

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LAS
PROPIEDADES DEL CONCRETO F’C 210 KG/CM²”**

TESIS

PRESENTADO POR:

Bach. GUILLERMO ISIDRO PERCA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LAS
PROPIEDADES DEL CONCRETO F’C 210 KG/CM²”**

TESIS

PRESENTADO POR:

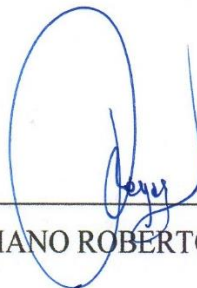
Bach. GUILLERMO ISIDRO PERCA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

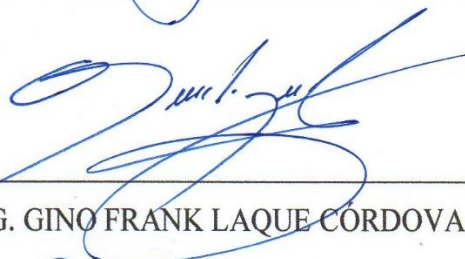
APROBADO POR :

PRESIDENTE:



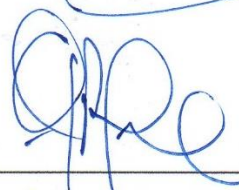
ING. MARIANO ROBERTO GARCÍA LOAYZA

PRIMER MIEMBRO:



ING. GINO FRANK LAQUE CORDOVA

SEGUNDO MIEMBRO:



ING. FÉLIX ROJAS CHAHUARES

DIRECTOR DE TESIS:



ING. SAMUEL HUAQUISTO CÁCERES

Área: CONSTRUCCIONES

Tema: INFLUENCIA DE FIBRAS DE POLIPROPILENO EN EL CONCRETO

Línea de Investigación: TECNOLOGÍA DE MATERIALES Y MEDIO AMBIENTE EN LA CONSTRUCCIÓN

DEDICATORIA.

Guillermo Isidro.

A mis padres, Marcelino Isidro que me ilumina desde el cielo y Narcisa Perca de quienes he recibido siempre su confianza, apoyo y compañía en este lindo y a veces complicado camino que llamamos vida. A mis hermanos Rufino, Segundo, Benedicto, Griselda, Isaías y Juan. Por su apoyo incondicional y desinteresado.

A todos ellos... Muchas Gracias.

AGRADECIMIENTO

A mi institución, Universidad Nacional del Altiplano, y a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por haberme dado la oportunidad de escalar un peldaño más, en el campo del conocimiento.

A mis jurados, Ing. Mariano Roberto García Loayza, Ing. Gino Frank Laque Córdova e Ing. Félix Rojas Chahuares.

A mi Director de Tesis, Ing. Samuel Huaquisto Cáceres, por el apoyo incesante en la elaboración y concepción de este proyecto.

Al laboratorio de Construcciones y laboratorio de Mecánica de Suelos, de la facultad, así como también a los técnicos Ing. Hipólito, Carlos Alberto Mamani Cutipa, Deywid Wagner Marrón Machaca, por su constante apoyo y colaboración en la realización de este trabajo experimental.

A mis familiares por el apoyo económico y motivacional incesante.

A mis compañeros y amigos, por compartirme sus conocimientos, experiencias y anécdotas. Y a todos los demás colaboradores que de forma directa e indirecta ayudaron en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	16
ABSTRACT	17
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	18
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.1.1 <i>Problema general</i>	18
1.1.2 <i>Problemas específicos</i>	19
1.2 ANTECEDENTES	19
1.3 JUSTIFICACIÓN	20
1.4 OBJETIVOS DEL ESTUDIO	21
1.4.1 <i>Objetivo general</i>	21
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	21
1.5 HIPÓTESIS	21
1.5.1 <i>Hipótesis general</i>	21
1.5.2 <i>Hipótesis específicas</i>	21
1.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	22
1.7 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	24
1.7.1 <i>Tipo de investigación</i>	24
1.7.2 <i>Nivel de investigación</i>	24
1.7.3 <i>Método de investigación</i>	24
1.7.4 <i>Muestra de estudio</i>	25
1.7.5 <i>Alcance de la investigación</i>	30
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LA LITERATURA	31
2.1 EL CONCRETO	31
2.1.1 <i>Componentes del Concreto</i>	31

2.1.2	<i>Propiedades del Concreto</i>	33
2.2	POLIPROPILENO.....	34
2.2.1	<i>Definición</i>	34
2.2.2	<i>Propiedades del polipropileno</i>	34
2.2.3	<i>Aplicaciones del polipropileno</i>	35
2.3	ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	36
2.3.1	<i>Análisis estadístico</i>	36
2.3.2	<i>Prueba de hipótesis</i>	43
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS		48
3.1	PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS.....	48
3.1.1	<i>Estudio y ubicación de la cantera de los agregados</i>	48
3.1.2	<i>Ensayos realizados en los agregados</i>	49
3.2	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO.....	65
3.2.1	<i>Los materiales</i>	66
3.2.2	<i>Diseño de Mezcla $f'c$ 210 kg/cm² – Método: Módulo de Fineza</i>	68
3.2.3	<i>Diseño de mezcla según los grupos de prueba</i>	73
3.3	ELABORACIÓN DEL CONCRETO	74
3.3.1	<i>Instrumentos utilizados</i>	75
3.3.2	<i>Elaboración de probetas cilíndricas</i>	76
3.3.3	<i>Elaboración de probetas prismáticas</i>	77
3.3.4	<i>Curado de los especímenes</i>	77
3.4	ENSAYOS REALIZADOS	79
3.4.1	<i>Ensayos en estado fresco del concreto</i>	79
3.4.2	<i>Ensayos en estado endurecido del concreto</i>	82
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		94
4.1	ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO	94
4.1.1	<i>Ensayos de asentamiento en el cono de Abrams (ASTM-C143)</i>	94
4.1.2	<i>Método de prueba para la bola de penetración (ASTM-C360)</i>	97
4.1.3	<i>Correlación entre los métodos de asentamiento</i>	100
4.2	ENSAYOS EN ESTADO ENDURECIDO DEL CONCRETO	102
4.2.1	<i>Comparación de la resistencia a compresión</i>	102
4.2.2	<i>Comparación de la resistencia a la flexión</i>	108
4.2.3	<i>Comparación del cambio de longitud del concreto</i>	116

4.3	ANÁLISIS DE COSTOS DEL CONCRETO	124
4.2.2	<i>Discusión de resultados</i>	127
4.4	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	128
4.4.1	<i>Análisis estadístico: Resistencia a la Compresión</i>	128
4.4.2	<i>Análisis estadístico: Resistencia a la Flexión</i>	143
4.5	PRUEBA DE HIPÓTESIS	158
4.5.1	<i>Resistencia a la compresión</i>	158
4.5.2	<i>Resistencia a la flexión (Módulo de ruptura – R)</i>	170
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES		182
5.1	CONCLUSIÓN GENERAL	182
5.2	CONCLUSIONES ESPECÍFICAS	182
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES		184
CAPÍTULO VII: REFERENCIAS		186
ANEXOS		188
ANEXO A: ASTM C 31/ C 31M – 03A.....		188
ANEXO B: ASTM C39/C39M – 14		194
ANEXO C: ASTM C 293 – 02.....		202
ANEXO D: ASTM C 1012 – 04		206
ANEXO E: DATOS RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		213
ANEXO F: DATOS RESISTENCIA A LA FLEXIÓN		217
ANEXO G: CUADROS ESTADÍSTICOS.....		221
ANEXO H: HOJA TÉCNICA SIKAFIBER® PE		224
ANEXO I: COTIZACIÓN: SIKAFIBER® PE.....		228

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. 1 Testigos para ensayo de compresión simple.....	25
Figura 1. 2 Testigos para ensayo de flexión.....	26
Figura 1. 3 Testigos para determinación de cambio de longitud.....	29
Figura 2. 1 Diferentes Distribuciones de la Campana de Gauss	39
Figura 2. 2 Histograma de Frecuencias.....	41
Figura 2. 3 Distribución de Gauss	43
Figura 2. 4 Rango de aceptación y rechazo de la hipótesis nula.....	47
Figura 3. 1 Ubicación de Cantera de los Agregados	49
Figura 3. 2 Contenido de Humedad - A.Grueso y A. Fino.	50
Figura 3. 3 Primer desmoronamiento, estado S.S.S.	53
Figura 3. 4 Agregado grueso en estado S.S.S.	55
Figura 3. 5 Peso unitario suelto y compacto del agregado fino	57
Figura 3. 6 Peso unitario suelto y compacto del agregado grueso	59
Figura 3. 7 Análisis Granulométrico – A. Fino y A. Grueso	61
Figura 3. 8 Clasificación requerida para Agregado Grueso.....	63
Figura 3. 9 Material de la Cantera de Cutimbo separado por mallas 11/2” y #4.	64
Figura 3. 10 Curvas Granulométricas	65
Figura 3. 11 Dosificación de materiales por peso	75
Figura 3. 12 Instrumentos utilizados.....	76
Figura 3. 13 Elaboración de probetas cilíndricas	76
Figura 3. 14 Elaboración de probetas prismáticas para ensayo de flexión	77
Figura 3. 15 Elaboración de pozos de curado para especímenes de prueba.....	78
Figura 3. 16 Curado de especímenes de prueba	78
Figura 3. 17 Control de temperatura de curado.....	78
Figura 3. 18 Ensayo de revenimiento o asentamiento en el cono de Abrams.....	80
Figura 3. 19 Ensayo de penetración de bola de Kelly	81
Figura 3. 20 Ensayo de compresión del concreto.....	83
Figura 3. 21 Tipo de falla de cilindros de prueba estándar	83
Figura 3. 22 Mecanismo de aplicación de carga, ensayo de flexión (ASTM C293)..	85

Figura 3. 23 Mecanismo de aplicación de carga (ASTM C293).....	85
Figura 3. 24 Montaje del espécimen.	86
Figura 3. 25 Proceso de rotura a flexión.	87
Figura 3. 26 Sulfatos de sodio y magnesio empleados.	88
Figura 3. 27 Preparación de solución de sulfato.....	88
Figura 3. 28 Comparador de longitud.	90
Figura 3. 29 Moldes para los especímenes (vigas de expansión).....	90
Figura 3. 30 Elaboración de los especímenes (vigas de expansión).....	91
Figura 3. 31 Inmersión de los especímenes (vigas de expansión).....	92
Figura 3. 32 Almacenamiento de los especímenes (vigas de expansión).	92
Figura 3. 33 Obtención de lecturas comparativas (vigas de expansión).....	93
Figura 4. 1 Asentamiento en el cono de Abrams para los grupos de prueba	95
Figura 4. 2 Correlación de asentamiento en el cono de Abrams	97
Figura 4. 3 Penetración de la bola de Kelly para los grupos de prueba	98
Figura 4. 4 Correlación de la penetración de la bola de Kelly	100
Figura 4. 5 Correlación de la penetración de la bola de Kelly y asentamiento	101
Figura 4. 6 Evolución de la resistencia a la compresión, para los grupos de prueba	102
Figura 4. 7 Curvas de evolución de la resistencia a la compresión	103
Figura 4. 8 Evolución de la resistencia a la compresión CN – CP(0.6).....	104
Figura 4. 9 Evolución de la resistencia a la compresión CN – CP(1.2).....	105
Figura 4. 10 Evolución de la resistencia a la compresión CN – CP(1.8).....	106
Figura 4. 11 Evolución de la resistencia a la compresión CN – CP(2.4).....	107
Figura 4. 12 Evolución de la resistencia a la flexión	108
Figura 4. 13 Curvas de evolución de la resistencia a la flexión	109
Figura 4. 14 Evolución de la resistencia a la flexión CN – CP(0.6).....	110
Figura 4. 15 Evolución de la resistencia a la flexión CN – CP(1.2).....	111
Figura 4. 16 Evolución de la resistencia a la flexión CN – CP(1.8).....	112
Figura 4. 17 Evolución de la resistencia a la flexión CN – CP(2.4).....	113
Figura 4. 18 Comparación de la evolución de la deflexión – Grupos de control.	116
Figura 4. 19 Comparación de expansión – Grupos de control.	117
Figura 4. 20 Comparación de la evolución de la expansión CN – CP(0.6).	119
Figura 4. 21 Comparación de la evolución de la expansión CN – CP(1.2).	120
Figura 4. 22 Comparación de la evolución de la expansión CN – CP(1.8).	122
Figura 4. 23 Comparación de la evolución de la expansión CN – CP(2.4).	123
Figura 4. 24 Comparación del costo unitario de materiales.	126
Figura 4. 25 Histograma de frecuencias y distribución normal: CN – 7 días.	128
Figura 4. 26 Histograma de frecuencias y distribución normal: CN – 14 días.	129
Figura 4. 27 Histograma de frecuencias y distribución normal: CN – 28 días.	130
Figura 4. 28 Histograma de frecuencias y distribución normal: CP-0.6 - 7 días.	131
Figura 4. 29 Histograma de frecuencias y distribución normal: CP-0.6 - 14 días. ..	132
Figura 4. 30 Histograma de frecuencias y distribución normal: CP-0.6 - 28 días. ..	133

Figura 4. 31 Histograma de frecuencias y distribución normal: CP-1.2 - 7 días.	134
Figura 4. 32 Histograma de frecuencias y distribución normal: CP-1.2 - 14 días. ..	135
Figura 4. 33 Histograma de frecuencias y distribución normal: CP-1.2 - 28 días. ..	136
Figura 4. 34 Histograma de frecuencias y distribución normal: CP-1.8 - 7 días.	137
Figura 4. 35 Histograma de frecuencias y distribución normal: CP-1.8 - 14 días. ..	138
Figura 4. 36 Histograma de frecuencias y distribución normal: CP-1.8 - 28 días. ..	139
Figura 4. 37 Histograma de frecuencias y distribución normal: CP-2.4 - 7 días.	140
Figura 4. 38 Histograma de frecuencias y distribución normal: CP-2.4 - 14 días. ..	141
Figura 4. 39 Histograma de frecuencias y distribución normal: CP-2.4 - 28 días. ..	142
Figura 4. 40 Histograma de frecuencias y distribución normal: CN - 7 días.	143
Figura 4. 41 Histograma de frecuencias y distribución normal: CN - 14 días.	144
Figura 4. 42 Histograma de frecuencias y distribución normal: CN - 28 días.	145
Figura 4. 43 Histograma de frecuencias y distribución normal: CP 0.6 - 7 días.	146
Figura 4. 44 Histograma de frecuencias y distribución normal: CP 0.6 - 14 días.	147
Figura 4. 45 Histograma de frecuencias y distribución normal: CP 0.6 - 28 días.	148
Figura 4. 46 Histograma de frecuencias y distribución normal: CP 1.2 - 7 días.	149
Figura 4. 47 Histograma de frecuencias y distribución normal: CP 1.2 - 14 días.	150
Figura 4. 48 Histograma de frecuencias y distribución normal: CP 1.2 - 28 días.	151
Figura 4. 49 Histograma de frecuencias y distribución normal: CP 1.8 - 7 días.	152
Figura 4. 50 Histograma de frecuencias y distribución normal: CP 1.8 - 14 días.	153
Figura 4. 51 Histograma de frecuencias y distribución normal: CP 1.8 - 28 días.	154
Figura 4. 52 Histograma de frecuencias y distribución normal: CP 2.4 - 7 días.	155
Figura 4. 53 Histograma de frecuencias y distribución normal: CP 2.4 - 14 días.	156
Figura 4. 54 Histograma de frecuencias y distribución normal: CP 2.4 - 28 días.	157
Figura 4. 55 Prueba de Hipótesis: CN – CP(0.6), a los 7 días.	158
Figura 4. 56 Prueba de Hipótesis: CN – CP(0.6), a los 14 días.	159
Figura 4. 57 Prueba de Hipótesis: CN – CP(0.6), a los 28 días.	160
Figura 4. 58 Prueba de Hipótesis: CN – CP(1.2), a los 7 días.	161
Figura 4. 59 Prueba de Hipótesis: CN – CP(1.2), a los 14 días.	162
Figura 4. 60 Prueba de Hipótesis: CN – CP(1.2), a los 28 días.	163
Figura 4. 61 Prueba de Hipótesis: CN – CP(1.8), a los 7 días.	164
Figura 4. 62 Prueba de Hipótesis: CN – CP(1.8), a los 14 días.	165
Figura 4. 63 Prueba de Hipótesis: CN – CP(1.8), a los 28 días.	166
Figura 4. 64 Prueba de Hipótesis: CN – CP(2.4), a los 7 días.	167
Figura 4. 65 Prueba de Hipótesis: CN – CP(2.4), a los 14 días.	168
Figura 4. 66 Prueba de Hipótesis: CN – CP(2.4), a los 28 días.	169
Figura 4. 67 Prueba de Hipótesis: CN – CP(0.6), a los 7 días.	170
Figura 4. 68 Prueba de Hipótesis: CN – CP(0.6), a los 14 días.	171
Figura 4. 69 Prueba de Hipótesis: CN – CP(0.6), a los 28 días.	172
Figura 4. 70 Prueba de Hipótesis: CN – CP(1.2), a los 7 días.	173
Figura 4. 71 Prueba de Hipótesis: CN – CP(1.2), a los 14 días.	174
Figura 4. 72 Prueba de Hipótesis: CN – CP(1.2), a los 28 días.	175
Figura 4. 73 Prueba de Hipótesis: CN – CP(1.8), a los 7 días.	176

Figura 4. 74 Prueba de Hipótesis: CN – CP(1.8), a los 14 días. 177
 Figura 4. 75 Prueba de Hipótesis: CN – CP(1.8), a los 28 días. 178
 Figura 4. 76 Prueba de Hipótesis: CN – CP(2.4), a los 7 días. 179
 Figura 4. 77 Prueba de Hipótesis: CN – CP(2.4), a los 14 días. 180
 Figura 4. 78 Prueba de Hipótesis: CN – CP(2.4), a los 28 días. 181



ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. 1 Matriz de consistencia: Objetivo General	22
Tabla 1. 2 Matriz de consistencia: Objetivos Específicos	22
Tabla 2. 1 Propiedades físicas de los agregados para su aceptabilidad	32
Tabla 2. 2 Consistencia de mezcla de concreto.....	33
Tabla 2. 3 Coeficiente de variación y desviación estándar	41
Tabla 2. 4 Determinación del nivel de significancia	45
Tabla 3. 1 Coordenadas UTM de la cantera Cutimbo	49
Tabla 3. 2 Contenido de humedad, agregado fino	51
Tabla 3. 3 Contenido de humedad, agregado grueso	51
Tabla 3. 4 Resultados del contenido de humedad del agregado fino y grueso	51
Tabla 3. 5 Datos del ensayo de peso específico	54
Tabla 3. 6 Resultados del peso específico y absorción del agregado fino	54
Tabla 3. 7 Datos del ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso.....	56
Tabla 3. 8 Resultado del peso específico y absorción del agregado grueso	56
Tabla 3. 9 Peso unitario suelto del agregado fino.....	58
Tabla 3. 10 Peso unitario compactado del agregado fino	58
Tabla 3. 11 Peso unitario suelto del agregado grueso.....	59
Tabla 3. 12 Peso unitario compactado del agregado grueso	60
Tabla 3. 13 Granulometría del agregado fino	62
Tabla 3. 14 Granulometría del agregado grueso	63
Tabla 3. 15 Tabla de clasificación para el Agregado grueso, ASTM C33	64
Tabla 3. 16 Secuencia del Diseño de Mezcla: Método del Módulo de Fineza	66
Tabla 3. 17 Propiedades del Agregado de la Cantera Cutimbo.....	67
Tabla 3. 18 Resistencia Promedio	68
Tabla 3. 19 Volumen unitario de agua.....	69
Tabla 3. 20 Contenido de aire atrapado	69
Tabla 3. 21 Relación agua cemento a/c	70
Tabla 3. 22 Volúmenes absolutos de pasta	71
Tabla 3. 23 Módulo de fineza de la combinación de los agregados.....	71

Tabla 3. 24 Diseño de mezcla final	73
Tabla 3. 25 Diseño de mezclas para grupos de prueba	73
Tabla 4. 1 Datos de asentamiento para los grupos de control.	95
Tabla 4. 2 Datos de penetración de bola de Kelly para los grupos de control.	98
Tabla 4. 3 Datos de deflexión - CN.	114
Tabla 4. 4 Datos de deflexión – CP(0.6).....	114
Tabla 4. 5 Datos de deflexión – CP(1.2).....	115
Tabla 4. 6 Datos de deflexión – CP(1.8).....	115
Tabla 4. 7 Datos de deflexión – CP(2.4).....	115
Tabla 4. 8 Datos de expansión – Grupos de control.	116
Tabla 4. 9 Costo de Agregado en la Ciudad de Puno	124
Tabla 4. 10 Costo unitario de materiales para concreto de diseño - CN.....	124
Tabla 4. 11 Costo unitario de materiales: 0.6 kg/m ³ –CP(0.6).....	125
Tabla 4. 12 Costo unitario de materiales: 1.2 kg/m ³ –CP(1.2).....	125
Tabla 4. 13 Costo unitario de materiales: 1.8 kg/m ³ –CP(1.8).....	125
Tabla 4. 14 Costo unitario de materiales: 2.4 kg/m ³ –CP(2.4).....	125
Tabla 4. 15 Análisis Estadístico: Concreto Normal - 7 días.	128
Tabla 4. 16 Análisis Estadístico: Concreto Normal - 14 días.	129
Tabla 4. 17 Análisis Estadístico: Concreto Normal - 28 días.	130
Tabla 4. 18 Análisis Estadístico: Concreto con 0.6 kg/m ³ de fibra - 7 días.	131
Tabla 4. 19 Análisis Estadístico: Concreto con 0.6 kg/m ³ de fibra - 14 días.	132
Tabla 4. 20 Análisis Estadístico: Concreto con 0.6 kg/m ³ de fibra - 28 días.	133
Tabla 4. 21 Análisis Estadístico: Concreto con 1.2 kg/m ³ de fibra - 7 días.	134
Tabla 4. 22 Análisis Estadístico: Concreto con 1.2 kg/m ³ de fibra - 14 días.	135
Tabla 4. 23 Análisis Estadístico: Concreto con 1.2 kg/m ³ de fibra - 28 días.	136
Tabla 4. 24 Análisis Estadístico: Concreto con 1.8 kg/m ³ de fibra - 7 días.	137
Tabla 4. 25 Análisis Estadístico: Concreto con 1.8 kg/m ³ de fibra - 14 días.	138
Tabla 4. 26 Análisis Estadístico: Concreto con 1.8 kg/m ³ de fibra - 28 días.	139
Tabla 4. 27 Análisis Estadístico: Concreto con 2.4 kg/m ³ de fibra - 7 días.	140
Tabla 4. 28 Análisis Estadístico: Concreto con 2.4 kg/m ³ de fibra - 14 días.	141
Tabla 4. 29 Datos de Resistencia a la Compresión: 2.4 kg/m ³ de fibra - 28 días. ...	142
Tabla 4. 30 Análisis Estadístico: Concreto Normal - 7 días.	143
Tabla 4. 31 Análisis Estadístico: Concreto Normal - 14 días.	144
Tabla 4. 32 Análisis Estadístico: Concreto Normal - 28 días.	145
Tabla 4. 33 Análisis Estadístico: Concreto con 0.6 kg/m ³ de fibra - 7 días.	146
Tabla 4. 34 Análisis Estadístico: Concreto con 0.6 kg/m ³ de fibra - 14 días.	147
Tabla 4. 35 Análisis Estadístico: Concreto con 0.6 kg/m ³ de fibra - 28 días.	148
Tabla 4. 36 Análisis Estadístico: Concreto con 1.2 kg/m ³ de fibra - 7 días.	149
Tabla 4. 37 Análisis Estadístico: Concreto con 1.2 kg/m ³ de fibra - 14 días.	150
Tabla 4. 38 Análisis Estadístico: Concreto con 1.2 kg/m ³ de fibra - 28 días.	151
Tabla 4. 39 Análisis Estadístico: Concreto con 1.8 kg/m ³ de fibra - 7 días.	152
Tabla 4. 40 Análisis Estadístico: Concreto con 1.8 kg/m ³ de fibra - 14 días.	153

Tabla 4. 41 Análisis Estadístico: Concreto con 1.8 kg/m³ de fibra - 28 días. 154

Tabla 4. 42 Análisis Estadístico: Concreto con 2.4 kg/m³ de fibra - 7 días. 155

Tabla 4. 43 Análisis Estadístico: Concreto con 2.4 kg/m³ de fibra - 14 días. 156

Tabla 4. 44 Análisis Estadístico: Concreto con 2.4 kg/m³ de fibra - 28 días. 157



LISTA DE ACRÓNIMOS

CN	: Concreto normal ($f'c$ 210 kg/cm ²).
CP(0.6)	: Concreto $f'c$ 210 kg/cm ² , con 0.6 kg/m ³ de fibra de polipropileno incorporada.
CP(1.2)	: Concreto $f'c$ 210 kg/cm ² , con 1.2 kg/m ³ de fibra de polipropileno incorporada.
CP(1.8)	: Concreto $f'c$ 210 kg/cm ² , con 1.8 kg/m ³ de fibra de polipropileno incorporada.
CP(2.4)	: Concreto $f'c$ 210 kg/cm ² , con 2.4 kg/m ³ de fibra de polipropileno incorporada.
$f'c$: Resistencia a la compresión del concreto, kg/cm ² .
R	: Módulo de ruptura del concreto (Resistencia a la flexión), kg/cm ² .
u	: Media aritmética.
σ^2	: Varianza.
σ	: Desviación estándar.
H₀	: Hipótesis nula.
H_a	: Hipótesis alternativa.
α	: Nivel de significancia.
Z₀	: Estadístico de prueba.
A°F°	: Agregado fino.
A°G°	: Agregado grueso
W%	: Contenido de humedad
TM	: Tamaño máximo del agregado.
TMN	: Tamaño máximo nominal del agregado.
mf	: Módulo de fineza del agregado fino.
mg	: Módulo de fineza del agregado grueso.
a/c	: Relación agua/cemento.
P.U.	: Precio unitario.
ACI	: American Concrete Institute.
ASTM	: American Society of Testing Materials.
NTP	: Norma técnica peruana.

RESUMEN

La investigación realizada se centró en el estudio del efecto que tiene la incorporación de fibras de polipropileno en el diseño de mezcla de un concreto $f'c$ 210 kg/cm² en la ciudad de Puno. Las variables dependientes estudiadas fueron las propiedades del concreto, tales como la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, trabajabilidad, y el costo unitario de materiales (parámetros de relevancia en el concreto). Y la variable independiente la incorporación de fibras de polipropileno de 19 mm. de longitud en 0.6, 1.2, 1.8 y 2.4 kg/m³ de concreto. Con el fin de obtener el diseño de mezcla del concreto “idóneo” para la incorporación de las fibras de polipropileno, fueron considerados materiales comerciales en la ciudad de Puno, tales como Cemento Portland IP y agregados de la cantera Cutimbo, en busca de las características estándar de un diseño de mezcla de concreto $f'c$ 210 kg/cm² en la ciudad de Puno. La gradación de los agregados gruesos empleados se ciñen al tamaño estándar N° 57 (ASTM C 33), con un T.M. de 1 1/2”, gradación que representa la granulometría natural del agregado grueso proveniente de la cantera Cutimbo. Determinándose a los 28 días de edad del concreto $f'c$ 210 kg/cm² que, la adición de fibra de polipropileno de 19 mm. reduce la resistencia a la compresión (desde 5.47% hasta 12.27%); sin embargo incrementa la resistencia a flexión (desde 5.12% hasta 16.75%) , según la cantidad de fibra incorporada. Además ha sido considerado el estudio de la incidencia de soluciones de sulfatos de sodio y magnesio en los grupos de control mediante especímenes de prueba (vigas de expansión), determinándose así el cambio de longitud en los especímenes, y por ende el posible deterioro (ASTM C 1012).

Palabras Clave: Concreto, fibras de polipropileno, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, trabajabilidad, durabilidad.

ABSTRACT

The research carried out was focused on the study of the effect of the incorporation of polypropylene fibers in the design of a concrete mix of 210 cc / cm² in the city of Puno. The dependent variables studied were concrete properties, such as compressive strength, flexural strength, workability, and unit cost of materials (concrete relevance parameters). And the independent variable is the incorporating of polypropylene fibers of 19 mm. in 0.6, 1.2, 1.8 and 2.4 kg / m³ of concrete. In order to obtain the "ideal" concrete mix design for the incorporation of polypropylene fibers, commercial materials in the city of Puno, such as Portland Cement IP and aggregates of the Cutimbo quarry, were considered for the characteristics Standard of a concrete mix design f'c 210 kg / cm² in the city of Puno. The gradation of the coarse aggregates used is limited to standard size No. 57 (ASTM C 33), with a T.M. of 1 1/2 ", a gradation that represents the natural granulometry of the coarse aggregate from the Cutimbo quarry. Determining at 28 days of age the concrete f'c 210 kg / cm² that, the addition of 19 mm polypropylene fiber. Reduces compressive strength (from 5.47% to 12.27%); However, it increases the flexural strength (from 5.12% to 16.75%), depending on the amount of fiber incorporated. In addition, the study of the incidence of sodium and magnesium sulphate solutions in the control groups by means of test specimens (expansion beams) has been considered, thus determining the change of length in the specimens, and thus the possible deterioration (ASTM C 1012).

Key words: Concrete, polypropylene fibers, compressive strength, flexural strength, workability, durability.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

“A lo largo de la historia, la idea de reforzar con materiales fibrosos se remonta al antiguo Egipto en donde se introducía paja al macizo arcilloso con el cual confeccionaban ladrillos para conferirle una mayor resistencia y por lo tanto una buena manejabilidad después de la cocción al sol.” (Millán, 2013)

El refuerzo del concreto mediante la adición de fibras durante el amasado del mismo es una técnica que se ha implantado desde hace varias décadas encontrando diversas aplicaciones dentro del campo de los concretos estructurales y que actualmente sigue siendo objeto de estudio de numerosos investigadores, produciendo un gran avance en la industria de la construcción.

La adición de fibra en el concreto busca mejorar algunas de sus propiedades mecánicas tales como rigidez, tenacidad, resistencia a la compresión y a la tracción. Sin embargo los constructores utilizan estas fibras sin considerar sus propiedades, por ende esto genera un alto grado de incertidumbre al momento de realizar el concreto ya que al no conocer las propiedades de sus componentes no podemos garantizar cómo influirá la fibra en el concreto.

1.1.1 Problema general

¿Cómo influye la incorporación de fibras de polipropileno en las propiedades del concreto $f'c$ 210 kg/cm²?

1.1.2 Problemas específicos

¿Cómo influye la incorporación de fibras de polipropileno en la resistencia a la compresión del concreto $f'c$ 210 kg/cm²?

¿Cómo influye la incorporación de fibras de polipropileno en la resistencia a la flexión del concreto $f'c$ 210 kg/cm²?

¿Cómo influye la incorporación de fibras de polipropileno en la trabajabilidad del concreto $f'c$ 210 kg/cm²?

¿Cuánto varían los costos entre el concreto convencional $f'c$ 210 kg/cm², y el concreto $f'c$ 210 kg/cm² con incorporación de fibras de polipropileno?

1.2 Antecedentes

“Las fibras en la construcción se han venido usando desde hace muchos años. Existen innumerables evidencias arqueológicas que dan fe de que en Babilonia y en Egipto las fibras vegetales se combinaron con mezclas de arcilla para fabricar elementos estructurales. Sin embargo, con el paso del tiempo esta técnica cayó en desuso, hasta que a principios del siglo XX se retomó, primero con un enfoque empírico y más tarde con fines de investigación”. (Dávila, 2010)

Barros Verónica (2012), en su tesis de grado “Diseño de hormigones con fibras de polipropileno para resistencias a la compresión de 21 y 28 Mpa con agregados de la cantera de Pifo”. Utilizó porcentajes de fibra entre 0.10% y 0.30% del volumen del concreto, concluyendo que: “Dosificaciones mayores a 1.2 kg/m³ de concreto (0.13%) no necesariamente producen resistencias más altas, pues los resultados obtenidos para 1.2 kg/m³ y 1.5 kg/m³ son similares, e incluso siendo estos últimos ligeramente menores. Por lo que, utilizar cantidades mayores de fibra no asegura un aumento en la resistencia del concreto, además podría presentar una reducción en la trabajabilidad”.

Rojas Jairo (2012), en su tesis de grado “Diseño de hormigones con fibras de polipropileno para resistencias a la compresión de 21 y 28 Mpa con agregados de la cantera de Guayllabamba”. Utilizó 0.9 kg/m³, 1.2 kg/m³ y 1.5 kg/m³. Obteniéndose incrementos en las resistencias mecánicas con 1.5 kg/m³. Concluyendo que “La adición de fibras en el concreto proporciona un mejor control de la fisuración, ya que mejora sus

resistencias mecánicas, la ductilidad, y el aumento de las características mecánicas del mismo, así como su carga de rotura.”

María Millán (2013), en su tesis “Comportamiento del hormigón reforzado con fibras de polipropileno y su influencia en sus propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua”. Contempló la incorporación de 0.10%, 0.15%, 0.20%, 0.25% y 0.30% para Concretos f_c 210 y 240 kg/cm². Determinando que el porcentaje óptimo de adición de fibra de polipropileno es aproximadamente 0.23%, con el cual se logra un incremento considerable en la resistencia a la compresión y tracción del concreto, además que el porcentaje aproximado de 0.25% incrementa la resistencia a flexión del mismo.

1.3 Justificación

Desde épocas ancestrales el hombre usó fibras para conseguir abrigo, construyendo sus casas de pajas, luego de adobe, con el empleo de diferentes materiales orgánicos que tomó de la naturaleza.

“A partir de los años 50 se realizaron los primeros estudios sobre la utilización de fibras de acero y vidrio en el concreto observando que se producía una mejora en sus propiedades. La adición de estas fibras, añaden a la matriz de concreto una red de pequeñas armaduras que le proporcionan una mayor trabazón; mientras que en los años 60 aparecen los primeros estudios sobre concretos fibro-reforzados con fibras sintéticas”. (Millán, 2013)

En la actualidad la industria de la construcción en nuestro país está muy apegada a las tradiciones y, por lo tanto, un poco reacia a innovar. La fibra es una tecnología muy eficiente, pero aún subvalorada, porque es considerada muy nueva y quizás poco probada; no siendo éste el caso de países como Chile, Colombia, Ecuador o México; en los cuales se vienen realizando trabajos de investigación a nivel de pre y post grado en aras de incorporar esta tecnología en las construcciones civiles. La posibilidad de conocer el comportamiento de este material y utilizarlo en nuestra región de Puno justifica esta investigación.

1.4 Objetivos del estudio

1.4.1 Objetivo general

Determinar las propiedades del concreto $f'c$ 210 kg/cm² con incorporación de Fibras de Polipropileno.

1.4.2 Objetivos específicos

Determinar la resistencia a la compresión del concreto $f'c$ 210 kg/cm² con incorporación de Fibras de Polipropileno.

Determinar la resistencia a la flexión del concreto $f'c$ 210 kg/cm² con incorporación de Fibras de Polipropileno.

Determinar la trabajabilidad del concreto $f'c$ 210 kg/cm² con incorporación de Fibras de Polipropileno.

Comparar el costo unitario de los materiales del concreto $f'c$ 210 kg/cm² y concreto $f'c$ 210 kg/cm² con incorporación de Fibras de Polipropileno.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

La incorporación de fibras de polipropileno mejora significativamente las propiedades del concreto $f'c$ 210 kg/cm².

1.5.2 Hipótesis específicas

La incorporación de fibras de polipropileno en 0.6 kg/m³, 1.2 kg/m³, 1.8 kg/m³ y 2.4 kg/m³, incrementa la resistencia a la compresión del concreto $f'c$ 210 kg/cm².

La incorporación de fibras de polipropileno en 0.6 kg/m³, 1.2 kg/m³, 1.8 kg/m³ y 2.4 kg/m³, incrementa la resistencia a la flexión del concreto $f'c$ 210 kg/cm².

La incorporación de fibras de polipropileno en 0.6 kg/m³, 1.2 kg/m³, 1.8 kg/m³ y 2.4 kg/m³, mejora la trabajabilidad del concreto $f'c$ 210 kg/cm².

El costo unitario de los materiales empleados en la elaboración de concreto $f'c$ 210 kg/cm² con diferentes porcentajes de Fibras de Polipropileno incorporadas en su diseño de mezcla; varía mínimamente.

1.6 Operacionalización de variables

La variable independiente estudiada es el porcentaje de Fibras de Polipropileno de 19 mm adicionada en el diseño de mezcla del concreto $f'c$ 210 kg/cm^2 , y su incidencia en la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, trabajabilidad y costo unitario de materiales, siendo éstas las variables dependientes.

Tabla 1. 1 Matriz de consistencia: Objetivo General

	Definición del problema	Hipótesis	Variables	Indicadores	Factor a medir
General	¿Cómo influye la incorporación de fibras de polipropileno en las propiedades del concreto $f'c$ 210 kg/cm^2 ?	La incorporación de fibras de polipropileno mejora significativamente las propiedades del concreto $f'c$ 210 kg/cm^2 .	INDEPENDIENTE Dosificación de los materiales con incorporación de Fibras de Polipropileno de 19 mm.	Dosificación de las Fibras de Polipropileno.	% de Fibra de Polipropileno (0.6, 1.2, 1.8 y 2.4) kg/m^3 .
			DEPENDIENTE Propiedades del concreto $f'c$ 210 kg/cm^2 con incorporación de Fibras de Polipropileno.	Propiedades del concreto $f'c$ 210 kg/cm^2 con incorporación de Fibras de Polipropileno.	Resistencia a la Compresión a los 7, 14 y 28 días; resistencia a la flexión a los 7, 14 y 28 días; trabajabilidad y costo unitario de materiales.

Fuente: Propia

Tabla 1. 2 Matriz de consistencia: Objetivos Específicos

	Definición del problema	Hipótesis	Variables	Indicadores	Factor a medir
Específico 01	¿Cómo influye la incorporación de fibras de polipropileno en la resistencia a la compresión del concreto $f'c$ 210 kg/cm^2 ?	La incorporación de fibras de polipropileno en 0.6 kg/m^3 , 1.2 kg/m^3 , 1.8 kg/m^3 y 2.4 kg/m^3 , incrementa la resistencia a la compresión del concreto $f'c$ 210 kg/cm^2 .	INDEPENDIENTE Dosificación de los materiales con incorporación de Fibras de Polipropileno de 19 mm.	Dosificación de las Fibras de Polipropileno.	% de Fibra de Polipropileno (0.6, 1.2, 1.8 y 2.4) kg/m^3 .
			DEPENDIENTE Resistencia a la compresión del concreto $f'c$ 210 kg/cm^2 con incorporación de Fibras de Polipropileno.	Método de ensayo normalizado para Resistencia a la compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto. (ASTM C-39)	Resistencia a la Compresión a los 7, 14 y 28 días.

Específico 02	¿Cómo influye la incorporación de fibras de polipropileno en la resistencia a la flexión del concreto $f'c$ 210 kg/cm ² ?	La incorporación de fibras de polipropileno en 0.6 kg/m ³ , 1.2 kg/m ³ , 1.8 kg/m ³ y 2.4 kg/m ³ , incrementa la resistencia a la flexión del concreto $f'c$ 210 kg/cm ² .	INDEPENDIENTE Dosificación de los materiales con incorporación de Fibras de Polipropileno	Dosificación de las Fibras de Polipropileno.	% de Fibra de Polipropileno (0.6, 1.2, 1.8 y 2.4) kg/m ³ .
			DEPENDIENTE Resistencia a la flexión del concreto $f'c$ 210 kg/cm ² con incorporación de Fibras de Polipropileno.	Método de ensayo normalizado para Resistencia a la Flexión del Concreto con Carga en el Punto Central (ASTM C-293-02)	Resistencia a la flexión a los 7, 14 y 28 días.
Específico 03	¿Cómo influye la incorporación de fibras de polipropileno en la trabajabilidad del concreto $f'c$ 210 kg/cm ² ?	La incorporación de fibras de polipropileno en 0.6 kg/m ³ , 1.2 kg/m ³ , 1.8 kg/m ³ y 2.4 kg/m ³ , mejora la trabajabilidad del concreto $f'c$ 210 kg/cm ² .	INDEPENDIENTE Dosificación de los materiales con incorporación de Fibras de Polipropileno de 19 mm.	Dosificación de las Fibras de Polipropileno.	% de Fibra de Polipropileno (0.6, 1.2, 1.8 y 2.4) kg/m ³ .
			DEPENDIENTE Trabajabilidad del concreto $f'c$ 210 kg/cm ² con incorporación de Fibras de Polipropileno.	Ensayo Normalizado para Asentamiento de Concreto “Cono de Abrams” (ASTM C-143). Método Estándar de Ensayo para Bola de Penetración en una Mezcla Fresca de Concreto “Bola de Kelly” (ASTM C-360)	Trabajabilidad.
Específico 04	¿Cuánto varían los costos entre el concreto convencional $f'c$ 210 kg/cm ² , y el concreto $f'c$ 210 kg/cm ² con incorporación de fibras de polipropileno?	El costo unitario de los materiales empleados en la elaboración de concreto $f'c$ 210 kg/cm ² con diferentes porcentajes de Fibras de Polipropileno incorporadas en su diseño de mezcla; varía mínimamente.	INDEPENDIENTE Dosificación de los materiales con incorporación de Fibras de Polipropileno de 19 mm.	Dosificación de las Fibras de Polipropileno.	% de Fibra de Polipropileno (0.6, 1.2, 1.8 y 2.4) kg/m ³ .
			DEPENDIENTE Costo unitario de los materiales empleados en la elaboración de concreto $f'c$ 210 kg/cm ² con incorporación de Fibras de Polipropileno.	Costo Unitario de Materiales.	Costo unitario de materiales.

Fuente: Elaboración propia

1.7 Metodología de investigación

1.7.1 Tipo de investigación

La presente investigación es del tipo: CORRELACIONAL puesto que tiene como propósito relacionar y vincular entre si las características del concreto $f'c$ 210 kg/cm^2 (resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, trabajabilidad y costo unitario de materiales) con la inclusión de porcentajes de Fibra de Polipropileno en su diseño.

“La investigación Correlacional asocia variables mediante un patrón predecible para un grupo o población”. (Hernández, 2006)

1.7.2 Nivel de investigación

El nivel de esta investigación es EXPLICATIVO, ya que se estudian las causas que originan la variación de resultados al manipular la variable independiente.

“La investigación Explicativa pretende establecer las causas de los eventos, sucesos o fenómenos que se estudian”. (Hernández, 2006)

1.7.3 Método de investigación

El método de investigación es CUANTITATIVO, puesto que el medio de prueba de hipótesis se basa en mediciones numéricas y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

1.7.4 Muestra de estudio

1.7.4.1 Número de testigos para la determinación de la resistencia a la compresión simple.

El siguiente organigrama nos muestra la cantidad de muestras realizadas para realizar las comparaciones respectivas de los resultados obtenidos de Resistencia a la Compresión (f_c) en los testigos de concreto f_c 210 kg/cm² con Fibras de Polipropileno incorporadas en su diseño de mezcla:

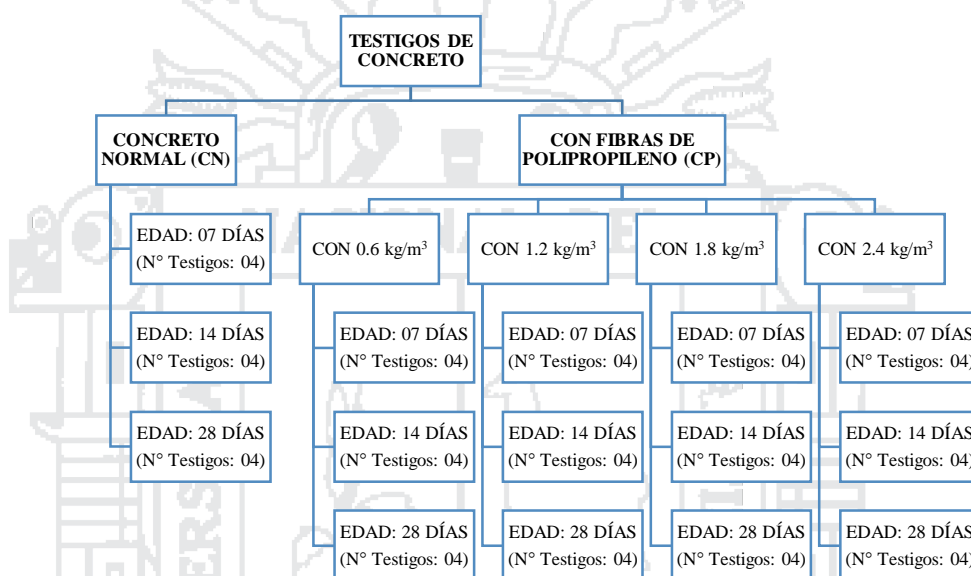


Figura 1. 1 Testigos para ensayo de compresión simple.

1.7.4.2 Número de testigos para la determinación de la resistencia a la flexión.

El siguiente organigrama nos muestra la cantidad de muestras realizadas para realizar las comparaciones respectivas de los resultados obtenidos de Resistencia a la Flexión en los testigos de concreto $f'c$ 210 kg/cm² con Fibras de Polipropileno incorporadas en su diseño de mezcla:

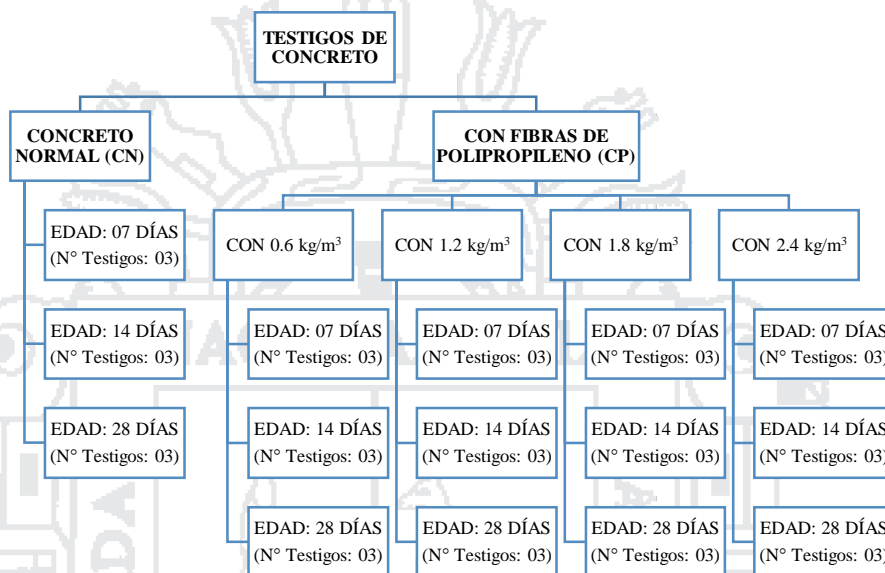
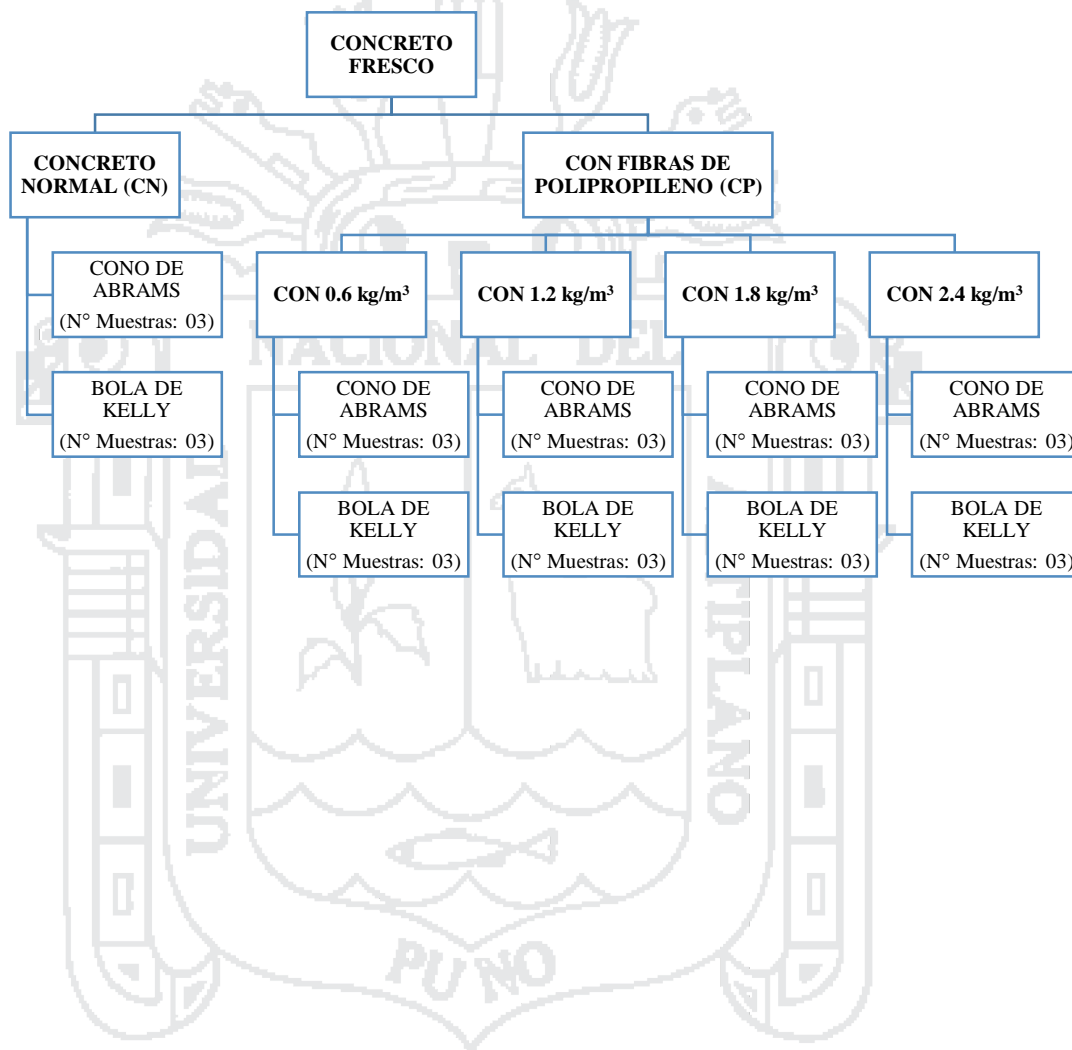


Figura 1. 2 Testigos para ensayo de flexión.

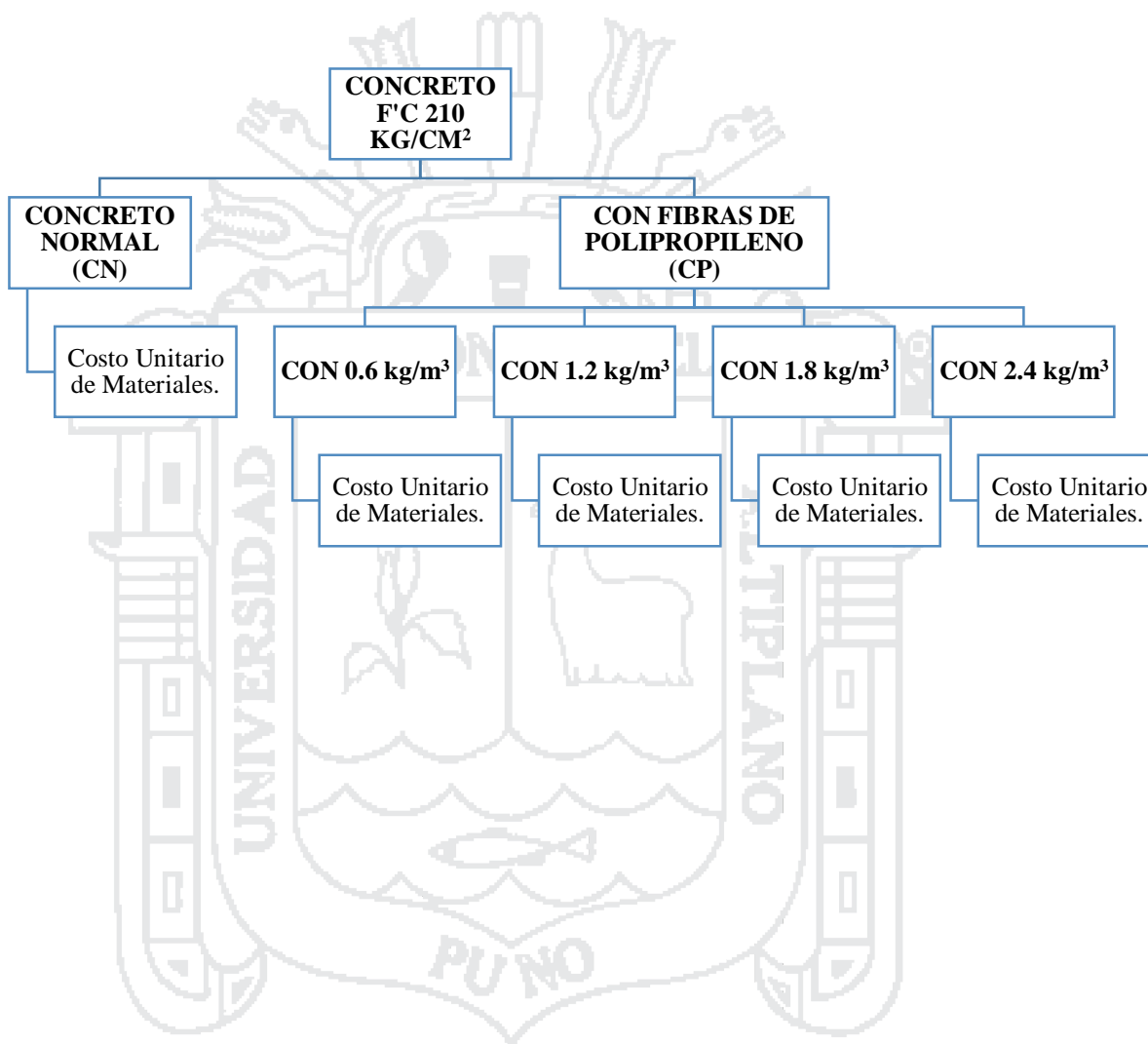
1.7.4.3 Determinación de la trabajabilidad.

