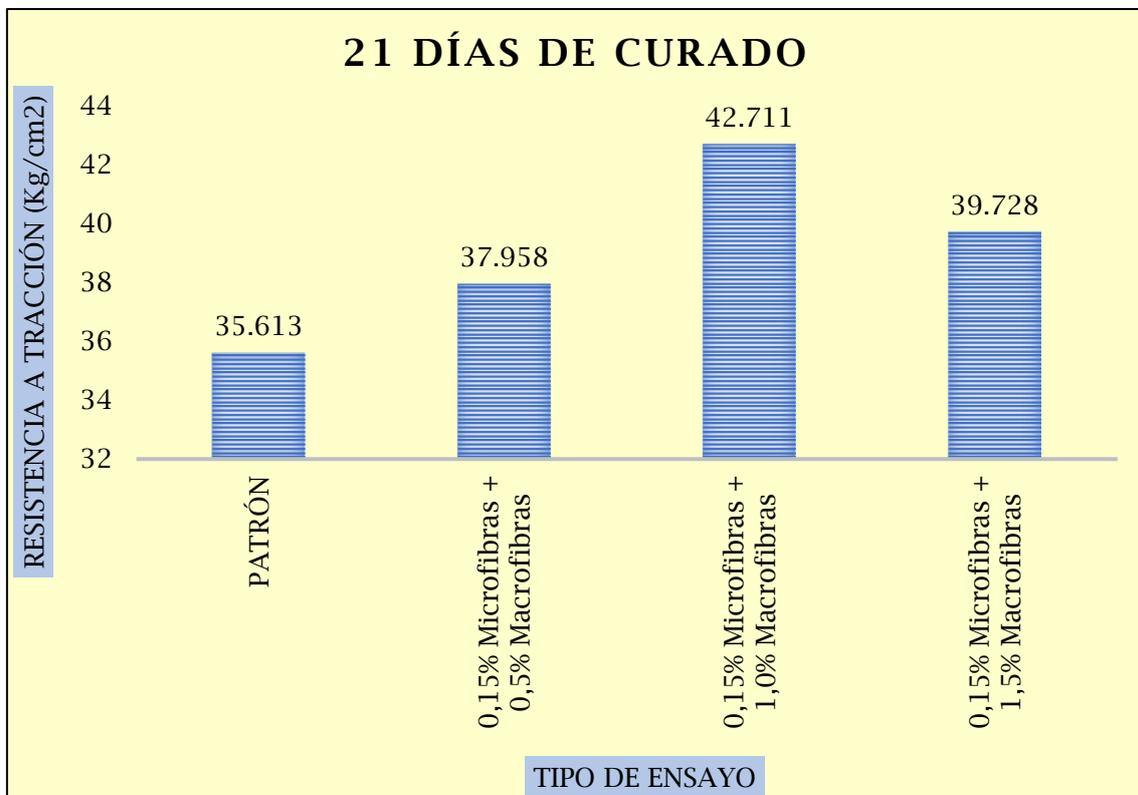


Gráfico 10: Resistencia a Tracción Indirecta de Concretos. Edad de Curado 21 días. Fuente: Propia

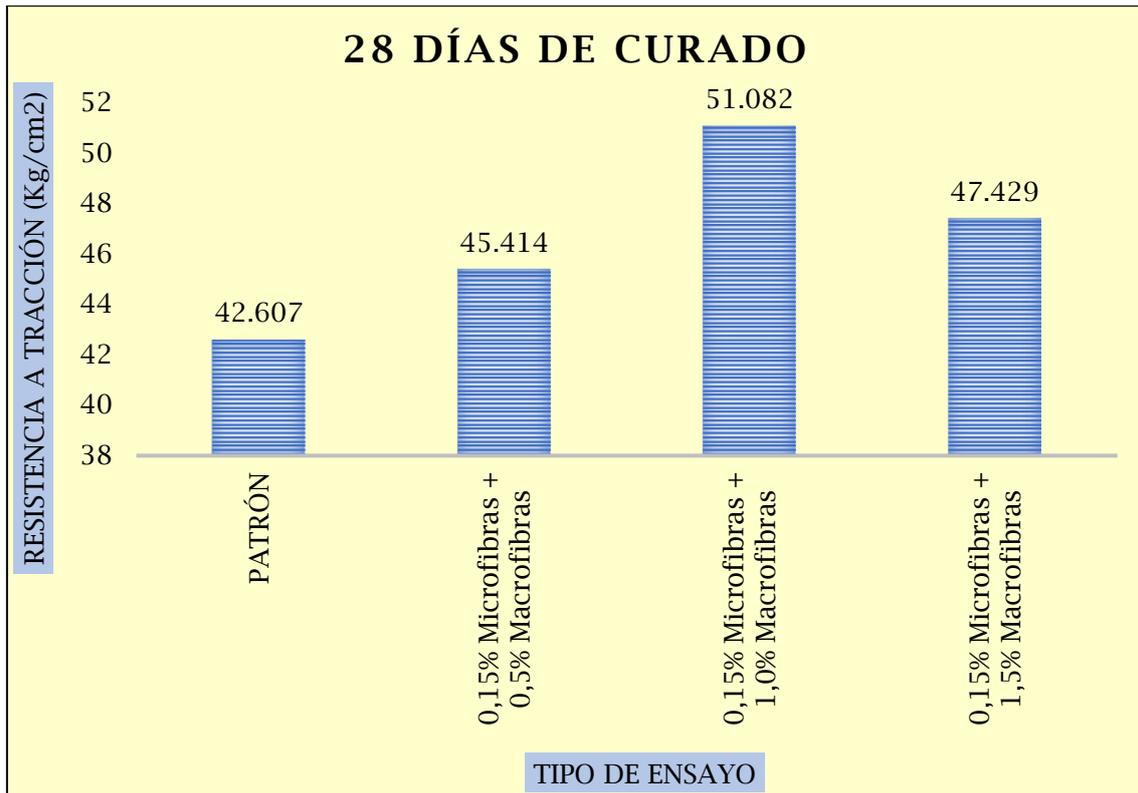


Gráfico 11: Resistencia a Tracción Indirecta de Concretos. Edad de Curado 28 días. Fuente: Propia

## Ensayo de Vigas Prismáticas de Concreto (Ensayo de Flexión a Vigas Simplemente Apoyadas con Cargas a los Tercios del Tramo):

*Tabla 47: Ensayos de Testigos Prismáticos de concreto Patrón (Ensayo de Flexión a viga simplemente apoyada con cargas a los tercios del tramo). Fuente: Propia*

CONTRATO/ ESTRUCTURA/ELEMENTO.	Nº DE VIGA o PRISMA	FECHA DE TOMA DE MUESTRA	DIAS DE CURAD O	FECHA DE ROTURA	CARGA APLICADA (Kg)	MÓDULO DE ROTURA A LA FECHA (Kg/cm <sup>2</sup> )		% DE FLEXIÓN ESTIMADA SEGÚN LA CANTIDAD DE DIAS	PORCENTAJE CON RESPECTO A "R" DE DISEÑO
						OBTENIDA	DISEÑO		
<b>PATRÓN</b> (0% Microfibras + 0% Macrofibras)	1	<b>30/04/2022</b>	<b>3</b>	03/05/2022	3874.920819	<b>19.14</b>	<b>121.77</b>	10 ~ 20%	15.71%
	2		<b>3</b>	03/05/2022	3772.949219	<b>18.61</b>	<b>120.76</b>	10 ~ 20%	15.41%
	3		<b>3</b>	03/05/2022	3976.89242	<b>19.60</b>	<b>121.06</b>	10 ~ 20%	16.19%
<b>PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CON CARGAS A LOS TERCIOS DE TRAMO</b>						<b>19.11</b>	<b>121.20</b>	10 ~ 20%	15.77%
<b>PATRÓN</b> (0% Microfibras + 0% Macrofibras)	1	<b>30/04/2022</b>	<b>7</b>	07/05/2022	6322.239231	<b>31.20</b>	<b>205.56</b>	10 ~ 20%	15.18%
	2		<b>7</b>	07/05/2022	6118.29603	<b>30.21</b>	<b>202.17</b>	10 ~ 20%	14.95%
	3		<b>7</b>	07/05/2022	6016.32443	<b>29.65</b>	<b>202.68</b>	10 ~ 20%	14.63%
<b>PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CON CARGAS A LOS TERCIOS DE TRAMO</b>						<b>30.35</b>	<b>203.47</b>	10 ~ 20%	14.92%
<b>PATRÓN</b> (0% Microfibras + 0% Macrofibras)	1	<b>30/04/2022</b>	<b>21</b>	21/05/2022	7443.926837	<b>36.74</b>	<b>239.46</b>	10 ~ 20%	15.34%
	2		<b>21</b>	21/05/2022	7545.898437	<b>37.26</b>	<b>241.41</b>	10 ~ 20%	15.44%
	3		<b>21</b>	21/05/2022	7239.983636	<b>35.75</b>	<b>241.43</b>	10 ~ 20%	14.81%
<b>PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CON CARGAS A LOS TERCIOS DE TRAMO</b>						<b>36.58</b>	<b>240.76</b>	10 ~ 20%	15.19%
<b>PATRÓN</b> (0% Microfibras + 0% Macrofibras)	1	<b>30/04/2022</b>	<b>28</b>	28/05/2022	8769.557643	<b>43.28</b>	<b>292.10</b>	10 ~ 20%	14.82%
	2		<b>28</b>	28/05/2022	8667.586043	<b>42.77</b>	<b>294.20</b>	10 ~ 20%	14.54%
	3		<b>28</b>	28/05/2022	8973.500844	<b>44.23</b>	<b>293.78</b>	10 ~ 20%	15.05%
<b>PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CON CARGAS A LOS TERCIOS DE TRAMO</b>						<b>43.43</b>	<b>293.36</b>	10 ~ 20%	14.80%

Tabla 48: Ensayos de Testigos Prismáticos de concreto E-01 (Ensayo de Flexión a viga simplemente apoyada con cargas a los tercios del tramo). Fuente: Propia

CONTRATO/ ESTRUCTURA/ELEMENTO.	N° DE VIGA o PRISMA	FECHA DE TOMA DE MUESTRA	DIAS DE CURAD O	FECHA DE ROTURA	CARGA APLICADA (Kg)	MÓDULO DE ROTURA A LA FECHA (Kg/cm <sup>2</sup> )		% DE FLEXIÓN ESTIMADA SEGÚN LA CANTIDAD DE DÍAS	PORCENTAJE CON RESPECTO A "R" DE DISEÑO
						OBTENIDA	DISEÑO		
EXPERIMENTAL 01 (0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	3	03/05/2022	4209.558981	20.77	128.97	10 ~ 20%	16.11%
	2		3	03/05/2022	4096.290967	20.23	130.50	10 ~ 20%	15.50%
	3		3	03/05/2022	4309.262794	21.27	128.85	10 ~ 20%	16.50%
<b>PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CON CARGAS A LOS TERCIOS DE TRAMO</b>						<b>20.76</b>	<b>129.44</b>	10 ~ 20%	16.04%
EXPERIMENTAL 01 (0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	7	07/05/2022	6882.389627	33.96	217.28	10 ~ 20%	15.63%
	2		7	07/05/2022	6659.520497	32.89	211.16	10 ~ 20%	15.57%
	3		7	07/05/2022	6543.69738	32.27	211.98	10 ~ 20%	15.22%
<b>PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CON CARGAS A LOS TERCIOS DE TRAMO</b>						<b>33.04</b>	<b>213.47</b>	10 ~ 20%	15.48%
EXPERIMENTAL 01 (0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	21	21/05/2022	8067.355709	39.81	252.52	10 ~ 20%	15.77%
	2		21	21/05/2022	8185.488789	40.37	254.30	10 ~ 20%	15.87%
	3		21	21/05/2022	7874.452361	38.81	256.25	10 ~ 20%	15.14%
<b>PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CON CARGAS A LOS TERCIOS DE TRAMO</b>						<b>39.66</b>	<b>254.36</b>	10 ~ 20%	15.59%
EXPERIMENTAL 01 (0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	28	28/05/2022	9494.221269	46.85	308.95	10 ~ 20%	15.17%
	2		28	28/05/2022	9383.901356	46.34	310.39	10 ~ 20%	14.93%
	3		28	28/05/2022	9722.465118	47.95	311.18	10 ~ 20%	15.41%
<b>PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CON CARGAS A LOS TERCIOS DE TRAMO</b>						<b>47.05</b>	<b>310.17</b>	10 ~ 20%	15.17%

Tabla 49: Ensayos de Testigos Prismáticos de concreto E-02 (Ensayo de Flexión a viga simplemente apoyada con cargas a los tercios del tramo). Fuente: Propia

CONTRATO/ ESTRUCTURA/ELEMENTO.	N° DE VIGA o PRISMA	FECHA DE TOMA DE MUESTRA	DIAS DE CURAD O	FECHA DE ROTURA	CARGA APLICADA (Kg)	MÓDULO DE ROTURA A LA FECHA (Kg/cm <sup>2</sup> )		% DE FLEXIÓN ESTIMADA SEGÚN LA CANTIDAD DE DIAS	PORCENTAJE CON RESPECTO A "R" DE DISEÑO
						OBTENIDA	DISEÑO		
EXPERIMENTAL 02 (0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras)	1	30/04/2022	3	03/05/2022	5027.891884	24.78	144.10	10 ~ 20%	17.20%
	2		3	03/05/2022	4899.012323	24.19	143.14	10 ~ 20%	16.90%
	3		3	03/05/2022	5168.250082	25.47	144.34	10 ~ 20%	17.65%
<b>PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CON CARGAS A LOS TERCIOS DE TRAMO</b>						<b>24.81</b>	<b>143.86</b>	10 ~ 20%	17.25%
EXPERIMENTAL 02 (0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras)	1	30/04/2022	7	07/05/2022	8177.548003	40.33	243.08	10 ~ 20%	16.59%
	2		7	07/05/2022	7937.546881	39.20	239.51	10 ~ 20%	16.37%
	3		7	07/05/2022	7811.896455	38.55	240.23	10 ~ 20%	16.05%
<b>PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CON CARGAS A LOS TERCIOS DE TRAMO</b>						<b>39.36</b>	<b>240.94</b>	10 ~ 20%	16.34%
EXPERIMENTAL 02 (0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras)	1	30/04/2022	21	21/05/2022	9673.851891	47.71	283.45	10 ~ 20%	16.83%
	2		21	21/05/2022	9806.37041	48.36	282.58	10 ~ 20%	17.11%
	3		21	21/05/2022	9409.643325	46.44	285.92	10 ~ 20%	16.24%
<b>PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CON CARGAS A LOS TERCIOS DE TRAMO</b>						<b>47.50</b>	<b>283.99</b>	10 ~ 20%	16.73%
EXPERIMENTAL 02 (0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras)	1	30/04/2022	28	28/05/2022	11400.23796	56.26	344.92	10 ~ 20%	16.31%
	2		28	28/05/2022	11250.24825	55.45	349.75	10 ~ 20%	15.85%
	3		28	28/05/2022	11662.66773	57.59	347.88	10 ~ 20%	16.56%
<b>PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CON CARGAS A LOS TERCIOS DE TRAMO</b>						<b>56.43</b>	<b>347.52</b>	10 ~ 20%	16.24%

Tabla 50: Ensayos de Testigos Prismáticos de concreto E-03 (Ensayo de Flexión a viga simplemente apoyada con cargas a los tercios del tramo). Fuente: Propia

CONTRATO/ ESTRUCTURA/ELEMENTO.	N° DE VIGA o PRISMA	FECHA DE TOMA DE MUESTRA	DIAS DE CURAD O	FECHA DE ROTURA	CARGA APLICADA (Kg)	MÓDULO DE ROTURA A LA FECHA (Kg/cm <sup>2</sup> )		% DE FLEXIÓN ESTIMADA SEGÚN LA CANTIDAD DE DIAS	PORCENTAJE CON RESPECTO A "R" DE DISEÑO
						OBTENIDA	DISEÑO		
EXPERIMENTAL 03 (0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	3	03/05/2022	4508.354125	22.25	134.95	10 ~ 20%	16.49%
	2		3	03/05/2022	4385.964953	21.66	134.52	10 ~ 20%	16.10%
	3		3	03/05/2022	4632.522904	22.83	135.38	10 ~ 20%	16.86%
PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CON CARGAS A LOS TERCIOS DE TRAMO						22.25	134.95	10 ~ 20%	16.48%
EXPERIMENTAL 03 (0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	7	07/05/2022	7387.261777	36.48	229.66	10 ~ 20%	15.88%
	2		7	07/05/2022	7113.406288	35.13	223.95	10 ~ 20%	15.69%
	3		7	07/05/2022	7006.463429	34.53	227.04	10 ~ 20%	15.21%
PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CON CARGAS A LOS TERCIOS DE TRAMO						35.38	226.88	10 ~ 20%	15.59%
EXPERIMENTAL 03 (0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	21	21/05/2022	8660.737618	42.74	265.64	10 ~ 20%	16.09%
	2		21	21/05/2022	8788.365326	43.34	267.77	10 ~ 20%	16.19%
	3		21	21/05/2022	8416.216427	41.51	267.81	10 ~ 20%	15.50%
PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CON CARGAS A LOS TERCIOS DE TRAMO						42.53	267.08	10 ~ 20%	15.92%
EXPERIMENTAL 03 (0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	28	28/05/2022	10204.91916	50.36	324.35	10 ~ 20%	15.53%
	2		28	28/05/2022	10094.74435	49.75	326.20	10 ~ 20%	15.25%
	3		28	28/05/2022	10432.08636	51.45	328.33	10 ~ 20%	15.67%
PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CON CARGAS A LOS TERCIOS DE TRAMO						50.52	326.29	10 ~ 20%	15.48%

Tabla 51: Ensayos de Testigos Prismáticos de concreto en las Edades de Ensayo (Ensayo de Flexión a viga simplemente apoyada con cargas a los tercios del tramo). Fuente: Propia

3 DÍAS			
PATRÓN	0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras	0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras	0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras
19.114	20.756	24.814	22.246

7 DÍAS			
PATRÓN	0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras	0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras	0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras
30.355	33.041	39.360	35.380

21 DÍAS			
PATRÓN	0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras	0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras	0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras
36.584	39.663	47.502	42.529

28 DÍAS			
PATRÓN	0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras	0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras	0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras
43.426	47.047	56.433	50.520

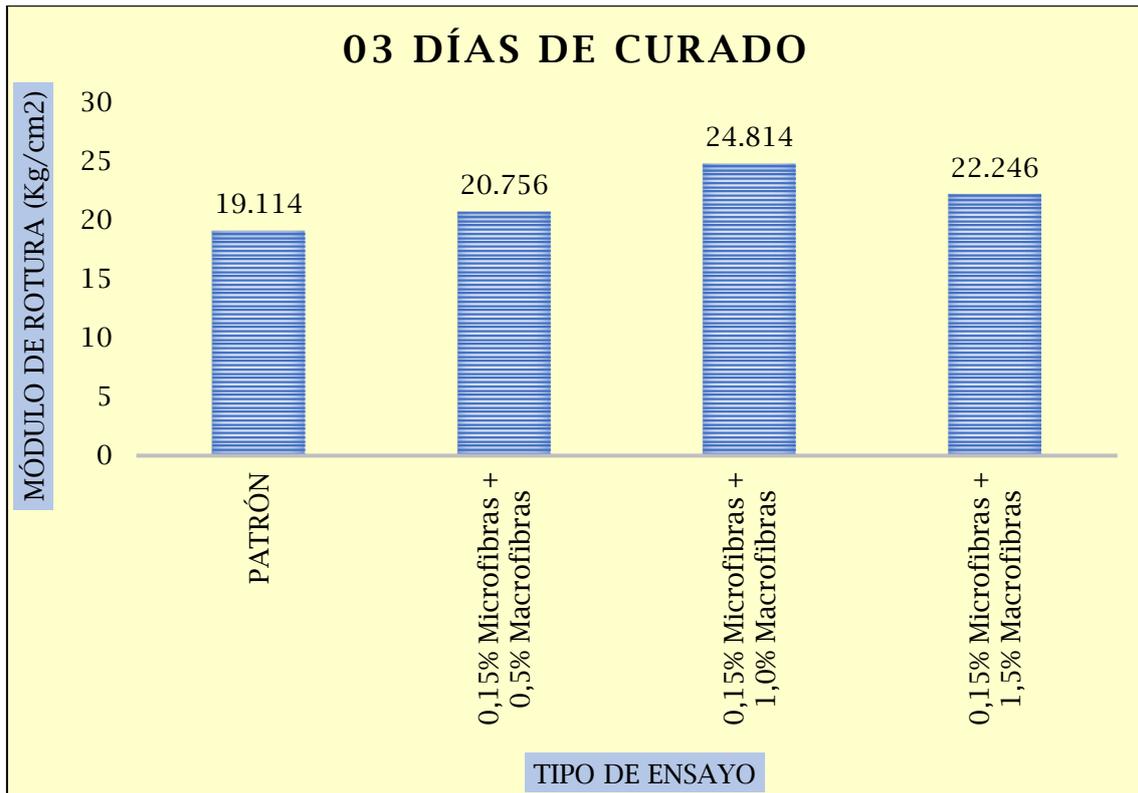


Gráfico 12: Resistencia a Flexión en viga simplemente apoyada con cargas a los tercios del tramo de Concretos. Edad de Curado 03 días. Fuente: Propia

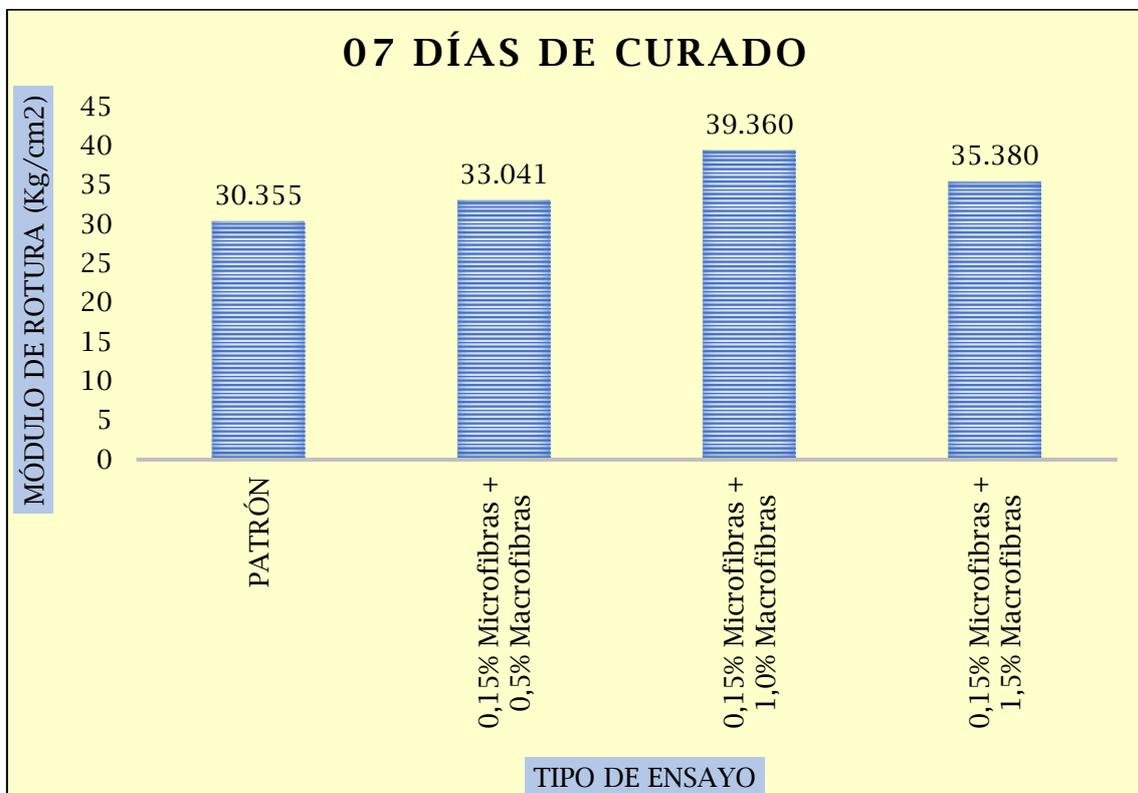


Gráfico 13: Resistencia a Flexión en viga simplemente apoyada con cargas a los tercios del tramo de Concretos. Edad de Curado 07 días. Fuente: Propia

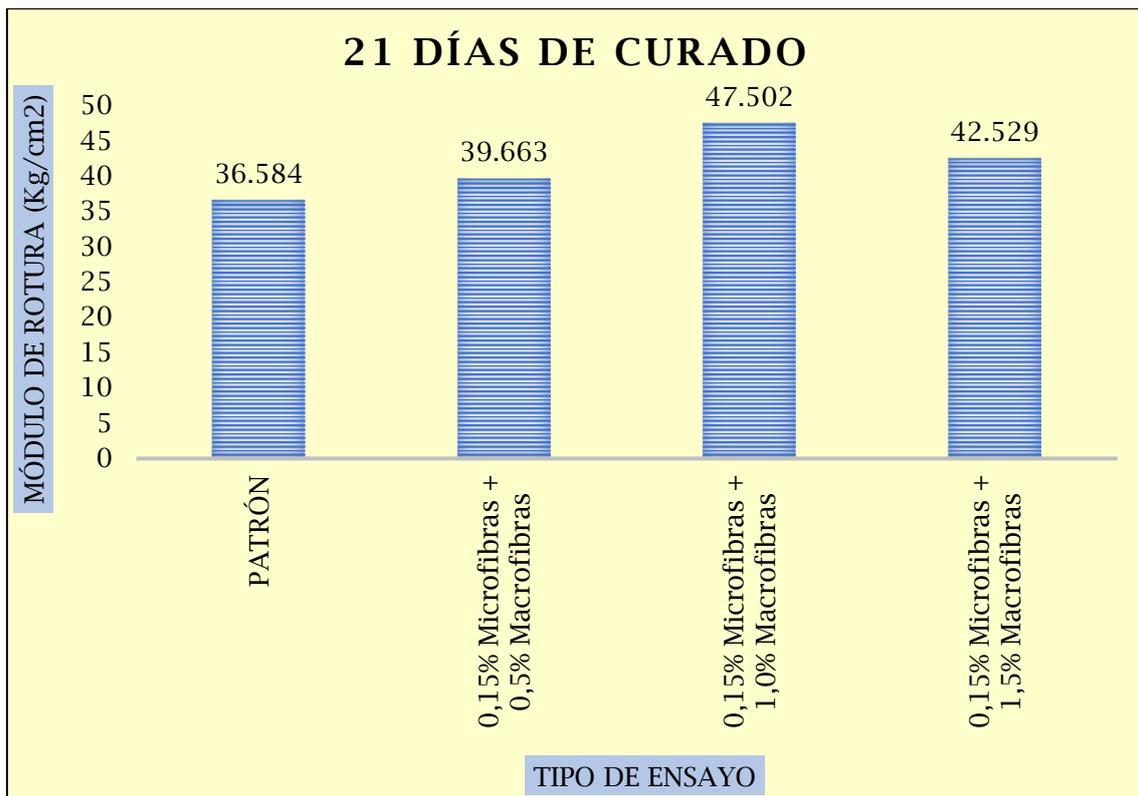


Gráfico 14: Resistencia a Flexión en viga simplemente apoyada con cargas a los tercios del tramo de Concretos. Edad de Curado 21 días. Fuente: Propia



Gráfico 15: Resistencia a Flexión en viga simplemente apoyada con cargas a los tercios del tramo de Concretos. Edad de Curado 28 días. Fuente: Propia

Tabla 52: Porcentajes de Resistencia de Concretos. A Edades de Curado en días. Fuente: Propia

	COMPRESIÓN	TRACCIÓN	FLEXIÓN
3 DÍAS	51.38%	4.33%	8.86%
7 DÍAS	86.05%	9.03%	14.06%
21 DÍAS	101.42%	15.25%	16.97%
28 DÍAS	124.11%	18.24%	20.15%

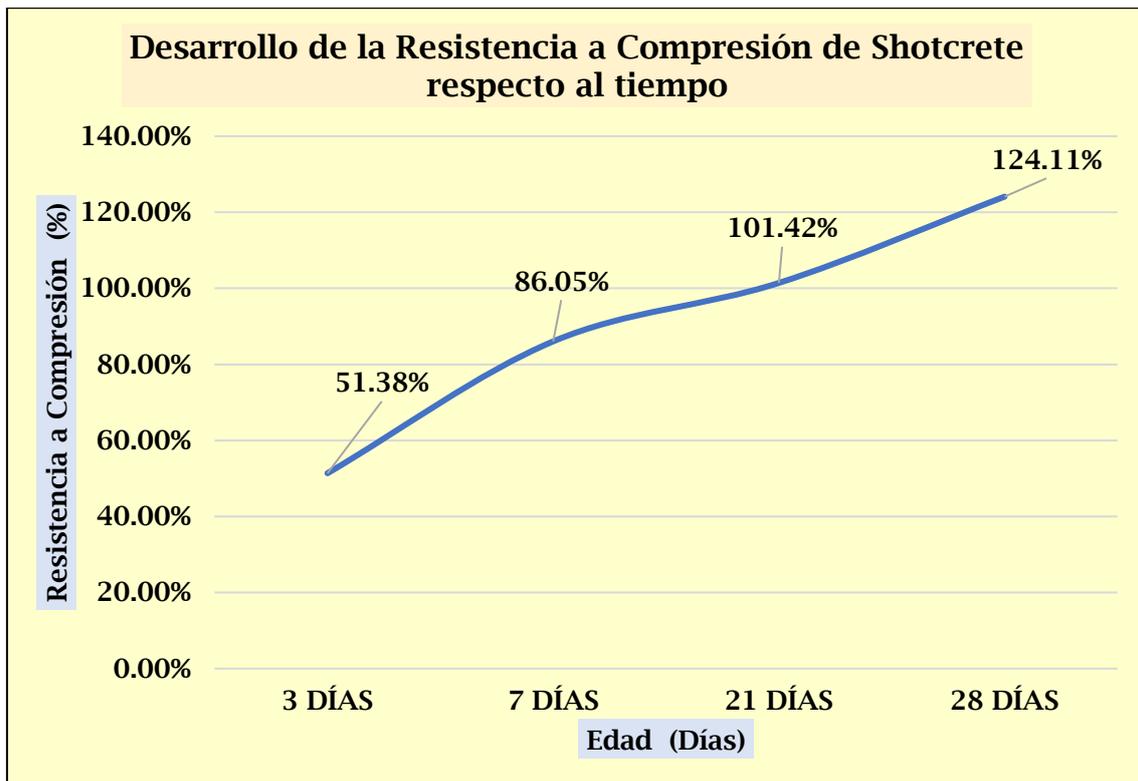


Gráfico 16: Desarrollo de la Resistencia a Compresión de Shotcrete respecto al tiempo. Fuente: Propia



Gráfico 17: Desarrollo de la Resistencia a Tracción de Shotcrete respecto al tiempo. Fuente: Propia

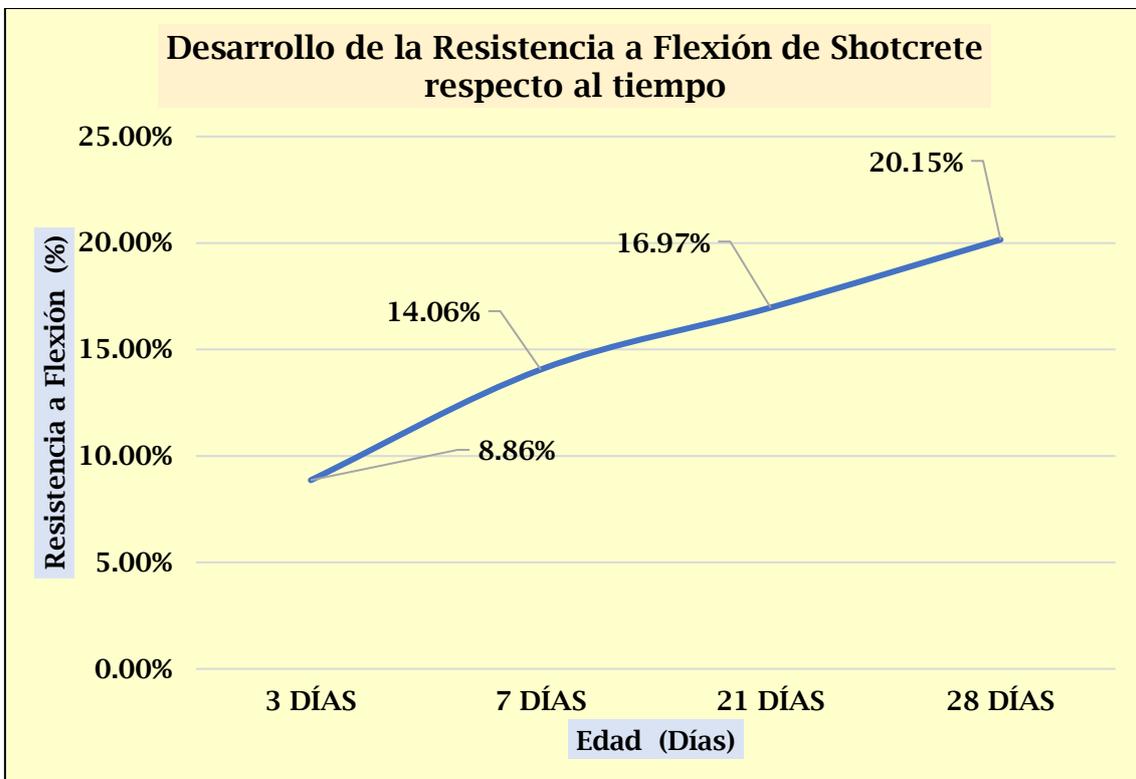


Gráfico 18: Desarrollo de la Resistencia a Flexión de Shotcrete respecto al tiempo. Fuente: Propia

### Segregación en el Concreto Endurecido:

Los 4 tipos de concreto fueron evaluados mediante un procedimiento de percepción visual para determinar si había segregación después del ensayo de resistencia a la compresión, y se determinó que no había ninguna porque no se percibía ninguna separación entre la pasta y los áridos, entre los áridos gruesos y los finos, y entre las microfibras y las macrofibras de polipropileno reciclado.

### Ensayo de Muestra de Suelo de Talud

#### Ensayo de Muestra de Suelo de Talud del Km 16 + 780, Cutervo – Cochabamba

#### Ensayo de Análisis Granulométrico por Tamizado de Muestra de Suelo de Talud en Estudio:

Tabla 53: Granulometría de Muestra de Suelo de Talud. Fuente: Propia

Tamices ASTM	Apertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Especificaciones norma ASTM C 33 - USO PARA PRODUCIR CONCRETO
3 1/2"	90.000					
3"	75.000					
2 1/2"	63.000					
2"	50.000					
1 1/2"	37.500					
1"	25.000					
3/4"	19.000					
1/2"	12.500					
3/8"	9.500					
1/4"	6.300				100.00	
N° 4	4.750	8.40	0.24	0.24	99.76	
N° 6	3.350	0.16	0.03	0.27	99.73	
N° 8	2.360	0.05	0.01	0.28	99.72	
N° 10	2.000	0.05	0.01	0.29	99.71	
N° 16	1.180	0.67	0.13	0.42	99.58	
N° 20	0.850	0.29	0.06	0.48	99.52	
N° 30	0.600	1.90	0.38	0.86	99.14	
N° 40	0.425	3.13	0.62	1.48	98.52	
N° 50	0.300	3.07	0.61	2.09	97.91	
N° 60	0.250	3.26	0.65	2.74	97.26	
N° 80	0.180	6.01	1.20	3.94	96.06	
N° 100	0.150	2.76	0.55	4.49	95.51	
N° 200	0.075	3.10	0.62	5.11	94.89	
Pasante		477.24	94.90	100.01		

Se realizó el análisis granulométrico de la muestra de suelo de talud, en la cual se observó un diámetro de los granos de 0,075 mm, indicando una cantidad del 94,89% de finos presentes en esta. Además, cumple con las especificaciones del ensayo, al pasar más del 90% por el tamiz N° 200.

### Ensayo de Contenido de Humedad de Muestra de Suelo de Talud en Estudio:

Tabla 54: Contenido de Humedad de Muestra de Suelo. Fuente: Propia

Descripción	1	2
Peso de tara (gr)	68.60	73.60
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	622.60	644.40
Peso de la tara + muestra seca (gr)	452.80	467.90
Peso del agua contenida (gr)	169.80	176.50
Peso de la muestra seca (gr)	384.20	394.30
Contenido de Humedad (%)	44.20	44.76
Contenido de Humedad Promedio (%)	44.48	

El contenido de humedad para la muestra de suelo de talud del Km en estudio es de 44.48%.

### Ensayo de Límites de Consistencia de Muestra de Suelo de Talud en Estudio:

- DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS.

Tabla 55: Límite Líquido de Muestra de Suelo de Talud. Fuente: propia

N° de Tarro		1	3	5	
Peso de Tarro + Suelo Húmedo	gr.	134.20	133.19	140.50	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	116.09	115.89	122.39	
Peso de Tarro	gr.	71.90	72.35	75.79	
Peso de Agua	gr.	18.11	17.30	18.11	
Peso del Suelo Seco	gr.	44.19	43.54	46.60	Límite Líquido
Contenido de Humedad	%	40.98	39.73	38.86	40.0
Numero de Golpes		17	25	34	

El Límite Líquido para la muestra de suelo de talud del Km 16 + 780 en estudio es de 40.00.

- DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.)

Tabla 56: Límite Plástico de Muestra de Suelo de Talud. Fuente: propia

N° de Tarro		4	7		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	20.36	21.37		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	18.47	19.31		
Peso de Tarro	gr.	12.01	11.99		
Peso de Agua	gr.	1.89	2.06		
Peso de Suelo seco	gr.	6.46	7.32		Límite Plástico
Contenido de Humedad	%	29.28	28.14		29.0

El Límite Plástico para la muestra de suelo de talud del Km 16 + 780 en estudio es de 29.00.

**Ensayo de Sales Solubles Totales en Muestra de Suelo de Talud en Estudio:**

Tabla 57: Sales Solubles Totales en Muestra de Suelo de Talud. Fuente: Propia

SALES SOLUBLES TOTALES				
Descripción	und	1	2	Promedio
RELACION DE MEZCLA SUELO - AGUA DESTILADA	-	<b>1 : 3</b>		
NUMERO DE BEAKER	-	5	3	
PESO DE BEAKER	gr	55.30	70.70	
PESO DEL BEAKER + RESIDUOS DE SALES	gr	55.36	70.76	
PESO DEL RESIDUO DE SALES	gr	0.0600	0.0600	
VOLUMEN DE SOLUCION TOMADA	ml	100	100	
CONSTITUYENTES DE SALES SOLUBLES EN LICUOTA	p.p.m	600	600	
CONSTITUYENTES DE SALES SOLUBLES EN MUESTRA	p.p.m	1800	1800	1800
CONSTITUYENTES DE S.S EN PESO SECO	%	0.180	0.180	0.180

El contenido de sales solubles totales presentes en la muestra de suelo de talud del Km en estudio es de 0.18%.

## Ensayo de Relación Densidad/Humedad (Proctor) en Muestra de Suelo de Talud en Estudio:

Tabla 58: Proctor en Muestra de Suelo de Talud. Fuente: Propia

Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"	C	Volumen Molde	953	cm3.	N° de capas	5
	Metodo	B	A		Peso Molde	3862.1	gr.	N° de golpes	25 Glp
NUMERO DE ENSAYOS					1	2	3	4	
Peso Suelo + Molde				gr.	5,450	5,510	5,530	5,470	
Peso Suelo Humedo Compactado				gr.	1,588	1,648	1,668	1,608	
Peso Volumetrico Humedo				gr.	1,666	1,729	1,750	1,687	
Recipiente Numero					1	2	3	4	
Peso Suelo Humedo + Tara				gr.	134.60	139.69	157.36	155.13	
Peso Suelo Seco + Tara				gr.	126.04	129.82	143.58	139.78	
Peso de la Tara				gr.	72.91	74.52	74.09	71.88	
Peso del agua				gr.	8.56	9.87	13.78	15.35	
Peso del suelo seco				gr.	53.13	55.30	69.49	67.90	
Contenido de agua				%	16.11	17.85	19.83	22.61	
Densidad Seca				gr/cc	1.435	1.467	1.461	1.376	

La relación Densidad/Humedad (Proctor), en la muestra de suelo de talud del Km en estudio es de 1,47 gr/cm<sup>3</sup> / 18,6%.