El siguiente organigrama nos muestra la cantidad de muestras realizadas para realizar las comparaciones respectivas de los resultados obtenidos de los ensayos realizados para medir la trabajabilidad: Cono de Abrams y Bola de Kelly en los testigos de concreto:



1.7.4.4 Determinación del costo unitario de materiales.

El siguiente organigrama nos muestra el esquema empleado para realizar las comparaciones de los costos unitarios de materiales para la elaboración de concreto f'c 210 kg/cm² con Fibras de Polipropileno incorporadas:



1.7.4.4 Determinación del cambio de longitud de concreto expuesto a soluciones de sulfatos.

El siguiente organigrama nos muestra el esquema empleado para realizar las comparaciones de lecturas de cambio de longitud en el concreto $f'c$ 210 kg/cm² y concreto con Fibras de Polipropileno incorporadas, expuesto a la combinación de sulfato de sodio (Na₂SO₄), y magnesio (MgSO₄):

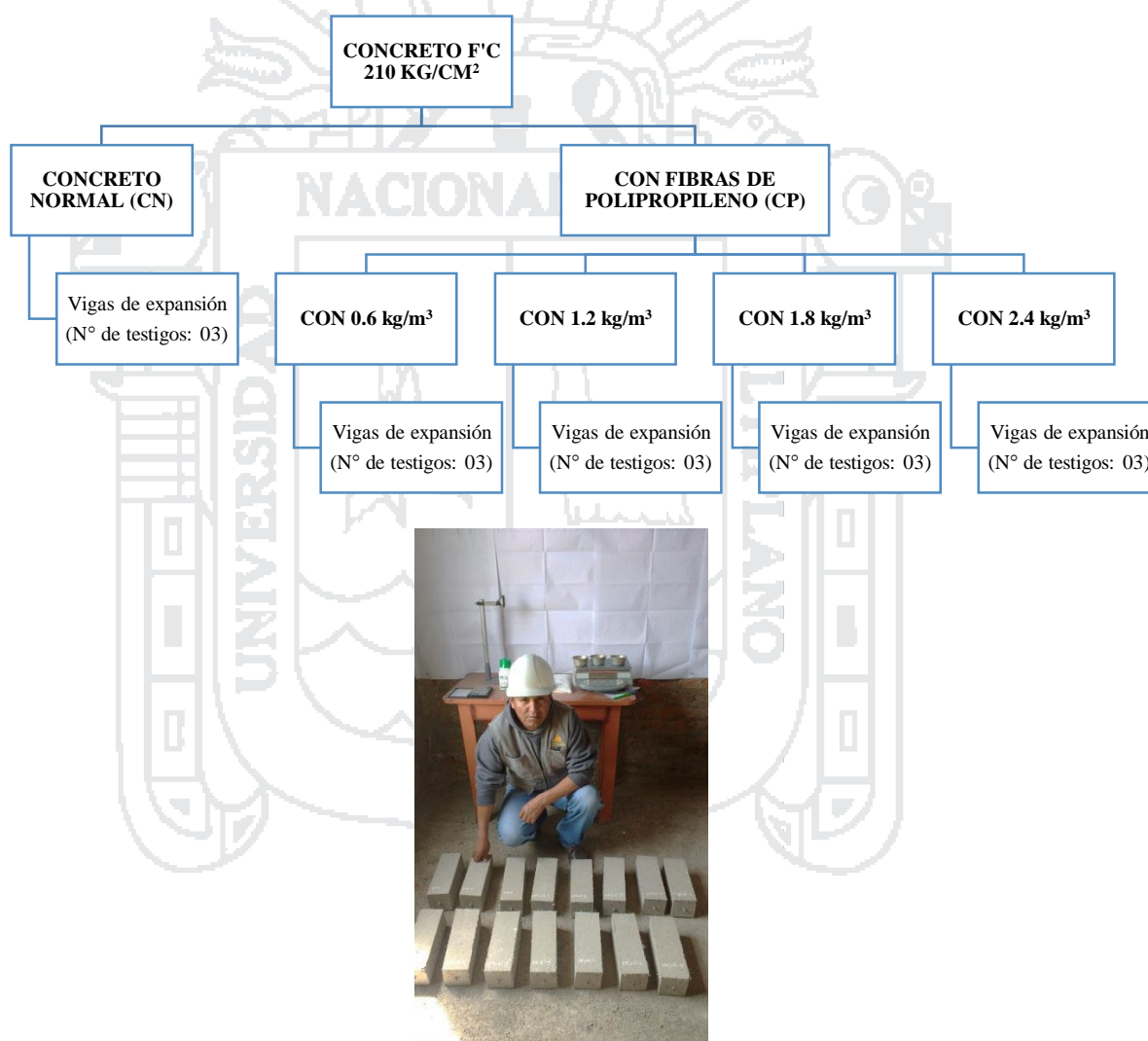


Figura 1. 3 Testigos para determinación de cambio de longitud, por inmersión en solución de sulfato.

1.7.5 Alcance de la investigación

Según los antecedentes de esta investigación, literatura existente y posibilidades para realizar el presente trabajo de investigación, se plantea al alcance de la misma:

- Respecto a la determinación de la resistencia a la compresión (primer objetivo específico), se realizaron los ensayos estándar en todos los especímenes planteados en el ítem anterior, obteniéndose así datos a los 7, 14 y 28 días de edad del concreto.
- Con referencia a la determinación de la resistencia a la flexión (segundo objetivo específico), se realizaron los ensayos en todos los especímenes planteados en el ítem anterior, obteniéndose así datos de módulo de ruptura y deformación a los 7, 14 y 28 días de edad del concreto. Estos ensayos fueron realizados con ayuda de un acople fabricado por el tesista, y en la prensa hidráulica utilizada para el ensayo de resistencia a la compresión, esto debido a la accesibilidad al equipo para rotura a flexión en la región de Puno.
- Para la determinación de la trabajabilidad (tercer objetivo específico), se realizaron los ensayos estándar de asentamiento en el cono de Abrams y penetración de la bola de Kelly, en todas las muestras de concreto fresco planteados en el ítem anterior, obteniéndose así mediciones de consistencia del concreto.
- Con el fin de determinar del costo unitario de materiales (cuarto objetivo específico), se realizaron cotizaciones de los materiales empleados (en la región de Puno), determinándose así la variabilidad del costo unitario para la elaboración de concreto de los diferentes grupos de control estudiados.
- Respecto al estudio de la incidencia que tienen las soluciones de sulfatos en los grupos de control de la presente investigación, se consideró exponer al concreto a soluciones de sulfato de sodio y magnesio, para obtener así lecturas de cambio de longitud en los especímenes de prueba, y por ende el deterioro del mismo.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 El Concreto

Siendo el concreto objeto de estudio de la presente tesis, es necesario conceptualizarlo, así como también los factores que afectan su desarrollo y las propiedades del mismo.

El concreto es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia. (Abanto, 1995)

El cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados, constituyendo un material heterogéneo, algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto. (Abanto, 1995)

2.1.1 Componentes del Concreto

2.1.1.1 Cemento

2.1.1.2 Agregados

Propiedades físicas

Los ensayos realizados nos permiten conocer las propiedades físicas del agregado y diseñar un concreto aceptable, las condiciones de los ensayos ponen a prueba a los agregados, su respuesta condiciona y pronostica su comportamiento durante el vaciado y en el concreto terminado. Los ensayos normalizados por la ASTM-C33 están descritos en la Tabla 2.1.

Tabla 2. 1 Propiedades físicas de los agregados para su aceptabilidad

Ensayo - Norma	ASTM	NTP	AASHTO
A Análisis Granulométrico - Agregado Grueso	C136	400.012	T27
B Peso Unitario	C29	400.017	T19
C Desgaste de Agregado - Método de los Ángeles	C131	400.019	T96
D Gravedad Específica y Absorción.	C127	400.021	T81

Fuente: Norma, American Society for Testing and Materials - ASTM, Norma Técnica Peruana - NTP, y la Norma American Association of State Highway and Transportation Officials – AASHTO

Análisis granulométrico agregado grueso

Granulometría es la distribución por tamaños del agregado por medio del tamizado, que consiste en pasar el material a través de mallas de diferentes aberturas; estas son: 1", $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", y #4 para agregados gruesos, con el peso de material retenido en cada malla, se obtiene el porcentaje retenido, así como, el porcentaje de material pasante en cada malla y se tiene el porcentaje de material retenido respecto al total de la muestra. Las Normas ASTM C136, AASHTO T27 y NTP 400.012, indican el procedimiento para desarrollar el análisis granulométrico de los agregados gruesos, cada gradación es representada por una medida numérica a la que se denomina **huso granulométrico**.

Huso granulométrico

Es el número de medida que se le asigna a la gradación del agregado cuando la distribución granulométrica calculada se encuentra dentro de los parámetros establecidos según la norma ASTM C33, en la cual se inicia la identificación a partir del tamaño máximo nominal y del porcentaje retenido acumulado que tiene el agregado estudiado, e indica los límites máximos y mínimos para su clasificación.

2.1.1.3 Agua

El agua que debe ser utilizada para la producción de concreto debe satisfacer los requisitos de la norma NTP 339.088, y ASTM C 109M. Considerándose como referente principal, la idoneidad del agua potable.

2.1.2 Propiedades del Concreto

2.1.2.1 Propiedades en Estado Fresco

a) Trabajabilidad

La consistencia está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua utilizada, el equipo necesario para realizar la consistencia del concreto consiste en un tronco de cono, los dos círculos de las bases son paralelos entre si midiendo 20 cm y 10 cm los diámetros respectivos, la altura del molde es de 30 cm. (Abanto, 1995)

Tabla 2. 2 Consistencia de mezcla de concreto.

Consistencia	Slump	Trabajabilidad	Método de Compactación
Seca	0" a 2"	Poco trabajable	Vibración Normal
Plástica	3" a 4"	Trabajable	Vibración Ligera
Fluida	Mayor a 5"	Muy Trabajable	Chuseado

Fuente: Flavio Abanto Castillo, "Tecnología del concreto", Pág. 49.

2.1.2.2 Propiedades en Estado Endurecido

a) Resistencia a la Compresión

La resistencia a la compresión puede ser definida como la máxima medida de resistencia que ofrece un espécimen de concreto a una carga axial. Esta se determina de acuerdo a lo estipulado en la norma ASTM C39.

b) Resistencia a la Flexión

La resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la tracción del concreto. Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada. Se mide mediante la aplicación de cargas a vigas de concreto de 6 x 6 pulgadas (150 x 150 mm) de sección transversal y con luz de como mínimo tres veces el espesor. La resistencia a la flexión se expresa como el Módulo de Rotura (MR) en libras por pulgada cuadrada (MPa) y es determinada mediante los métodos de ensayo ASTM C78 (cargada en los puntos tercios) o ASTM C293 (cargada en el punto medio). El Módulo de Rotura es cerca del 10% al 20% de la resistencia a compresión, en dependencia del tipo, dimensiones y volumen del agregado grueso utilizado, sin embargo, la mejor correlación para los materiales dados y el diseño de mezcla. El Módulo de Rotura determinado por la

viga cargada en los puntos tercios es más bajo que el módulo de rotura determinado por la viga cargada en el punto medio, en algunas ocasiones tanto como en un 15%. (National Ready Mixed Concrete Association, 1991).

c) Resistencia a los Sulfatos

Muchos sulfatos presentes en el suelo y en el agua pueden atacar y destruir un concreto que no fue adecuadamente diseñado. Los sulfatos (por ejemplo sulfato de calcio, sulfato de sodio y sulfato de magnesio) pueden atacar un concreto pues éstos reaccionan con los compuestos hidratados en la pasta de cemento. Estas reacciones pueden crear presiones suficientes para romper la pasta del cemento, resultando en desintegración del concreto (pérdida de cohesión de la pasta y de resistencia). El sulfato de calcio ataca el aluminato de calcio hidratado y forma etringita. El sulfato de sodio reacciona con el hidróxido de calcio y aluminato de calcio hidratado, formando etringita y yeso. El sulfato de magnesio ataca, de manera similar, al sulfato de sodio y forma etringita, yeso y también brucita (hidróxido de magnesio). La brucita se forma en primer lugar en la superficie del cemento, consume el hidróxido de calcio, baja el pH en la solución de los poros y entonces descompone el silicato de calcio hidratado. (Kosmatka, 2004).

2.2 Polipropileno

2.2.1 Definición

El polipropileno es un termoplástico semicristalino, que se produce polimerizando propileno en presencia de un catalizador estéreo específico. El polipropileno tiene múltiples aplicaciones, por lo que es considerado como uno de los productos termoplásticos de mayor desarrollo en el futuro. Es un producto inerte, totalmente reciclable, su incineración no tiene ningún efecto contaminante, y su tecnología de producción es la de menor impacto ambiental. Esta es una característica atractiva frente a materiales alternativos.

2.2.2 Propiedades del polipropileno

Propiedades físicas

- La densidad del polipropileno, está comprendida entre 0.90 y 0.93 gr/cm³. Por ser tan baja permite la fabricación de productos ligeros.
- Posee una gran capacidad de recuperación elástica.

- Tiene una excelente compatibilidad con el medio.
- Es un material fácil de reciclar
- Posee alta resistencia al impacto.

2.2.3 Aplicaciones del polipropileno

Hoy en día el polipropileno es uno de los termoplásticos más vendidos en el mundo, con una demanda anual estimada de 40 millones de toneladas. Sus incrementos anuales de consumo han sido próximos al 10% durante las últimas décadas, confirmando su grado de aceptación en los mercados.

La buena acogida que ha tenido ha estado directamente relacionada con su versatilidad, sus buenas propiedades físicas y la competitividad económica de sus procesos de producción. Varios puntos fuertes lo confirman como material idóneo para muchas aplicaciones:

- Baja densidad.
- Alta dureza y resistente a la abrasión.
- Alta rigidez.
- Buena resistencia al calor.
- Excelente resistencia química.
- Excelente versatilidad.

Por la excelente relación entre sus prestaciones y su precio, el polipropileno ha sustituido gradualmente a materiales como el vidrio, los metales o la madera, así como polímeros de amplio uso general, pudiendo usarse en:

- Fabricación de Sacos (Polipropileno tejido).
- Fabricación de Bolsas.
- Utensilios domésticos.
- Botellas de diferentes tipos.
- Embalajes.
- Fibras.
- Tubos, etc.

2.3 Análisis estadístico y prueba de hipótesis

2.3.1 Análisis estadístico.

El análisis estadístico es de importancia en la evaluación de los resultados obtenidos porque nos permite tener certeza de la confiabilidad de los valores extraídos de las pruebas y en función a los parámetros estadísticos poder evaluar los resultados.

En la presente tesis se analiza los diferentes estadígrafos con datos agrupados, puesto que este nos permite obtener la distribución de frecuencias y hallar las diferentes medidas de mejor manera, observando cómo se distribuyen realmente los datos y obteniendo la gráfica real de la campana de Gauss.

A continuación se presenta la distribución de frecuencias, medidas de tendencia central y de dispersión que se hallarán en los diferentes análisis estadísticos de la presente tesis: Rango de Datos (R), Número de Intervalos de Clase (K), Tamaño de Intervalos de Clase (C), Media Aritmética (u), Mediana (um), Moda (uo), Varianza (σ), Coeficiente de Variación (Cv), conjuntamente con la gráfica de histograma de frecuencias y distribución Normal.

2.3.1.1 Distribución de frecuencias.

Un conjunto de observaciones es más comprensible y adquiere un significado concreto cuando es presentado en una tabla de distribución de frecuencias siendo la estadística descriptiva la que se ocupa de la recopilación, presentación y descripción de los datos.

2.3.1.2 Rango de datos (R).

Llamado también recorrido de los datos, el rango es la diferencia entre el máximo y mínimo valor de un conjunto de datos.

$$R_X = X_{MAX} - X_{MIN}$$

2.3.1.3 Número de intervalos de clase (K).

Este valor está relacionado con la cantidad de datos (N) de la muestra y generalmente se calcula con una regla de Sturges definida por:

$$K = 1 + 3.3 * \text{Log}(N)$$

2.3.1.4 Tamaño de intervalos de clase (C).

Para efectos de hallar la longitud o tamaño de los intervalos de clase de igual tamaño utilizamos la siguiente relación:

$$C = \frac{R_X}{K}$$

2.3.1.5 Determinación de los intervalos de clase.

El valor más bajo de los datos es considerado como el límite inferior del primer intervalo de clase, para luego agregar el ancho de clase y de esta manera obtener el límite superior de la primera clase repitiéndose esta operación K veces, es decir:

$$I_1 = [L_1, L_2)$$

$$L_1 = X_{MIN}$$

$$L_2 = X_{MIN} + C$$

2.3.1.6 Marcas de clase.

Las marcas de clase son los puntos medios de cada intervalo de clase:

$$X_i = \left[\frac{L_{i-1} + L_i}{2} \right]$$

2.3.1.7 Frecuencia absoluta de clase (fi).

Se denomina así al número de observaciones o datos que pertenecen a cada intervalo de clase, lo cual generalmente es determinado mediante la tabulación de los datos.

2.3.1.8 Frecuencia Absoluta Acumulada de Clase (Fi).

Es la sumatoria de las frecuencias absolutas de clase en cada intervalo de clase.

2.3.1.9 Medidas de tendencia central y posición.

Estas medidas se utilizan para indicar un valor que tiende a tipificar o a ser el más representativo de un conjunto de números. Las tres medidas que más comúnmente se emplean son la media, mediana y moda.

a) Media aritmética (u).

La media aritmética es lo que habitualmente se conoce como “promedio”, se obtiene al sumar los valores de un conjunto y al dividir el producto de esta suma entre el número de valores del mismo.

$$u = \frac{\sum_{i=1}^n f_i * X_i}{n}$$

Usar la media aritmética nos sirve para:

- Expresar globalmente una información que ofrecen los datos.
- Expresar una medida estable.
- Tener una medida consistente.
- Obtener un dato fundamental para otros estadísticos.

b) Mediana (u_m).

La segunda medida de tendencia central de un conjunto de números es la mediana. Su característica principal es que divide un conjunto ordenado en dos grupos iguales; la mitad de los números tendrá valores que son menores que la mediana, y la otra mitad alcanzará valores mayores que ésta. Para encontrar la mediana primeramente es necesario ordenar los valores (generalmente de menor a mayor). Posteriormente se deberá separar la mitad de los valores para obtener la mediana.

$$u_m = L_m + \left[\frac{\frac{n}{2} - F_{m-1}}{f_m} \right] * C_m$$

Donde:

L_m : Límite inferior del intervalo de clase de la Mediana.

n : Número total de datos.

F_{m-1} : Frecuencia acumulada del intervalo de clase que antecede al intervalo de la Mediana.

f_m : Frecuencia absoluta del intervalo de clase de la Mediana.

C_m : Ancho del intervalo de clase de la mediana.

c) Moda (u_o).

La moda es una medida de tendencia central que indica cuál es la puntuación, categoría o modalidad que más se repite en el conjunto de medidas.

$$u_o = L_o + \left[\frac{f_o - f_{o-1}}{(f_o - f_{o-1}) + (f_o - f_{o+1})} \right] * C_o$$

Donde:

L_o : Extremo inferior del intervalo modal (intervalo que tiene mayor frecuencia absoluta).

f_o : Frecuencia absoluta del intervalo modal.

f_{o-1} : Frecuencia absoluta del intervalo anterior al modal.

f_{o+1} : Frecuencia absoluta del intervalo posterior al modal.

C_o : Ancho del intervalo de clase de la moda.

d) Relación entre la Media, Mediana y Moda.

Si $media=moda=mediana$, distribución simétrica perfecta.

Si $media>mediana$, distribución asimétrica con cola a la derecha.

Si $media<mediana$, distribución asimétrica con cola a la izquierda.

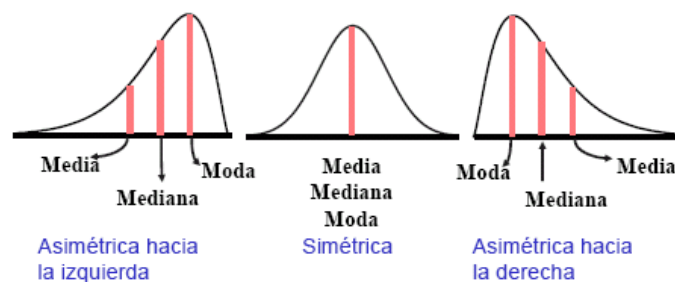


Figura 2. 1 Diferentes Distribuciones de la Campana de Gauss

2.3.1.11 Medidas de dispersión.

Éstas son necesarias para describir en forma adecuada un conjunto de datos. Además, para obtener información respecto a la parte media de un conjunto de números, es conveniente también tener un método para expresar la cantidad de dispersión que hay

entre los mismos. Las medidas de dispersión indican si los valores están relativamente cercanos uno del otro o si se encuentran dispersos.

a) Varianza (σ^2).

La varianza de una muestra se calcula casi en la misma forma que la desviación media, con dos pequeñas diferencias: 1) las desviaciones se elevan al cuadrado antes de ser sumadas y, 2) se obtiene el promedio utilizando $n-1$ en lugar de n . La varianza se puede calcular mediante la fórmula siguiente:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n f_i(X_i - u)^2}{n - 1}$$

b) Desviación estándar (σ).

El desvío estándar es simplemente la raíz cuadrada positiva de la varianza. Para obtener la desviación estándar se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_i(X_i - u)^2}{n - 1}}$$

El desvío estándar es una de las medidas de resumen que más se utiliza y desempeña un papel muy importante en la estadística. Es importante observar que las unidades de la desviación estándar son las mismas que las de la media. Por ejemplo, si la media está en unidades de presión (kg/cm^2), la desviación estándar también lo estará.

c) Coeficiente de variación (Cv).

Es una medida de dispersión relativamente adimensional que sirve para determinar el grado de homogeneidad o heterogeneidad de un grupo o serie estadística que se analiza, generalmente su valor es en términos porcentuales y es de gran utilidad sobre todo cuando se comparan distribuciones.

$$Cv = \frac{\sigma}{u} * 100$$

Para tener la confiabilidad de los datos se ha considerado evaluarlo con el parámetro de la desviación estándar y coeficiente de variación en función a la siguiente tabla:

Tabla 2. 3 Coeficiente de variación y desviación estándar

DISPERSIÓN TOTAL					
CLASE DE OPERACIÓN	DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA DIFERENTES GRADOS DE CONTROL				
	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	SUFICIENTE	DEFICIENTE
Concreto en Obra	Menor a 28.1	28.1 a 35.2	35.2 a 42.2	42.2 a 49.2	Mayor a 49.2
Concreto en Laboratorio	Menor a 14.1	14.1 a 17.6	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	Mayor a 24.6

DISPERSIÓN ENTRE TESTIGOS					
CLASE DE OPERACIÓN	COEFICIENTE DE VARIACIÓN (VT), PARA DIFERENTES GRADOS DE CONTROL				
	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	SUFICIENTE	DEFICIENTE
Concreto en Obra	Menor a 3	3 a 4	4 a 5	5 a 6	Mayor a 6
Concreto en Laboratorio	Menor a 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5	Mayor a 5

Fuente: Tópicos de Tecnología del Concreto, Ing. Enrique Pasquel Carvajal

2.5.1.12 Histograma de frecuencias.

Un histograma de frecuencias es una representación gráfica de barras o rectángulos continuos, cuyas bases son los límites reales de clase y las alturas están dadas por las frecuencias absolutas (f_i) o relativas (h_i) estas pueden ser representadas gráficamente de la siguiente manera:

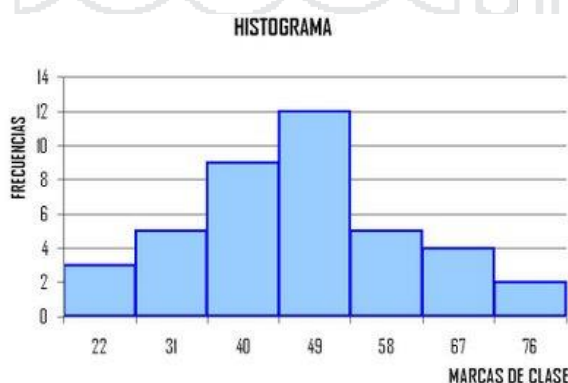


Figura 2. 2 Histograma de Frecuencias

2.3.1.13 Cálculo de la distribución normal.

Para poder entender el concepto de la distribución normal, debemos tener en cuenta algunos conceptos importantes los cuales se detallan a continuación:

a) *Variable Aleatoria.*

Es una función que asigna un número real a cada resultado en el espacio muestral de un experimento aleatorio. Es decir es razonable modelar el rango de los valores posibles de la variable aleatoria con un intervalo de números reales.

b) *Distribución de Probabilidad o Distribución de una Variable Aleatoria X.*

Es una descripción del conjunto de valores posibles de X (f_x) junto con la probabilidad asociada con cada uno de estos valores, siendo este el resumen más útil de un experimento aleatorio. En la presente tesis la probabilidad sería que los resultados lleguen a obtener la resistencia de diseño.

2.3.1.14 Distribución binomial.

En este caso la variable aleatoria es el conteo del número de ensayos que cumplen con un criterio específico, por lo que es razonable suponer que todos los ensayos que conforman el experimento aleatorio son “independientes”, esto quiere decir que el resultado obtenido en un ensayo no tiene ningún efecto sobre el resultado obtenido en un segundo ensayo, por lo tanto la probabilidad de éxito en cada ensayo es constante. Este tipo de distribución tiene solo dos resultados finales (el éxito o el fracaso).

2.3.1.15 Distribución normal o distribución de Gauss.

La distribución más usada para moldear experimentos aleatorios es la distribución normal, considerando el concepto básico de una variable aleatoria binomial que nos permite proporcionar aproximaciones a las probabilidades binomiales, tal que puede mostrarse un experimento aleatorio que está formado por una serie de ensayos independientes, donde cada uno da como resultado un valor observado de la variable aleatoria en particular.

Entonces la variable aleatoria que representa el resultado promedio de los ensayos tiende hacia una distribución con una función de densidad correspondiente a la siguiente función:

$$f_x = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-u)^2}{2\sigma^2}}$$

Donde:

- σ : Desviación Estándar, es una medida de dispersión de la resistencia a la compresión $f'c$ alrededor de la media.
- x : Variable Aleatoria, ($f'c$ de cada prueba).
- u : Media, nos proporciona una idea del lugar donde están concentrados los valores que toma la variable x ($f'c$ de cada prueba).
- σ^2 : Varianza, expresa cualitativamente la dispersión alrededor de la media, mide la variabilidad alrededor de la media.

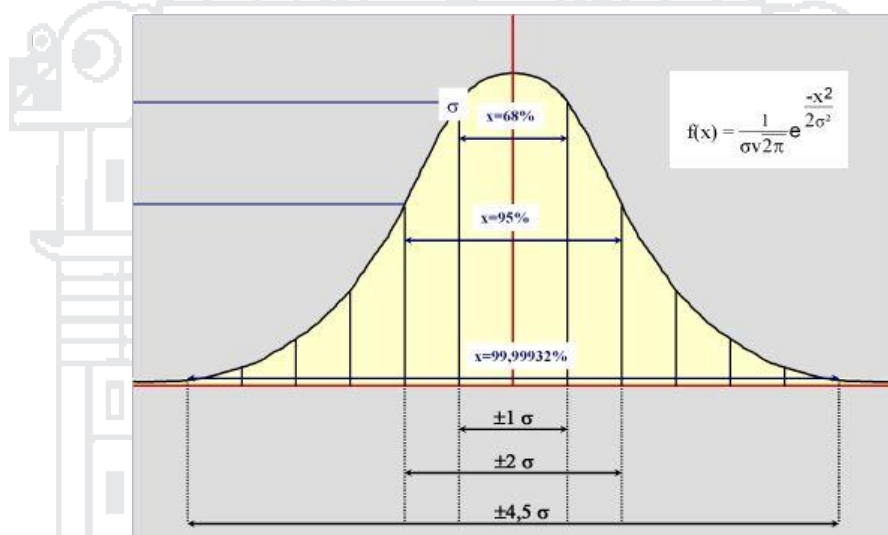


Figura 2. 3 Distribución de Gauss

2.3.2 Prueba de hipótesis

Para poder obtener conclusiones respecto a una población es necesario acudir a la estadística inferencial, que en función a estimadores como son: la desviación estándar, la media, mediana, moda, etc., y técnicas: la prueba de hipótesis y la estimación de parámetros; nos permiten inferir sobre las características de la misma.

La hipótesis en la estadística es una proposición que hace el investigador en base a uno o varios parámetros que permiten que ésta sea aceptada o rechazada respecto a un

solo número (estimador puntual), todo el procedimiento de toma de decisiones sobre la hipótesis se llama “PRUEBA DE HIPÓTESIS”.

No es posible saber con absoluta certeza la verdad o falsedad de una hipótesis estadística, pues para ello habría que trabajar con toda la población. En la práctica se toma una muestra aleatoria de la población de interés y se utilizan los datos que contiene la muestra para proporcionar evidencias que confirmen o no la hipótesis. Si la evidencia de la muestra es inconsistente con la hipótesis planteada, entonces ésta se rechaza y si la evidencia apoya a la hipótesis planteada, entonces ésta se acepta. (Morales, 2012)

Para poder utilizar la prueba de hipótesis los datos deberán representar una distribución Normal, lo cual se ha de comprobar en el análisis estadístico. Con la finalidad de evaluar las hipótesis planteadas, se realizó la prueba de hipótesis de igualdad de dos medias y varianzas conocidas.

El esquema para realizar una prueba de hipótesis acerca de un parámetro “ μ ” es el siguiente:

a) Identificar el parámetro de interés:

Es decir en base a qué parámetros se va a evaluar la hipótesis, pudiendo ser este parámetro la media “ μ ” de la Población.

Para el caso de esta investigación el parámetro de interés es la resistencia a la compresión promedio de cada grupo de concreto en estudio, se denotará como “ μ ”.

b) Establecer la hipótesis nula (H_0):

La hipótesis nula no tiene alternativas de cambio, está basada en un solo valor exacto del parámetro poblacional, generalmente se construye esta hipótesis como una igualdad ($\mu_1 = \mu_2$).

Sin embargo para la comparación de dos poblaciones, como es el caso de la presente investigación se plantea la siguiente Hipótesis Nula $H_0: \mu_1 \geq \mu_2$.

c) Especificar una apropiada hipótesis alternativa (H_a):

Existen dos tipos de hipótesis alternativa; la primera de ellas es la hipótesis bilateral la cual se utiliza cuando la conclusión que se quiere obtener no implica ninguna dirección específica, y la respuesta será “no es igual a”. La segunda es la

denominada hipótesis unilateral, que es la que se aplica en esta investigación, se utiliza cuando las proposiciones planteadas deben ser respondidas como “mayor que”, “menor que”, etc.

- Si $H_a: u_1 > u_2$, significa que la región crítica se encuentra en la cola superior de la distribución normal del estadístico de prueba.
- Si $H_a: u_1 < u_2$, significa que la región crítica se encuentra en la cola inferior de la distribución normal del estadístico de prueba.

Para fines de esta investigación se plantea, $H_a: u_1 < u_2$.

d) Seleccionar el nivel de significancia ($\alpha = 0.05, 0.01$ o 0.10):

Los niveles de significancia más recomendados son:

$\alpha = 0.10$ con 90% de probabilidad de certeza.

$\alpha = 0.05$ con 95% de probabilidad de certeza.

$\alpha = 0.01$ con 99% de probabilidad de certeza.

El Nivel de Significancia más usual con el que se analiza los resultados de resistencia del concreto es 0.05, con el cual se determina el Z de las tablas estadísticas Este Nivel de Significancia será utilizado en todos los casos, y se calcula interpolando los siguientes valores:

Tabla 2. 4 Determinación del nivel de significancia

	Puntuación "Z"	Distancia de "Z" a la media	Área de la parte mayor	Área de la parte menor
De la Tabla	1.64	0.4495	0.9495	0.0505
Interpolar	Z	-	0.9500	0.0500
De la Tabla	1.65	0.4505	0.9505	0.0495

Fuente: Del anexo G, tablas estadísticas.

De donde, para un Nivel de Significancia de 0.0500, $Z = 1.645$. Este valor se utilizará para todas las pruebas de hipótesis.

e) Establecer el test estadístico o estadístico de prueba:

El Estadístico de Prueba nos va a permitir rechazar o aceptar la hipótesis planteada, en función al valor que se obtenga y al nivel de significancia.

Si se tienen dos poblaciones en estudio y se quieren comparar una con la otra, el estadístico de prueba será:

$$Z_0 = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$$

Donde:

- Z_0 : Estadístico de prueba. (Normal).
- u_1 : Resistencia promedio del primer grupo.
- u_2 : Resistencia promedio del segundo grupo.
- σ_1 : Desviación estándar del primer grupo.
- σ_2 : Desviación estándar del segundo grupo.
- n_1 : Cantidad especímenes del primer grupo
- n_2 : Cantidad de especímenes del segundo grupo.

Donde se considera que si ambas poblaciones presentan una distribución Normal, entonces la distribución de $X_1 - X_2$, también será una distribución Normal con media $u_1 - u_2$ y varianza $\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}$.

Las puntuaciones Z nos indican la dirección y el grado en que un valor individual obtenido se aleja de la media (u) en una escala de unidades de desviación estándar. (Zapata C., 2007)

f) Establecer la región de rechazo para el estadístico:

La Región de Rechazo se realiza en base a la puntuación de Z . Si el valor calculado del test estadístico cae en la región crítica rechazar H_0 , en caso contrario

no rechazar H_0 y concluir que la muestra aleatoria no proporciona evidencia para rechazarla.

En la Figura 2.4 se muestra la región de rechazo de acuerdo al planteamiento para esta investigación, dicha región se encuentra sombreada. Para la investigación se plantea:

Hipótesis Nula $H_0: u_1 \geq u_2$.

Hipótesis Alternativa $H_a: u_1 < u_2$.

Entonces se rechaza la hipótesis nula, si $Z_0 < Z$ (Z adquiere valores negativos, por tratarse de una Hipótesis Alternativa unilateral con cola inferior de la distribución normal).

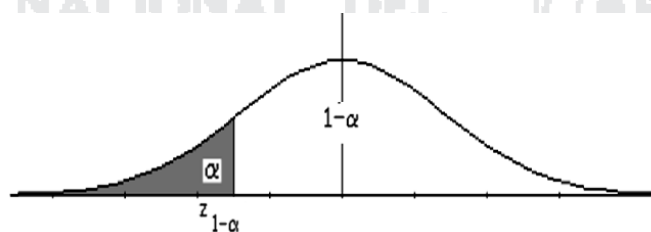


Figura 2. 4 Rango de aceptación y rechazo de la hipótesis nula (Morales, 2012).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Propiedades de los agregados

3.1.1 Estudio y ubicación de la cantera de los agregados.

Los agregados usados en este trabajo fueron extraídos de la cantera Cutimbo, se optó por esta cantera porque estos agregados son los más utilizados en obras civiles en la ciudad de Puno, por ser accesibles, cercanos y de buena calidad.

La otra alternativa era el agregado de la cantera Viluyo, si bien es cierto este material presenta mejores cualidades físicas que el agregado de la cantera Cutimbo, actualmente el acceso a dicha cantera es limitado, debido a que, con los años, se ha dañado el lecho del río y este en la actualidad representa un problema para los poblados aledaños, motivo por el cual los pobladores han optado por ya no permitir la explotación de agregados.

Son en su mayoría de origen sedimentario, donde la acción erosiva de las aguas pluviales, la fuerza hidráulica y el acarreo de estos minerales, nos proporcionan un agregado de forma redondeada, denominados cantos rodados.

Cantera Cutimbo

La ubicación de la cantera permite conocer la accesibilidad al material así como la influencia en el mercado, y su aplicación en la ciudad de Puno, y sus características son las siguientes: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones).

Ubicación	: Desvío Puente Cutimbo Salida a Moquegua.
Acceso	: Lado izquierdo del eje a 30m.
Propietario	: Municipalidad Distrital de Pichacani.

Material : Arena y grava de río.
 Profundidad : 4 m.
 Estrato Orgánico : 5 cm.
 Over : 3%.
 Área Aproximada : 15000 m².
 Potencia Bruta : (Área Aproximada x Profundidad) 60000 m³.
 Desbroce : (Área Aproximada x Estrato Orgánico) 750 m³.
 Over : 1800 m³.
 Potencia Efectiva : (Potencia Bruta – Over – Desbroce) 57450 m³

Tabla 3. 1 Coordenadas UTM de la cantera Cutimbo

COORDENADAS UTM : ZONA 19 South				
Nro.	Nombre	Norte	Este	Altura Geoidal
1.-	CUTIMBO	8,226,656.00	391,755.00	3,917.00

Fuente: Ministerio de transportes y Comunicaciones

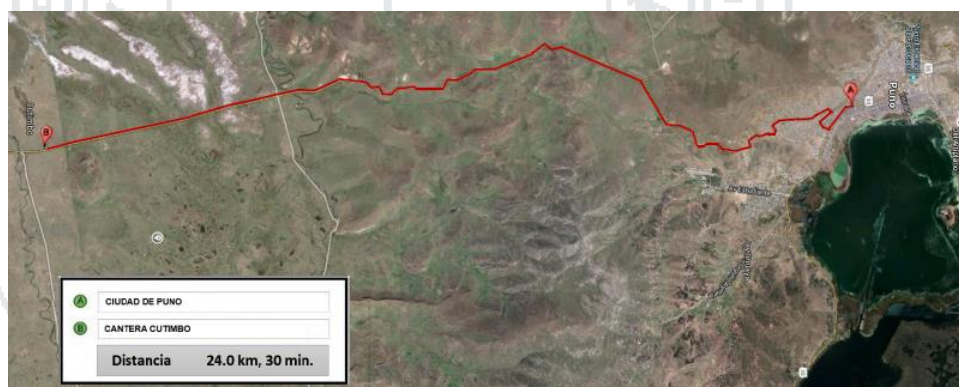


Figura 3. 1 Ubicación de Cantera de los Agregados, (A) Ciudad de Puno, (B) Cantera Cutimbo

3.1.2 Ensayos realizados en los agregados.

Los ensayos mencionados a continuación se realizaron basándose en el Manual de Ensayo de Materiales (EM 2000 del MTC), estos se hicieron tanto para el agregado fino como para el agregado grueso con algunas distinciones según indica el manual.

3.1.2.1 Contenido de humedad

Este ensayo se realizó de acuerdo al EM 2000, MTC E 108 – 2000; “MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO”, el cual está basado en la norma ASTM D2216.

Equipo utilizado

- Balanza con precisión a 0.1% del peso de la muestra ensayada.
- Taras
- Horno a 105 +/- 5°C

Descripción del proceso

- Se cuartea el material para tomar una muestra representativa, se coloca la muestra en envases previamente tarados.
- Se registra el peso de la tara más el material “húmedo” y se lleva al horno por 24 horas a 105 +/- 5°C; pasado este tiempo, y luego del enfriado, se procede a pesar el material seco.
- Se toman 3 muestras para sacar un promedio para que el ensayo sea más aproximado.

$$W = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso seco del suelo}} * 100$$

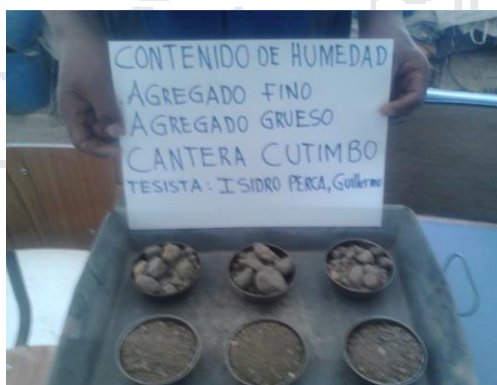


Figura 3. 2 Contenido de Humedad - A.Grueso y A. Fino.

Cálculos

Tabla 3. 2 Contenido de humedad, agregado fino

AGREGADO FINO			
Nro. de Tara	T-8	N-3	E-1
Peso de Tara (gr.)	16.00	16.17	16.21
Peso de Tara + M. Húmeda (gr.)	132.59	137.99	145.19
Peso de Tara + M. Seca (gr.)	131.37	136.63	143.8
Peso de Agua (gr.)	1.22	1.36	1.39
Peso Muestra Seca (gr.)	115.37	120.46	127.59
Contenido de humedad W%	1.06%	1.13%	1.09%
Promedio cont. Humedad W%	1.09%		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. 3 Contenido de humedad, agregado grueso

AGREGADO GRUESO			
Nro. de Tara	N-1	N-4	A-24
Peso de Tara (gr.)	16.54	16.24	16.49
Peso de Tara + M. Húmeda (gr.)	162.25	159.55	163.56
Peso de Tara + M. Seca (gr.)	161.17	158.17	162.44
Peso de Agua (gr.)	1.08	1.38	1.12
Peso Muestra Seca (gr.)	144.63	141.93	145.95
Contenido de humedad W%	0.75%	0.97%	0.77%
Promedio cont. Humedad W%	0.83%		

Fuente: Elaboración propia

Resultados

Tabla 3. 4 Resultados del contenido de humedad del agregado fino y grueso

Descripción	Agregado	Agregado
	Fino	Grueso
contenido de humedad w%	1.09%	0.83%

Fuente: Elaboración propia

3.1.2.2 Peso específico y absorción de los agregados finos

El método de ensayo de gravedad específica o densidad relativa, cubre la determinación de la densidad promedio de una cantidad de partículas de agregado grueso, no incluyendo el volumen de vacíos entre las partículas. Se realizó de acuerdo al EM 2000, MTC E 205 – 2000; PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS FINOS, el cual está basado en la norma ASTM C128.

Equipo utilizado

- Balanza
- Picnómetro
- Molde cónico (cono de absorción)
- Varilla para apisonado metálica
- Bandejas
- Equipo que proporcione calor a una intensidad moderada

Descripción del proceso

- Se selecciona una muestra de 1 kg. aproximadamente, asegurándose que es el material pasante de la malla N° 4, a continuación este material se sumerge en el agua por un periodo de 24 horas para lograr su saturación.
- Una vez saturado, se decanta cuidadosamente el agua y comienza el proceso de desecado, poniendo el material fino en un recipiente metálico y suministrándole calor a través de una cocinilla eléctrica graduable tratando, todo el tiempo, de que este proceso sea homogéneo y constante.
- A continuación se toma el material y se rellena el tronco de cono cuidadosamente y se apisona sin mayor fuerza con 25 golpes sobre la superficie, se retira el cono y se verificará el primer desmoronamiento lo cual indica el estado saturado superficialmente seco (S.S.S.) del agregado, que es el objetivo de esta sección del ensayo.
- Se toma el material resultante del proceso anterior y se introduce una cantidad adecuada, en el picnómetro previamente tarado y se determina su peso; en

seguida se llena de agua hasta un 90% aproximadamente de su capacidad y se retira el aire atrapado girando el picnómetro y sometiéndolo a baño maría.

- Finalmente el picnómetro lleno hasta el total de su capacidad se pesa, se decanta nuevamente el agua y el agregado se retira a una tara para ser secado al horno por 24 horas y se determina también el peso seco de este material.

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{B + S - C}$$

$$\text{Peso específico aparente (S.S.S.)} = \frac{S}{B + S - C}$$

$$\text{Peso específico nominal} = \frac{A}{B + A - C}$$

$$\text{Absorción} = \frac{S - A}{A} * 100$$

Dónde:

A: Peso seco de la muestra.

B: Peso del frasco + agua.

C: Peso del frasco + agua + muestra.

S: Peso de la muestra saturada con superficie seca.



Figura 3. 3 Primer desmoronamiento, estado S.S.S.

Cálculos

Tabla 3. 5 Datos del ensayo de peso específico

1	Peso de la arena superficialmente seca + Peso del frasco + Peso del agua (gr.)...(C)	1805.16
2	Peso de la arena superficialmente seca + Peso del frasco (gr.)	1219.76
3	Peso del Agua (gr.)	585.4
4	Peso de la arena secada al horno + Peso del frasco (gr.)	1199.53
5	Peso del frasco (gr.)	717.73
6	Peso de la arena secada al horno (gr.).....(A)	481.8
7	Volumen del frasco (cm ³)	770
8	Peso de la muestra de arena superficialmente seca (gr.).....(S)	502.03
9	Peso del frasco + Agua (gr.).....(B)	1487.72

Fuente: Elaboración propia

Resultados

Tabla 3. 6 Resultados del peso específico y absorción del agregado fino

Peso específico y absorción	
Peso específico aparente	2.61 gr/cm ³
Peso específico aparente S.S.S.	2.72 gr/cm ³
Peso específico nominal	2.93 gr/cm ³
Absorción	4.20%

Fuente: Elaboración propia

3.1.2.3 Peso específico y absorción de los agregados gruesos

El presente ensayo se realizó de acuerdo al EM 2000, MTC E 206 – 2000; PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS GRUESOS, el cual está basado en la norma ASTM C127.

Equipo utilizado

- Horno 105 +/- 5 °C
- Recipientes
- Balanza
- Probeta graduada

Descripción del proceso

- De acuerdo al MTC E 206 se obtiene una muestra representativa de 3kg para un TMN de 1", la cual se satura por 24 horas, en seguida se retira el agregado cuidadosamente y se vierte sobre un paño absorbente.
- Seguidamente para obtener su estado saturado superficialmente seco mediante secado manual, se toma cierto porcentaje de la muestra S.S.S., aproximadamente 600gr, se pesa y se introduce este material a un recipiente que está sumergido en agua y que pende de una balanza de precisión adecuada, se determina su peso sumergido y a continuación este mismo material se seca en un horno por 24 horas y se determina, también, su peso seco.

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{Peso específico aparente (S.S.S.)} = \frac{B}{B - C}$$

$$\text{Peso específico nominal} = \frac{A}{A - C}$$

$$\text{Absorción} = \frac{B - A}{A} * 100$$

Donde:

A: Peso al aire de la muestra seca al horno. (gr.)

B: Peso de la muestra S.S.S. (gr.)

C: Peso en el agua de la muestra saturada. (gr.)



Figura 3. 4 Agregado grueso en estado S.S.S.

Cálculos

Tabla 3. 7 Datos del ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso

1	Peso de la muestra secada al horno (gr.).....(A)	5083.54
2	Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr.).....(B)	5255.91
3	Peso sumergido de la canastilla	0.00
4	Peso sumergido de la canastilla + Muestra SSS (gr.)	3210.65
5	Peso sumergido en agua de la muestra saturada (gr.).....(C)	3210.65

Fuente: Elaboración propia

Resultados

Se muestra a continuación los valores obtenidos del ensayo de gravedad específica y Absorción de los agregados de la cantera de Cutimbo:

Tabla 3. 8 Resultado del peso específico y absorción del agregado grueso

Peso específico y absorción	
Peso específico aparente	2.49 gr/cm ³
Peso específico aparente S.S.S.	2.57 gr/cm ³
Peso específico nominal	2.71 gr/cm ³
Absorción	3.39 %

Fuente: Elaboración propia

3.1.2.4 Peso unitario y porcentaje de vacíos de los agregados

Este ensayo nos permite conocer el peso unitario del agregado en su condición compactada o suelta y calcular los huecos entre las partículas en una masa de agregado grueso, el tamaño del agregado tiene que estar por debajo de 5 pulgadas (125mm). Se realizó de acuerdo al EM 2000, MTC E 203 – 2000; PESO UNITARIO Y VACÍOS DE LOS AGREGADOS, el cual está basado en la norma ASTM C29

Equipo utilizado

- Balanza
- Varilla compactadora
- Recipientes de volúmenes adecuados.

Descripción del proceso

- Se elige un molde de dimensiones adecuadas, de acuerdo al TMN del agregado, sin embargo para el ensayo se utilizó un molde de briqueta de 15

cm x 30 cm aproximadamente, por ser el más aproximado a las recomendaciones del ensayo. Se determina su peso y dimensiones de tal manera que se pueda lograr su volumen.

- Para determinar el peso unitario compactado por apisonado del agregado se deberá colocar el material en tres capas de igual volumen, de tal manera que colmen el molde; cada capa recibe un total de 25 golpes con el apisonador sin que este choque a la base o altere capas inferiores de agregado, finalmente se enrasa el molde con el mismo apisonador y se pesa el molde más agregado.
- Para determinar el peso unitario suelto del agregado, el procedimiento es similar, más en este caso no se utiliza el apisonador, solo se deja caer la muestra desde una altura no mayor a 2" desde el borde superior con una herramienta adecuada que puede ser una cuchara, se enrasa y pesa como en el caso anterior.
- **NOTA.** El procedimiento es el mismo para el agregado grueso y fino; se usó también el mismo molde y para calcular vacíos en el agregado se usó el dato peso específico aparente el cual será hallado en el ensayo gravedad específica y absorción de los agregados gruesos.



Figura 3. 5 Peso unitario suelto y compacto del agregado fino

Cálculos

Agregado fino

Tabla 3. 9 Peso unitario suelto del agregado fino

AGREGADO FINO			
Molde Nro.	I	II	III
Peso del molde gr.....(A)	7350	7350	7350
Peso de molde + Muestra gr.....(B)	15625	15570	15615
Peso de la muestra gr.....(B-A)	8275	8220	8265
Volumen de molde cm ³(C)	5560	5560	5560
Peso unitario gr/cm ³((B-A)/C)	1.49	1.48	1.49
Peso unitario suelto kg/m ³		1484	
Peso unitario suelto gr/cm ³		1.484	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. 10 Peso unitario compactado del agregado fino

AGREGADO FINO			
Molde Nro.	I	II	III
Peso del molde gr.....(A)	7350	7350	7350
Peso de molde + Muestra gr.....(B)	16125	16170	16201
Peso de la muestra gr.....(B-A)	8775	8820	8851
Volumen de molde cm ³(C)	5560	5560	5560
Peso unitario gr/cm ³((B-A)/C)	1.58	1.59	1.59
Peso unitario compactado kg/m ³		1585	
Peso unitario compactado gr/cm ³		1.585	

Fuente: Elaboración propia

Agregado grueso

A continuación se muestran los valores obtenidos del ensayo de Peso Unitario para agregado grueso.



Figura 3. 6 Peso unitario suelto y compacto del agregado grueso

Tabla 3. 11 Peso unitario suelto del agregado grueso

AGREGADO GRUESO			
Molde Nro.	I	II	III
Peso del molde gr.....(A)	7350	7350	7350
Peso de molde + Muestra gr.....(B)	15565	15550	15535
Peso de la muestra gr.....(B-A)	8215	8200	8185
Volumen de molde cm ³(C)	5560	5560	5560
Peso unitario gr/cm ³((B-A)/C)	1.48	1.47	1.47
Peso unitario suelto kg/m ³		1475	
Peso unitario suelto gr/cm ³		1.475	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. 12 Peso unitario compactado del agregado grueso

AGREGADO GRUESO			
Molde Nro.	I	II	III
Peso del molde gr.....(A)	7350	7350	7350
Peso de molde + Muestra gr.....(B)	16250	16230	16235
Peso de la muestra gr.....(B-A)	8900	8880	8885
Volumen de molde cm ³(C)	5560	5560	5560
Peso unitario gr/cm ³((B-A)/C)	1.60	1.60	1.60
Peso unitario compactado kg/m ³		1599	
Peso unitario compactado gr/cm ³		1.599	

Fuente: Elaboración propia

3.1.2.5 Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos

El presente ensayo se realizó de acuerdo al EM 2000, MTC E 204 – 2000; ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS, el cual está basado en la norma ASTM C136.

Equipo utilizado

- Balanza con aproximación a 0.1% del peso del material ensayado.
- Tamices normalizados (1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200, base y tapa)
- Horno a 105 +/- 5°C

Descripción del proceso

- Se separa el material por la malla N°4, el retenido será agregado grueso y el fino será el que pase este tamiz.
- Una vez obtenido el material seco y libre de impurezas se vierte en el juego de tamices y se comienza el proceso con ligeros golpes y girando el conjunto hasta obtener peso constante en cada tamiz.
- Para el agregado grueso, por ser mayor la cantidad, el total de la muestra se pasará por cada tamiz.
- Cada cantidad retenida de agregado se pesa, incluyendo lo que queda en la base; además se deberá pesar el total del material antes de comenzar la

operación y compararla con la suma de los retenidos en las mallas, que como se explicó, esta diferencia no deberá exceder el 0.3%.