## Ensayo de Corte Directo en Muestra de Suelo de Talud en Estudio:

Tabla 59: Corte Directo en Muestra de Suelo de Talud. Fuente: Propia

N° DE ESPECIMEN	PESO VOLUME-TRICO SECO (gr/cm <sup>3</sup> )	ESFUERZO NORMAL (kg/cm <sup>2</sup> )	PROPORCION DE ESFUERZOS (t/s)	HUMEDAD NATURAL (%)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm <sup>2</sup> )	HUMEDAD SATURADA (%)	PESO VOLUME-TRICO NATURAL (gr/cm <sup>3</sup> )	PESO VOLUME-TRICO SATURADA (gr/cm <sup>3</sup> )
1	1.918	0.50	0.97	12.62	0.486	21.42	2.160	2.329
2	1.914	1.00	0.59	13.51	0.592	18.95	2.173	2.277
3	1.916	1.50	0.47	11.45	0.699	19.52	2.135	2.290
<b>RESULTADO :</b>								
COHESION (kg/cm <sup>2</sup> )				:	0.38			
ANGULO DE FRICCION INTERNA				:	12.0°			

Se determinó que la cohesividad de la muestra de suelo del talud del Km en estudio era de 0,38 Kg/cm<sup>2</sup>, y el ángulo de fricción interna era de 12,00° mediante el ensayo de corte directo.

## Aplicación de Software "Geo5" (Estabilización de Taludes)

**Aplicación del Método Bishop para Cálculo de FS de Talud en el Km 16 + 780 de la Carretera Cutervo – Cochabamba, Empleando el Software Geo5:**

**Modelado de Talud en Estado Natural:**

**Verificación de la estabilidad de la pendiente (Bishop)**

Suma de fuerzas activas :  $F_a = 1847.82 \text{ kN/m}$

Suma de fuerzas pasivas :  $F_p = 1585.07 \text{ kN/m}$

Momento deslizando :  $M_a = 40781.29 \text{ kNm/m}$

Momento de resistencia :  $M_p = 34982.43 \text{ kNm/m}$

Factor de seguridad =  $0,86 < 1,00$

**Estabilidad de la pendiente NO ACEPTABLE**

**Optimización de la superficie de deslizamiento circular (Bishop)**

**Modelado con Refuerzo de Shotcrete Microfibras (0,15%) + Macrofibras (1,0%):**

**Verificación de la estabilidad de la pendiente (Bishop)**

Suma de fuerzas activas:  $F_a = 2411.49 \text{ kN/m}$

Suma de fuerzas pasivas:  $F_p = 2467.64 \text{ kN/m}$

Momento de deslizamiento:  $M_a = 62168.31 \text{ kNm/m}$

Momento de resistencia:  $M_p = 63615.68 \text{ kNm/m}$

Factor de seguridad =  $1,21 > 1,00$

**Estabilidad de taludes ACEPTABLE**

**Optimización de la superficie de deslizamiento circular (Bishop)**

**Discusión:****Ensayo de Materiales****Ensayo de Agregados para Diseño de Mezcla**

De los ensayos realizados a los materiales utilizados para el diseño de mezcla se obtuvieron las características físicas de cada uno de ellos, que en comparación con los autores [17] en el año 2019, tuvieron ciertas variaciones razonables dado por factores externos que no repercuten en el objetivo general de la presente investigación.

*Tabla 60: Comparación de Resultados del Agregado Fino. Fuente: Propia*

ENSAYO DE MATERIALES	Laboratorio Quintos	Tesis Silupu & Saldaña	VARIACIÓN
	Agregado FINO	Agregado FINO	
Módulo de Fineza	3.00	2.81	0.19
Peso Específico (gr/cm <sup>3</sup> )	2.53	2.67	0.14
Contenido de Humedad (%)	6.84	1.20	5.64
Porcentaje de Absorción (%)	1.46	1.20	0.26
Peso Unitario Suelto (Kg/m <sup>3</sup> )	1622	1640	18.00
Peso Unitario Compactado (Kg/m <sup>3</sup> )	1843	1760	83.00

En el caso del agregado fino, se obtuvo un módulo de finura de 3,00; este valor difiere en 0,19 de la estimación de Silupu & Saldaña de 2,81. También se descubrió que el valor del módulo de finura está dentro del rango sugerido por la NTP 400.037. En cuanto al peso específico, se obtuvieron 2,53 gr/cm<sup>3</sup>, frente a los 2,67 gr/cm<sup>3</sup> de Silupu & Saldaña, con una variación de 0,14 gr/cm<sup>3</sup>, y así sucesivamente.

Tabla 61: Comparación de Resultados del Agregado Grueso. Fuente: Propia

ENSAYO DE MATERIALES	Laboratorio Quintos	Tesis Silupu & Saldaña	VARIACIÓN
	Agregado GRUESO	Agregado GRUESO	
Módulo de Fineza	6.08	--	--
Peso Específico (gr/cm <sup>3</sup> )	2.64	2.73	0.09
Contenido de Humedad (%)	1.77	0.60	1.17
Porcentaje de Absorción (%)	0.43	1.30	0.87
Peso Unitario Suelto (Kg/m <sup>3</sup> )	1376	1430	54.00
Peso Unitario Compactado (Kg/m <sup>3</sup> )	1512	1560	48.00

Es evidente que los áridos difieren en algunos aspectos de los producidos por Silupu y Saldaña en 2019. Esto se debe a que el clima de las regiones donde se realizaron las pruebas ha cambiado, así como el tipo de suelo utilizado para extraer los materiales (diferentes canteras), lo que ha modificado las propiedades.

En el caso del agregado grueso, se obtuvo un peso específico de 2,64 gr/cm<sup>3</sup>, y al compararlo con el calculado por Silupu & Saldaña, donde se obtuvo 2,73 gr/cm<sup>3</sup>, hay una variación de 0,09 gr/cm<sup>3</sup>; asimismo, se obtuvo un valor de 1512 kg/m<sup>3</sup> para el peso unitario compactado en seco, y al compararlo con el resultado de Silupu & Saldaña, donde se obtuvieron 1560 kg/m<sup>3</sup>.

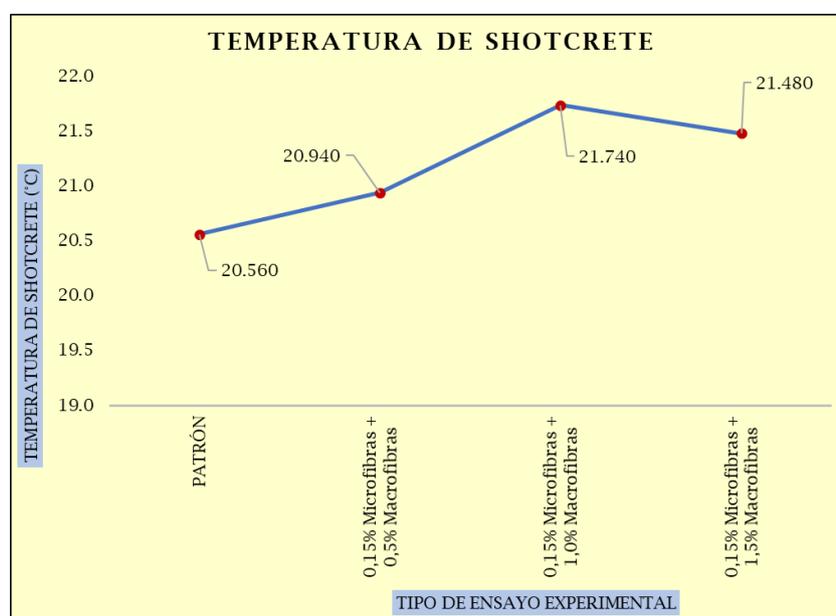
### **Análisis de Diseño de Mezcla**

Para la ejecución del diseño de mezcla, se debe de tener en cuenta la trabajabilidad del concreto, para lo cual se realizó el ensayo de slump, cuyo diseño fue para 7" tal como lo recomienda la ASTM C-94.

Cabe recalcar que para cada ensayo experimental con incorporaciones de microfibras y macrofibras de polipropileno, se realizó un ensayo, donde se obtuvieron los siguientes resultados de asentamiento:

Tabla 62: Muestras de variación de Asentamiento por cada tipo de ensayo experimental. Fuente: Propia

<b>Ensayo de Asentamiento de Concreto <math>f'c=280 \text{ kg/cm}^2</math> – Muestras de variación de Asentamiento por cada tipo de ensayo experimental.</b>			
<b>Ensayo</b>	<b>Diseño Inicial</b>	<b>% de Resistencia estimada según la cantidad de Días</b>	<b>Límite (% <math>f'c=280 \text{ kg/cm}^2</math>)</b>
Patrón	$7 \pm 1 \frac{1}{2}$ "	6.85"	2.14%
0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras	$7 \pm 1 \frac{1}{2}$ "	6.70"	4.28%
0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras	$7 \pm 1 \frac{1}{2}$ "	6.40"	8.57%
0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras	$7 \pm 1 \frac{1}{2}$ "	5.80"	17.14%

Gráfico 19: Temperatura  $T^\circ$  de los distintos experimentos de Shotcrete en estado Fresco. Fuente: Propia

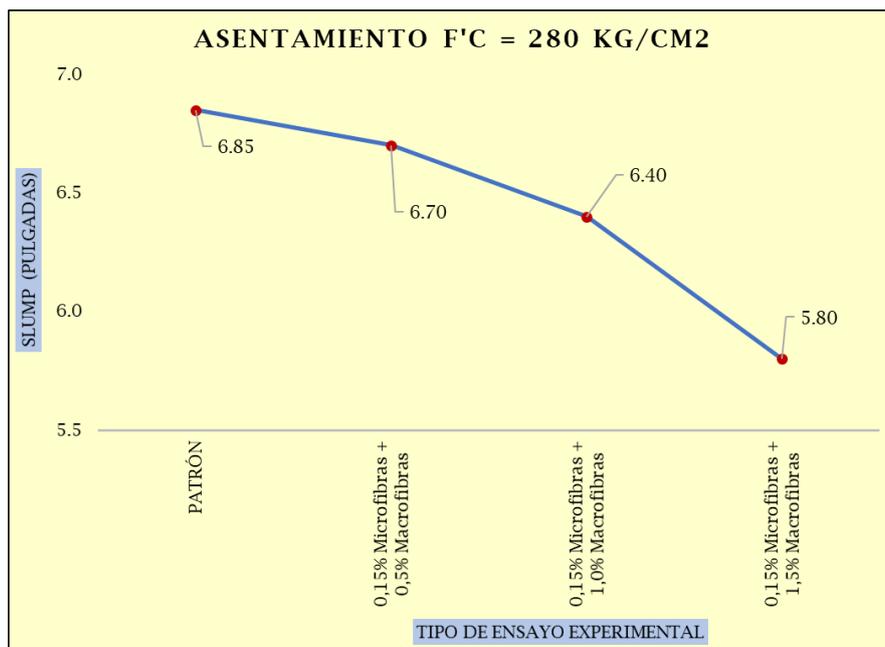


Gráfico 20: Muestras de variación de Asentamiento por cada tipo de ensayo experimental. Fuente: Propia

Se utilizó la norma NTP 339.035 para realizar el ensayo de asentamiento del concreto fresco. El concreto convencional (concreto desprovisto de fibras de polipropileno recicladas) se sometió a un primer ensayo de asentamiento, y los resultados revelaron un asentamiento medio de 6,85". Adicional a eso, se realizaron ensayos de asentamiento en las pruebas experimentales, encontrándose los siguientes resultados a discutir:

- Experimento 01 (adición de 0,15% de microfibras + 0,5% de macrofibras) mostró un asentamiento medio de 6,70".
- Experimento 02 (adición de 0,15% de microfibras + 1,0% de macrofibras), que mostró un asentamiento de 6,40".
- Experimento 03 (0,15% de microfibras + 1,5% de macrofibras), que mostró un asentamiento medio de 5,80".

Bajo los resultados citados anteriormente, podemos identificar parámetros de limitación de adición de fibras de polipropileno reciclado, dado que, del ensayo tratado en este punto, observamos que, a mayor incorporación de fibras recicladas, el patrón se vuelve menos trabajable.

No obstante, se recalca que el asentamiento para el concreto patrón y para todos los experimentos cumplieron con el slump de diseño inicial, considerándose este favorable para el desarrollo de la presente investigación, dado el cumplimiento de la variabilidad máxima de  $7 \pm 1 \frac{1}{2}$ " Según ASTM C-94.

## Análisis de los Ensayos de Concreto en Estado Endurecido

### Ensayo de Testigos Cilíndricos de Concreto (Ensayo de Compresión):

De los procedimientos aplicados en la presente investigación, se obtuvieron los siguientes resultados a discutir:

Tabla 63: Resultados finales de resistencia a la compresión para los diferentes tipos de adición. Fuente: Propia

Días	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )							
	3		7		21		28	
Adición Experimental	Resist.	% respecto a diseño ( $f'c=280$ kg/cm <sup>2</sup> )	Resist.	% respecto a diseño ( $f'c=280$ kg/cm <sup>2</sup> )	Resist.	% respecto a diseño ( $f'c=280$ kg/cm <sup>2</sup> )	Resist.	% respecto a diseño ( $f'c=280$ kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra Patrón	121.2	-	203.47	-	240.76	-	293.36	-
Adición 0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras	129.44	46.23%	213.47	76.24%	254.36	90.84%	310.17	110.78%
Adición 0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras	143.86	51.38%	240.94	86.05%	283.99	101.42%	347.52	124.11%
Adición 0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras	134.95	48.20%	226.88	81.03%	267.08	95.38%	326.29	116.53%

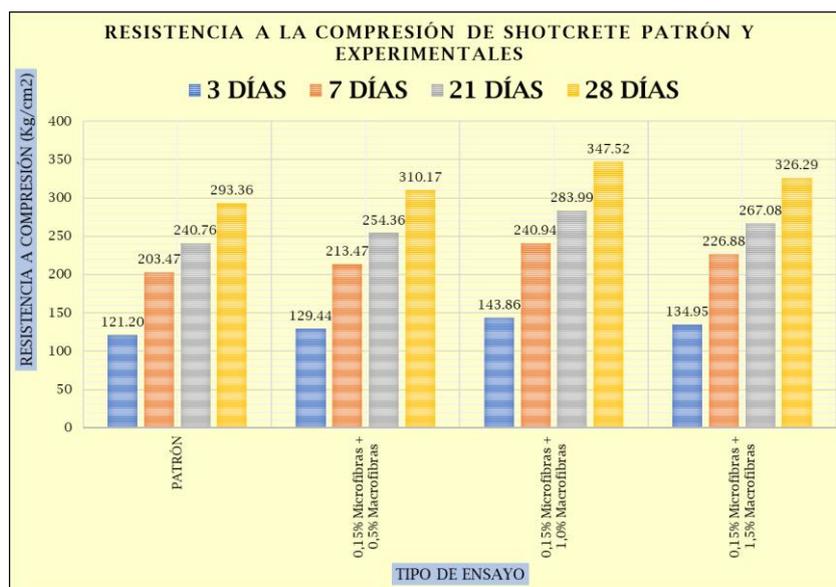


Gráfico 21: Resultados finales de resistencia a la compresión para los diferentes tipos de adición. Fuente: Propia

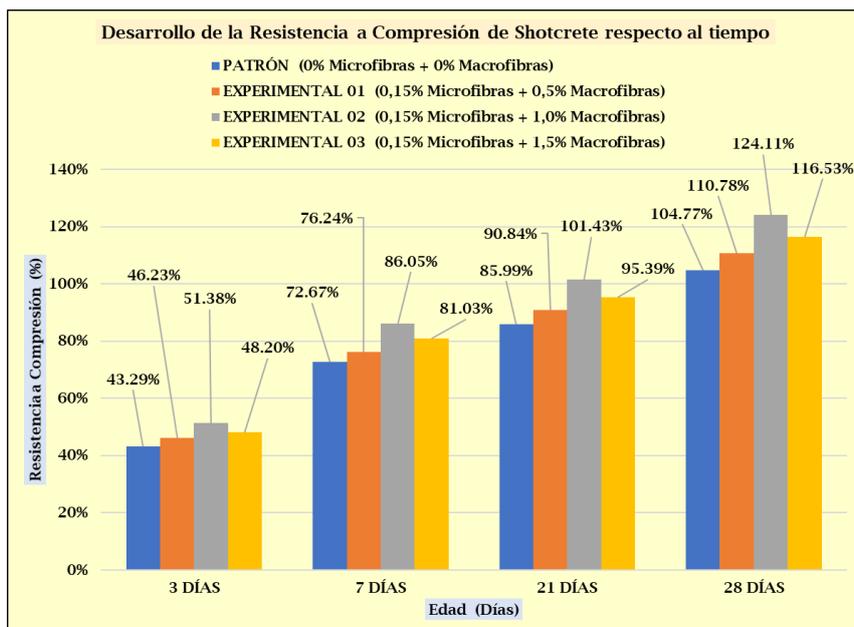


Ilustración 25: Desarrollo de la Resistencia a Compresión de Shotcrete respecto al tiempo

De los experimentos realizados, se pudieron determinar los siguientes resultados a discutir respecto a la resistencia a la compresión:

- Experimental 01 - Adición 0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras de polipropileno reciclado; que produjo 213.47 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a 7 días de curado y 310.17 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de curado, valores más altos a los encontrados en el concreto patrón donde se obtuvo 203.47 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días y 293.36 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.
- Experimental 02 - Adición 0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras de polipropileno reciclado; que produjo 240.94 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a 7 días de curado y 347.52 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de curado, valores más altos a los encontrados en el concreto patrón donde se obtuvo 203.47 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días y 293.36 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.
- Experimental 03 - Adición 0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras de polipropileno reciclado, que produjo 226.88 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a 7 días de curado y 326.29 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de curado, valores más altos a los encontrados en el concreto patrón donde se obtuvo 203.47 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días y 293.36 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

Se evidencia que tanto en el experimento 1, 2 y 3, se aumentó considerablemente la resistencia a compresión, tomando como referencia la muestra patrón, tanto es así que, a los 28 días de curado se obtuvo un aumento del 6%, 19% y 11% respectivamente.

Es evidente que a mayor adición de microfibras y macrofibras de polipropileno reciclado, la resistencia a la compresión aumenta, coincidiendo de esta manera, con lo concluido por [17], sin embargo es importante mencionar, que de los resultados de los experimentos en la presente investigación se determinó una limitada influencia positiva de las fibras de polipropileno reciclado, en la mejora de la resistencia a la compresión, dado que; en el experimento 2 con la adición de 0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras (347,52 Kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días de curado) se obtuvo la mayor resistencia, no obstante al adicionar un 1.5% de macrofibras de polipropileno reciclado (experimento 3), se evidenció una reducción de la resistencia a la compresión esto debido a la mayor influencia de las fibras recicladas lo cual hace que el espécimen reduzca su consistencia.

### Ensayo de Testigos Cilíndricos de Concreto (Ensayo de Tracción Indirecta):

Tabla 64: Resultados finales de resistencia a la tracción para los diferentes tipos de adición. Fuente: Propia

Días	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )							
	3		7		21		28	
Adición Experimental	Resist.	% respecto a diseño (f'c= 280 kg/cm <sup>2</sup> )	Resist.	% respecto a diseño (f'c= 280 kg/cm <sup>2</sup> )	Resist.	% respecto a diseño (f'c= 280 kg/cm <sup>2</sup> )	Resist.	% respecto a diseño (f'c= 280 kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra Patrón	10.14	-	21.13	-	35.61	-	42.61	-
Adición 0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras	10.84	8.38%	22.49	10.53%	37.96	14.92%	45.41	14.64%
Adición 0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras	12.13	8.43%	25.29	10.50%	42.71	15.04%	51.08	14.70%
Adición 0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras	11.3	8.37%	23.59	10.40%	39.73	14.88%	47.43	14.54%

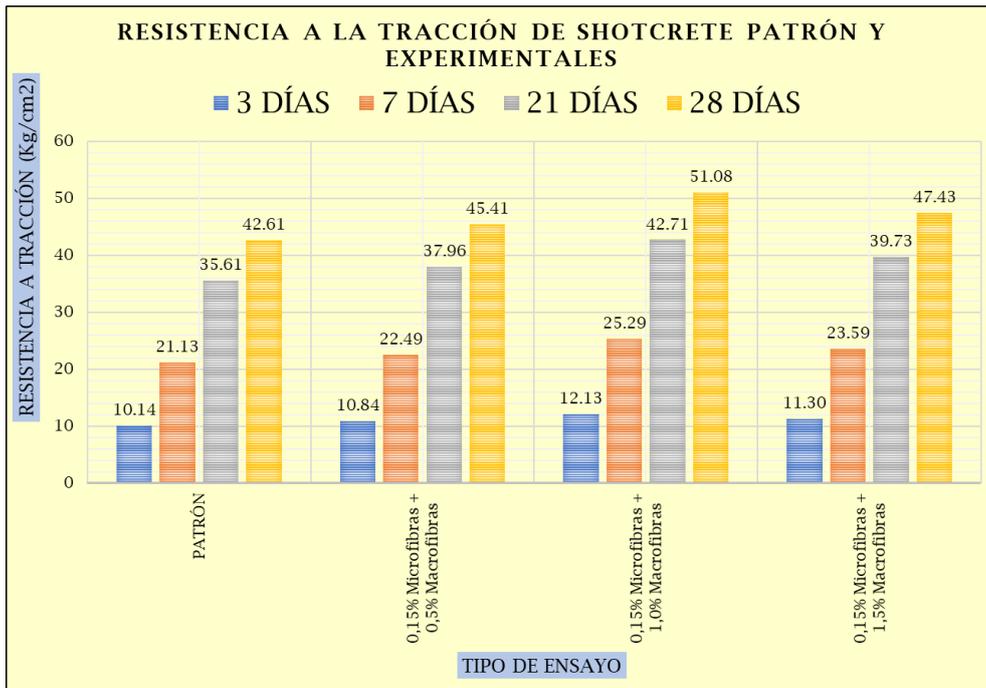


Gráfico 22: Resultados finales de resistencia a la tracción para los diferentes tipos de adición. Fuente: Propia

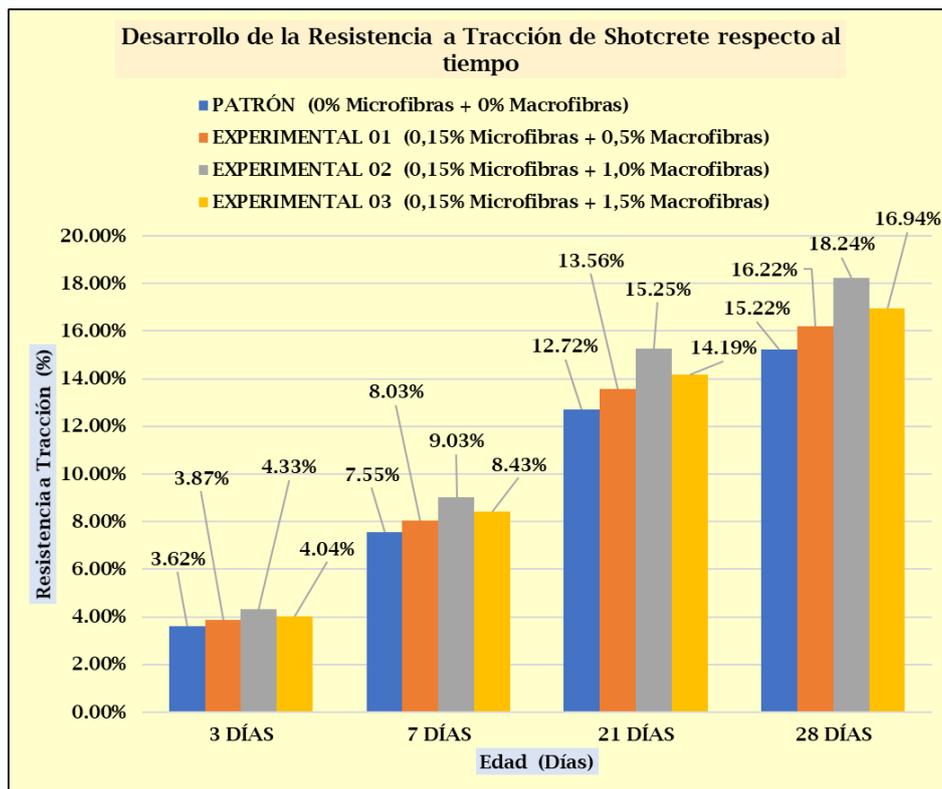


Ilustración 26: Desarrollo de la Resistencia a Tracción de Shotcrete respecto al tiempo

De los experimentos realizados, se pudieron determinar los siguientes resultados a discutir respecto a la resistencia a la tracción indirecta:

- Experimental 01 - Adición 0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras de polipropileno reciclado; que produjo 22.49 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a 7 días de curado y 45.41 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de curado, valores más altos a los encontrados en el concreto patrón donde se obtuvo 21.13 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días y 42.61 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.
  
- Experimental 02 - Adición 0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras de polipropileno reciclado; que produjo 25.29 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a 7 días de curado y 51.08 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de curado, valores más altos a los encontrados en el concreto patrón donde se obtuvo 21.13 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días y 42.61 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

Experimental 03 - Adición 0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras de polipropileno reciclado, que produjo 23.59 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a 7 días de curado y 47.43 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de curado, valores más altos a los encontrados en el concreto patrón donde se obtuvo 21.13 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días y 42.61 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

Se evidencia que tanto en el experimento 1, 2 y 3, se aumentó considerablemente la resistencia a tracción indirecta, tomando como referencia la muestra patrón, tanto es así que, a los 28 días de curado se obtuvo un aumento del 7%, 19% y 11% respectivamente.

Los resultados mostraron que el experimento 2 presenta una mayor resistencia a la tracción indirecta, siendo este el porcentaje óptimo para esta propiedad mecánica. Este resultado va de la mano con lo citado por [17], en el que se determinó que a mayor cantidad de adición de fibras de polipropileno aumenta la resistencia a la tracción del concreto.

Adicional a lo antes mencionado, del análisis a los resultados experimentales de esta investigación se determinó también que el máximo porcentaje de adición de macrofibras de polipropileno reciclado debe de ser 1%, dado que al aumentar la el

porcentaje del material reciclado, la resistencia a la tracción indirecta sufre un declive respecto al experimento 2, dado a la pérdida de consistencia.

### Ensayo de Vigas Prismáticas de Concreto (Ensayo de Flexión a Vigas Simplemente Apoyadas con Cargas a los Tercios del Tramo):

Tabla 65: Resultados finales de resistencia a la flexión para los diferentes tipos de adición. Fuente: Propia

Días	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )							
	3		7		21		28	
Adición Experimental	Resist.	% respecto a diseño ( $f'c=280$ kg/cm <sup>2</sup> )	Resist.	% respecto a diseño ( $f'c=280$ kg/cm <sup>2</sup> )	Resist.	% respecto a diseño ( $f'c=280$ kg/cm <sup>2</sup> )	Resist.	% respecto a diseño ( $f'c=280$ kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra Patrón	19.11	-	30.35	-	36.58	-	43.43	-
Adición 0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras	20.76	16.04%	33.04	15.48%	39.66	15.59%	47.05	15.17%
Adición 0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras	24.81	17.25%	39.36	16.34%	47.5	16.73%	56.43	16.24%
Adición 0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras	22.25	16.48%	35.38	15.59%	42.53	15.92%	50.52	15.48%

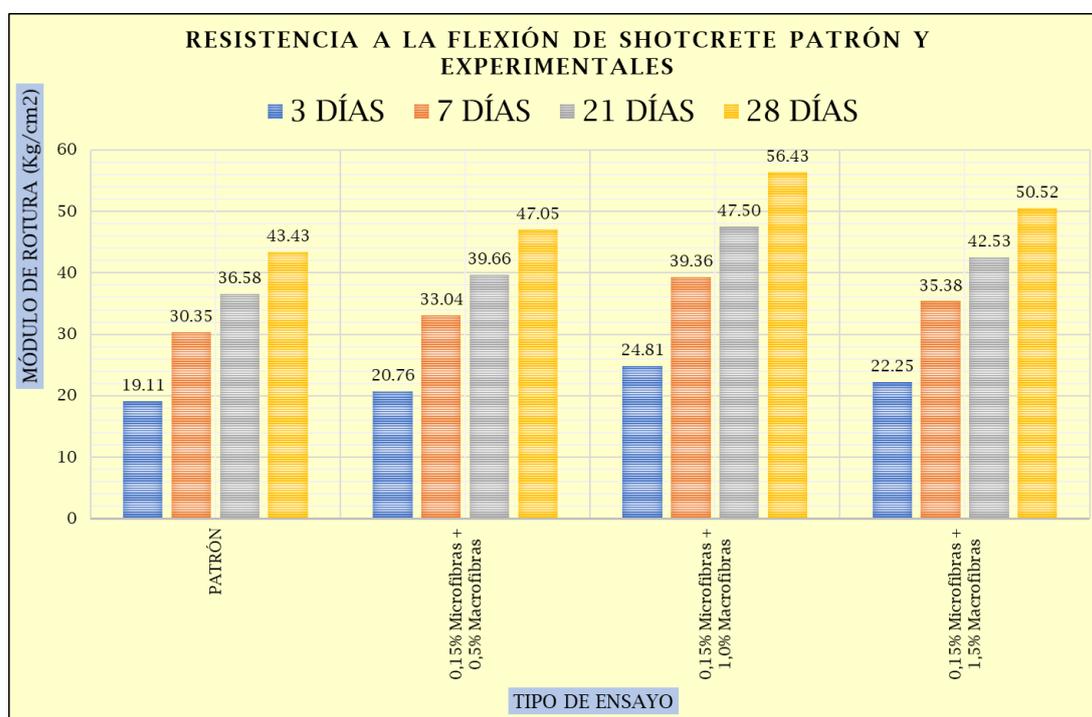
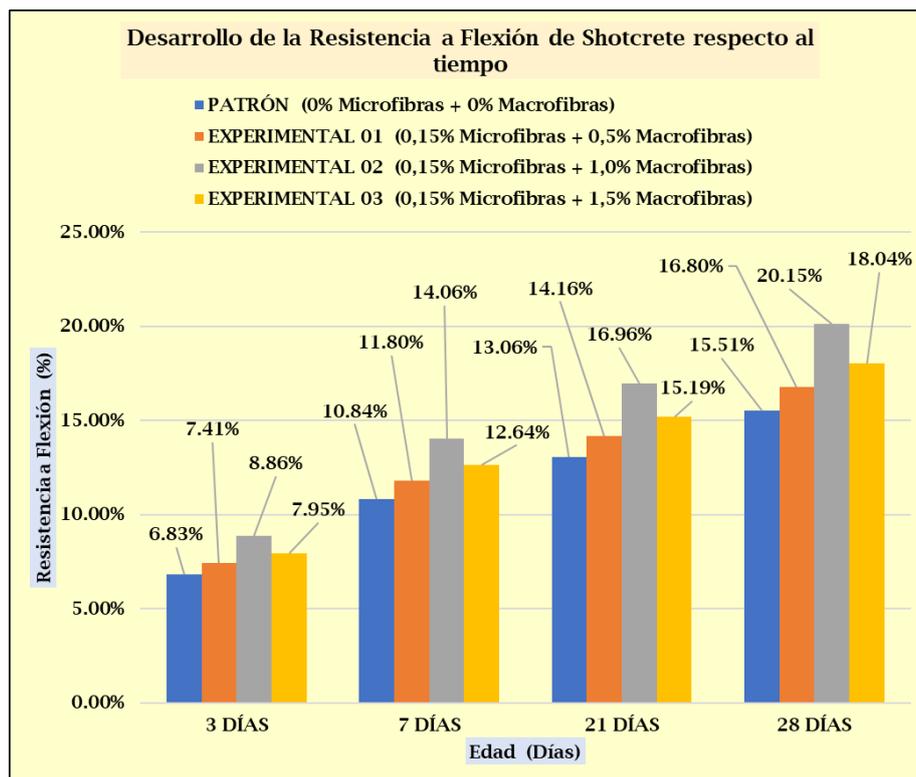


Gráfico 23: Resultados finales de resistencia a la flexión para los diferentes tipos de adición. Fuente: Propia



*Ilustración 27: Desarrollo de la Resistencia a Flexión de Shotcrete respecto al tiempo*

De los experimentos realizados, se pudieron determinar los siguientes resultados a discutir respecto a la resistencia a la flexión:

- Experimental 01 - Adición 0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras de polipropileno reciclado; que produjo 33.04 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a flexión a 7 días de curado y 47.05 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de curado, valores más altos a los encontrados en el concreto patrón donde se obtuvo 30.35 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días y 43.43 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.
- Experimental 02 - Adición 0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras de polipropileno reciclado; que produjo 39.36 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a 7 días de curado y 56.43 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de curado, valores más altos a los encontrados en el concreto patrón donde se obtuvo 35.38 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días y 43.43 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

Experimental 03 - Adición 0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras de polipropileno reciclado, que produjo 35.38 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a 7 días de curado

y 50.52 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de curado, valores más altos a los encontrados en el concreto patrón donde se obtuvo 30.35 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días y 43.43 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

Se evidencia que tanto en el experimento 1, 2 y 3, se aumentó considerablemente la resistencia a flexión, tomando como referencia la muestra patrón, tanto es así que, a los 28 días de curado se obtuvo un aumento del 8.5%, 30% y 16.5% respectivamente.

Como se puede mostrar de los resultados, la conexión o incorporación creada por las fibras de polipropileno reciclado en el shotcrete da lugar a una mejora de la propiedad de resistencia a la flexión, siendo el porcentaje óptimo de adición el de 0.15% de microfibras y 1.00% de macrofibras de polipropileno reciclado, dado que en la aplicación en la estabilización de talud permitirá una reducción significativa en las grietas y rajaduras. Es inminente la mejora que produce la adición de fibras de polipropileno en el shotcrete para estabilización de taludes, y más aún cuando se trata de la propiedad mecánica de la flexión; dado que las fibras de polipropileno reciclado al ser considerados plásticos, aumenta la flexibilidad del espécimen al aplicar la carga de rotura, deficiencia que no se ha logrado superar en la muestra de estudio planteada.

Finalmente, los resultados que se presentan en esta investigación, coinciden objetivamente con lo planteado por [17], donde menciona que conforme se incrementó la incorporación de fibras de polipropileno, los ensayos de compresión, tracción y flexión aumentaron acorde al número de días de curado, dando porcentajes de aumento que garantizaron su resistencia desde temprana edad.

## Análisis de los Ensayos de Muestra de Suelo de Talud

### Ensayo de Muestra de Suelo de Talud del Km 16 + 780, Cutervo – Cochabamba

El suelo se extrajo del talud lateral derecho ubicado a la altura del kilómetro 16 + 780, de la carretera Cutervo – Cochabamba, Cutervo, Cajamarca. El método de extracción fue mediante una excavación lateral a cielo abierto de un metro de profundidad.

Los resultados obtenidos, luego de los ensayos sometidos a la muestra de suelo del talud del kilómetro mencionado; arrojaron un porcentaje de grava del 0.30%, de arena del 4.90% y de finos del 94.90%.

Además de ello, se determinó la clasificación del tipo de suelo del talud en estudio, partiendo por el cálculo del límite líquido del 40% (Grado de Expansión con un hinchamiento medio), del límite plástico de un 29% (Potencial de hinchamiento medio) y un índice de plasticidad del 11%, y se clasificó según SUCS, como CL u OL, es decir; arcillas limosas de baja plasticidad.

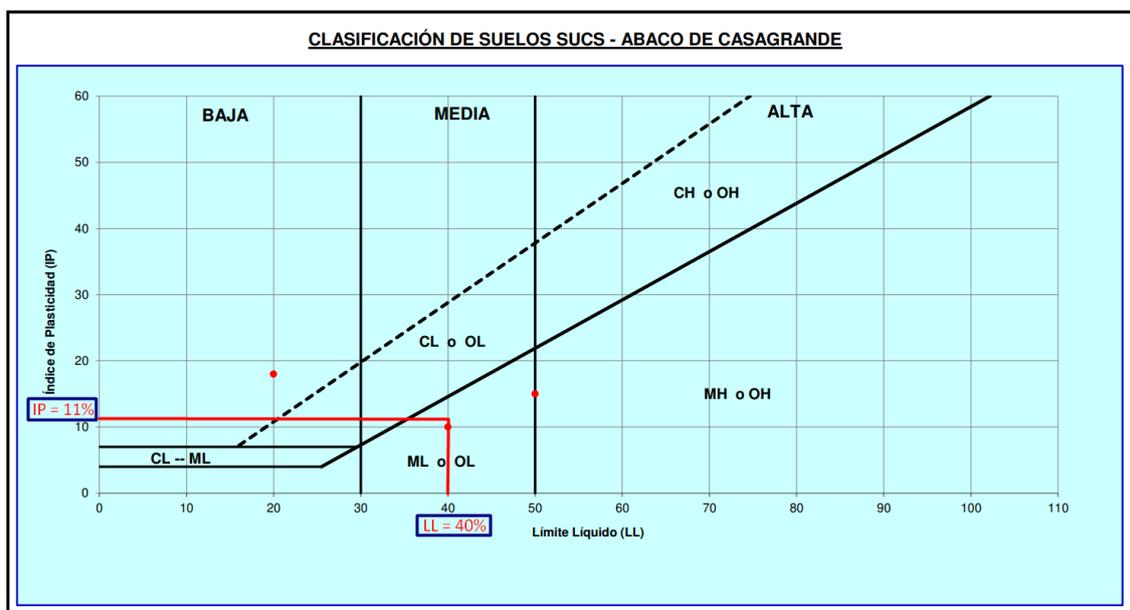


Ilustración 28: Clasificación SUCS del suelo (Ábaco de Casagrande). Fuente: Propia

Tabla 66: Resumen Caracterización Geotécnica del Suelo de Talud. Fuente: Propia

PARÁMETRO	VALOR
Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	1.916 gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de Humedad (%)	44.48%
Límite Líquido (%)	40%
Límite Plástico (%)	29%
Sales Solubles en Peso Seco (%)	0.18%
Índice de Plasticidad (%)	11%
Contenido de Arenas (%)	4.90%
Contenido de Finos (%)	94.90%
Contenido de Gravas (%)	0.30%
Clasificación AASHTO	A-6 (8)
Clasificación SUCS	OL

Se determinó la relación humedad – densidad seca, es decir el ensayo Proctor Estándar bajo la normativa AASHTO T-180, MTC E-116, dando como resultado una densidad máxima seca (MDS) de 1.47gr/cm<sup>3</sup>, con una humedad óptima ( $\omega$ ); del 18.60%.