Figura 3. 7 Análisis Granulométrico – A. Fino y A. Grueso

Cálculos

Agregado fino

Tabla 3. 13 Granulometría del agregado fino

GRANULOMETRÍA - AGREGADO FINO					
TAMICES	ABERTURA	PESO	%	% RETENIDO	% QUE
ASTM	mm	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	PASA
			PARCIAL		
No 4	4.76	0	0.00%	0.00%	100.00%
No 8	2.38	828.34	24.21%	24.21%	75.79%
No 10	2				
No 16	1.19	733.01	21.42%	45.63%	54.37%
No 20	0.84				
No 30	0.59	786.76	22.99%	68.63%	31.37%
No 40	0.42				
No 50	0.3	762.94	22.30%	90.92%	9.08%
No 60	0.25				
No 80	0.18				
No 100	0.149	231.4	6.76%	97.69%	2.31%
No 200	0.074	56.85	1.66%	99.35%	0.65%
BASE		22.32	0.65%	100.00%	0.00
TOTAL		3421.62	100.00%		
W. SECO INICIAL		3428.24			
% PÉRDIDA		0.19%			

Fuente: Elaboración propia

Agregado grueso

El agregado redondeado de la cantera Cutimbo se encuentra en el Huso 57

Tabla 3. 14 Granulometría del agregado grueso

GRANULOMETRÍA - AGREGADO GRUESO					
TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1 1/2"	38.1	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.4	640.00	12.13%	12.13%	87.87%
3/4"	19.05	710.00	13.46%	25.59%	74.41%
1/2"	12.7	1190.00	22.56%	48.15%	51.85%
3/8"	9.525	800.00	15.17%	63.32%	36.68%
1/4"	6.35	1780.00	33.74%	97.06%	2.94%
No 4	4.76	155.00	2.94%	100.00%	0.00%
BASE TOTAL		5275	100.00%		

Fuente: Elaboración propia

Requisitos de calificación para gruesos Agregados																
Tamaño Número	Tamaño Nominal (Tamices con Abertura Cuadrada)	Cantidades mas finas que cada tamiz de laboratorio (aberturas cuadradas), % en peso														
		100 mm (4")	90 mm (3 1/2")	75 mm (3")	63 mm (2 1/2")	50 mm (2")	37.5 mm (1 1/2")	25.0 mm (1")	19.0 mm (3/4")	12.5 mm (1/2")	9.5 mm (3/8")	4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	1.18 mm (N° 16)	300 µm (N° 50)	
1	90 a 37.5 mm (3 1/2" a 1 1/2")	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 15							
2	63 a 37.5 mm (2 1/2" a 1 1/2")			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 15							
3	50 a 25.0 mm (2" a 1")				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 15						
357	50 a 4.75 mm (2" a N° 4)				100	95 a 100		35 a 70	10 a 30		0 a 15					
4	37.5 a 19.0 mm (1 1/2" a 3/4")					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 15					
467	37.5 a 4.75 mm (1 1/2" a N° 4)					100	95 a 100		35 a 70	10 a 30	0 a 15					
5	25.0 a 12.5 mm (1" a 1/2")						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 15					
56	25.0 a 9.5 mm (1" a 3/8")						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5				
57	25.0 a 4.75 mm (1" a N° 4)						100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5			
6	19.0 a 9.5 mm (3/4" a 3/8")							100	95 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5				
67	19.0 a 4.75 mm (3/4" a N° 4)							100	95 a 100		20 a 55	5 a 10	0 a 5			
7	12.5 a 4.75 mm (1/2" a N° 4)								100	95 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5			
8	9.5 a 2.36 mm (3/8" a N° 8)									90 a 100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5		
89	9.5 a 1.18 mm (3/8" a N° 16)										100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4.75 a 1.18 mm (N° 4 to N° 16)											100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Figura 3. 8 Clasificación requerida para Agregado Grueso



Figura 3. 9 Material de la Cantera de Cutimbo separado por mallas 11/2” y #4.

En la Tabla 3.15 se observan los límites de (Material pasante) proporcionados por la ASTM C 33, en los que se observa las gradaciones de agregados gruesos (Huso No 57).

Tabla 3. 15 Tabla de clasificación para el Agregado grueso, ASTM C33

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	HUSO N° 57	
					MIN %	MAX %
1 1/2"	38.100	0.00%	0.00%	100.00%	100	100
1"	25.400	12.13%	12.13%	87.87%	95	100
3/4"	19.050	13.46%	25.59%	74.41%		
1/2"	12.700	22.56%	48.15%	51.85%	25	60
3/8"	9.525	15.17%	63.32%	36.68%		
1/4"	6.350	33.74%	97.06%	2.94%		
No 4	4.760	2.94%	100.00%	0.00%	0	10
No 8	2.380				0	5

Fuente: Elaboración propia

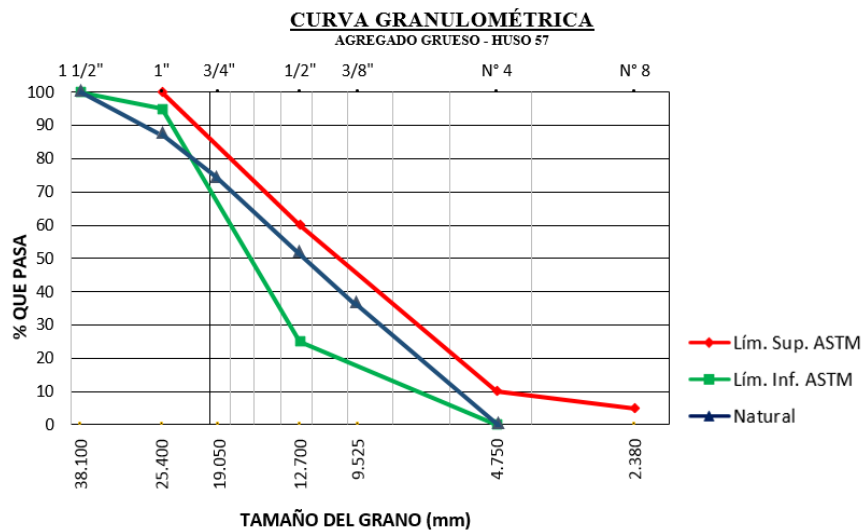


Figura 3. 10 Curvas Granulométricas, que representa los límites máximo y mínimo del Huso N° 57, y curva del agregado Cutimbo empleado

3.1.2.6 Módulo de fineza de los agregados gruesos y finos

El módulo de fineza nos indica el grosor promedio del agregado, más no nos determina la continuidad de su granulometría. Es un factor importante pues nos indica en forma directa la influencia en la plasticidad, la cantidad de agua y hasta la cantidad de cemento, este dato se determina de la suma de los porcentajes acumulados retenidos de las mallas Standard, hasta la malla Nro. 100, dividiendo luego este valor entre 100. (Zapata, 2007)

Agregado Grueso.

En el caso del agregado grueso, hallar un valor muy alto de módulo de fineza indicará que se trata de un agregado, de altos porcentajes de material retenido en las mallas más gruesas, por lo tanto al tener menor superficie específica que cubrir se reducirá la cantidad de pasta de cemento. (Zapata, 2007)

3.2 Diseño de mezcla de concreto

Una vez que se conocen las propiedades de cada uno de los componentes del concreto, podemos combinarlos en proporciones adecuadas buscando así cumplir con las especificaciones solicitadas (resistencia a la compresión, flexión y trabajabilidad), y tener un comportamiento eficiente ante las condiciones a las que estará expuesto. Es importante

también mencionar la factibilidad de los costos de materiales para la producción del mismo.

El diseño de mezclas se ha realizado por el método del Módulo de Fineza, buscando así obtener una mejor combinación de los agregados grueso y fino (en función de sus módulos de fineza).

La resistencia a la compresión de diseño se plantea 210 kg/cm² (a los 28 días), puesto que ésta es considerada como la resistencia mínima en elementos estructurales.

Tabla 3. 16 Secuencia del Diseño de Mezcla: Método del Módulo de Fineza

DISEÑO DE MEZCLA (Método: Módulo de Fineza)	
Datos Iniciales	- Resistencia Promedio Requerida. - Selección del Tamaño Máximo ó Tamaño Máximo Nominal. - Selección del Asentamiento.
Datos Externos (Tablas)	- Determinación del Volumen Unitario de Agua. - Selección de Contenido de Aire. - Selección de la Relación A/C.
Datos Obtenidos	- Factor Cemento. - Volumen Absoluto de Pasta. - Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados.
Diseño Final	- Volúmenes Absolutos de Agregados. - Diseño por volúmenes absolutos. - Corrección por humedad.

Fuente: *Elaboración Propia.*

3.2.1 Los materiales

3.2.1.1 Materiales Cementantes

Se ha optado por trabajar con Cemento Portland tipo IP (ASTM C150) marca RUMI, por ser éste de uso general para obras sin especificaciones particulares, y la marca RUMI por ser esta comercial en la ciudad de Puno. El peso específico fue considerado como 2.99 gr/cm³ tal como (Huaranca, 2015)¹ analizó.

¹ Tesis: “Influencia de Cenizas Volantes Como Sustituto del Cemento Portland en las Características del Concreto con Agregados de la Cantera Cutimbo”.

3.2.1.2 Agregados

Se utilizaron los agregados provenientes de la cantera Cutimbo, el tamaño estándar del agregado grueso se ciñe a la gradación N° 57 (ASTM C 33). Y éstos presentan las siguientes características:

Tabla 3. 17 Propiedades del Agregado de la Cantera Cutimbo

Cantera Cutimbo	A. Grueso	A. Fino
Tamaño Máximo	11/2"	Nro 4
Tamaño Máximo Nominal	1"	-
Peso Específico (gr/cm ³)	2.49	2.61
Peso Unitario Suelto (gr/cm ³)	1.475	1.484
Peso Unitario Compacto (gr/cm ³)	1.599	1.585
Contenido de Humedad (%)	0.83	1.09
Absorción (%)	3.39	4.20
Módulo de Fineza	6.89	3.27

Fuente: Elaboración Propia.

3.2.1.3 Agua

Se usó agua potable de la Urb. Ciudad Jardín, Jayllihuaya - PUNO.

3.2.1.4 Fibras de polipropileno

Los datos técnicos de la fibra de polipropileno empleada se encuentran en la Ficha Técnica adjunta en los anexos de la presente investigación (*Anexo H*), la cantidad y material de Fibras que se consideraron en la presente investigación fueron determinados de acuerdo a las conclusiones y recomendaciones de antecedentes de la investigación.

3.2.2 Diseño de Mezcla $f'c$ 210 kg/cm² – Método: Módulo de Fineza

A continuación se presenta la secuencia del diseño de mezcla del concreto patrón (Concreto Normal - CN).

a) Cálculo de la resistencia promedio

Puesto que no se cuenta con registros anteriores de desviación estándar, para el cálculo de la resistencia promedio se utilizó la siguiente tabla:

Tabla 3. 18 Resistencia Promedio

$f'c$	$f'cr$
Menos de 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 84$
Sobre 350	$f'c + 98$

*Fuente: Enrique Riva Lopez,
"Diseño de mezclas". Pág. 57.*

Por lo tanto para una resistencia de diseño de 210 kg/cm², se considera el factor de 84 kg/cm², obteniendo una resistencia promedio de 294 kg/cm².

b) Tamaño máximo nominal del agregado

El tamaño máximo nominal del agregado grueso considerado para la presente investigación es de 1", siendo el tamaño máximo 1 ½".

c) Selección del asentamiento

Se ha considerado realizar el diseño de mezcla con una consistencia plástica con el fin de garantizar la trabajabilidad del concreto, teniéndose un revenimiento de 3" a 4".

d) Volumen unitario de agua

Para la determinación del volumen unitario de agua, se ha considerado la siguiente tabla establecida por el ACI 211:

Tabla 3. 19 Volumen unitario de agua

Asentamiento	Agua en l/m ³ , para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concretos sin aire incorporado								
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	---

Fuente: Enrique Riva Lopez, "Diseño de mezclas". Pág. 78.

Por lo tanto para una mezcla de consistencia plástica (revenimiento de 3" a 4"), y de tamaño máximo nominal de 1", se tiene un volumen unitario de 193 l/m³.

e) Selección del contenido de aire

Puesto que no ha sido considerado la incorporación de aire en el diseño, se procede a obtener el porcentaje de aire atrapado, según la siguiente tabla:

Tabla 3. 20 Contenido de aire atrapado

Contenido de aire atrapado	
Tamaño máximo nominal	Aire atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

Fuente: Enrique Riva Lopez, "Diseño de mezclas". Pág. 85.

Por lo tanto para un tamaño máximo nominal de 1", se tiene 1.5% de aire atrapado en la mezcla.

f) Relación agua/cemento

En este paso se ha considerado, la elección de la relación agua/cemento según a las condiciones de exposición, garantizando así su durabilidad.

Tabla 3. 21 Relación agua cemento a/c

Condiciones de exposición	Rel. a/c máxima en concretos con agregados de peso normal	Resistencia en compresión mínima en concreto con agregado liviano
Concretos de baja permeabilidad		
- Expuesto a agua dulce	0.50	260
- Expuesto a agua de mar	0.45	
- Expuesto a la acción de aguas cloacales	0.45	
Concreto expuesto a congelamiento y deshielo en condición húmeda		
- Sardineles, cunetas y secciones delgadas	0.45	300
- Otros elementos	0.50	
Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salobres, neblina, o rocío de ésta agua.	0.40	325
Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm.	0.45	300

Fuente: Enrique Riva Lopez, "Diseño de mezclas". Pág. 101.

Considerando que el concreto diseñado en la ciudad de Puno estará expuesto a condiciones severas, se establece 0.50 como relación a/c.

g) Factor cemento

Determinamos el factor cemento por la siguiente expresión:

$$FC = \frac{\text{Vol. unitario de agua}}{\text{Relación a/c}} = \frac{193 \text{ l/m}^3}{0.50} = 386 \text{ kg/m}^3$$

h) Cálculo del volumen absoluto de pasta

Determinamos los volúmenes unitarios de los componentes de la pasta

$$\text{Vol. unitario de cemento} = \frac{\text{Factor Cemento}}{\text{P. e. del cemento}} = \frac{386 \text{ kg/m}^3}{2990 \text{ kg/m}^3} = 0.129$$

$$\text{Vol. unitario de agua} = \frac{\text{Vol. unit. agua}}{\text{P. e. del agua}} = \frac{193 \text{ l/m}^3}{1000 \text{ l/m}^3} = 0.193$$

$$\text{Vol. unitario de Aire} = \% \text{ de aire atrapado} = 1.5\% = 0.015$$

Tabla 3. 22 Volúmenes absolutos de pasta

Volúmen absoluto de Pasta	
Cemento	0.129
Agua	0.193
Aire	0.015
Volumen absoluto	0.337

Fuente: Elaboración propia

i) Cálculo del volumen absoluto de agregado

Siendo el agregado complemento de la pasta, se tiene que:

$$\text{Vol. absoluto de agregado} = \text{Vol. total (1)} - \text{Vol. absoluto de la pasta}$$

$$\text{Vol. absoluto de agregado} = 1 - 0.337 = 0.663$$

j) Cálculo del módulo de fineza de la combinación de agregados

Una vez conocido el volumen absoluto de agregado en general, necesitamos obtener los volúmenes absolutos de los agregados grueso y fino respectivamente. Para ello es necesario determinar el módulo de fineza de la combinación de agregados (m), en la siguiente tabla:

Tabla 3. 23 Módulo de fineza de la combinación de los agregados

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Módulo de fineza de la combinación de agregados, que da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en sacos/m ³ indicados.			
	6	7	8	9
3/8"	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.16	6.24	6.31	6.39

Fuente: Enrique Riva Lopez, "Diseño de mezclas". Pág. 121.

En la tabla encontramos valores de módulos de fineza de la combinación de agregados (m), que ofrecen las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en bolsas/m³, entonces para el presente diseño de mezcla:

$$N^{\circ} \text{ de bolsas de cemento por } m^3 = \frac{\text{Factor cemento}}{\text{Peso de la bolsa}} = \frac{386}{42.5} = 9.08$$

Por lo tanto, interpolando se obtiene que para 9.08 bolsas/m³ de concreto el módulo de fineza de la combinación de agregados ($m = 5.496$).

k) Cálculo del valor Rf.

Obtenido a partir de la siguiente expresión:

$$Rf = 100 * \frac{(mg - m)}{(mg - mf)} = 100 * \frac{(6.89 - 5.496)}{(6.89 - 3.27)} = 38.51\%$$

Dónde:

Rf : Porcentaje de agregado fino en relación al volumen absoluto de agregado.

m : Módulo de fineza de la combinación de agregados.

mg : Módulo de fineza del agregado grueso.

mf : Módulo de fineza del agregado fino.

l) Cálculo de los volúmenes absolutos del agregado.

Se procede a obtener los volúmenes absolutos de agregado fino y grueso:

$$\text{Vol. abs. de agregado fino} = Rf * \text{Vol. abs. del agregado}$$

$$\text{Vol. abs. de agregado fino} = 0.3851 * 0.663 = 0.255$$

Por lo tanto:

$$\text{Vol. abs. de agregado grueso} = 0.663 - 0.255 = 0.408$$

m) Cálculo de los pesos secos del agregado.

$$\text{Peso seco ag. fino} = \text{Vol. abs. de ag. fino} * P. e. \text{ del ag. fino}$$

$$\text{Peso seco ag. fino} = 0.255 * 2610 \frac{kg}{m^3} = 665.55 \frac{kg}{m^3}$$

$$\text{Peso seco ag. grueso} = \text{Vol. abs. de ag. grueso} *$$

P. e. del ag. grueso

$$\text{Peso seco ag. grueso} = 0.408 * 2490 \frac{kg}{m^3} = 1015.92 \frac{kg}{m^3}$$

n) Diseño de mezcla final.

Tabla 3. 24 Diseño de mezcla final

	Pesos secos	Corrección por Humedad	Corrección por Absorción	Pesos Corregidos	Proporciones del diseño de mezcla en peso por bolsa
Cemento	386.00 kg/m ³	-		386.00 kg/m ³	1
Agregado fino	665.55 kg/m ³	7.25 l.	27.95 l.	672.80 kg/m ³	1.74
Agregado grueso	1015.92 kg/m ³	8.43 l.	34.44 l.	1024.35 kg/m ³	2.65
Agua	193.00 l/m ³			239.71 l/m ³	26.39

Fuente: Elaboración propia.

Se ha considerado la dosificación en peso con fines de eliminar posibles errores en medición. Además las correcciones por humedad fueron consideradas para cada fecha de elaboración de concreto.

3.2.3 Diseño de mezcla según los grupos de prueba

Culminado el diseño paso a paso y obtenidas las dosificaciones, calculamos en peso todos los materiales necesarios para una tanda de concreto para la elaboración de los especímenes cilíndricos de 6" x 12", especímenes prismáticos de 6" x 6" x 20", y especímenes prismáticos de 3.94" x 3.94" x 11.22", para ser sometidos a los ensayos de compresión, flexión y cambio de longitud por exposición a soluciones de sulfato respectivamente.

La incorporación de fibras de polipropileno de 19mm. se realizó en 0.6, 1.2, 1.8, 2.4 kg/m³ de concreto, los cuales representan, conforme a la siguiente tabla:

Tabla 3. 25 Diseño de mezclas para grupos de prueba

Materiales	Concreto Normal	Con Fibra de Polipropileno			
	CN	Con 0.6 kg/m ³	Con 1.2 kg/m ³	Con 1.8 kg/m ³	Con 2.4 kg/m ³
		CP(0.6)	CP(1.2)	CP(1.8)	CP(2.4)
Cemento	386.00 kg/m ³	386.00 kg/m ³	386.00 kg/m ³	386.00 kg/m ³	386.00 kg/m ³
Agregado fino	672.80 kg/m ³	672.80 kg/m ³	672.80 kg/m ³	672.80 kg/m ³	672.80 kg/m ³
Agregado grueso	1024.35 kg/m ³	1024.35 kg/m ³	1024.35 kg/m ³	1024.35 kg/m ³	1024.35 kg/m ³
Agua	239.71 kg/m ³	239.71 kg/m ³	239.71 kg/m ³	239.71 kg/m ³	239.71 kg/m ³
Fibra de Polipropileno	0.00 kg/m ³	0.60 kg/m ³	1.20 kg/m ³	1.80 kg/m ³	2.40 kg/m ³

Fuente: Elaboración propia

Cabe mencionar que no se ha considerado corrección por humedad y absorción en la fibra de polipropileno, por ser éste un material sintético.

3.3 Elaboración del concreto

Una vez obtenido el diseño de mezcla, se procedió a la elaboración de concreto para el vaciado del mismo en todos los moldes necesarios para realizar los ensayos contemplados a fin de cumplir con los objetivos de la presente investigación, siendo el procedimiento consistente con la norma ASTM C31 (Anexo A), y se describe a continuación:

- Se procedió a pesar cada uno de los materiales para la elaboración de concreto, siendo la fibra de polipropileno pesada en balanza de precisión.
- Fueron preparados todos los moldes considerados para el vaciado de la tanda mezclada, además fue preparada también la mezcladora.
- Se consideró para el primer ciclo de mezclado la totalidad de agregados y agua parcial, para después incorporar el cemento y las fibras de polipropileno; teniéndose un total de ciclo de mezclado entre 1 y 2 minutos, sin embargo se pudo observar que el concreto elaborado con fibras de polipropileno incorporadas necesitó un tiempo adicional de mezclado para que éstas se distribuyan uniformemente en la mezcla, tal como lo recomienda la ficha técnica del producto.
- Concluido el mezclado se procedió a verificar el asentamiento de la mezcla de concreto, para después proceder con el vaciado en los moldes necesarios.



Figura 3. 11 Dosificación de materiales por peso

3.3.1 Instrumentos utilizados

Para la realización del mezclado de concreto, fueron necesarios los siguientes instrumentos:

- Balanza.
- Herramientas manuales.
- Mezcladora de 4.5 p3.
- Moldes para vaciado de probetas cilíndricas - ASTM C31 (Anexo A).
- Moldes para vaciado de probetas prismáticas - ASTM C293 (Anexo C).
- Moldes para vaciado de probetas prismáticas - ASTM C1012 (Anexo D).
- Varilla lisa de 5/8" para el apisonado.



Figura 3. 12 Instrumentos utilizados

3.3.2 Elaboración de probetas cilíndricas

Las probetas cilíndricas fueron elaboradas de acuerdo a la normatividad del Anexo A, con un diámetro de 6" y una altura de 12". Además fue considerado el apisonado respectivo con una varilla lisa de 5/8" en tres etapas y 25 golpes distribuidos por cada etapa, con la finalidad de omitir vacíos en las probetas.



Figura 3. 13 Elaboración de probetas cilíndricas

3.3.3 Elaboración de probetas prismáticas

Las probetas prismáticas para la realización del ensayo de resistencia a la flexión del concreto fueron elaboradas de acuerdo a la normatividad del *Anexo C*, con una sección de 6" x 6" y una longitud de 20". Además fue considerado el apisonado respectivo con una varilla lisa de 5/8" en dos etapas y 30 golpes distribuidos por cada etapa (dicho apisonado fue calculado de acuerdo a la recomendación de la normatividad respectiva, la cual indica un golpe por cada 2 pulgadas cuadradas), con la finalidad de omitir vacíos en las probetas.



Figura 3. 14 Elaboración de probetas prismáticas para ensayo de flexión

3.3.4 Curado de los especímenes

La totalidad de las probetas cilíndricas (para la resistencia a la compresión) y prismáticas (para la resistencia a la flexión y determinación del cambio de longitud ante los sulfatos), fueron colocadas en dos pozas de curado, las mismas que tenían las condiciones para realizar el control de temperatura de curado, y se mantuvieron sumergidas durante 7, 14, y 28 días, según corresponda.



Figura 3. 15 Elaboración de pozas de curado para especímenes de prueba



Figura 3. 16 Curado de especímenes de prueba



Figura 3. 17 Control de temperatura de curado

3.4 Ensayos realizados

3.4.1 Ensayos en estado fresco del concreto

Una vez obtenido el diseño de mezclas se procedió a realizar el vaciado del concreto en los moldes, siendo necesario la realización de ensayos en estado fresco del concreto, con la finalidad de controlar el asentamiento o SLUMP de la mezcla de concreto, parámetro principal de control en lo que a la trabajabilidad del concreto respecta.

3.4.1.1 Ensayo de revenimiento o asentamiento en el cono de Abrams (ASTM-C143).

El presente ensayo se realizó de acuerdo a la norma ASTM-C143. Y para realizar esta prueba se utiliza un molde en forma de cono truncado de 30 cm de altura, con un diámetro inferior en su base de 20cm, y en la parte superior un diámetro de 10 cm. Para compactar el concreto se utiliza una barra de acero liso de 5/8" de diámetro y 60 cm de longitud y punta semiesférica. (Abanto, 1995)

Equipo utilizado

- Varilla Lisa de 5/8".
- Cono de Abrams.

Descripción del proceso

- El molde se coloca sobre una superficie plana y humedecida, manteniéndose inmóvil pisando las aletas. Seguidamente se vierte una capa de concreto hasta un tercio del volumen. Se apisona con la varilla, aplicando 25 golpes, distribuidos uniformemente.
- Enseguida se colocan otras dos capas con el mismo procedimiento a un tercio del volumen y consolidando, de manera que la barra penetre en la capa inmediata inferior.
- La tercera capa se deberá llenar en exceso, para luego enrasar al término de la consolidación. Lleno y enrasado el molde, se levanta lenta y cuidadosamente en dirección vertical.
- El concreto moldeado fresco se asentará, la diferencia entre la altura del molde y la altura de la mezcla fresca se denomina Slump.

- Se estima que desde el inicio de la operación hasta el término no deben transcurrir más de 2 minutos de los cuales el proceso de desmolde no toma más de cinco segundos.



Figura 3. 18 Ensayo de revenimiento o asentamiento en el cono de Abrams

3.4.1.2 Método de prueba para la bola de penetración en concreto hidráulico recién mezclado (ASTM-C360).

Este método de ensayo alternativo del revenimiento, es usado primeramente para determinar la penetración de una bola de metal en una mezcla de concreto fresco como una medida para determinar la trabajabilidad del concreto. Después de obtener datos suficientes, comparados con resultados del ensayo de revenimiento estándar, se obtiene la correlación, el resultado de las lecturas de penetración pueden ser usados para determinar con confianza los requerimientos de revenimiento. (ASTM C360 – 92)

Equipo utilizado

- Bola de penetración, consistente en un cilindro con una forma semiesférica en la base y agarradero, pesando 14 ± 0.05 kg.), y un marco para guiar el agarradero que sirve como una referencia para medir la profundidad de penetración.



Figura 3. 19 Ensayo de penetración de bola de Kelly

Descripción del proceso

- Llevar la superficie del concreto a una condición lisa y nivelada usando una regla de madera o enrasador, trabajando la superficie tan poco como sea posible para evitar la formación de capas de mortero. Durante el ensayo, el concreto adyacente no deberá estar sujeto a vibración o agitación. Poner la base del aparato sobre la superficie de concreto nivelada, con el agarradero en posición vertical y libre de deslizarse a través del marco. Separar el peso de la superficie de concreto y suéltelo lentamente.
- Después que el peso ha sido descargado y viene a descansar, lea la penetración con una precisión de $\frac{1}{4}$ pulg. (6.4 mm). Se toma un mínimo de tres lecturas de una misma bachada o localización. Estas lecturas no serán tomadas con el pie del marco dentro de 6 pulg. (152 mm) de un punto donde el pie descansó en un ensayo anterior. Si la diferencia entre las lecturas máximas y mínima es mayor que 1 pulg. (25 mm), hacer mediciones adicionales hasta que tres lecturas sucesivas sean obtenidas dentro de la pulgada convenida.

3.4.2 Ensayos en estado endurecido del concreto

3.4.2.1 Ensayo de resistencia a compresión

Este ensayo fue realizado en conformidad con la norma ASTM C39, y consiste en la aplicación de carga axial en la parte superior de la probeta, de forma constante hasta alcanzar la rotura del espécimen de prueba, siendo la resistencia a la compresión el cociente resultante de la máxima carga aplicada entre el área promedio de la probeta antes de que ocurra la rotura de la misma.

Se emplea la resistencia a compresión por la facilidad en la realización de los ensayos y el hecho de que la mayoría de propiedades del concreto mejoran incrementándose esta resistencia. La resistencia en compresión del concreto es la carga máxima para una unidad de área por una muestra, antes de fallar por compresión (agrietamiento, rotura). (Abanto Castillo, 1994)

La resistencia a la compresión de la probeta cilíndrica se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$f'c = \frac{P}{A} \text{ (kg/cm}^2\text{)}; A = \frac{\pi\phi^2}{4}$$

Dónde:

$f'c$: Es la resistencia de rotura a la compresión del concreto. (kg/cm²).

P : Carga de rotura (kg).

ϕ : Diámetro de la probeta cilíndrica (cm).

A : Área promedio de la probeta (cm²).

Equipo utilizado

- Máquina de prueba.
- Bloques de acero con caras duras. (Anillos con neopreno).



Figura 3. 20 Ensayo de compresión del concreto

Tipo de fractura

Según la norma ASTM C39, los tipos de fractura que pueden presentarse son:

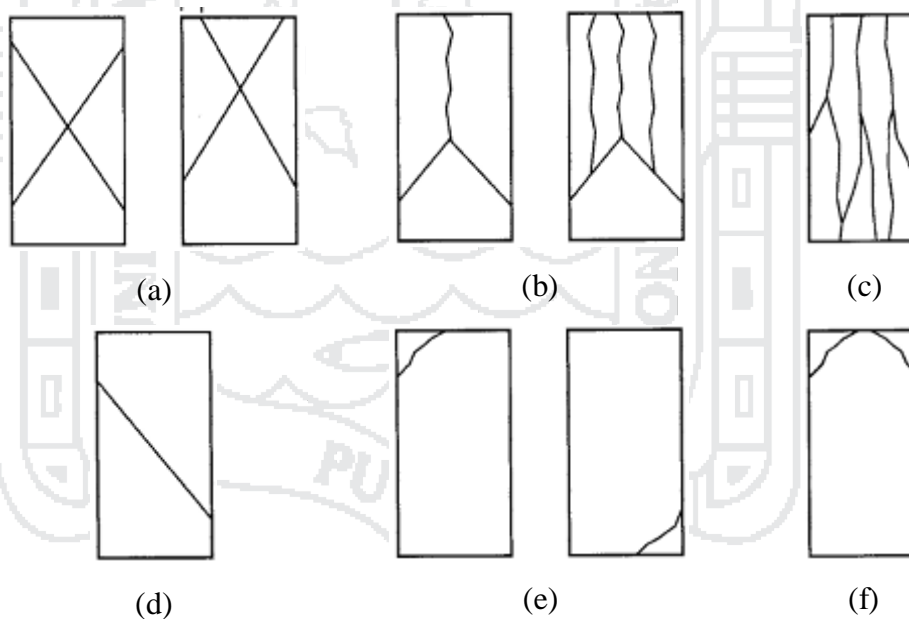


Figura 3. 21 Tipo de falla de cilindros de prueba estándar

- a. Conos bien formados en ambos extremos.
- b. Cono bien formado en un extremo con grietas verticales.
- c. Grietas columnares y conos mal formados.
- d. Fractura diagonal, sin grietas.
- e. Fracturas laterales en la parte superior o inferior.
- f. Fracturas laterales en la parte superior.

Fuente: ASTM C39

3.4.2.2 Ensayo de resistencia a la flexión, con carga puntual en el centro de la luz

Este ensayo cubre la determinación del valor de la resistencia a la flexión (Módulo de ruptura) de los especímenes de concreto, y éste se determina con carga en el punto central. Éste método de ensayo ofrece valores de resistencia a la flexión significativamente más altos que el método C 78 (Ensayo de resistencia a la flexión, con dos cargas puntuales en los límites del tercio central de la luz del ensayo). (ASTM C293-02)

Se calcula el módulo de ruptura como sigue:

$$R = \frac{3PL}{2bd^2}$$

Dónde:

R : Módulo de ruptura (MPa).

P : Carga máxima aplicada indicada por la máquina de ensayo (N).

L : Luz o longitud entre soportes (mm).

b : Ancho promedio del espécimen (mm).

d : Espesor promedio del espécimen (mm).

Equipo utilizado

- Máquina de ensayo, mecanismo capaz de aplicar las fuerzas a una velocidad uniforme sin interrupción, con 01 bloque de aplicación de carga y 02 bloques de soporte para la muestra.
- Mecanismo de aplicación de carga, mediante el cual se aplican las cargas al espécimen, se debe emplear un bloque de aplicación de carga y dos bloques de soporte del espécimen. El sistema debe asegurar que todas las fuerzas se apliquen perpendiculares a la cara del espécimen sin excentricidad. El diagrama de un aparato que cumple con estos propósitos se muestra en la Figura 3.22.

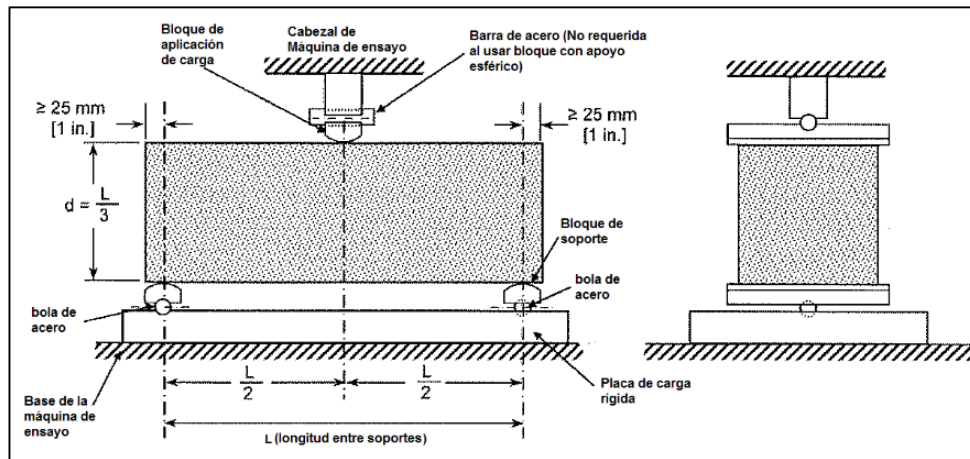


Figura 3. 22 Mecanismo de aplicación de carga, ensayo de flexión en el punto central (ASTM C293)

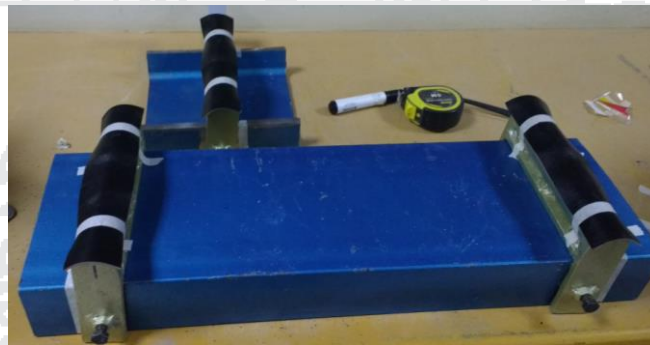


Figura 3. 23 Mecanismo de aplicación de carga (equipo recomendado por el ASTM C293)

- Con el fin de obtener las lecturas de deflexión, de los especímenes al momento de la rotura, se acondicionó una extensión de referencia, en el bloque de aplicación de carga superior, tal como se muestra en la Figura 3.24. Además fue necesario la fijación de un aparato de medición graduado (dial) en la máquina de ensayo.

Descripción del proceso

- El espécimen de ensayo se gira sobre su lado con respecto a su posición como fue moldeado y se centra sobre los bloques de soporte.
- Se centra luego el sistema de carga en relación a la carga aplicada.

- Se lleva el bloque de aplicación de carga a contacto con la superficie del espécimen al centro de la luz y se aplica una carga entre el 3% y el 6% de la carga última estimada.
- Luego usando galgas o medidores de espesor tipo hoja de 0.10 mm (0.004 pulg) y de 0.40mm (0.015 pulg), determinar si hay cualquier vacío entre el espécimen y los bloques de aplicación de carga y de soporte, que sea mayor o menor que cada una de las galgas en una longitud de 25 mm (1pulg) o más. Para eliminar cualquier vacío en exceso de 0.10 mm (0.004 pulg) puede usarse el esmerilado, el cabeceo, o la aplicación de bandas de cuero como calzas. Las bandas de cuero (Figura 3.23) deben ser de un espesor uniforme de 6 mm (0.25 pulg), de 25 a 50 mm (1.0 a 2.0 pulg) de ancho y deben extenderse a todo lo ancho del espécimen. Los vacíos en exceso de 0.40 mm (0.004 pulg), solo pueden ser eliminados por esmerilado o por cabeceo.
- Se asegurará de que todas las fuerzas se apliquen perpendicularmente a la cara de la muestra sin excentricidad, manteniendo la longitud del tramo y posición central del espécimen. Todas las superficies deben ser lisas y libres de cicatrices, indentaciones o agujeros.

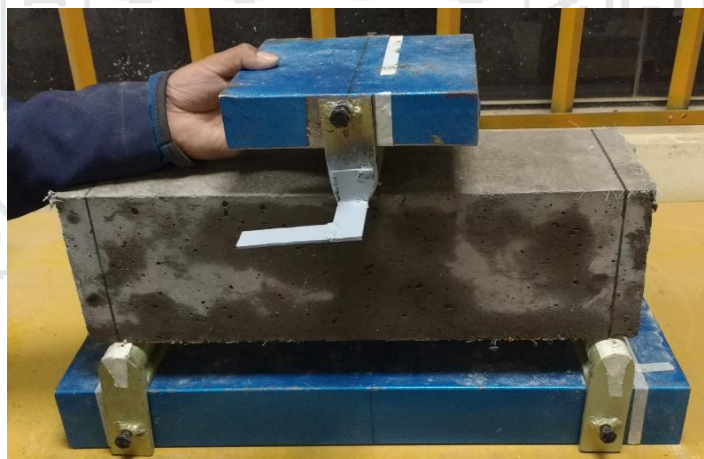


Figura 3. 24 Montaje del espécimen.



Figura 3. 25 Proceso de rotura a flexión.

3.4.2.3 Ensayo para cambio de longitud de morteros de cemento hidráulico expuestos a soluciones de sulfatos (ASTM C 1012 – 04)

Este método estándar cubre la determinación del cambio de longitud de barras de mortero inmersos en solución de sulfato. La exposición ante la solución de sulfato usado en este método contiene 325 moles de Na_2SO_4 por m^3 (50 g/L). Otras concentraciones de sulfato como el MgSO_4 pueden ser usadas para simular la exposición ambiental de interés. (ASTM C 1012 – 04).

La solución de sulfato preparada para simular las condiciones de exposición del concreto fue de la combinación de sulfato de sodio (Na_2SO_4) y magnesio (MgSO_4), a razón de las cantidades previstas por la norma ASTM C1012: 50 g. de cada sulfato disueltos en 900 ml. de agua, manteniendo la proporción del volumen de solución de sulfato respecto al volumen de los especímenes en una relación de 4.0 ± 0.5 .



Figura 3. 26 Sulfatos de sodio y magnesio empleados.



Figura 3. 27 Preparación de solución de sulfato.

Las lecturas del cambio de longitud, deberán ser realizadas a: 1, 2, 3, 4, 8, 13 y 15 semanas luego de que los especímenes (vigas de expansión) sean inmersos en la solución de sulfato. Realizando mediciones subsiguientes a los 4, 6, 9 y 12 meses (Según al tipo de exposición conforme al ACI 201.2R-01 “Guía de la durabilidad del concreto”). Sin embargo, el alcance de esta investigación permitió que las mediciones de cambio de longitud en las vigas de expansión consideradas fueran realizadas a: 1, 2, 3, 4, 8 y 12 semanas.

El equipo utilizado, el procedimiento, y el cálculo de los resultados se realizaron de acuerdo a las exigencias de las normas ASTM C1012, y ASTM C490. La variación de longitud en cualquier edad se calcula por:

$$L = \frac{L_x - L_i}{G} * 100$$

Dónde:

L : Cambio de longitud a la edad x, %.

Lx : Diferencia entre la lectura de comparación del espécimen a la edad x y la lectura de referencia la misma edad, mm.

Li : Diferencia entre la lectura inicial de comparación del espécimen y la lectura de referencia la misma edad, mm.

G : Longitud nominal, para este caso 285 mm.

Equipo utilizado

- Comparador de longitud, para la determinación del cambio de longitud en los especímenes, éstos deberán ser diseñados para acomodar el tamaño del espécimen empleado y para permitir un contacto adecuado con los fijadores y así obtener lecturas comparativas. Este aparato permitirá además la fijación de un aparato de medición graduado (dial), para así obtener la real variación de longitud (por lo menos hasta 8.0 mm.).



Figura 3. 28 Comparador de longitud.

- Moldes para barras, los cuales deberán permitir la incorporación de fijadores en los especímenes. Se consideró una variación en las dimensiones, material y diseño de los moldes para las viguetas de expansión, considerándose las dimensiones de 10 cm. x 10 cm. x 28.5 cm. (esto debido al tamaño máximo nominal del agregado 1"); material metálico (que garantiza la impermeabilización y acabado liso); y orificios para la colocación de los fijadores en la etapa de vaciado del concreto.



Figura 3. 29 Moldes para los especímenes (vigas de expansión)

- Contenedores, en los cuales las barras serán inmersas, además deberán ser resistentes a la corrosión así como de plástico, vidrio, o cerámica.

Descripción del proceso

- Preparación de los moldes, en esta etapa se deberá garantizar que los especímenes sean vaciados con los fijadores, los mismos que serán de utilidad para permitir el montaje en el comparador de longitud.



Figura 3. 30 Elaboración de los especímenes (vigas de expansión)

- La inmersión de los especímenes en la solución de sulfato, debe realizarse una vez éstos alcancen una resistencia a la compresión promedio de 20 ± 1 MPa, considerándose para tal efecto 28 días de curado (de acuerdo a los resultados de resistencia a la compresión).



Figura 3. 31 Inmersión de los especímenes (vigas de expansión) en la solución de sulfato

- El almacenamiento de las vigas de expansión durante su inmersión en solución de sulfato, debe realizarse con el contenedor cubierto para sí evitar la evaporación del sulfato o la dilución con agua externa.



Figura 3. 32 Almacenamiento de los especímenes (vigas de expansión).

- Uso de la barra de referencia, con el fin de tener una longitud de referencia se inmovilizó la posición del dial.

- Obtención de lecturas comparativas, con el fin de fijar los especímenes éstos se rotaron en el comparador de longitud, registrando así la lectura mínima del dial; esta operación se realizó en todos los especímenes de prueba, antes y durante los ciclos de inmersión en la solución de sulfato.



Figura 3.33 Obtención de lecturas comparativas en los especímenes (vigas de expansión).

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Ensayos en estado fresco del concreto

La prueba estándar de asentamiento o Slump (ASTM C143), ha sido usada por muchos años para medir la consistencia del concreto en estado plástico. Esta prueba tomada en laboratorio, es considerada razonablemente precisa, sin embargo existen numerosas desventajas en el desarrollo de esta prueba en el campo, siendo uno de ellos el tiempo requerido para realizar la prueba. El método de prueba estándar del cono de Abrams está además sujeto a diferencias personales en el muestreo, rigidez y suavidad de la base, amortiguamiento del aparato, llenado de cono, compactación, enrasado de cono y selección del punto en el cual el Slump es medido. Para aliviar las dificultades encontradas en el método estándar del cono de Abrams, el aparato de bola de Kelly fue descubierto. Éste aparato provee mediciones de consistencia, a través de la penetración de una bola estándar en el concreto fresco. (Claude, 1957)

En esta investigación se ha considerado realizar dos métodos de prueba estándar: ASTM C143 y ASTM C360; esto debido a la considerable variación en la consistencia del concreto en los grupos de control estudiados, cabe mencionar también que el análisis estadístico para los resultados de ambos ensayos no fue considerado para realizar la validación de datos.

4.1.1 Ensayos de revenimiento o asentamiento en el cono de Abrams (ASTM-C143).

4.1.1.1 Interpretación de resultados

Realizado éste ensayo, se presentan a continuación las mediciones obtenidas para todos los grupos de control, mediante la Tabla 4.1.

Tabla 4. 1 Datos de asentamiento para los grupos de control.

Descripción	Fecha de moldeo	Mediciones tomadas (mm.)			Asentamiento en el cono de Abrams			
		1°	2°	3°	Medición promedio		Promedio	
					(mm.)	(")	(mm.)	(")
CN-01	18/07/2016	97	94	89	93	3.67		
CN-02	31/07/2016	95	89	100	95	3.73	93	3.67
CN-03	31/07/2016	90	95	90	92	3.61		
CP(0.6)-01	18/07/2016	67	75	68	70	2.76		
CP(0.6)-02	31/07/2016	72	69	74	72	2.82	70	2.75
CP(0.6)-03	01/08/2016	68	65	70	68	2.66		
CP(1.2)-01	19/07/2016	55	53	49	52	2.06		
CP(1.2)-02	01/08/2016	46	55	50	50	1.98	51	1.99
CP(1.2)-03	04/08/2016	49	52	46	49	1.93		
CP(1.8)-01	19/07/2016	33	37	33	34	1.35		
CP(1.8)-02	01/08/2016	30	38	38	35	1.39	36	1.40
CP(1.8)-03	04/08/2016	34	38	39	37	1.46		
CP(2.4)-01	01/08/2016	21	16	17	18	0.71		
CP(2.4)-02	03/08/2016	14	19	15	16	0.63	16	0.65
CP(2.4)-03	03/08/2016	20	13	13	15	0.60		

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observa que el asentamiento para el Concreto Normal (CN) es 3.67", y está comprendido entre 3" a 4", cumpliéndose así el asentamiento de diseño de mezcla (el cual garantiza una consistencia plástica y adecuada trabajabilidad); además que la cantidad de fibra de polipropileno presente en el concreto es inversamente proporcional al asentamiento del mismo. Dicha situación puede observarse gráficamente a continuación.

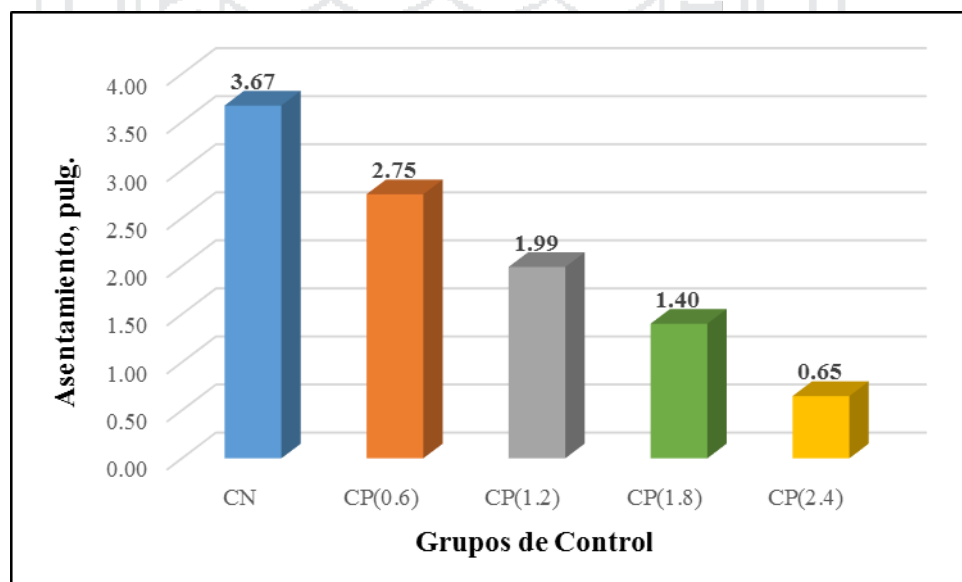


Figura 4. 1 Asentamiento en el cono de Abrams para los grupos de prueba

Analizando los datos de la Figura 4.1, se puede notar que los resultados de asentamiento que se obtienen, disminuyen considerablemente conforme la cantidad de fibra de polipropileno por metro cúbico de concreto aumenta, teniéndose que:

- En el concreto con adición de fibras de polipropileno en 0.6 kg/m^3 “CP (0.6)”, se puede observar que el asentamiento promedio es 2.75”, y éste ha disminuido en un 25.07%, respecto al concreto normal “CN”.
- En el concreto con adición de fibras de polipropileno en 1.2 kg/m^3 “CP (1.2)”, se puede observar que el asentamiento promedio es 1.99”, y éste ha disminuido en un 45.78%, respecto al concreto normal “CN”.
- En el concreto con adición de fibras de polipropileno en 1.8 kg/m^3 “CP (1.8)”, se puede observar que el asentamiento promedio es 1.40”, y éste ha disminuido en un 61.85%, respecto al concreto normal “CN”.
- En el concreto con adición de fibras de polipropileno en 2.4 kg/m^3 “CP (2.4)”, se puede observar que el asentamiento promedio es 0.65”, y éste ha disminuido en un 82.29%, respecto al concreto normal “CN”.

Conforme a los datos presentados, y al análisis de éstos, se presenta a continuación la curva de correlación entre la cantidad de fibra de polipropileno incorporada al concreto y las mediciones de revenimiento o asentamiento en el cono de Abrams. (Figura 4.2).

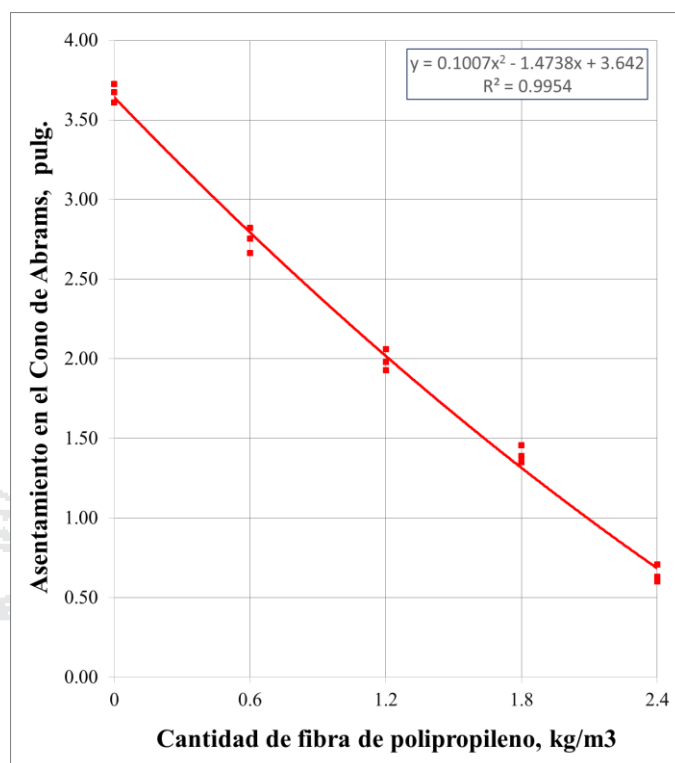


Figura 4. 2 Correlación de asentamiento en el cono de Abrams para los grupos de prueba

4.1.1.1 Discusión de resultados

Por lo tanto, y según los resultados obtenidos y analizados en la presente investigación, se concluye que la incorporación de fibras de polipropileno (de 19 mm.) en el concreto $f'c$ 210kg/cm² reduce considerablemente su asentamiento (desde un 25.07% hasta un 82.29%, según la cantidad de fibra), y por ende NO MEJORA su trabajabilidad, rechazándose por completo la tercera hipótesis específica planteada.

4.1.2 Método de prueba para la bola de penetración en concreto hidráulico recién mezclado (ASTM-C360).

4.1.2.1 Interpretación de resultados

Realizado éste ensayo, se presentan a continuación las mediciones obtenidas para todos los grupos de control, mediante la Tabla 4.2.

Tabla 4. 2 Datos de penetración de bola de Kelly para los grupos de control.

Descripción	Fecha de moldeo	Mediciones tomadas (")			Penetración de la bola de Kelly			
		1°	2°	3°	Medición promedio		Promedio	
					(")	(mm.)	(")	(mm.)
CN-01	18/07/2016	2.75	2.50	2.75	2.67	68		
CN-02	31/07/2016	2.50	2.50	2.75	2.58	66	2.61	66
CN-03	31/07/2016	2.75	2.75	2.25	2.58	66		
CP(0.6)-01	18/07/2016	1.75	2.00	1.50	1.75	44		
CP(0.6)-02	31/07/2016	2.00	1.25	2.00	1.75	44	1.75	44
CP(0.6)-03	01/08/2016	2.00	1.75	1.50	1.75	44		
CP(1.2)-01	19/07/2016	1.25	1.50	1.75	1.50	38		
CP(1.2)-02	01/08/2016	1.75	1.25	1.25	1.42	36	1.47	37
CP(1.2)-03	04/08/2016	1.50	1.50	1.50	1.50	38		
CP(1.8)-01	19/07/2016	1.25	1.25	1.00	1.17	30		
CP(1.8)-02	01/08/2016	1.00	1.00	0.75	0.92	23	1.06	27
CP(1.8)-03	04/08/2016	1.25	1.00	1.00	1.08	28		
CP(2.4)-01	01/08/2016	0.50	0.75	1.00	0.75	19		
CP(2.4)-02	03/08/2016	0.50	1.00	0.50	0.67	17	0.69	18
CP(2.4)-03	03/08/2016	0.75	0.50	0.75	0.67	17		

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observa que la penetración de la bola de Kelly para el Concreto Normal (CN) es de 2.61"; además que la cantidad de fibra de polipropileno presente en el concreto es inversamente proporcional a la penetración de la bola de Kelly en el mismo. Dicha situación puede observarse gráficamente a continuación.

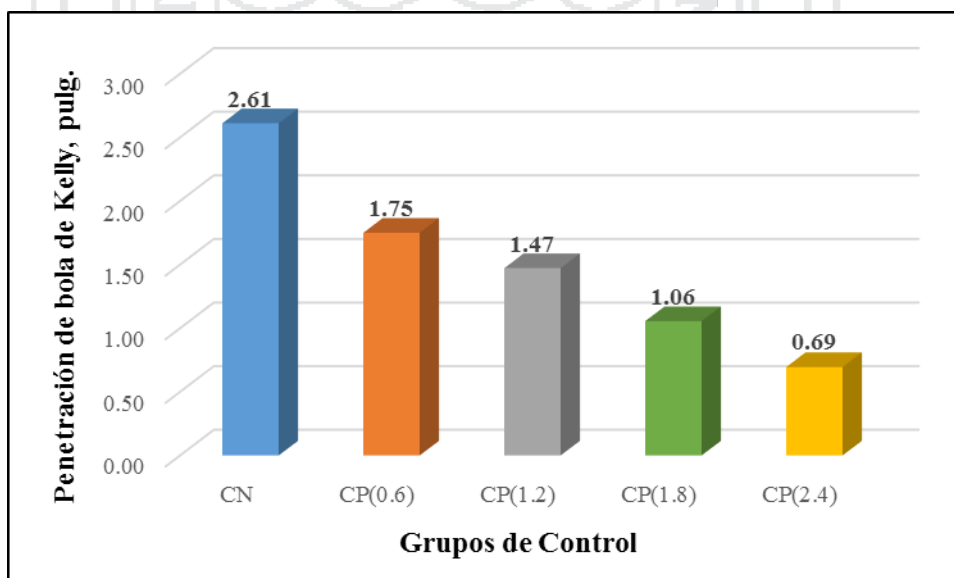


Figura 4. 3 Penetración de la bola de Kelly para los grupos de prueba

Analizando los datos de la Figura 4.3, se puede notar que los resultados de la penetración de la bola de Kelly que se obtienen, disminuyen considerablemente conforme la cantidad de fibra de polipropileno por metro cúbico de concreto aumenta, teniéndose que:

- En el concreto con adición de fibras de polipropileno en 0.6 kg/m^3 “CP (0.6)”, se puede observar una penetración promedio de 1.75”, y ésta ha disminuido en un 32.95%, respecto al concreto normal “CN”.
- En el concreto con adición de fibras de polipropileno en 1.2 kg/m^3 “CP (1.2)”, se puede observar una penetración promedio de 1.47”, y ésta ha disminuido en un 43.68%, respecto al concreto normal “CN”.
- En el concreto con adición de fibras de polipropileno en 1.8 kg/m^3 “CP (1.8)”, se puede observar una penetración promedio de 1.06”, y ésta ha disminuido en un 59.39%, respecto al concreto normal “CN”.
- En el concreto con adición de fibras de polipropileno en 2.4 kg/m^3 “CP (2.4)”, se puede observar una penetración promedio de 0.69”, y ésta ha disminuido en un 73.56%, respecto al concreto normal “CN”.

Conforme a los datos presentados, y al análisis de éstos, se presenta a continuación la curva de correlación entre la cantidad de fibra de polipropileno incorporada al concreto y las mediciones de penetración de la bola de Kelly. (Figura 4.4).

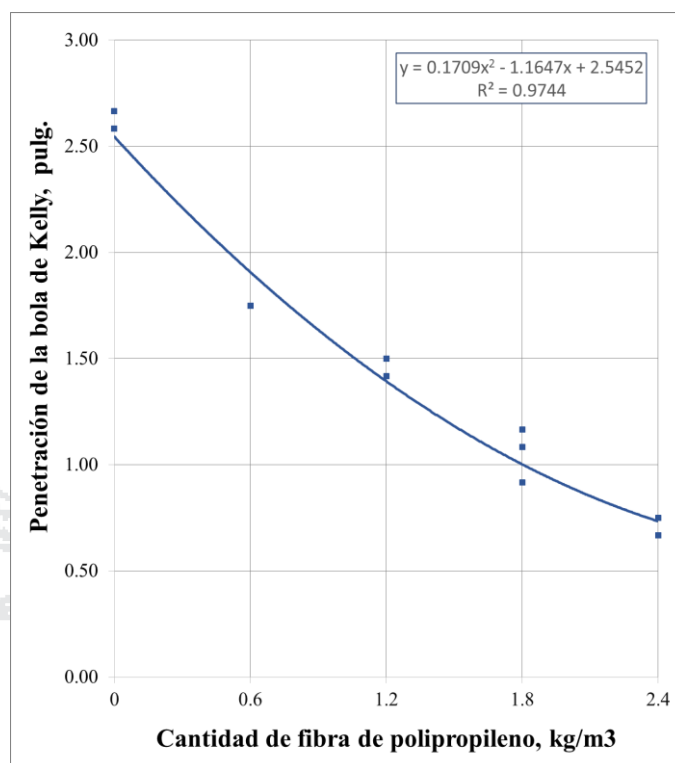


Figura 4.4 Correlación de la penetración de la bola de Kelly para los grupos de prueba

4.1.2.2 Discusión de resultados

Por lo tanto, y según los resultados obtenidos y analizados en la presente investigación, se concluye que la incorporación de fibras de polipropileno (de 19 mm.) en el concreto $f'c$ 210kg/cm² reduce considerablemente la penetración de la bola de Kelly en él (desde un 32.95% hasta un 73.56%, según la cantidad de fibra), y por ende NO MEJORA su trabajabilidad, rechazándose por completo la tercera hipótesis específica planteada.

4.1.3 Correlación entre los métodos de asentamiento del cono de Abrams y penetración de la bola de Kelly.

Una vez ordenados los datos de asentamiento en el cono de Abrams y las lecturas de la penetración de la bola de Kelly en el concreto fresco, podemos compararlos entre sí, obteniendo así una correlación de los mismos, la cual se muestra en el siguiente gráfico.

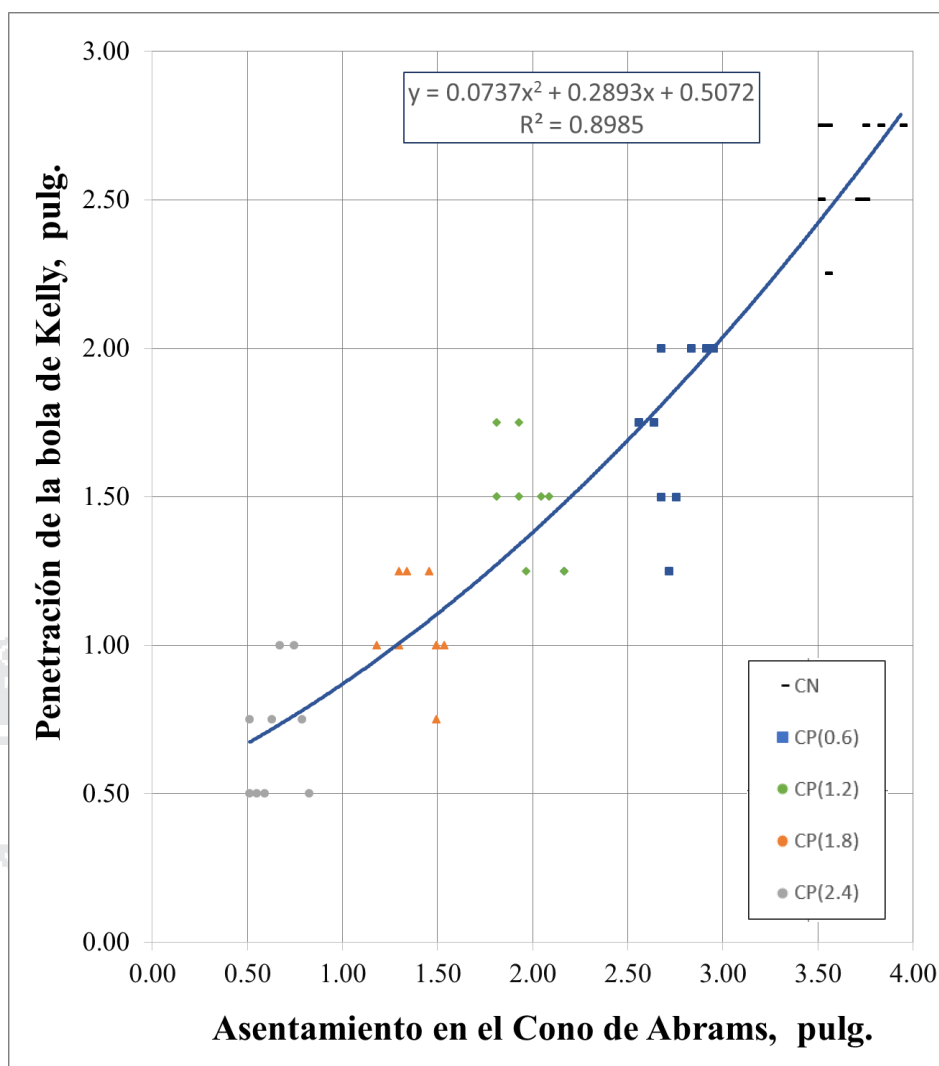


Figura 4. 5 Correlación de la penetración de la bola de Kelly y asentamiento en el cono de Abrams, para los grupos de prueba

4.2 Ensayos en estado endurecido del concreto

4.2.1 Comparación de la resistencia a compresión

Una vez validados los datos obtenidos de resistencia a la compresión (para todos los grupos de control) mediante el análisis estadístico de los mismos (Ítem 4.4.1); se presenta a continuación las Figuras 4.6 y 4.7 en los cuales se observa la evolución de resistencia (7, 14 y 28 días) para todos los grupos de control “CN”, “CP(0.6)”, “CP(1.2)”, “CP(1.8)”, y “CP(2.4)”.

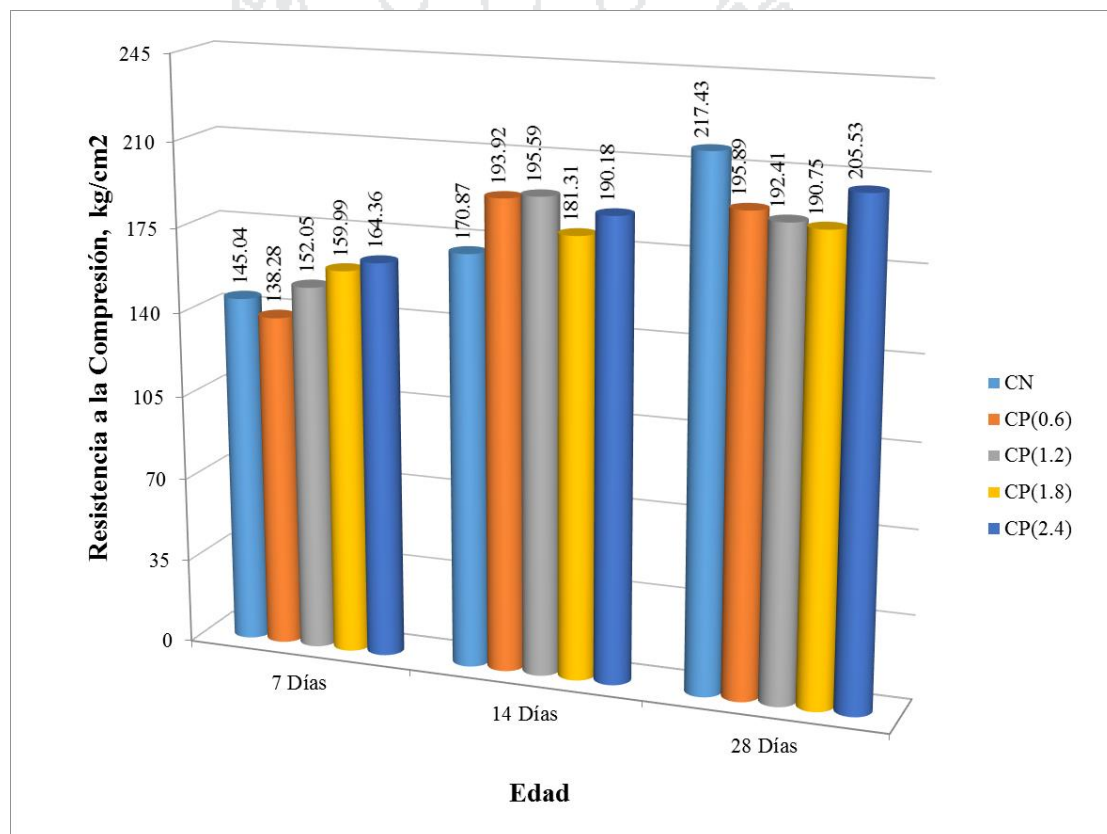


Figura 4. 6 Evolución de la resistencia a la compresión, para los grupos de prueba

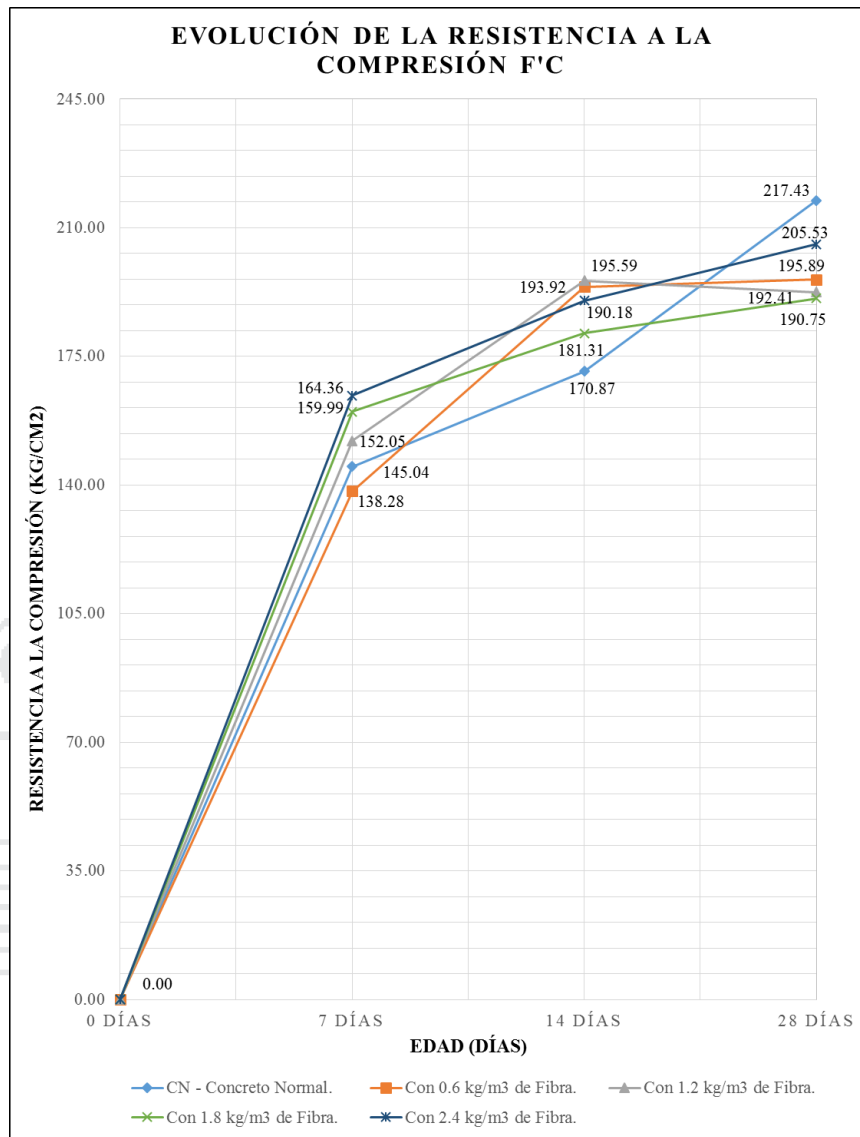


Figura 4. 7 Curvas de evolución de la resistencia a la compresión, para los grupos de prueba

Analizando los datos de la Fig. 4.7, se puede notar que la resistencia a la compresión a los 28 días de edad que se obtiene para el concreto normal “CN”, es de 217.43 kg/cm², alcanzado así la resistencia de diseño (210 kg/cm²). En cuanto a los resultados de las pruebas de Resistencia a la Compresión a los 28 días de edad, obtenidas para las probetas en las que fueron añadidas las fibras de polipropileno de 19 mm. en cantidades (0.6, 1.2, 1.8 y 2,4 kg/m³), se puede observar que es inferior a la del concreto normal “CN”, en todos los grupos de control.

4.2.1.1 Interpretación de datos: Concreto normal “CN” - Concreto con fibra de polipropileno incorporada al 0.6 kg/m^3 “CP(0.6)”:

De acuerdo a la Fig. 4.8 se observa que:

El $f'c$ promedio desarrollado a los 7 días por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 0.6 kg/m^3 ; es de 138.28 kg/cm^2 , y representa el 95.34% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto normal (145.04 kg/cm^2). Teniéndose así una reducción en la resistencia a la compresión de 4.66%.

El $f'c$ promedio desarrollado a los 14 días por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 0.6 kg/m^3 ; es de 193.92 kg/cm^2 , y representa el 113.49% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto normal (170.87 kg/cm^2). Teniéndose así un incremento en la resistencia a la compresión de 13.49%.

El $f'c$ promedio desarrollado a los 28 días por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 0.6 kg/m^3 ; es de 195.89 kg/cm^2 , y representa el 90.09% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto normal (217.43 kg/cm^2). Teniéndose así una reducción en la resistencia a la compresión de 9.91%.

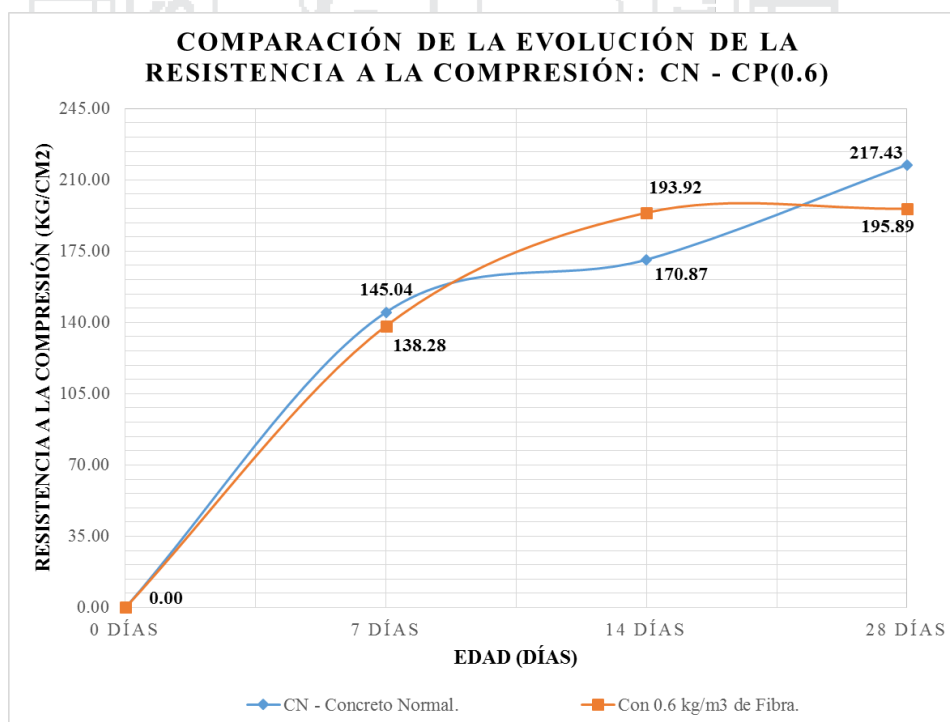


Figura 4. 8 Comparación de la evolución de la resistencia a la compresión CN – CP(0.6).

4.2.1.2 Interpretación de datos: Concreto normal “CN” - Concreto con fibra de polipropileno incorporada al 1.2 kg/m^3 “CP(1.2)”:

De acuerdo a la Figura 4.9 se observa que:

El f'_c promedio desarrollado a los 7 días por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 1.2 kg/m^3 ; es de 152.05 kg/cm^2 , y representa el 104.83% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto normal (145.04 kg/cm^2). Teniéndose así un incremento en la resistencia a la compresión de 4.83%.

El f'_c promedio desarrollado a los 14 días por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 1.2 kg/m^3 ; es de 195.59 kg/cm^2 , y representa el 114.47% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto normal (170.87 kg/cm^2). Teniéndose así un incremento en la resistencia a la compresión de 14.47%.

El f'_c promedio desarrollado a los 28 días por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 1.2 kg/m^3 ; es de 192.41 kg/cm^2 , y representa el 88.49% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto normal (217.43 kg/cm^2). Teniéndose así una reducción en la resistencia a la compresión de 11.51%.

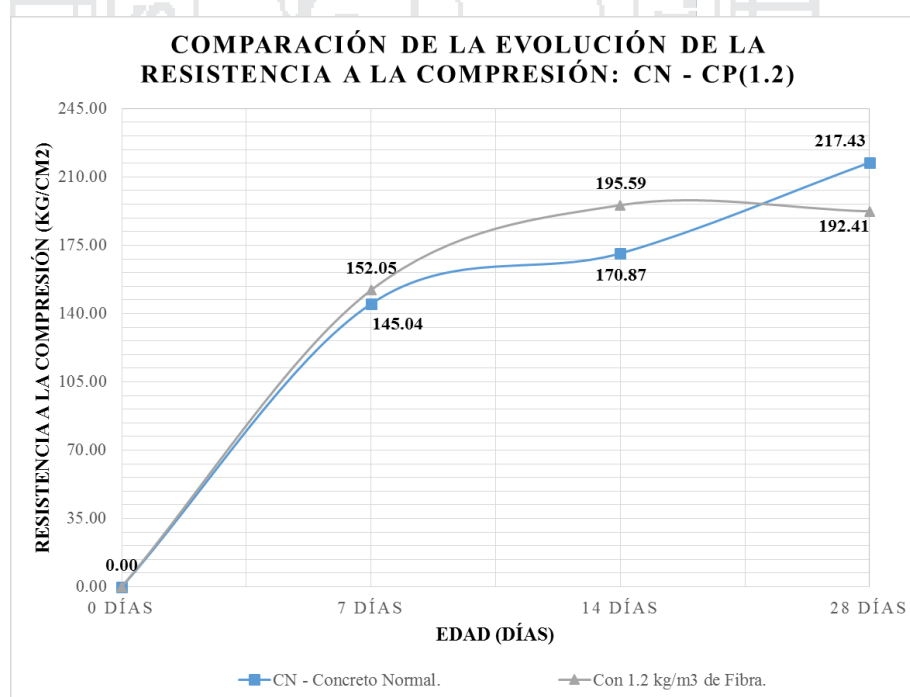


Figura 4. 9 Comparación de la evolución de la resistencia a la compresión CN – CP(1.2).

4.2.1.3 Interpretación de datos: Concreto normal “CN” - Concreto con fibra de polipropileno incorporada al 1.8 kg/m^3 “CP(1.8)”:

De acuerdo a la Fig. 4.10 se observa que:

El $f'c$ promedio desarrollado a los 7 días por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 1.8 kg/m^3 ; es de 159.99 kg/cm^2 , y representa el 110.31% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto normal (145.04 kg/cm^2). Teniéndose así un incremento en la resistencia a la compresión de 10.31%.

El $f'c$ promedio desarrollado a los 14 días por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 1.8 kg/m^3 ; es de 181.31 kg/cm^2 , y representa el 106.11% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto normal (170.87 kg/cm^2). Teniéndose así un incremento en la resistencia a la compresión de 6.11%.

El $f'c$ promedio desarrollado a los 28 días por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 1.8 kg/m^3 ; es de 190.75 kg/cm^2 , y representa el 87.73% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto normal (217.43 kg/cm^2). Teniéndose así una reducción en la resistencia a la compresión de 12.27%.

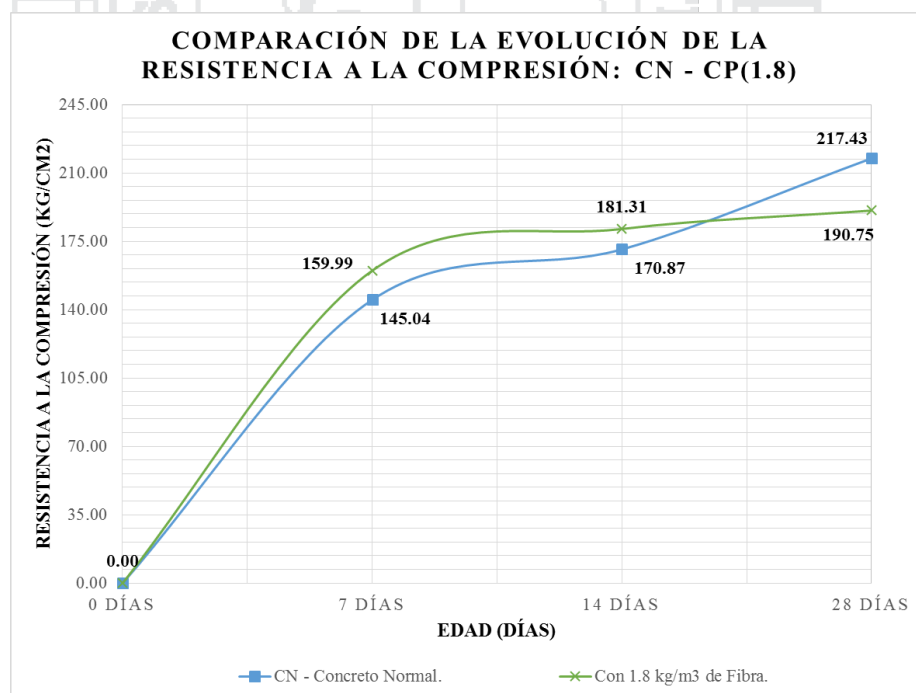


Figura 4. 10 Comparación de la evolución de la resistencia a la compresión CN – CP(1.8).

4.2.1.4 Interpretación de datos: Concreto normal “CN” - Concreto con fibra de polipropileno incorporada al 2.4 kg/m³ “CP(2.4)”:

De acuerdo a la Figura 4.11 se observa que:

El $f'c$ promedio desarrollado a los 7 días por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 2.4 kg/m³; es de 164.36 kg/cm², y representa el 113.32% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto normal (145.04 kg/cm²). Teniéndose así un incremento en la resistencia a la compresión de 13.32%.

El $f'c$ promedio desarrollado a los 14 días por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 2.4 kg/m³; es de 190.18 kg/cm², y representa el 111.31% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto normal (170.87 kg/cm²). Teniéndose así un incremento en la resistencia a la compresión de 11.31%.

El $f'c$ promedio desarrollado a los 28 días por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 2.4 kg/m³; es de 205.53 kg/cm², y representa el 94.53% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto normal (217.43 kg/cm²). Teniéndose así una reducción en la resistencia a la compresión de 5.47%.

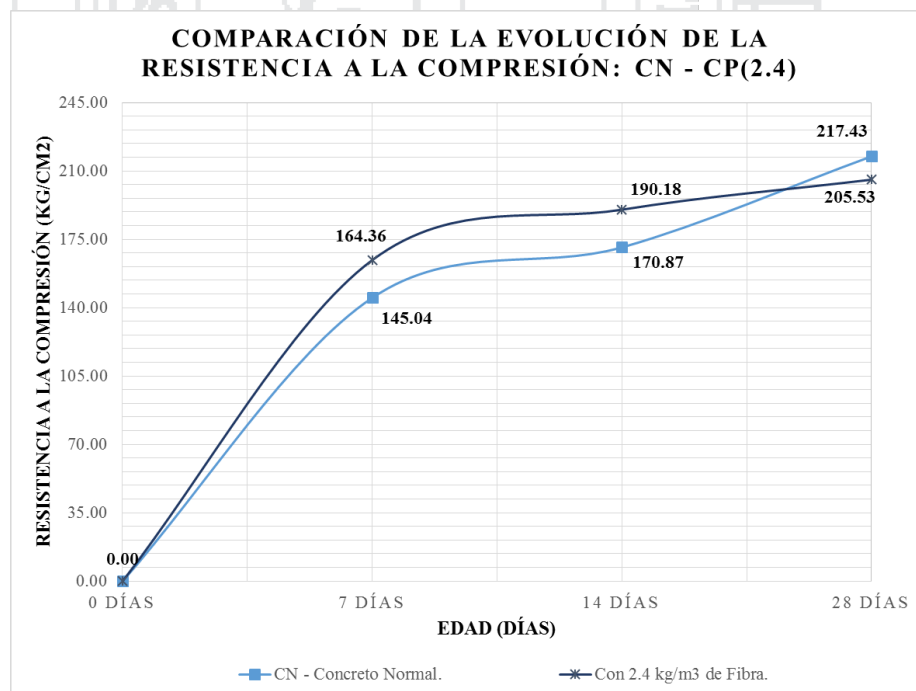


Figura 4. 11 Comparación de la evolución de la resistencia a la compresión CN – CP(2.4).

4.2.1.5 Discusión de resultados

Por lo tanto, y según los resultados obtenidos y analizados en la presente investigación, se concluye que la incorporación de fibras de polipropileno (de 19 mm.) en el concreto $f'c$ 210kg/cm² reduce considerablemente la resistencia a la compresión en él (desde un 5.47% hasta un 12.27%, según la cantidad de fibra), y por ende NO MEJORA su resistencia a la compresión, rechazándose por completo la primera hipótesis específica planteada.

4.2.2 Comparación de la resistencia a la flexión

Una vez validados los datos obtenidos del módulo de ruptura “R” (para todos los grupos de control) mediante el análisis estadístico de los mismos (Item 4.4.2); se presenta a continuación las Figuras 4.12 y 4.13 en los cuales se observa la evolución del módulo de ruptura (7, 14 y 28 días) para todos los grupos de control “CN”, “CP(0.6)”, “CP(1.2)”, “CP(1.8)”, y “CP(2.4)”.

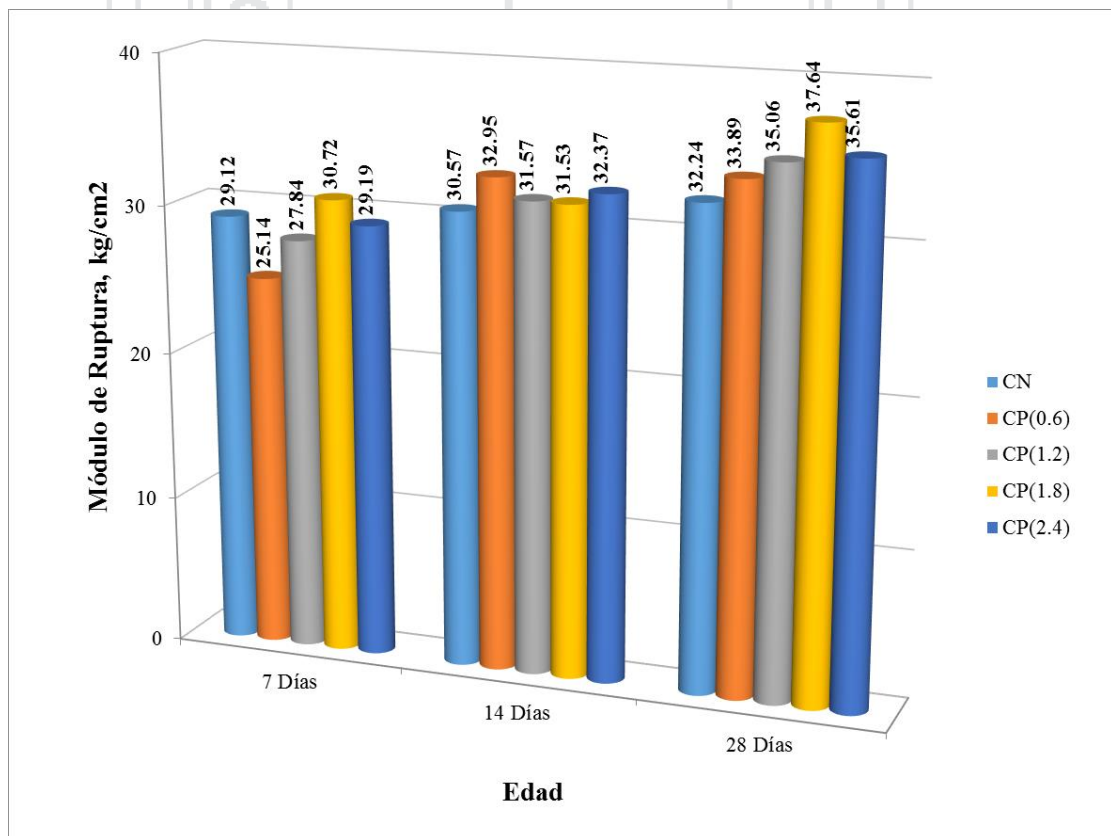


Figura 4. 12 Evolución de la resistencia a la flexión, para los grupos de prueba

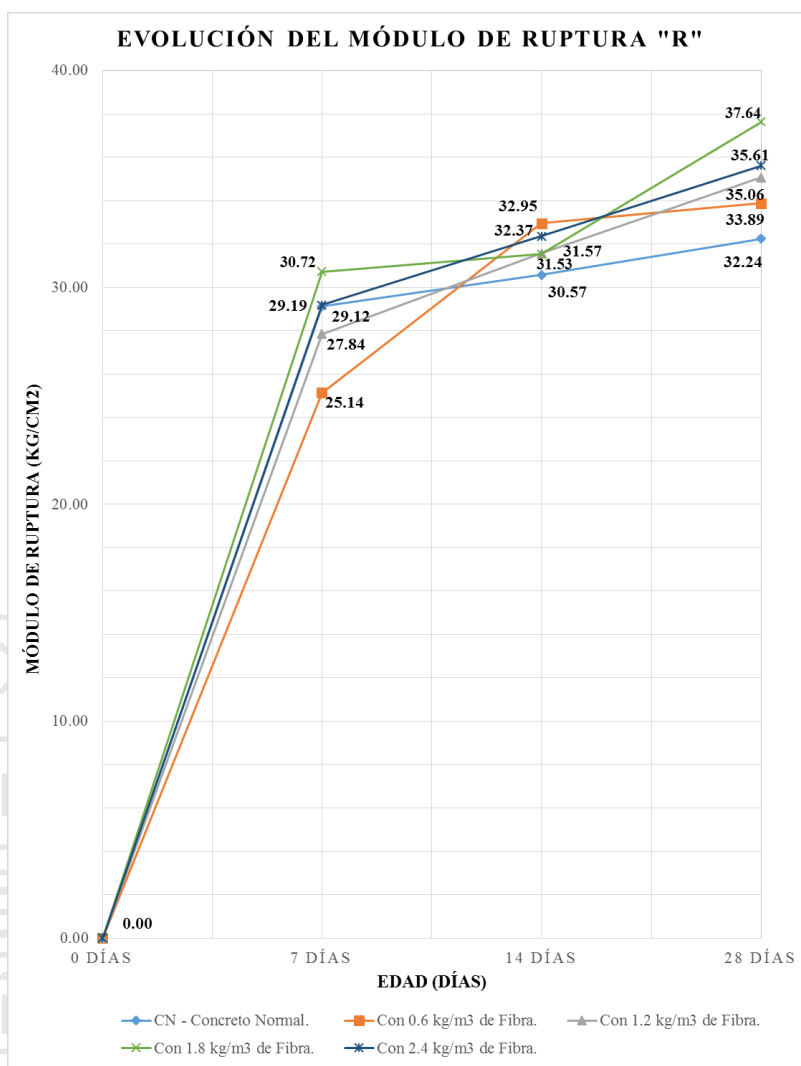


Figura 4. 13 Curvas de evolución de la resistencia a la flexión, para los grupos de prueba

Analizando los datos de la Fig. 4.13, se puede notar que el módulo de ruptura a los 28 días de edad que se obtiene para el concreto normal “CN”, es de 32.24 kg/cm². En cuanto a los resultados de las pruebas obtenidas para las probetas (prismas) en las que fueron añadidas las fibras de polipropileno de 19 mm. en cantidades (0.6, 1.2, 1.8 y 2,4 kg/m³), se puede observar que en todos los grupos de control el módulo de ruptura es superior al del concreto normal “CN”.

4.2.2.1 Interpretación de datos: Concreto normal “CN” - Concreto con fibra de polipropileno incorporada al 0.6 kg/m³ “CP(0.6)”:

De acuerdo a la Fig. 4.14 se observa que:

El R promedio desarrollado a los 7 días por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 0.6 kg/m^3 ; es de 25.14 kg/cm^2 , y representa el 86.33% respecto al módulo de ruptura alcanzado por el concreto normal (29.12 kg/cm^2). Teniéndose así una reducción en el módulo de ruptura de 13.67%. Cabe destacar que los datos obtenidos a esta edad presentan una dispersión total excelente y una dispersión entre testigos deficiente, sin embargo, y de acuerdo a la edad de los testigos, esta situación no es relevante para el fin de la presente investigación.

El R promedio desarrollado a los 14 días por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 0.6 kg/m^3 ; es de 32.95 kg/cm^2 , y representa el 107.79% respecto al módulo de ruptura alcanzado por el concreto normal (30.57 kg/cm^2). Teniéndose así un incremento en el módulo de ruptura de 7.79%.

El R promedio desarrollado a los 28 días por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 0.6 kg/m^3 ; es de 33.89 kg/cm^2 , y representa el 105.12% respecto al módulo de ruptura alcanzado por el concreto normal (32.24 kg/cm^2). Teniéndose así un incremento en el módulo de ruptura de 5.12%.

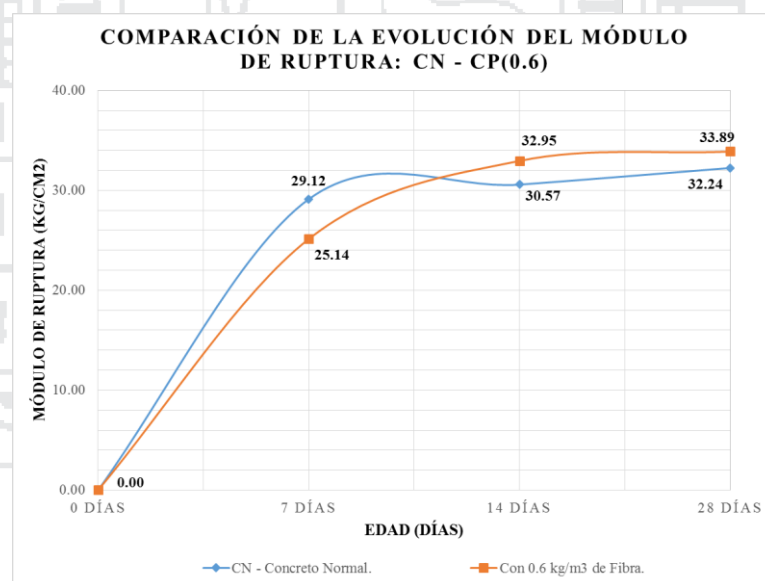


Figura 4. 14 Comparación de la evolución de la resistencia a la flexión CN – CP(0.6).

4.2.2.2 Interpretación de datos: Concreto normal “CN” - Concreto con fibra de polipropileno incorporada al 1.2 kg/m³ “CP(1.2)”:

De acuerdo a la Fig. 4.15 se observa que:

El *R* promedio desarrollado a los 7 días por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 1.2 kg/m³; es de 27.84 kg/cm², y representa el 95.60% respecto al módulo de ruptura alcanzado por el concreto normal (29.12 kg/cm²). Teniéndose así una reducción en el módulo de ruptura de 4.40%.

El *R* promedio desarrollado a los 14 días por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 1.2 kg/m³; es de 31.57 kg/cm², y representa el 103.27% respecto al módulo de ruptura alcanzado por el concreto normal (30.57 kg/cm²). Sin embargo, según el estadístico de prueba para esta comparación, no se puede afirmar un incremento en el módulo de ruptura.

El *R* promedio desarrollado a los 28 días por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 1.2 kg/m³; es de 35.06 kg/cm², y representa el 108.75% respecto al módulo de ruptura alcanzado por el concreto normal (32.24 kg/cm²). Teniéndose así un incremento en el módulo de ruptura de 8.75%.

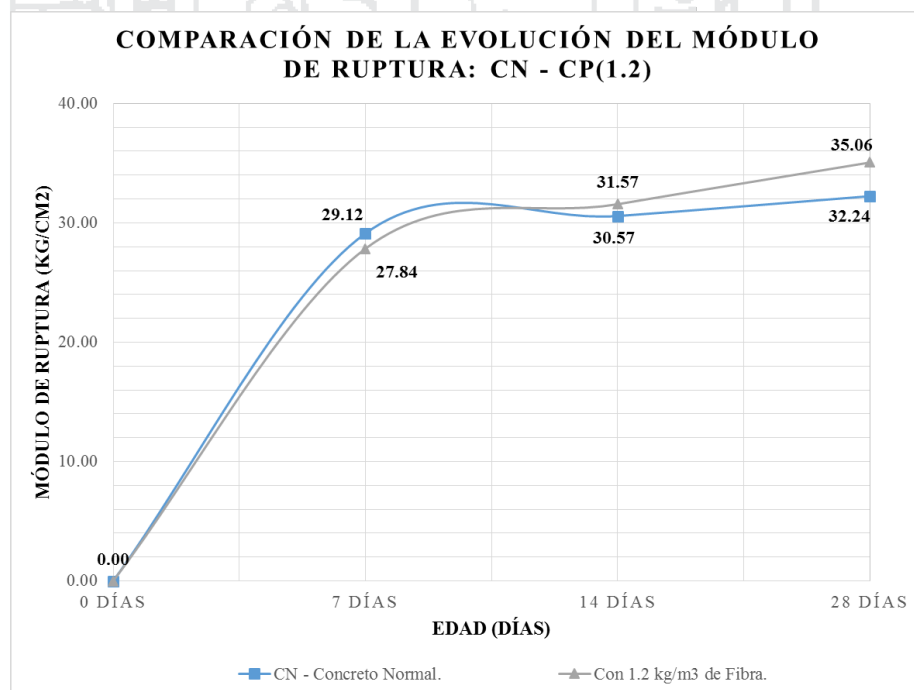


Figura 4. 15 Comparación de la evolución de la resistencia a la flexión CN – CP(1.2).

4.2.2.3 Interpretación de datos: Concreto normal “CN” - Concreto con fibra de polipropileno incorporada al 1.8 kg/m^3 “CP(1.8)”:

De acuerdo a la Fig. 4.16 se observa que:

El R promedio desarrollado a los 7 días por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 1.8 kg/m^3 ; es de 30.72 kg/cm^2 , y representa el 105.49% respecto al módulo de ruptura alcanzado por el concreto normal (29.12 kg/cm^2). Sin embargo, según el estadístico de prueba para esta comparación, no se puede afirmar un incremento en el módulo de ruptura. Cabe destacar que los datos obtenidos a esta edad presentan una dispersión total excelente y una dispersión entre testigos deficiente, sin embargo, y de acuerdo a la edad de los testigos, esta situación no es relevante para el fin de la presente investigación.

El R promedio desarrollado a los 14 días por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 1.8 kg/m^3 ; es de 31.53 kg/cm^2 , y representa el 103.14% respecto al módulo de ruptura alcanzado por el concreto normal (30.57 kg/cm^2). Sin embargo, según el estadístico de prueba para esta comparación, no se puede afirmar un incremento en el módulo de ruptura.

El R promedio desarrollado a los 28 días por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 1.8 kg/m^3 ; es de 37.64 kg/cm^2 , y representa el 116.75% respecto al módulo de ruptura alcanzado por el concreto normal (32.24 kg/cm^2). Teniéndose así un incremento en el módulo de ruptura de 16.75%.

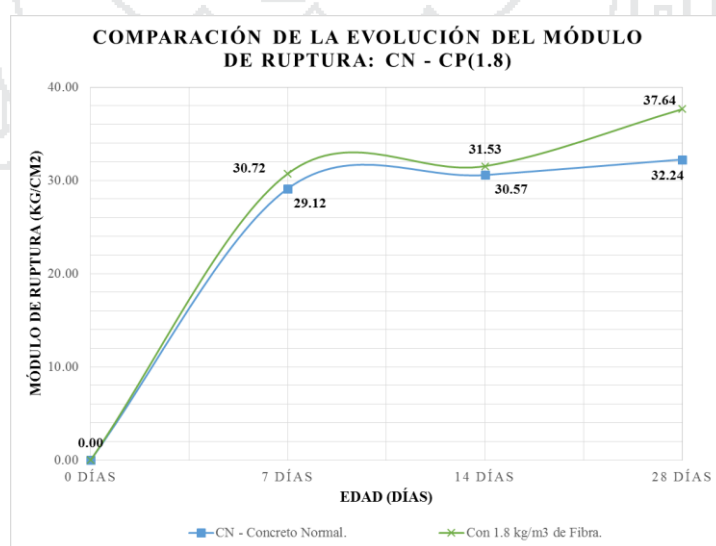


Figura 4. 16 Comparación de la evolución de la resistencia a la flexión CN – CP(1.8).

4.2.2.4 Interpretación de datos: Concreto normal “CN” - Concreto con fibra de polipropileno incorporada al 2.4 kg/m^3 “CP(2.4)”:

De acuerdo a la Fig. 4.17 se observa que:

El R promedio desarrollado a los 7 días por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 2.4 kg/m^3 ; es de 29.19 kg/cm^2 , y representa el 100.24% respecto al módulo de ruptura alcanzado por el concreto normal (29.12 kg/cm^2). Sin embargo, según el estadístico de prueba para esta comparación, no se puede afirmar un incremento en el módulo de ruptura.

El R promedio desarrollado a los 14 días por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 2.4 kg/m^3 ; es de 32.37 kg/cm^2 , y representa el 105.89% respecto al módulo de ruptura alcanzado por el concreto normal (30.57 kg/cm^2). Teniéndose así un incremento en el módulo de ruptura de 5.89%.

El R promedio desarrollado a los 28 días por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 2.4 kg/m^3 ; es de 35.61 kg/cm^2 , y representa el 110.45% respecto al módulo de ruptura alcanzado por el concreto normal (32.24 kg/cm^2). Teniéndose así un incremento en el módulo de ruptura de 10.45%.

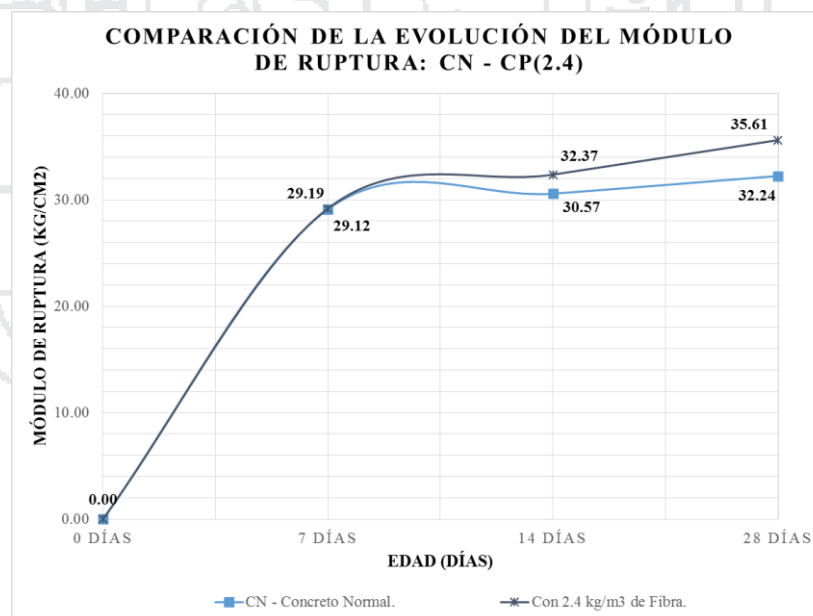


Figura 4. 17 Comparación de la evolución de la resistencia a la flexión CN – CP(2.4).

4.2.2.5 Discusión de resultados

Por lo tanto, y según los resultados obtenidos y analizados en la presente investigación, se concluye que la incorporación de fibras de polipropileno (de 19 mm.) en el concreto $f'c$ 210kg/cm² incrementa considerablemente el módulo de ruptura en él (desde un 5.12% hasta un 16.75%, según la cantidad de fibra), y por ende MEJORA su resistencia a la flexión, aceptándose por completo la segunda hipótesis específica planteada.

4.2.2.6 Deflexión de los especímenes prismáticos

El valor de la deflexión alcanzado por cada probeta prismática antes de que ocurra la falla del espécimen fue registrado, para cada edad y grupo de prueba; se presentan en las Tablas 4.3 a 4.7, los datos de deflexión con sus respectivos módulos de ruptura (del análisis estadístico – Ítem 4.4.2).

Tabla 4. 3 Datos de deflexión - CN.

Descripción	Edad	R (Media)	δ	δ (Promedio)
CN-01	28	32.24	0.28	0.29
CN-02			0.25	
CN-03			0.33	
CN-05	14	30.57	0.19	0.16
CN-06			0.15	
CN-07			0.15	
CN-08	7	29.12	0.11	0.11
CN-09			0.09	
CN-10			0.13	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. 4 Datos de deflexión – CP(0.6).

Descripción	Edad	R (Media)	δ	δ (Promedio)
CP(0.6)-01	28	33.89	0.38	0.41
CP(0.6)-02			0.45	
CP(0.6)-03			0.4	
CP(0.6)-04	14	32.95	0.27	0.25
CP(0.6)-05			0.25	
CP(0.6)-09			0.22	
CP(0.6)-06	7	25.14	0.17	0.16
CP(0.6)-07			0.16	
CP(0.6)-08			0.14	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. 5 Datos de deflexión – CP(1.2).

Descripción	Edad	R (Media)	δ	δ (Promedio)
CP(1.2)-01			0.65	
CP(1.2)-02	28	35.06	0.57	0.60
CP(1.2)-03			0.59	
CP(1.2)-07			0.4	
CP(1.2)-08	14	31.57	0.3	0.34
CP(1.2)-09			0.32	
CP(1.2)-04			0.27	
CP(1.2)-05	7	27.84	0.23	0.26
CP(1.2)-06			0.28	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. 6 Datos de deflexión – CP(1.8).

Descripción	Edad	R (Media)	δ	δ (Promedio)
CP(1.8)-01			0.67	
CP(1.8)-02	28	37.64	0.63	0.63
CP(1.8)-03			0.59	
CP(1.8)-04			0.38	
CP(1.8)-05	14	31.53	0.45	0.41
CP(1.8)-07			0.4	
CP(1.8)-06			0.3	
CP(1.8)-08	7	30.72	0.32	0.27
CP(1.8)-09			0.19	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. 7 Datos de deflexión – CP(2.4).

Descripción	Edad	R (Media)	δ	δ (Promedio)
CP(2.4)-01			0.63	
CP(2.4)-02	28	35.61	0.74	0.69
CP(2.4)-04			0.7	
CP(2.4)-03			0.5	
CP(2.4)-08	14	32.37	0.47	0.48
CP(2.4)-09			0.48	
CP(2.4)-05			0.28	
CP(2.4)-06	7	29.19	0.3	0.31
CP(2.4)-07			0.34	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observa que la deflexión obtenida en el ensayo de resistencia a la flexión con carga en el punto central, es directamente

proporcional a la cantidad de fibra presente en el concreto. Dicha situación puede observarse gráficamente en la Figura 4.18.

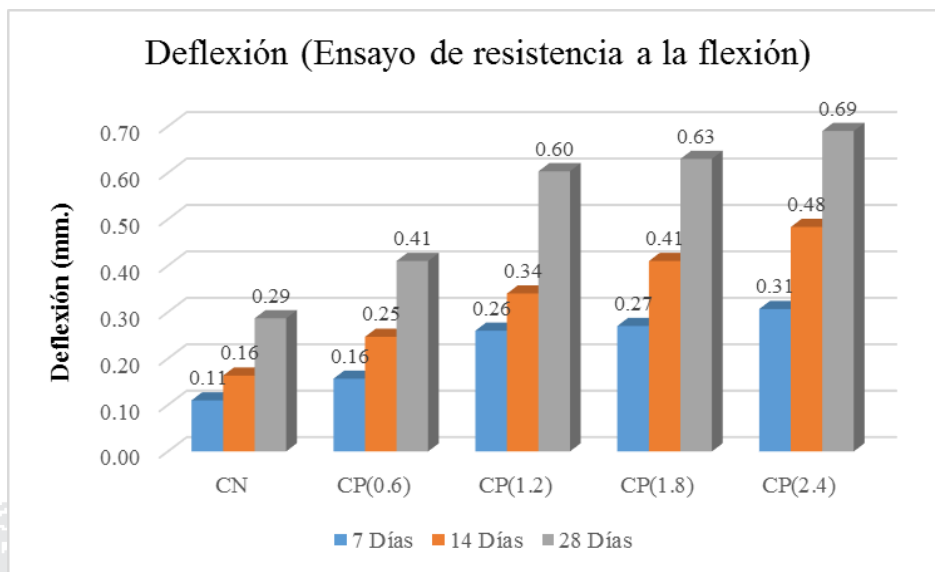


Figura 4. 18 Comparación de la evolución de la deflexión – Grupos de control.