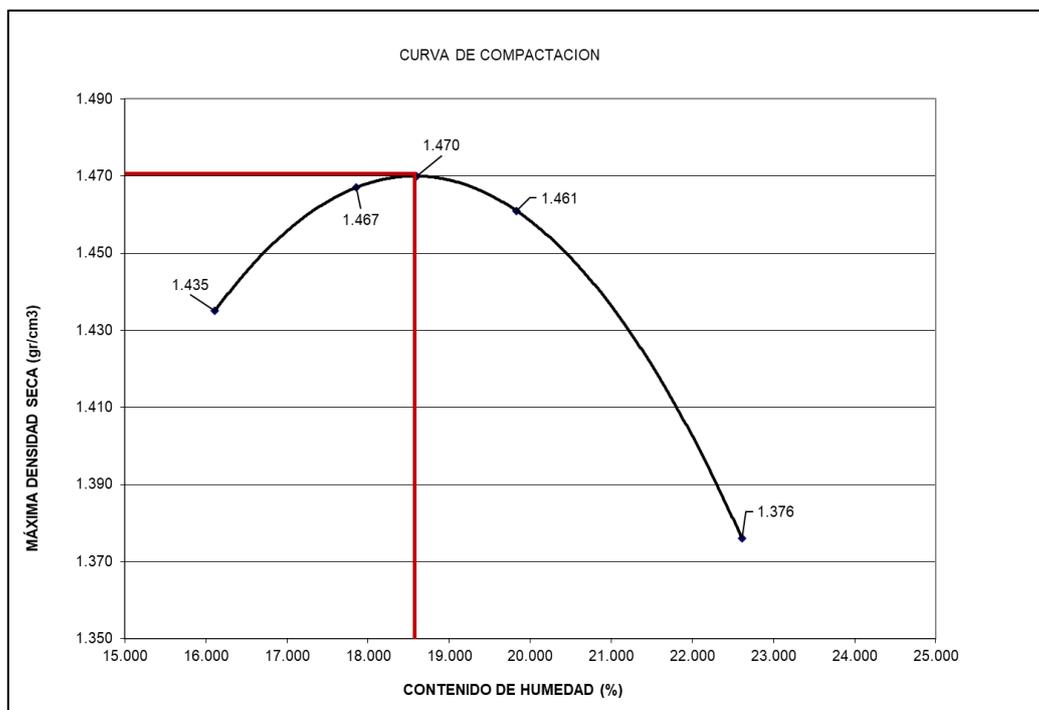
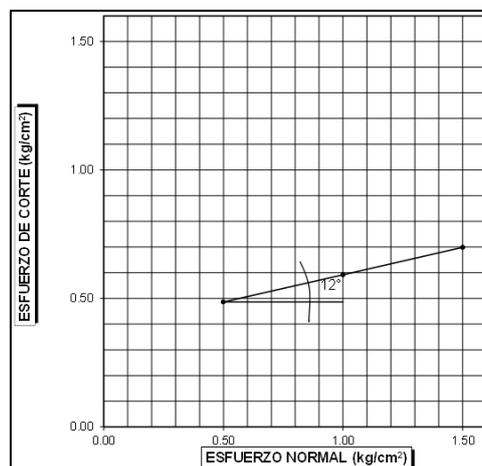


Ilustración 29: Curva de compactación del suelo. Fuente: Propia

Con más del 90% de finos y menos del 1% de gravas, el material es de naturaleza cohesiva, lo que da lugar a un alto valor de densidad máxima en seco. Es decir, cuando se añade la cantidad adecuada de agua a las partículas del suelo durante la compactación, el resultado es una buena adherencia interna y una baja permeabilidad. Debido a la necesidad de mantener o aumentar la densidad seca máxima, es crucial regular los parámetros de compactación. Si se disminuye cualquiera de estos parámetros, la conductividad hidráulica del material y el riesgo de infiltración aumentarían, comprometiendo aún más la estabilidad del talud con el suelo estudiado.

Es por ello, que también se ejecutó el ensayo de corte directo al suelo del talud, teniendo como esfuerzo de corte para los 3 especímenes;  $0.486 \text{ kg/cm}^2$ ,  $0.592 \text{ kg/cm}^2$ ,  $0.699 \text{ kg/cm}^2$ . Un esfuerzo normal de  $0.50 \text{ kg/cm}^2$ ,  $1.00 \text{ kg/cm}^2$ ,  $1.50 \text{ kg/cm}^2$ . Y una capacidad admisible de  $0.82 \text{ kg/cm}^2$  a una profundidad de  $1.00 \text{ m}$ ,  $0.85 \text{ kg/cm}^2$  a una profundidad de  $1.20 \text{ m}$ ,  $0.89 \text{ kg/cm}^2$  a una profundidad de  $1.50 \text{ m}$  y  $0.97 \text{ kg/cm}^2$  a una profundidad de  $2.00 \text{ m}$ . Dando como resultados una cohesión de  $0.38 \text{ kg/cm}^2$ , y un ángulo de fricción interna de  $12.0^\circ$ , podemos determinar que estamos frente a un suelo cohesivo arcilloso con un grado de expansión medio.



*Ilustración 30: Resultado de Ensayo de Corte Directo de Suelo de Talud. Fuente: Propia*

Pues bien, es preciso mencionar que este tipo de suelos (arcilloso) tienen un alto grado de adherencia al concreto adicionado de fibras de polipropileno, tal es el caso de la investigación realizada por Li en el 2005, citado por [35], en el que demostró

que es posible la adherencia de un concreto con fibras de polipropileno y un suelo clasificado como arcilloso.

Asimismo, la investigación de [35], concluye que, las fibras, al mejorar la interacción entre partículas por su rugosidad influye positivamente en la cohesión que es un parámetro de la resistencia al corte y a su vez está directamente relacionada con la capacidad portante. Es en ese sentido, que [36] manifiesta en su investigación que la técnica de estabilización con fibra de polipropileno es un método muy útil para la mejora del suelo, ya que puede ser utilizado muy fácilmente como otro método de estabilización en muchos campos de la ingeniería geotécnica.

### **Análisis de Resultados por Aplicación del Software “Geo5” (Estabilización de Taludes)**

#### **Aplicación del Método Bishop para Cálculo de FS de Talud en el Km 16 + 780 de la Carretera Cutervo – Cochabamba, Empleando el Software Geo5:**

Luego de obtener los resultados del modelado en software, nos arrojó los resultados, mediante el método Bishop, que la estabilidad de talud en el Km 16 + 780 de la carretera Cutervo – Cochabamba en un estado natural es de  $FS = 0.86$ , lo cual; expresa que la relación entre las fuerzas resistentes del terreno y las inestabilizadoras, dio un valor menor de 1 indicando así, condiciones inestables de este.

Pues bien, como la parte de la presente investigación se logró determinar que el porcentaje óptimo de adición de fibras de polipropileno fue el experimento 2, el cual contenía 0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras de polipropileno reciclado, esto debido a que dicho experimento mostró una mayor resistencia a los ensayos de compresión, tracción y flexión del concreto. Este escenario confirma la hipótesis planteada inicialmente, dado que la adición de microfibras y macrofibras de polipropileno, permiten obtener una mejora considerable en el uso del concreto.

Consiguientemente, para efectos de la presente investigación se modeló el talud en estudio, incorporando como un refuerzo al shotcrete, las microfibras y macrofibras de polipropileno óptimas (0,15% microfibras + 1,0% macrofibras), las cuales fueron parte del análisis.

Producto de este modelamiento se determinó un resultado aceptable al incorporar como un refuerzo al shotcrete, las microfibras (0,15%) + macrofibras (1,0%), para un  $f'_c=280\text{Kg/cm}^2$ . El resultado obtenido fue de un Factor de Seguridad de 1.21, dando a conocer que esta incorporación beneficia en la estabilidad del talud en estudio, teniendo parámetros de suelo (características y propiedades), y del concreto (Resistencia e incorporación de material experimental) que lo garanticen.

## Conclusiones

Para la presente investigación se obtuvieron las fibras de polipropileno reciclado de la empresa acopiadora Recicladora C&M. E.I.R.L. estas fibras obtenidas se clasificaron en microfibras y macrofibras de polipropileno. Para ser consideradas como microfibras estos monofilamentos tuvieron un diámetro alrededor de 0,022 mm a 0,045 mm y una longitud entre los 4,00 cm a 6,00 cm. Se clasificaron también como macrofibras de polipropileno dado que tuvieron diámetros entre 0,05 mm a 2,00 mm y longitud fluctuó entre los 5 cm a 10 cm.

Del análisis granulométrico del agregado fino empleado en la presente investigación cumplió con la NTP 400.037, ya que la gradación de sus partículas se encuentra dentro de los parámetros exigidos (Tamiz – Porcentaje de Agregado que pasa), y el módulo de fineza obtenido fue de 3,00, resultado que se encuentra dentro del rango normalizado (2,30 – 3,10). También se verificó a través de la prueba colorimétrica, que las impurezas orgánicas en el agregado fino se encontraban dentro del rango aceptable exigido en la norma ASTM C-40. Adicional a lo antes mencionado, se ejecutó el ensayo granulométrico del agregado grueso, obteniendo un tamaño máximo nominal de ½” y un módulo de fineza de 6,08%, características que cumplen con la NTP 400.037.

Se alcanzó a caracterizar geotécnicamente el suelo en estado natural, resultando ser una arcilla limosa de baja plasticidad (OL). Tiene una naturaleza cohesiva, una densidad de 1.916 g/cm<sup>3</sup> y un contenido de finos del 94,90%, lo que da lugar a una elevada densidad máxima seca (1.470 g/cm<sup>3</sup>) en su curva de compactación. Esto significa que las partículas del suelo logran una distribución eficiente durante la compactación con la cantidad adecuada de agua, lo que resulta en una buena adherencia interna y una baja permeabilidad.

De la realización del diseño de mezcla patrón de shotcrete para un  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ , se determinó un asentamiento de 6,85”, factor que se encuentra dentro de lo permitido por la norma ASTM C-94, demostrando una buena trabajabilidad del diseño de mezcla. Este ensayo de asentamiento también fue aplicado a los diseños experimentales, obteniendo resultados aceptables de trabajabilidad. Los resultados en los tres experimentos fueron de, 6,70” para el ensayo de adición de 0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras; 6,40” para 0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras

y 5,80” para un 0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras de adición, concluyendo así que cumplieron con la variabilidad de  $7 \pm 1 \frac{1}{2}$ ” establecido por norma ya mencionada.

De la ejecución de los ensayos de compresión, tracción y flexión de concreto, tanto de la muestra patrón como de los diseños experimentales, se determinó que en el experimento 2 (adición de 0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras), se obtienen los mejores resultados tanto para la compresión, tracción y flexión. Este diseño experimental, arrojó como resultados una resistencia de 347.52 kg/cm<sup>2</sup>, reflejando un incremento del 24,11% respecto de la resistencia del diseño patrón. Asimismo, se obtuvo que este diseño óptimo tiene una resistencia a la tracción de 51.08 kg/cm<sup>2</sup>, reflejando un 14,70% de la resistencia a la compresión del diseño patrón. Finalmente, este diseño experimental tiene una resistencia a la flexión de 56.43 kg/cm<sup>2</sup>, siendo el más alto de entre todos los experimentos ejecutados para una misma evaluación de la propiedad mecánica de resistencia a la flexión.

De los ensayos de compresión, tracción y flexión, se determinó que el porcentaje óptimo de adición de microfibras y macrofibras de polipropileno fue de 0,15% y 1,0% respectivamente, y que al seguir adicionando mayores cantidades de microfibras y macrofibras de polipropileno, los niveles de resistencia a compresión, tracción y flexión iban disminuyendo.

Del modelamiento al talud en estado natural, utilizando el software GEO-5, se pudo determinar que el Factor de Seguridad del talud, obtenido mediante el Método Bishop, está por debajo del límite admisible ( $FS < 1$ ), dado que el resultado obtenido fue de 0.86. esta situación demuestra la necesidad de la aplicación de un método de estabilización de taludes siendo, una alternativa la incorporación de shotcrete con la adición y/o refuerzo de microfibras y macrofibras de polipropileno.

Finalmente, del modelado del talud en estado natural, adicionando al shotcrete las microfibras y macrofibras de polipropileno óptimas (0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras) obtenidos en los ensayos de compresión, tracción y flexión, se determinó como resultado del método Bishop, que el Factor de seguridad mejoró considerablemente, dado que arrojó un factor de seguridad de 1,21, demostrando así que el empleo de materiales de polipropileno reciclado mejora las propiedades del concreto y por ende generan un beneficio en la estabilización de taludes.

**Recomendaciones**

Se recomienda generar mayores estudios de materiales reciclados, a fin de promover su uso en el campo de la ingeniería civil.

Incentivar el uso de materiales reutilizados, y tomar como referencia la presente investigación, a fin de aplicar los beneficios del polipropileno en las construcciones ingenieriles.

Aplicar la presente investigación en zonas con inestabilidades de taludes, y aprovechar los beneficios y propiedades mecánicas y físicas de las fibras de polipropileno, más aún. Considerando el bajo costo y el fácil acceso a conseguirlos.

## Referencias

- [1] Á. Matteis, Artist, *Estabilidad de Taludes*. [Art]. Universidad Nacional de Rosario, 2003.
- [2] G. Semelas Ledesma, «MyPHor Materiales Especiales,» LinkedIn, Madrid, España. [En línea]. Available: <https://www.myphor.com/fibras-siteticas-en-ejecucion-de-tuneles/>.
- [3] B. Zavala Carrión y M. Rosado Seminario, *Riesgo Geológico en la Región Cajamarca*, Primera ed., vol. I, Lima: INGEMMET, 2011, pp. 1-407.
- [4] A. Sánchez y P. Pedro, Artists, *ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL POLIETILENO TEREFALATO COMO MATERIAL PARA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES*. [Art]. Universidad Católica de Colombia, 2014.
- [5] M. Bhogone y K. Subramaniam, «Early-age tensile constitutive relationships for steel and polypropylene fiber reinforced concrete,» *ScienceDirect*, vol. CCXLIV, n° 1, 2021.
- [6] D. K. Bzeni y P. I. Abdulrahman, «Evaluación de la fuerza de adherencia del mortero de cemento modificado con polímeros incorporado con fibras de polipropileno,» *Casos de Estudio en Materiales de Construcción*, vol. I, n° 17, pp. 50-62, 2022.
- [7] A. K. M., S. S. y K. P., «Estudio de laboratorio sobre propiedades mecánicas de autocompactación concreto utilizando residuos de mármol y fibra depolipropileno,» *Materiales más limpios*, vol. II, n° 3, pp. 23-34, 2022.
- [8] A. A. El Aal, G. Abdullah, S. T. Qadri, A. Abotalib y A. Othman, «Avances en concreto en propiedades de resistencia después de agregar fibras de polipropileno reciclado de equipos de protección personal (EPI) sanitarios de la COVID-19: Implicación en la gestión de residuos y el medio ambiente sostenible,» *Física y Química de la Tierra*, vol. CXXVIII, n° 103260, pp. 21-29, 2022.
- [9] S.Ranjith, R.Venkatasubramani y V. Sreevidya, «COMPARATIVE STUDY ON DURABILITY PROPERTIES OF ENGINEERED CEMENTITIOUS COMPOSITES WITH POLYPROPYLENE FIBER AND GLASS FIBER,» *DE GRUYTER*, vol. LXIII, n° 4, pp. 1-19, 2017.
- [10] A. Lutfur, Y. Mijia y W. Xinnan, «Effectiveness of chemical treatment on polypropylene fibers as reinforcement in pervious concrete,» *ScienceDirect*, vol. CLXIII, n° 1, pp. 32-39, 2018.
- [11] K. Ramujee, «STRENGTH PROPERTIES OF POLYPROPYLENE FIBER REINFORCED CONCRETE,» *IJRSET*, vol. II, n° 8, pp. 3409-3413, 2013.

- [12] H. Yanyan y M. Linlin, «Effect of Surface Treatment of Polypropylene (PP) Fiber on the Sulfate Corrosion Resistance of Cement Mortar,» *Materials*, vol. XIV, n° 13, pp. 1-14, 2021.
- [13] M. V. Mohod, «Performance of Polypropylene Fibre Reinforced Concrete,» *Journal of Mechanical and Civil Engineering*, vol. XII, n° 1, pp. 28-36, 2015.
- [14] J. López Roman, Artist, *ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS CORTAS DE ACERO Y MACROFIBRAS DE POLIPROPILENO: INFLUENCIA DEL TIPO Y CONSUMO DE FIBRA ADICIONADO*. [Art]. Universidad Nacional Autónoma de México, 2015.
- [15] J. Chapoñan y C. Quispe, Artists, *ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRÁULICO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS ADICIONANDO FIBRAS DE POLIPROPILENO EN EL A.A.H.H VILLAMARIA-NUOVO CHIMBOTE*. [Art]. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA, 2017.
- [16] G. Isidro, Artist, *INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM2*. [Art]. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO, 2017.
- [17] H. Silupu Tello y J. Saldaña Briones, «EFECTOS DE LAS FIBRAS DE POLIPROPILENO SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICO DE UN CONCRETO CONVENCIONAL PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS UTILIZANDO CEMENTO QHUNA,» TRUJILLO, 2018.
- [18] C. H. Armas Aguilar, Artist, *EFECTOS DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES PLÁSTICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRÁULICO*. [Art]. Universidad Señor de Sipán, 2016.
- [19] N. Díaz, Artist, *Diseño de mezcla de concreto permeable elaborado con aditivo y adición de fibra de polipropileno para uso en pavimentos, en la ciudad de Cajamarca*. [Art]. Universidad Nacional de Cajamarca, 2017.
- [20] R. Vilas y J. Montalvo, «DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA INDUSTRIA DEL POLIPROPILENO: PROPIEDADES CONTROLADAS A MEDIDA Y OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO Y DE LA DEGRADACIÓN,» Madrid, España, CYTED, 2016, pp. 1-374.
- [21] A. López, C. Caleffi, N. Domínguez y G. Díaz, «PROCESOS DEL POLÍMEROS,» Universidad José Antonio Páez, Carabobo - Venezuela, 2016.
- [22] M. Fernández Cánovas, «Teoría y experiencias en el incremento de ductilidad de los hormigones de alta resistencia reforzados con fibras de acero,» *ALCONPAT*, vol. II, n° 3, pp. 131-148, 2012.
- [23] S. P. S.A., «Concreto Reforzado con Fibras,» *Sika Informaciones Técnicas*, vol. I, n° 1, pp. 1-28, 1 Agosto 2011.

- [24] F. Paz Quiroz, «Diario Oficial El Peruano,» 16 Mayo 2021. [En línea]. Available: <https://elperuano.pe/noticia/120825-peruanos-generamos-21-mil-toneladas-diarias-de-basura>.
- [25] J. Martínez, Artist, *ANÁLISIS DEL CONCRETO LANZADO COMO REVESTIMIENTO DEFINITIVO PARA TÚNELES*. [Art]. PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, 2011.
- [26] C. Véliz, Artist, *ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON PANTALLAS DE CONCRETO LANZADO CON MALLA ELECTROSOLDADA Y ANCLAJES DE CONCRETO REFORZADO*. [Art]. Universidad de San Carlos, 2009.
- [27] S. García Guzmán y M. Ogaz Carrasco, *SHOTCRETE - GUÍA CHILENA DEL HORMIGÓN PROYECTADO*, Segunda ed., L. Rojas Muñoz, Ed., Santiago: Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile, 2015.
- [28] L. Highland y P. Bobrowsky, *Manual de derrumbes: Una guía para entender todo sobre los derrumbes*, Primera ed., vol. I, Virginia: Science for a Changing World, 2008, pp. 1-176.
- [29] W. Muir, A. Diambra y E. Ibraim, «Fibres and soils: A route towards modelling of root - soil systems,» *University of BRISTOL*, vol. LVI, n° 5, pp. 765-778, 2016.
- [30] *La República: Deslizamiento bloquea tramo de la carretera que une a Cutervo con Cochabamba*, 2022.
- [31] J. Ahmad, D. D. Burduhos-Nergis, M. M. Arbili, S. M. Alogla, A. Majdi y A. F. Deifalla, *A Review on Failure Modes and Cracking Behaviors of Polypropylene Fibers Reinforced Concrete*, Pakistan: Creative Commons Attribution, 2022.
- [32] V. d. T. -. D. G. d. C. y. Ferrocarriles, «MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES,» Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Lima, 2016.
- [33] Y. A. d. Toro, H. D. Alamilla, V. H. C. Pérez y A. Z. S. Rivera, «MANUAL DE ENSAYOS PARA LABORATORIO,» Instituto Mexicano del Transporte, México, 2019.
- [34] A. C. 211, «Diseño de mezclas de Concreto,» Cemex.
- [35] E. Carozzo y D. Salazar, Artists, *INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE POLIPROPILENO Y CEMENTO PORTLAND TIPO I EN LAS PROPIEDADES GEOTÉCNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS APLICADO EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA PAMPAS - LA FLORIDA, EN EL TRAMO KM 3+300 HASTA KM 13+050 UBICADO EN EL DISTRITO ATAVILLOS*. [Art]. Universidad San Martín de Porres, 2021.
- [36] A. S. Soğancı, «El efecto de la fibra de polipropileno en la estabilización de suelos,» *Revista Internacional de Ingeniería Geológica y Medioambiental*, vol. IX, n° 8, pp. 1-4, 2015.

- [37] E. GIL y I. NUÑEZ, «INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE PET RECICLADO SOBRE LA RESISTENCIA, COHESIÓN Y ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA DE SUELOS ARCILLOSOS APLICADO A LA ESTABILIDAD DE TALUDES,» Trujillo, 2018.

## Anexos

**DECLARACIÓN JURADA**

Yo, **OLIVERA CARRERO BRAYAN SMITH**, de nacionalidad peruana; con documento nacional de identidad N° **71924718**, domiciliado en la provincia de Chiclayo Urb. Santa Rosa, La Victoria Lt 07 – Mz 01, estudiante de Ingeniería Civil Ambiental de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, del curso de Proyecto de Tesis - Ciclo académico 2021-II DECLARO BAJO JURAMENTO que:

Verifiqué la no duplicidad del proyecto de tesis titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES – CUTERVO**, de verificarse que si existe el tema antes mencionado me pongo a plena disposición para las sanciones emitidas por la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo según corresponda.

*La verificación de la no duplicidad se realizó en la medida que se pudo por la coyuntura nacional debido a la Covid-19*

Chiclayo, 10 de noviembre de 2021



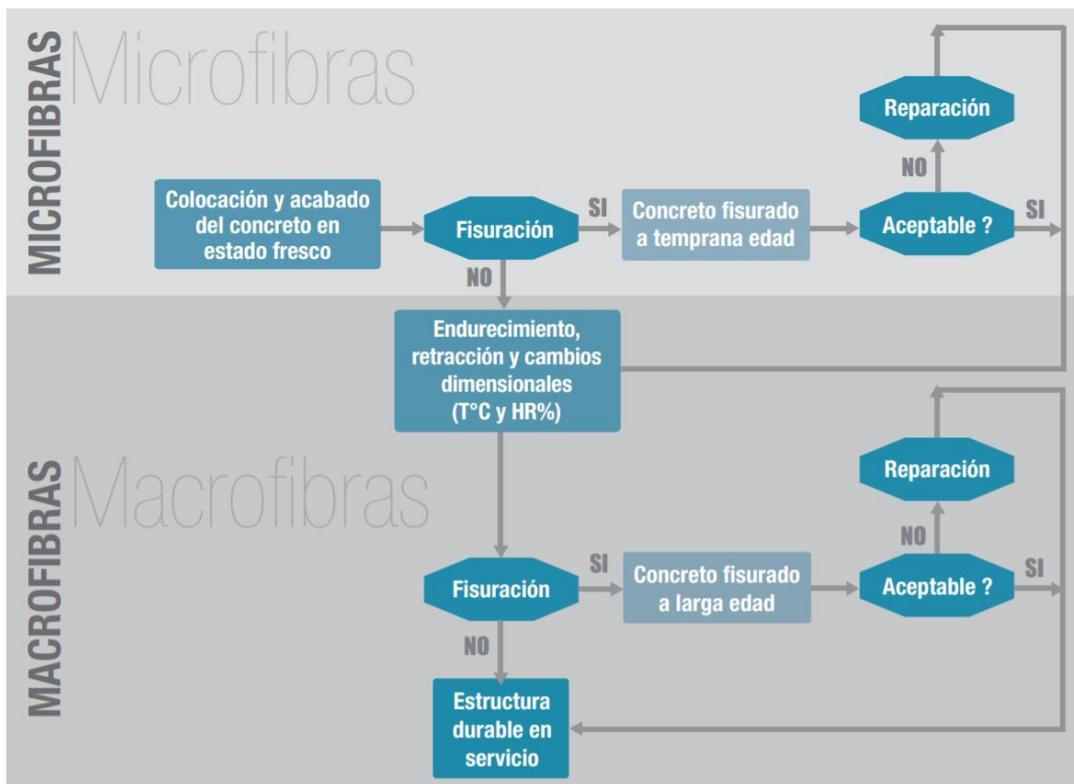
Firma de Estudiante



Huella Dactilar



Anexo 2: Tramo de Carretera Cutervo - Cochabamba. Fuente: Google Earth Pro



Anexo 3: Funciones de las Micro y Macrofibras de Polipropileno en el concreto. Fuente: [19]



*Anexo 4: Falla en Talud estabilizado con shotcrete. Fuente Propia*



*Anexo 5: Macrofibras de Polipropileno Reciclado. Fuente Propia*



Anexo 6: Microfibras de Polipropileno Reciclado. Fuente Propia

### **Ensayos de Agregados (Fino y Grueso)**

#### **Ensayo de Granulometría por Tamizado de los Agregados Fino y Grueso:**



Anexo 7: Peso de Agregado para Ensayo Granulométrico. Fuente: Propia



Anexo 8: Cuarteo de Agregado para Ensayo de Granulometría. Fuente: Propia



Anexo 9: Tamizado de Agregado Fino. Fuente: Propia



17M 741536 9294101  
Cutervo

Anexo 10: Tamizado de Agregado. Fuente: Propia



17M 741535 9294103  
Cutervo

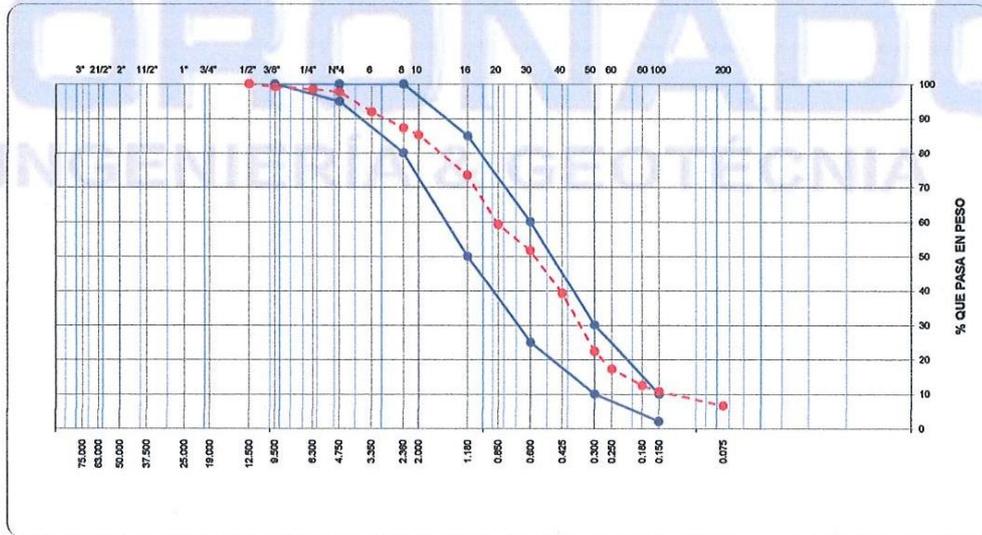
Anexo 11: Tamizado de Agregado. Fuente: Propia

FORMATO  
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

(MTG E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)

<b>TESIS :</b> "INFLUENCIA DE LA ADICION DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACION DE TALUDES - CUTERVO"	<b>Codigo Ensayo N° :</b> 001 - CORONADO
<b>TESISTA:</b> BRAYAN OLIVERA CARRERO	<b>Ing. Responsable :</b> Alex Quintos C.
<b>PROCEDECENCIA:</b> CUTERVO	<b>Calicata:</b> AGREGADO FINO
<b>PROVINCIA :</b> CUTERVO	<b>Profundidad :</b>
<b>Fecha :</b> ABRIL -2022	<b>Tec. Responsable :</b> Jhordin M. Salas Ll.

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Especificaciones:norma ASTM C 33 - USO PARA PRODUCIR CONCRETO	Descripcion
3 1/2"	90.000						<b>1. Peso de Material</b>
3"	75.000						Peso Inicial Total (kg) <b>11,740.0</b>
2 1/2"	63.000						Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) <b>1,067.3</b>
2"	50.000						
1 1/2"	37.500						<b>2. Características</b>
1"	25.000						Tamaño Máximo
3/4"	19.000						Tamaño Máximo Nominal
1/2"	12.500				100.00		Grava (%) <b>8.1</b>
3/8"	9.500	97.36	0.83	0.83	99.17	100	Arena (%) <b>91.1</b>
1/4"	6.300	86.40	0.74	1.57	98.43		Finos (%) <b>6.6</b>
N° 4	4.750	91.63	0.78	2.35	97.65	95	Modulo de Fineza (%) <b>3.00</b>
N° 6	3.350	63.14	5.78	8.13	91.87		
N° 8	2.360	60.20	4.59	12.72	87.28	80	
N° 10	2.000	23.10	2.11	14.83	85.17		
N° 16	1.180	127.63	11.68	26.51	73.49	60	<b>3. Clasificación</b>
N° 20	0.850	166.70	14.34	40.85	59.15		Limite Liquido (%) <b>13</b>
N° 30	0.600	82.30	7.53	48.38	51.62	25	Limite Plastico (%) <b>NP</b>
N° 40	0.425	136.50	12.49	60.87	39.13		Indice de Plasticidad (%) <b>NP</b>
N° 50	0.300	184.00	16.83	77.70	22.30	10	Clasificación SUCS <b>SP-SM</b>
N° 60	0.250	85.90	5.11	82.81	17.19		Clasificación AASHTO <b>A-1-b (0)</b>
N° 80	0.180	52.00	4.76	87.57	12.43		
N° 100	0.150	19.30	1.77	89.34	10.66	2	<b>4. Descripción SUCS</b>
N° 200	0.075	44.70	4.09	93.43	6.57	10	Arenas pobremente gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino
Pasante		71.83	6.57	100.00			



Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de CORONADO Ingeniería & Geotecnia.  
 CERTIFICADO DE CALIBRACION LM - 1691-2021 , BALANZA 5000g  
 CERTIFICADO DE CALIBRACION LM - 1692-2021 , BALANZA 200g  
 CERTIFICADO DE CALIBRACION LT-1376-2021, HORNO DE LABORATORIO

CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
 Jhordin M. Salas Ll.  
 TECNICO DE SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 DNI N° 73007702

QUINTOS I&C EIRL  
 CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
 Ing. Alex Iván Quintos Coronado  
 JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG.C.I.P.210481

Anexo 12: Resultado de Ensayo De Granulometría Por Tamizado De Agregado Fino. Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos

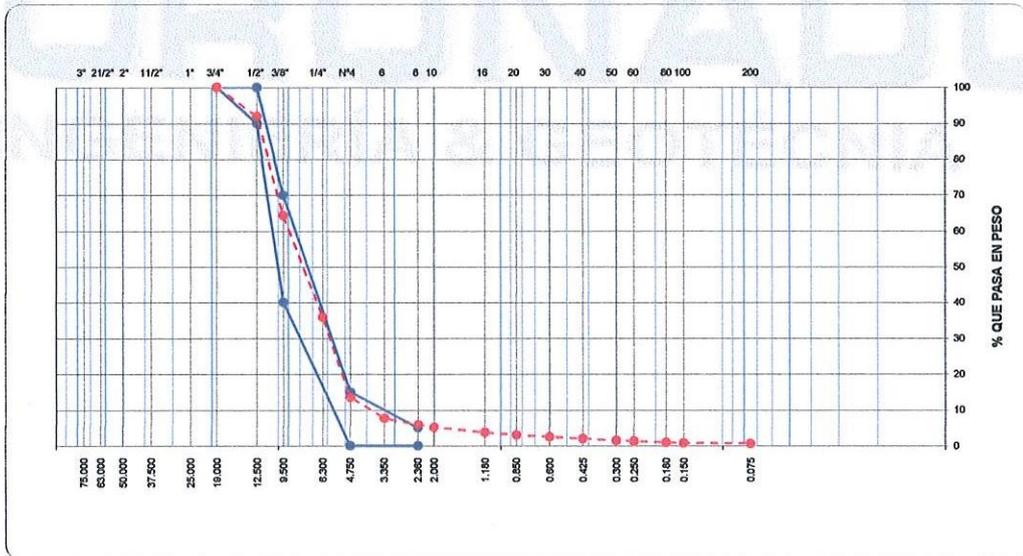
FORMATO

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)

<b>TESIS :</b> "INFLUENCIA DE LA ADICION DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACION DE TALUDES - CUTERVO" <b>TESISTA:</b> BRAYAN OLIVERA CARRERO <b>PROCEDENCIA:</b> CUTERVO <b>PROVINCIA :</b> CUTERVO	<b>Calicata:</b> AGREGADO GRUESO <b>Profundidad :</b>	<b>Codigo Ensayo N° :</b> 001 - CORONADO <b>Ing. Responsable :</b> Alex Quintos C. <b>Tec. Responsable :</b> Jhordin M. Salas LL.
<b>Fecha :</b> ABRIL -2022		

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Especificaciones norma ASTM C 33 - USO PARA PRODUCIR CONCRETO		Descripcion
3 1/2"	90.000							<b>1. Peso de Material</b>
3"	75.000							Peso Inicial Total (kg) <u>12,860.0</u>
2 1/2"	63.000							Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) <u>577.4</u>
2"	50.000							<b>2. Características</b>
1 1/2"	37.500							Tamaño Maximo
1"	25.000							Tamaño Maximo Nominal
3/4"	19.000				100.00	100	100	Grava (%) <u>92.3</u>
1/2"	12.500	1,032.40	8.03	8.03	91.97	90	100	Arena (%) <u>12.9</u>
3/8"	9.500	3,560.20	27.68	35.71	64.29	40	70	Finos (%) <u>0.6</u>
1/4"	6.300	3,670.30	28.54	64.25	35.75			Modulo de Fineza (%) <u>6.08</u>
N° 4	4.750	2,861.00	22.25	86.50	13.50	0	15	
N° 6	3.350	249.40	5.83	92.33	7.67			
N° 8	2.360	80.50	1.88	94.21	5.79	0	5	
N° 10	2.000	29.70	0.69	94.90	5.10			<b>3. Clasificacion</b>
N° 16	1.180	62.00	1.45	96.35	3.65			Limite Liquido (%) <u>NP</u>
N° 20	0.850	28.20	0.66	97.01	2.99			Limite Plastico (%) <u>NP</u>
N° 30	0.600	23.70	0.55	97.56	2.44			Indice de Plasticidad (%) <u>NP</u>
N° 40	0.425	20.60	0.48	98.04	1.96			Clasificacion SUCS <u>GP</u>
N° 50	0.300	23.30	0.54	98.58	1.42			Clasificacion AASHTO <u>A-1-a (0)</u>
N° 60	0.250	9.80	0.23	98.81	1.19			
N° 80	0.180	13.90	0.32	99.13	0.87			
N° 100	0.150	5.10	0.12	99.25	0.75			<b>4. Descripcion SUCS</b>
N° 200	0.075	7.00	0.16	99.41	0.59			Gravas pobremente gradadas, mezclas grava-arena, pocos o ningun fino
Pasante		24.20	0.57	99.98				



Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de CORONADO Ingenieria & Geotecnia.  
 CERTIFICADO DE CALIBRACION LM - 1691-2021, BALANZA 5000g  
 CERTIFICADO DE CALIBRACION LM - 1692-2021, BALANZA 200g  
 CERTIFICADO DE CALIBRACION LT-1376-2021, HORNO DE LABORATORIO  
 CERTIFICADO DE CALIBRACION, TAMIZ DE GRANULOMETRIA

QUINTOS I&C EIRL  
 CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
 Jhordin Mijael Salas LLatas  
 JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 DNI N° 73007702

QUINTOS I&C EIRL  
 CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
 Ing. Alex Iván Quintos Coronado  
 JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP 210481

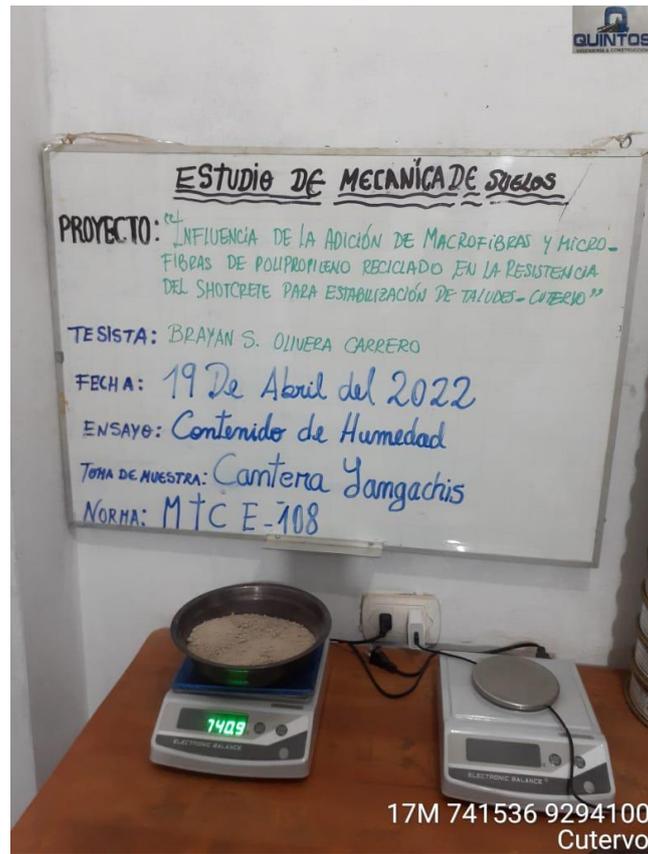
### Ensayo de Contenido de Humedad de los Agregados Fino y Grueso:



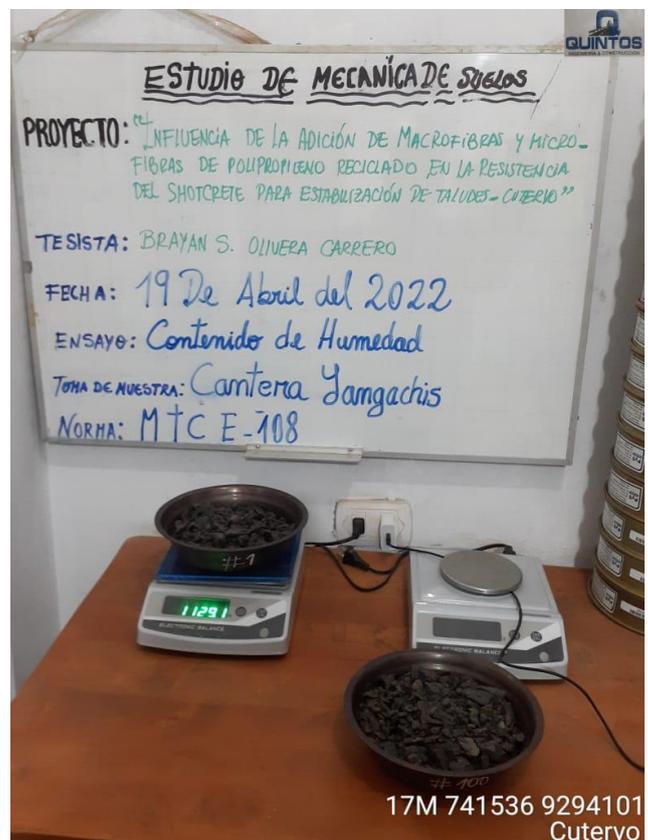
Anexo 14: Cuarteo de Agregado para Contenido de Humedad. Fuente: Propia



Anexo 15: Secado en Horno de Agregado Fino. Fuente: Propia



Anexo 16: Toma de Datos de Peso de Agregado Fino. Fuente: Propia



Anexo 17: Toma de Datos de Peso de Agregado Grueso. Fuente: Propia

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO				CERTIFICADO INDECOPI N° 802899 Indecopi																									
FORMATO																													
CONTENIDO DE HUMEDAD																													
(MTC E-108 / ASTM D-2216)																													
<b>Proyecto :</b> "INFLUENCIA DE LA ADICION DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACION DE TALUDES - CUTERVO"				<b>Codigo Ensayo N° :</b> 002 - CORONADO																									
<b>Solicitante :</b> BRAYAN OLIVERA CARRERO																													
<b>Proced :</b>	CUTERVO	<b>Calicata :</b>	AGREGADO FINO	<b>Ing. Responsable :</b>	Alex Quintos C.																								
<b>Ubica :</b>	CUTERVO	<b>Profundidad :</b>		<b>Tec. Responsable :</b>	Jhordin M. Salas LI.																								
<b>Fecha :</b> ABRIL -2022																													
<b>1. Contenido de Humedad Muestra Integral :</b>																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descripcion</th> <th>4</th> <th>7</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de tara (gr)</td> <td>68.60</td> <td>73.60</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara + muestra húmeda (gr)</td> <td>767.10</td> <td>788.30</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara + muestra seca (gr)</td> <td>722.10</td> <td>740.90</td> </tr> <tr> <td>Peso del agua contenida (gr)</td> <td>45.00</td> <td>45.40</td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra seca (gr)</td> <td>653.50</td> <td>667.30</td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (%)</td> <td>6.89</td> <td>6.80</td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad Promedio (%)</td> <td colspan="2">6.84</td> </tr> </tbody> </table>						Descripcion	4	7	Peso de tara (gr)	68.60	73.60	Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	767.10	788.30	Peso de la tara + muestra seca (gr)	722.10	740.90	Peso del agua contenida (gr)	45.00	45.40	Peso de la muestra seca (gr)	653.50	667.30	Contenido de Humedad (%)	6.89	6.80	Contenido de Humedad Promedio (%)	6.84	
Descripcion	4	7																											
Peso de tara (gr)	68.60	73.60																											
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	767.10	788.30																											
Peso de la tara + muestra seca (gr)	722.10	740.90																											
Peso del agua contenida (gr)	45.00	45.40																											
Peso de la muestra seca (gr)	653.50	667.30																											
Contenido de Humedad (%)	6.89	6.80																											
Contenido de Humedad Promedio (%)	6.84																												
<b>2. Contenido de Humedad Muestra (Grava Mayor a 3/4") :</b>																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descripcion</th> <th>37</th> <th>27</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de tara (gr)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara + muestra húmeda (gr)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara + muestra seca (gr)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso del agua contenida (gr)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra seca (gr)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (%)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad Promedio (%)</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						Descripcion	37	27	Peso de tara (gr)			Peso de la tara + muestra húmeda (gr)			Peso de la tara + muestra seca (gr)			Peso del agua contenida (gr)			Peso de la muestra seca (gr)			Contenido de Humedad (%)			Contenido de Humedad Promedio (%)		
Descripcion	37	27																											
Peso de tara (gr)																													
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)																													
Peso de la tara + muestra seca (gr)																													
Peso del agua contenida (gr)																													
Peso de la muestra seca (gr)																													
Contenido de Humedad (%)																													
Contenido de Humedad Promedio (%)																													
<b>Observaciones:</b> Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de CORONADO Ingeniería & Geotecnia.																													
CERTIFICADO DE CALIBRACION LM - 1691-2021 , BALANZA 5000g																													
CERTIFICADO DE CALIBRACION LM - 1692-2021 , BALANZA 200g																													
CERTIFICADO DE CALIBRACION LT-1376-2021, HORNO DE LABORATORIO																													

QUINTOS I&C EIRL  
CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNIA  
Jhordin M. Salas Llatas  
TEC. LI. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
DNI N° 73001702

QUINTOS I&C EIRL  
CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNIA  
Ing. Alex Iván Quintos Coronado  
JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
INGENIERO CIVIL  
REG.CIP.210481

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO				CERTIFICADO IDECOPÍ N° 191319 Indecopi																									
FORMATO																													
CONTENIDO DE HUMEDAD																													
(MTC E-108 / ASTM D-2216)																													
Proyecto : <b>"INFLUENCIA DE LA ADICION DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACION DE TALUDES - CUTERVO"</b>				Codigo Ensayo N° : <b>002 - CORONADO</b>																									
Solicitante : <b>BRAYAN OLIVERA CARRERO</b>																													
Proced :	<b>CUTERVO</b>	Calicata :	<b>AGREGADO FINO</b>	Ing. Responsable :	<b>Alex Quintos C.</b>																								
Ubica :	<b>CUTERVO</b>	Profundidad :		Tec. Responsable :	<b>Jhordin M. Salas LJ.</b>																								
Fecha : <b>ABRIL -2022</b>																													
<b>1. Contenido de Humedad Muestra Integral :</b>																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descripcion</th> <th>1</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de tara (gr)</td> <td>70.80</td> <td>72.40</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara + muestra húmeda (gr)</td> <td>1312.30</td> <td>1129.70</td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara + muestra seca (gr)</td> <td>1290.30</td> <td>1111.70</td> </tr> <tr> <td>Peso del agua contenida (gr)</td> <td>22.00</td> <td>18.00</td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra seca (gr)</td> <td>1219.50</td> <td>1039.30</td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (%)</td> <td>1.80</td> <td>1.73</td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad Promedio (%)</td> <td colspan="2">1.77</td> </tr> </tbody> </table>						Descripcion	1	4	Peso de tara (gr)	70.80	72.40	Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	1312.30	1129.70	Peso de la tara + muestra seca (gr)	1290.30	1111.70	Peso del agua contenida (gr)	22.00	18.00	Peso de la muestra seca (gr)	1219.50	1039.30	Contenido de Humedad (%)	1.80	1.73	Contenido de Humedad Promedio (%)	1.77	
Descripcion	1	4																											
Peso de tara (gr)	70.80	72.40																											
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	1312.30	1129.70																											
Peso de la tara + muestra seca (gr)	1290.30	1111.70																											
Peso del agua contenida (gr)	22.00	18.00																											
Peso de la muestra seca (gr)	1219.50	1039.30																											
Contenido de Humedad (%)	1.80	1.73																											
Contenido de Humedad Promedio (%)	1.77																												
<b>2. Contenido de Humedad Muestra (Grava Mayor a 3/4") :</b>																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descripcion</th> <th>37</th> <th>27</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de tara (gr)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara + muestra húmeda (gr)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de la tara + muestra seca (gr)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso del agua contenida (gr)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra seca (gr)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (%)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad Promedio (%)</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						Descripcion	37	27	Peso de tara (gr)			Peso de la tara + muestra húmeda (gr)			Peso de la tara + muestra seca (gr)			Peso del agua contenida (gr)			Peso de la muestra seca (gr)			Contenido de Humedad (%)			Contenido de Humedad Promedio (%)		
Descripcion	37	27																											
Peso de tara (gr)																													
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)																													
Peso de la tara + muestra seca (gr)																													
Peso del agua contenida (gr)																													
Peso de la muestra seca (gr)																													
Contenido de Humedad (%)																													
Contenido de Humedad Promedio (%)																													
Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de CORONADO Ingeniería & Geotecnia.																													
CERTIFICADO DE CALIBRACION LM - 1691-2021 , BALANZA 5000g																													
CERTIFICADO DE CALIBRACION LM - 1692-2021 , BALANZA 200g																													
CERTIFICADO DE CALIBRACION LT-1376-2021, HORNO DE LABORATORIO																													

  
 QUINTOS I&C EIRL  
 CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
 Jhordin M. Salas Llatas  
 JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 DNI N° 73007702

  
 QUINTOS I&C EIRL  
 CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
 Ing. Alex Iván Quintos Coronado  
 JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP 211491

### Ensayo de Contenido de Humedad Superficial de Agregado Fino:



Anexo 20: Cono de Absorción colocado cada 3 partes. Fuente: Propia



Anexo 21: 25 golpes verticales en cada una de las partes (3/3), con el piñón. Fuente: Propia



Anexo 22: Asentado de  $\frac{3}{4}$  con respecto al cono de absorción, la muestra se encuentra saturada superficialmente seca. Fuente: Propia

		<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</b>		<small>CERTIFICADO INDECOPRI N° 00138209</small> 	
FORMATO					
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD SUPERFICIAL</b>					
( ASTM C-70)					
<b>TESIS :</b> "INFLUENCIA DE LA ADICION DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACION DE TALUDES - CUTERVO"				<b>Codigo Ensayo N° :</b> 003 - CORONADO	
<b>TESISTA:</b> BRAYAN OLIVERA CARRERO					
<b>PROCEDENCIA:</b> CUTERVO		<b>Calicata:</b> AGREGADO FINO		<b>Ing. Responsable :</b> Alex Quintos C.	
<b>PROVINCIA :</b> CUTERVO		<b>Profundidad :</b> 0.00 Mts		<b>Tec. Responsable :</b> Jhordin M. Salas LI.	

**1. Contenido de Humedad Muestra Integral :**

Descripción	101	102
Peso de tara (gr)	72.60	72.80
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	582.40	590.40
Peso de la tara + muestra seca (gr)	580.30	588.30
Peso del agua contenida (gr)	2.10	2.10
Peso de la muestra seca (gr)	507.80	515.50
Contenido de Humedad (%)	0.41	0.41
<b>Contenido de Humedad Promedio (%)</b>	<b>0.41</b>	

**2. Contenido de Humedad Muestra (Grava Mayor a 3/4") :**

Descripción	37	27
Peso de tara (gr)		
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)		
Peso de la tara + muestra seca (gr)		
Peso del agua contenida (gr)		
Peso de la muestra seca (gr)		
Contenido de Humedad (%)		
<b>Contenido de Humedad Promedio (%)</b>		

**Observaciones:** Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de CORONADO Ingeniería & Geotecnia.

CERTIFICADO DE CALIBRACION LM - 1691-2021 , BALANZA 5000g

CERTIFICADO DE CALIBRACION LM - 1692-2021 , BALANZA 200g

CERTIFICADO DE CALIBRACION LT-1376-2021, HORNO DE LABORATORIO

  
 QUINTOS I&C EIRL  
 CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
 Jhordin M. Salas Liatas  
 JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 DNI N° 73007702

  
 QUINTOS I&C EIRL  
 CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
 Alex Iván Quintos Carrero  
 JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP 2140734

## Ensayo de Límite de Consistencia de Agregado Fino:



Anexo 24: Límite de Consistencia de Agregado Fino. Fuente: Propia



Anexo 25: Límite Líquido de Agregado Fino. Fuente: Propia

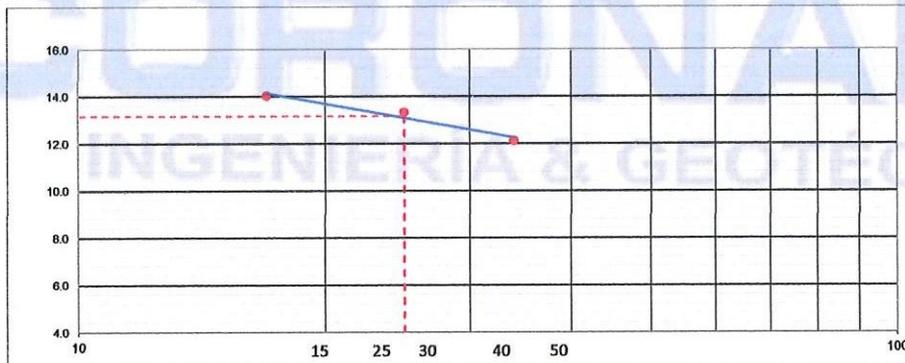
 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</b>			
FORMATO			
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>			
(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-69)			
<b>TESIS :</b> "INFLUENCIA DE LA ADICION DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO REICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACION DE TALUDES - CUTERVO"		<b>Codigo Ensayo N° :</b> 004- CORONADO	
<b>TESISTA:</b> BRAYAN OLIVERA CARRERO			
<b>PROCEDENCIA:</b> CUTERVO	<b>Califica:</b> AGREGADO FINO		<b>Ing. Responsable :</b> Alex Quintos C.
<b>PROVINCIA :</b> CUTERVO	<b>Profundidad :</b> 0.00 Mts	<b>Fecha :</b> ABRIL -2022	<b>Tec. Responsable :</b> Jhordin M. Salas Ll.

## DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de Tarro		4	1	13	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	119.10	117.80	115.90	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	113.31	112.41	111.67	
Peso de Tarro	gr.	72.00	71.90	76.80	
Peso de Agua	gr.	5.79	5.39	4.33	
Peso del Suelo Seco	gr.	41.31	40.51	35.77	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	14.02	13.31	12.11	13.0
Numero de Golpes		17	25	34	

## DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° de Tarro		0	0		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	0.00	0.00		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	0.00	0.00		
Peso de Tarro	gr.	0.00	0.00		
Peso de Agua	gr.	0.00	0.00		
Peso de Suelo seco	gr.	0.00	0.00		Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	NP	NP		NP



## Constantas Fisicas de la Muestra

Limite Liquido	13.0
Limite Plastico	NP
Indice de Plasticidad	NP

## Observaciones

Pasante Tamiz N° 40

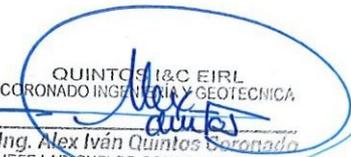
Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de CORONADO Ingenieria & Geotecnia.

CERTIFICADO DE CALIBRACION LM - 1691-2021 , BALANZA 5000g

CERTIFICADO DE CALIBRACION LM - 1692-2021 , BALANZA 200g

CERTIFICADO DE CALIBRACION LT-1376-2021, HORNO DE LABORATORIO

  
 Jhordin M. Salas Ll.  
 JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 DNI N° 73007702

  
 Alex Iván Quintos Coronado  
 JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP 240481

Anexo 26: Resultado de Ensayo De Límite De Consistencia De Agregado Fino. Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos

### Ensayo de Equivalente de Arena de Agregado Fino:



Anexo 27: Ensayo de Equivalente de Arena de Agregado Fino. Fuente: Propia



Anexo 28: Toma de Muestra de Ensayo de Equivalente de Arena. Fuente: Propia



Anexo 29: Equivalente de Arena, ensayo de Laboratorio. Fuente: Propia



Anexo 30: 3 Ensayos de Equivalente de Arena. Fuente: Propia

		<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</b>		<small>CERTIFICADO INDECOPÍ N° 00135239</small> 	
<b>FORMATO</b> <b>EQUIVALENTE DE ARENA</b>					
<small>(MTC E-114 / ASTM D-2419 / AASTHO T-176)</small>					
<b>TESIS :</b>		<b>"INFLUENCIA DE LA ADICION DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACION DE TALUDES - CUTERVO"</b>		<b>Codigo Ensayo N° :</b> <b>005 - CORONADO</b>	
<b>TESISTA:</b>		<b>BRAYAN OLIVERA CARRERO</b>			
<b>PROCEDECENCIA:</b>		<b>CUTERVO</b>		<b>Calicata:</b> <b>AGREGADO FINO</b>	
<b>PROVINCIA :</b>		<b>CUTERVO</b>		<b>Ing. Responsable :</b> <b>Alex Quintos C.</b>	
		<b>Profundidad :</b> <b>0.00 Mts</b>		<b>Fecha :</b> <b>ABRIL -2022</b>	
				<b>Tec. Responsable :</b> <b>Jhordin M. Salas LI.</b>	

Descripcion	U/m	IDENTIFICACION				Promedio
		1	2	3	4	
Tamaño máximo (pasa malla N° 4)	mm	4.75	4.75	4.75		
Hora de entrada a saturación		09:46	09:51	09:56		
Hora de salida de saturación (mas 10")		09:56	10:01	10:06		
Hora de entrada a decantación		09:58	10:03	10:08		
Hora de salida de decantación (mas 20")		10:18	10:23	10:28		
Altura máxima de material fino	pulg	4.30	4.63	4.50		
Altura máxima de la arena	pulg	3.40	3.60	3.50		
Equivalente de Arena	%	79.07	77.75	77.78		<b>78</b>

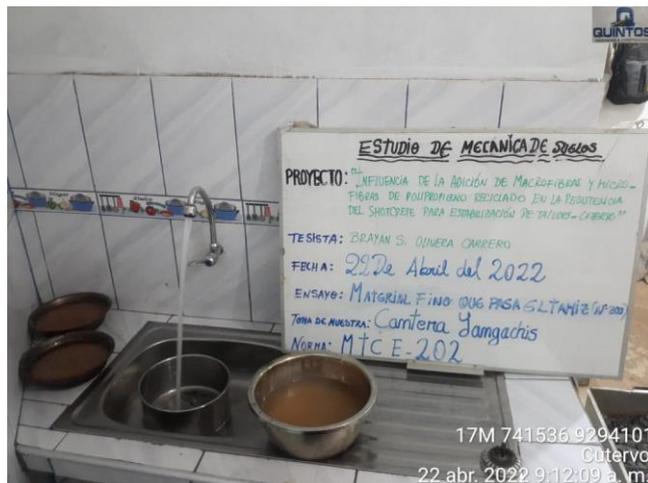
**Observaciones:** Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de CORONADO Ingeniería & Geotecnia.

  
 QUINTOS I&C EIRL  
 CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
 Mijael Salas Llatas  
 SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 CNI N° 73007702

  
 QUINTOS I&C EIRL  
 CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
 Ing. Alex Iván Quintos Coronado  
 JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG.CIP.210431

Anexo 31: Resultado de Ensayo De Equivalente De Arena De Agregado Fino. Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos

### Ensayo de Material Fino que Pasa por el Tamiz N° 200:



Anexo 32: Material Fino que Pasa por Tamiz N° 200. Fuente: Propia



Anexo 33: Lavado de Agregado Fino que pasa por tamiz N° 200. Fuente: Propia

		<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</b>		<small>CERTIFICADO INDECOPÍ N° 0013209</small> 	
FORMATO					
<b>MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ (N° 200)</b>					
(MTC E-202 / ASTM C-117 / AASTHO T-11)					
<b>TESIS :</b> "INFLUENCIA DE LA ADICION DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACION DE TALUDES - CUTERVO"				<b>Codigo Ensayo N° :</b> 006 - CORONADO	
<b>TESISTA:</b> BRAYAN OLIVERA CARRERO					
<b>PROCEDECENCIA:</b> CUTERVO		<b>Calicata:</b> AGREGADO FINO		<b>Ing. Responsable :</b> Alex Quintos C.	
<b>PROVINCIA :</b> CUTERVO		<b>Profundidad :</b> 0.00 Mts		<b>Fecha :</b> ABRIL -2022	
				<b>Tec. Responsable :</b> Jhordin M. Salas L.I.	

## MUESTRA N°1

N° RECIPIENTE	2	7	3			
(B) PESO ORIGINAL DE LA MUESTRA SECA + TARA (gr)	1019.20	1017.5	1023.70			
(C) PESO DE LA MUESTRA SECA, DESPUES DEL LAVADO +TARA (gr)	992.10	989.3	1002.30			
PESO DEL MATERIAL PASANTE	27.1	28.2	21.4			
PESO DEL RECIPIENTE	0.00	0.0	0.00			
PESO DE LA MUESTRA SECA LAVADA	992.1	989.3	1002.3			
(A) % DE LA MALLA 200	2.73	2.85	2.14			
PROMEDIO	2.57					

## 5. CALCULOS

Calcúlese la cantidad de material que pasa el tamiz de 75 mm (No. 200), por lavado, de la siguiente forma:

$$A = \frac{B - C}{B} \times 100$$

siendo:

- A = Porcentaje del material fino que pasa el tamiz de 75 mm (No. 200) por lavado.  
 B = Peso original de la muestra seca, en gramos.  
 C = Peso de la muestra seca, después de lavada, en gramos.

## 6. VERIFICACIÓN

6.1 Cuando se desee hacer una verificación, se hará recogiendo y evaporando el agua de lavado, o pasándola por papel de filtro, el cual será subsecuentemente secado, el residuo pesado y el porcentaje calculado como sigue:

$$A = \frac{R}{B} \times 100$$

Siendo:

R = Peso del residuo seco en gramos.

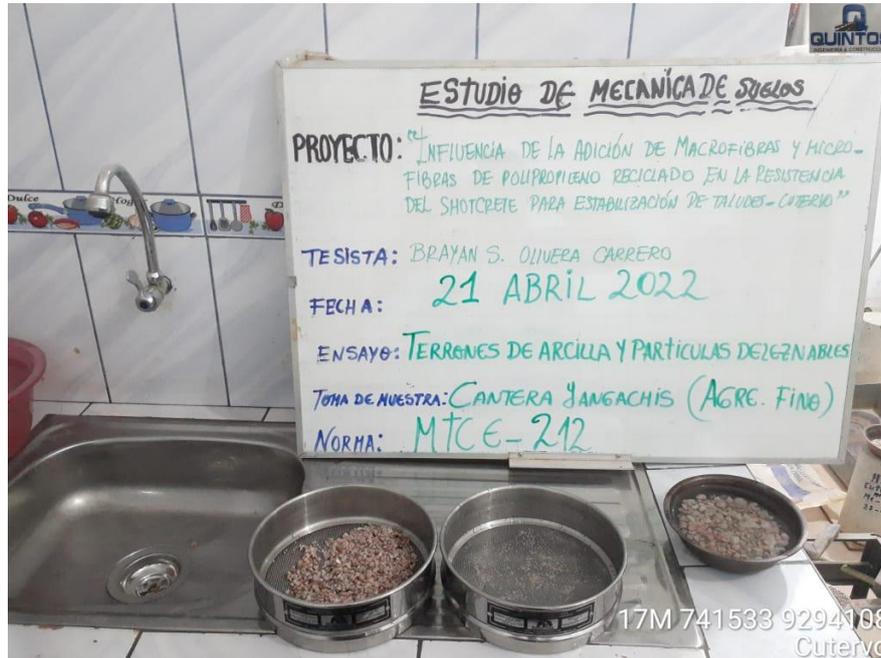
Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de CORONADO Ingeniería & Geotecnia.

  
 QUINTOS I&C E.I.R.L.  
 CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
 Jhordin Mijael Salas Llatas  
 T.E.C. L. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 DANI N° 73007702

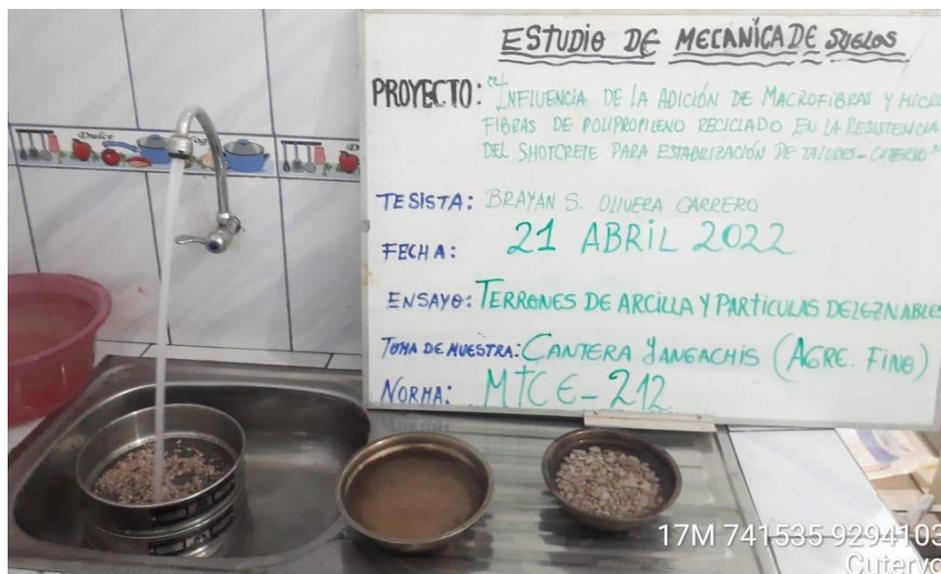
  
 QUINTOS I&C E.I.R.L.  
 CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
 Ing. Alex Iván Quintos Coronado  
 JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP 210-001

## Ensayo de Terrones de Arcilla y Partículas Deleznales de Agregado Fino:

Fino:



Anexo 35: Muestra de Agregado para Ensayo de Terrones de Arcilla. Fuente: Propia



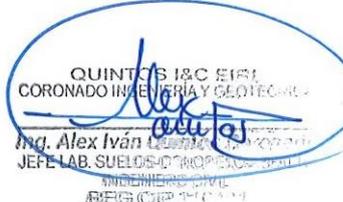
Anexo 36: Ensayo De Terrones De Arcilla Y Partículas Deleznales De Agregado Fino. Fuente: Propia

		<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</b>		CERTIFICADO INDECOPI N° 00136209 	
FORMATO					
<b>TERRONES DE ARCILLA Y PARTICULAS DELEZNABLES</b>					
(MTC E-212 / ASTM C-142 / AASTHO T-112)					
<b>TESIS :</b> "INFLUENCIA DE LA ADICION DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACION DE TALUDES - CUTERVO"				<b>Codigo Ensayo N° :</b> 007 - CORONADO	
<b>TESISTA:</b> BRAYAN OLIVERA CARRERO					
<b>PROCEDENCIA:</b> CUTERVO		<b>Calicata:</b> AGREGADO FINO		<b>Ing. Responsable :</b> Alex Quintos C.	
<b>PROVINCIA :</b> CUTERVO		<b>Profundidad :</b> 0.00 Mts		<b>Tec. Responsable :</b> Jhordin M. Salas L.I.	
				<b>Fecha :</b> ABRIL -2022	

**DATOS DE LA MUESTRA**

Tamaño del Agregado		A (gr.)	B (gr.)	C ((1-B/A)*100)	D (%)	E (%)
1 1/2"	3/4"	0.0	0.0			
3/4"	3/8"	0.0	0.0			
3/8"	N° 4	384.7	382.0			
N°4	N° 16	145.5	142.3	2.199	58.4	1.3
Total			524.300	2.199	58.4	1.3
<b>Porcentaje terrones de arcilla y P.D. (TOTAL E / TOTAL D) :</b>				3.20	2.20	
<b>A :</b> Peso inicial de la muestra , gr.		<b>D :</b> Porcentaje Retenido Gradación Original				
<b>B :</b> Peso final de la muestra , gr.		<b>E :</b> Promedio de terrones de arcilla y P.D.				
<b>C :</b> Porcentaje de pérdida de peso						
<b>OBSERVACIONES :</b>						

  
 QUINTOS I&C E.I.R.L.  
 CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
 Jhordin Mijael Salas Llatas  
 TECNICO SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 DNI N° 73007702

  
 QUINTOS I&C E.I.R.L.  
 CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
 Ing. Alex Iván Quintos C.  
 JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. COPI N° 11444

## Ensayo de Peso Unitario y Vacíos de los Agregados Fino y Grueso:

### - SUELTO:



Anexo 39: Vaciado de Agregado Fino. Fuente: Propia



Anexo 40: Peso de Muestra de Agregado Fino. Fuente: Propia



Anexo 41: Enrasado de Agregado Fino en Probeta Cilíndrica. Fuente: Propia



Anexo 42: Peso Unitario Suelto de Agregado. Fuente: Propia

## - COMPACTADO:



Anexo 43: Varillado de Agregado Grueso. Fuente: Propia



Anexo 44: Enrasado de Agregado Grueso en Probeta Cilíndrica. Fuente: Propia



Anexo 45: Varillado de Agregado Fino. Fuente: Propia



Anexo 46: Peso Unitario Compactado de Agregado. Fuente: Propia

	<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</b>	<small>CERTIFICADO INDECOPI N° 00136209</small> 
<b>FORMATO</b> <b>PESO UNITARIO Y VACIOS</b> <small>(MTC E-203 / ASTM C-29)</small>		
<b>TESIS :</b>	<b>"INFLUENCIA DE LA ADICION DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO REICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACION DE TALUDES - CUTERVO"</b>	<b>Código Ensa 008 - CORONADO</b>
<b>TESISTA:</b>	<b>BRAYAN OLIVERA CARRERO</b>	
<b>PROCEDENCIA:</b>	<b>CUTERVO</b>	<b>Calicata: AGREGADO FINO</b>
<b>PROVINCIA :</b>	<b>CUTERVO</b>	<b>Profundidad : 0.00 Mts</b>
		<b>Fecha : ABRIL -2022</b>
		<b>Ing. Respon: Alex Quintos C.</b> <b>Tec. Respon. Jhordin M. Salas LI.</b>

**1. AGREGADO FINO**

**1. Contenido de Humedad**

Descripción	1	2
Peso de tara (gr)	57.30	51.70
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	391.20	440.00
Peso de la tara + muestra seca (gr)	390.80	439.40
Peso del agua contenida (gr)	0.4	0.6
Peso de la muestra seca (gr)	333.5	387.7
Contenido de Humedad (%)	0.12	0.15
<b>Contenido de Humedad Promedio (%)</b>	<b>0.14</b>	

**1. Peso Unitario Suelto**

Descripción	1	2	3
Peso del recipiente + muestra (gr)	15940.0	15920	15910
Peso del recipiente (gr)	7310.0	7310.0	7310.0
Peso de la muestra (gr)	8630.0	8610.0	8600.0
Volumen (m³)	5301.4	5301.4	5301.4
Peso Unitario Suelto Humedo (kg/cm³)	1.628	1.624	1.622
<b>Peso Unitario Suelto Seco</b>	<b>1.622</b>		

**1. Peso Unitario Compactado**

Descripción	1	2	3
Peso del recipiente + muestra (gr)	17090.0	17080	17110
Peso del recipiente (gr)	7310.0	7310.0	7310.0
Peso de la muestra (gr)	9780.0	9770	9800
Volumen( cm³)	5301.4	5301.4	5301.4
Peso Unitario Compactado Humedo (kg/cm³)	1.845	1.843	1.849
<b>Peso Unitario Compactado Seco</b>	<b>1.843</b>		

**OBSERVACIONES :**

  
 QUINTOS I&C EIRL  
 CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
**Jhordin M. Salas Llatas**  
 JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 DNI N° 73007702

  
 QUINTOS I&C EIRL  
 CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
**Ing. Alex Iván Quintos Coronado**  
 JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. 210481

FORMATO

PESO UNITARIO Y VACIOS

(MTC E-203 / ASTM C-29)

TESIS : "INFLUENCIA DE LA ADICION DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACION DE TALUDES - CUTERVO" Codigo Ensayo N° : 004 - CORONADO

TESISTA: BRAYAN OLIVERA CARRERO

PROCEDENCIA: CUTERVO Calicata: AGREGADO FINO Ing. Responsable : Alex Quintos C.

PROVINCIA : CUTERVO Profundidad : 0.00 Mts Fecha : ABRIL -2022 Tec. Responsable : Jhordin M. Salas LI.

1. AGREGADO GRUESO

1. Contenido de Humedad

Descripcion	1	2
Peso de tara (gr)	72.3	70.7
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	800.6	800.2
Peso de la tara + muestra seca (gr)	799.6	799.0
Peso del agua contenida (gr)	1.0	1.2
Peso de la muestra seca (gr)	727.3	728.3
Contenido de Humedad (%)	0.14	0.16
Contenido de Humedad Promedio (%)	0.15	

1. Peso Unitario Suelto

Descripcion	1	2	3
Peso del recipiente + muestra (gr)	14820.0	14630	14600
Peso del recipiente (gr)	7310.0	7310.0	7310.0
Peso de la muestra (gr)	7310.0	7320	7290
Volumen (m³)	5301.4	5301.4	5301.4
Peso Unitario Suelto Humedo (kg/cm³)	1.379	1.381	1.375
Peso Unitario Suelto Seco	1.376		

1. Peso Unitario Compactado

Descripcion	1	2	3
Peso del recipiente + muestra (gr)	15360.0	15330	15330
Peso del recipiente (gr)	7310.0	7310.0	7310.0
Peso de la muestra (gr)	8050.0	8020	8020
Volumen (m³)	5301.4	5301.4	5301.4
Peso Unitario Compactado Humedo (kg/cm³)	1.518	1.513	1.513
Peso Unitario Compactado Seco	1.512		

OBSERVACIONES :

QUINTOS I&C E.I.R.L.  
CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
  
Jhordin Mijael Salas Llatas  
TECNICO EN SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
CENI N° 73007702

QUINTOS I&C E.I.R.L.  
CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
  
Ing. Alex Iván Quintos Coronado  
JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
INGENIERO CIVIL  
REG.CIP.210431

## Ensayo de Gravedad Específica y Absorción de los Agregados Fino y Grueso:



Anexo 49: Ensayo De Gravedad Específica Y Absorción De Agregado Fino. Fuente: Propia



Anexo 50: Temperatura en Ensayo Gravedad Específica Y Absorción De Agregado Fino. Fuente: Propia



Anexo 51: Lavado de Agregado. Ensayo De Gravedad Específica Y Absorción De Agregado Grueso. Fuente: Propia



*Anexo 52: Temperatura de Agua potable en Peso Específico de Agregado Grueso. Fuente: Propia*



*Anexo 53: Peso Sumergido de Agregado Grueso. Fuente: Propia*



*Anexo 54: Ensayo De Gravedad Específica Y Absorción De Agregado Grueso. Fuente: Propia*

		<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</b>		<small>CERTIFICADO INDECOPÍ N° 00134209</small> 	
FORMATO					
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN</b>					
(MTC E-205,206 / ASTM C-127,128 / AASHTO T-84, T-85)					
<b>TESIS :</b> "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES - CUTERVO"				<b>Código Ensayo N° :</b> 009 - CORONADO	
<b>TESISTA:</b> BRAYAN OLIVERA CARRERO					
<b>PROCEDENCIA:</b> CUTERVO		<b>Calicata:</b> AGREGADO FINO		<b>Ing. Responsable :</b> Alex Quintos C.	
<b>PROVINCIA :</b> CUTERVO		<b>Profundidad :</b> 0.00 Mts		<b>Fecha :</b> ABRIL -2022	
				<b>Tec. Responsable :</b> Jhordin M. Salas LI.	

DATOS		1	2
H	Número de Fiola	5	3
I	Número de Tara de Metal	91	100
A	Peso Muestra Sal. Sup. Seco (gr)	350	350
b	Peso de la Fiola Seca y Limpia (gr)	163.77	160.00
R	Peso Fiola + Material + Agua añadida (gr)	872.50	868.70
C	Peso Material Seco + Tara (gr)	420.80	415.10
D	Peso de la Tara - Metal (gr)	75.28	70.67
F	Agua Añadida al Frasco (w), $W = R - (A + b)$	358.73	358.70
G	Volumen de la Fiola (v)	500.0	500.0
B	Peso seco del Material (gr)	345.52	344.43

RESULTADOS		1	2	PROMEDIO
1	GEC: $B / (G - F) =$	2.446	2.438	2.442
2	GESSS: $A / (G - F) =$	2.478	2.477	2.477
3	GEA: $B / ((G - F) - (A - B)) =$	2.526	2.538	2.532
4	% de absorción = $((A - B) / B) * 100 =$	1.297	1.617	1.457

**OBSERVACIONES :**

- 1.- GEC : GRAVEDAD ESPECÍFICA CORRIENTE.
- 2.- GESSS : GRAVEDAD ESPECÍFICA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA.
- 3.- GEA : GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE.

  
 QUINTOS I&C EIRL  
 CORONADO INGENIERÍA Y GEOTÉCNICA  
 Miguel Salas Llatas  
 SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 D.U.I. N° 73007702

  
 QUINTOS I&C EIRL  
 CORONADO INGENIERÍA Y GEOTÉCNICA  
 Ing. Alex Iván Quintos Carrero  
 JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP 12094

		<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</b>	
FORMATO			
<b>GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN</b>			
(MTC E-205,206 / ASTM C-127,128 / AASHTO T-84, T-85)			
<b>TESIS :</b> "INFLUENCIA DE LA ADICION DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACION DE TALUDES - CUTERVO"		<b>Codigo Ensayo N° :</b> 003 - CORONADO	
<b>TESISTA:</b> BRAYAN OLIVERA CARRERO			
<b>PROCEDENCIA:</b> CUTERVO	<b>Calicata:</b> AGREGADO FINO	<b>Ing. Responsable :</b> Alex Quintos C.	
<b>PROVINCIA :</b> CUTERVO	<b>Profundidad :</b> 0.00 Mts	<b>Fecha :</b> ABRIL -2022	<b>Tec. Responsable :</b> Jhordin M. Salas LI.

DATOS					
RECIPIENTE		1	2	3	PROMEDIO
A). Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Aire)	gr.	2310.0	2315.0		
B). Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Agua)	gr.	1440.0	1430.0		
C). Vol. de Masa + Vol de Vaclos = A-B	gr.	870.0	885.0		
D). Peso Material Seco en Estufa (105 °C)	gr.	2300.0	2305.0		
E). Vol. de Masa = C-(A-D)	gr.	860.0	875.0		
Peso Bulk (Base Seca) = D/C	gr/cc.	2.644	2.605		2.624
Peso Bulk ( Base Saturada) = A/C	gr/cc.	2.655	2.616		2.635
Peso Aparente ( Base Seca ) = D/E	gr/cc.	2.674	2.634		2.654
% de Absorción = ((A -D)/D)*100	%	0.43	0.43		0.43

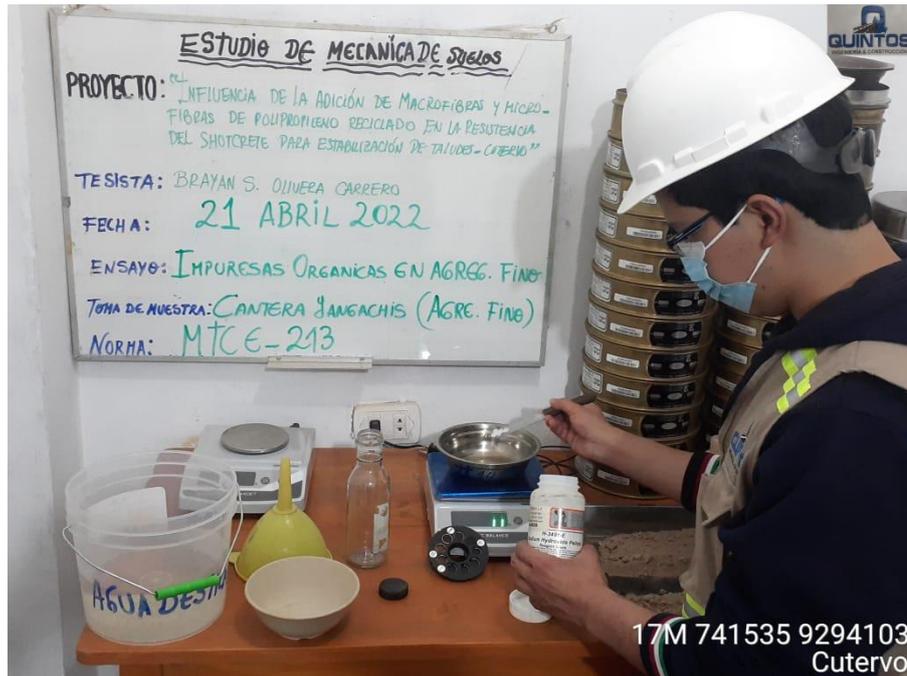
CORONADO  
INGENIERÍA & GEOTECNIA

  
 QUINTOS I&C EIRL  
 CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
 Ing. Miguel Salas Llatas  
 JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 DNI N° 73007702

  
 QUINTOS I&C EIRL  
 CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
 Ing. Alex Iván Quintos Coronado  
 JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG.CIP.210431

Anexo 57: Resultados de Ensayo de Peso Especifico de Agregado Fino y Grueso. Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos

### Ensayo de Impurezas Orgánicas en el Agregado Fino:



Anexo 58: Ensayo de Impurezas Orgánicas en Agregado Fino. Fuente: Propia



Anexo 59: Impurezas Orgánicas en Agregado Fino. Fuente: Propia



Anexo 60: Vaciado de Agregado Fino para ensayo de Impurezas Orgánicas. Fuente: Propia



Anexo 61: Comparación de Color en Impurezas Orgánicas. Fuente: Propia

FORMATO

IMPUREZAS ORGÁNICAS EN EL AGREGADO FINO

(MTC E 213 - ASTM C 40 - AASHTO T-21)

<b>TESIS :</b> "INFLUENCIA DE LA ADICION DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO REICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACION DE TALUDES - CUTERVO"	<b>Codigo Ensayo N° :</b> 010 - CORONADO
<b>TESISTA:</b> BRAYAN OLIVERA CARRERO	<b>Ing. Responsable :</b> Alex Quintos C.
<b>PROCEDENCIA:</b> CUTERVO	<b>Calicata:</b> AGREGADO FINO
<b>PROVINCIA :</b> CUTERVO	<b>Profundidad :</b>
<b>Fecha :</b> ABRIL -2022	<b>Tec. Responsable :</b> Jhordin M. Salas LI.