4.2.3 Comparación del cambio de longitud del concreto expuesto a solución de sulfato

Realizado el ensayo, mediante la Tabla 4.8, se presentan las lecturas de longitud obtenidas para todos los grupos de control, y realizadas a 1, 2, 3, 4, 8, y 12 semanas.

Tabla 4. 8 Datos de expansión – Grupos de control.

Descripción	Inicial		Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 8		Semana 12	
	L _i	% L	L ₁	% L	L ₂	% L	L ₃	% L	L ₄	% L	L ₈	% L	L ₁₂	% L
CN-01	2.37	0.000	2.52	0.053	3.2	0.291	3.96	0.558	5.2	0.993	5.88	1.232	8.04	1.989
CN-02	4.6	0.000	5.3	0.246	5.43	0.291	6.98	0.835	9.33	1.660	9.65	1.772	10.82	2.182
CN-03	1.84	0.000	2.51	0.235	3.17	0.467	3.87	0.712	4.94	1.088	6.02	1.467	6.72	1.712
CP(0.6)-01	3.86	0.000	3.9	0.014	5.26	0.491	5.68	0.639	5.86	0.702	6.21	0.825	7.41	1.246
CP(0.6)-02	0.24	0.000	0.34	0.035	1.06	0.288	1.33	0.382	1.36	0.393	3.19	1.035	4.27	1.414
CP(0.6)-03	1.12	0.000	1.46	0.119	2.79	0.586	3.35	0.782	3.76	0.926	4.57	1.211	5.1	1.396
CP(1.2)-01	2.35	0.000	3.3	0.333	3.44	0.382	3.74	0.488	5.37	1.060	6.28	1.379	6.57	1.481
CP(1.2)-02	2.76	0.000	3.46	0.246	3.8	0.365	4.34	0.554	4.5	0.611	5.7	1.032	6.15	1.189
CP(1.2)-03	1.41	0.000	1.82	0.144	2.07	0.232	2.8	0.488	3.78	0.832	4.47	1.074	5.05	1.277
CP(1.8)-01	0.41	0.000	1.37	0.337	2.42	0.705	2.92	0.881	3.16	0.965	3.5	1.084	3.94	1.239
CP(1.8)-02	3.2	0.000	3.43	0.081	3.88	0.239	4.33	0.396	5.96	0.968	6.11	1.021	6.79	1.260
CP(1.8)-03	1.16	0.000	1.65	0.172	2.71	0.544	3	0.646	3.79	0.923	4.24	1.081	4.59	1.204
CP(2.4)-01	3.9	0.000	4.35	0.158	4.86	0.337	5.07	0.411	5.94	0.716	6.34	0.856	6.96	1.074
CP(2.4)-02	0.78	0.000	1.36	0.204	1.96	0.414	2.41	0.572	2.97	0.768	3.39	0.916	4.05	1.147
CP(2.4)-03	1.94	0.000	2.18	0.084	2.88	0.330	3.36	0.498	4.14	0.772	4.77	0.993	4.98	1.067

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observa que el cambio de longitud (a la semana 12), para el CN es el mayor obtenido, y está comprendido entre 1.712% a 2.182%, y para el CP(2.4) es el menor obtenido, que varía entre 1.067% a 1.147%. Dicha situación puede observarse gráficamente en la Figura 4.19.

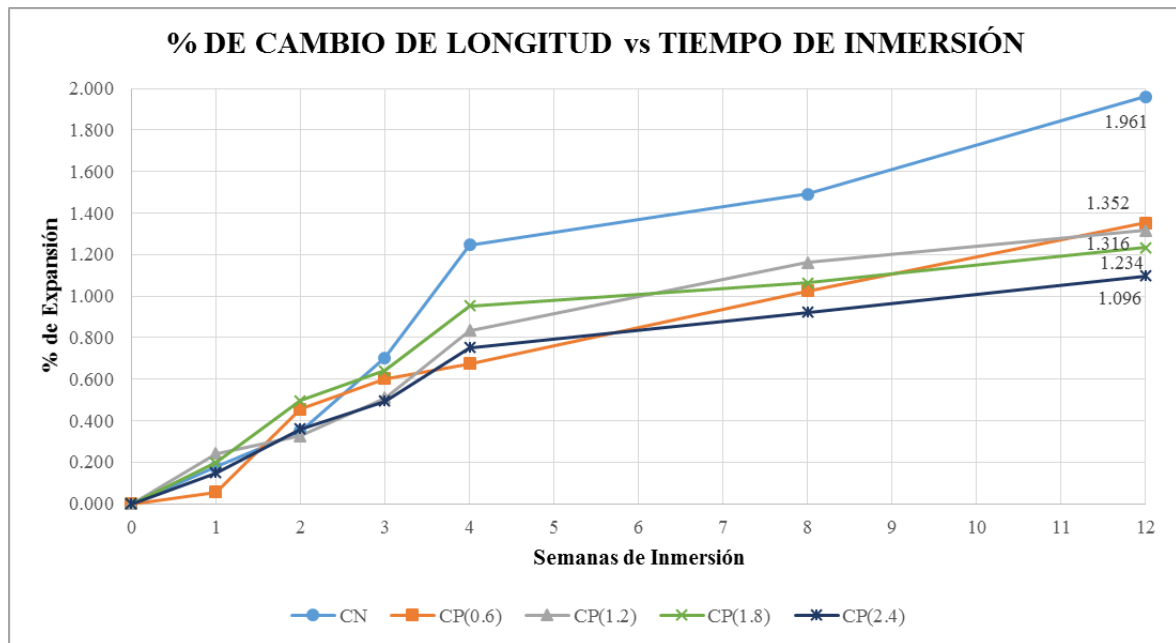


Figura 4. 19 Comparación de expansión – Grupos de control.

Analizando los datos de la Fig. 4.19, se puede notar que el cambio de longitud promedio(expansión) que se obtiene a las 12 semanas de inmersión el solución de sulfato para el concreto normal “CN”, es de 1.961 %. En cuanto a los resultados obtenidos para las probetas (vigas de expansión) en las que fueron añadidas las fibras de polipropileno de 19 mm. en cantidades (0.6, 1.2, 1.8 y 2,4 kg/m³), se puede observar que el cambio de longitud es inferior a la del concreto normal “CN”, en todos los grupos de control. Pudiéndose así inducir que la cantidad de fibra de polipropileno presente en el concreto es inversamente proporcional al cambio de longitud del concreto expuesto a solución de sulfato.

4.2.3.1 Interpretación de datos: Concreto normal “CN” - Concreto con fibra de polipropileno incorporada al 0.6 kg/m^3 “CP(0.6)”:

De acuerdo a la Fig. 4.20 se observa que:

El porcentaje de expansión promedio medido a la primera semana por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 0.6 kg/m^3 ; es de 0.056% y representa el 31.58% respecto al concreto normal (0.178 %). Teniéndose así una reducción en el porcentaje de expansión de 68.42%.

El porcentaje de expansión promedio medido a la segunda semana por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 0.6 kg/m^3 ; es de 0.455% y representa el 130.10% respecto al concreto normal (0.350 %). Teniéndose así un incremento en el porcentaje de expansión de 30.10%.

El porcentaje de expansión promedio medido a la tercera semana por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 0.6 kg/m^3 ; es de 0.601% y representa el 85.67% respecto al concreto normal (0.702 %). Teniéndose así una reducción en el porcentaje de expansión de 14.33%.

El porcentaje de expansión promedio medido a la cuarta semana por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 0.6 kg/m^3 ; es de 0.674% y representa el 54.03% respecto al concreto normal (1.247 %). Teniéndose así una reducción en el porcentaje de expansión de 45.97%.

El porcentaje de expansión promedio medido a la octava semana por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 0.6 kg/m^3 ; es de 1.023% y representa el 68.68% respecto al concreto normal (1.490 %). Teniéndose así una reducción en el porcentaje de expansión de 31.32%.

El porcentaje de expansión promedio medido a la decimosegunda semana por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 0.6 kg/m^3 ; es de 1.352% y representa el 68.93% respecto al concreto normal (1.961 %). Teniéndose así una reducción en el porcentaje de expansión de 31.07%.

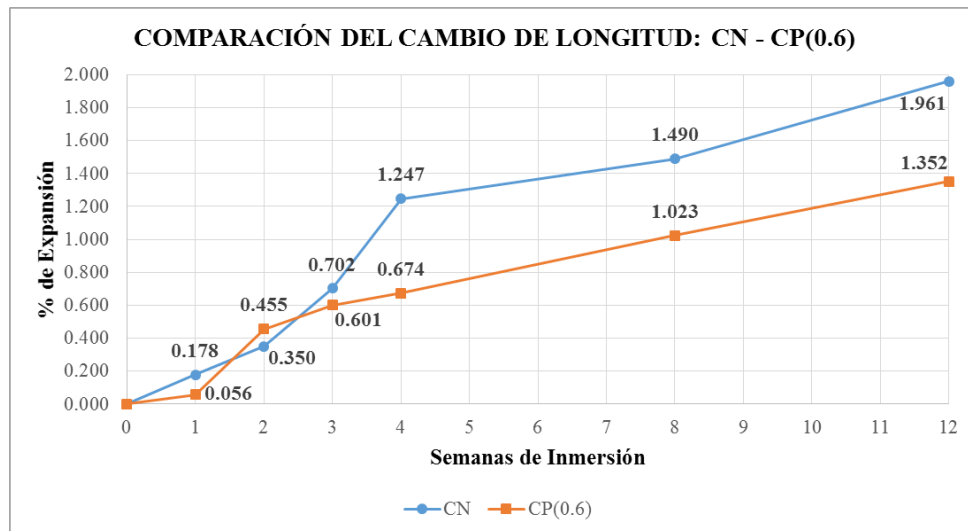


Figura 4. 20 Comparación de la evolución de la expansión CN – CP(0.6).

4.2.3.2 Interpretación de datos: Concreto normal “CN” - Concreto con fibra de polipropileno incorporada al 1.2 kg/m³ “CP(1.2)”:

De acuerdo a la Fig. 4.21 se observa que:

El porcentaje de expansión promedio medido a la primera semana por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 1.2 kg/m³; es de 0.241% y representa el 135.53% respecto al concreto normal (0.178 %). Teniéndose así un incremento en el porcentaje de expansión de 35.53%.

El porcentaje de expansión promedio medido a la segunda semana por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 1.2 kg/m³; es de 0.326% y representa el 93.31% respecto al concreto normal (0.350 %). Teniéndose así una reducción en el porcentaje de expansión de 6.69%.

El porcentaje de expansión promedio medido a la tercera semana por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 1.2 kg/m³; es de 0.510% y representa el 72.67% respecto al concreto normal (0.702 %). Teniéndose así una reducción en el porcentaje de expansión de 27.33%.

El porcentaje de expansión promedio medido a la cuarta semana por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 1.2 kg/m³; es de 0.834% y representa el 66.89%

respecto al concreto normal (1.247 %). Teniéndose así una reducción en el porcentaje de expansión de 33.11%.

El porcentaje de expansión promedio medido a la octava semana por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 1.2 kg/m³; es de 1.161% y representa el 77.94% respecto al concreto normal (1.490 %). Teniéndose así una reducción en el porcentaje de expansión de 22.06%.

El porcentaje de expansión promedio medido a la decimosegunda semana por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 1.2 kg/m³; es de 1.316% y representa el 67.08% respecto al concreto normal (1.961 %). Teniéndose así una reducción en el porcentaje de expansión de 32.92%.

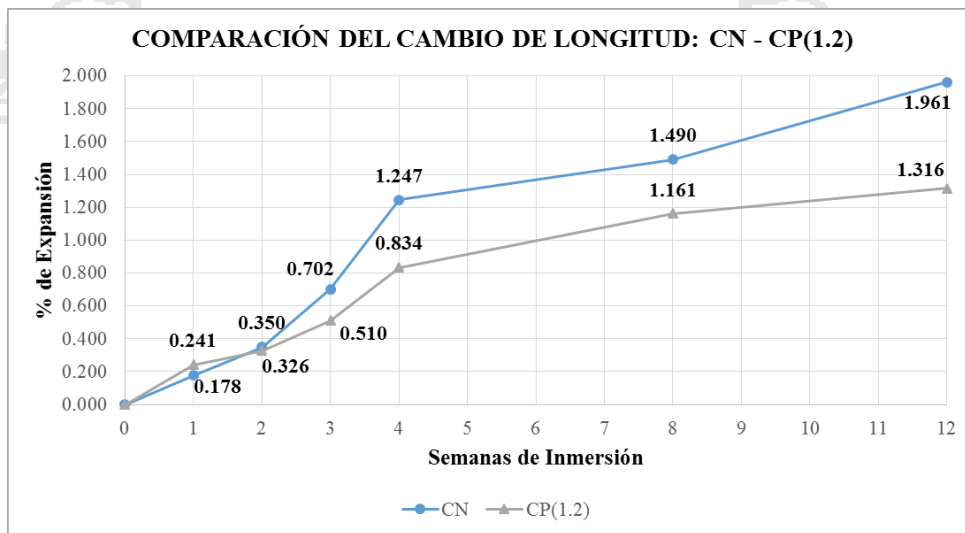


Figura 4. 21 Comparación de la evolución de la expansión CN – CP(1.2).

4.2.3.3 Interpretación de datos: Concreto normal “CN” - Concreto con fibra de polipropileno incorporada al 1.8 kg/m^3 “CP(1.8)”:

De acuerdo a la Fig. 4.22 se observa que:

El porcentaje de expansión promedio medido a la primera semana por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 1.8 kg/m^3 ; es de 0.196% y representa el 110.53% respecto al concreto normal (0.178 %). Teniéndose así un incremento en el porcentaje de expansión de 10.53%.

El porcentaje de expansión promedio medido a la segunda semana por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 1.8 kg/m^3 ; es de 0.496% y representa el 141.81% respecto al concreto normal (0.350 %). Teniéndose así un incremento en el porcentaje de expansión de 41.81%.

El porcentaje de expansión promedio medido a la tercera semana por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 1.8 kg/m^3 ; es de 0.641% y representa el 91.33% respecto al concreto normal (0.702 %). Teniéndose así una reducción en el porcentaje de expansión de 8.67%.

El porcentaje de expansión promedio medido a la cuarta semana por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 1.8 kg/m^3 ; es de 0.952% y representa el 76.36% respecto al concreto normal (1.247 %). Teniéndose así una reducción en el porcentaje de expansión de 23.64%.

El porcentaje de expansión promedio medido a la octava semana por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 1.8 kg/m^3 ; es de 1.062% y representa el 71.27% respecto al concreto normal (1.490 %). Teniéndose así una reducción en el porcentaje de expansión de 28.73%.

El porcentaje de expansión promedio medido a la decimosegunda semana por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 1.8 kg/m^3 ; es de 1.234% y representa el 62.91% respecto al concreto normal (1.961 %). Teniéndose así una reducción en el porcentaje de expansión de 37.09%.

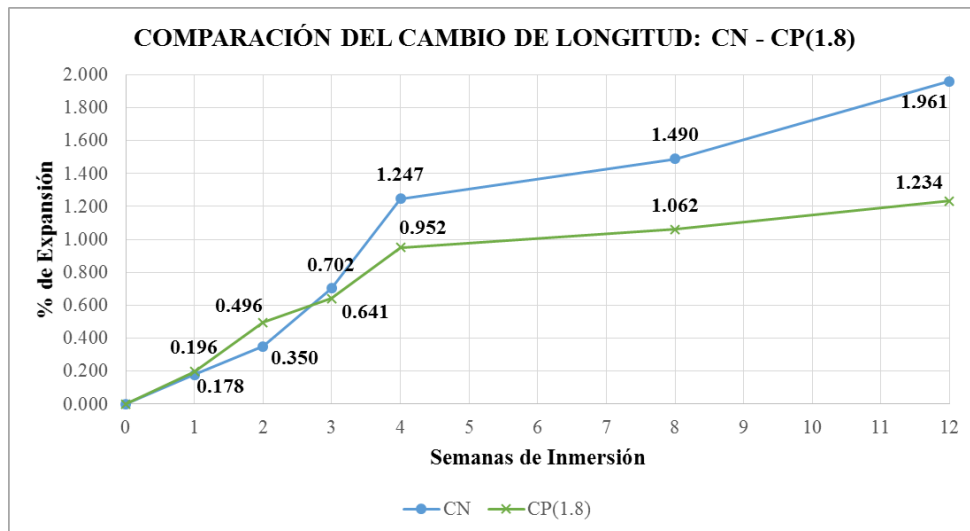


Figura 4. 22 Comparación de la evolución de la expansión CN – CP(1.8).

4.2.3.4 Interpretación de datos: Concreto normal “CN” - Concreto con fibra de polipropileno incorporada al 2.4 kg/m³ “CP(2.4)”:

De acuerdo a la Fig. 4.23 se observa que:

El porcentaje de expansión promedio medido a la primera semana por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 2.4 kg/m³; es de 0.149% y representa el 83.55% respecto al concreto normal (0.178 %). Teniéndose así una reducción en el porcentaje de expansión de 16.45%.

El porcentaje de expansión promedio medido a la segunda semana por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 2.4 kg/m³; es de 0.360% y representa el 103.01% respecto al concreto normal (0.350 %). Teniéndose así un incremento en el porcentaje de expansión de 3.01%.

El porcentaje de expansión promedio medido a la tercera semana por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 2.4 kg/m³; es de 0.494% y representa el 70.33% respecto al concreto normal (0.702 %). Teniéndose así una reducción en el porcentaje de expansión de 29.67%.

El porcentaje de expansión promedio medido a la cuarta semana por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 2.4 kg/m³; es de 0.752% y representa el 60.32%

respecto al concreto normal (1.247 %). Teniéndose así una reducción en el porcentaje de expansión de 39.68%.

El porcentaje de expansión promedio medido a la octava semana por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 2.4 kg/m³; es de 0.922% y representa el 61.85% respecto al concreto normal (1.490 %). Teniéndose así una reducción en el porcentaje de expansión de 38.15%.

El porcentaje de expansión promedio medido a la decimosegunda semana por el concreto con fibras de polipropileno incorporadas en 2.4 kg/m³; es de 1.096% y representa el 55.87% respecto al concreto normal (1.961 %). Teniéndose así una reducción en el porcentaje de expansión de 44.13%.

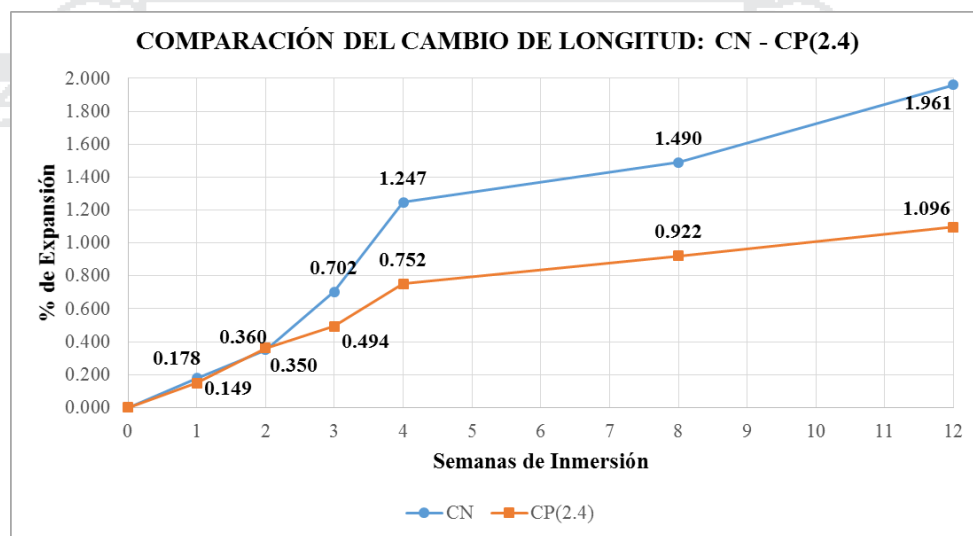


Figura 4. 23 Comparación de la evolución de la expansión CN – CP(2.4).

4.2.3.5 Discusión de resultados

Por lo tanto, y según los resultados obtenidos y analizados en la presente investigación, se concluye que la incorporación de fibras de polipropileno (de 19 mm.) en el concreto f'c 210kg/cm² reduce el cambio de longitud en él (expansión) (desde un 31.07% hasta un 44.13%, según la cantidad de fibra), y por ende mejora su durabilidad ante los sulfatos de sodio y magnesio.

4.3 Análisis de costos del concreto

Un aspecto importante en el desarrollo de cualquier construcción es el relacionado con lo económico. Si una solución en particular de un proyecto requiere costos excesivos, se buscará una solución que proporcione costos no tan elevados. Con el fin de obtener los costos unitarios para los materiales, se realizaron cotizaciones:

- La cotización de la fibra de polipropileno empleada se presenta en el *Anexo I* (Precios actualizados a abril del 2016 – Ciudad de Juliaca).
- Las cotizaciones de los agregados fino y grueso se muestran en la Tabla 4.9 (Precios actualizados a octubre del 2016 – Ciudad de Puno).

Tabla 4. 9 Costo de Agregado en la Ciudad de Puno

Tipo de material	Cantidad (m ³)	Costo (s/.)			Costo promedio	Costo por m ³
		Cotización N° 1	Cotización N° 2	Cotización N° 3		
A. fino	13	430	450	450	S/. 443.33	S/. 34.10
A. grueso TMN 1"	13	350	360	360	S/. 356.67	S/. 27.44

Fuente: Propia

En las Tablas 4.10 a la 4.14 se muestran los costos unitarios de materiales de cada uno de los concretos elaborados en este estudio,

Tabla 4. 10 Costo unitario de materiales para concreto de diseño - CN

Materiales	Und.	Cantidad	P.U.	Importe
Cemento Portland Tipo IP (42.5 kg.)	bol.	9.082	21.50	195.27
A° Fino	m ³ .	0.255	34.10	8.70
A° Grueso	m ³ .	0.408	27.44	11.20
Fibras de Polipropileno	kg.	0.000	39.17	0.00
Agua	m ³ .	0.193	4.72	0.91
Costo Unitario de materiales			S/.	216.07

Fuente: Propia

Tabla 4. 11 Costo unitario de materiales para concreto de diseño con fibras incorporadas en 0.6 kg/m³ –
CP(0.6)

Materiales	Und.	Cantidad	P.U.	Importe
Cemento Portland Tipo IP (42.5 kg.)	bol.	9.082	21.50	195.27
A° Fino	m ³ .	0.255	34.10	8.70
A° Grueso	m ³ .	0.408	27.44	11.20
Fibras de Polipropileno	kg.	0.600	39.17	23.50
Agua	m ³ .	0.193	4.72	0.91
Costo Unitario de materiales				S/. 239.57

Fuente: Propia

Tabla 4. 12 Costo unitario de materiales para concreto de diseño con fibras incorporadas en 1.2 kg/m³ –
CP(1.2)

Materiales	Und.	Cantidad	P.U.	Importe
Cemento Portland Tipo IP (42.5 kg.)	bol.	9.082	21.50	195.27
A° Fino	m ³ .	0.255	34.10	8.70
A° Grueso	m ³ .	0.408	27.44	11.20
Fibras de Polipropileno	kg.	1.200	39.17	47.00
Agua	m ³ .	0.193	4.72	0.91
Costo Unitario de materiales				S/. 263.07

Fuente: Propia

Tabla 4. 13 Costo unitario de materiales para concreto de diseño con fibras incorporadas en 1.8 kg/m³ –
CP(1.8)

Materiales	Und.	Cantidad	P.U.	Importe
Cemento Portland Tipo IP (42.5 kg.)	bol.	9.082	21.50	195.27
A° Fino	m ³ .	0.255	34.10	8.70
A° Grueso	m ³ .	0.408	27.44	11.20
Fibras de Polipropileno	kg.	1.800	39.17	70.50
Agua	m ³ .	0.193	4.72	0.91
Costo Unitario de materiales				S/. 286.57

Fuente: Propia

Tabla 4. 14 Costo unitario de materiales para concreto de diseño con fibras incorporadas en 2.4 kg/m³ –
CP(2.4)

Materiales	Und.	Cantidad	P.U.	Importe
Cemento Portland Tipo IP (42.5 kg.)	bol.	9.082	21.50	195.27
A° Fino	m ³ .	0.255	34.10	8.70
A° Grueso	m ³ .	0.408	27.44	11.20
Fibras de Polipropileno	kg.	2.400	39.17	94.00
Agua	m ³ .	0.193	4.72	0.91
Costo Unitario de materiales				S/. 310.07

Fuente: Propia.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se presenta la siguiente gráfica.

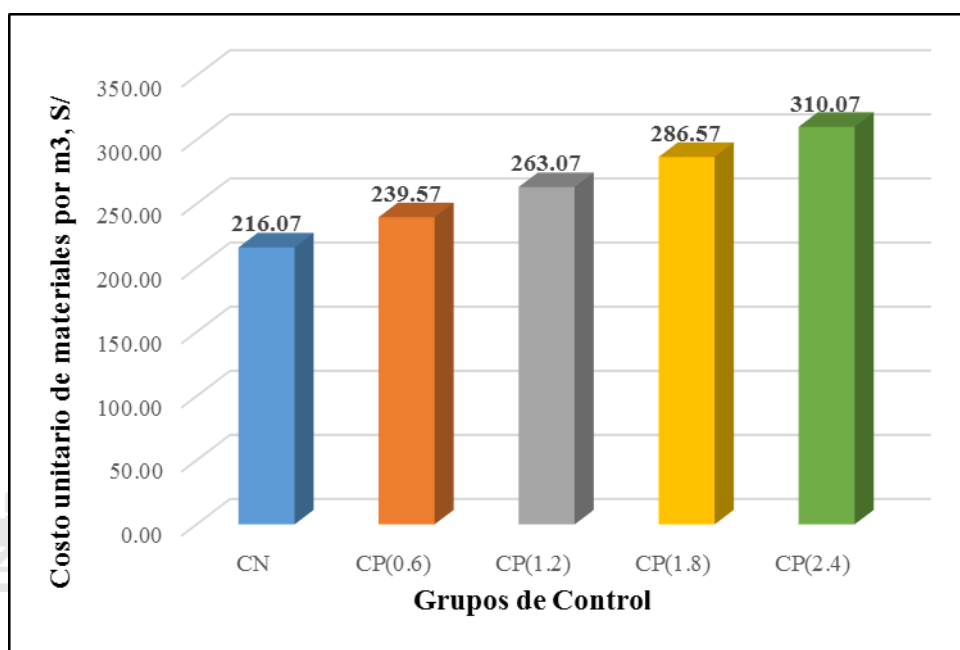


Figura 4. 24 Comparación del costo unitario de materiales, para todos los grupos de control.

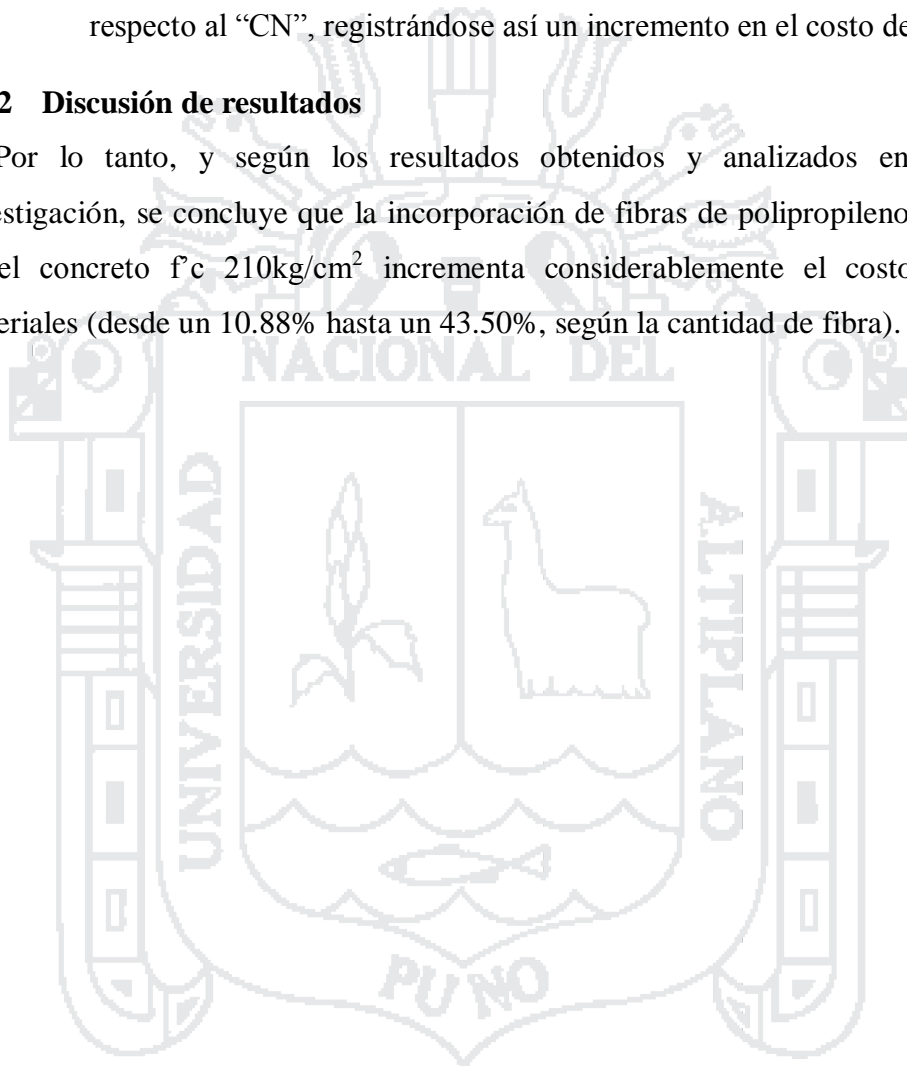
Analizando los datos de la Figura 4.24, se puede notar que los resultados de costo unitario de materiales se incrementan considerablemente conforme la cantidad de fibra de polipropileno por metro cúbico de concreto aumenta, teniéndose que:

- El concreto $f'c$ 210 kg/cm^2 (CN), presenta un costo unitario de materiales de S/ 216.07.
- El concreto con adición de fibras de polipropileno en 0.6 kg/m^3 “CP (0.6)”, presenta un costo unitario de materiales de S/ 239.57, y representa el 110.88% respecto al “CN”, registrándose así un incremento en el costo de 10.88%.
- El concreto con adición de fibras de polipropileno en 1.2 kg/m^3 “CP (1.2)”, presenta un costo unitario de materiales de S/ 263.07, y representa el 121.75% respecto al “CN”, registrándose así un incremento en el costo de 21.75%.

- El concreto con adición de fibras de polipropileno en 1.8 kg/m^3 “CP (1.8)”, presenta un costo unitario de materiales de S/ 286.57, y representa el 132.63% respecto al “CN”, registrándose así un incremento en el costo de 32.63%.
- El concreto con adición de fibras de polipropileno en 2.4 kg/m^3 “CP (2.4)”, presenta un costo unitario de materiales de S/ 310.07, y representa el 143.50% respecto al “CN”, registrándose así un incremento en el costo de 43.50%.

4.2.2 Discusión de resultados

Por lo tanto, y según los resultados obtenidos y analizados en la presente investigación, se concluye que la incorporación de fibras de polipropileno (de 19 mm.) en el concreto $f'c \text{ } 210\text{kg/cm}^2$ incrementa considerablemente el costo unitario de materiales (desde un 10.88% hasta un 43.50%, según la cantidad de fibra).



4.4 Análisis estadístico

4.4.1 Análisis estadístico: Resistencia a la Compresión.

Tabla 4. 15 Análisis Estadístico: Concreto Normal - 7 días.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f'c) OBTENIDAS A LOS 7 DIAS CONCRETO NORMAL		MUESTRA	f'c (Xi)
		CN-01	141.37
		CN-02	147.23
		CN-03	147.04

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
[141.37 143.37 >	142.37	1.00	1.00	142.37	-2.67	7.11	7.11
[143.37 145.37 >	144.37	0.00	1.00	0.00	-0.67	0.44	0.00
[145.37 147.37 >	146.37	2.00	3.00	292.74	1.33	1.78	3.56
		3.00		435.12		9.33	10.67

NÚMERO DE MUESTRAS : N		3.00
RANGO DE DATOS : Rx	Xmax = 147.23 Xmin = 141.37	5.86
NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASE : K	2.57	3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALOS DE CLASE : C	1.95	2
MEDIA : u		145.04
MEDIANA : u_m	($u > u_m > x_o$ --> Der ; $u < u_m < x_o$ --> Izq)	145.87
MODA : u_o		146.37
VARIANZA : σ^2		5.33
DESVIACIÓN ESTÁNDAR : σ		2.31
COEFICIENTE DE VARIACIÓN : CV		1.59

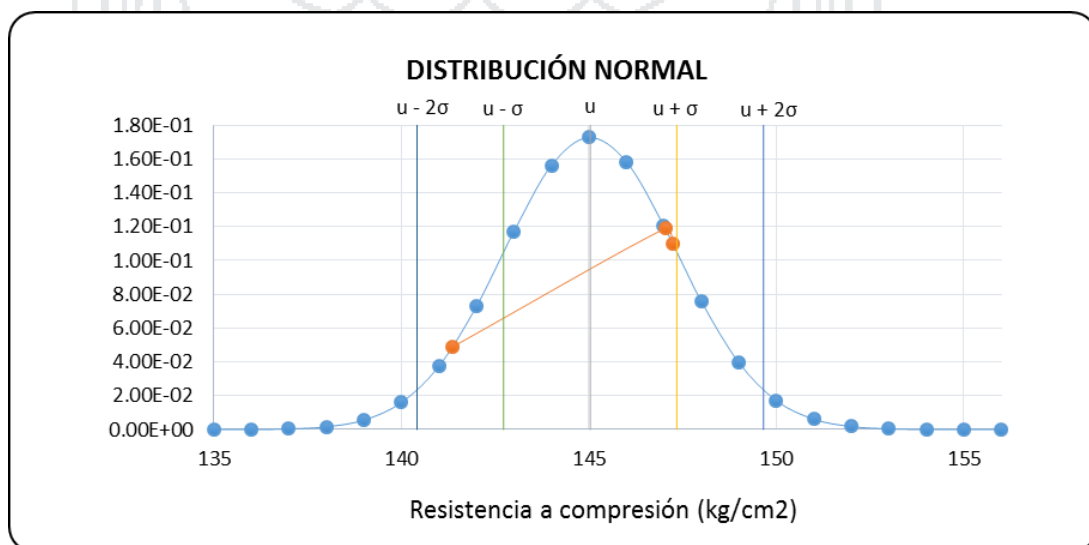
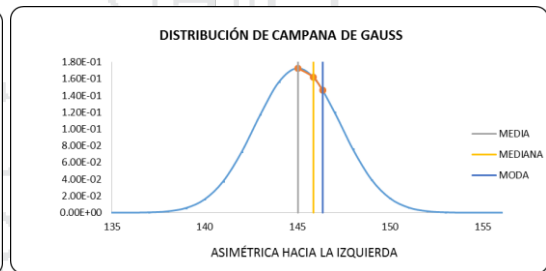
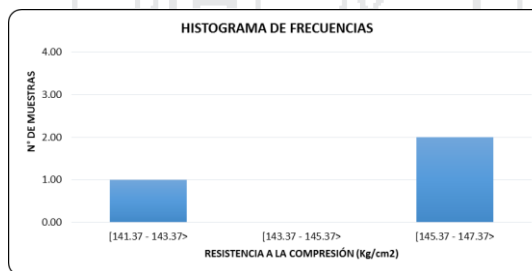


Figura 4. 25 Histograma de frecuencias y distribución normal: Concreto normal – 7 días.

Tabla 4. 16 Análisis Estadístico: Concreto Normal - 14 días.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f'c) OBTENIDAS A LOS 14 DIAS CONCRETO NORMAL	MUESTRA	f'c (Xi)
	CN-05	168.75
	CN-06	169.01
	CN-07	166.87
	CN-08	175.87

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
[166.87 170.87 >	168.87	3.00	3.00	506.62	-2.00	4.00	12.00
[170.87 174.87 >	172.87	0.00	3.00	0.00	2.00	4.00	0.00
[174.87 178.87 >	176.87	1.00	4.00	176.87	6.00	36.00	36.00
	4.00			683.49		44.00	48.00

NÚMERO DE MUESTRAS : N		4.00
RANGO DE DATOS : Rx	Xmax = 175.87 Xmin = 166.87	9.00
NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASE : K		2.99 3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALOS DE CLASE : C		3.00 4
MEDIA : u		170.87
MEDIANA : u_m	($u > u_m > x_o$ --> Der ; $u < u_m < x_o$ --> lzq)	169.54
MODA : u_o		168.87
VARIANZA : σ^2		16.00
DESVIACIÓN ESTÁNDAR : σ		4.00
COEFICIENTE DE VARIACIÓN : CV		2.34

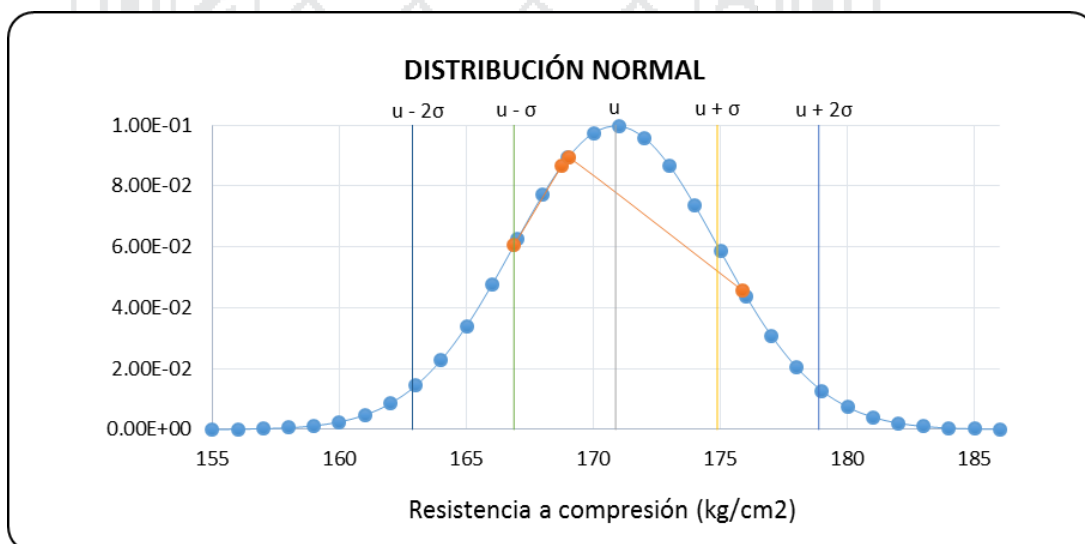
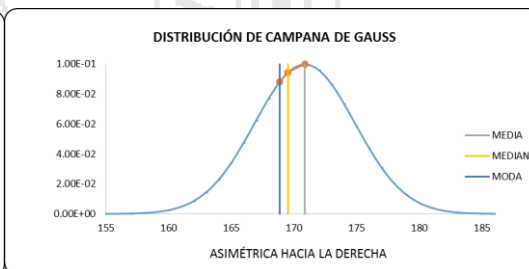
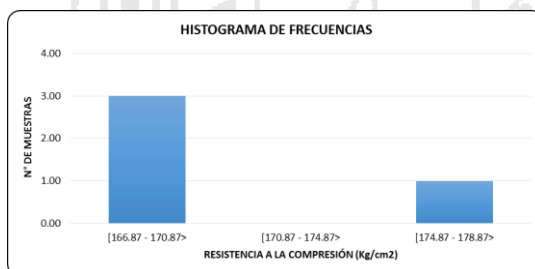


Figura 4. 26 Histograma de frecuencias y distribución normal: Concreto normal – 14 días.

Tabla 4. 17 Análisis Estadístico: Concreto Normal - 28 días.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f'c) OBTENIDAS A LOS 28 DIAS CONCRETO NORMAL	MUESTRA	f'c (Xi)
	CN-09	218.09
	CN-10	213.68
	CN-11	220.65
	CN-12	215.85

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
[213.68 216.68 >	215.18	2.00	2.00	430.35	-2.25	5.06	10.13
[216.68 219.68 >	218.18	1.00	3.00	218.18	0.75	0.56	0.56
[219.68 222.68 >	221.18	1.00	4.00	221.18	3.75	14.06	14.06
	4.00			869.70		19.69	24.75

NÚMERO DE MUESTRAS : N		4.00
RANGO DE DATOS : Rx	Xmax = 220.65 Xmin = 213.68	6.97
NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASE : K		3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALOS DE CLASE : C		3
MEDIA : u		217.43
MEDIANA : u_m	($u > u_m > x_o$ --> Der ; $u < u_m < x_o$ --> Izq)	216.68
MODA : u_o		215.68
VARIANZA : σ^2		8.25
DESVIACIÓN ESTÁNDAR : σ		2.87
COEFICIENTE DE VARIACIÓN : CV		1.32

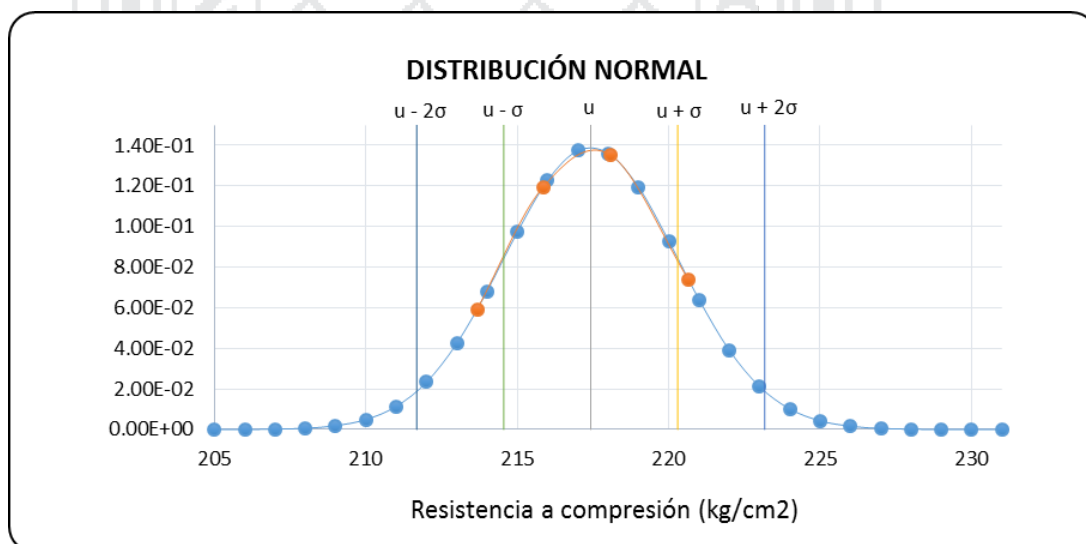
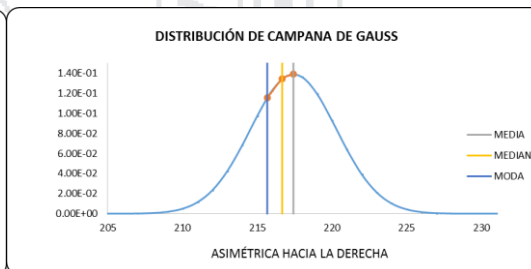
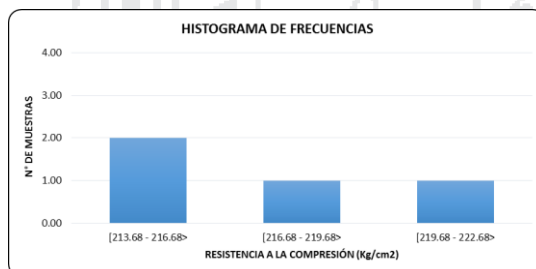


Figura 4. 27 Histograma de frecuencias y distribución normal: Concreto normal – 28 días.

Tabla 4. 18 Análisis Estadístico: Concreto con 0.6 kg/m³ de fibra de polipropileno - 7 días.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f'c) OBTENIDAS A LOS 7 DIAS CONCRETO CON POLIPROPILENO (0.6 KG/M3)	MUESTRA	f'c (Xi)
	CP(0.6)-01	137.30
	CP(0.6)-02	133.62
	CP(0.6)-03	144.03

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
[133.62 137.62 >	135.62	2.00	2.00	271.23	-2.67	7.11	14.22
[137.62 141.62 >	139.62	0.00	2.00	0.00	1.33	1.78	0.00
[141.62 145.62 >	143.62	1.00	3.00	143.62	5.33	28.44	28.44
		3.00		414.85		37.33	42.67

NÚMERO DE MUESTRAS : N		3.00
RANGO DE DATOS : Rx	Xmax = 144.03 Xmin = 133.62	10.41
NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASE : K		3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALOS DE CLASE : C		4
MEDIA : u		138.28
MEDIANA : u _m	(u > u _m > x ₀ --> Der ; u < u _m < x ₀ --> Izq)	136.62
MODA : u _o		135.62
VARIANZA : σ ²		21.33
DESVIACIÓN ESTÁNDAR : σ		4.62
COEFICIENTE DE VARIACIÓN : CV		3.34

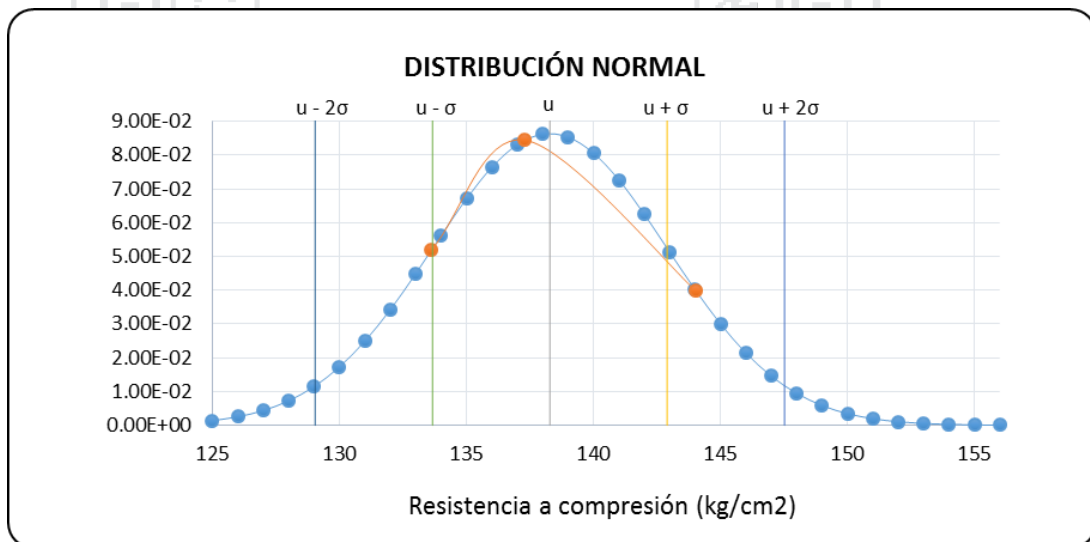
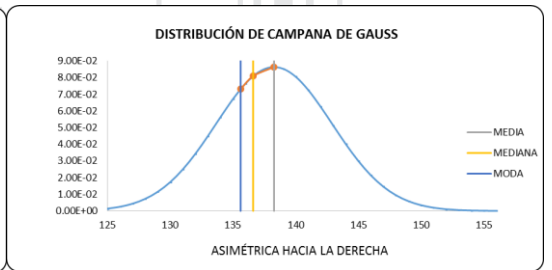
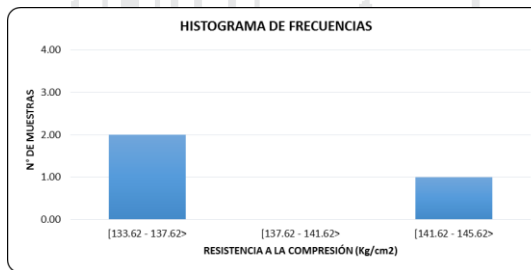


Figura 4. 28 Histograma de frecuencias y distribución normal: Concreto con 0.6 kg/m³ de fibra de polipropileno - 7 días.

Tabla 4. 19 Análisis Estadístico: Concreto con 0.6 kg/m³ de fibra de polipropileno - 14 días.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f'c) OBTENIDAS A LOS 14 DIAS CONCRETO CON POLIPROPILENO (0.6 KG/M3)	MUESTRA	f'c (Xi)
	CP(0.6)-05	193.83
	CP(0.6)-06	201.78
	CP(0.6)-07	181.67
	CP(0.6)-08	200.78

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u) ²	fi.(Xi-u) ²
[181.67 188.67 >	185.17	1.00	1.00	185.17	-8.75	76.56	76.56
[188.67 195.67 >	192.17	1.00	2.00	192.17	-1.75	3.06	3.06
[195.67 202.67 >	199.17	2.00	4.00	398.33	5.25	27.56	55.13
	4.00			775.66		107.19	134.75

NÚMERO DE MUESTRAS : N		4.00
RANGO DE DATOS : Rx	Xmax = 201.78 Xmin = 181.67	20.11
NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASE : K		2.99 3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALOS DE CLASE : C		6.70 7
MEDIA : u		193.92
MEDIANA : u _m	(u > u _m > x ₀ --> Der ; u < u _m < x ₀ --> Izq)	195.67
MODA : u _o		198.00
VARIANZA : σ ²		44.92
DESVIACIÓN ESTÁNDAR : σ		6.70
COEFICIENTE DE VARIACIÓN : CV		3.46

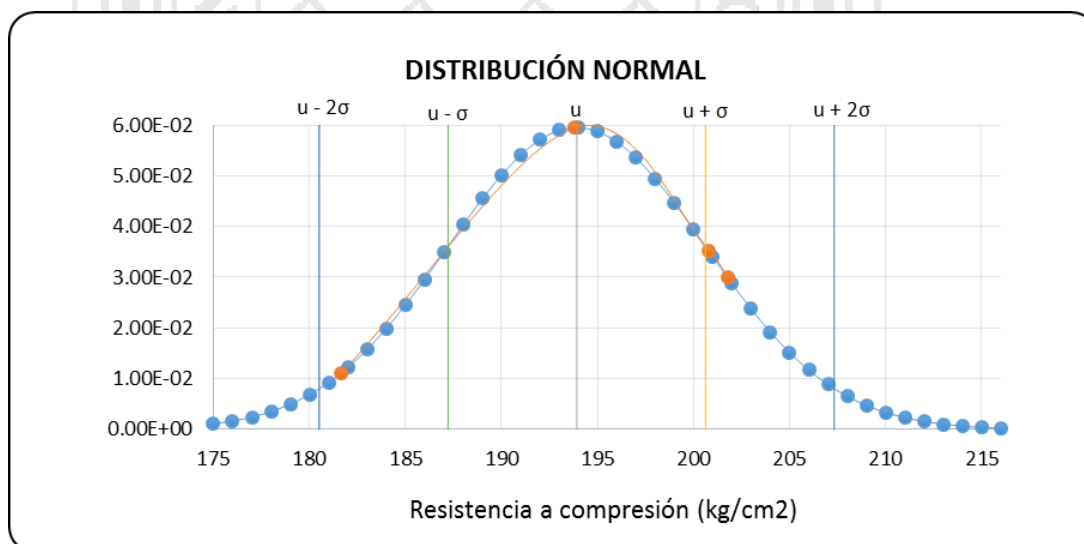
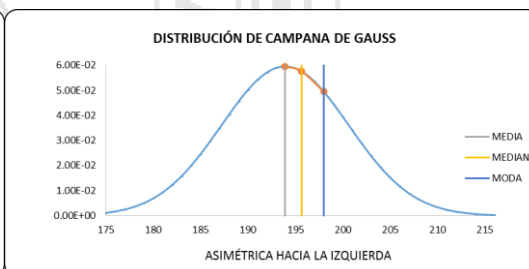
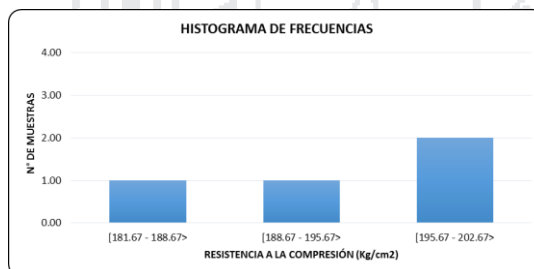


Figura 4. 29 Histograma de frecuencias y distribución normal: Concreto con 0.6 kg/m³ de fibra de polipropileno - 14 días.

Tabla 4. 20 Análisis Estadístico: Concreto con 0.6 kg/m³ de fibra de polipropileno - 28 días.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f'c) OBTENIDAS A LOS 28 DIAS CONCRETO CON POLIPROPILENO (0.6 KG/M3)	MUESTRA	f'c (Xi)
	CP(0.6)-09	207.41
	CP(0.6)-10	200.83
	CP(0.6)-11	185.89
	CP(0.6)-12	191.95

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
[185.89 193.89 >	189.89	2.00	2.00	379.78	-6.00	36.00	72.00
[193.89 201.89 >	197.89	1.00	3.00	197.89	2.00	4.00	4.00
[201.89 209.89 >	205.89	1.00	4.00	205.89	10.00	100.00	100.00
		4.00		783.55		140.00	176.00

NÚMERO DE MUESTRAS : N		4.00
RANGO DE DATOS : Rx	Xmax = 207.41 Xmin = 185.89	21.52
NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASE : K		2.99 3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALOS DE CLASE : C		7.17 8
MEDIA : u		195.89
MEDIANA : u _m	(u > u _m > x ₀ --> Der ; u < u _m < x ₀ --> Izq)	193.89
MODA : u _o		191.22
VARIANZA : σ ²		58.67
DESVIACIÓN ESTÁNDAR : σ		7.66
COEFICIENTE DE VARIACIÓN : CV		3.91

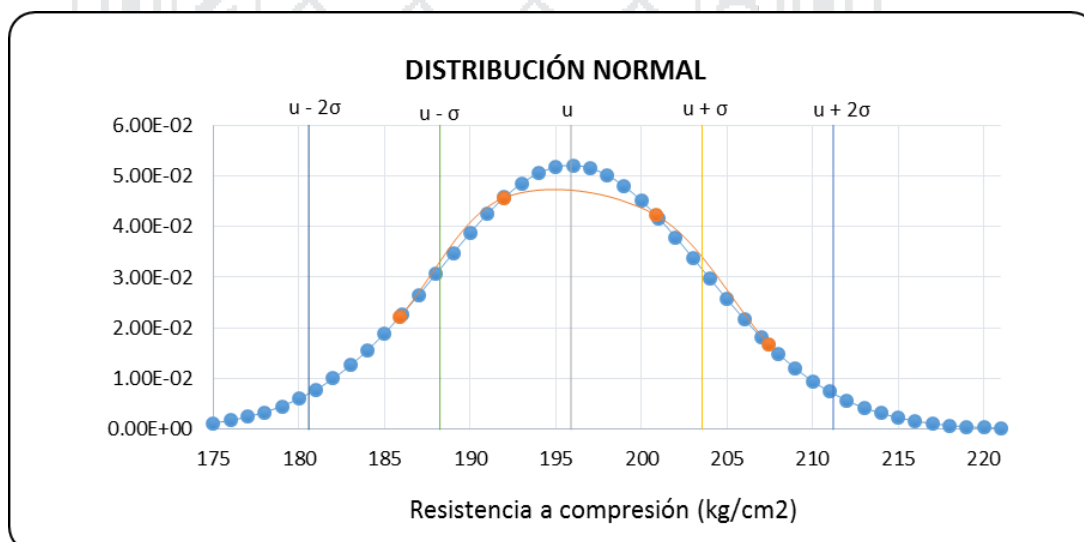
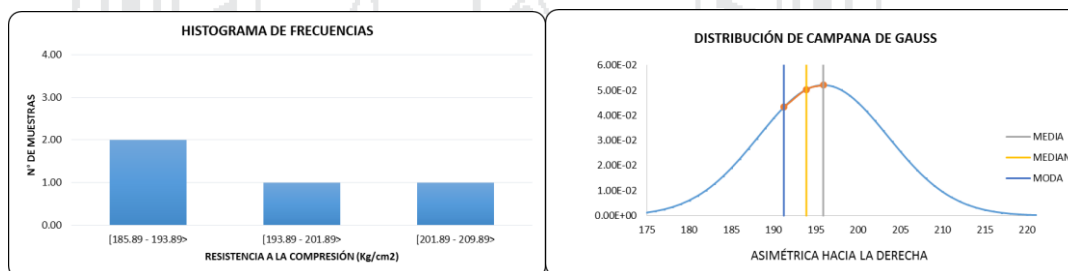


Figura 4. 30 Histograma de frecuencias y distribución normal: Concreto con 0.6 kg/m³ de fibra de polipropileno - 28 días.

Tabla 4. 21 Análisis Estadístico: Concreto con 1.2 kg/m³ de fibra de polipropileno - 7 días.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f'c) OBTENIDAS A LOS 7 DIAS CONCRETO CON POLIPROPILENO (1.2 KG/M3)	MUESTRA	f'c (Xi)
	CP(1.2)-01	160.75
	CP(1.2)-02	145.05
	CP(1.2)-03	145.34

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
[145.05 151.05 >	148.05	2.00	2.00	296.10	-4.00	16.00	32.00
[151.05 157.05 >	154.05	0.00	2.00	0.00	2.00	4.00	0.00
[157.05 163.05 >	160.05	1.00	3.00	160.05	8.00	64.00	64.00
		3.00		456.15		84.00	96.00

NÚMERO DE MUESTRAS : N		3.00
RANGO DE DATOS : Rx	Xmax = 160.75 Xmin = 145.05	15.70
NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASE : K		3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALOS DE CLASE : C		6
MEDIA : u		152.05
MEDIANA : u _m	(u > u _m > x ₀ --> Der ; u < u _m < x ₀ --> Izq)	149.55
MODA : u _o		148.05
VARIANZA : σ ²		48.00
DESVIACIÓN ESTÁNDAR : σ		6.93
COEFICIENTE DE VARIACIÓN : CV		4.56

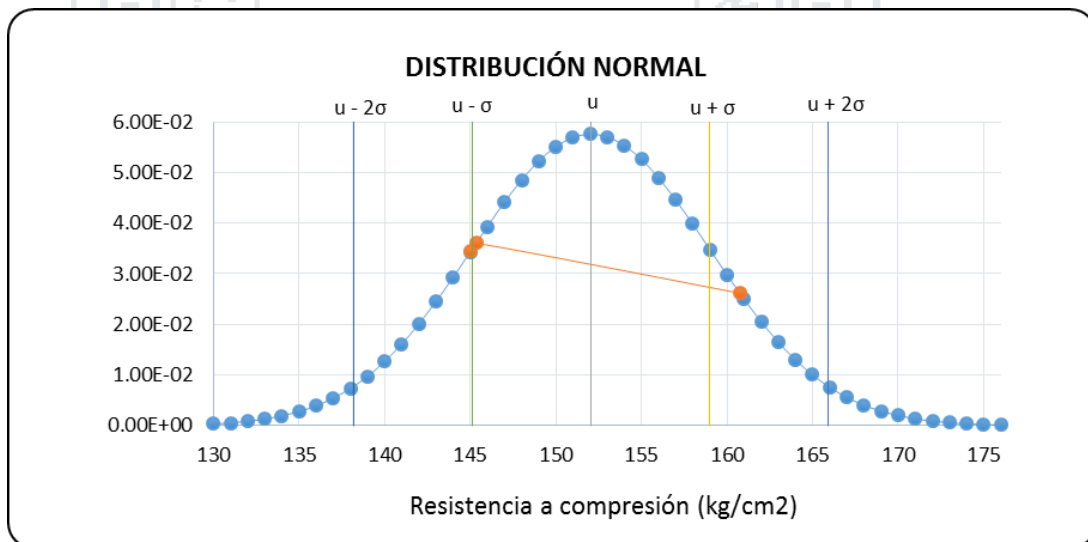
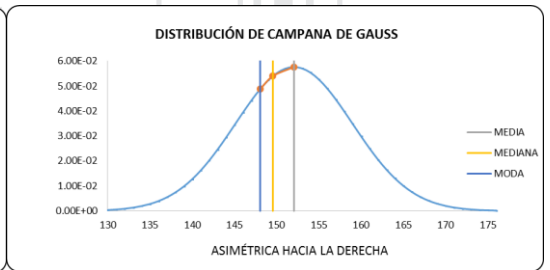
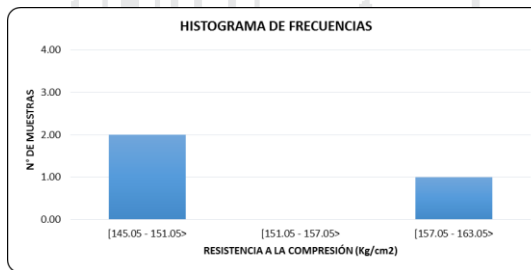


Figura 4. 31 Histograma de frecuencias y distribución normal: Concreto con 1.2 kg/m³ de fibra de polipropileno - 7 días.

Tabla 4. 22 Análisis Estadístico: Concreto con 1.2 kg/m³ de fibra de polipropileno - 14 días.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f'c) OBTENIDAS A LOS 14 DIAS CONCRETO CON POLIPROPILENO (1.2 KG/M3)	MUESTRA	f'c (Xi)
	CP(1.2)-05	207.41
	CP(1.2)-06	186.84
	CP(1.2)-07	199.96
	CP(1.2)-08	192.00

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u) ²	fi.(Xi-u) ²
[186.84 193.84 >	190.34	2.00	2.00	380.69	-5.25	27.56	55.13
[193.84 200.84 >	197.34	1.00	3.00	197.34	1.75	3.06	3.06
[200.84 207.84 >	204.34	1.00	4.00	204.34	8.75	76.56	76.56
	4.00			782.37		107.19	134.75

NÚMERO DE MUESTRAS : N		4.00
RANGO DE DATOS : Rx	Xmax = 207.41 Xmin = 186.84	20.57
NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASE : K		3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALOS DE CLASE : C		7
MEDIA : u		195.59
MEDIANA : u _m	(u > u _m > x ₀ --> Der ; u < u _m < x ₀ --> Izq)	193.84
MODA : u _o		191.51
VARIANZA : σ ²		44.92
DESVIACIÓN ESTÁNDAR : σ		6.70
COEFICIENTE DE VARIACIÓN : CV		3.43

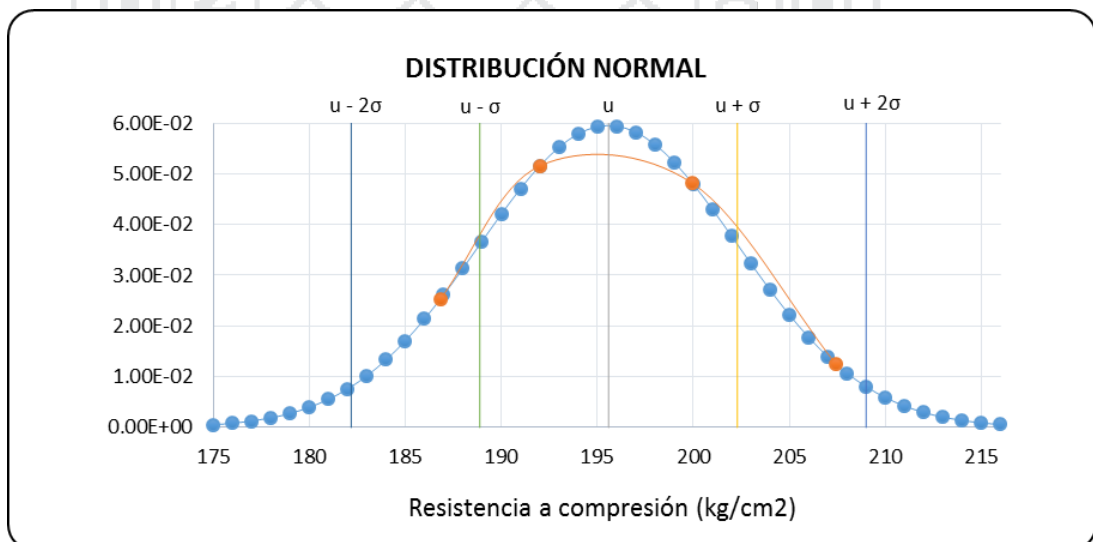
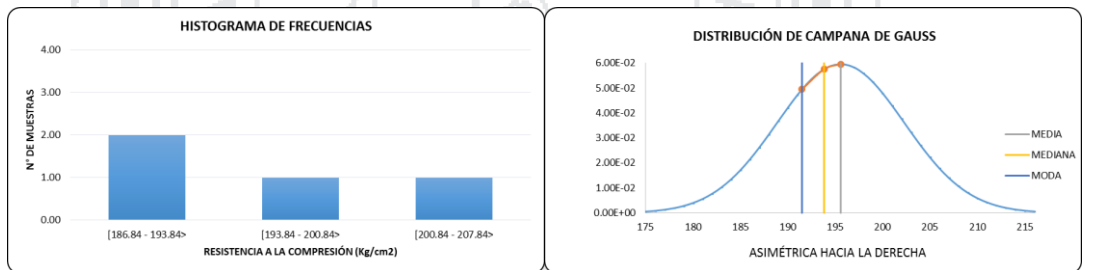


Figura 4. 32 Histograma de frecuencias y distribución normal: Concreto con 1.2 kg/m³ de fibra de polipropileno - 14 días.

Tabla 4. 23 Análisis Estadístico: Concreto con 1.2 kg/m³ de fibra de polipropileno - 28 días.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f'c) OBTENIDAS A LOS 28 DIAS CONCRETO CON POLIPROPILENO (1.2 KG/M3)	MUESTRA	f'c (Xi)
	CP(1.2)-09	194.61
	CP(1.2)-10	191.20
	CP(1.2)-11	196.96
	CP(1.2)-12	188.66

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u) ²	fi.(Xi-u) ²
[188.66 191.66 >	190.16	2.00	2.00	380.33	-2.25	5.06	10.13
[191.66 194.66 >	193.16	1.00	3.00	193.16	0.75	0.56	0.56
[194.66 197.66 >	196.16	1.00	4.00	196.16	3.75	14.06	14.06
	4.00			769.65		19.69	24.75

NÚMERO DE MUESTRAS : N		4.00
RANGO DE DATOS : Rx	Xmax = 196.96 Xmin = 188.66	8.30
NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASE : K		2.99 3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALOS DE CLASE : C		2.77 3
MEDIA : u		192.41
MEDIANA : u _m	(u > u _m > x ₀ --> Der ; u < u _m < x ₀ --> Izq)	191.66
MODA : u _o		190.66
VARIANZA : σ ²		8.25
DESVIACIÓN ESTÁNDAR : σ		2.87
COEFICIENTE DE VARIACIÓN : CV		1.49

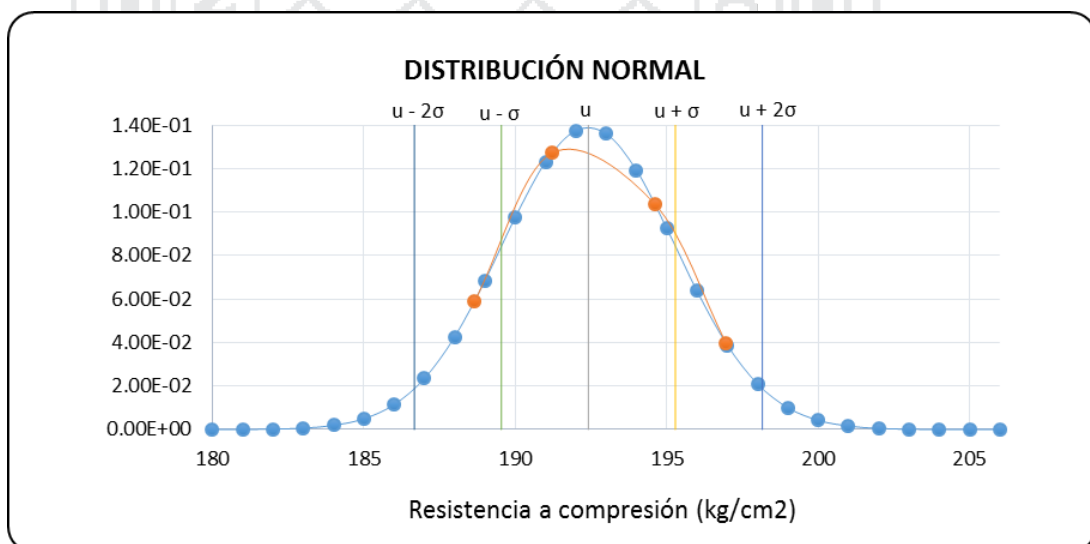
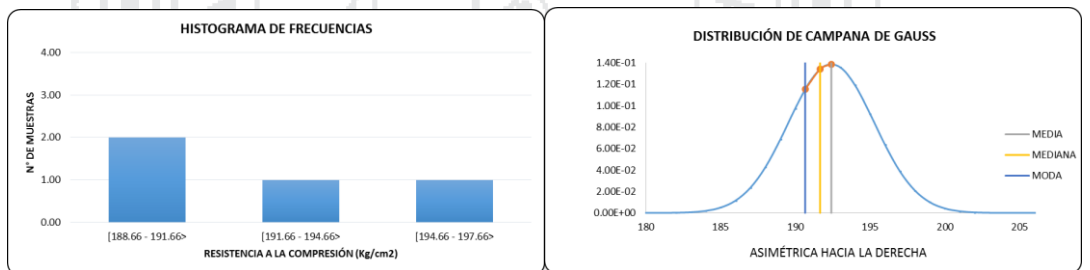


Figura 4. 33 Histograma de frecuencias y distribución normal: Concreto con 1.2 kg/m³ de fibra de polipropileno - 28 días.

Tabla 4. 24 Análisis Estadístico: Concreto con 1.8 kg/m³ de fibra de polipropileno - 7 días.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f'c) OBTENIDAS A LOS 7 DIAS CONCRETO CON POLIPROPILENO (1.8 KG/M3)	MUESTRA	f'c (Xi)
	CP(1.8)-01	162.09
	CP(1.8)-02	163.53
	CP(1.8)-03	155.49
	CP(1.8)-04	156.93

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u) ²	fi.(Xi-u) ²
[155.49 158.49 >	156.99	2.00	2.00	313.97	-3.00	9.00	18.00
[158.49 161.49 >	159.99	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
[161.49 164.49 >	162.99	2.00	4.00	325.97	3.00	9.00	18.00
	4.00			639.94		18.00	36.00

NÚMERO DE MUESTRAS : N		4.00
RANGO DE DATOS : Rx	Xmax = 163.53 Xmin = 155.49	8.05
NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASE : K		2.99 3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALOS DE CLASE : C		2.68 3
MEDIA : u		159.99
MEDIANA : u _m	(u > u _m > x ₀ --> Der ; u < u _m < x ₀ --> Izq)	158.49
MODA : u _o		156.99
VARIANZA : σ ²		12.00
DESVIACIÓN ESTÁNDAR : σ		3.46
COEFICIENTE DE VARIACIÓN : CV		2.17

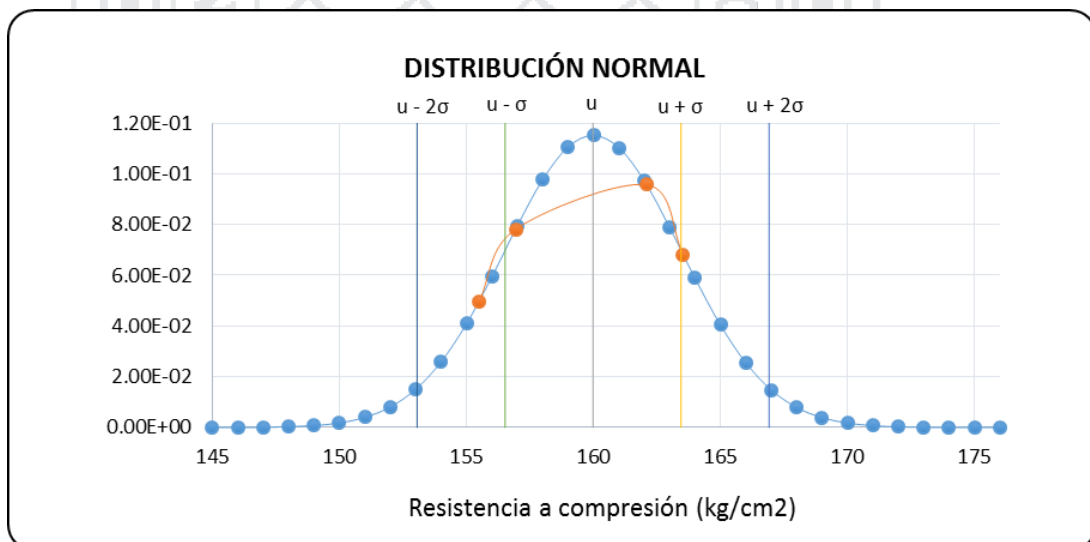
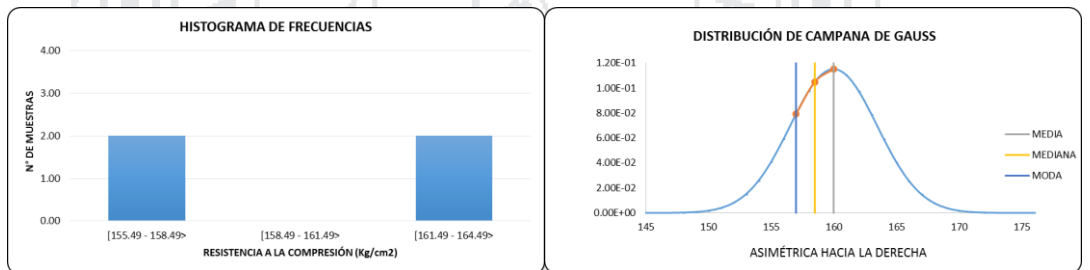


Figura 4. 34 Histograma de frecuencias y distribución normal: Concreto con 1.8 kg/m³ de fibra de polipropileno - 7 días.

Tabla 4. 25 Análisis Estadístico: Concreto con 1.8 kg/m³ de fibra de polipropileno - 14 días.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f'c) OBTENIDAS A LOS 14 DIAS CONCRETO CON POLIPROPILENO (1.8 KG/M3)	MUESTRA	f'c (Xi)
	CP(1.8)-05	177.31
	CP(1.8)-06	179.54
	CP(1.8)-07	187.63
	CP(1.8)-08	180.57

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u) ²	fi.(Xi-u) ²
[177.31 181.31 >	179.31	3.00	3.00	537.93	-2.00	4.00	12.00
[181.31 185.31 >	183.31	0.00	3.00	0.00	2.00	4.00	0.00
[185.31 189.31 >	187.31	1.00	4.00	187.31	6.00	36.00	36.00
		4.00		725.24		44.00	48.00

NÚMERO DE MUESTRAS : N		4.00
RANGO DE DATOS : Rx	Xmax = 187.63 Xmin = 177.31	10.32
NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASE : K		3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALOS DE CLASE : C		4
MEDIA : u		181.31
MEDIANA : u _m	(u > u _m > x ₀ --> Der ; u < u _m < x ₀ --> Izq)	179.58
MODA : u _o		179.31
VARIANZA : σ ²		16.00
DESVIACIÓN ESTÁNDAR : σ		4.00
COEFICIENTE DE VARIACIÓN : CV		2.21

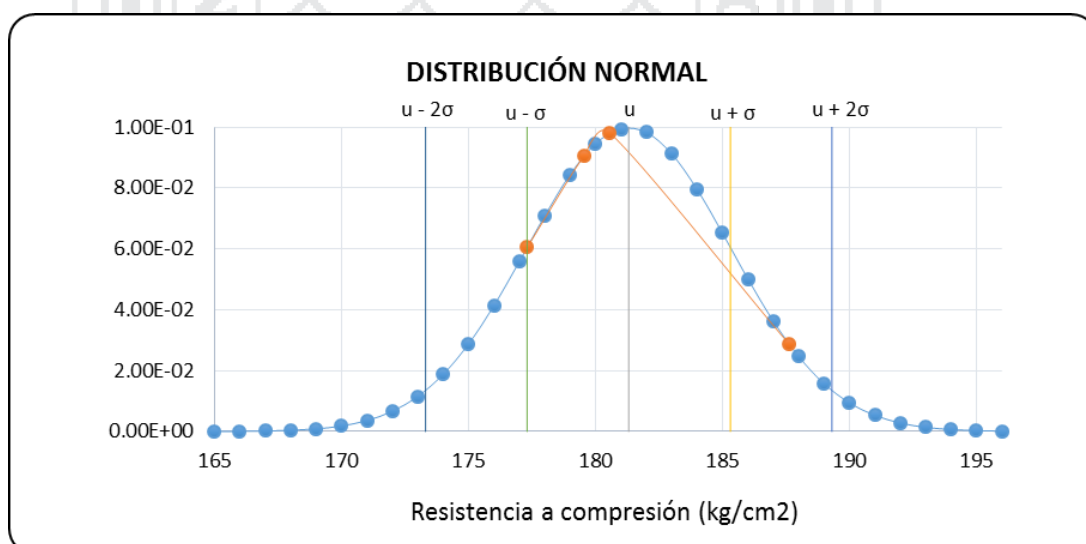
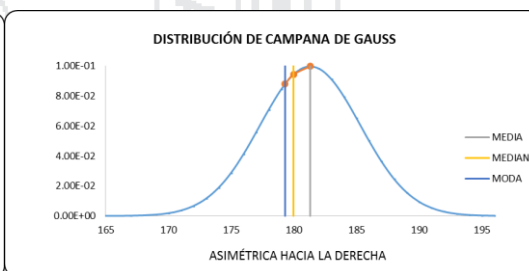
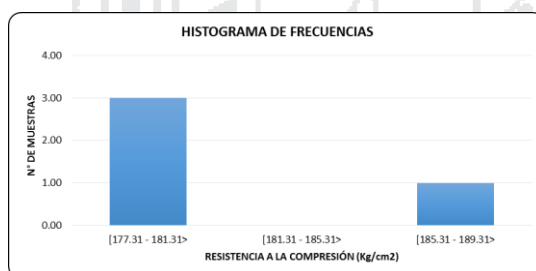


Figura 4. 35 Histograma de frecuencias y distribución normal: Concreto con 1.8 kg/m³ de fibra de polipropileno - 14 días.

Tabla 4. 26 Análisis Estadístico: Concreto con 1.8 kg/m³ de fibra de polipropileno - 28 días.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f'c) OBTENIDAS A LOS 28 DIAS CONCRETO CON POLIPROPILENO (1.8 KG/M3)	MUESTRA	f'c (Xi)
	CP(1.8)-09	188.02
	CP(1.8)-10	184.75
	CP(1.8)-11	188.60
	CP(1.8)-12	202.37

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u) ²	fi.(Xi-u) ²
[184.75 190.75 >	187.75	3.00	3.00	563.26	-3.00	9.00	27.00
[190.75 196.75 >	193.75	0.00	3.00	0.00	3.00	9.00	0.00
[196.75 202.75 >	199.75	1.00	4.00	199.75	9.00	81.00	81.00
	4.00			763.02		99.00	108.00

NÚMERO DE MUESTRAS : N		4.00
RANGO DE DATOS : Rx	Xmax = 202.37 Xmin = 184.75	17.62
NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASE : K		2.99 3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALOS DE CLASE : C		5.87 6
MEDIA : u		190.75
MEDIANA : u _m	(u > u _m > x ₀ --> Der ; u < u _m < x ₀ --> Izq)	188.75
MODA : u _o		187.75
VARIANZA : σ ²		36.00
DESVIACIÓN ESTÁNDAR : σ		6.00
COEFICIENTE DE VARIACIÓN : CV		3.15

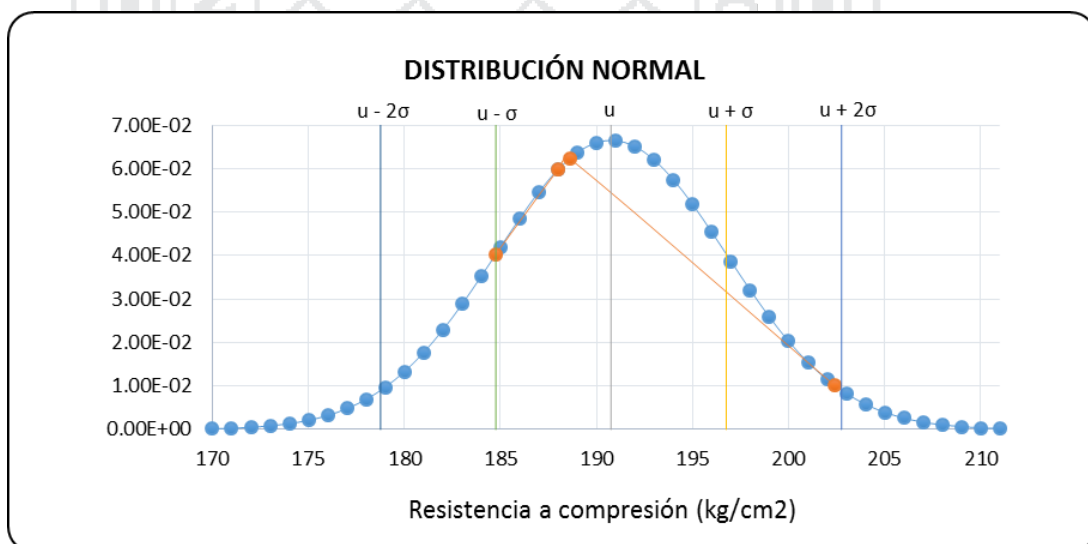
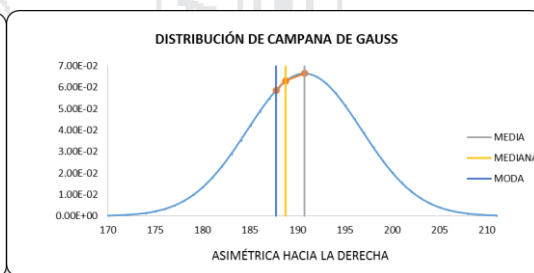
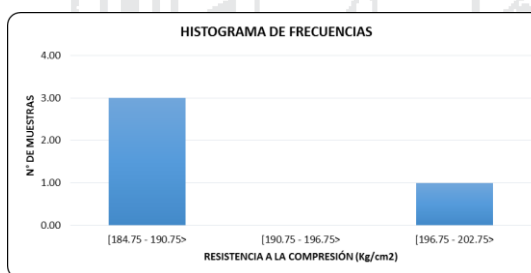


Figura 4. 36 Histograma de frecuencias y distribución normal: Concreto con 1.8 kg/m³ de fibra de polipropileno - 28 días.

Tabla 4. 27 Análisis Estadístico: Concreto con 2.4 kg/m³ de fibra de polipropileno - 7 días.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f'c) OBTENIDAS A LOS 7 DIAS CONCRETO CON POLIPROPILENO (2.4 KG/M3)	MUESTRA	f'c (Xi)
	CP(2.4)-01	165.51
	CP(2.4)-02	164.51
	CP(2.4)-03	163.87
	CP(2.4)-04	163.61

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u) ²	fi.(Xi-u) ²
[163.61 164.61 >	164.11	3.00	3.00	492.32	-0.25	0.06	0.19
[164.61 165.61 >	165.11	1.00	4.00	165.11	0.75	0.56	0.56
[165.61 166.61 >	166.11	0.00	4.00	0.00	1.75	3.06	0.00
		4.00		657.43		3.69	0.75

NÚMERO DE MUESTRAS : N		4.00
RANGO DE DATOS : Rx	Xmax = 165.51 Xmin = 163.61	1.90
NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASE : K		3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALOS DE CLASE : C		1
MEDIA : u		164.36
MEDIANA : u _m	(u > u _m > x ₀ --> Der ; u < u _m < x ₀ --> Izq)	164.27
MODA : u _o		164.21
VARIANZA : σ ²		0.25
DESVIACIÓN ESTÁNDAR : σ		0.50
COEFICIENTE DE VARIACIÓN : CV		0.30

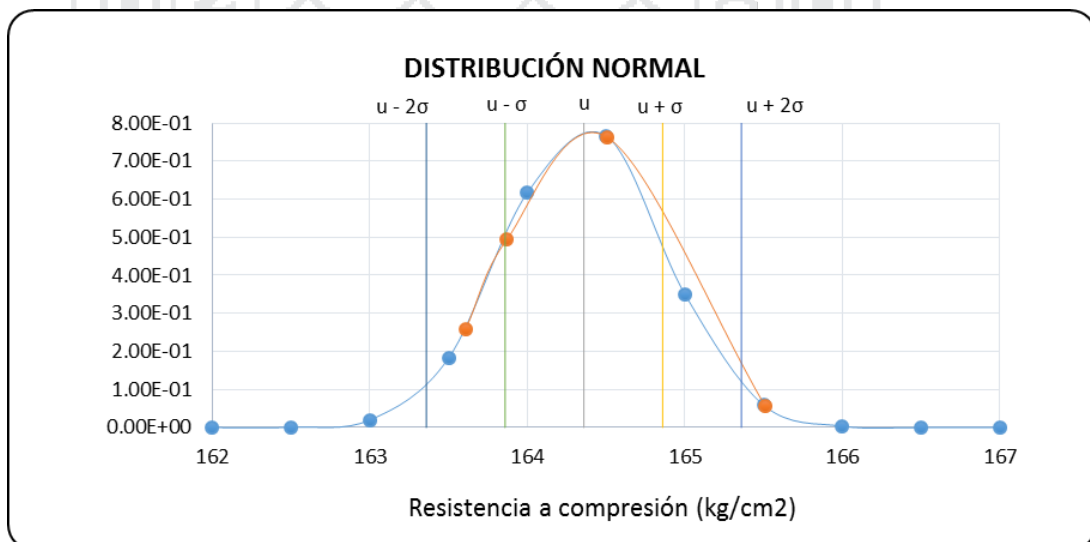
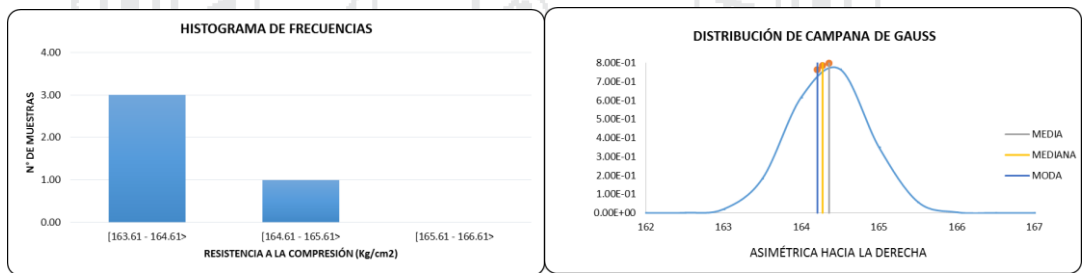


Figura 4. 37 Histograma de frecuencias y distribución normal: Concreto con 2.4 kg/m³ de fibra de polipropileno - 7 días.

Tabla 4. 28 Análisis Estadístico: Concreto con 2.4 kg/m³ de fibra de polipropileno - 14 días.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f'c) OBTENIDAS A LOS 14 DIAS CONCRETO CON POLIPROPILENO (2.4 KG/M3)	MUESTRA	f'c (Xi)
	CP(2.4)-05	198.52
	CP(2.4)-06	183.93
	CP(2.4)-07	185.15
	CP(2.4)-08	190.68

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u) ²	fi.(Xi-u) ²
[183.93 188.93 >	186.43	2.00	2.00	372.86	-3.75	14.06	28.13
[188.93 193.93 >	191.43	1.00	3.00	191.43	1.25	1.56	1.56
[193.93 198.93 >	196.43	1.00	4.00	196.43	6.25	39.06	39.06
	4.00			760.72		54.69	68.75

NÚMERO DE MUESTRAS : N		4.00
RANGO DE DATOS : Rx	Xmax = 198.52 Xmin = 183.93	14.59
NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASE : K		3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALOS DE CLASE : C		5
MEDIA : u		190.18
MEDIANA : u _m	(u > u _m > x ₀ --> Der ; u < u _m < x ₀ --> Izq)	188.93
MODA : u _o		187.26
VARIANZA : σ ²		22.92
DESVIACIÓN ESTÁNDAR : σ		4.79
COEFICIENTE DE VARIACIÓN : CV		2.52

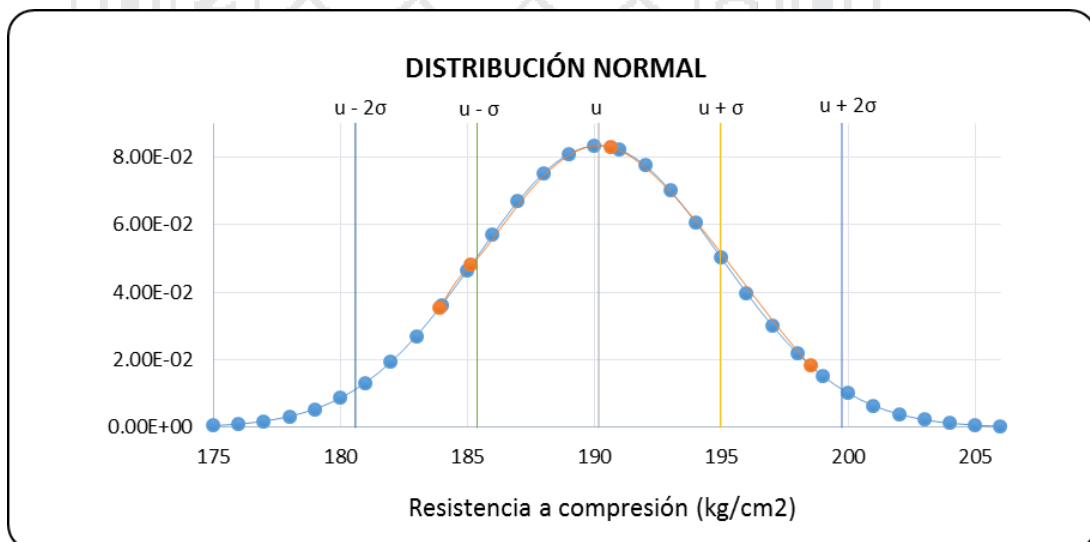
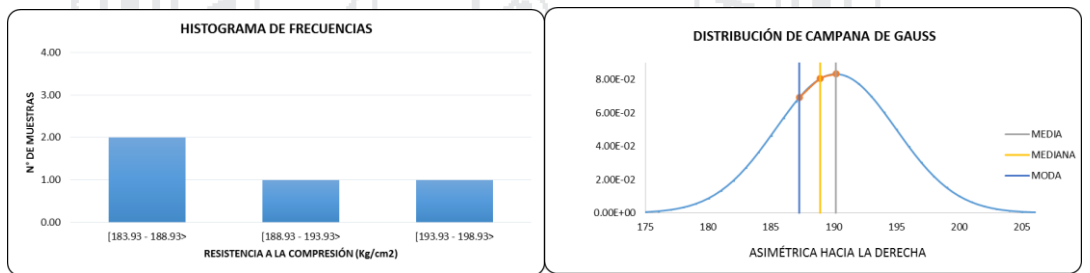


Figura 4. 38 Histograma de frecuencias y distribución normal: Concreto con 2.4 kg/m³ de fibra de polipropileno - 14 días.

Tabla 4. 29 Datos de Resistencia a la Compresión: Concreto con 2.4 kg/m³ de fibra de polipropileno - 28 días.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f'c) OBTENIDAS A LOS 28 DIAS CONCRETO CON POLIPROPILENO (2.4 KG/M3)		MUESTRA	f'c (Xi)
		CP(2.4)-09	204.35
		CP(2.4)-10	207.23
		CP(2.4)-11	209.11
		CP(2.4)-12	200.28

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u) ²	fi.(Xi-u) ²
[200.28 203.28 >	201.78	1.00	1.00	201.78	-3.75	14.06	14.06
[203.28 206.28 >	204.78	1.00	2.00	204.78	-0.75	0.56	0.56
[206.28 209.28 >	207.78	2.00	4.00	415.56	2.25	5.06	10.13
		4.00		822.12		19.69	24.75

NÚMERO DE MUESTRAS : N		4.00
RANGO DE DATOS : Rx	Xmax = 209.11 Xmin = 200.28	8.83
NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASE : K		3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALOS DE CLASE : C		3
MEDIA : u		205.53
MEDIANA : u _m	(u > u _m > x _o --> Der ; u < u _m < x _o --> Izq)	206.28
MODA : u _o		207.28
VARIANZA : σ ²		8.25
DESVIACIÓN ESTÁNDAR : σ		2.87
COEFICIENTE DE VARIACIÓN : CV		1.40

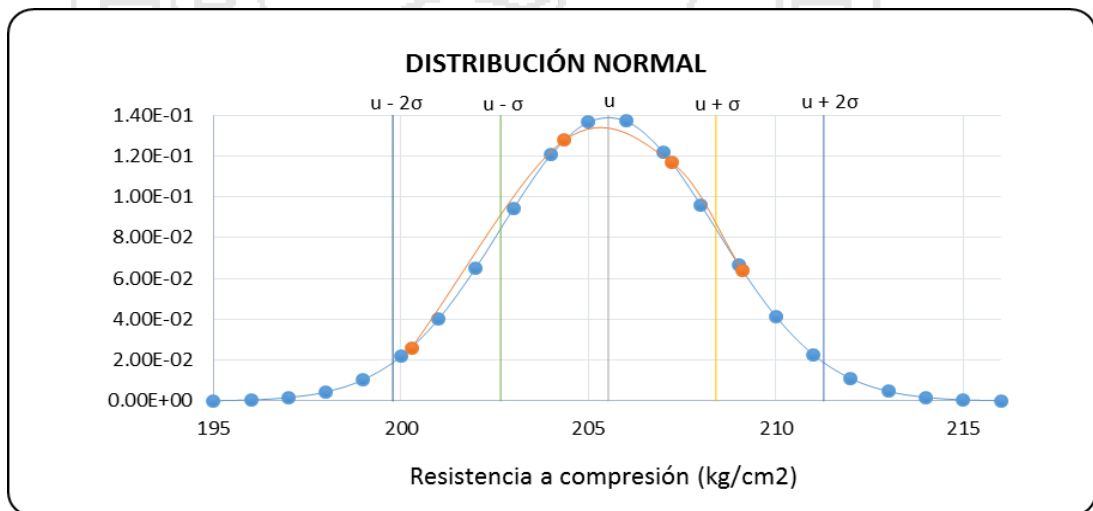
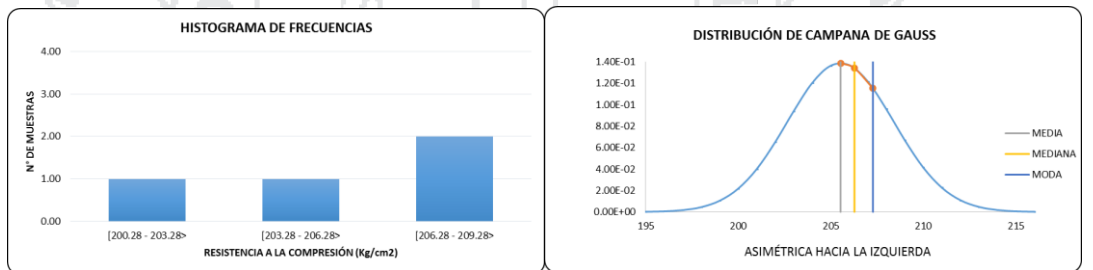


Figura 4. 39 Histograma de frecuencias y distribución normal: Concreto con 2.4 kg/m³ de fibra de polipropileno - 28 días.

4.4.2 Análisis estadístico: Resistencia a la Flexión

Tabla 4. 30 Análisis Estadístico: Concreto Normal - 7 días.

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (R) OBTENIDAS A LOS 7 DIAS CONCRETO NORMAL	MUESTRA	R (Xi)
	CN-08	31.45
	CN-09	30.34
	CN-10	25.46

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
[25.46 27.46 >	26.46	1.00	1.00	26.46	-2.67	7.11	7.11
[27.46 29.46 >	28.46	0.00	1.00	0.00	-0.67	0.44	0.00
[29.46 31.46 >	30.46	2.00	3.00	60.91	1.33	1.78	3.56
	3.00			87.37		9.33	10.67

NÚMERO DE MUESTRAS : N		3.00
RANGO DE DATOS : Rx	Xmax = 31.45 Xmin = 25.46	6.00
NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASE : K		2.57 3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALOS DE CLASE : C		2.00 2
MEDIA : \bar{u}		29.12
MEDIANA : u_m	($u > u_m > x_o$ --> Der ; $u < u_m < x_o$ --> Izq)	29.96
MODA : u_o		30.46
VARIANZA : σ^2		5.33
DESVIACIÓN ESTÁNDAR : σ		2.31
COEFICIENTE DE VARIACIÓN : CV		7.93

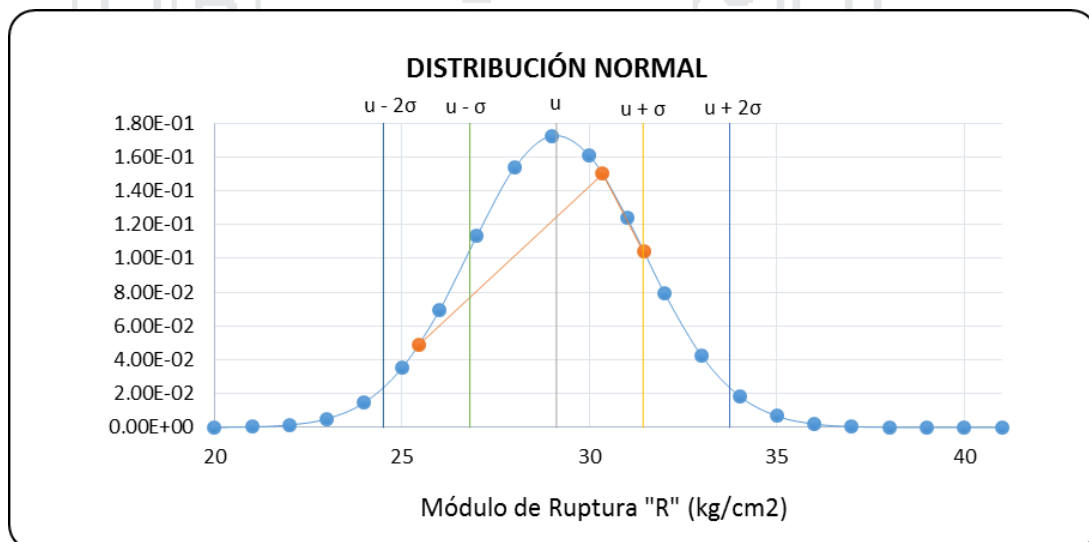
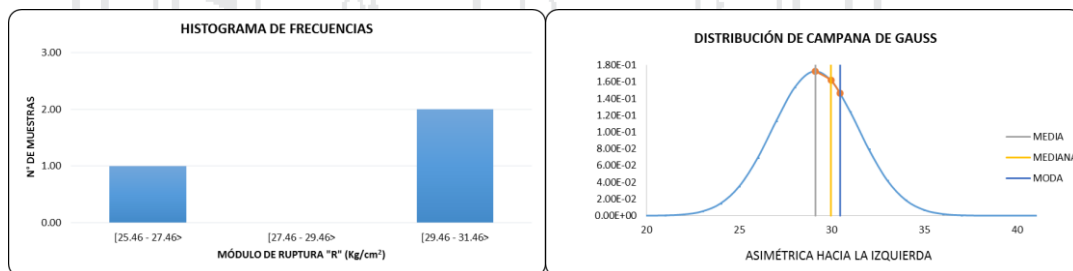


Figura 4. 40 Histograma de frecuencias y distribución normal: Concreto Normal - 7 días.

Tabla 4. 31 Análisis Estadístico: Concreto Normal - 14 días.

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (R) OBTENIDAS A LOS 14 DIAS CONCRETO NORMAL	MUESTRA	R (Xi)
	CN-05	31.73
	CN-06	31.29
	CN-07	28.24

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
[28.24 30.24 >	29.24	1.00	1.00	29.24	-1.33	1.78	1.78
[30.24 32.24 >	31.24	2.00	3.00	62.48	0.67	0.44	0.89
[32.24 34.24 >	33.24	0.00	3.00	0.00	2.67	7.11	0.00
		3.00		91.72		9.33	2.67

NÚMERO DE MUESTRAS : N		3.00
RANGO DE DATOS : Rx	Xmax = 31.73 Xmin = 28.24	3.49
NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASE : K		3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALOS DE CLASE : C		2
MEDIA : u		30.57
MEDIANA : u_m	($u > u_m > x_o$ --> Der ; $u < u_m < x_o$ --> Izq)	30.74
MODA : u_o		30.91
VARIANZA : σ^2		1.33
DESVIACIÓN ESTÁNDAR : σ		1.15
COEFICIENTE DE VARIACIÓN : CV		3.78

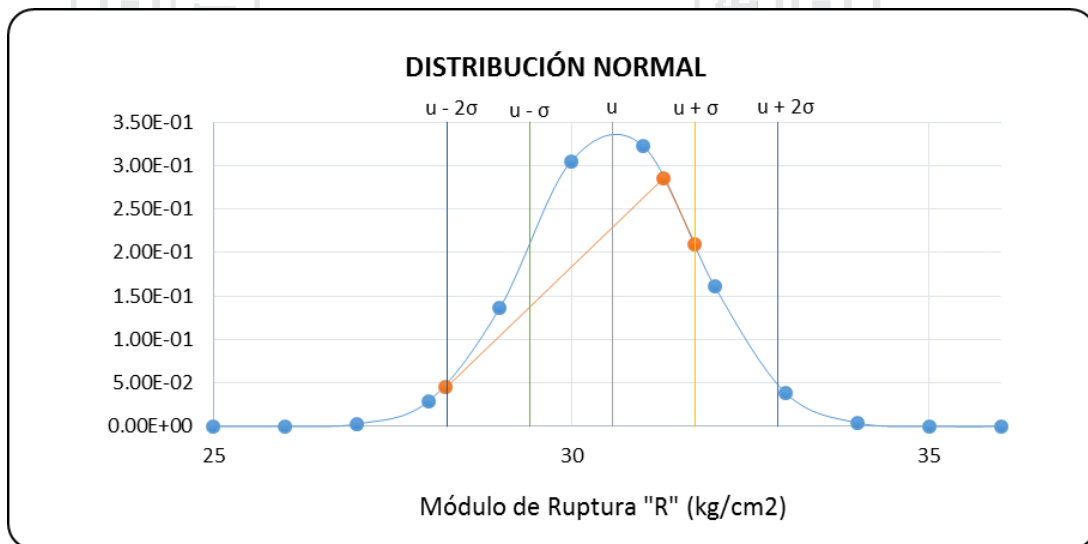
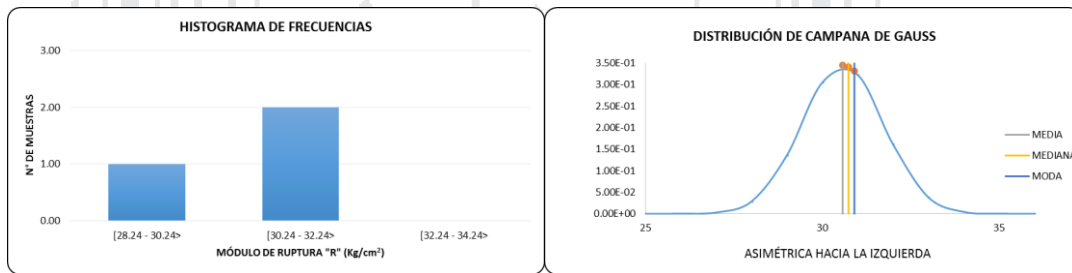


Figura 4. 41 Histograma de frecuencias y distribución normal: Concreto Normal - 14 días.

Tabla 4. 32 Análisis Estadístico: Concreto Normal - 28 días.

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (R) OBTENIDAS A LOS 28 DIAS CONCRETO NORMAL	MUESTRA	R (Xi)
	CN-01	32.59
	CN-02	31.66
	CN-03	32.28

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
[31.66 32.16 >	31.91	1.00	1.00	31.91	-0.33	0.11	0.11
[32.16 32.66 >	32.41	2.00	3.00	64.82	0.17	0.03	0.06
[32.66 33.16 >	32.91	0.00	3.00	0.00	0.67	0.44	0.00
		3.00		96.73		0.58	0.17

NÚMERO DE MUESTRAS : N		3.00
RANGO DE DATOS : Rx	Xmax = 32.59 Xmin = 31.66	0.93
NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASE : K		3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALOS DE CLASE : C		0.50
MEDIA : u		32.24
MEDIANA : u _m	(u > u _m > x ₀ --> Der ; u < u _m < x ₀ --> Izq)	32.29
MODA : u _o		32.33
VARIANZA : σ ²		0.08
DESVIACIÓN ESTÁNDAR : σ		0.29
COEFICIENTE DE VARIACIÓN : CV		0.90

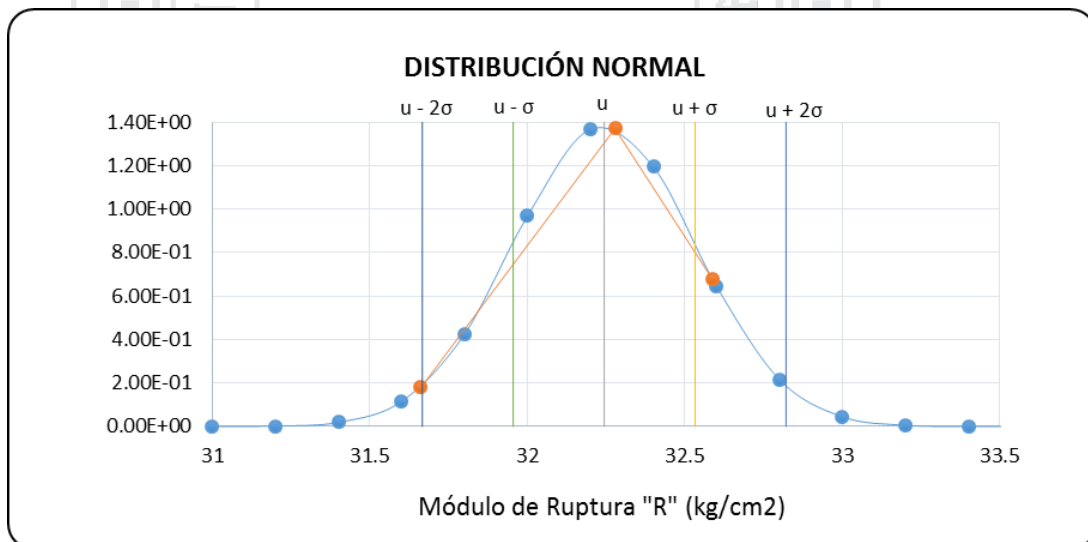
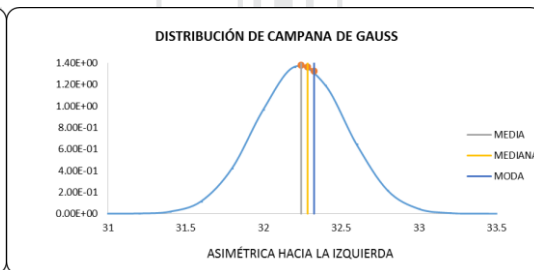
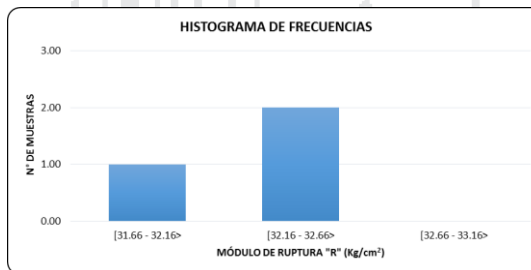


Figura 4. 42 Histograma de frecuencias y distribución normal: Concreto Normal - 28 días.