EQUIPO	COLOR STANDARD GARDNER 1964 - LOVIBOND				
	La tabla de colores estándar del aparato es utilizada en lugar de las soluciones de color estándar y elimina la necesidad de preparar una nueva solución para cada prueba.				
PRUEBA	PESO MUESTRA	HASTA 130 ML	SOLUCION NaOH (3.0)%	97.0 ml.	
	FECHA PREPARACION	: 13-Abr-22	HORA	10:24 AM	
	FECHA LECTURA	: 14-Abr-22	HORA	10:24 AM	
	TABLA DE COLORES ESTANDAR		RESULTADOS DE LA PRUEBA		
			COLOR DEL LIQUIDO DE LA MUESTRA	INTERPRETACION	
				CONCLUSIÓN	
	↑	MAS CLARO	8	POCO O NINGUN CONTENIDO DE COMPONENTE ORGÁNICO DAÑINO	APROBADO PARA USO
			11		
		COLOR ESTANDAR DE REFERENCIA	14	CONTENIDO DE COMPONENTE ORGÁNICO ACEPTABLE	
	↓	MAS OSCURO	16	POSIBILIDAD DE CONTENIDO DE COMPONENTE ORGANICO DAÑINO	
		18			

- OBSERVACIONES :
- Agregado fino, ensayado de acuerdo a la norma ASTM C-40, para impurezas organicas, con el siguiente procedimiento:
  - Cuarteo manual
  - Secar 450 gr
  - Pesar 3 gr de hidroxido de sodio
  - Pesar 97 gr de agua destilada
  - Disolver la solución (3 gr NaOH + 97 gr de agua destilada)
  - Agregar el agregado fino hasta la marca de 130 ml
  - Agregar la solución hasta la marca de 200 ml
  - Agitar, verificar la solución hasta 200 ml y dejar por 24 horas
  - Comparar el color de agua flotante con la placa de colores

Miguel Salas Llatas  
INGENIERIA Y GEOTECNICA  
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
REG. N° 73007702

Alex Iván Quintos Coronado  
CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. 210481

## Elaboración de Diseños de Mezcla



Anexo 63: Engrasado de Probetas para Elaboración de Especímenes Cilíndricas. Fuente: Propia



Anexo 64: Aditivo: ZRR-Plast para mejorar la trabajabilidad. Fuente: Propia



Anexo 65: Peso de Agregado Grueso de acuerdo con Diseño de Mezcla. Fuente: Propia



Anexo 66: Peso de Cemento de acuerdo con Diseño de Mezcla. Fuente: Propia



Anexo 67: Peso de Agregado Fino de acuerdo con Diseño de Mezcla. Fuente: Propia



Anexo 68: Peso de Aditivo Plastificante de acuerdo con Diseño de Mezcla. Fuente: Propia



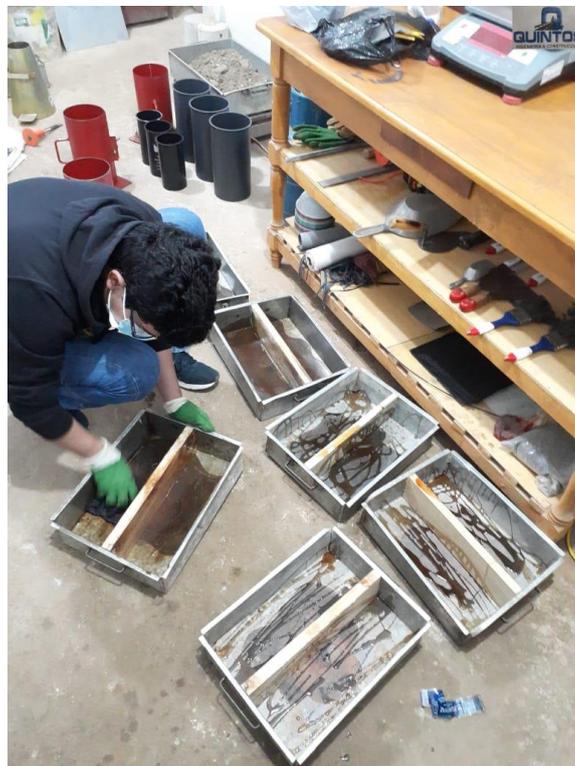
Anexo 69: Peso de Agua Potable de acuerdo con Diseño de Mezcla. Fuente: Propia



Anexo 70: Peso de Macrofibras de Polipropileno Reciclado de acuerdo con Diseño de Mezcla. Fuente: Propia



Anexo 71: Peso de Microfibras de Polipropileno Reciclado de acuerdo con Diseño de Mezcla. Fuente: Propia



Anexo 72: Engrasado de Probetas para Elaboración de Especímenes Prismáticos. Fuente: Propia



Anexo 73: Ensayo de Slump de Agregado en estado fresco. Fuente: Propia



Anexo 74: Varillado de Probetas Cilíndricas de Concreto. Fuente: Propia



*Anexo 75: Golpeo de Probetas Cilíndricas de Concreto. Fuente: Propia*



*Anexo 76: Enrasado de Probetas Cilíndricas de Concreto. Fuente: Propia*



Anexo 77: Varillado de Probetas Prismáticas de Concreto. Fuente: Propia



Anexo 78: Enrasado de Probetas Prismáticas de Concreto. Fuente: Propia



Anexo 79: Especímenes Cilíndricos y Prismáticos de Concreto. Fuente: Propia



Anexo 80: Peso Unitario de Especímenes de Concreto en Estado Endurecido. Fuente: Propia



Anexo 81: Especimenes de concreto para Curado en Días. Fuente: Propia}



Anexo 82: Curado de Especímenes Cilíndricos de Concreto. Fuente: Propia



Anexo 83: Curado de Especímenes Prismáticos de Concreto. Fuente: Propia



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**

CERTIFICADO INDECOPÍ N° 00136209



FORMATO

**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO  $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ .**

<b>TESIS :</b>	"INFLUENCIA DE LA ADICION DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO REICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACION DE TALUDES - CUTERVO"		
<b>TESISTA :</b>	BRAYAN OLIVERA CARRERO	<b>Ing. Responsable :</b>	Alex Quintos C.
<b>PROCEDENCIA :</b>	CUTERVO		
<b>PROVINCIA:</b>	CUTERVO	<b>Tec. Responsable :</b>	Jhordin M. Salas Ll.
<b>FECHA:</b>	ABRIL - 2022		

<b>CEMENTO PORTLAND TIPO I (PACASMAYO)</b>	
Peso Especifico	3.10 g/c.c.

**AGREGADO GRUESO**

Peso Seco Compacto Varillado	1512 Kg/m <sup>3</sup> .
Peso Seco Sin Compacto	1376 Kg/m <sup>3</sup> .
Peso Especifico de Masa	2.64 g/c.c.
Porcentaje de Absorción	0.43 %
Contenido de Humedad Natural	1.83 %
Tamaño Máximo	1/2

**AGREGADO FINO**

Peso Seco Compacto Varillado	1843 Kg/m <sup>3</sup> .
Peso Seco Sin Compacto	1624 Kg/m <sup>3</sup> .
Peso Especifico de Masa	2.53 g/c.c.
Porcentaje de Absorción	1.46 %
Contenido de Humedad Natural	6.85 %
Modulo de Fineza	3.00

**MÉTODO DEL A.C.I**

Asentamiento	7 ± 1 1/2" Según ASTM C-94				
Factor de Cemento	11.66 Bls./m <sup>3</sup> .				
Relación Agua Cemento	0.46				
Relación en Pesos	1.00	1.54	1.65	0.36	0.01
Relación en Volúmenes (Pie3).	1.00	1.34	1.76	15.32	0.28

**CANTIDADES DE MATERIAL POR METRO CÚBICO (DOSIFICACIÓN)**

Cemento	495.65 Kg/m <sup>3</sup> .
Agua	178.17 l/m <sup>3</sup> .
Agregado Fino	765.01 Kg/m <sup>3</sup> .
Agregado Grueso	816.02 Kg/m <sup>3</sup> .
Aditivo	3.30 l/m <sup>3</sup> .

**PROPORCIÓN EN VOLUMENES.**

Cemento	1.00
Agregado Fino	1.34
Agregado Grueso	1.76
Agua	15.32
Aditivo	0.28

CUTERVO, ABRIL DEL 2022

QUINTOS I&C EIRL  
CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA

Jhordin Mijael Salas Llatas  
TEC. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
DNI N° 73007702

QUINTOS I&C EIRL  
CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA

Ing. Alex Ivan Quintos Coronado  
JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
INGENIERO CIVIL  
REG.CIP 210281

FORMATO

**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO  $f_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ .**

<b>TESIS :</b>	<b>"INFLUENCIA DE LA ADICION DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACION DE TALUDES - CUTERVO"</b>		
<b>TESISTA :</b>	<b>BRAYAN OLIVERA CARRERO</b>	<b>Ing. Responsable :</b>	<b>Alex Quintos C.</b>
<b>PROCEDENCIA :</b>	<b>CUTERVO</b>	<b>Tec. Responsable :</b>	<b>Jhordin M. Salas LI.</b>
<b>PROVINCIA :</b>	<b>CUTERVO</b>		
<b>FECHA :</b>	<b>ABRIL - 2022</b>		

**CEMENTO PORTLAND TIPO I (PACASMAYO)**

Peso Especifico 3.10 g/c.c.

**AGREGADO GRUESO**

Peso Seco Compacto Varillado	1512 Kg/m <sup>3</sup> .
Peso Seco Sin Compacto	1376 Kg/m <sup>3</sup> .
Peso Especifico de Masa	2.64 g/c.c.
Porcentaje de Absorción	0.43 %
Contenido de Humedad Natural	1.83 %
Tamaño Máximo	1/2

**AGREGADO FINO**

Peso Seco Compacto Varillado	1843 Kg/m <sup>3</sup> .
Peso Seco Sin Compacto	1624 Kg/m <sup>3</sup> .
Peso Especifico de Masa	2.53 g/c.c.
Porcentaje de Absorción	1.46 %
Contenido de Humedad Natural	6.85 %
Modulo de Fineza	3.00

**MÉTODO DEL A.C.I.**

Asentamiento	7 ± 1 1/2" Según ASTM C-94
Factor de Cemento	11.66 Bls./m <sup>3</sup> .
Relación Agua Cemento	0.46
Relación en Pesos	1.00    1.53    1.64    0.36    0.01
Relación en Volúmenes (Pie3).	1.00    1.33    1.75    15.32    0.28

**CANTIDADES DE MATERIAL POR METRO CÚBICO (DOSIFICACIÓN)**

Cemento	495.65 Kg/m <sup>3</sup> .
Agua	174.86 l/m <sup>3</sup> .
Agregado Fino	759.87 Kg/m <sup>3</sup> .
Agregado Grueso	810.89 Kg/m <sup>3</sup> .
Aditivo	3.30 l/m <sup>3</sup> .
MACROFIBRAS DE POLIPROPILENO(0.5%)	7.91 Kg/m <sup>3</sup> .
MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO(0.15%)	2.37 Kg/m <sup>3</sup> .

**PROPORCIÓN EN VOLUMENES.**

Cemento	1.00
Agregado Fino	1.33
Agregado Grueso	1.75
Agua	15.32
Aditivo	0.28

CUTERVO, ABRIL DEL 2022

QUINTOS I&C EIRL  
CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA

Jhordin Mijael Salas Llatas  
TECNICO DE SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
D.O.N. N° 73907702

QUINTOS I&C EIRL  
CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA

Ing. Alex Iván Quintos Coronado  
JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
INGENIERO CIVIL  
REG.CIP.210431

	<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</b>			CERTIFICADO INDECOPI N° 00138209	
					
FORMATO					
<b>DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO <math>f_c = 280 \text{ Kg/cm}^2</math>.</b>					
<b>TESIS :</b>	"INFLUENCIA DE LA ADICION DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACION DE TALUDES - CUTERVO"				
<b>TESISTA :</b>	<u>BRAYAN OLIVERA CARRERO</u>		<b>Ing. Responsable :</b>	<u>Alex Quintos C.</u>	
<b>PROCEDENCIA :</b>	<u>CUTERVO</u>				
<b>PROVINCIA:</b>	<u>CUTERVO</u>		<b>Tec. Responsable :</b>	<u>Jhordin M. Salas LI.</u>	
<b>FECHA:</b>	<u>ABRIL - 2022</u>				
<b>CEMENTO PORTLAND TIPO I (PACASMAYO)</b>					
Peso Especifico			3.10 g/c.c.		
<b>AGREGADO GRUESO</b>					
Peso Seco Compacto Varillado			1512 Kg/m <sup>3</sup> .		
Peso Seco Sin Compacto			1376 Kg/m <sup>3</sup> .		
Peso Especifico de Masa			2.64 g/c.c.		
Porcentaje de Absorción			0.43 %		
Contenido de Humedad Natural			1.83 %		
Tamaño Máximo			1/2		
<b>AGREGADO FINO</b>					
Peso Seco Compacto Varillado			1843 Kg/m <sup>3</sup> .		
Peso Seco Sin Compacto			1624 Kg/m <sup>3</sup> .		
Peso Especifico de Masa			2.53 g/c.c.		
Porcentaje de Absorción			1.46 %		
Contenido de Humedad Natural			6.85 %		
Modulo de Fineza			3.00		
<b>MÉTODO DEL A.C.I</b>					
Asentamiento			7 ± 1 1/2" Según ASTM C-94		
Factor de Cemento			11.66 Bls./m <sup>3</sup> .		
Relación Agua Cemento			0.46		
Relación en Pesos	1.00	1.53	1.63	0.36	0.01
Relación en Volúmenes (Pie3).	1.00	1.32	1.74	15.32	0.28
<b>CANTIDADES DE MATERIAL POR METRO CÚBICO (DOSIFICACIÓN)</b>					
Cemento			495.65 Kg/m <sup>3</sup> .		
Agua			174.86 l/m <sup>3</sup> .		
Agregado Fino			755.92 Kg/m <sup>3</sup> .		
Agregado Grueso			806.93 Kg/m <sup>3</sup> .		
Aditivo			3.30 l/m <sup>3</sup> .		
MACROFIBRAS DE POLIPROPILENO(1.0%)			15.81 Kg/m <sup>3</sup> .		
MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO(0.15%)			2.37 Kg/m <sup>3</sup> .		
<b>PROPORCIÓN EN VOLUMENES.</b>					
Cemento			1.00		
Agregado Fino			1.32		
Agregado Grueso			1.74		
Agua			15.32		
Aditivo			0.28		
					
QUINTOS I&C EIRL CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA Jhordin Mijael Salas Liatas LABOR. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO E.I.R.L. N° 73917702		QUINTOS I&C EIRL CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA CUTERVO, ABRIL DEL 2022 Ing. Alex Iván Quintos Coronado JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO INGENIERO CIVIL REG. CIP 240231			

**FORMATO**

**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO  $f_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ .**

<b>TESIS :</b>	"INFLUENCIA DE LA ADICION DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACION DE TALUDES - CUTERVO"		
<b>TESISTA :</b>	BRAYAN OLIVERA CARRERO	<b>Ing. Responsable :</b>	Alex Quintos C.
<b>PROCEDENCIA :</b>	CUTERVO	<b>Tec. Responsable :</b>	Jhordin M. Salas L.I.
<b>PROVINCIA:</b>	CUTERVO		
<b>FECHA:</b>	ABRIL - 2022		

**CEMENTO PORTLAND TIPO I (PACASMAYO)**

Peso Especifico 3.10 g/c.c.

**AGREGADO GRUESO**

Peso Seco Compacto Varillado	1512 Kg/m <sup>3</sup>
Peso Seco Sin Compacto	1376 Kg/m <sup>3</sup>
Peso Especifico de Masa	2.64 g/c.c.
Porcentaje de Absorción	0.43 %
Contenido de Humedad Natural	1.83 %
Tamaño Máximo	1/2

**AGREGADO FINO**

Peso Seco Compacto Varillado	1843 Kg/m <sup>3</sup>
Peso Seco Sin Compacto	1624 Kg/m <sup>3</sup>
Peso Especifico de Masa	2.53 g/c.c.
Porcentaje de Absorción	1.46 %
Contenido de Humedad Natural	6.85 %
Modulo de Fineza	3.00

**MÉTODO DEL A.C.I.**

Asentamiento	7 ± 1 1/2" Según ASTM C-94				
Factor de Cemento	11.66 Bls./m <sup>3</sup>				
Relación Agua Cemento	0.46				
Relación en Pesos	1.00	1.52	1.62	0.36	0.01
Relación en Volúmenes (Pie3).	1.00	1.31	1.74	15.32	0.28

**CANTIDADES DE MATERIAL POR METRO CÚBICO (DOSIFICACIÓN)**

Cemento	495.65 Kg/m <sup>3</sup>
Agua	174.86 l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	751.97 Kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	802.98 Kg/m <sup>3</sup>
Aditivo	3.30 l/m <sup>3</sup>
MACROFIBRAS DE POLIPROPILENO(1.5%)	23.72 Kg/m <sup>3</sup>
MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO(0.15%)	2.37 Kg/m <sup>3</sup>

**PROPORCIÓN EN VOLUMENES.**

Cemento	1.00
Agregado Fino	1.31
Agregado Grueso	1.74
Agua	15.32
Aditivo	0.28

CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA

Jhordin Mijael Salas Llatas  
 TEG. DE SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 RNI Nº 73007702

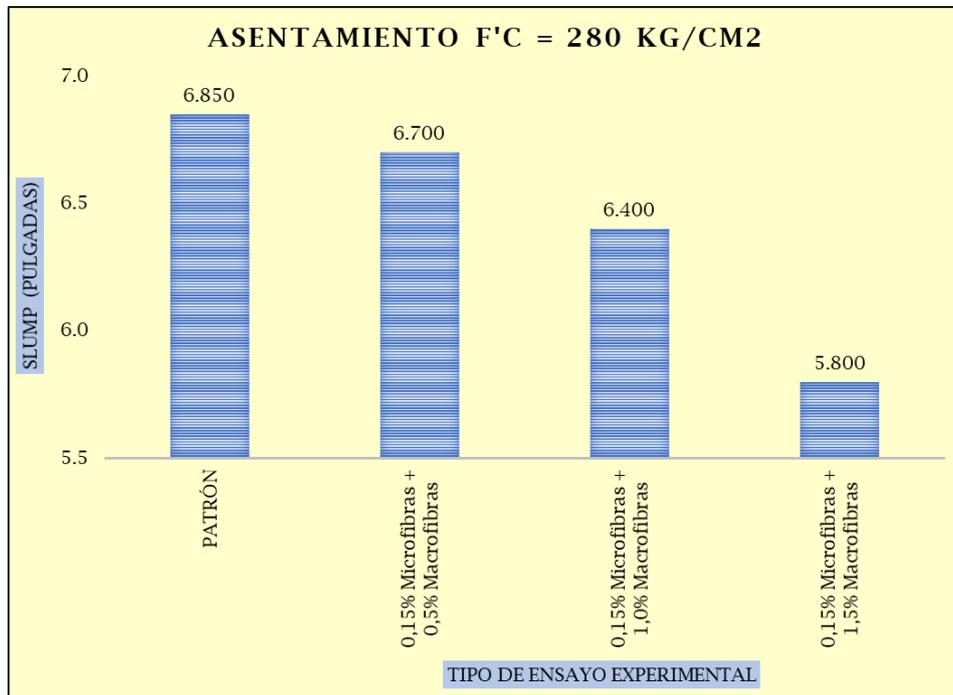
CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA

Ing. Alex Iván Quintos Coronado  
 JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIR. 246724

CUTERVO, ABRIL DEL 2022

## Ensayos de Concreto en Estado Fresco

### Ensayo de Asentamiento de Concreto (Slump = 7''):



Anexo 88: Resultado de Ensayo De Asentamiento De Concreto (Slump = 7''). Fuente: Propia



Anexo 89: Varillado en Cono de Abrams para ensayo de Slump. Fuente: Propia



Anexo 90: Levantamiento de Cono de Abrams para medición de Slump en Concreto. Fuente: Propia



Anexo 91: Medición de Slump en Concreto. Fuente: Propia

### Elaboración y Curado de Probetas Cilíndricas de Concreto (Ensayo de Compresión):



Anexo 92: Elaboración Y Curado De Probetas Cilíndricas De Concreto (Ensayo De Compresión). Fuente: Propia



**Elaboración y Curado de Probetas Cilíndricas de Concreto (Ensayo de Tracción Indirecta):**



*Anexo 93: Elaboración Y Curado De Probetas Cilíndricas De Concreto (Ensayo De Tracción Indirecta). Fuente: Propia*



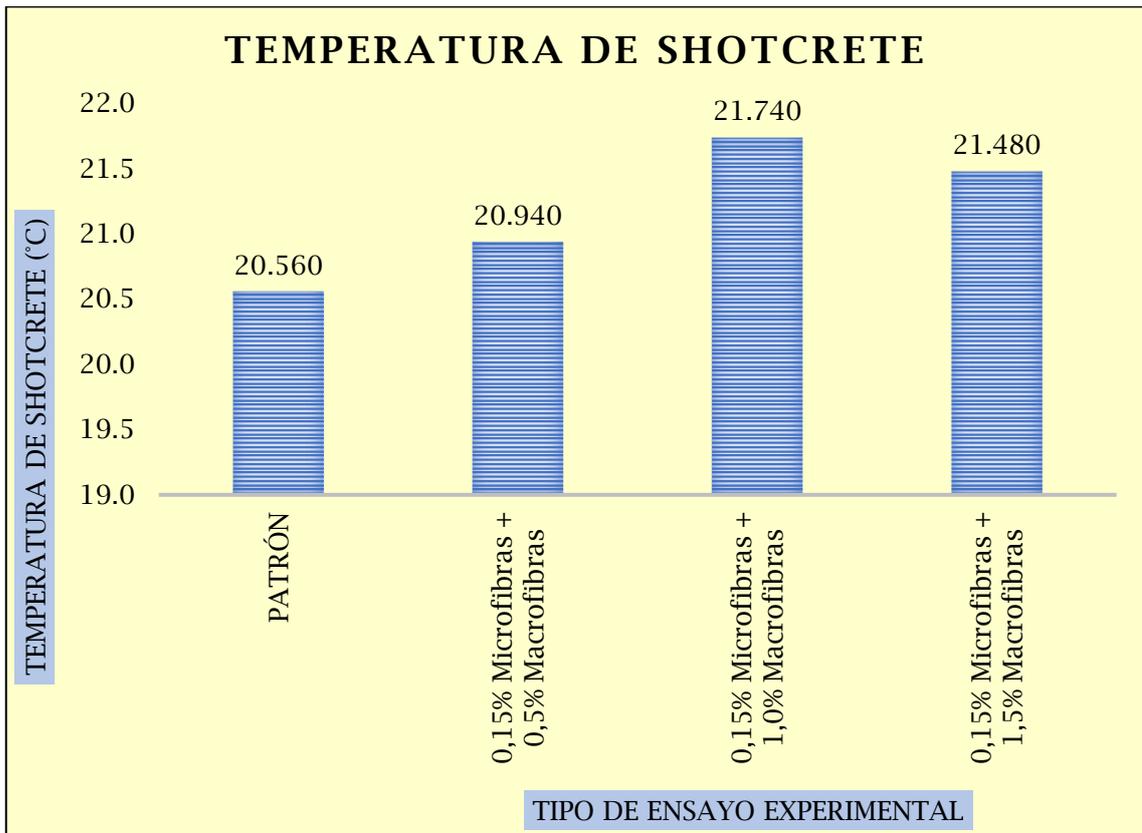
**Elaboración y Curado de Vigas Prismáticas de Concreto (Ensayo de Flexión a Vigas Simplemente Apoyadas con Cargas a los Tercios del Tramo):**



Anexo 94: Elaboración Y Curado De Vigas Prismáticas De Concreto (Ensayo De Flexión A Vigas Simplemente Apoyadas Con Cargas A Los Tercios Del Tramo). Fuente: Propia



### Temperatura de Concreto:



Anexo 95: Resultado de Temperatura De Concreto. Fuente: Propia



Anexo 96: Temperatura de Concreto en Estado Fresco. Fuente: Propia

### Peso Unitario en la Mezcla de Concreto:



Anexo 97: Resultado de Peso Unitario En La Mezcla De Concreto. Fuente: Propia



Anexo 98: Peso Unitario En La Mezcla De Concreto. Fuente: Propia

## Ensayos de Concreto en Estado Endurecido

### Ensayo de Testigos Cilíndricos de Concreto (Ensayo de Compresión):



Anexo 99: Ensayo De Testigos Cilíndricos De Concreto (Ensayo De Compresión). Fuente: Propia



## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

CERTIFICADO INDECOPI N° 00136209



TESIS:	<b>INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES - CUTERVO</b>	NORMA:	NTP 339.034 / ASTM C-39
TESISTA:	OLIVERA CARRERO BRAYAN SMITH		
LOCALIZACIÓN:	DISTRITO DE CUTERVO - PROVINCIA DE CUTERVO - REGION CAJAMARCA.		
FECHA DE INFORME:	30/05/2022		
DESCRIPCIÓN:	DISEÑO DE MEZCLA DE 280 Kg/cm <sup>2</sup>		
OBSERVACIONES:			

Ing. Responsable:	Tec. Responsable:
Alex Quintos C.	Jhordin M. Salas LI.

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN TESTIGOS CILÍNDRICOS.

CONTRATO/ ESTRUCTURA/ELEMENTO.	N° DE CILINDRO	FECHA DE TOMA DE MUESTRA.	DIAS DE CURADO	FECHA DE ROTURA	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	PESO (gr)	DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )	CARGA APLICADA (Kg)	COMPRESIÓN A LA FECHA (Kg/cm <sup>2</sup> )		% DE RESISTENCIA ESTIMADA SEGÚN LA CANTIDAD DE DÍAS	PORCENTAJE CON RESPECTO A f <sub>c</sub> DE DISEÑO	TIPO DE FALLA				
												OBTENIDA	DISEÑO			<input type="checkbox"/>				
																<input type="checkbox"/>				
PATRÓN (0% Microfibras + 0% Macrofibras)	1	30/04/2022	3	03/05/2022	15.01	30.03	176.95	5,313.82	12790.00	2.407	21546.59919	121.77	280	42 ~ 53%	43.49%					X
	2		3	03/05/2022	15.01	30.00	176.95	5,308.51	12780.00	2.407	21369.1686	120.76	280	42 ~ 53%	43.13%					X
	3		3	03/05/2022	15.03	30.02	177.42	5,326.21	12790.00	2.401	21479.29793	121.06	280	42 ~ 53%	43.24%		X			
PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												121.20	280	42 ~ 53%	43.28%					
PATRÓN (0% Microfibras + 0% Macrofibras)	1	30/04/2022	7	07/05/2022	15.01	30.00	176.95	5,308.51	12790.00	2.409	36374.28981	205.56	280	70 ~ 85%	73.42%					X
	2		7	07/05/2022	15.00	30.00	176.71	5,301.44	12780.00	2.411	35725.75024	202.17	280	70 ~ 85%	72.20%					X
	3		7	07/05/2022	15.03	30.03	177.42	5,327.99	12790.00	2.401	35959.2652	202.68	280	70 ~ 85%	72.38%		X			
PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												203.47	280	70 ~ 85%	72.67%					
PATRÓN (0% Microfibras + 0% Macrofibras)	1	30/04/2022	21	21/05/2022	15.01	30.02	176.95	5,312.05	12790.00	2.408	42373.27887	239.46	280	85 ~ 95%	85.52%	X				
	2		21	21/05/2022	15.00	30.00	176.71	5,301.44	12780.00	2.411	42659.81907	241.41	280	85 ~ 95%	86.22%					X
	3		21	21/05/2022	15.03	30.05	177.42	5,331.54	12795.00	2.400	42834.19051	241.43	280	85 ~ 95%	86.22%					X
PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												240.76	280	85 ~ 95%	85.99%					
PATRÓN (0% Microfibras + 0% Macrofibras)	1	30/04/2022	28	28/05/2022	15.02	30.01	177.19	5,317.36	12790.00	2.405	51755.66583	292.10	280	100 ~ 120%	104.32%		X			
	2		28	28/05/2022	15.01	30.00	176.95	5,308.51	12780.00	2.407	52059.5612	294.20	280	100 ~ 120%	105.07%					X
	3		28	28/05/2022	15.03	30.03	177.42	5,327.99	12790.00	2.401	52123.80331	293.78	280	100 ~ 120%	104.92%					X
PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												293.36	280	100 ~ 120%	104.77%					

QUINTOS I&C EIRL  
 CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
  
 Jhordin Mijael Salas Liatas  
 TECN. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 DNI N° 73007702

QUINTOS I&C EIRL  
 CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
  
 Ing. Alex Ivan Quintos Coronado  
 JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. 210481

Laboratorista

Jefe de Laboratorio



# LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

CERTIFICADO INDECOPÍ N° 09136209



TESIS:	<b>INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES – CUTERVO</b>	NORMA:	<b>NTP 339.034 / ASTM C-39</b>
TESISTA:	<b>OLIVERA CARRERO BRAYAN SMITH</b>		
LOCALIZACION:	<b>DISTRITO DE CUTERVO - PROVINCIA DE CUTERVO - REGION CAJAMARCA.</b>		Ing. Responsable:
FECHA DE INFORME:	<b>30/05/2022</b>		Alex Quintos C.
DESCRIPCION:	<b>DISEÑO DE MEZCLA DE 280 Kg/cm<sup>2</sup></b>		
OBSERVACIONES:	Tec. Responsable: <b>Jhordin M. Salas LI.</b>		

## ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN TESTIGOS CILÍNDRICOS.

CONTRATO/ ESTRUCTURALELEMENTO.	N° DE CILINDRO	FECHA DE TOMA DE MUESTRA	DIAS DE CURADO	FECHA DE ROTURA	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	PESO (gr)	DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )	CARGA APLICADA (Kg)	COMPRESIÓN A LA FECHA (Kg/cm <sup>2</sup> )		% DE RESISTENCIA ESTIMADA SEGÚN LA CANTIDAD DE DIAS	PORCENTAJE CON RESPECTO A f <sub>c</sub> DE DISEÑO	TIPO DE FALLA				
												OBTENIDA	DISEÑO			<input type="checkbox"/>				
EXPERIMENTAL 01 (0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	3	03/05/2022	15.01	30.02	176.95	5,312.05	12810.00	2.411	22822.15786	128.97	280	42 ~ 53%	46.06%			X		
	2		3	03/05/2022	15.00	30.00	176.71	5,301.44	12790.00	2.413	23061.60675	130.50	280	42 ~ 53%	46.61%				X	
	3		3	03/05/2022	15.03	30.00	177.42	5,322.66	12820.00	2.409	22860.41679	128.85	280	42 ~ 53%	46.02%		X			
PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												129.44	280	42 ~ 53%	46.23%					
EXPERIMENTAL 01 (0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	7	07/05/2022	15.01	30.01	176.95	5,310.28	12810.00	2.412	38447.62412	217.28	280	70 ~ 85%	77.60%				X	
	2		7	07/05/2022	15.00	30.00	176.71	5,301.44	12790.00	2.413	37315.54612	211.16	280	70 ~ 85%	75.42%				X	
	3		7	07/05/2022	15.02	30.02	177.19	5,319.13	12820.00	2.410	37559.4525	211.98	280	70 ~ 85%	75.71%					X
PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												213.47	280	70 ~ 85%	76.24%					
EXPERIMENTAL 01 (0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	21	21/05/2022	15.01	30.02	176.95	5,312.05	12810.00	2.411	44682.62257	252.52	280	85 ~ 95%	90.18%	X				
	2		21	21/05/2022	15.00	30.00	176.71	5,301.44	12790.00	2.413	44937.65341	254.30	280	85 ~ 95%	90.82%				X	
	3		21	21/05/2022	15.01	30.01	176.95	5,310.28	12820.00	2.414	45344.27407	256.25	280	85 ~ 95%	91.52%				X	
PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												254.36	280	85 ~ 95%	90.84%					
EXPERIMENTAL 01 (0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	28	28/05/2022	15.01	30.01	176.95	5,310.28	12810.00	2.412	54869.53095	308.95	280	100 ~ 120%	110.34%	X				
	2		28	28/05/2022	15.00	30.00	176.71	5,301.44	12790.00	2.413	54849.95388	310.39	280	100 ~ 120%	110.85%		X			
	3		28	28/05/2022	15.02	30.00	177.19	5,315.58	12820.00	2.412	55136.55914	311.18	280	100 ~ 120%	111.14%				X	
PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												310.17	280	100 ~ 120%	110.78%					

PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN  
CORONADO INGENIERÍA Y GEOTÉCNICA

Jhordin Mijael Salas Llatas  
TEC. LB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
DNI N° 78007702

Laboratorista

QUINTOS I&C EIRL  
CORONADO INGENIERÍA Y GEOTÉCNICA

Ing. Alex Iván Quintos Coronado  
JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. 210481

Jefe de Laboratorio



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**

CERTIFICADO INDECOPI N° 00136209



TESIS:	<b>INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES – CUTERVO</b>	NORMA:	<b>NTP 339.034 / ASTM C-39</b>
TESISTA:	<b>OLIVERA CARRERO BRAYAN SMITH</b>	Ing. Responsable:	Tec. Responsable:
LOCALIZACION:	<b>DISTRITO DE CUTERVO - PROVINCIA DE CUTERVO - REGION CAJAMARCA.</b>	Alex Quintos C.	Jhordin M. Salas LI.
FECHA DE INFORME:	<b>30/05/2022</b>		
DESCRIPCION:	<b>DISEÑO DE MEZCLA DE 280 Kg/cm<sup>2</sup></b>		
OBSERVACIONES:			

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN TESTIGOS CILÍNDRICOS.**

CONTRATO/ ESTRUCTURA/ELEMENTO.	N° DE CILINDRO	FECHA DE TOMA DE MUESTRA	DIAS DE CURADO	FECHA DE ROTURA	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	PESO (gr)	DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )	CARGA APLICADA (Kg)	COMPRESIÓN A LA FECHA (Kg/cm <sup>2</sup> )		% DE RESISTENCIA ESTIMADA SEGÚN LA CANTIDAD DE DIAS	PORCENTAJE CON RESPECTO A f <sub>c</sub> DE DISEÑO	TIPO DE FALLA				
												OBTENIDA	DISEÑO			<input type="checkbox"/>				
EXPERIMENTAL 02 (0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras)	1	30/04/2022	3	03/05/2022	15.01	30.02	176.95	5,312.05	12815.00	2.412	25498.24548	144.10	280	42 ~ 53%	51.46%			X		
	2		3	03/05/2022	15.00	30.00	176.71	5,301.44	12800.00	2.414	25295.75333	143.14	280	42 ~ 53%	51.12%				X	
	3		3	03/05/2022	15.00	30.03	176.71	5,306.74	12820.00	2.416	25506.66629	144.34	280	42 ~ 53%	51.55%		X			
PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												143.86	280	42 ~ 53%	51.38%					
EXPERIMENTAL 02 (0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras)	1	30/04/2022	7	07/05/2022	15.01	30.01	176.95	5,310.28	12815.00	2.413	43012.59747	243.08	280	70 ~ 85%	86.81%					X
	2		7	07/05/2022	15.00	30.00	176.71	5,301.44	12800.00	2.414	42324.2963	239.51	280	70 ~ 85%	85.54%				X	
	3		7	07/05/2022	15.02	30.02	177.19	5,319.13	12820.00	2.410	42664.98222	240.23	280	70 ~ 85%	85.80%					X
PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												240.94	280	70 ~ 85%	86.05%					
EXPERIMENTAL 02 (0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras)	1	30/04/2022	21	21/05/2022	15.01	30.04	176.95	5,315.59	12815.00	2.411	50157.2502	283.45	280	85 ~ 95%	101.23%	X				
	2		21	21/05/2022	15.02	30.00	177.19	5,315.58	12800.00	2.408	50069.82964	282.58	280	85 ~ 95%	100.92%			X		
	3		21	21/05/2022	15.02	30.01	177.19	5,317.36	12820.00	2.411	50661.15363	285.92	280	85 ~ 95%	102.11%				X	
PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												283.99	280	85 ~ 95%	101.42%					
EXPERIMENTAL 02 (0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras)	1	30/04/2022	28	28/05/2022	15.00	30.02	176.71	5,304.97	12815.00	2.416	60952.67121	344.92	280	100 ~ 120%	123.19%	X				
	2		28	28/05/2022	15.02	30.02	177.19	5,319.13	12800.00	2.406	61971.70166	349.75	280	100 ~ 120%	124.91%				X	
	3		28	28/05/2022	15.00	30.03	176.71	5,306.74	12820.00	2.416	61474.81363	347.88	280	100 ~ 120%	124.24%				X	
PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												347.52	280	100 ~ 120%	124.11%					

QUINTOS I&C EIRL  
CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
*Jhordin Mijael Salas Llatas*  
Jhordin Mijael Salas Llatas  
TEC. LIC. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
DNI N° 73007702

Laboratorista

QUINTOS I&C EIRL  
CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
*Alex Quintos Coronado*  
Ing. Alex Ivan Quintos Coronado  
JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. 210481

Jefe de Laboratorio

TESIS:	<b>INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES – CUTERVO</b>	NORMA:	NTP 339.034 / ASTM C-39
TESISTA:	OLIVERA CARRERO BRAYAN SMITH		
LOCALIZACION:	DISTRITO DE CUTERVO - PROVINCIA DE CUTERVO - REGION CAJAMARCA.		
FECHA DE INFORME	30/05/2022		
DESCRIPCION:	DISEÑO DE MEZCLA DE 280 Kg/cm <sup>2</sup>		
OBSERVACIONES:			
Ing. Responsable:	Alex Quintos C.		Tec. Responsable:
			Jhordin M. Salas LI.

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN TESTIGOS CILÍNDRICOS.