Tabla 4. 33 Análisis Estadístico: Concreto con 0.6 kg/m³ de fibra de polipropileno - 7 días.

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (R) OBTENIDAS A LOS 7 DIAS CONCRETO CON FIBRA DE POLIPROPILENO (0.6 kg/m ³)	MUESTRA	R (Xi)
	CP(0.6)-06	25.18
	CP(0.6)-07	30.40
	CP(0.6)-08	17.64

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u) ²	fi.(Xi-u) ²
[17.64 22.64 >	20.14	1.00	1.00	20.14	-5.00	25.00	25.00
[22.64 27.64 >	25.14	1.00	2.00	25.14	0.00	0.00	0.00
[27.64 32.64 >	30.14	1.00	3.00	30.14	5.00	25.00	25.00
	3.00			75.41		50.00	50.00

NÚMERO DE MUESTRAS : N		3.00
RANGO DE DATOS : Rx	Xmax = 30.40 Xmin = 17.64	12.77
NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASE : K		2.57 3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALOS DE CLASE : C		4.26 5
MEDIA : u		25.14
MEDIANA : u _m	(u > u _m > x ₀ --> Der ; u < u _m < x ₀ --> Izq)	25.14
MODA : u _o		22.64
VARIANZA : σ ²		25.00
DESVIACIÓN ESTÁNDAR : σ		5.00
COEFICIENTE DE VARIACIÓN : CV		19.89

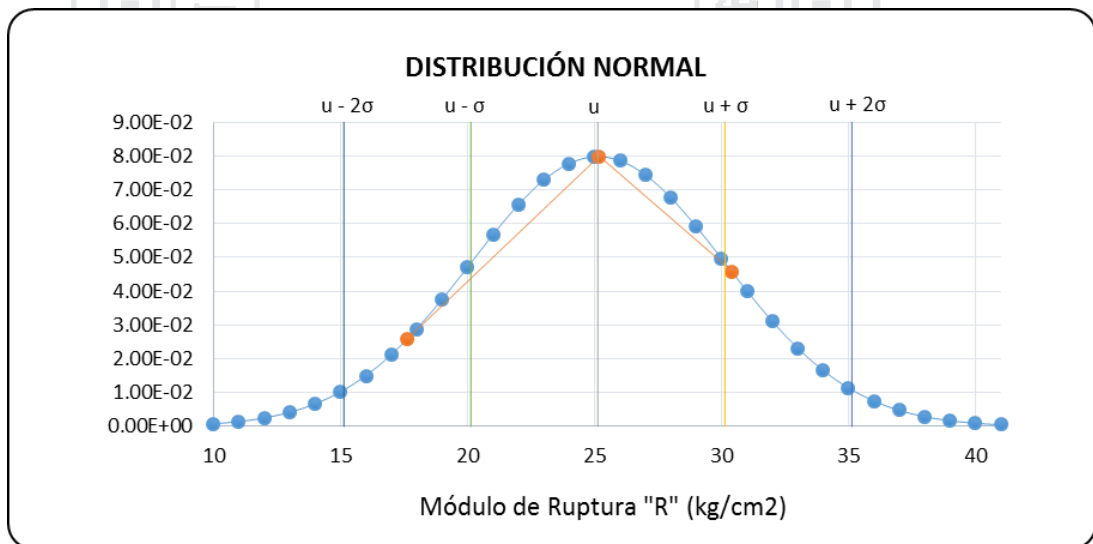
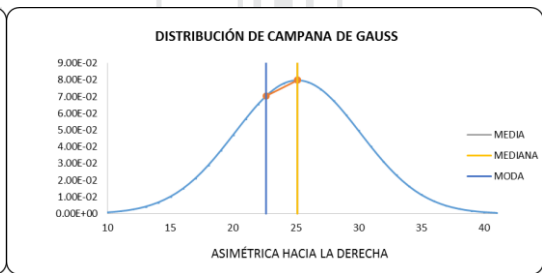
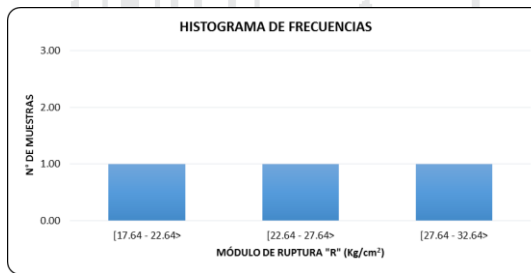


Figura 4. 43 Histograma de frecuencias y distribución normal: Concreto con 0.6 kg/m³ de fibra de polipropileno - 7 días.

Tabla 4. 34 Análisis Estadístico: Concreto con 0.6 kg/m³ de fibra de polipropileno - 14 días.

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (R) OBTENIDAS A LOS 14 DIAS CONCRETO CON FIBRA DE POLIPROPILENO (0.6 kg/m ³)	MUESTRA	R (Xi)
	CP(0.6)-04	31.85
	CP(0.6)-05	31.28
	CP(0.6)-09	34.35

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u) ²	fi.(Xi-u) ²
[31.28 33.28 >	32.28	2.00	2.00	64.57	-0.67	0.44	0.89
[33.28 35.28 >	34.28	1.00	3.00	34.28	1.33	1.78	1.78
[35.28 37.28 >	36.28	0.00	3.00	0.00	3.33	11.11	0.00
		3.00		98.85		13.33	2.67

NÚMERO DE MUESTRAS : N		3.00
RANGO DE DATOS : Rx	Xmax = 34.35 Xmin = 31.28	3.06
NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASE : K		2.57 3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALOS DE CLASE : C		1.02 2
MEDIA : u		32.95
MEDIANA : u _m	(u > u _m > x ₀ --> Der ; u < u _m < x ₀ --> Izq)	32.78
MODA : u _o		32.62
VARIANZA : σ ²		1.33
DESVIACIÓN ESTÁNDAR : σ		1.15
COEFICIENTE DE VARIACIÓN : CV		3.50

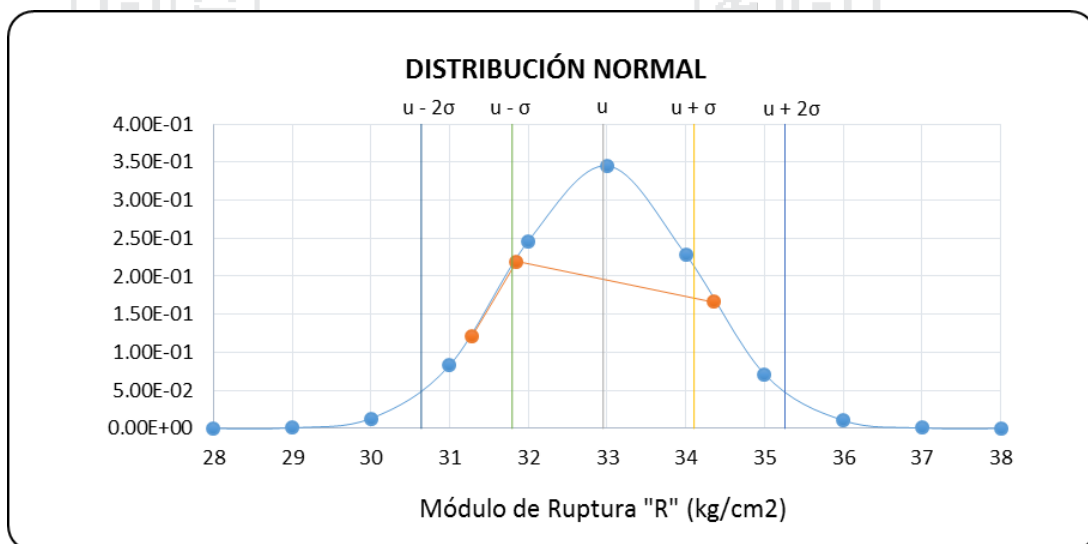
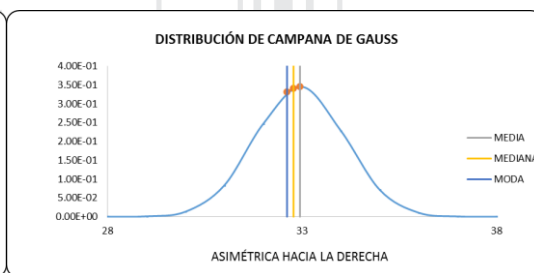
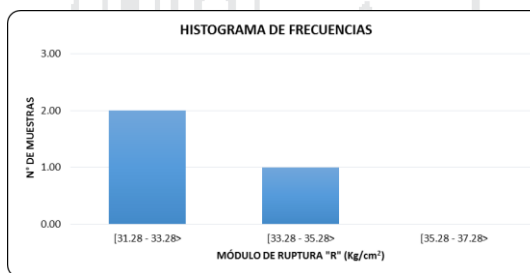


Figura 4. 44 Histograma de frecuencias y distribución normal: Concreto con 0.6 kg/m³ de fibra de polipropileno - 14 días.

Tabla 4. 35 Análisis Estadístico: Concreto con 0.6 kg/m³ de fibra de polipropileno - 28 días.

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (R) OBTENIDAS A LOS 28 DIAS CONCRETO CON FIBRA DE POLIPROPILENO (0.6 kg/m ³)	MUESTRA	R (Xi)
	CP(0.6)-01	34.90
	CP(0.6)-02	31.55
	CP(0.6)-03	35.54

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u) ²	fi.(Xi-u) ²
[31.55 33.55 >	32.55	1.00	1.00	32.55	-1.33	1.78	1.78
[33.55 35.55 >	34.55	2.00	3.00	69.10	0.67	0.44	0.89
[35.55 37.55 >	36.55	0.00	3.00	0.00	2.67	7.11	0.00
		3.00		101.66		9.33	2.67

NÚMERO DE MUESTRAS : N		3.00
RANGO DE DATOS : Rx	Xmax = 35.54 Xmin = 31.55	3.99
NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASE : K		3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALOS DE CLASE : C		2
MEDIA : u		33.89
MEDIANA : u _m	(u > u _m > x ₀ --> Der ; u < u _m < x ₀ --> Izq)	34.05
MODA : u _o		34.22
VARIANZA : σ ²		1.33
DESVIACIÓN ESTÁNDAR : σ		1.15
COEFICIENTE DE VARIACIÓN : CV		3.41

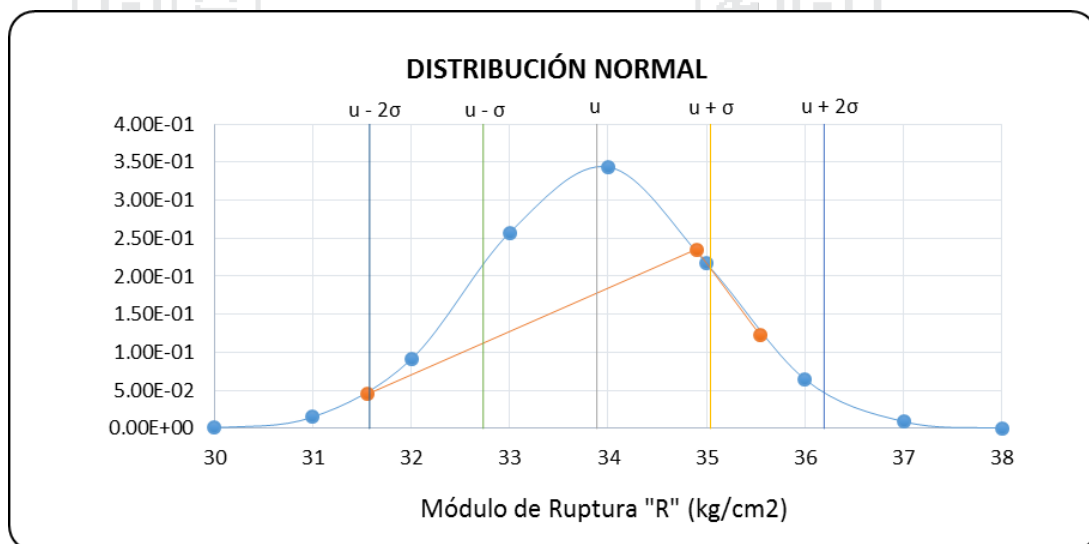
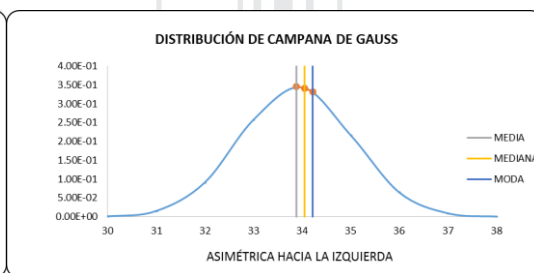
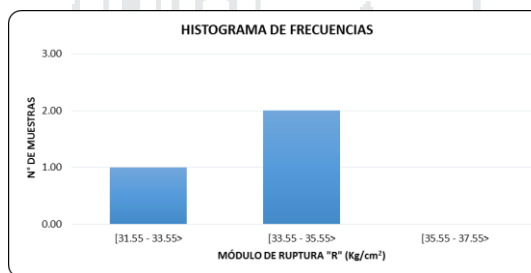


Figura 4. 45 Histograma de frecuencias y distribución normal: Concreto con 0.6 kg/m³ de fibra de polipropileno - 28 días.

Tabla 4. 36 Análisis Estadístico: Concreto con 1.2 kg/m³ de fibra de polipropileno - 7 días.

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (R) OBTENIDAS A LOS 7 DIAS CONCRETO CON FIBRA DE POLIPROPILENO (1.2 kg/m ³)	MUESTRA	R (Xi)
	CP(1.2)-04	27.43
	CP(1.2)-05	28.32
	CP(1.2)-06	27.69

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u) ²	fi.(Xi-u) ²
[27.43 27.93 >	27.68	2.00	2.00	55.36	-0.17	0.03	0.06
[27.93 28.43 >	28.18	1.00	3.00	28.18	0.33	0.11	0.11
[28.43 28.93 >	28.68	0.00	3.00	0.00	0.83	0.69	0.00
		3.00		83.53		0.83	0.17

NÚMERO DE MUESTRAS : N		3.00
RANGO DE DATOS : Rx	Xmax = 28.32 Xmin = 27.43	0.89
NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASE : K		3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALOS DE CLASE : C		0.50
MEDIA : u		27.84
MEDIANA : u _m	(u > u _m > x ₀ --> Der ; u < u _m < x ₀ --> Izq)	27.80
MODA : u _o		27.76
VARIANZA : σ ²		0.08
DESVIACIÓN ESTÁNDAR : σ		0.29
COEFICIENTE DE VARIACIÓN : CV		1.04

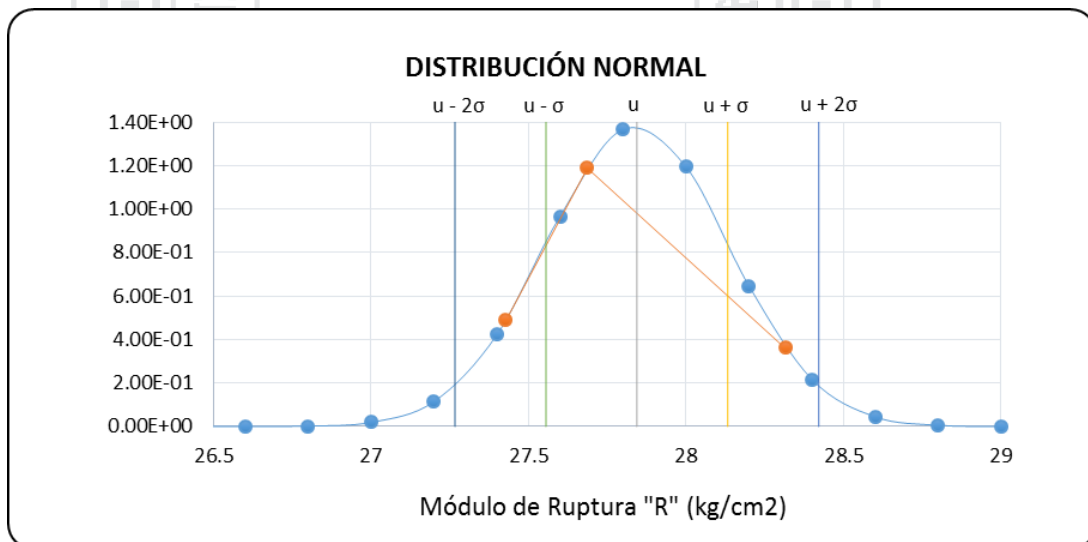
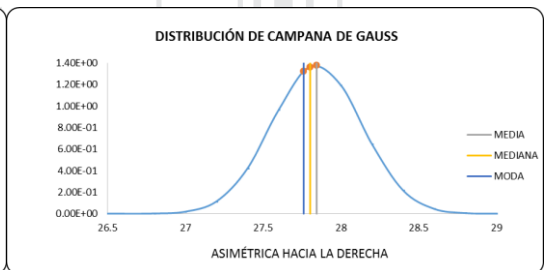
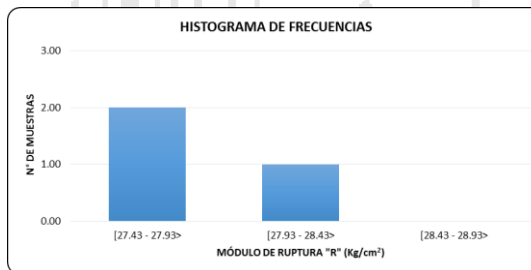


Figura 4. 46 Histograma de frecuencias y distribución normal: Concreto con 1.2 kg/m³ de fibra de polipropileno - 7 días.

Tabla 4. 37 Análisis Estadístico: Concreto con 1.2 kg/m³ de fibra de polipropileno - 14 días.

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (R) OBTENIDAS A LOS 14 DIAS CONCRETO CON FIBRA DE POLIPROPILENO (1.2 kg/m ³)		MUESTRA	R (Xi)
		CP(1.2)-07	31.15
		CP(1.2)-08	31.45
		CP(1.2)-09	31.67

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
[31.15 31.65 >	31.40	2.00	2.00	62.81	-0.17	0.03	0.06
[31.65 32.15 >	31.90	1.00	3.00	31.90	0.33	0.11	0.11
[32.15 32.65 >	32.40	0.00	3.00	0.00	0.83	0.69	0.00
		3.00		94.71		0.83	0.17

NÚMERO DE MUESTRAS : N		3.00
RANGO DE DATOS : Rx	Xmax = 31.67 Xmin = 31.15	0.51
NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASE : K		3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALOS DE CLASE : C		0.50
MEDIA : u		31.57
MEDIANA : u _m	(u > u _m > x ₀ --> Der ; u < u _m < x ₀ --> Izq)	31.53
MODA : u _o		31.49
VARIANZA : σ ²		0.08
DESVIACIÓN ESTÁNDAR : σ		0.29
COEFICIENTE DE VARIACIÓN : CV		0.91

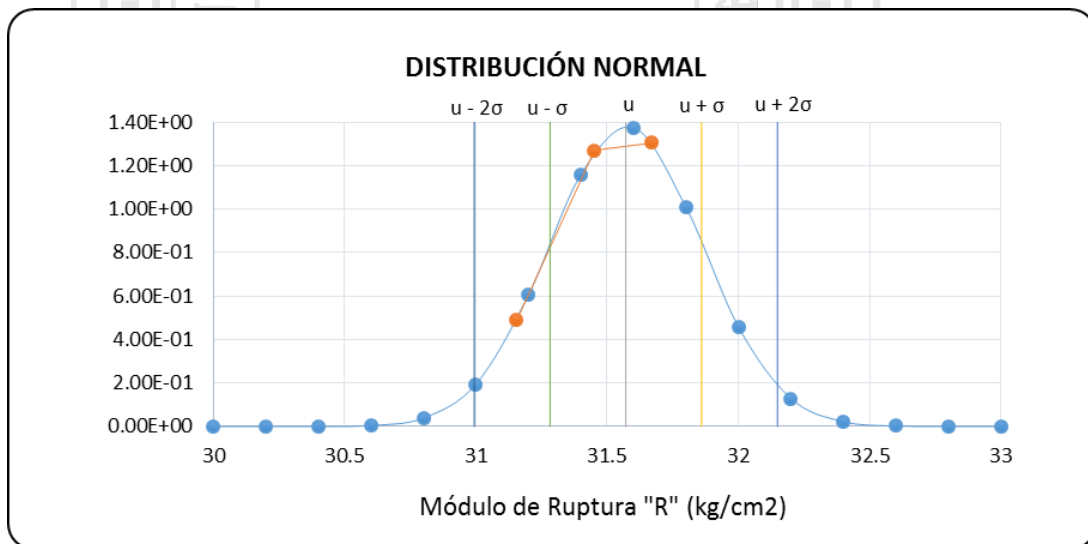
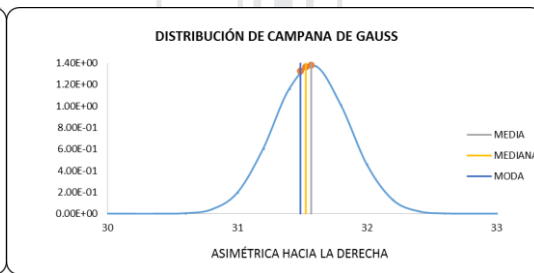
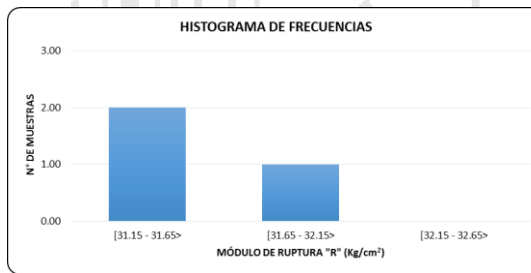


Figura 4. 47 Histograma de frecuencias y distribución normal: Concreto con 1.2 kg/m³ de fibra de polipropileno - 14 días.

Tabla 4. 38 Análisis Estadístico: Concreto con 1.2 kg/m³ de fibra de polipropileno - 28 días.

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (R) OBTENIDAS A LOS 28 DIAS CONCRETO CON FIBRA DE POLIPROPILENO (1.2 kg/m ³)	MUESTRA	R (Xi)
	CP(1.2)-01	34.23
	CP(1.2)-02	34.73
	CP(1.2)-03	35.71

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u) ²	fi.(Xi-u) ²
[34.23 35.23 >	34.73	2.00	2.00	69.46	-0.33	0.11	0.22
[35.23 36.23 >	35.73	1.00	3.00	35.73	0.67	0.44	0.44
[36.23 37.23 >	36.73	0.00	3.00	0.00	1.67	2.78	0.00
		3.00		105.19		3.33	0.67

NÚMERO DE MUESTRAS : N		3.00
RANGO DE DATOS : Rx	Xmax = 35.71 Xmin = 34.23	1.48
NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASE : K		3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALOS DE CLASE : C		1
MEDIA : u		35.06
MEDIANA : u _m	(u > u _m > x ₀ --> Der ; u < u _m < x ₀ --> Izq)	34.98
MODA : u _o		34.90
VARIANZA : σ ²		0.33
DESVIACIÓN ESTÁNDAR : σ		0.58
COEFICIENTE DE VARIACIÓN : CV		1.65

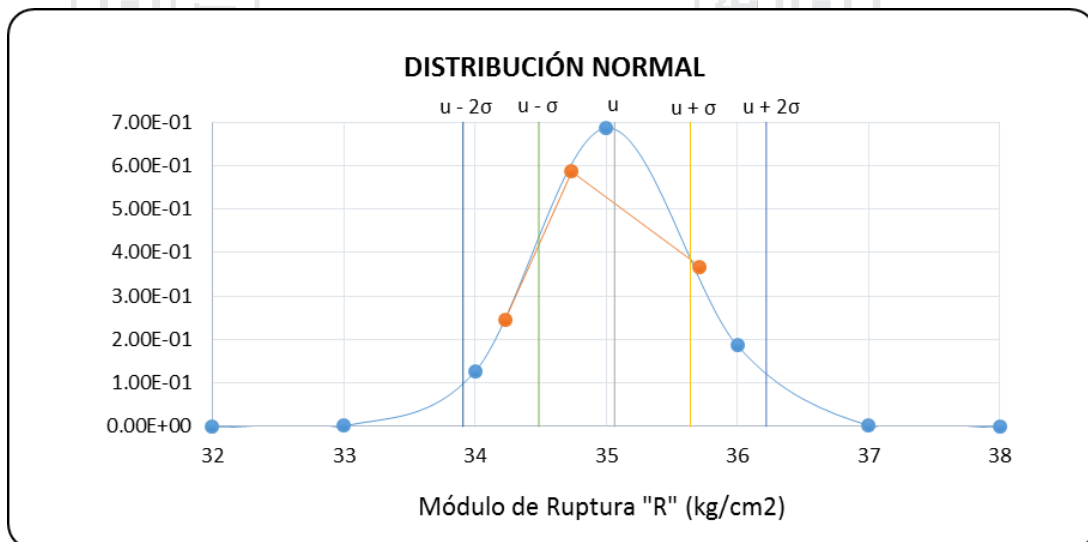
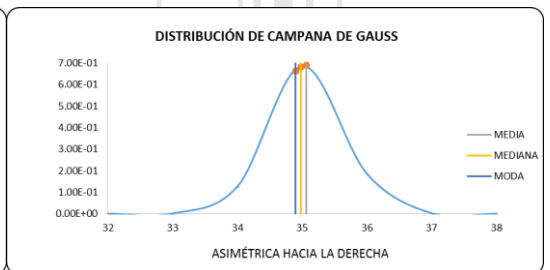
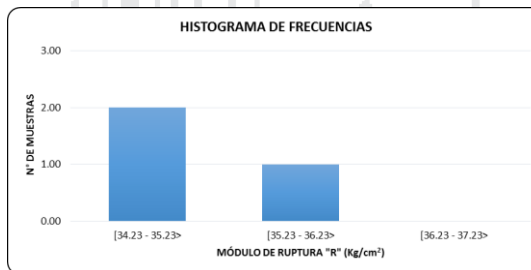


Figura 4. 48 Histograma de frecuencias y distribución normal: Concreto con 1.2 kg/m³ de fibra de polipropileno - 28 días.

Tabla 4. 39 Análisis Estadístico: Concreto con 1.8 kg/m³ de fibra de polipropileno - 7 días.

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (R) OBTENIDAS A LOS 7 DIAS CONCRETO CON FIBRA DE POLIPROPILENO (1.8 kg/m ³)	MUESTRA	R (Xi)
	CP(1.8)-06	27.72
	CP(1.8)-08	29.93
	CP(1.8)-09	32.61

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u) ²	fi.(Xi-u) ²
[27.72 29.72 >	28.72	1.00	1.00	28.72	-2.00	4.00	4.00
[29.72 31.72 >	30.72	1.00	2.00	30.72	0.00	0.00	0.00
[31.72 33.72 >	32.72	1.00	3.00	32.72	2.00	4.00	4.00
		3.00		92.16		8.00	8.00

NÚMERO DE MUESTRAS : N		3.00
RANGO DE DATOS : Rx	Xmax = 32.61 Xmin = 27.72	4.88
NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASE : K		2.57 3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALOS DE CLASE : C		1.63 2
MEDIA : u		30.72
MEDIANA : u _m	(u > u _m > x ₀ --> Der ; u < u _m < x ₀ --> Izq)	30.72
MODA : u _o		29.72
VARIANZA : σ ²		4.00
DESVIACIÓN ESTÁNDAR : σ		2.00
COEFICIENTE DE VARIACIÓN : CV		6.51

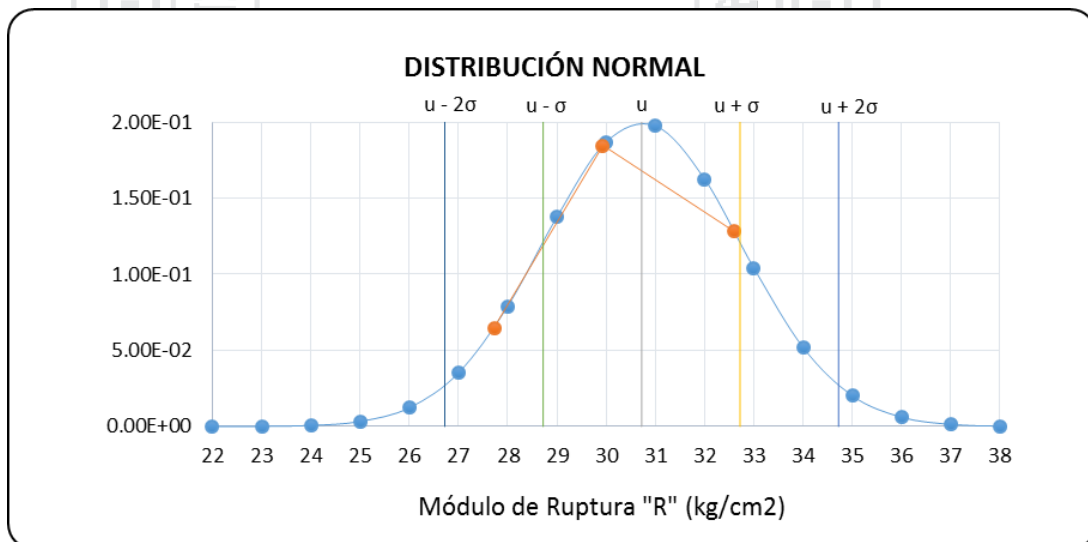
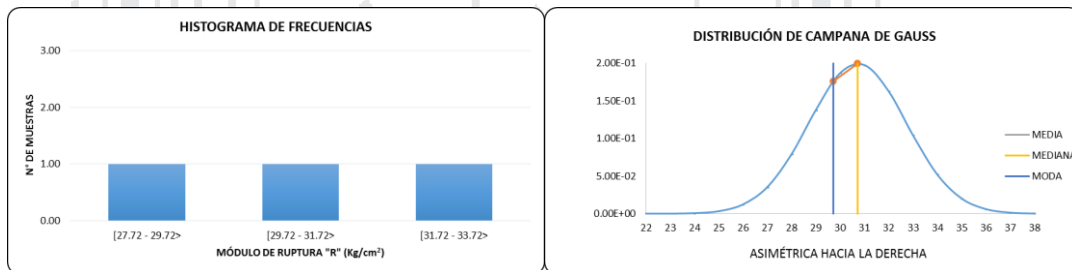


Figura 4. 49 Histograma de frecuencias y distribución normal: Concreto con 1.8 kg/m³ de fibra de polipropileno - 7 días.

Tabla 4. 40 Análisis Estadístico: Concreto con 1.8 kg/m³ de fibra de polipropileno - 14 días.

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (R) OBTENIDAS A LOS 14 DIAS CONCRETO CON FIBRA DE POLIPROPILENO (1.8 kg/m ³)	MUESTRA	R (Xi)
	CP(1.8)-04	33.10
	CP(1.8)-05	29.86
	CP(1.8)-07	30.31

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u) ²	fi.(Xi-u) ²
[29.86 31.86 >	30.86	2.00	2.00	61.72	-0.67	0.44	0.89
[31.86 33.86 >	32.86	1.00	3.00	32.86	1.33	1.78	1.78
[33.86 35.86 >	34.86	0.00	3.00	0.00	3.33	11.11	0.00
		3.00		94.58		13.33	2.67

NÚMERO DE MUESTRAS : N		3.00
RANGO DE DATOS : Rx	Xmax = 33.10 Xmin = 29.86	3.24
NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASE : K		3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALOS DE CLASE : C		2
MEDIA : u		31.53
MEDIANA : u _m	(u > u _m > x ₀ --> Der ; u < u _m < x ₀ --> Izq)	31.36
MODA : u _o		31.19
VARIANZA : σ ²		1.33
DESVIACIÓN ESTÁNDAR : σ		1.15
COEFICIENTE DE VARIACIÓN : CV		3.66

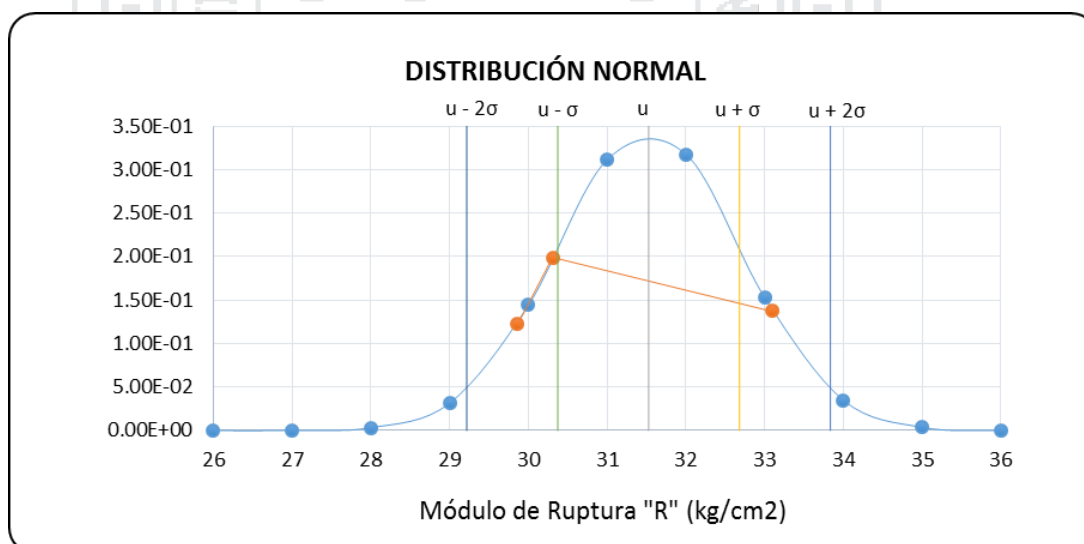
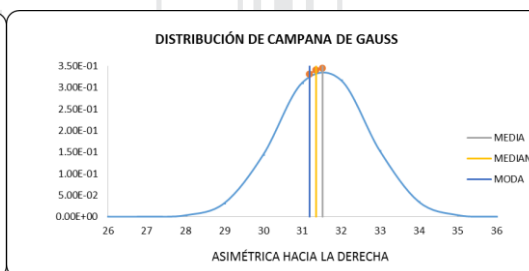
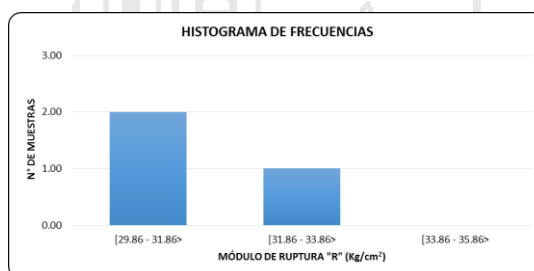


Figura 4. 50 Histograma de frecuencias y distribución normal: Concreto con 1.8 kg/m³ de fibra de polipropileno - 14 días.

Tabla 4. 41 Análisis Estadístico: Concreto con 1.8 kg/m³ de fibra de polipropileno - 28 días.

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (R) OBTENIDAS A LOS 28 DIAS CONCRETO CON FIBRA DE POLIPROPILENO (1.8 kg/m ³)	MUESTRA	R (Xi)
	CP(1.8)-01	36.47
	CP(1.8)-02	36.88
	CP(1.8)-03	38.69

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u) ²	fi.(Xi-u) ²
[36.47 37.47 >	36.97	2.00	2.00	73.94	-0.67	0.44	0.89
[37.47 38.47 >	37.97	0.00	2.00	0.00	0.33	0.11	0.00
[38.47 39.47 >	38.97	1.00	3.00	38.97	1.33	1.78	1.78
		3.00		112.91		2.33	2.67

NÚMERO DE MUESTRAS : N		3.00
RANGO DE DATOS : Rx	Xmax = 38.69 Xmin = 36.47	2.22
NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASE : K		3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALOS DE CLASE : C		1
MEDIA : u		37.64
MEDIANA : u _m	(u > u _m > x ₀ --> Der ; u < u _m < x ₀ --> Izq)	37.22
MODA : u _o		36.97
VARIANZA : σ ²		1.33
DESVIACIÓN ESTÁNDAR : σ		1.15
COEFICIENTE DE VARIACIÓN : CV		3.07

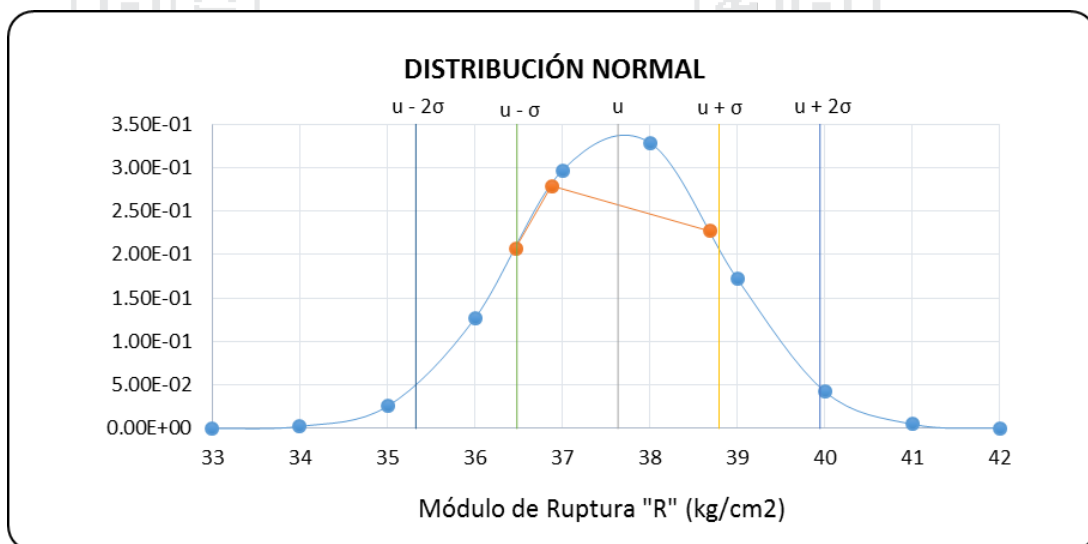
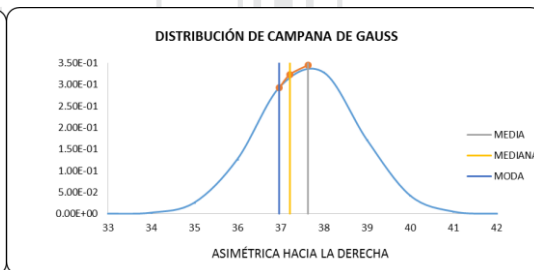
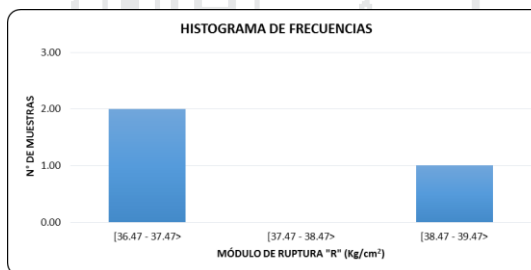


Figura 4. 51 Histograma de frecuencias y distribución normal: Concreto con 1.8 kg/m³ de fibra de polipropileno - 28 días.

Tabla 4. 42 Análisis Estadístico: Concreto con 2.4 kg/m3 de fibra de polipropileno - 7 días.

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (R) OBTENIDAS A LOS 7 DIAS CONCRETO CON FIBRA DE POLIPROPILENO (2.4 kg/m3)	MUESTRA	R (Xi)
	CP(2.4)-05	29.69
	CP(2.4)-06	29.06
	CP(2.4)-07	28.77

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
[28.77 29.27 >	29.02	2.00	2.00	58.04	-0.17	0.03	0.06
[29.27 29.77 >	29.52	1.00	3.00	29.52	0.33	0.11	0.11
[29.77 30.27 >	30.02	0.00	3.00	0.00	0.83	0.69	0.00
		3.00		87.56		0.83	0.17

NÚMERO DE MUESTRAS : N		3.00
RANGO DE DATOS : Rx	Xmax = 29.69 Xmin = 28.77	0.92
NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASE : K		3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALOS DE CLASE : C		0.50
MEDIA : u		29.19
MEDIANA : u_m	($u > u_m > x_o$ --> Der ; $u < u_m < x_o$ --> Izq)	29.15
MODA : u_o		29.10
VARIANZA : σ^2		0.08
DESVIACIÓN ESTÁNDAR : σ		0.29
COEFICIENTE DE VARIACIÓN : CV		0.99

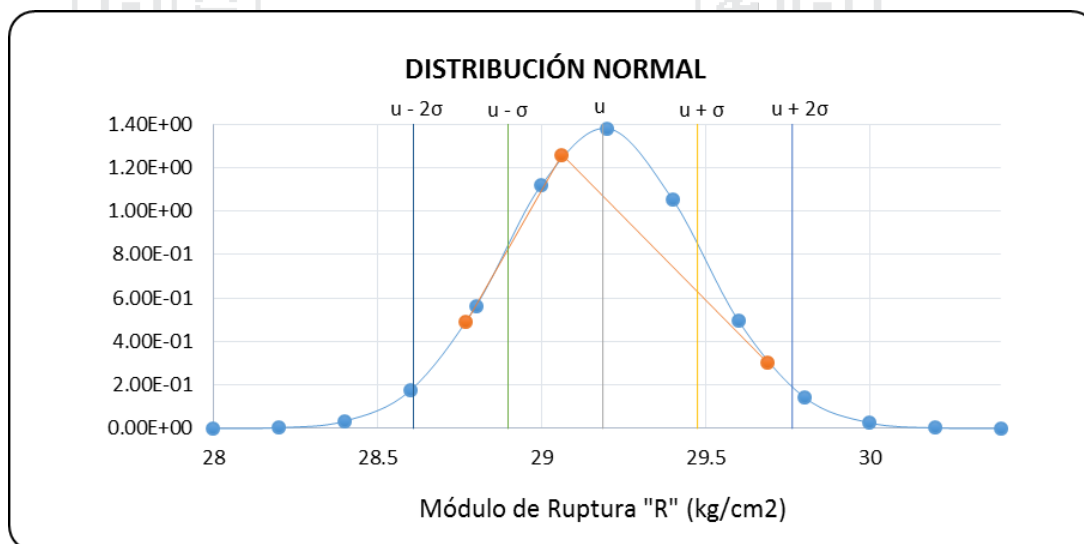
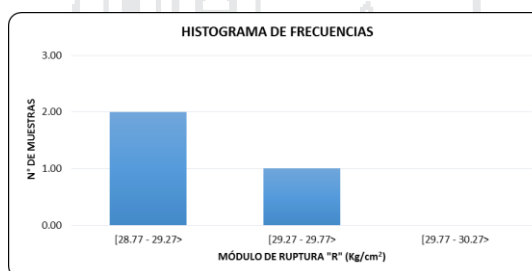


Figura 4. 52 Histograma de frecuencias y distribución normal: Concreto con 2.4 kg/m3 de fibra de polipropileno - 7 días.

Tabla 4. 43 Análisis Estadístico: Concreto con 2.4 kg/m³ de fibra de polipropileno - 14 días.

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (R) OBTENIDAS A LOS 14 DIAS CONCRETO CON FIBRA DE POLIPROPILENO (2.4 kg/m ³)	MUESTRA	R (Xi)
	CP(2.4)-03	30.53
	CP(2.4)-08	32.94
	CP(2.4)-09	33.29

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u) ²	fi.(Xi-u) ²
[30.53 31.53 >	31.03	1.00	1.00	31.03	-1.33	1.78	1.78
[31.53 32.53 >	32.03	0.00	1.00	0.00	-0.33	0.11	0.00
[32.53 33.53 >	33.03	2.00	3.00	66.07	0.67	0.44	0.89
		3.00		97.10		2.33	2.67

NÚMERO DE MUESTRAS : N		3.00
RANGO DE DATOS : Rx	Xmax = 33.29 Xmin = 30.53	2.76
NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASE : K		3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALOS DE CLASE : C		1
MEDIA : u		32.37
MEDIANA : u _m	(u > u _m > x ₀ --> Der ; u < u _m < x ₀ --> Izq)	32.78
MODA : u _o		33.03
VARIANZA : σ ²		1.33
DESVIACIÓN ESTÁNDAR : σ		1.15
COEFICIENTE DE VARIACIÓN : CV		3.57

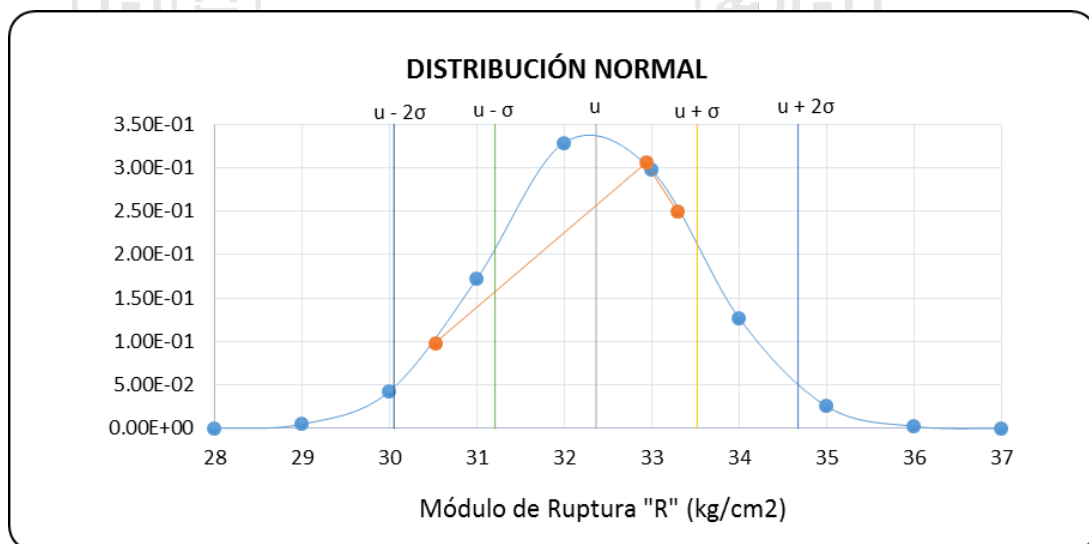
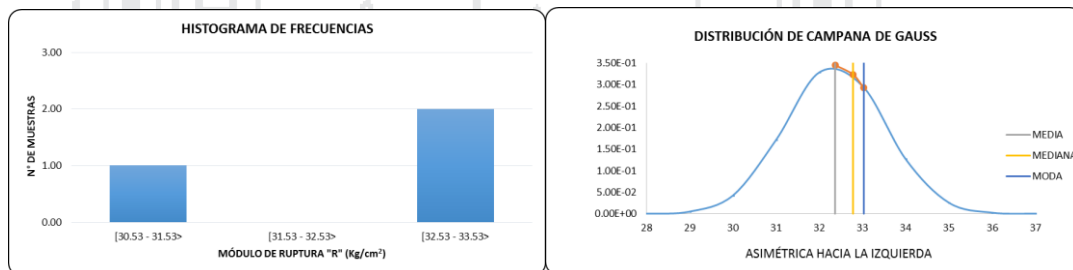


Figura 4. 53 Histograma de frecuencias y distribución normal: Concreto con 2.4 kg/m³ de fibra de polipropileno - 14 días.

Tabla 4. 44 Análisis Estadístico: Concreto con 2.4 kg/m³ de fibra de polipropileno - 28 días.

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (R) OBTENIDAS A LOS 28 DIAS CONCRETO CON FIBRA DE POLIPROPILENO (2.4 kg/m ³)		MUESTRA	R (Xi)
		CP(2.4)-01	35.78
		CP(2.4)-02	34.77
		CP(2.4)-04	35.03

Intervalos de Clase	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u) ²	fi.(Xi-u) ²
[34.77 35.77 >	35.27	2.00	2.00	70.55	-0.33	0.11	0.22
[35.77 36.77 >	36.27	1.00	3.00	36.27	0.67	0.44	0.44
[36.77 37.77 >	37.27	0.00	3.00	0.00	1.67	2.78	0.00
		3.00		106.82		3.33	0.67

NÚMERO DE MUESTRAS : N		3.00
RANGO DE DATOS : Rx	Xmax = 35.78 Xmin = 34.77	1.00
NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASE : K		3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALOS DE CLASE : C		1
MEDIA : u		35.61
MEDIANA : u _m	(u > u _m > x ₀ --> Der ; u < u _m < x ₀ --> Izq)	35.52
MODA : u _o		35.44
VARIANZA : σ ²		0.33
DESVIACIÓN ESTÁNDAR : σ		0.58
COEFICIENTE DE VARIACIÓN : CV		1.62

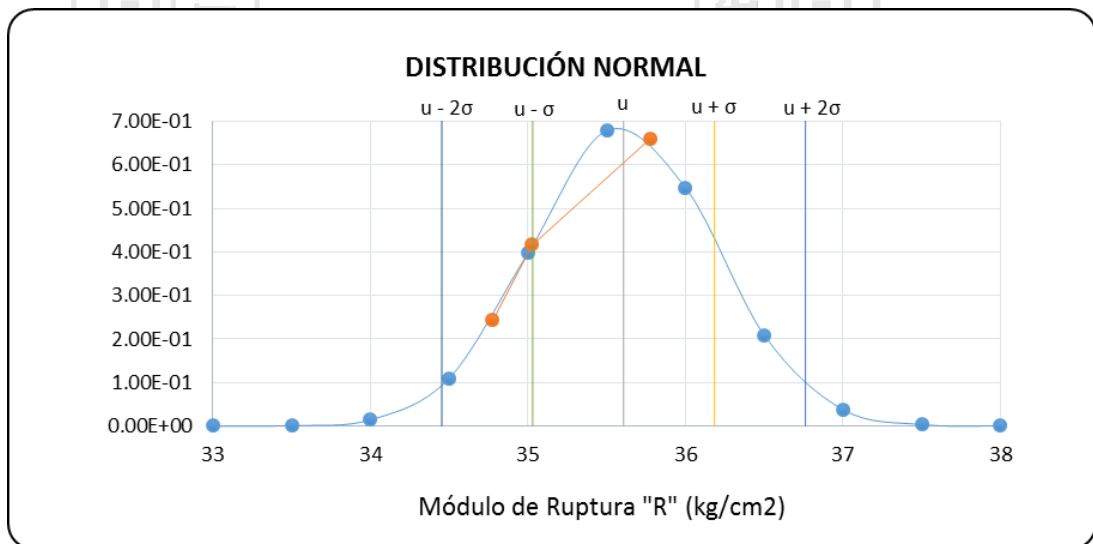
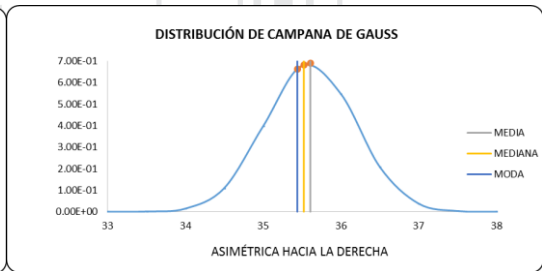
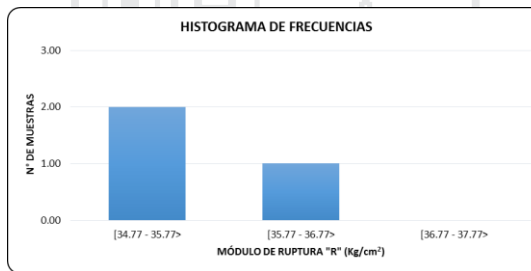


Figura 4. 54 Histograma de frecuencias y distribución normal: Concreto con 2.4 kg/m³ de fibra de polipropileno - 28 días.