CONTRATO/ ESTRUCTURA/ELEMENTO.	N° DE CILINDRO	FECHA DE TOMA DE MUESTRA	DIAS DE CURADO	FECHA DE ROTURA	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	PESO (gr)	DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )	CARGA APLICADA (Kg)	COMPRESIÓN A LA FECHA (Kg/cm <sup>2</sup> )		% DE RESISTENCIA ESTIMADA SEGÚN LA CANTIDAD DE DIAS	PORCENTAJE CON RESPECTO A f <sub>c</sub> DE DISEÑO	TIPO DE FALLA				
												OBTENIDA	DISEÑO			<input type="checkbox"/>				
EXPERIMENTAL 03 (0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	3	03/05/2022	15.03	30.02	177.42	5,326.21	12885.00	2.419	23943.22741	134.95	280	42 ~ 53%	48.20%			X		
	2		3	03/05/2022	15.00	30.00	176.71	5,301.44	12790.00	2.413	23772.13161	134.52	280	42 ~ 53%	48.04%				X	
	3		3	03/05/2022	15.02	30.01	177.19	5,317.36	12820.00	2.411	23987.00596	135.38	280	42 ~ 53%	48.35%		X			
PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												134.95	280	42 ~ 53%	48.20%					
EXPERIMENTAL 03 (0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	7	07/05/2022	15.00	30.01	176.71	5,303.20	12850.00	2.423	40584.24989	229.66	280	70 ~ 85%	82.02%				X	
	2		7	07/05/2022	15.01	30.01	176.95	5,310.28	12900.00	2.429	39628.07393	223.95	280	70 ~ 85%	79.98%				X	
	3		7	07/05/2022	15.03	30.03	177.42	5,327.99	12920.00	2.425	40282.64766	227.04	280	70 ~ 85%	81.09%					X
PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												226.88	280	70 ~ 85%	81.03%					
EXPERIMENTAL 03 (0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	21	21/05/2022	15.01	30.03	176.95	5,313.82	12905.00	2.429	47005.94945	265.64	280	85 ~ 95%	94.87%	X				
	2		21	21/05/2022	15.00	30.00	176.71	5,301.44	12840.00	2.422	47319.55111	267.77	280	85 ~ 95%	95.63%					X
	3		21	21/05/2022	15.03	30.01	177.42	5,324.44	12875.00	2.418	47515.96753	267.81	280	85 ~ 95%	95.65%					X
PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												267.08	280	85 ~ 95%	95.38%					
EXPERIMENTAL 03 (0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	28	28/05/2022	15.01	30.00	176.95	5,308.51	12860.00	2.423	57393.43269	324.35	280	100 ~ 120%	115.84%					X
	2		28	28/05/2022	15.02	30.01	177.19	5,317.36	12890.00	2.424	57798.08663	326.20	280	100 ~ 120%	116.50%		X			
	3		28	28/05/2022	15.01	30.02	176.95	5,312.05	12840.00	2.417	58098.75489	328.33	280	100 ~ 120%	117.26%					X
PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												326.29	280	100 ~ 120%	116.53%					

QUINTOS I&C EIRL  
 CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
 Jhordin M. Salas LI.  
 TEC. DE SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 DNI N° 73007702

Laboratorista

QUINTOS I&C EIRL  
 CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
 Ing. Alex Iván Quintos Coronado  
 JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. 211431

Jefe de Laboratorio

**Ensayo de Testigos Cilíndricos de Concreto (Ensayo de Tracción Indirecta):**



*Anexo 101: Ensayo De Testigos Cilíndricos De Concreto (Ensayo De Tracción Indirecta). Fuente: Propia*

TESIS:	<b>INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES - CUTERVO</b>	NORMA:	<b>NTP 339.084 / ASTM C-496</b>
TESISTA:	<b>OLIVERA CARRERO BRAYAN SMITH</b>		
LOCALIZACIÓN:	<b>DISTRITO DE CUTERVO - PROVINCIA DE CUTERVO - REGION CAJAMARCA.</b>	Ing. Responsable:	Tec. Responsable:
FECHA DE INFORME	<b>30/05/2022</b>	<b>Alex Quintos C.</b>	<b>Jhordin M. Salas LI.</b>
DESCRIPCION:	<b>DISEÑO DE MEZCLA DE 280 Kg/cm2</b>		
OBSERVACIONES:			

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA EN TESTIGOS CILÍNDRICOS.**

CONTRATO/ ESTRUCTURA/ELEMENTO.	N° DE CILINDRO	FECHA DE TOMA DE MUESTRA	DIAS DE CURADO	FECHA DE ROTURA	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm²)	VOLUMEN (cm³)	PESO (gr)	DENSIDAD (gr/cm³)	CARGA APLICADA (Kg)	TRACCIÓN A LA FECHA (Kg/cm²)		% DE TRACCIÓN ESTIMADA SEGÚN LA CANTIDAD DE DIAS	PORCENTAJE CON RESPECTO A f <sub>c</sub> DE DISEÑO	TIPO DE FALLA				
												OBTENIDA	DISEÑO			<input type="checkbox"/>				
<b>PATRÓN (0% Microfibras + 0% Macrofibras)</b>	1	30/04/2022	3	03/05/2022	15.00	30.00	176.71	5,301.44	12780.00	2.411	7174.00801	10.15	121.77	8 ~ 15%	8.33%		X			
	2		3	03/05/2022	15.02	30.00	177.19	5,315.58	12780.00	2.404	7175.027726	10.14	120.76	8 ~ 15%	8.39%			X		
	3		3	03/05/2022	15.01	30.02	176.95	5,312.05	12780.00	2.405	7174.721811	10.14	121.06	8 ~ 15%	8.37%		X			
<b>PROMEDIO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA</b>												<b>10.14</b>	<b>121.20</b>	<b>8 ~ 15%</b>	<b>8.37%</b>					
<b>PATRÓN (0% Microfibras + 0% Macrofibras)</b>	1	30/04/2022	7	07/05/2022	15.01	30.03	176.95	5,313.82	12781.00	2.405	14887.85367	21.03	205.66	8 ~ 15%	10.23%				X	
	2		7	07/05/2022	15.00	30.00	176.71	5,301.44	12780.00	2.411	14989.82527	21.21	202.17	8 ~ 15%	10.49%				X	
	3		7	07/05/2022	15.02	30.02	177.19	5,319.13	12779.00	2.402	14989.82527	21.16	202.68	8 ~ 15%	10.44%		X			
<b>PROMEDIO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA</b>												<b>21.13</b>	<b>203.47</b>	<b>8 ~ 15%</b>	<b>10.39%</b>					
<b>PATRÓN (0% Microfibras + 0% Macrofibras)</b>	1	30/04/2022	21	21/05/2022	15.01	30.03	176.95	5,313.82	12790.00	2.407	25186.98532	35.57	239.46	8 ~ 15%	14.86%				X	
	2		21	21/05/2022	15.01	30.02	176.95	5,312.05	12780.00	2.406	25288.95692	35.73	241.41	8 ~ 15%	14.80%				X	
	3		21	21/05/2022	15.03	30.02	177.42	5,326.21	12790.00	2.401	25186.98532	35.54	241.43	8 ~ 15%	14.72%				X	
<b>PROMEDIO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA</b>												<b>35.61</b>	<b>240.76</b>	<b>8 ~ 15%</b>	<b>14.79%</b>					
<b>PATRÓN (0% Microfibras + 0% Macrofibras)</b>	1	30/04/2022	28	28/05/2022	15.00	30.01	176.71	5,303.20	12781.00	2.410	30153.00227	42.64	292.10	8 ~ 15%	14.60%		X			X
	2		28	28/05/2022	15.01	30.02	176.95	5,312.05	12780.00	2.406	29775.70735	42.07	294.20	8 ~ 15%	14.30%					
	3		28	28/05/2022	15.02	30.01	177.19	5,317.36	12780.00	2.403	30524.17889	43.11	293.78	8 ~ 15%	14.67%					X
<b>PROMEDIO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA</b>												<b>42.61</b>	<b>293.36</b>	<b>8 ~ 15%</b>	<b>14.52%</b>					

QUINTOS I&C EIRL  
 CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
  
**Jhordin Mijael Salas Llanos**  
 TEC. LA. SUELOS, CONCRETO-ASFALTO  
 DNI N° 73007702

Laboratorio

QUINTOS I&C EIRL  
 CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
  
**Ing. Alex Iván Quintos Coronado**  
 JEFE LAB. SUELOS, CONCRETO-ASFALTO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. 210481

Jefe de Laboratorio



# LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

CERTIFICADO INDECOPI N° 00136209



TESIS:	INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES - CUTERVO										NORMA:	NTP 339.084 / ASTM C-496
TESISTA:	OLIVERA CARRERO BRAYAN SMITH											
LOCALIZACION:	DISTRITO DE CUTERVO - PROVINCIA DE CUTERVO - REGION CAJAMARCA.										Ing. Responsable:	
FECHA DE INFORME:	30/05/2022										Alex Quintos C.	
DESCRIPCION:	DISEÑO DE MEZCLA DE 280 Kg/cm2										Tec. Responsable:	
OBSERVACIONES:											Jhordin M. Salas LI.	

## ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA EN TESTIGOS CILÍNDRICOS.

CONTRATO/ ESTRUCTURA/ELEMENTO.	N° DE CILINDRO	FECHA DE TOMA DE MUESTRA	DIAS DE CURADO	FECHA DE ROTURA	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm²)	VOLUMEN (cm³)	PESO (gr)	DENSIDAD (gr/cm³)	CARGA APLICADA (Kg)	TRACCIÓN A LA FECHA (Kg/cm²)		% DE TRACCIÓN ESTIMADA SEGÚN LA CANTIDAD DE DIAS	PORCENTAJE CON RESPECTO A f <sub>c</sub> DE DISEÑO	TIPO DE FALLA					
												OBTENIDA	DISEÑO			<input type="checkbox"/>					
EXPERIMENTAL 01 (0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	3	03/05/2022	15.00	30.02	176.71	5,304.97	12810.00	2.415	7663.992757	10.84	128.97	8 ~ 15%	8.40%			X			
	2		3	03/05/2022	15.00	30.00	176.71	5,301.44	12779.00	2.410	7692.634226	10.88	130.50	8 ~ 15%	8.34%				X		
	3		3	03/05/2022	15.01	30.03	176.95	5,313.82	12820.00	2.413	7650.692856	10.81	128.85	8 ~ 15%	8.39%				X		
PROMEDIO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA												10.84	129.44	8 ~ 15%	8.38%						
EXPERIMENTAL 01 (0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	7	07/05/2022	15.01	30.01	176.95	5,310.28	12810.00	2.412	15865.98566	22.42	217.28	8 ~ 15%	10.32%				X		
	2		7	07/05/2022	15.00	30.00	176.71	5,301.44	12790.00	2.413	15958.76756	22.58	211.16	8 ~ 15%	10.69%				X		
	3		7	07/05/2022	15.00	30.00	176.71	5,301.44	12820.00	2.418	15880.22089	22.47	211.98	8 ~ 15%	10.60%					X	
PROMEDIO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA												22.49	213.47	8 ~ 15%	10.53%						
EXPERIMENTAL 01 (0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	21	21/05/2022	15.01	30.01	176.95	5,310.28	12810.00	2.412	26814.06458	37.90	252.52	8 ~ 15%	15.01%				X		
	2		21	21/05/2022	15.00	30.00	176.71	5,301.44	12790.00	2.413	26894.80569	38.05	254.30	8 ~ 15%	14.96%				X		
	3		21	21/05/2022	15.03	30.02	177.42	5,326.21	12820.00	2.407	26882.06944	37.93	256.25	8 ~ 15%	14.80%				X		
PROMEDIO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA												37.96	254.36	8 ~ 15%	14.92%						
EXPERIMENTAL 01 (0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	28	28/05/2022	15.01	30.01	176.95	5,310.28	12810.00	2.412	32070.73321	45.33	308.95	8 ~ 15%	14.67%			X			
	2		28	28/05/2022	15.02	30.01	177.19	5,317.36	12790.00	2.405	31779.61245	44.88	310.39	8 ~ 15%	14.46%				X		
	3		28	28/05/2022	15.01	30.02	176.95	5,312.05	12820.00	2.413	32581.50855	46.03	311.18	8 ~ 15%	14.79%		X				
PROMEDIO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA												45.41	310.17	8 ~ 15%	14.64%						

QUINTOS I&C E.I.R.L.  
CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
*Jhordin Mijael Salas Llatas*  
TEC. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
DNI N° 73007702

Laboratorista

QUINTOS I&C E.I.R.L.  
CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
*Alex Iván Quintos Coronado*  
JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. 210481

Jefe de Laboratorio



# LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

CERTIFICADO INDECOPI N° 00136209



TESIS:	<b>INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES – CUTERVO</b>	NORMA:	NTP 339.084 / ASTM C-496
TESISTA:	OLIVERA CARRERO BRAYAN SMITH		
LOCALIZACIÓN:	DISTRITO DE CUTERVO - PROVINCIA DE CUTERVO - REGION CAJAMARCA.		
FECHA DE INFORME:	30/05/2022		
DESCRIPCIÓN:	DISEÑO DE MEZCLA DE 280 Kg/cm <sup>2</sup>		
OBSERVACIONES:			
Ing. Responsable:	Alex Quintos C.		
Tec. Responsable:	Jhordin M. Salas LI.		

## ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA EN TESTIGOS CILÍNDRICOS.

CONTRATO/ ESTRUCTURA/ELEMENTO.	N° DE CILINDRO	FECHA DE TOMA DE MUESTRA	DIAS DE CURADO	FECHA DE ROTURA	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm²)	VOLUMEN (cm³)	PESO (gr)	DENSIDAD (gr/cm³)	CARGA APLICADA (Kg)	TRACCIÓN A LA FECHA (Kg/cm²)		% DE TRACCIÓN ESTIMADA SEGÚN LA CANTIDAD DE DIAS	PORCENTAJE CON RESPECTO A Fc DE DISEÑO	TIPO DE FALLA				
												OBTENIDA	DISEÑO			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
EXPERIMENTAL 02 (0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras)	1	30/04/2022	3	03/05/2022	15.02	30.02	177.19	5,319.13	12815.00	2.409	8597.331199	12.14	144.10	8 ~ 15%	8.42%		X			
	2		3	03/05/2022	15.00	30.00	176.71	5,301.44	12800.00	2.414	8593.530707	12.16	143.14	8 ~ 15%	8.49%			X		
	3		3	03/05/2022	15.02	30.01	177.19	5,317.36	12820.00	2.411	8588.770259	12.10	144.34	8 ~ 15%	8.38%			X		
PROMEDIO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA												12.13	143.86	8 ~ 15%	8.43%					
EXPERIMENTAL 02 (0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras)	1	30/04/2022	7	07/05/2022	15.01	30.01	176.95	5,310.28	12815.00	2.413	17826.71599	25.19	243.08	8 ~ 15%	10.36%				X	
	2		7	07/05/2022	15.00	30.01	176.71	5,303.20	12800.00	2.414	17978.79643	25.43	239.81	8 ~ 15%	10.62%			X		
	3		7	07/05/2022	15.02	30.01	177.19	5,317.36	12820.00	2.411	17878.3646	25.25	240.23	8 ~ 15%	10.51%		X			
PROMEDIO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA												25.29	240.94	8 ~ 15%	10.50%					
EXPERIMENTAL 02 (0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras)	1	30/04/2022	21	21/05/2022	15.01	30.02	176.95	5,312.05	12815.00	2.412	30204.2328	42.67	283.45	8 ~ 15%	15.05%		X			
	2		21	21/05/2022	15.03	30.02	177.42	5,326.21	12800.00	2.403	30306.28598	42.76	282.58	8 ~ 15%	15.13%			X		
	3		21	21/05/2022	15.01	30.01	176.95	5,310.28	12820.00	2.414	30211.7889	42.70	285.92	8 ~ 15%	14.93%		X			
PROMEDIO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA												42.71	283.99	8 ~ 15%	15.04%					
EXPERIMENTAL 02 (0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras)	1	30/04/2022	28	28/05/2022	15.01	30.02	176.95	5,312.05	12815.00	2.412	36162.49562	51.09	344.92	8 ~ 15%	14.81%		X			
	2		28	28/05/2022	15.00	30.02	176.71	5,304.97	12800.00	2.413	35653.43198	50.41	349.75	8 ~ 15%	14.41%	X				
	3		28	28/05/2022	15.00	30.00	176.71	5,301.44	12820.00	2.418	36580.17599	51.75	347.88	8 ~ 15%	14.88%		X			
PROMEDIO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA												51.08	347.52	8 ~ 15%	14.70%					

QUINTOS I&C EIRL  
 CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
 Jhordin Mijael Salas Llatas  
 TEC. LAB. SUELOS, CONCRETO, ASFALTO  
 DNI N° 73007702

Laboratorista

QUINTOS I&C EIRL  
 CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
 Ing. Alex Ivan Quintos Coronado  
 JEFE LAB. SUELOS, CONCRETO, ASFALTO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. 210491

Jefe de Laboratorio



# LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

CERTIFICADO INDECOPI N° 00136209



TESIS:	INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES – CUTERVO		NORMA:	NTP 339.084 / ASTM C-496
TESISTA:	OLIVERA CARRERO BRAYAN SMITH			
LOCALIZACION:	DISTRITO DE CUTERVO - PROVINCIA DE CUTERVO - REGION CAJAMARCA.		Ing. Responsable:	Tec. Responsable:
FECHA DE INFORME	30/05/2022		Alex Quintos C.	Jhordin M. Salas LI.
DESCRIPCION:	DISEÑO DE MEZCLA DE 280 Kg/cm <sup>2</sup>			
OBSERVACIONES:				

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA EN TESTIGOS CILÍNDRICOS.

CONTRATO/ ESTRUCTURA/ELEMENTO.	N° DE CILINDRO	FECHA DE TOMA DE MUESTRA	DIAS DE CURADO	FECHA DE ROTURA	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	PESO (gr)	DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )	CARGA APLICADA (Kg)	TRACCIÓN A LA FECHA (Kg/cm <sup>2</sup> )		% DE TRACCIÓN ESTIMADA SEGÚN LA CANTIDAD DE DIAS	PORCENTAJE CON RESPECTO A f <sub>c</sub> DE DISEÑO	TIPO DE FALLA				
												OBTENIDA	DISEÑO			<input type="checkbox"/>				
EXPERIMENTAL 03 (0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	3	03/05/2022	15.00	30.01	176.71	5,303.20	12830.00	2.419	8003.852347	11.32	134.95	8 ~ 15%	8.39%					X
	2		3	03/05/2022	15.00	30.00	176.71	5,301.44	12840.00	2.422	7983.197019	11.29	134.52	8 ~ 15%	8.40%					X
	3		3	03/05/2022	15.03	30.02	177.42	5,326.21	12920.00	2.426	7997.949392	11.28	135.38	8 ~ 15%	8.34%			X		
PROMEDIO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA												11.30	134.95	8 ~ 15%	8.37%					
EXPERIMENTAL 03 (0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	7	07/05/2022	15.00	30.00	176.71	5,301.44	12846.00	2.423	16607.03557	23.49	229.66	8 ~ 15%	10.23%					X
	2		7	07/05/2022	15.00	30.01	176.71	5,303.20	12840.00	2.421	16733.83148	23.67	223.95	8 ~ 15%	10.57%					X
	3		7	07/05/2022	15.00	30.02	176.71	5,304.97	12900.00	2.432	16709.68288	23.62	227.04	8 ~ 15%	10.40%			X		
PROMEDIO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA												23.59	226.88	8 ~ 15%	10.40%					
EXPERIMENTAL 03 (0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	21	21/05/2022	15.03	30.01	177.42	5,324.44	12905.00	2.424	28075.93254	39.63	265.64	8 ~ 15%	14.92%					X
	2		21	21/05/2022	15.01	30.00	176.95	5,308.51	12830.00	2.417	28191.24407	39.86	267.77	8 ~ 15%	14.88%					X
	3		21	21/05/2022	15.03	30.03	177.42	5,327.99	12920.00	2.425	28147.63989	39.70	267.81	8 ~ 15%	14.82%					X
PROMEDIO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA												39.73	267.08	8 ~ 15%	14.88%					
EXPERIMENTAL 03 (0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	28	28/05/2022	15.02	30.02	177.19	5,319.13	12905.00	2.426	33610.16459	47.45	324.35	8 ~ 15%	14.63%	X				
	2		28	28/05/2022	15.00	30.00	176.71	5,301.44	12890.00	2.431	33162.09854	46.91	326.20	8 ~ 15%	14.38%			X		
	3		28	28/05/2022	15.03	30.02	177.42	5,326.21	12920.00	2.426	33961.81192	47.92	328.33	8 ~ 15%	14.59%					X
PROMEDIO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA												47.43	326.29	8 ~ 15%	14.54%					

QUINTOS I&C E.I.R.L.  
CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
*Jhordin M. Salas LI.*  
Jhordin M. Salas LI.  
TEC. EN SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
DNI N° 73007702

Laboratorista

QUINTOS I&C E.I.R.L.  
CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
*Alex Iván Quintos Coronado*  
Ing. Alex Iván Quintos Coronado  
JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. 210481

Jefe de Laboratorio

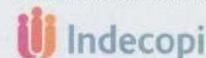
**Ensayo de Vigas Prismáticas de Concreto (Ensayo de Flexión a Vigas Simplemente Apoyadas con Cargas a los Tercios del Tramo):**





# LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

CERTIFICADO INDECOPI N° 00136289



TESIS:	<b>INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES - CUTERVO</b>		NORMA:	<b>NTP 339.078 / ASTM C-78</b>
TESISTA:	OLIVERA CARRERO BRAYAN SMITH		Ing. Responsable:	Tec. Responsable:
LOCALIZACION:	DISTRITO DE CUTERVO - PROVINCIA DE CUTERVO - REGION CAJAMARCA.		Alex Quintos C.	Jhordin M. Salas LI.
FECHA DE INFORME	30/05/2022			
DESCRIPCION:	DISEÑO DE MEZCLA DE 280 Kg/cm <sup>2</sup>			
OBSERVACIONES:				

## ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO

CONTRATO/ ESTRUCTURA/ELEMENTO.	N° DE VIGA o PRISMA	FECHA DE TOMA DE MUESTRA	DIAS DE CURADO	FECHA DE ROTURA	LADO (Base) (cm)	PERALTE (cm)	LONG. ENTRE APOYOS (cm)	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	PESO (gr)	DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )	CARGA APLICADA (Kg)	MÓDULO DE ROTURA A LA FECHA (Kg/cm <sup>2</sup> )		% DE FLEXIÓN ESTIMADA SEGÚN LA CANTIDAD DE DIAS	PORCENTAJE CON RESPECTO A "R" DE DISEÑO	TIPO DE FALLA					
												OBTENIDA	DISEÑO			<input type="checkbox"/>					
PATRÓN (0% Microfibras + 0% Macrofibras)	1	30/04/2022	3	03/05/2022	15.00	15.00	16.67	11,250	27100.00	2.409	3674.920819	19.14	121.77	10 ~ 20%	15.71%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X	
	2		3	03/05/2022	15.02	15.00	16.67	11,265	27100.00	2.406	3772.949219	18.61	120.76	10 ~ 20%	15.41%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X	
	3		3	03/05/2022	15.03	15.00	16.67	11,273	27150.00	2.409	3976.89242	19.60	121.06	10 ~ 20%	16.19%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X	
PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CON CARGAS A LOS TERCIOS DE TRAMO												19.11	121.20	10 ~ 20%	15.77%	<input type="checkbox"/>					
PATRÓN (0% Microfibras + 0% Macrofibras)	1	30/04/2022	7	07/05/2022	15.01	15.00	16.67	11,258	27100.00	2.407	6322.239231	31.20	205.56	10 ~ 20%	15.18%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X	
	2		7	07/05/2022	15.00	15.00	16.67	11,250	27100.00	2.409	6118.29803	30.21	202.17	10 ~ 20%	14.95%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X	
	3		7	07/05/2022	15.03	15.00	16.67	11,273	27150.00	2.409	6016.32443	29.65	202.68	10 ~ 20%	14.63%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X	
PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CON CARGAS A LOS TERCIOS DE TRAMO												30.35	203.47	10 ~ 20%	14.92%	<input type="checkbox"/>					
PATRÓN (0% Microfibras + 0% Macrofibras)	1	30/04/2022	21	21/05/2022	15.01	15.00	16.67	11,258	27100.00	2.407	7443.926837	36.74	239.46	10 ~ 20%	15.34%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X	
	2		21	21/05/2022	15.00	15.00	16.67	11,250	27100.00	2.409	7545.898437	37.26	241.41	10 ~ 20%	15.44%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X	
	3		21	21/05/2022	15.00	15.00	16.67	11,250	27100.00	2.409	7239.983636	35.75	241.43	10 ~ 20%	14.81%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X	
PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CON CARGAS A LOS TERCIOS DE TRAMO												36.58	240.76	10 ~ 20%	15.19%	<input type="checkbox"/>					
PATRÓN (0% Microfibras + 0% Macrofibras)	1	30/04/2022	28	28/05/2022	15.01	15.00	16.67	11,258	27100.00	2.407	8769.557643	43.28	292.10	10 ~ 20%	14.82%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X	
	2		28	28/05/2022	15.01	15.00	16.67	11,258	27100.00	2.407	8667.586043	42.77	294.20	10 ~ 20%	14.54%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X	
	3		28	28/05/2022	15.03	15.00	16.67	11,273	27150.00	2.409	8973.500844	44.23	293.78	10 ~ 20%	15.05%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X	
PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CON CARGAS A LOS TERCIOS DE TRAMO												43.43	293.36	10 ~ 20%	14.80%	<input type="checkbox"/>					

QUINTOS I&C E.I.R.L  
CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
Jhordin Mijael Salas Llatas  
TEC. SUELOS, CONCRETO, ASFALTO  
DNI N° 73007702

Laboratorista

QUINTOS I&C E.I.R.L  
CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
Ing. Alex Ivan Quintos Coronado  
JEFE LAB. SUELOS, CONCRETO, ASFALTO  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. 210481

Jefe de Laboratorio

TESIS:	<b>INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO REICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES - CUTERVO</b>	NORMA:	NTP 339.078 / ASTM C-78
TESISTA:	OLIVERA CARRERO BRAYAN SMITH		
LOCALIZACION:	DISTRITO DE CUTERVO - PROVINCIA DE CUTERVO - REGION CAJAMARCA.		
FECHA DE INFORME:	30/05/2022	Ing. Responsable:	Tec. Responsable:
DESCRIPCION:	DISEÑO DE MEZCLA DE 280 Kg/cm <sup>2</sup>		
OBSERVACIONES:			

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO**

CONTRATO/ ESTRUCTURA/ELEMENTO.	N° DE VIGA o PRISMA	FECHA DE TOMA DE MUESTRA	DIAS DE CURADO	FECHA DE ROTURA	LADO (Base) (cm)	PERALTE (cm)	LONG. ENTRE APOYOS (cm)	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	PESO (gr)	DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )	CARGA APLICADA (Kg)	MÓDULO DE ROTURA A LA FECHA (Kg/cm <sup>2</sup> )		% DE FLEXIÓN ESTIMADA SEGUN LA CANTIDAD DE DIAS	PORCENTAJE CON RESPECTO A "R" DE DISEÑO	TIPO DE FALLA				
												OBTENIDA	DISEÑO							
EXPERIMENTAL 01 (0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	3	03/05/2022	15.01	15.00	16.67	11,258	27100.00	2.407	4209.558981	20.77	128.97	10 ~ 20%	16.11%					X
	2		3	03/05/2022	15.00	15.00	16.67	11,250	27100.00	2.409	4096.290967	20.23	130.50	10 ~ 20%	15.50%					X
	3		3	03/05/2022	15.01	15.00	16.67	11,258	27100.00	2.407	4309.262794	21.27	128.85	10 ~ 20%	16.50%					X
PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CON CARGAS A LOS TERCIOS DE TRAMO												20.76	128.44	10 ~ 20%	16.04%					
EXPERIMENTAL 01 (0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	7	07/05/2022	15.01	15.00	16.67	11,258	27100.00	2.407	6882.389627	33.96	217.28	10 ~ 20%	15.63%					X
	2		7	07/05/2022	15.00	15.00	16.67	11,250	27100.00	2.409	6659.520497	32.89	211.16	10 ~ 20%	15.57%					X
	3		7	07/05/2022	15.02	15.00	16.67	11,265	27100.00	2.406	6543.69738	32.27	211.98	10 ~ 20%	15.22%					X
PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CON CARGAS A LOS TERCIOS DE TRAMO												33.04	213.47	10 ~ 20%	15.48%					
EXPERIMENTAL 01 (0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	21	21/05/2022	15.01	15.00	16.67	11,258	27100.00	2.407	8067.355709	39.81	252.52	10 ~ 20%	15.77%					X
	2		21	21/05/2022	15.02	15.00	16.67	11,265	27100.00	2.406	8185.488789	40.37	254.30	10 ~ 20%	15.87%					X
	3		21	21/05/2022	15.03	15.00	16.67	11,273	27160.00	2.409	7874.452361	38.81	256.25	10 ~ 20%	15.14%					X
PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CON CARGAS A LOS TERCIOS DE TRAMO												39.66	254.36	10 ~ 20%	15.59%					
EXPERIMENTAL 01 (0,15% Microfibras + 0,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	28	28/05/2022	15.01	15.00	16.67	11,258	27100.00	2.407	9494.221269	46.85	308.95	10 ~ 20%	15.17%					X
	2		28	28/05/2022	15.00	15.00	16.67	11,250	27100.00	2.409	9383.901356	46.34	310.39	10 ~ 20%	14.93%					X
	3		28	28/05/2022	15.02	15.00	16.67	11,265	27100.00	2.406	9722.465118	47.95	311.18	10 ~ 20%	15.41%					X
PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CON CARGAS A LOS TERCIOS DE TRAMO												47.05	310.17	10 ~ 20%	15.17%					

  
 QUINTOS I&C EIRL  
 CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
**Jhordin Mijael Salas Llatas**  
 TEC. LA SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 DINI N° 73007702

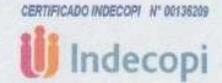
  
 QUINTOS I&C EIRL  
 CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
**Ing. Alex Iván Quintos Coronado**  
 JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. 210481

Laboratorista

Jefe de Laboratorio



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**



TESIS:	<b>INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES – CUTERVO</b>	NORMA:	<b>NTP 339.078 / ASTM C-78</b>
TESISTA:	<b>OLIVERA CARRERO BRAYAN SMITH</b>		
LOCALIZACION:	<b>DISTRITO DE CUTERVO - PROVINCIA DE CUTERVO - REGION CAJAMARCA.</b>	Ing. Responsable:	Tec. Responsable:
FECHA DE INFORME	<b>30/05/2022</b>	<b>Alex Quintos C.</b>	<b>Jhordin M. Salas LI.</b>
DESCRIPCION:	<b>DISEÑO DE MEZCLA DE 280 Kg/cm2</b>		
OBSERVACIONES:			

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO**

CONTRATO/ ESTRUCTURA/ELEMENTO.	N° DE VIGA o PRISMA	FECHA DE TOMA DE MUESTRA	DIAS DE CURADO	FECHA DE ROTURA	LADO (Base) (cm)	PERALTE (cm)	LONG. ENTRE APOYOS (cm)	VOLUMEN (cm³)	PESO (gr)	DENSIDAD (gr/cm³)	CARGA APLICADA (Kg)	MÓDULO DE ROTURA A LA FECHA (Kg/cm²)		% DE FLEXIÓN ESTIMADA SEGÚN LA CANTIDAD DE DIAS	PORCENTAJE CON RESPECTO A "R" DE DISEÑO	TIPO DE FALLA						
												OBTENIDA	DISEÑO									
EXPERIMENTAL 02 (0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras)	1	30/04/2022	3	03/05/2022	15.03	15.00	16.67	11,273	27110.00	2.405	5027.891884	24.78	144.10	10 ~ 20%	17.20%					X		
	2		3	03/05/2022	15.00	15.00	16.67	11,250	27100.00	2.409	4899.012323	24.19	143.14	10 ~ 20%	16.90%				X			
	3		3	03/05/2022	15.03	15.00	16.67	11,273	27150.00	2.409	5168.250082	25.47	144.34	10 ~ 20%	17.65%				X			
<b>PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CON CARGAS A LOS TERCIOS DE TRAMO</b>												<b>24.81</b>	<b>143.86</b>	<b>10 ~ 20%</b>	<b>17.25%</b>							
EXPERIMENTAL 02 (0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras)	1	30/04/2022	7	07/05/2022	15.02	15.00	16.67	11,295	27100.00	2.406	8177.548003	40.33	243.08	10 ~ 20%	16.59%				X			
	2		7	07/05/2022	15.00	15.00	16.67	11,250	27100.00	2.409	7937.546881	39.20	239.51	10 ~ 20%	16.37%			X				
	3		7	07/05/2022	15.01	15.00	16.67	11,258	27100.00	2.407	7811.896455	38.55	240.23	10 ~ 20%	16.05%			X				
<b>PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CON CARGAS A LOS TERCIOS DE TRAMO</b>												<b>39.36</b>	<b>240.94</b>	<b>10 ~ 20%</b>	<b>16.34%</b>							
EXPERIMENTAL 02 (0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras)	1	30/04/2022	21	21/05/2022	15.02	15.00	16.67	11,265	27100.00	2.406	9673.851891	47.71	283.45	10 ~ 20%	16.83%				X			
	2		21	21/05/2022	15.02	15.00	16.67	11,265	27100.00	2.406	9806.37041	48.36	282.58	10 ~ 20%	17.11%			X				
	3		21	21/05/2022	15.01	15.00	16.67	11,258	27100.00	2.407	9409.643325	46.44	285.92	10 ~ 20%	16.24%			X				
<b>PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CON CARGAS A LOS TERCIOS DE TRAMO</b>												<b>47.50</b>	<b>283.99</b>	<b>10 ~ 20%</b>	<b>16.73%</b>							
EXPERIMENTAL 02 (0,15% Microfibras + 1,0% Macrofibras)	1	30/04/2022	28	28/05/2022	15.01	15.00	16.67	11,258	27100.00	2.407	11400.23796	56.26	344.92	10 ~ 20%	16.31%				X			
	2		28	28/05/2022	15.03	15.00	16.67	11,273	27150.00	2.409	11250.24825	55.46	349.76	10 ~ 20%	15.85%			X				
	3		28	28/05/2022	15.00	15.00	16.67	11,250	27100.00	2.409	11662.66773	57.59	347.88	10 ~ 20%	16.56%			X				
<b>PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CON CARGAS A LOS TERCIOS DE TRAMO</b>												<b>56.43</b>	<b>347.52</b>	<b>10 ~ 20%</b>	<b>16.24%</b>							

**Jhordin Mijael Salas Llatas**  
 TCO. DE SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 DNI N° 73007702

**Ing. Alex Iván Quintos Coronado**  
 JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. 210481

Laboratorista

Jefe de Laboratorio

TESIS:	INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES – CUTERVO	NORMA:	NTP 339.078 / ASTM C-78
TESISTA:	OLIVERA CARRERO BRAYAN SMITH		
LOCALIZACION:	DISTRITO DE CUTERVO - PROVINCIA DE CUTERVO - REGION CAJAMARCA.		
FECHA DE INFORME	30/05/2022	Ing. Responsable:	Tec. Responsable:
DESCRIPCION:	DISEÑO DE MEZCLA DE 280 Kg/cm2	Alex Quintos C.	Jhordin M. Salas LI.
OBSERVACIONES:			

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO

CONTRATO/ ESTRUCTURA/ELEMENTO.	N° DE VIGA o PRISMA	FECHA DE TOMA DE MUESTRA	DIAS DE CURADO	FECHA DE ROTURA	LADO (Base) (cm)	PERALTE (cm)	LONG. ENTRE APOYOS (cm)	VOLUMEN (cm³)	PESO (gr)	DENSIDAD (gr/cm³)	CARGA APLICADA (Kg)	MÓDULO DE ROTURA A LA FECHA (Kg/cm²)		% DE FLEXIÓN ESTIMADA SEGÚN LA CANTIDAD DE DÍAS	PORCENTAJE CON RESPECTO A "R" DE DISEÑO	TIPO DE FALLA					
												OBTENIDA	DISEÑO								
EXPERIMENTAL 03 (0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	3	03/05/2022	15.01	15.00	16.67	11,258	27105.00	2.408	4508.354125	22.25	134.95	10 ~ 20%	16.49%					X	
	2		3	03/05/2022	15.00	15.00	16.67	11,250	27100.00	2.409	4385.964953	21.66	134.52	10 ~ 20%	16.10%					X	
	3		3	03/05/2022	15.03	15.00	16.67	11,273	27260.00	2.417	4632.522904	22.83	135.38	10 ~ 20%	16.86%					X	
PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CON CARGAS A LOS TERCIOS DE TRAMO												22.25	134.95	10 ~ 20%	16.48%						
EXPERIMENTAL 03 (0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	7	07/05/2022	15.00	16.00	16.67	11,250	27100.00	2.409	7387.261777	36.48	229.66	10 ~ 20%	15.88%					X	
	2		7	07/05/2022	15.00	16.00	16.67	11,250	27100.00	2.409	7113.406288	35.13	223.95	10 ~ 20%	15.69%					X	
	3		7	07/05/2022	15.03	16.00	16.67	11,273	27250.00	2.417	7006.463429	34.53	227.04	10 ~ 20%	15.21%					X	
PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CON CARGAS A LOS TERCIOS DE TRAMO												35.38	226.88	10 ~ 20%	15.59%						
EXPERIMENTAL 03 (0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	21	21/05/2022	15.01	16.00	16.67	11,258	27105.00	2.408	8660.737618	42.74	265.64	10 ~ 20%	16.09%					X	
	2		21	21/05/2022	15.02	16.00	16.67	11,265	27120.00	2.407	8788.365326	43.34	267.77	10 ~ 20%	16.19%					X	
	3		21	21/05/2022	15.02	16.00	16.67	11,265	27120.00	2.407	8416.216427	41.51	267.81	10 ~ 20%	15.50%					X	
PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CON CARGAS A LOS TERCIOS DE TRAMO												42.53	267.08	10 ~ 20%	15.92%						
EXPERIMENTAL 03 (0,15% Microfibras + 1,5% Macrofibras)	1	30/04/2022	28	28/05/2022	15.01	16.00	16.67	11,258	27105.00	2.408	10204.91916	50.36	324.35	10 ~ 20%	15.53%					X	
	2		28	28/05/2022	15.03	16.00	16.67	11,273	27250.00	2.417	10094.74435	49.75	326.20	10 ~ 20%	15.25%					X	
	3		28	28/05/2022	15.02	16.00	16.67	11,265	27120.00	2.407	10432.08636	51.45	328.33	10 ~ 20%	15.67%					X	
PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA CON CARGAS A LOS TERCIOS DE TRAMO												50.52	326.29	10 ~ 20%	15.48%						

QUINTOS I&C EIRL  
CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
  
Jhordin Mijang Salas Latas  
TEC. LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
DNI N° 73007702

QUINTOS I&C EIRL  
CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
  
Ing. Alex Ivan Quintos Coronado  
JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
INGENIERO CIVIL  
REG.CIP.210481

Laboratorista

Jefe de Laboratorio

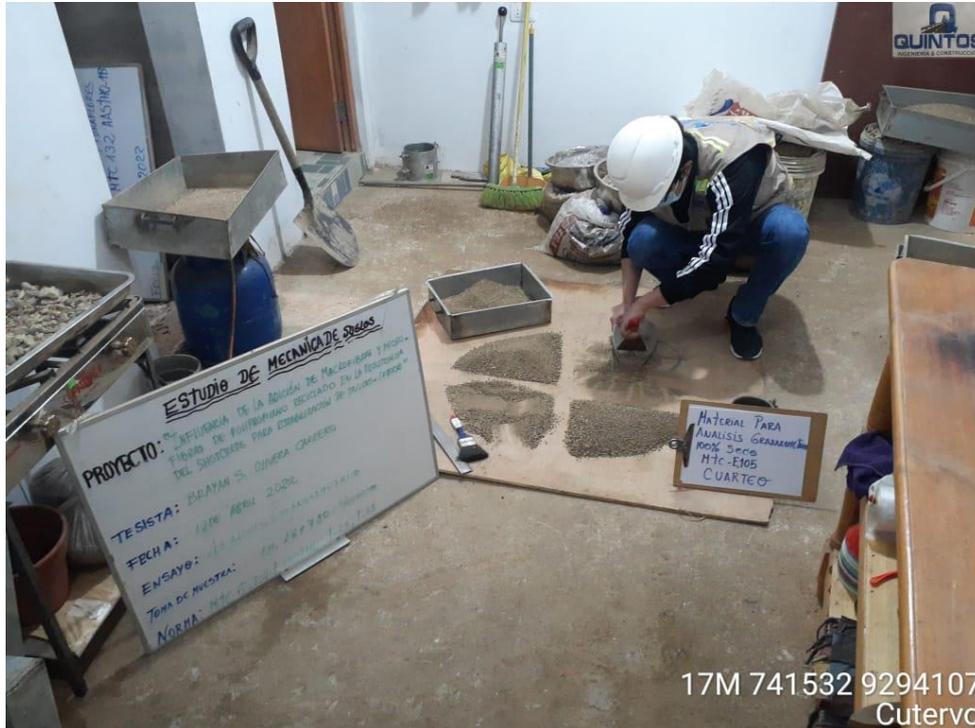
**Ensayo de Segregación en el Concreto Endurecido:**



Anexo 104: Ensayo De Segregación En El Concreto Endurecido. Fuente: Propia

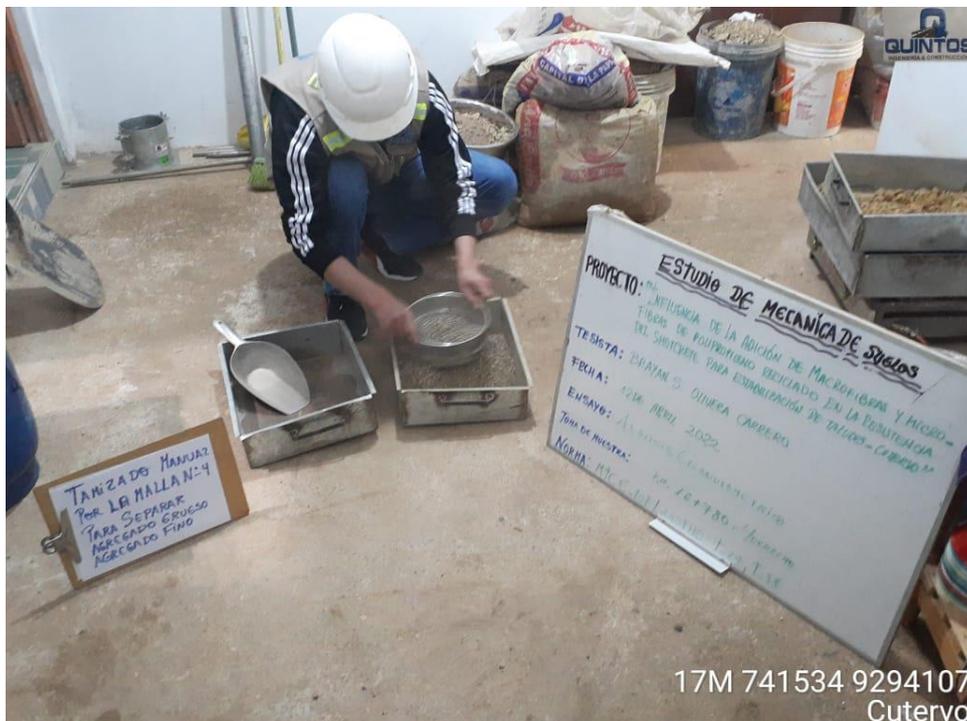
## Ensayos de Muestra de Suelo de Talud

### Ensayo de Análisis Granulométrico por Tamizado de Muestra de Suelo de Talud en Estudio:



17M 741532 9294107  
Cutervo

Anexo 105: Cuarteo de Muestra de Suelo de Talud. Fuente: Propia

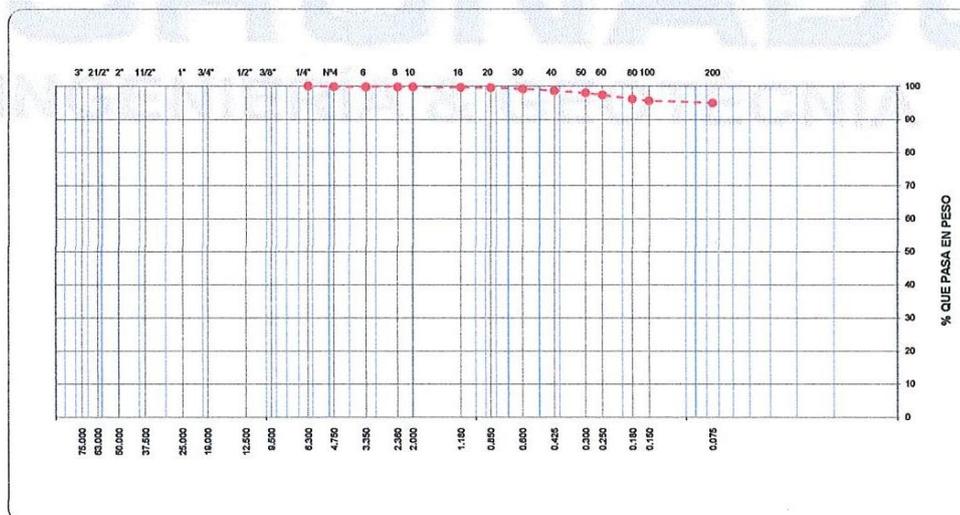


17M 741534 9294107  
Cutervo

Anexo 106: Ensayo De Análisis Granulométrico Por Tamizado De Muestra De Suelo De Talud En Estudio. Fuente: Propia

 <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</b> 	
<b>FORMATO</b> <b>ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO</b> (MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)	
<b>TESIS:</b> "INFLUENCIA DE LA ADICION DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACION DE TALUDES - CUTERVO"	<b>Codigo Ensayo N°:</b> 001 - CORONADO
<b>ALUMNO:</b> BRAYAN OLIVERA CARRERO	<b>Ing. Responsable:</b> Alex Quintos C.
<b>PROCEDECENCIA:</b> CARRETERA (CUTERVO - COCHABAMBA)	<b>Calicata:</b> C-01
<b>PROVINCIA:</b> CUTERVO	<b>Profundidad:</b> 1.60 m (Talud)
<b>FECHA:</b> ABRIL - 2022	<b>Tec. Responsable:</b> Jhordin M. Salas Ll.

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Especificaciones norma ASTM C 33 - USO PARA PRODUCIR CONCRETO	Descripcion
3 1/2"	90.000						<b>1. Peso de Material</b>
3"	75.000						Peso Inicial Total (kg) <b>3,510.0</b>
2 1/2"	63.000						Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) <b>501.7</b>
2"	50.000						<b>2. Caracteristicas</b>
1 1/2"	37.500						Tamaño Maximo
1"	25.000						Tamaño Maximo Nominal
3/4"	19.000						Grava (%) <b>0.3</b>
1/2"	12.500						Arena (%) <b>4.9</b>
3/8"	9.500						Finos (%) <b>94.9</b>
1/4"	6.300				100.00		Modulo de Fineza (%)
N° 4	4.750	8.40	0.24	0.24	99.76		<b>3. Clasificacion</b>
N° 6	3.350	0.16	0.03	0.27	99.73		Limite Liquido (%) <b>40</b>
N° 8	2.360	0.05	0.01	0.28	99.72		Limite Plastico (%) <b>29</b>
N° 10	2.000	0.06	0.01	0.29	99.71		Indice de Plasticidad (%) <b>11</b>
N° 16	1.180	0.67	0.13	0.42	99.58		Clasificacion SUCS <b>OL</b>
N° 20	0.850	0.29	0.06	0.48	99.52		Clasificacion AASHTO <b>A-6 (8)</b>
N° 30	0.600	1.90	0.38	0.86	99.14		<b>4. Descripcion SUCS</b>
N° 40	0.425	3.13	0.62	1.48	98.52		Limos organicos, arcillas limosas organicas de baja plasticidad
N° 50	0.300	3.07	0.61	2.09	97.91		
N° 60	0.250	3.26	0.65	2.74	97.26		
N° 80	0.180	6.01	1.20	3.94	96.06		
N° 100	0.150	2.76	0.55	4.49	95.51		
N° 200	0.075	3.10	0.62	5.11	94.89		
Pasante		477.24	94.90	100.01			



**Observaciones:** Muestra identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de CORONADO Ingenieria & Geotecnia.

CERTIFICADO DE CALIBRACION LM - 1691-2021 , BALANZA 5000g  
 CERTIFICADO DE CALIBRACION LM - 1692-2021 , BALANZA 200g  
 CERTIFICADO DE CALIBRACION LT-1376-2021, HORNO DE LABORATORIO

CERTIFICADO DE CALIBRACION , TAMIZ DE GRANULOMETRIA

  
**Jhordin M. Salas Ll.**  
 TEO. LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 E.I. N° 73607702

  
**Ing. Alex Iván Quintos Coronado**  
 JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. 210481

Anexo 107: Resultado de Ensayo De Análisis Granulométrico Por Tamizado De Muestra De Suelo De Talud En Estudio.  
 Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos

**Ensayo de Contenido de Humedad de Muestra de Suelo de Talud en Estudio:**



*Anexo 108: Muestra de Suelo de Talud para Ensayo de Contenido de Humedad. Fuente: Propia*



*Anexo 109: Cuarteo de Muestra de Suelo de Talud para Ensayo de Contenido de Humedad. Fuente: Propia*



Anexo 110: Peso de Muestra de Suelo de Talud para Ensayo de Contenido de Humedad. Fuente: Propia



Anexo 111: Sometimiento a Horno de Muestra de Suelo de Talud para Ensayo de Contenido de Humedad. Fuente: Propia

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO				CERTIFICADO PRECATORIO N° 0012429 Indecopi
FORMATO				
CONTENIDO DE HUMEDAD				
(MTC E-108 / ASTM D-2216)				
TESIS: "INFLUENCIA DE LA ADICION DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACION DE TALUDES - CUTERVO"				Código Ensayo N°: 002- CORONADO
ALUMNO : BRAYAN OLIVERA CARRERO				
PROCEDENCIA:	CARRETERA (CUTERVO - COCHABAMBA)	Calicata: C -01		Ing. Responsable : Alex Quintos C.
PROVINCIA :	CUTERVO	Profundidad : 1.60 m (Talud)	Fecha : ABRIL - 2022	Tec. Responsable : Jhordin M. Salas LL.

**1. Contenido de Humedad Muestra Integral :**

Descripcion	1	2
Peso de tara (gr)	68.60	73.60
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	622.60	644.40
Peso de la tara + muestra seca (gr)	452.80	467.90
Peso del agua contenida (gr)	169.80	176.50
Peso de la muestra seca (gr)	384.20	394.30
Contenido de Humedad (%)	44.20	44.76
Contenido de Humedad Promedio (%)	44.48	

**2. Contenido de Humedad Muestra (Grava Mayor a 3/4") :**

Descripcion	37	27
Peso de tara (gr)		
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)		
Peso de la tara + muestra seca (gr)		
Peso del agua contenida (gr)		
Peso de la muestra seca (gr)		
Contenido de Humedad (%)		
Contenido de Humedad Promedio (%)		

x

Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de CORONADO Ingeniería & Geotecnia.

CERTIFICADO DE CALIBRACION LM - 1691-2021 , BALANZA 5000g

CERTIFICADO DE CALIBRACION LM - 1692-2021 , BALANZA 200g

CERTIFICADO DE CALIBRACION LT-1376-2021, HORNO DE LABORATORIO

QUINTOS I&C EIRL  
CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
Jhordin Mijael Salas Llatas  
TEL. LD. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
D.M.I. N° 73007702

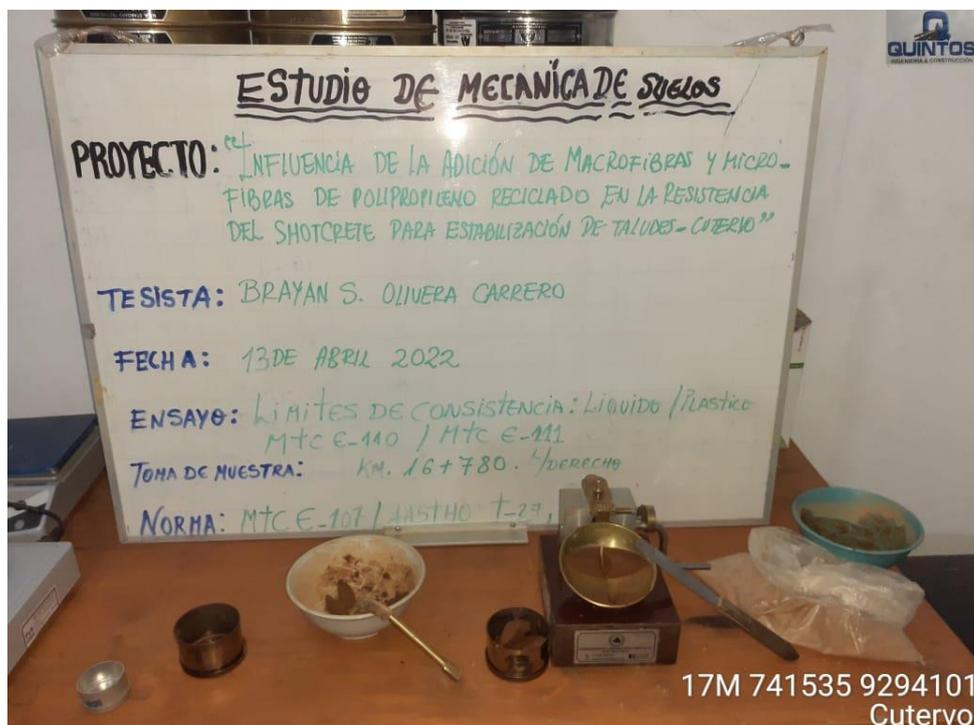
QUINTOS I&C EIRL  
CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
Ing. Alex Iván Quintos Coronado  
JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
INGENIERO CIVIL  
REG.CIP.210481

## Ensayo de Límites de Consistencia de Muestra de Suelo de Talud en Estudio:

### - LÍMITE LÍQUIDO:



Anexo 113: Toma de Muestra de Suelo de Talud para Límite de Consistencia Líquido. Fuente: Propia



Anexo 114: Límite Líquido de Muestra de Suelo de Talud. Fuente: Propia



Anexo 115: Ensayo De Límites De Consistencia De Muestra De Suelo De Talud En Estudio (Límite Líquido De Suelo). Fuente: Propia



- LÍMITE PLÁSTICO:



Anexo 116: Toma de Muestra de Suelo de Talud para Límite de Consistencia Plástico. Fuente: Propia



Anexo 117: Ensayo De Límites De Consistencia De Muestra De Suelo De Talud En Estudio (Límite Plástico De Suelo). Fuente: Propia

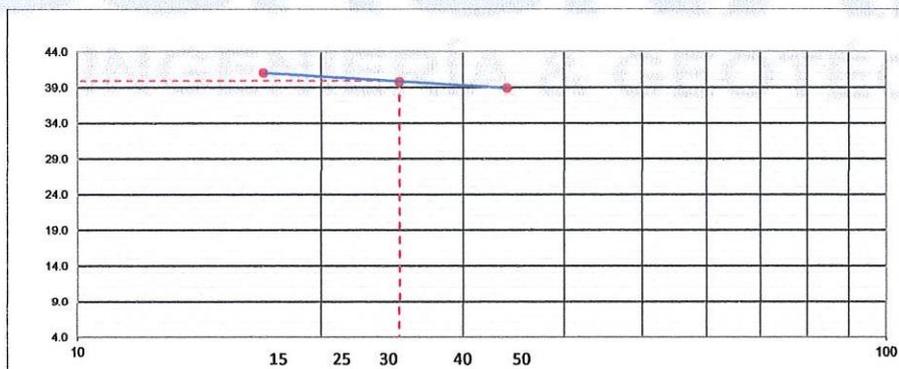
		<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</b>		<small>CERTIFICADO INDECOPIN N° 003/2019</small> 	
<b>FORMATO</b>					
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>					
<small>(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-99)</small>					
<b>TESIS:</b> "INFLUENCIA DE LA ADICION DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACION DE TALUDES - CUTERVO"				<b>Codigo Ensayo N°:</b> 003 - CORONADO	
<b>ALUMNO:</b> BRAYAN OLIVERA CARRERO					
<b>PROCEDENCIA:</b> CARRETERA (CUTERVO - COCHABAMBA)		<b>Calicata:</b> C-01		<b>Ing. Responsable:</b> Alex Quintos C.	
<b>PROVINCIA:</b> CUTERVO		<b>Profundidad:</b> 1.60 m (Talud)		<b>FECHA:</b> ABRIL - 2022	
<b>Tec. Responsable:</b> Jhordin M. Salas L.					

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO**

N° de Tarro		1	3	5	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	134.20	133.19	140.50	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	116.09	115.89	122.39	
Peso de Tarro	gr.	71.90	72.35	75.79	
Peso de Agua	gr.	18.11	17.30	18.11	
Peso del Suelo Seco	gr.	44.19	43.54	46.60	<b>Límite Líquido</b>
Contenido de Humedad	%	40.98	39.73	38.86	<b>40.0</b>
Numero de Golpes		17	25	34	

**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD**

N° de Tarro		4	7	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	20.36	21.37	
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	18.47	19.31	
Peso de Tarro	gr.	12.01	11.89	
Peso de Agua	gr.	1.89	2.06	
Peso de Suelo seco	gr.	6.46	7.32	<b>Límite Plástico</b>
Contenido de Humedad	%	29.28	28.14	<b>29.0</b>



Constantes Físicas de la Muestra	
Límite Líquido	40.0
Límite Plástico	29.0
Índice de Plasticidad	11.0
Observaciones	
Pasante Tamiz N° 40	

Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de CORONADO Ingeniería & Geotecnia.

CERTIFICADO DE CALIBRACION LM - 1691-2021 , BALANZA 5000g

CERTIFICADO DE CALIBRACION LM - 1692-2021 , BALANZA 200g

CERTIFICADO DE CALIBRACION LT-1376-2021, HORNO DE LABORATORIO

  
 QUINTOS I&C E.I.R.L.  
 CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
 Jho Win Mijael Salas Llatas  
 TEC. LB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 D.M. N° 73007702

  
 QUINTOS I&C E.I.R.L.  
 CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
 Ing. Alex Iván Quintos Coronado  
 JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. 210481

Anexo 118: Resultado de Ensayo De Límites De Consistencia De Muestra De Suelo De Talud En Estudio. Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos

## Ensayo de Sales Solubles Totales en Muestra de Suelo de Talud en Estudio:



Anexo 119: Toma de Muestra de Suelo para ensayo de Sales Solubles en Suelo de Talud. Fuente: Propia



Anexo 120: Ensayo De Sales Solubles Totales En Muestra De Suelo De Talud En Estudio. Fuente: Propia



CORONADO INGENIERÍA & GEOTÉCNIA		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO		CERTIFICADO INDECOPÍ N° 00136209 <b>Indecopi</b>	
FORMATO					
SALES SOLUBLES TOTALES					
(NTP 339.162/ BS 1377 - Part 3) / (NTP 339.178/ AASHTO T280)					
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA ADICION DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACION DE TALUDES - CUTERVO"			Codigo Ensayo N°:	004- CORONADO
ALUMNO:	BRAYAN OLIVERA CARRERO				
PROCEDENCIA:	CARRETERA (CUTERVO - COCHABAMBA)	Calicata:	C -01	Ing. Responsable:	Alex Quintos C.
PROVINCIA:	CUTERVO	Profundidad:	1.80 m (Talud)	FECHA	ABRIL - 2022
				Tec. Responsable:	Jhordin M. Salas L.I.
SALES SOLUBLES TOTALES					
Descripcion	und	1	2	Promedio	
RELACION DE MEZCLA SUELO - AGUA DESTILADA	-	1 : 3			
NUMERO DE BEAKER	-	5	3		
PESO DE BEAKER	gr	55.30	70.70		
PESO DEL BEAKER + RESIDUOS DE SALES	gr	55.36	70.76		
PESO DEL RESIDUO DE SALES	gr	0.0600	0.0600		
VOLUMEN DE SOLUCION TOMADA	ml	100	100		
CONSTITUYENTES DE SALES SOLUBLES EN LICUOTA	p.p.m	600	600		
CONSTITUYENTES DE SALES SOLUBLES EN MUESTRA	p.p.m	1800	1800		1800
CONSTITUYENTES DE S.S EN PESO SECO	%	0.180	0.180		0.180

Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de CORONADO Ingeniería & Geotecnia.

QUINTOS I&C EIRL  
CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
*Jhordin Mijael Salas Llatas*  
Jefe Lab. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
DNI N° 73007702

QUINTOS I&C EIRL  
CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
*Alex Iván Quintos Coronado*  
Ing. Alex Iván Quintos Coronado  
JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP 210481

Anexo 121: Resultado de Ensayo De Sales Solubles Totales En Muestra De Suelo De Talud En Estudio. Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos

**Ensayo de Relación Densidad/Humedad (Proctor) en Muestra de Suelo de Talud en Estudio:**



Anexo 122: Toma de Muestra de Suelo de Talud para Ensayo de Proctor. Fuente: Propia





Anexo 123: Compactación de Suelo de Talud en Ensayo Proctor. Fuente: Propia



Anexo 124: Registro de Peso en Proctor de Muestra de Suelo de Talud. Fuente: Propia



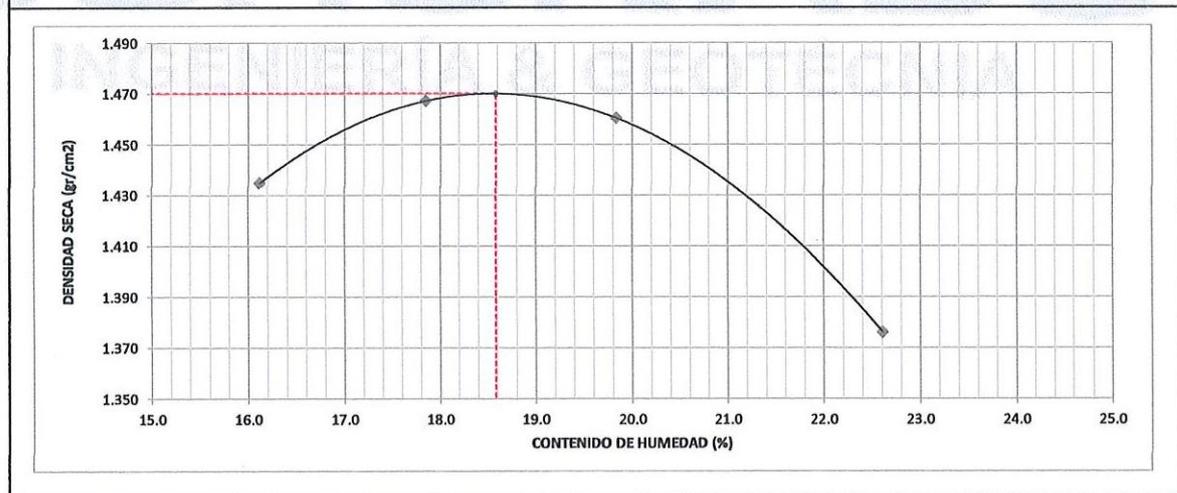
Anexo 125: Ensayo De Relación Densidad/Humedad (Proctor) En Muestra De Suelo De Talud En Estudio. Fuente: Propia

		<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</b>		<small>CERTIFICADO INDECOPÍ N° 00130200</small> 			
FORMATO							
<b>RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)</b>							
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-100)							
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA ADICION DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACION DE TALUDES - CUTERVO"				Código Ensayo N°:	005-CORONADO	
ALUMNO:	BRAYAN OLIVERA CARRERO						
PROCEDENCIA:	CARRETERA (CUTERVO - COCHABAMBA)	Calicata:	C-01	Ing. Responsable:	Alex Quintos C.		
PROVINCIA:	CUTERVO	Profundidad:	1.60 m (Talud)	Fecha:	ABRIL - 2022	Tec. Responsable:	Jhordin M. Salas Lj.

Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Volumen Molde	953	cm <sup>3</sup> .	N° de capas	5
	Metodo	B	A	C	Peso Molde	3862.1	gr.	N° de golpes	25 Glp
NUMERO DE ENSAYOS					1	2	3	4	
Peso Suelo + Molde				gr.	5,450	5,510	5,530	5,470	
Peso Suelo Humedo Compactado				gr.	1,588	1,648	1,668	1,608	
Peso Volumetrico Humedo				gr.	1,666	1,729	1,750	1,687	
Recipiente Numero					1	2	3	4	
Peso Suelo Humedo + Tara				gr.	134.00	139.69	157.36	155.13	
Peso Suelo Seco + Tara				gr.	126.04	129.82	143.58	139.78	
Peso de la Tara				gr.	72.91	74.52	74.09	71.88	
Peso del agua				gr.	8.56	9.87	13.78	15.35	
Peso del suelo seco				gr.	53.13	55.30	69.49	67.90	
Contenido de agua				%	16.11	17.85	19.83	22.61	
Densidad Seca				gr/cc	1.435	1.467	1.461	1.376	

RESULTADOS				
Densidad Máxima Seca	1.47	(gr/cm <sup>3</sup> )	Humedad óptima	18.6
				%

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA**



Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de CORONADO Ingeniería & Geotecnia.

  
 Jhordin M. Salas Lj.  
 JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 REG. CIP. N° 7300702

  
 Alex Iván Quintos Coronado  
 JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. 210094

Anexo 126: Resultado de Ensayo De Relación Densidad/Humedad (Proctor) En Muestra De Suelo De Talud En Estudio. Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos

### Ensayo de Corte Directo en Muestra de Suelo de Talud en Estudio:



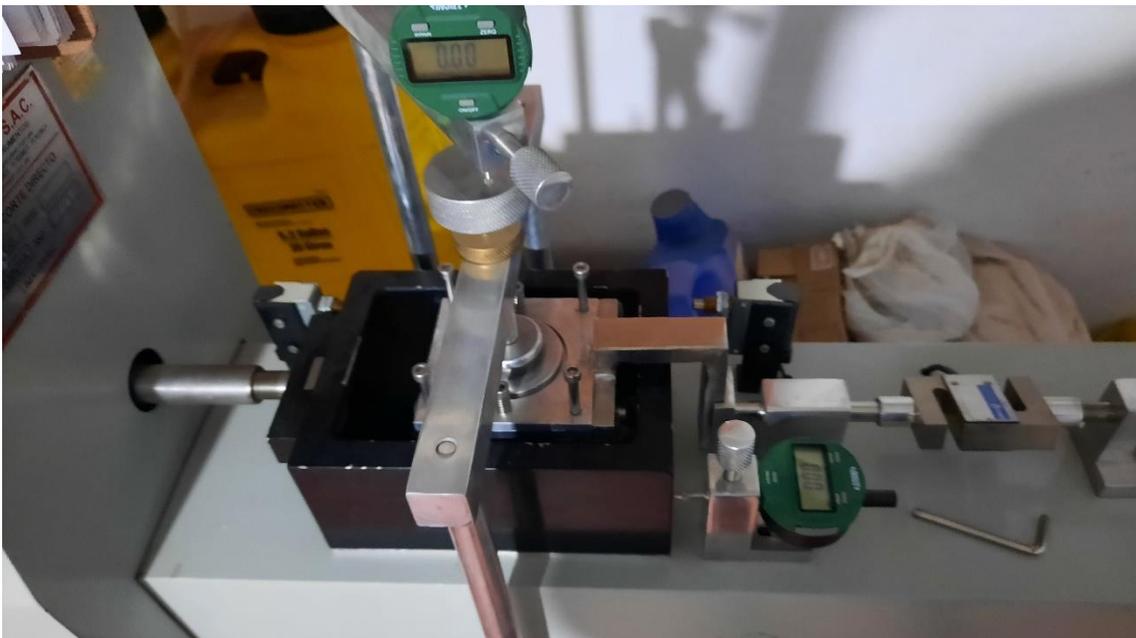
Anexo 127: Máquina empleada en Corte Directo en Muestra de Suelo de Talud. Fuente: Propia



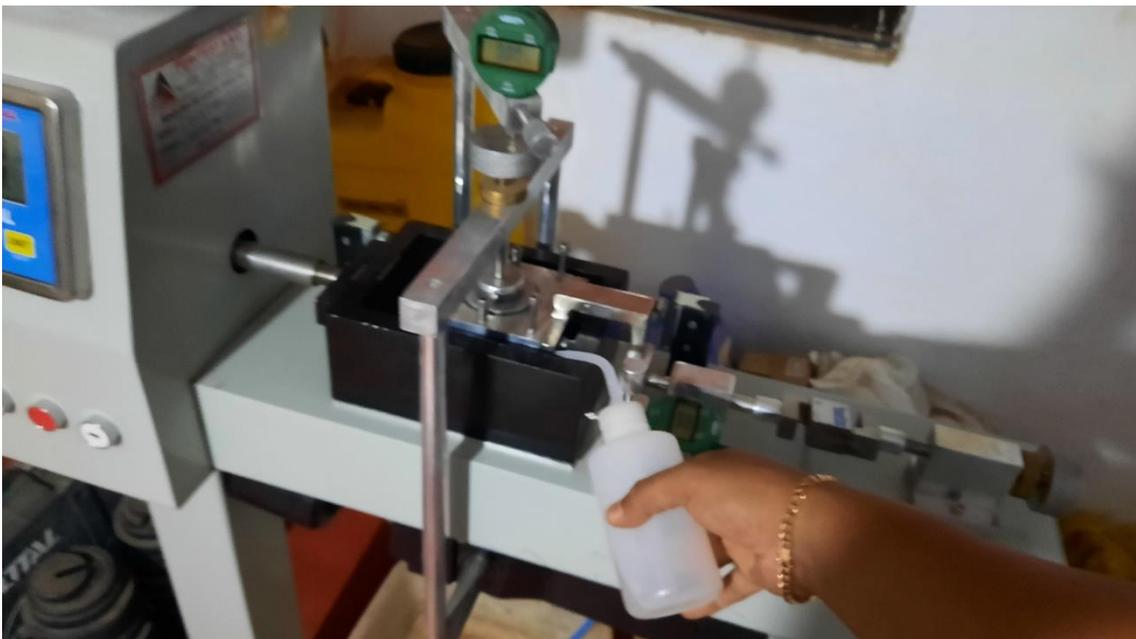
Anexo 128: Aplicación de Fuerza en Corte Directo. Fuente: Propia



Anexo 129: Aplicación de Fuerza Cortante en Corte Directo. Fuente: Propia



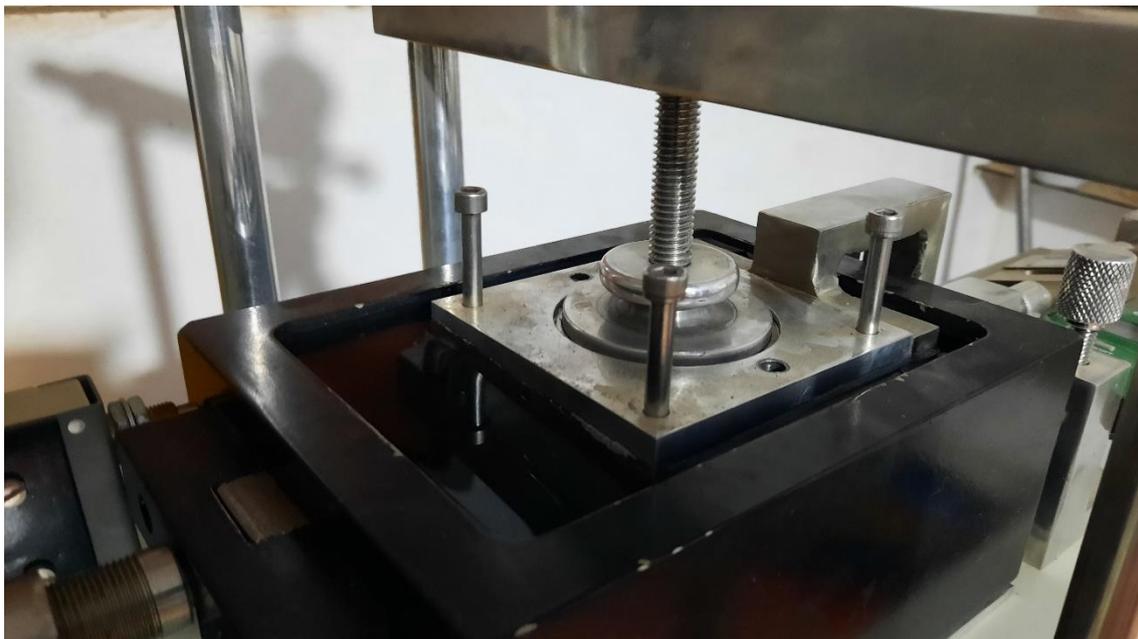
Anexo 130: Aplicación de Fuerza Normal en Corte Directo. Fuente: Propia



*Anexo 131: Engrasado para mejora en Ensayo de Corte Directo. Fuente: Propia*



*Anexo 132: Aplicación de Fuerzas en Ensayo de Corte Directo a Muestra de Suelo de Talud. Fuente: Propia*



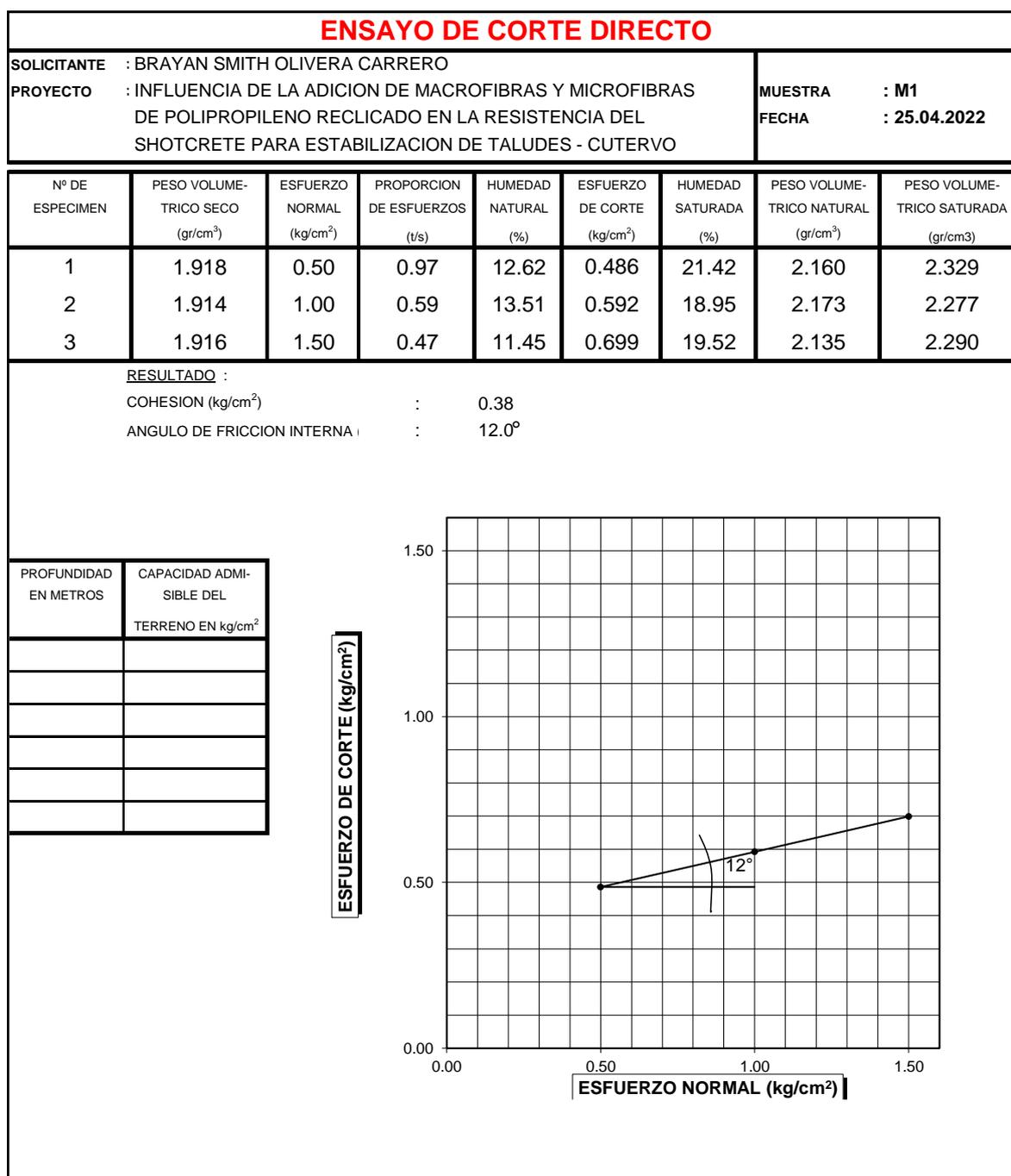
Anexo 133: Ajuste de Máquina para Ensayo de Corte Directo. Fuente: Propia



Anexo 134: Muestra de Suelo en Estado Natural de Talud. Fuente: Propia



*Anexo 135: Ensayo De Corte Directo En Muestra De Suelo De Talud En Estudio. Fuente: Propia*



Anexo 136: Resultado de Ensayo De Corte Directo En Muestra De Suelo De Talud En Estudio.

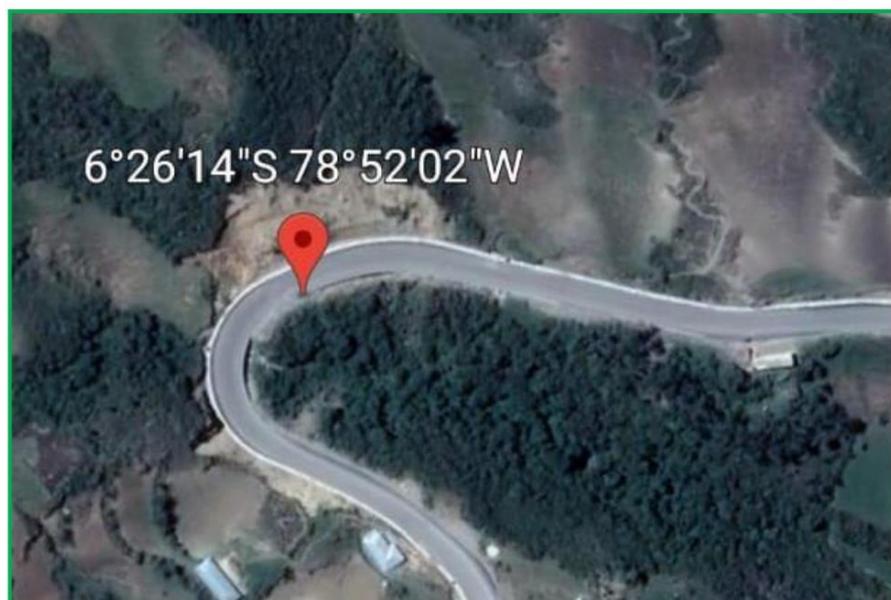
Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos

CALICATA 01									
Profundidad de Cimentacion (m)	Lado Promedio B(m)	Densidad (gr/cm3)	CORTE DIRECTO		Factores de Carga			Capacidad Admisible (Kg/cm2)	
			Angulo de Friccion (ø)	Cohesion (Kg/cm2)	N'c	N'q	N'y	CIMENTACION CONTINUA	CIMENTACION AISLADA
1.00	1.00	1.916	12.00	0.38	7.53	2.06	0.86	0.79	0.98
1.00	1.50	1.916	12.00	0.38	7.53	2.06	0.86	0.81	0.99
1.00	2.00	1.916	12.00	0.38	7.53	2.06	0.86	0.82	1.00
1.00	2.50	1.916	12.00	0.38	7.53	2.06	0.86	0.84	1.01
1.00	3.00	1.916	12.00	0.38	7.53	2.06	0.86	0.85	1.02
1.20	1.00	1.916	12.00	0.38	7.53	2.06	0.86	0.82	1.01
1.20	1.50	1.916	12.00	0.38	7.53	2.06	0.86	0.83	1.02
1.20	2.00	1.916	12.00	0.38	7.53	2.06	0.86	0.85	1.03
1.20	2.50	1.916	12.00	0.38	7.53	2.06	0.86	0.86	1.04
1.20	3.00	1.916	12.00	0.38	7.53	2.06	0.86	0.88	1.05
1.50	1.00	1.916	12.00	0.38	7.53	2.06	0.86	0.86	1.05
1.50	1.50	1.916	12.00	0.38	7.53	2.06	0.86	0.87	1.06
1.50	2.00	1.916	12.00	0.38	7.53	2.06	0.86	0.89	1.07
1.50	2.50	1.916	12.00	0.38	7.53	2.06	0.86	0.90	1.08
1.50	3.00	1.916	12.00	0.38	7.53	2.06	0.86	0.92	1.09
2.00	1.00	1.916	12.00	0.38	7.53	2.06	0.86	0.93	1.11
2.00	1.50	1.916	12.00	0.38	7.53	2.06	0.86	0.94	1.12
2.00	2.00	1.916	12.00	0.38	7.53	2.06	0.86	0.95	1.13
2.00	2.50	1.916	12.00	0.38	7.53	2.06	0.86	0.97	1.14
2.00	3.00	1.916	12.00	0.38	7.53	2.06	0.86	0.98	1.16

Anexo 137: Resumen de Resultados de Ensayo De Corte Directo En Muestra De Suelo De Talud En Estudio. Fuente: Lab. Ingeniería y construcción Quintos

**Aplicación del Método Bishop para Cálculo de FS de Talud en el Km 16 + 780 de la Carretera Cutervo – Cochabamba, empleando el Software Geo5**

**INFORME DE LEVANTAMIENTO  
TOPOGRÁFICO PARA EL PROYECTO:  
"INFLUENCIA DE LA ADICION DE MACROFIBRAS Y MICRIFIBRAS  
DE POLIPROPILENO RECICLADO EN LA RESISTENCIA DEL  
SHOTCRETE PARA ESTABILIZACION DE TALUDES – CUTERVO -  
CAJAMARCA"**



QUINTOS I&C EIRL  
CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
Ing. *Miguel Salas Litas*  
JEFE LAB. SUCCESOR CONCRETO-ASFALTO  
REG. CIP. N° 7300702

QUINTOS I&C EIRL  
CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
Ing. *Alex Quin Quintos Coronado*  
JEFE LAB. SUCCESOR CONCRETO-ASFALTO  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. 210191

Anexo 138: Coordenadas UTM, de talud en estudio. Fuente: Propia

“Influencia de la adición de macrofibras y microfibras de polipropileno reciclado en la resistencia del shotcrete para estabilización de taludes – Cutervo”

## LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

### MEMORIA DESCRIPTIVA

El Levantamiento y Elaboración de Planos Topográficos que se adjunta en la presente Memoria Descriptiva se llevó a cabo en el KM 16 + 780 del Terreno destinado para el Proyecto: “**INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE MACROFIBRAS Y MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADO EN LA RESISTENCIA DEL SHOTCRETE PARA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES – CUTERVO**”

#### 1. OBJETIVO

El objetivo del trabajo realizado es de recopilar la información en campo a fin de que el proyecto sea bien ejecutado.

#### 2. UBICACIÓN DEL PREDIO

El predio en mención se encuentra ubicado en el Km. 16+780.00 de la Carretera Cutervo – Cochabamba, Distrito De Cutervo – Provincia De Cutervo - Departamento De Cajamarca”

#### 3. ANTECEDENTES

Para la ejecución del presente trabajo, se contó con el siguiente personal:

01 Ingeniero

01 Topógrafo

02 Ayudante

Se utilizó el siguiente equipo:

- Estación Total marca LEICA
- Prisma
- 01 GPS marca Garmin Colorado 300
- 01 cámara fotográfica digital
- Otros: wincha, estacas, pintura, etc.

#### Clima

La temperatura promedio al momento de la ejecución del levantamiento topográfico fue de 19 °C.

  
 QUINTOS I&C EIRL  
 CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
 Ing. Miguel Salas Luján  
 JEFE LAB. SUELOS, CONCRETO-ASFALTO  
 REG. CIP. N° 7300702

  
 QUINTOS I&C EIRL  
 CORONADO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
 Ing. Alejandro Quintos Coronado  
 JEFE LAB. SUELOS, CONCRETO-ASFALTO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. 210099

“Influencia de la adición de macrofibras y microfibras de polipropileno reciclado en la resistencia del shotcrete para estabilización de taludes – Cutervo”

#### 4. METODOLOGÍA

##### 4.1 Descripción del Terreno

El terreno en estudio presenta una superficie de pendiente baja en la zona del proyecto y de desniveles llana que van desde 14 % de hasta 2 % de pendiente promedio.

Se procedió a la lectura de 64 puntos desde 1 estación Total, ubicadas convenientemente con el objetivo de obtener un rendimiento óptimo de cálculo, además se dejó 2 BM's, ubicados estratégicamente sobre según como se muestra en el plano topográfico.

##### 4.2 Trabajos de Gabinete

Con los datos obtenidos en campo, se realizaron los cálculos y dibujo del plano en planta, mostrando los desniveles respectivos del terreno.

Los cálculos para la determinación del área, azimut y coordenadas UTM, fueron realizados en computadora, con un software especializado en base de datos (Civil 3D 2020).



QUINTOS I&C EIRL  
CORONADO INGENIERÍA Y GEOTECNICA  
Ing. Miguel Salas Luján  
JEFE LAB. SUELOS CONCRETO ASFALTO  
REG. CIP. N° 73007702



QUINTOS I&C EIRL  
CORONADO INGENIERÍA Y GEOTECNICA  
Ing. Alexander Quintos Coronado  
JEFE LAB. SUELOS CONCRETO ASFALTO  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. 2100091

Anexo 140: Metodología para el desarrollo Topográfico. Fuente: Lab. Ingeniería y Construcción Quintos

“Influencia de la adición de macrofibras y microfibras de polipropileno reciclado en la resistencia del shotcrete para estabilización de taludes – Cutervo”

## 5. DATA DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

### 5.1 DATOS TÉCNICOS Y COORDENADAS UTM

Se han materializado 03 BM's ubicados estratégicamente, los cuales son:

CUADRO DE BM,s EN COORDENADAS UTM				
BM	NORTE	ESTE	COTA	OBSERVACION
BM-1	9287969.42	735907.758	2435.00	MONUMENTACION EN HITO
BM-2	9287931.54	735818.542	2432.70	MONUMENTACION EN HITO

PUNTO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCION
1	9287910.2	735813.444	2446.40	TN
2	9287907.47	735826.245	2446.40	TN
3	9287907.6	735856.489	2446.40	TN
4	9287910.38	735866.421	2445.97	TN
5	9287915.35	735877.394	2444.00	TN
6	9287929.27	735901.331	2445.97	TN
7	9287933.22	735906.745	2445.97	TN
8	9287945.2	735917.736	2445.97	TN
9	9287950.69	735921.102	2438.00	TN
10	9287957.24	735923.539	2434.00	TN
11	9287969.38	735926.808	2434.50	TN
12	9287975.56	735927.151	2437.00	TN
13	9287922.83	735816.529	2445.97	TN
14	9287920.4	735827.832	2445.30	TN
15	9287920.45	735854.187	2445.97	TN
16	9287922.63	735861.962	2445.20	TN
17	9287939.74	735893.624	2445.97	TN
18	9287943.26	735898.454	2445.00	TN
19	9287952.64	735907.047	2445.97	TN
20	9287956.41	735909.36	2437.00	TN
21	9287961.61	735911.294	2434.00	TN
22	9287971.16	735913.887	2434.30	TN
23	9287976.28	735914.171	2434.70	TN
24	9287932.54	735818.902	2432.00	TN

QUINTOS I&C EIRL  
CORPORATIVO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
Ing. Miguel Salas L. Uta  
LABORATORIO DE ENSAYOS DE CONCRETO-ASFALTO  
REG. CIP. N° 73007702

QUINTOS I&C EIRL  
CORPORATIVO INGENIERIA Y GEOTECNICA  
Ing. Alex Juan Quintos Saranada  
JEFE LAB. SUELOS-CONCRETO-ASFALTO  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. 2110097

Anexo 141: Data de Levantamiento Topográfico. Fuente: Lab. Ingeniería y Construcción Quintos

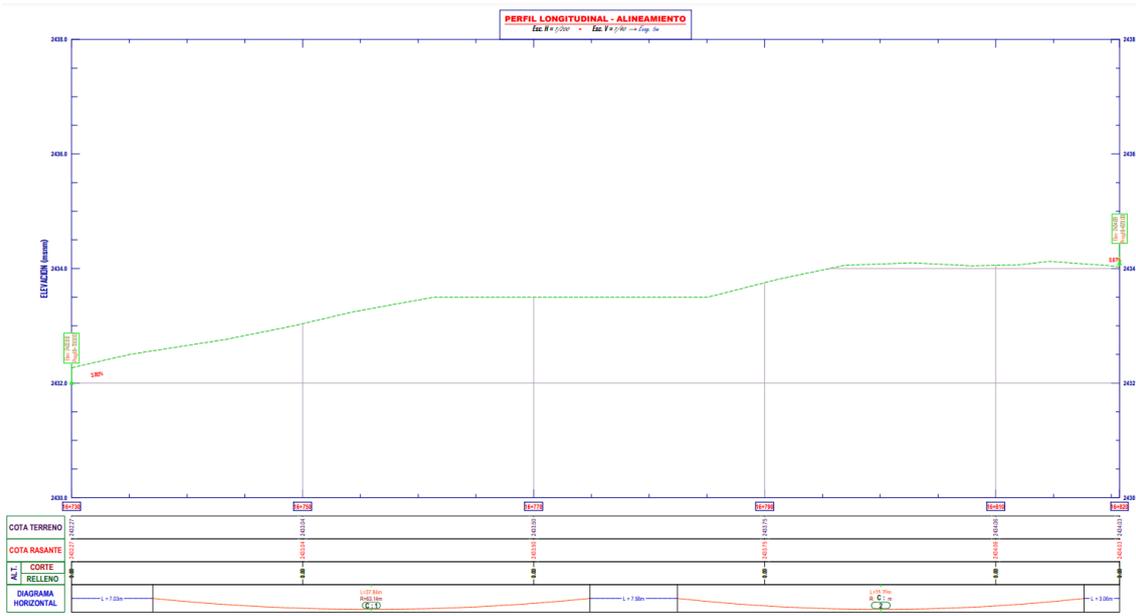
“Influencia de la adición de macrofibras y microfibras de polipropileno reciclado en la resistencia del shotcrete para estabilización de taludes – Cutervo”

25	9287930.34	735829.054	2432.50	TN
26	9287929.73	735844.954	2433.00	TN
27	9287932.05	735858.531	2433.50	TN
28	9287936.3	735867.903	2433.50	TN
29	9287943.84	735882.376	2433.50	TN
30	9287950.99	735892.076	2434.00	TN
31	9287960.81	735900.327	2434.10	TN
32	9287968.23	735902.991	2434.12	TN
33	9287976.83	735904.187	2434.00	TN
34	9287944.76	735821.451	2432.00	TN
35	9287943.06	735832.083	2432.50	TN
36	9287943.06	735844.423	2433.00	TN
37	9287944.57	735854.864	2433.50	TN
38	9287948.56	735863.977	2433.50	TN
39	9287953.02	735874.195	2433.50	TN
40	9287960.13	735883.342	2434.10	TN
41	9287968.1	735888.468	2434.00	TN
42	9287973.14	735891.142	2434.13	TN
43	9287978.66	735891.623	2434.00	TN
44	9287948.18	735823.236	2430.00	TN
45	9287950.38	735855.732	2430.00	TN
46	9287955.78	735868.82	2430.00	TN
47	9287962.83	735879.83	2430.00	TN
48	9287971.76	735884.609	2430.00	TN
49	9287981.38	735888.215	2430.00	TN
50	9287931.35	735858.838	2433.00	TN
51	9287935.75	735868.241	2433.30	TN
52	9287943.27	735882.801	2434.00	TN
53	9287950.51	735892.541	2434.00	TN
54	9287960.58	735900.767	2434.30	TN
55	9287976.73	735905.4	2434.00	TN
56	9287929.35	735844.915	2432.70	TN
57	9287931.54	735818.542	2432.70	BM 2
58	9287926.79	735818.214	2439.00	TN
59	9287925.14	735845.802	2438.00	TN
60	9287927.27	735860.557	2438.00	TN
61	9287935.18	735877.64	2438.50	TN
62	9287945.65	735890.991	2436.00	TN
63	9287954.7	735901.622	2437.00	TN
64	9287969.42	735907.758	2435.00	BM 1

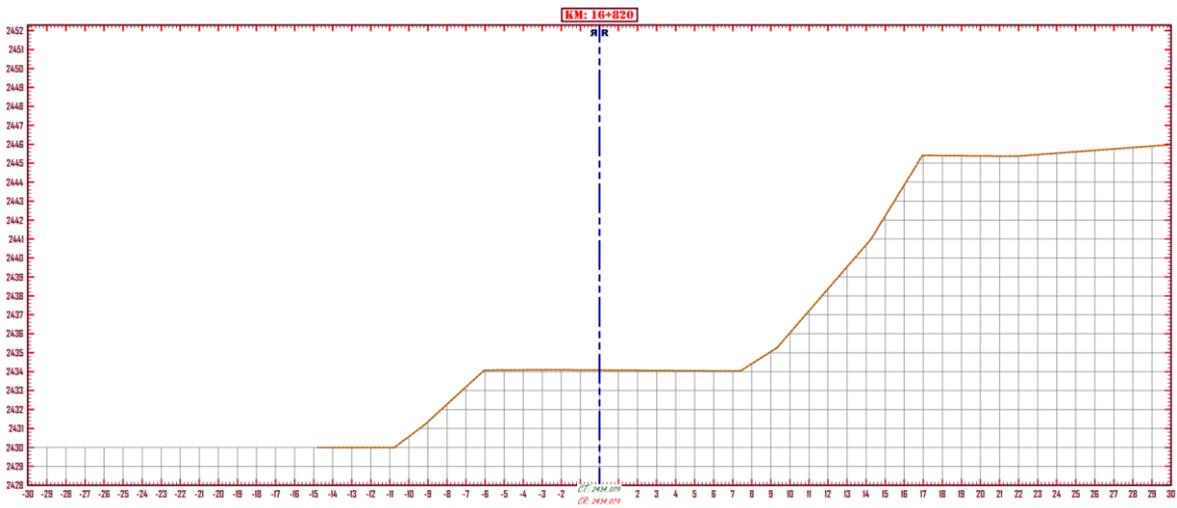
QUINTOS I&C EIRL  
CORONADO INGENIERÍA Y GEOTECNICA  
Ing. Miguel Salas Luján  
JEF. LAB. SUELOS, CONCRETO, ASFALTO  
REG. CIP. N° 73007702

QUINTOS I&C EIRL  
CORONADO INGENIERÍA Y GEOTECNICA  
Ing. Alex Juan Quintos Coronado  
JEFE LAB. SUELOS, CONCRETO, ASFALTO  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. 2110194

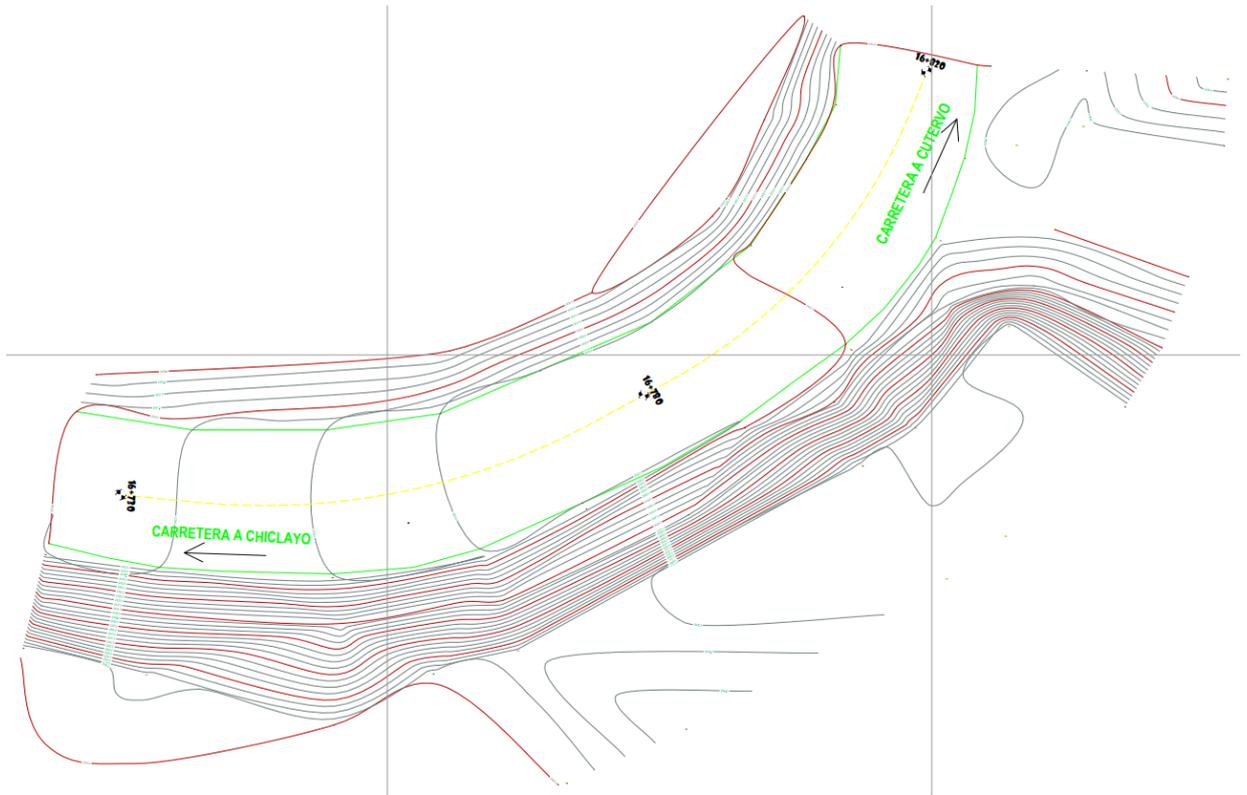
Anexo 142: Datos Técnicos y Coordenadas UTM de Perfil de Talud en Estudio. Fuente: Lab. Ingeniería y Construcción Quintos



Anexo 143: Perfil Longitudinal. Fuente: Ingeniería y Construcción Quintos



Anexo 144: Perfil Transversal. Fuente: Propia



Anexo 145: Puntos de Levantamiento Topográfico. Fuente: Lab. Ingeniería y Construcción Quintos

## Modelado de Talud en Estado Natural:

### Análisis de estabilidad de pendiente

#### Datos de Entrada

#### Proyectar

Tarea : ESTABILIZACIÓN DE TALUD - MÉTODO BISHOP - CUTERVO - COCHAMBAMBA

Descripción km 16 + 780

:

Autor: Olivera Carrero Brayan Smith

Fecha : 1/06/2022

#### Ajustes

(entrada para la tarea actual)

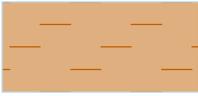
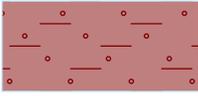
#### Análisis de estabilidad

Análisis de terremotos : Estándar

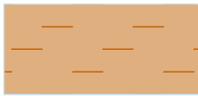
Metodología de verificación : Factores de seguridad

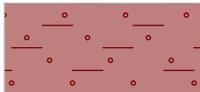
Factores de seguridad		
Situación del diseño sísmico		
Factor de seguridad :	$SF_s =$	1.00 [-]

#### Parámetros del suelo - estado de estrés efectivo

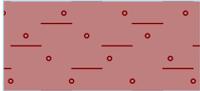
No.	Número	Patrón	$\phi_{ef}$ [°]	$C_{ef}$ [kPa]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]
1	SUELO ARCILLOSO DE BAJA PLASTICIDAD		12.00	37.27	18.83
2	ARCILLA ARENOSA - CONSISTENCIA FIRME		24.50	14.00	18.50

#### Parámetros del suelo - elevación

No.	Número	Patrón	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$n$ [-]
1	SUELO ARCILLOSO DE BAJA PLASTICIDAD		22.85		

No.	Número	Patrón	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	n [-]
2	ARCILLA ARENOSA - CONSISTENCIA FIRME		18.50		

### Parámetros del suelo - foliación

No.	Número	Patrón	Ángulo de inicio. [°]	Ángulo final. [°]	$\phi_f$ [°]	$c_f$ [kPa]
1	SUELO ARCILLOSO DE BAJA PLASTICIDAD		45.00	80.00	12.00	37.27
2	ARCILLA ARENOSA - CONSISTENCIA FIRME		45.00	80.00	24.50	14.00

### Parámetros del suelo

#### SUELO ARCILLOSO DE BAJA PLASTICIDAD

Peso unitario :	$\gamma$ = 18.83 kN/m <sup>3</sup>
Estado de estrés :	eficaz
Ángulo de fricción interna :	$\phi_{ef}$ = 12.00 °
Cohesión del suelo :	$C_{ef}$ = 37.27 kPa
Peso unitario saturado :	$\gamma_{sat}$ = 22.85 kN/m <sup>3</sup>
Pendiente inicial para foliación :	45.00 °
Pendiente final para foliación :	= 80.00 °
Ángulo de fricción interna :	$\phi_f$ = 12.00 °
Cohesión del suelo :	$c_f$ = 37.27 kPa

#### ARCILLA ARENOSA - CONSISTENCIA FIRME

Peso unitario :	$\gamma$ = 18.50 kN/m <sup>3</sup>
Estado de estrés :	eficaz
Ángulo de fricción interna :	$\phi_{ef}$ = 24.50 °
Cohesión del suelo :	$C_{ef}$ = 14.00 kPa
Peso unitario saturado :	$\gamma_{sat}$ = 18.50 kN/m <sup>3</sup>
Pendiente inicial para foliación :	45.00 °
Pendiente final para foliación :	80.00 °
Ángulo de fricción interna :	$\phi_f$ = 24.50 °
Cohesión del suelo :	$c_f$ = 14.00 kPa

## Rotura por tracción

Grieta de tracción no entrada.

## Terremoto

Coefficiente sísmico horizontal :  $K_h = 0.1500$

Coefficiente sísmico vertical :  $K_v = 0.0000$

## Ajustes de la etapa de construcción

Situación de diseño : sísmica

## Resultados (Etapa de construcción 1 – Estado Natural de Talud)

### Análisis 1 (etapa 1)

#### Superficie de deslizamiento circular

Parámetros de superficie de deslizamiento							
Centro :	x =	23.32	[m]	Ángulos :	$\alpha_1 =$	-13.95	[°]
	z =	21.42	[m]		$\alpha_2 =$	55.75	[°]
Radio:	R =	22.07	[m]				
La superficie de deslizamiento después de la optimización.							

#### Verificación de la estabilidad de la pendiente (Bishop)

Suma de fuerzas activas :  $F_a = 1847.82$  kN/m

Suma de fuerzas pasivas :  $F_p = 1585.07$  kN/m

Momento deslizando :  $M_a = 40781.29$  kNm/m

Momento de resistencia :  $M_p = 34982.43$  kNm/m

Factor de seguridad =  $0,86 < 1,00$

**Estabilidad de la pendiente NO ACEPTABLE**

#### Optimización de la superficie de deslizamiento circular (Bishop)

No.	Centro		Radio R [m]	Fs	Verificación
	x [m]	con [m]			
1	16.86	18.95	20.19	1.24	ACEPTABLE
2	16.86	18.95	20.19	1.24	ACEPTABLE
3	16.86	18.95	20.19	1.24	ACEPTABLE
4	-8.91	121.75	124.27	1.10	ACEPTABLE
5	21.57	26.91	29.33	0.92	INACEPTABLE
6	14.57	45.03	47.04	1.12	ACEPTABLE
7	19.72	19.95	27.37	1.03	ACEPTABLE
8	29.38	12.35	15.78	1.18	ACEPTABLE

No.	Centro		Radio R [m]	Fs	Verificación
	x [m]	con [m]			
9	21.32	12.14	23.69	1.25	ACEPTABLE
10	12.65	26.91	29.33	1.39	ACEPTABLE
11	15.38	16.34	21.78	1.13	ACEPTABLE
12	16.67	34.81	38.18	0.98	INACEPTABLE
13	28.03	16.52	18.37	0.95	INACEPTABLE
14	21.57	26.91	29.33	0.92	INACEPTABLE
15	25.54	19.89	22.12	0.89	INACEPTABLE
16	28.27	11.65	10.91	1.12	ACEPTABLE
17	-12.35	158.41	159.97	1.20	ACEPTABLE
18	26.31	32.12	29.60	1.08	ACEPTABLE
19	20.78	29.98	31.89	0.93	INACEPTABLE
20	24.23	16.64	21.95	1.01	ACEPTABLE
21	32.12	10.35	12.75	1.45	ACEPTABLE
22	25.68	11.00	19.22	1.23	ACEPTABLE
23	10.07	50.52	50.52	1.05	ACEPTABLE
24	21.87	29.40	26.54	1.06	ACEPTABLE
25	19.59	19.89	22.12	0.97	INACEPTABLE
26	21.38	14.16	18.22	0.96	INACEPTABLE
27	22.23	24.38	27.31	0.91	INACEPTABLE
28	31.85	11.37	13.17	1.35	ACEPTABLE
29	-19.66	186.77	189.09	1.23	ACEPTABLE
30	25.54	19.89	22.12	0.89	INACEPTABLE
31	29.67	13.82	15.88	1.07	ACEPTABLE
32	26.14	16.70	16.58	0.94	INACEPTABLE
33	14.49	55.17	55.23	0.95	INACEPTABLE
34	25.48	27.56	26.80	0.95	INACEPTABLE
35	22.35	26.44	28.43	0.90	INACEPTABLE
36	24.56	18.36	22.30	0.95	INACEPTABLE
37	29.89	13.13	15.48	1.10	ACEPTABLE
38	26.00	13.07	19.23	1.12	ACEPTABLE
39	28.27	10.84	12.69	1.09	ACEPTABLE
40	17.02	34.55	34.92	1.03	ACEPTABLE
41	23.11	25.06	23.91	0.93	INACEPTABLE
42	21.58	19.89	22.12	0.91	INACEPTABLE
43	24.06	11.89	17.01	1.06	ACEPTABLE
44	24.86	9.34	15.98	1.21	ACEPTABLE
45	22.70	16.28	19.54	0.92	INACEPTABLE
46	28.29	10.80	12.67	1.10	ACEPTABLE
47	23.31	22.91	25.60	0.89	INACEPTABLE
48	29.42	14.66	16.39	1.04	ACEPTABLE
49	-18.72	162.22	165.86	1.12	ACEPTABLE
50	25.54	19.89	22.12	0.89	INACEPTABLE
51	27.31	17.92	19.63	0.92	INACEPTABLE
52	25.02	19.25	19.96	0.88	INACEPTABLE
53	29.94	16.49	16.64	1.08	ACEPTABLE
54	26.74	15.60	14.37	0.99	INACEPTABLE
55	11.31	65.63	65.79	0.99	INACEPTABLE
56	26.42	29.03	27.18	1.03	ACEPTABLE
57	21.75	32.06	32.60	0.90	INACEPTABLE

No.	Centro		Radio R [m]	Fs	Verificación
	x [m]	con [m]			
58	31.59	10.60	13.30	1.35	ACEPTABLE
59	24.41	23.53	25.03	0.88	INACEPTABLE
60	25.96	22.07	22.93	0.89	INACEPTABLE
61	23.48	23.50	23.64	0.88	INACEPTABLE
62	28.78	20.65	19.81	1.03	ACEPTABLE
63	25.50	19.06	17.24	0.98	INACEPTABLE
64	-5.86	120.81	122.75	1.08	ACEPTABLE
65	23.53	39.37	37.08	1.06	ACEPTABLE
66	18.72	41.83	41.93	0.95	INACEPTABLE
67	31.13	12.25	14.04	1.23	ACEPTABLE
68	23.01	28.02	28.92	0.89	INACEPTABLE
69	29.26	18.94	18.44	1.04	ACEPTABLE
70	25.61	19.66	21.94	0.89	INACEPTABLE
71	27.28	14.12	13.25	1.02	ACEPTABLE
72	13.14	42.71	42.80	0.97	INACEPTABLE
73	22.79	26.56	24.25	1.01	ACEPTABLE
74	19.98	24.74	25.08	0.92	INACEPTABLE
75	26.52	10.78	13.11	1.00	ACEPTABLE
76	23.68	15.04	16.94	0.89	INACEPTABLE
77	28.29	11.33	11.45	1.11	ACEPTABLE
78	24.72	12.31	15.16	0.93	INACEPTABLE
79	21.94	19.59	20.51	0.89	INACEPTABLE
80	27.63	13.17	12.59	1.04	ACEPTABLE
81	21.05	34.32	34.71	0.91	INACEPTABLE
82	28.82	20.50	19.68	1.03	ACEPTABLE
83	-39.15	227.90	234.45	1.16	ACEPTABLE
84	23.48	23.50	23.64	0.88	INACEPTABLE
85	26.62	23.11	22.32	0.96	INACEPTABLE
86	24.72	20.84	19.64	0.94	INACEPTABLE
87	12.44	58.50	58.66	0.97	INACEPTABLE
88	23.83	32.14	30.64	0.98	INACEPTABLE
89	20.07	35.48	35.63	0.91	INACEPTABLE
90	29.09	15.09	16.02	1.04	ACEPTABLE
91	22.92	26.88	27.58	0.88	INACEPTABLE
92	27.52	20.19	19.85	0.97	INACEPTABLE
93	24.93	20.80	22.35	0.88	INACEPTABLE
94	26.25	21.18	22.19	0.90	INACEPTABLE
95	24.59	20.45	20.96	0.88	INACEPTABLE
96	20.69	34.98	35.45	0.93	INACEPTABLE
97	24.35	26.97	27.22	0.89	INACEPTABLE
98	23.49	25.72	27.08	0.89	INACEPTABLE
99	28.44	14.51	17.26	0.98	INACEPTABLE
100	24.69	21.73	23.80	0.88	INACEPTABLE

Anexo 146: Resultado de Modelado De Talud En Estado Natural. Fuente: Propia

**Modelado con Refuerzo de Shotcrete Microfibras (0,15%) + Macrofibras (1,0%), con ( $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ):**

**Datos de entrada (Etapa de construcción 2 – Estado Natural de Talud Reforzado con Exp.)**

**Cuerpos rígidos**

No.	Número	Muestra	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]
1	Cuerpo Rígido de Concreto Shotcrete		24.00

**Anclajes**

No.	Origen		Longitud libre l [m]	Longitud de la raíz l <sub>k</sub> [m]	Cuesta $\alpha$ [°]	Espaciado del anclaje b [m]	Resistencia Compresión F [Kg/cm <sup>2</sup> ]
	x [m]	con [m]					
1	17.49	0.37	5.10	0.00	19.63	1.00	<b>347.52</b>
2	22.76	4.32	5.10	0.00	17.22	1.00	<b>347.52</b>

**Refuerzos**

No.	Apunta a la izquierda		Apunta a la derecha		Ancho L [m]	Resis. Flexión R <sub>t</sub> [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Retire resistir.	Fin de reinf.
	x [m]	con [m]	x [m]	con [m]				
1	17.82	0.04	29.80	8.95	14.93	<b>56.43</b>	C = 0,80	Fijo
2	20.68	1.98	25.61	0.26	5.22	<b>56.43</b>	C = 0,80	Fijo
3	27.35	7.13	28.56	6.78	1.26	<b>56.43</b>	C = 0,80	Fijo

**Grieta de tracción**

Grieta de tracción no entrada.

**Terremoto**

Coefficiente sísmico horizontal :  $K_h = 0.1500$

Coefficiente sísmico vertical :  $K_v = 0.0000$

**Configuración de la etapa de construcción**

Situación de diseño: sísmico

### Malla Electrosoldada:

No.	Origen		Longitud libre l [m]	Área Transversal I <sub>k</sub> [pulg <sup>2</sup> ]	Cuesta α [°]	Espaciado del anclaje b [m]	Fluencia F [Klb/pulg <sup>2</sup> ]
	x [m]	con [m]					
1	17.49	0.37	0.10	0.05	19.63	1.00	60
2	22.76	4.32	0.10	0.05	17.22	1.00	60

### Resultados (Etapas de construcción 2)

#### Análisis 1 (etapa 2)

#### Superficie deslizante circular

Parámetros de superficie de deslizamiento							
Centro :	x =	23.32	[m]	Ángulos :	α <sub>1</sub> =	-13.95	[°]
	z =	21.42	[m]		α <sub>2</sub> =	55.75	[°]
Radius :	R =	22.07	[m]				
La superficie de deslizamiento después de la optimización.							

#### Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)

Suma de fuerzas activas :  $F_a = 2411.49$  kN/m

Suma de fuerzas pasivas :  $F_p = 2467.64$  kN/m

Momento deslizante :  $M_a = 62168.31$  kNm/m

Momento de resistencia:  $M_p = 63615.68$  kNm/m

Factor de seguridad = 1,21 > 1,00

**Estabilidad de taludes ACEPTABLE**

#### Optimización de la superficie de deslizamiento circular (Bishop)

No.	Centro		Radio R [m]	Fs	Verificación
	x [m]	con [m]			
1	21.96	21.94	25.93	1.22	ACEPTABLE
2	21.96	21.94	25.93	1.22	ACEPTABLE
3	21.96	21.94	25.93	1.22	ACEPTABLE
4	28.74	11.24	16.21	1.37	ACEPTABLE
5	21.30	10.47	23.55	1.44	ACEPTABLE
6	15.44	13.98	20.68	1.29	ACEPTABLE
7	17.54	29.09	33.86	1.26	ACEPTABLE
8	27.87	13.94	17.64	1.47	ACEPTABLE
9	-9.62	151.49	152.53	1.88	ACEPTABLE
10	21.96	21.94	25.93	1.22	ACEPTABLE
11	26.57	14.31	18.99	1.27	ACEPTABLE
12	20.85	19.24	20.39	1.44	ACEPTABLE
13	5.89	87.84	87.92	1.26	ACEPTABLE
14	17.54	45.13	45.26	1.52	ACEPTABLE

No.	Centro		Radio R [m]	Fs	Verificación
	x [m]	con [m]			
15	17.86	31.18	34.90	1.26	ACEPTABLE
16	19.98	21.13	27.62	1.29	ACEPTABLE
17	26.46	14.69	19.20	1.26	ACEPTABLE
18	21.56	13.65	23.70	1.26	ACEPTABLE
19	24.18	10.20	14.35	1.26	ACEPTABLE
20	9.84	46.83	47.45	1.97	ACEPTABLE
21	12.38	42.18	42.22	1.50	ACEPTABLE
22	16.01	21.94	25.93	1.36	ACEPTABLE
23	18.75	10.91	19.83	1.32	ACEPTABLE
24	17.13	17.42	22.95	1.23	ACEPTABLE
25	23.95	10.84	14.65	1.43	ACEPTABLE
26	18.65	27.46	32.01	1.25	ACEPTABLE
27	25.78	17.00	20.64	1.33	ACEPTABLE
28	-348.08	1256.66	1306.17	2.99	ACEPTABLE
29	-28.05	226.57	229.44	2.24	ACEPTABLE
30	-342.13	1256.66	1306.17	2.22	ACEPTABLE
31	21.96	21.94	25.93	1.22	ACEPTABLE
32	24.52	18.78	22.51	1.28	ACEPTABLE
33	20.77	21.87	23.53	1.36	ACEPTABLE
34	14.47	49.70	50.76	1.64	ACEPTABLE
35	20.56	33.16	34.22	1.38	ACEPTABLE
36	19.24	28.18	31.95	1.24	ACEPTABLE
37	26.82	10.44	18.04	1.36	ACEPTABLE
38	20.56	22.24	27.62	1.26	ACEPTABLE
39	24.97	17.16	21.44	1.28	ACEPTABLE
40	21.97	15.85	23.83	1.27	ACEPTABLE
41	23.06	14.66	18.30	1.32	ACEPTABLE
42	14.69	35.25	36.79	1.65	ACEPTABLE
43	18.51	29.01	29.71	1.52	ACEPTABLE
44	18.00	21.94	25.93	1.28	ACEPTABLE
45	22.86	9.70	17.62	1.30	ACEPTABLE
46	19.61	15.43	21.82	1.23	ACEPTABLE
47	23.93	11.94	16.80	1.24	ACEPTABLE
48	20.54	11.67	20.10	1.25	ACEPTABLE
49	18.68	19.20	24.06	1.27	ACEPTABLE
50	23.25	14.06	17.94	1.33	ACEPTABLE
51	19.76	25.82	30.16	1.24	ACEPTABLE
52	24.49	18.89	22.59	1.28	ACEPTABLE
53	-367.54	1411.94	1461.07	2.72	ACEPTABLE
54	-53.58	330.59	336.30	2.26	ACEPTABLE
55	-363.58	1411.94	1461.07	2.25	ACEPTABLE
56	21.96	21.94	25.93	1.22	ACEPTABLE
57	23.53	20.60	24.22	1.26	ACEPTABLE
58	21.10	22.38	24.64	1.30	ACEPTABLE
59	17.67	37.15	39.09	1.40	ACEPTABLE
60	21.43	28.55	30.47	1.29	ACEPTABLE
61	20.17	26.23	30.05	1.24	ACEPTABLE
62	25.35	13.72	20.01	1.29	ACEPTABLE
63	21.00	22.63	27.43	1.24	ACEPTABLE

No.	Centro		Radio R [m]	Fs	Verificación
	x [m]	con [m]			
64	23.99	18.87	23.03	1.26	ACEPTABLE
65	22.15	17.61	24.23	1.21	ACEPTABLE
66	22.59	17.24	20.90	1.28	ACEPTABLE
67	17.33	29.95	32.20	1.41	ACEPTABLE
68	20.18	25.52	27.19	1.36	ACEPTABLE
69	19.32	21.94	25.93	1.26	ACEPTABLE
70	22.73	12.84	19.44	1.27	ACEPTABLE
71	24.34	11.21	17.59	1.22	ACEPTABLE
72	20.28	18.04	23.32	1.27	ACEPTABLE
73	23.22	15.04	19.52	1.27	ACEPTABLE
74	21.18	14.41	21.30	1.25	ACEPTABLE
75	19.74	20.24	24.75	1.24	ACEPTABLE
76	22.81	16.47	20.39	1.24	ACEPTABLE
77	20.52	24.72	28.92	1.23	ACEPTABLE
78	23.66	20.11	23.88	1.26	ACEPTABLE
79	-88.47	472.69	482.46	2.24	ACEPTABLE
80	21.96	21.94	25.93	1.22	ACEPTABLE
81	22.98	21.44	25.12	1.25	ACEPTABLE
82	21.37	22.39	25.16	1.26	ACEPTABLE
83	19.34	31.18	33.77	1.30	ACEPTABLE
84	21.76	26.18	28.74	1.25	ACEPTABLE
85	20.80	24.95	28.82	1.24	ACEPTABLE
86	24.32	16.24	21.72	1.21	ACEPTABLE
87	21.32	22.73	27.20	1.24	ACEPTABLE
88	23.34	20.04	24.13	1.24	ACEPTABLE
89	22.20	18.98	24.71	1.28	ACEPTABLE
90	22.34	18.86	22.59	1.26	ACEPTABLE
91	18.95	26.99	29.77	1.31	ACEPTABLE
92	20.93	23.99	26.41	1.28	ACEPTABLE
93	20.20	21.94	25.93	1.25	ACEPTABLE
94	22.57	15.36	21.08	1.21	ACEPTABLE
95	23.63	14.15	19.72	1.23	ACEPTABLE
96	20.79	19.56	24.29	1.24	ACEPTABLE
97	22.78	17.25	21.53	1.25	ACEPTABLE
98	21.54	16.54	22.44	1.29	ACEPTABLE
99	20.46	20.87	25.18	1.23	ACEPTABLE
100	22.52	18.20	22.15	1.23	ACEPTABLE

Anexo 147: Resultado de Modelado Con Refuerzo De Shotcrete Microfibras (0,15%) + Macropfibras (1,0%), Con ( $F'c = 280 \text{ Kg/Cm}^2$ ). Fuente: Propia