4.5 Prueba de hipótesis

4.5.1 Resistencia a la compresión

MUESTRA PATRÓN (1)	:	CN - 7 días												
MUESTRA COMPARADA (2)	:	CP(0.6) - 7 días												
1.- PARÁMETROS DE INTERÉS	:	Datos obtenidos del Análisis Estadístico de la Distribución de Frecuencias para Datos Agrupados.												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cantidad de fibra de polipropileno incorporado</th> <th>0.0 kg/m³</th> <th>0.6 kg/m³</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Número de muestras, n</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Media, u</td> <td>145.04</td> <td>138.28</td> </tr> <tr> <td>Varianza, σ^2</td> <td>5.33</td> <td>21.33</td> </tr> </tbody> </table>			Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	0.6 kg/m ³	Número de muestras, n	3	3	Media, u	145.04	138.28	Varianza, σ^2	5.33	21.33
Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	0.6 kg/m ³												
Número de muestras, n	3	3												
Media, u	145.04	138.28												
Varianza, σ^2	5.33	21.33												
2.- HIPÓTESIS	:	u1: fc Media del grupo 1. u2: fc Media del grupo 2.												
a.- HIPÓTESIS NULA	:	Ho: $u_1 \geq u_2$ Se Rechaza si: $\{Z_0 < -Z\}$ La incorporación de fibras de polipropileno en 0.6 kg/m ³ , NO INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto fc 210 kg/cm ² (a los 7 días de edad).												
b.- HIPÓTESIS ALTERNATIVA	:	Ha: $u_1 < u_2$ Ha Unilateral con Cola a la Izquierda La incorporación de fibras de polipropileno en 0.6 kg/m ³ , INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto fc 210 kg/cm ² (a los 7 días de edad).												
3.- NIVEL DE SIGNIFICANCIA	:	<table border="1"> <tr> <td>$\alpha = 0.05$</td> <td>$Z = 1.645$</td> </tr> </table>	$\alpha = 0.05$	$Z = 1.645$										
$\alpha = 0.05$	$Z = 1.645$													
4.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA	:	El Estadístico de Prueba usado en la Prueba de Hipótesis de dos poblaciones con Medias y Varianzas conocidas se denota por: $Z_0 = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$ Donde: - Z₀ : Estadístico de prueba. - u₁, u₂ : Resistencia promedio de los grupos. - σ_1, σ_2 : Desviación estándar de los grupos. - n₁, n₂ : Cantidad especímenes de los grupos.												
<table border="1"> <tr> <td>Prueba Z : Z₀</td> <td>2.27</td> </tr> </table>			Prueba Z : Z ₀	2.27										
Prueba Z : Z ₀	2.27													
5.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA	:	Se tiene que para un Nivel de Significancia de 0.05 y Nivel Confiabilidad del 95%, corresponde un valor de Z=1.645. Rechazar Ho si: Z₀ < -1.645												
6.- CONCLUSIÓN	:	<table border="1"> <tr> <td>No se Rechaza: Ho</td> <td>Se acepta Ho: $u_1 \geq u_2$</td> </tr> </table>	No se Rechaza: Ho	Se acepta Ho: $u_1 \geq u_2$										
No se Rechaza: Ho	Se acepta Ho: $u_1 \geq u_2$													
Puesto que la expresión: $\{Z_0 < -Z\}$ ó $\{2.27 < -1.645\}$ es FALSA , entonces SE ACEPTA Ho: $u_1 \geq u_2$; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyéndose así que: La incorporación de fibras de polipropileno en 0.6 kg/m ³ , NO INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto fc 210 kg/cm ² (a los 7 días de edad).														

Figura 4. 55 Prueba de Hipótesis: CN – CP(0.6), a los 7 días.

MUESTRA PATRÓN (1)	:	CN - 14 días												
MUESTRA COMPARADA (2)	:	CP(0.6) - 14 días												
1.- PARÁMETROS DE INTERÉS	:	Datos obtenidos del Análisis Estadístico de la Distribución de Frecuencias para Datos Agrupados.												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cantidad de fibra de polipropileno incorporado</th> <th>0.0 kg/m³</th> <th>0.6 kg/m³</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Número de muestras, n</td> <td>4</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Media, u</td> <td>170.87</td> <td>193.92</td> </tr> <tr> <td>Varianza, σ^2</td> <td>16.00</td> <td>44.92</td> </tr> </tbody> </table>			Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	0.6 kg/m ³	Número de muestras, n	4	4	Media, u	170.87	193.92	Varianza, σ^2	16.00	44.92
Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	0.6 kg/m ³												
Número de muestras, n	4	4												
Media, u	170.87	193.92												
Varianza, σ^2	16.00	44.92												
2.- HIPÓTESIS	:	<p>u1: fc Media del grupo 1.</p> <p>u2: fc Media del grupo 2.</p>												
a.- HIPÓTESIS NULA	:	<p>Ho: $u_1 \geq u_2$ Se Rechaza si: $\{Z_o < -Z\}$</p> <p>La incorporación de fibras de polipropileno en 0.6 kg/m³, NO INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 14 días de edad).</p>												
b.- HIPÓTESIS ALTERNATIVA	:	<p>Ha: $u_1 < u_2$ Ha Unilateral con Cola a la Izquierda</p> <p>La incorporación de fibras de polipropileno en 0.6 kg/m³ INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto fc 210 kg/cm². (a los 14 días de edad).</p>												
3.- NIVEL DE SIGNIFICANCIA	:	<table border="1"> <tr> <td>$\alpha = 0.05$</td> <td>$Z = 1.645$</td> </tr> </table>	$\alpha = 0.05$	$Z = 1.645$										
$\alpha = 0.05$	$Z = 1.645$													
4.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA	:	<p>El Estadístico de Prueba usado en la Prueba de Hipótesis de dos poblaciones con Medias y Varianzas conocidas se denota por:</p> $Z_o = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zo: Estadístico de prueba. - u1, u2: Resistencia promedio de los grupos. - σ_1, σ_2: Desviación estándar de los grupos. - n1, n2: Cantidad especímenes de los grupos. 												
<table border="1"> <tr> <td>Prueba Z : Zo</td> <td>-5.90</td> </tr> </table>			Prueba Z : Zo	-5.90										
Prueba Z : Zo	-5.90													
5.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA	:	<p>Se tiene que para un Nivel de Significancia de 0.05 y Nivel Confiabilidad del 95%, corresponde un valor de $Z=1.645$.</p> <p style="text-align: center;">Rechazar Ho si: $Z_o < -1.645$</p>												
6.- CONCLUSIÓN	:	<table border="1"> <tr> <td>Se Rechaza: Ho</td> <td>Se acepta Ha: $u_1 < u_2$</td> </tr> </table>	Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: $u_1 < u_2$										
Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: $u_1 < u_2$													
<p>Puesto que la expresión: $\{Z_o < -Z\}$ ó $\{-5.90 < -1.645\}$ es VERDADERA entonces SE RECHAZA Ho: $u_1 \geq u_2$; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyéndose así que: La incorporación de fibras de polipropileno en 0.6 kg/m³, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 14 días de edad).</p>														

Figura 4. 56 Prueba de Hipótesis: CN – CP(0.6), a los 14 días.

MUESTRA PATRÓN (1) : CN - 28 días
 MUESTRA COMPARADA (2) : CP(0.6) - 28 días

1.- PARÁMETROS DE INTERÉS : Datos obtenidos del Análisis Estadístico de la Distribución de Frecuencias para Datos Agrupados.

Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	0.6 kg/m ³
Número de muestras, n	4	4
Media, u	217.43	195.89
Varianza, σ ²	8.25	58.67

2.- HIPÓTESIS : **u1:** fc Media del grupo 1.
u2: fc Media del grupo 2.

a.- HIPÓTESIS NULA : **Ho:** u1 ≥ u2 Se Rechaza si: {Z_o < -Z}

La incorporación de fibras de polipropileno en 0.6 kg/m³, **NO INCREMENTA** la resistencia a la compresión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 28 días de edad).

b.- HIPÓTESIS ALTERNATIVA : **Ha:** u1 < u2 Ha Unilateral con Cola a la Izquierda

La incorporación de fibras de polipropileno en 0.6 kg/m³ **INCREMENTA** la resistencia a la compresión del concreto fc 210 kg/cm². (a los 28 días de edad).

3.- NIVEL DE SIGNIFICANCIA : **α = 0.05** **Z = 1.645**

4.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA : El Estadístico de Prueba usado en la Prueba de Hipótesis de dos poblaciones con Medias y Varianzas conocidas se denota por:

$$Z_0 = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$$

Donde:
 - **Z₀**: Estadístico de prueba.
 - **u₁, u₂**: Resistencia promedio de los grupos.
 - **σ₁, σ₂**: Desviación estándar de los grupos.
 - **n₁, n₂**: Cantidad especímenes de los grupos.

Prueba Z : Z _o	5.27
---------------------------	------

5.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA : Se tiene que para un Nivel de Significancia de 0.05 y Nivel Confiabilidad del 95%, corresponde un valor de Z=1.645.
Rechazar Ho si: Z_o < -1.645

6.- CONCLUSIÓN : **No se Rechaza: Ho** Se acepta Ho: u1 ≥ u2

Puesto que la expresión: {Z_o < -Z} ó {5.27 < -1.645} es **FALSA**, entonces **NO SE RECHAZA Ho: u1 ≥ u2**; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyéndose así que: La incorporación de fibras de polipropileno en 0.6 kg/m³, **NO INCREMENTA** la resistencia a la compresión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 28 días de edad).

Figura 4. 57 Prueba de Hipótesis: CN – CP(0.6), a los 28 días.

MUESTRA PATRÓN (1)	:	CN - 7 días												
MUESTRA COMPARADA (2)	:	CP(1.2) - 7 días												
1.- PARÁMETROS DE INTERÉS	:	Datos obtenidos del Análisis Estadístico de la Distribución de Frecuencias para Datos Agrupados.												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cantidad de fibra de polipropileno incorporado</th> <th>0.0 kg/m³</th> <th>1.2 kg/m³</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Número de muestras, n</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Media, u</td> <td>145.04</td> <td>152.05</td> </tr> <tr> <td>Varianza, σ²</td> <td>5.33</td> <td>48.00</td> </tr> </tbody> </table>			Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	1.2 kg/m ³	Número de muestras, n	3	3	Media, u	145.04	152.05	Varianza, σ ²	5.33	48.00
Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	1.2 kg/m ³												
Número de muestras, n	3	3												
Media, u	145.04	152.05												
Varianza, σ ²	5.33	48.00												
2.- HIPÓTESIS	:	<p>u1: fc Media del grupo 1.</p> <p>u2: fc Media del grupo 2.</p>												
a.- HIPÓTESIS NULA	:	<p>Ho: u1 ≥ u2 Se Rechaza si: {Z_o < -Z}</p> <p>La incorporación de fibras de polipropileno en 1.2 kg/m³, NO INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 7 días de edad).</p>												
b.- HIPÓTESIS ALTERNATIVA	:	<p>Ha: u1 < u2 Ha Unilateral con Cola a la Izquierda</p> <p>La incorporación de fibras de polipropileno en 1.2 kg/m³ INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 7 días de edad).</p>												
3.- NIVEL DE SIGNIFICANCIA	:	<table border="1"> <tr> <td>α = 0.05</td> <td>Z = 1.645</td> </tr> </table>	α = 0.05	Z = 1.645										
α = 0.05	Z = 1.645													
4.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA	:	<p>El Estadístico de Prueba usado en la Prueba de Hipótesis de dos poblaciones con Medias y Varianzas conocidas se denota por:</p> $Z_0 = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Z₀: Estadístico de prueba. - u₁, u₂: Resistencia promedio de los grupos. - σ₁, σ₂: Desviación estándar de los grupos. - n₁, n₂: Cantidad especímenes de los grupos. 												
<table border="1"> <tr> <td>Prueba Z : Z_o</td> <td>-1.66</td> </tr> </table>			Prueba Z : Z_o	-1.66										
Prueba Z : Z_o	-1.66													
5.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA	:	<p>Se tiene que para un Nivel de Significancia de 0.05 y Nivel Confiabilidad del 95%, corresponde un valor de Z=1.645.</p> <p style="text-align: center;">Rechazar Ho si: Z_o < -1.645</p>												
6.- CONCLUSIÓN	:	<table border="1"> <tr> <td>Se Rechaza: Ho</td> <td>Se acepta Ha: u1 < u2</td> </tr> </table>	Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: u1 < u2										
Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: u1 < u2													
<p>Puesto que la expresión: {Z_o < -Z} ó {-1.66 < -1.645} es VERDADERA entonces SE RECHAZA Ho: u1 ≥ u2; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyéndose así que: La incorporación de fibras de polipropileno en 1.2 kg/m³, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 7 días de edad).</p>														

Figura 4. 58 Prueba de Hipótesis: CN – CP(1.2), a los 7 días.

MUESTRA PATRÓN (1)	:	CN - 14 días												
MUESTRA COMPARADA (2)	:	CP(1.2) - 14 días												
1.- PARÁMETROS DE INTERÉS	:	Datos obtenidos del Análisis Estadístico de la Distribución de Frecuencias para Datos Agrupados.												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cantidad de fibra de polipropileno incorporado</th> <th>0.0 kg/m³</th> <th>1.2 kg/m³</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Número de muestras, n</td> <td>4</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Media, u</td> <td>170.87</td> <td>195.59</td> </tr> <tr> <td>Varianza, σ²</td> <td>16.00</td> <td>44.92</td> </tr> </tbody> </table>			Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	1.2 kg/m ³	Número de muestras, n	4	4	Media, u	170.87	195.59	Varianza, σ ²	16.00	44.92
Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	1.2 kg/m ³												
Número de muestras, n	4	4												
Media, u	170.87	195.59												
Varianza, σ ²	16.00	44.92												
2.- HIPÓTESIS	:	<p>u1: fc Media del grupo 1.</p> <p>u2: fc Media del grupo 2.</p>												
a.- HIPÓTESIS NULA	:	<p>Ho: u1 ≥ u2 Se Rechaza si: {Z_o < -Z}</p> <p>La incorporación de fibras de polipropileno en 1.2 kg/m³, NO INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 14 días de edad).</p>												
b.- HIPÓTESIS ALTERNATIVA	:	<p>Ha: u1 < u2 Ha Unilateral con Cola a la Izquierda</p> <p>La incorporación de fibras de polipropileno en 1.2 kg/m³ INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 14 días de edad).</p>												
3.- NIVEL DE SIGNIFICANCIA	:	<table border="1"> <tr> <td>α = 0.05</td> <td>Z = 1.645</td> </tr> </table>	α = 0.05	Z = 1.645										
α = 0.05	Z = 1.645													
4.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA	:	<p>El Estadístico de Prueba usado en la Prueba de Hipótesis de dos poblaciones con Medias y Varianzas conocidas se denota por:</p> $Z_o = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Z_o: Estadístico de prueba. - u₁, u₂: Resistencia promedio de los grupos. - σ₁, σ₂: Desviación estándar de los grupos. - n₁, n₂: Cantidad especímenes de los grupos. 												
<table border="1"> <tr> <td>Prueba Z : Z_o</td> <td>-6.33</td> </tr> </table>			Prueba Z : Z_o	-6.33										
Prueba Z : Z_o	-6.33													
5.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA	:	<p>Se tiene que para un Nivel de Significancia de 0.05 y Nivel Confiabilidad del 95%, corresponde un valor de Z=1.645.</p> <p style="text-align: center;">Rechazar Ho si: Z_o < -1.645</p>												
6.- CONCLUSIÓN	:	<table border="1"> <tr> <td>Se Rechaza: Ho</td> <td>Se acepta Ha: u1 < u2</td> </tr> </table>	Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: u1 < u2										
Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: u1 < u2													
<p>Puesto que la expresión: {Z_o < -Z} ó {-6.33 < -1.645} es VERDADERA entonces SE RECHAZA Ho: u1 ≥ u2; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyéndose así que: La incorporación de fibras de polipropileno en 1.2 kg/m³, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 14 días de edad).</p>														

Figura 4. 59 Prueba de Hipótesis: CN – CP(1.2), a los 14 días.

MUESTRA PATRÓN (1)	:	CN - 28 días												
MUESTRA COMPARADA (2)	:	CP(1.2) - 28 días												
1.- PARÁMETROS DE INTERÉS	:	Datos obtenidos del Análisis Estadístico de la Distribución de Frecuencias para Datos Agrupados.												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cantidad de fibra de polipropileno incorporado</th> <th>0.0 kg/m³</th> <th>1.2 kg/m³</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Número de muestras, n</td> <td>4</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Media, u</td> <td>217.43</td> <td>192.41</td> </tr> <tr> <td>Varianza, σ^2</td> <td>8.25</td> <td>8.25</td> </tr> </tbody> </table>			Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	1.2 kg/m ³	Número de muestras, n	4	4	Media, u	217.43	192.41	Varianza, σ^2	8.25	8.25
Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	1.2 kg/m ³												
Número de muestras, n	4	4												
Media, u	217.43	192.41												
Varianza, σ^2	8.25	8.25												
2.- HIPÓTESIS	:	<p>u1: fc Media del grupo 1.</p> <p>u2: fc Media del grupo 2.</p>												
a.- HIPÓTESIS NULA	:	<p>Ho: $u_1 \geq u_2$ Se Rechaza si: $\{Z_o < -Z\}$</p> <p>La incorporación de fibras de polipropileno en 1.2 kg/m³, NO INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 28 días de edad).</p>												
b.- HIPÓTESIS ALTERNATIVA	:	<p>Ha: $u_1 < u_2$ Ha Unilateral con Cola a la Izquierda</p> <p>La incorporación de fibras de polipropileno en 1.2 kg/m³, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto fc 210 kg/cm². (a los 28 días de edad).</p>												
3.- NIVEL DE SIGNIFICANCIA	:	<table border="1"> <tr> <td>$\alpha = 0.05$</td> <td>$Z = 1.645$</td> </tr> </table>	$\alpha = 0.05$	$Z = 1.645$										
$\alpha = 0.05$	$Z = 1.645$													
4.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA	:	<p>El Estadístico de Prueba usado en la Prueba de Hipótesis de dos poblaciones con Medias y Varianzas conocidas se denota por:</p> $Z_o = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zo: Estadístico de prueba. - u1, u2: Resistencia promedio de los grupos. - σ_1, σ_2: Desviación estándar de los grupos. - n1, n2: Cantidad especímenes de los grupos. 												
<table border="1"> <tr> <td>Prueba Z : Zo</td> <td>12.32</td> </tr> </table>			Prueba Z : Zo	12.32										
Prueba Z : Zo	12.32													
5.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA	:	<p>Se tiene que para un Nivel de Significancia de 0.05 y Nivel Confiabilidad del 95%, corresponde un valor de $Z=1.645$.</p> <p style="text-align: center;">Rechazar Ho si: $Z_o < -1.645$</p>												
6.- CONCLUSIÓN	:	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">No se Rechaza: Ho</td> <td style="text-align: center;">Se acepta Ho: $u_1 \geq u_2$</td> </tr> </table> <p>Puesto que la expresión: $\{Z_o < -Z\}$ ó $\{12.32 < -1.645\}$ es FALSA, entonces NO SE RECHAZA Ho: $u_1 \geq u_2$; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyéndose así que: La incorporación de fibras de polipropileno en 1.2 kg/m³, NO INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 28 días de edad).</p>	No se Rechaza: Ho	Se acepta Ho: $u_1 \geq u_2$										
No se Rechaza: Ho	Se acepta Ho: $u_1 \geq u_2$													

Figura 4. 60 Prueba de Hipótesis: CN – CP(1.2), a los 28 días.

MUESTRA PATRÓN (1) : CN - 7 días
 MUESTRA COMPARADA (2) : CP(1.8) - 7 días

1.- PARÁMETROS DE INTERÉS : Datos obtenidos del Análisis Estadístico de la Distribución de Frecuencias para Datos Agrupados.

Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	1.8 kg/m ³
Número de muestras, n	3	4
Media, u	145.04	159.99
Varianza, σ ²	5.33	12.00

2.- HIPÓTESIS : **u1:** fc Media del grupo 1.
u2: fc Media del grupo 2.

a.- HIPÓTESIS NULA : **Ho:** u1 ≥ u2 Se Rechaza si: {Z_o < -Z}

La incorporación de fibras de polipropileno en 1.8 kg/m³, **NO INCREMENTA** la resistencia a la compresión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 7 días de edad).

b.- HIPÓTESIS ALTERNATIVA : **Ha:** u1 < u2 Ha Unilateral con Cola a la Izquierda

La incorporación de fibras de polipropileno en 1.8 kg/m³ **INCREMENTA** la resistencia a la compresión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 7 días de edad).

3.- NIVEL DE SIGNIFICANCIA : **α = 0.05** **Z = 1.645**

4.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA : El Estadístico de Prueba usado en la Prueba de Hipótesis de dos poblaciones con Medias y Varianzas conocidas se denota por:

$$Z_o = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$$

Donde:
 - **Z_o**: Estadístico de prueba.
 - **u₁, u₂**: Resistencia promedio de los grupos.
 - **σ₁, σ₂**: Desviación estándar de los grupos.
 - **n₁, n₂**: Cantidad especímenes de los grupos.

Prueba Z : Z _o	-6.84
---------------------------	-------

5.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA : Se tiene que para un Nivel de Significancia de 0.05 y Nivel Confiabilidad del 95%, corresponde un valor de Z=1.645.
Rechazar Ho si: Z_o < -1.645

6.- CONCLUSIÓN : **Se Rechaza: Ho** Se acepta Ha: u1 < u2

Puesto que la expresión: {Z_o < -Z} ó {-6.84 < -1.645} es **VERDADERA** entonces **SE RECHAZA Ho: u1 ≥ u2**; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyéndose así que: La incorporación de fibras de polipropileno en 1.8 kg/m³, **INCREMENTA** la resistencia a la compresión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 7 días de edad).

Figura 4. 61 Prueba de Hipótesis: CN – CP(1.8), a los 7 días.

MUESTRA PATRÓN (1)	:	CN - 14 días												
MUESTRA COMPARADA (2)	:	CP(1.8) - 14 días												
1.- PARÁMETROS DE INTERÉS	:	Datos obtenidos del Análisis Estadístico de la Distribución de Frecuencias para Datos Agrupados.												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cantidad de fibra de polipropileno incorporado</th> <th>0.0 kg/m³</th> <th>1.8 kg/m³</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Número de muestras, n</td> <td>4</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Media, u</td> <td>170.87</td> <td>181.31</td> </tr> <tr> <td>Varianza, σ²</td> <td>16.00</td> <td>16.00</td> </tr> </tbody> </table>			Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	1.8 kg/m ³	Número de muestras, n	4	4	Media, u	170.87	181.31	Varianza, σ ²	16.00	16.00
Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	1.8 kg/m ³												
Número de muestras, n	4	4												
Media, u	170.87	181.31												
Varianza, σ ²	16.00	16.00												
2.- HIPÓTESIS	:	<p>u1: fc Media del grupo 1.</p> <p>u2: fc Media del grupo 2.</p>												
a.- HIPÓTESIS NULA	:	<p>Ho: u1 ≥ u2 Se Rechaza si: {Z_o < -Z}</p> <p>La incorporación de fibras de polipropileno en 1.8 kg/m³, NO INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 14 días de edad).</p>												
b.- HIPÓTESIS ALTERNATIVA	:	<p>Ha: u1 < u2 Ha Unilateral con Cola a la Izquierda</p> <p>La incorporación de fibras de polipropileno en 1.8 kg/m³, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 14 días de edad).</p>												
3.- NIVEL DE SIGNIFICANCIA	:	<table border="1"> <tr> <td>α = 0.05</td> <td>Z = 1.645</td> </tr> </table>	α = 0.05	Z = 1.645										
α = 0.05	Z = 1.645													
4.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA	:	<p>El Estadístico de Prueba usado en la Prueba de Hipótesis de dos poblaciones con Medias y Varianzas conocidas se denota por:</p> $Z_0 = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Z₀: Estadístico de prueba. - u₁, u₂: Resistencia promedio de los grupos. - σ₁, σ₂: Desviación estándar de los grupos. - n₁, n₂: Cantidad especímenes de los grupos. 												
<table border="1"> <tr> <td>Prueba Z : Z_o</td> <td>-3.69</td> </tr> </table>			Prueba Z : Z_o	-3.69										
Prueba Z : Z_o	-3.69													
5.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA	:	<p>Se tiene que para un Nivel de Significancia de 0.05 y Nivel Confiabilidad del 95%, corresponde un valor de Z=1.645.</p> <p style="text-align: center;">Rechazar Ho si: Z_o < -1.645</p>												
6.- CONCLUSIÓN	:	<table border="1"> <tr> <td>Se Rechaza: Ho</td> <td>Se acepta Ha: u1 < u2</td> </tr> </table>	Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: u1 < u2										
Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: u1 < u2													
<p>Puesto que la expresión: {Z_o < -Z} ó {-3.69 < -1.645} es VERDADERA entonces SE RECHAZA Ho: u1 ≥ u2; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyéndose así que: La incorporación de fibras de polipropileno en 1.8 kg/m³, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 14 días de edad).</p>														

Figura 4. 62 Prueba de Hipótesis: CN – CP(1.8), a los 14 días.

MUESTRA PATRÓN (1)	:	CN - 28 días												
MUESTRA COMPARADA (2)	:	CP(1.8) - 28 días												
1.- PARÁMETROS DE INTERÉS	:	Datos obtenidos del Análisis Estadístico de la Distribución de Frecuencias para Datos Agrupados.												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cantidad de fibra de polipropileno incorporado</th> <th>0.0 kg/m³</th> <th>1.8 kg/m³</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Número de muestras, n</td> <td>4</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Media, u</td> <td>217.43</td> <td>190.75</td> </tr> <tr> <td>Varianza, σ²</td> <td>8.25</td> <td>36.00</td> </tr> </tbody> </table>			Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	1.8 kg/m ³	Número de muestras, n	4	4	Media, u	217.43	190.75	Varianza, σ ²	8.25	36.00
Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	1.8 kg/m ³												
Número de muestras, n	4	4												
Media, u	217.43	190.75												
Varianza, σ ²	8.25	36.00												
2.- HIPÓTESIS	:	<p>u1: fc Media del grupo 1.</p> <p>u2: fc Media del grupo 2.</p>												
a.- HIPÓTESIS NULA	:	<p>Ho: u1 ≥ u2 Se Rechaza si: {Z_o < -Z}</p> <p>La incorporación de fibras de polipropileno en 1.8 kg/m³, NO INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 28 días de edad).</p>												
b.- HIPÓTESIS ALTERNATIVA	:	<p>Ha: u1 < u2 Ha Unilateral con Cola a la Izquierda</p> <p>La incorporación de fibras de polipropileno en 1.8 kg/m³, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 28 días de edad).</p>												
3.- NIVEL DE SIGNIFICANCIA	:	<table border="1"> <tr> <td>α = 0.05</td> <td>Z = 1.645</td> </tr> </table>	α = 0.05	Z = 1.645										
α = 0.05	Z = 1.645													
4.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA	:	<p>El Estadístico de Prueba usado en la Prueba de Hipótesis de dos poblaciones con Medias y Varianzas conocidas se denota por:</p> $Z_0 = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Z₀: Estadístico de prueba. - u₁, u₂: Resistencia promedio de los grupos. - σ₁, σ₂: Desviación estándar de los grupos. - n₁, n₂: Cantidad especímenes de los grupos. 												
<table border="1"> <tr> <td>Prueba Z : Z_o</td> <td>8.02</td> </tr> </table>			Prueba Z : Z_o	8.02										
Prueba Z : Z_o	8.02													
5.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA	:	<p>Se tiene que para un Nivel de Significancia de 0.05 y Nivel Confiabilidad del 95%, corresponde un valor de Z=1.645.</p> <p style="text-align: center;">Rechazar Ho si: Z_o < -1.645</p>												
6.- CONCLUSIÓN	:	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">No se Rechaza: Ho</td> <td style="text-align: center;">Se acepta Ho: u1 ≥ u2</td> </tr> </table> <p>Puesto que la expresión: {Z_o < -Z} ó {8.02 < -1.645} es FALSA, entonces NO SE RECHAZA Ho: u1 ≥ u2; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyéndose así que: La incorporación de fibras de polipropileno en 1.8 kg/m³, NO INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 28 días de edad).</p>	No se Rechaza: Ho	Se acepta Ho: u1 ≥ u2										
No se Rechaza: Ho	Se acepta Ho: u1 ≥ u2													

Figura 4. 63 Prueba de Hipótesis: CN – CP(1.8), a los 28 días.

MUESTRA PATRÓN (1)	:	CN - 7 días												
MUESTRA COMPARADA (2)	:	CP(2.4) - 7 días												
1.- PARÁMETROS DE INTERÉS	:	Datos obtenidos del Análisis Estadístico de la Distribución de Frecuencias para Datos Agrupados.												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cantidad de fibra de polipropileno incorporado</th> <th>0.0 kg/m³</th> <th>2.4 kg/m³</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Número de muestras, n</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Media, u</td> <td>145.04</td> <td>164.36</td> </tr> <tr> <td>Varianza, σ²</td> <td>5.33</td> <td>0.25</td> </tr> </tbody> </table>			Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	2.4 kg/m ³	Número de muestras, n	3	4	Media, u	145.04	164.36	Varianza, σ ²	5.33	0.25
Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	2.4 kg/m ³												
Número de muestras, n	3	4												
Media, u	145.04	164.36												
Varianza, σ ²	5.33	0.25												
2.- HIPÓTESIS	:	<p>u1: fc Media del grupo 1.</p> <p>u2: fc Media del grupo 2.</p>												
a.- HIPÓTESIS NULA	:	<p>Ho: u1 ≥ u2 Se Rechaza si: {Z_o < -Z}</p> <p>La incorporación de fibras de polipropileno en 2.4 kg/m³, NO INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 7 días de edad).</p>												
b.- HIPÓTESIS ALTERNATIVA	:	<p>Ha: u1 < u2 Ha Unilateral con Cola a la Izquierda</p> <p>La incorporación de fibras de polipropileno en 2.4 kg/m³, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 7 días de edad).</p>												
3.- NIVEL DE SIGNIFICANCIA	:	<table border="1"> <tr> <td>α = 0.05</td> <td>Z = 1.645</td> </tr> </table>	α = 0.05	Z = 1.645										
α = 0.05	Z = 1.645													
4.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA	:	<p>El Estadístico de Prueba usado en la Prueba de Hipótesis de dos poblaciones con Medias y Varianzas conocidas se denota por:</p> $Z_0 = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Z_o: Estadístico de prueba. - u₁, u₂: Resistencia promedio de los grupos. - σ₁, σ₂: Desviación estándar de los grupos. - n₁, n₂: Cantidad especímenes de los grupos. 												
<table border="1"> <tr> <td>Prueba Z : Z_o</td> <td>-14.24</td> </tr> </table>			Prueba Z : Z_o	-14.24										
Prueba Z : Z_o	-14.24													
5.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA	:	<p>Se tiene que para un Nivel de Significancia de 0.05 y Nivel Confiabilidad del 95%, corresponde un valor de Z=1.645.</p> <p style="text-align: center;">Rechazar Ho si: Z_o < -1.645</p>												
6.- CONCLUSIÓN	:	<table border="1"> <tr> <td>Se Rechaza: Ho</td> <td>Se acepta Ha: u1 < u2</td> </tr> </table>	Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: u1 < u2										
Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: u1 < u2													
<p>Puesto que la expresión: {Z_o < -Z} ó {-14.24 < -1.645} es VERDADERA entonces SE RECHAZA Ho: u1 ≥ u2; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyéndose así que: La incorporación de fibras de polipropileno en 2.4 kg/m³, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 7 días de edad).</p>														

Figura 4. 64 Prueba de Hipótesis: CN – CP(2.4), a los 7 días.

MUESTRA PATRÓN (1) : CN - 14 días
 MUESTRA COMPARADA (2) : CP(2.4) - 14 días

1.- PARÁMETROS DE INTERÉS : Datos obtenidos del Análisis Estadístico de la Distribución de Frecuencias para Datos Agrupados.

Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	2.4 kg/m ³
Número de muestras, n	4	4
Media, u	170.87	190.18
Varianza, σ ²	16.00	22.92

2.- HIPÓTESIS : **u1:** fc Media del grupo 1.
u2: fc Media del grupo 2.

a.- HIPÓTESIS NULA : **Ho:** u1 ≥ u2 Se Rechaza si: {Z_o < -Z}

La incorporación de fibras de polipropileno en 2.4 kg/m³, **NO INCREMENTA** la resistencia a la compresión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 14 días de edad).

b.- HIPÓTESIS ALTERNATIVA : **Ha:** u1 < u2 Ha Unilateral con Cola a la Izquierda

La incorporación de fibras de polipropileno en 2.4 kg/m³ **INCREMENTA** la resistencia a la compresión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 14 días de edad).

3.- NIVEL DE SIGNIFICANCIA : $\alpha = 0.05$ $Z = 1.645$

4.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA : El Estadístico de Prueba usado en la Prueba de Hipótesis de dos poblaciones con Medias y Varianzas conocidas se denota por:

$$Z_o = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$$

Donde:
 - **Z_o**: Estadístico de prueba.
 - **u₁, u₂**: Resistencia promedio de los grupos.
 - **σ₁, σ₂**: Desviación estándar de los grupos.
 - **n₁, n₂**: Cantidad especímenes de los grupos.

Prueba Z : Z _o	-6.19
---------------------------	-------

5.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA : Se tiene que para un Nivel de Significancia de 0.05 y Nivel Confiabilidad del 95%, corresponde un valor de Z=1.645.
Rechazar Ho si: Z_o < -1.645

6.- CONCLUSIÓN : **Se Rechaza: Ho** Se acepta Ha: u1 < u2

Puesto que la expresión: {Z_o < -Z} ó {-6.19 < -1.645} es **VERDADERA** entonces **SE RECHAZA Ho: u1 ≥ u2**; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyéndose así que: La incorporación de fibras de polipropileno en 2.4 kg/m³, **INCREMENTA** la resistencia a la compresión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 14 días de edad).

Figura 4. 65 Prueba de Hipótesis: CN – CP(2.4), a los 14 días.

MUESTRA PATRÓN (1)	:	CN - 28 días												
MUESTRA COMPARADA (2)	:	CP(2.4) - 28 días												
1.- PARÁMETROS DE INTERÉS	:	Datos obtenidos del Análisis Estadístico de la Distribución de Frecuencias para Datos Agrupados.												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cantidad de fibra de polipropileno incorporado</th> <th>0.0 kg/m³</th> <th>2.4 kg/m³</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Número de muestras, n</td> <td>4</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Media, u</td> <td>217.43</td> <td>205.53</td> </tr> <tr> <td>Varianza, σ^2</td> <td>8.25</td> <td>8.25</td> </tr> </tbody> </table>			Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	2.4 kg/m ³	Número de muestras, n	4	4	Media, u	217.43	205.53	Varianza, σ^2	8.25	8.25
Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	2.4 kg/m ³												
Número de muestras, n	4	4												
Media, u	217.43	205.53												
Varianza, σ^2	8.25	8.25												
2.- HIPÓTESIS	:	<p>u1: fc Media del grupo 1.</p> <p>u2: fc Media del grupo 2.</p>												
a.- HIPÓTESIS NULA	:	<p>Ho: $u_1 \geq u_2$ Se Rechaza si: $\{Z_o < -Z\}$</p> <p>La incorporación de fibras de polipropileno en 2.4 kg/m³, NO INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 28 días de edad).</p>												
b.- HIPÓTESIS ALTERNATIVA	:	<p>Ha: $u_1 < u_2$ Ha Unilateral con Cola a la Izquierda</p> <p>La incorporación de fibras de polipropileno en 2.4 kg/m³, INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto fc 210 kg/cm². (a los 28 días de edad).</p>												
3.- NIVEL DE SIGNIFICANCIA	:	<table border="1"> <tr> <td>$\alpha = 0.05$</td> <td>$Z = 1.645$</td> </tr> </table>	$\alpha = 0.05$	$Z = 1.645$										
$\alpha = 0.05$	$Z = 1.645$													
4.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA	:	<p>El Estadístico de Prueba usado en la Prueba de Hipótesis de dos poblaciones con Medias y Varianzas conocidas se denota por:</p> $Z_o = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zo: Estadístico de prueba. - u1, u2: Resistencia promedio de los grupos. - σ_1, σ_2: Desviación estándar de los grupos. - n1, n2: Cantidad especímenes de los grupos. 												
<table border="1"> <tr> <td>Prueba Z : Z_o</td> <td>5.86</td> </tr> </table>			Prueba Z : Z_o	5.86										
Prueba Z : Z_o	5.86													
5.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA	:	<p>Se tiene que para un Nivel de Significancia de 0.05 y Nivel Confiabilidad del 95%, corresponde un valor de $Z=1.645$.</p> <p style="text-align: center;">Rechazar Ho si: $Z_o < -1.645$</p>												
6.- CONCLUSIÓN	:	<table border="1"> <tr> <td>No se Rechaza: Ho</td> <td>Se acepta Ho: $u_1 \geq u_2$</td> </tr> </table> <p>Puesto que la expresión: $\{Z_o < -Z\}$ ó $\{5.86 < -1.645\}$ es FALSA, entonces NO SE RECHAZA Ho: $u_1 \geq u_2$; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyéndose así que: La incorporación de fibras de polipropileno en 2.4 kg/m³, NO INCREMENTA la resistencia a la compresión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 28 días de edad).</p>	No se Rechaza: Ho	Se acepta Ho: $u_1 \geq u_2$										
No se Rechaza: Ho	Se acepta Ho: $u_1 \geq u_2$													

Figura 4. 66 Prueba de Hipótesis: CN – CP(2.4), a los 28 días.

4.5.2 Resistencia a la flexión (Módulo de ruptura – R)

MUESTRA PATRÓN (1) : CN - 7 días
 MUESTRA COMPARADA (2) : CP(0.6) - 7 días

1.- PARÁMETROS DE INTERÉS : Datos obtenidos del Análisis Estadístico de la Distribución de Frecuencias para Datos Agrupados.

Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	0.6 kg/m ³
Número de muestras, n	3	3
Media, u	29.12	25.14
Varianza, σ ²	5.33	25.00

2.- HIPÓTESIS : u1: fc Media del grupo 1.
 u2: fc Media del grupo 2.

a.- HIPÓTESIS NULA : Ho: u1 ≥ u2 Se Rechaza si: {Zo < -Z}

La incorporación de fibras de polipropileno en 0.6 kg/m³, **NO INCREMENTA** la resistencia a la flexión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 7 días de edad).

b.- HIPÓTESIS ALTERNATIVA : Ha: u1 < u2 Ha Unilateral con Cola a la Izquierda

La incorporación de fibras de polipropileno en 0.6 kg/m³, **INCREMENTA** la resistencia a la flexión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 7 días de edad).

3.- NIVEL DE SIGNIFICANCIA : α = 0.05 Z = 1.645

4.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA : El Estadístico de Prueba usado en la Prueba de Hipótesis de dos poblaciones con Medias y Varianzas conocidas se denota por:

$$Z_0 = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$$

Donde:
 - Z₀: Estadístico de prueba.
 - u₁, u₂: Resistencia promedio de los grupos.
 - σ₁, σ₂: Desviación estándar de los grupos.
 - n₁, n₂: Cantidad especímenes de los grupos.

Prueba Z : Zo	1.25
---------------	------

5.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA : Se tiene que para un Nivel de Significancia de 0.05 y Nivel Confiabilidad del 95%, corresponde un valor de Z=1.645.
 Rechazar Ho si: Zo < -1.645

6.- CONCLUSIÓN : No se Rechaza: Ho Se acepta Ho: u1 ≥ u2

Puesto que la expresión: {Zo < -Z} ó {1.25 < -1.645} es **FALSA**, entonces **SE ACEPTA Ho: u1 ≥ u2**; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyéndose así que: La incorporación de fibras de polipropileno en 0.6 kg/m³, **NO INCREMENTA** la resistencia a la flexión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 7 días de edad).

Figura 4. 67 Prueba de Hipótesis: CN – CP(0.6), a los 7 días.

MUESTRA PATRÓN (1)	:	CN - 14 días												
MUESTRA COMPARADA (2)	:	CP(0.6) - 14 días												
1.- PARÁMETROS DE INTERÉS	:	Datos obtenidos del Análisis Estadístico de la Distribución de Frecuencias para Datos Agrupados.												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cantidad de fibra de polipropileno incorporado</th> <th>0.0 kg/m³</th> <th>0.6 kg/m³</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Número de muestras, n</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Media, u</td> <td>30.57</td> <td>32.95</td> </tr> <tr> <td>Varianza, σ²</td> <td>1.33</td> <td>1.33</td> </tr> </tbody> </table>			Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	0.6 kg/m ³	Número de muestras, n	3	3	Media, u	30.57	32.95	Varianza, σ ²	1.33	1.33
Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	0.6 kg/m ³												
Número de muestras, n	3	3												
Media, u	30.57	32.95												
Varianza, σ ²	1.33	1.33												
2.- HIPÓTESIS	:	<p>u1: fc Media del grupo 1.</p> <p>u2: fc Media del grupo 2.</p>												
a.- HIPÓTESIS NULA	:	<p>Ho: u1 ≥ u2 Se Rechaza si: {Z_o < -Z}</p> <p>La incorporación de fibras de polipropileno en 0.6 kg/m³, NO INCREMENTA la resistencia a la flexión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 14 días de edad).</p>												
b.- HIPÓTESIS ALTERNATIVA	:	<p>Ha: u1 < u2 Ha Unilateral con Cola a la Izquierda</p> <p>La incorporación de fibras de polipropileno en 0.6 kg/m³, INCREMENTA la resistencia a la flexión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 14 días de edad).</p>												
3.- NIVEL DE SIGNIFICANCIA	:	<table border="1"> <tr> <td>α = 0.05</td> <td>Z = 1.645</td> </tr> </table>	α = 0.05	Z = 1.645										
α = 0.05	Z = 1.645													
4.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA	:	<p>El Estadístico de Prueba usado en la Prueba de Hipótesis de dos poblaciones con Medias y Varianzas conocidas se denota por:</p> $Z_o = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Z_o: Estadístico de prueba. - u₁, u₂: Resistencia promedio de los grupos. - σ₁, σ₂: Desviación estándar de los grupos. - n₁, n₂: Cantidad especímenes de los grupos. 												
<table border="1"> <tr> <td>Prueba Z : Z_o</td> <td>-2.52</td> </tr> </table>			Prueba Z : Z_o	-2.52										
Prueba Z : Z_o	-2.52													
5.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA	:	<p>Se tiene que para un Nivel de Significancia de 0.05 y Nivel Confiabilidad del 95%, corresponde un valor de Z=1.645.</p> <p style="text-align: center;">Rechazar Ho si: Z_o < -1.645</p>												
6.- CONCLUSIÓN	:	<table border="1"> <tr> <td>Se Rechaza: Ho</td> <td>Se acepta Ha: u1 < u2</td> </tr> </table>	Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: u1 < u2										
Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: u1 < u2													
<p>Puesto que la expresión: {Z_o < -Z} ó {-2.52 < -1.645} es VERDADERA entonces SE RECHAZA Ho: u1 ≥ u2; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyéndose así que: La incorporación de fibras de polipropileno en 0.6 kg/m³, INCREMENTA la resistencia a la flexión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 14 días de edad).</p>														

Figura 4. 68 Prueba de Hipótesis: CN – CP(0.6), a los 14 días.

MUESTRA PATRÓN (1)	:	CN - 28 días												
MUESTRA COMPARADA (2)	:	CP(0.6) - 28 días												
1.- PARÁMETROS DE INTERÉS	:	Datos obtenidos del Análisis Estadístico de la Distribución de Frecuencias para Datos Agrupados.												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cantidad de fibra de polipropileno incorporado</th> <th>0.0 kg/m³</th> <th>0.6 kg/m³</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Número de muestras, n</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Media, u</td> <td>32.24</td> <td>33.89</td> </tr> <tr> <td>Varianza, σ²</td> <td>0.08</td> <td>1.33</td> </tr> </tbody> </table>			Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	0.6 kg/m ³	Número de muestras, n	3	3	Media, u	32.24	33.89	Varianza, σ ²	0.08	1.33
Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	0.6 kg/m ³												
Número de muestras, n	3	3												
Media, u	32.24	33.89												
Varianza, σ ²	0.08	1.33												
2.- HIPÓTESIS	:	<p>u1: fc Media del grupo 1.</p> <p>u2: fc Media del grupo 2.</p>												
a.- HIPÓTESIS NULA	:	<p>Ho: u1 ≥ u2 Se Rechaza si: {Z_o < -Z}</p> <p>La incorporación de fibras de polipropileno en 0.6 kg/m³, NO INCREMENTA la resistencia a la flexión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 28 días de edad).</p>												
b.- HIPÓTESIS ALTERNATIVA	:	<p>Ha: u1 < u2 Ha Unilateral con Cola a la Izquierda</p> <p>La incorporación de fibras de polipropileno en 0.6 kg/m³, INCREMENTA la resistencia a la flexión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 28 días de edad).</p>												
3.- NIVEL DE SIGNIFICANCIA	:	<table border="1"> <tr> <td>α = 0.05</td> <td>Z = 1.645</td> </tr> </table>	α = 0.05	Z = 1.645										
α = 0.05	Z = 1.645													
4.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA	:	<p>El Estadístico de Prueba usado en la Prueba de Hipótesis de dos poblaciones con Medias y Varianzas conocidas se denota por:</p> $Z_o = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Z_o: Estadístico de prueba. - u₁, u₂: Resistencia promedio de los grupos. - σ₁, σ₂: Desviación estándar de los grupos. - n₁, n₂: Cantidad especímenes de los grupos. 												
<table border="1"> <tr> <td>Prueba Z : Z_o</td> <td>-2.39</td> </tr> </table>			Prueba Z : Z _o	-2.39										
Prueba Z : Z _o	-2.39													
5.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA	:	<p>Se tiene que para un Nivel de Significancia de 0.05 y Nivel Confiabilidad del 95%, corresponde un valor de Z=1.645.</p> <p style="text-align: center;">Rechazar Ho si: Z_o < -1.645</p>												
6.- CONCLUSIÓN	:	<table border="1"> <tr> <td>Se Rechaza: Ho</td> <td>Se acepta Ha: u1 < u2</td> </tr> </table>	Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: u1 < u2										
Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: u1 < u2													
<p>Puesto que la expresión: {Z_o < -Z} ó {-2.39 < -1.645} es VERDADERA entonces SE RECHAZA Ho: u1 ≥ u2; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyéndose así que: La incorporación de fibras de polipropileno en 0.6 kg/m³, INCREMENTA la resistencia a la flexión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 28 días de edad).</p>														

Figura 4. 69 Prueba de Hipótesis: CN – CP(0.6), a los 28 días.

MUESTRA PATRÓN (1) : CN - 7 días
 MUESTRA COMPARADA (2) : CP(1.2) - 7 días

1.- PARÁMETROS DE INTERÉS : Datos obtenidos del Análisis Estadístico de la Distribución de Frecuencias para Datos Agrupados.

Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	1.2 kg/m ³
Número de muestras, n	3	3
Media, u	29.12	27.84
Varianza, σ ²	5.33	0.08

2.- HIPÓTESIS : **u1:** f_c Media del grupo 1.
u2: f_c Media del grupo 2.

a.- HIPÓTESIS NULA : **Ho:** u₁ ≥ u₂ Se Rechaza si: {Z_o < -Z}

La incorporación de fibras de polipropileno en 1.2 kg/m³, **NO INCREMENTA** la resistencia a la flexión del concreto f_c 210 kg/cm² (a los 7 días de edad).

b.- HIPÓTESIS ALTERNATIVA : **Ha:** u₁ < u₂ Ha Unilateral con Cola a la Izquierda

La incorporación de fibras de polipropileno en 1.2 kg/m³, **INCREMENTA** la resistencia a la flexión del concreto f_c 210 kg/cm² (a los 7 días de edad).

3.- NIVEL DE SIGNIFICANCIA : **α = 0.05** **Z = 1.645**

4.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA : El Estadístico de Prueba usado en la Prueba de Hipótesis de dos poblaciones con Medias y Varianzas conocidas se denota por:

$$Z_o = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$$

Donde:
 - **Z_o**: Estadístico de prueba.
 - **u₁, u₂**: Resistencia promedio de los grupos.
 - **σ₁, σ₂**: Desviación estándar de los grupos.
 - **n₁, n₂**: Cantidad especímenes de los grupos.

Prueba Z : Z _o	0.95
---------------------------	------

5.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA : Se tiene que para un Nivel de Significancia de 0.05 y Nivel Confiabilidad del 95%, corresponde un valor de Z=1.645.
Rechazar Ho si: Z_o < -1.645

6.- CONCLUSIÓN : **No se Rechaza: Ho** Se acepta Ho: u₁ ≥ u₂

Puesto que la expresión: {Z_o < -Z} ó {0.95 < -1.645} es **FALSA**, entonces **SE ACEPTA Ho: u₁ ≥ u₂**; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyéndose así que: La incorporación de fibras de polipropileno en 1.2 kg/m³, **NO INCREMENTA** la resistencia a la flexión del concreto f_c 210 kg/cm² (a los 7 días de edad).

Figura 4. 70 Prueba de Hipótesis: CN – CP(1.2), a los 7 días.

MUESTRA PATRÓN (1)	:	CN - 14 días												
MUESTRA COMPARADA (2)	:	CP(1.2) - 14 días												
1.- PARÁMETROS DE INTERÉS	:	Datos obtenidos del Análisis Estadístico de la Distribución de Frecuencias para Datos Agrupados.												
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Cantidad de fibra de polipropileno incorporado</th> <th>0.0 kg/m³</th> <th>1.2 kg/m³</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Número de muestras, n</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Media, u</td> <td>30.57</td> <td>31.57</td> </tr> <tr> <td>Varianza, σ²</td> <td>1.33</td> <td>0.08</td> </tr> </tbody> </table>			Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	1.2 kg/m ³	Número de muestras, n	3	3	Media, u	30.57	31.57	Varianza, σ ²	1.33	0.08
Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	1.2 kg/m ³												
Número de muestras, n	3	3												
Media, u	30.57	31.57												
Varianza, σ ²	1.33	0.08												
2.- HIPÓTESIS	:	<p>u1: f_c Media del grupo 1.</p> <p>u2: f_c Media del grupo 2.</p>												
a.- HIPÓTESIS NULA	:	<p>Ho: u₁ ≥ u₂ Se Rechaza si: {Z_o < -Z}</p> <p>La incorporación de fibras de polipropileno en 1.2 kg/m³, NO INCREMENTA la resistencia a la flexión del concreto f_c 210 kg/cm² (a los 14 días de edad).</p>												
b.- HIPÓTESIS ALTERNATIVA	:	<p>Ha: u₁ < u₂ Ha Unilateral con Cola a la Izquierda</p> <p>La incorporación de fibras de polipropileno en 1.2 kg/m³, INCREMENTA la resistencia a la flexión del concreto f_c 210 kg/cm² (a los 14 días de edad).</p>												
3.- NIVEL DE SIGNIFICANCIA	:	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">α = 0.05</td> <td style="width: 50%;">Z = 1.645</td> </tr> </table>	α = 0.05	Z = 1.645										
α = 0.05	Z = 1.645													
4.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA	:	<p>El Estadístico de Prueba usado en la Prueba de Hipótesis de dos poblaciones con Medias y Varianzas conocidas se denota por:</p> $Z_o = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Z_o: Estadístico de prueba. - u₁, u₂: Resistencia promedio de los grupos. - σ₁, σ₂: Desviación estándar de los grupos. - n₁, n₂: Cantidad especímenes de los grupos. 												
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Prueba Z : Z_o</td> <td style="width: 50%;">-1.45</td> </tr> </table>			Prueba Z : Z_o	-1.45										
Prueba Z : Z_o	-1.45													
5.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA	:	<p>Se tiene que para un Nivel de Significancia de 0.05 y Nivel Confiabilidad del 95%, corresponde un valor de Z=1.645.</p> <p style="text-align: center;">Rechazar Ho si: Z_o < -1.645</p>												
6.- CONCLUSIÓN	:	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">No se Rechaza: Ho</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">Se acepta Ho: u₁ ≥ u₂</td> </tr> </table> <p>Puesto que la expresión: {Z_o < -Z} ó {-1.45 < -1.645} es FALSA, entonces SE ACEPTA Ho: u₁ ≥ u₂; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyéndose así que: La incorporación de fibras de polipropileno en 1.2 kg/m³, NO INCREMENTA la resistencia a la flexión del concreto f_c 210 kg/cm² (a los 14 días de edad).</p>	No se Rechaza: Ho	Se acepta Ho: u ₁ ≥ u ₂										
No se Rechaza: Ho	Se acepta Ho: u ₁ ≥ u ₂													

Figura 4. 71 Prueba de Hipótesis: CN – CP(1.2), a los 14 días.

MUESTRA PATRÓN (1) : CN - 28 días
 MUESTRA COMPARADA (2) : CP(1.2) - 28 días

1.- PARÁMETROS DE INTERÉS : Datos obtenidos del Análisis Estadístico de la Distribución de Frecuencias para Datos Agrupados.

Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	1.2 kg/m ³
Número de muestras, n	3	3
Media, u	32.24	35.06
Varianza, σ ²	0.08	0.33

2.- HIPÓTESIS : **u1:** fc Media del grupo 1.
u2: fc Media del grupo 2.

a.- HIPÓTESIS NULA : **Ho:** u1 ≥ u2 Se Rechaza si: {Z_o < -Z}

La incorporación de fibras de polipropileno en 1.2 kg/m³, **NO INCREMENTA** la resistencia a la flexión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 28 días de edad).

b.- HIPÓTESIS ALTERNATIVA : **Ha:** u1 < u2 Ha Unilateral con Cola a la Izquierda

La incorporación de fibras de polipropileno en 1.2 kg/m³ **INCREMENTA** la resistencia a la flexión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 28 días de edad).

3.- NIVEL DE SIGNIFICANCIA : $\alpha = 0.05$ $Z = 1.645$

4.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA : El Estadístico de Prueba usado en la Prueba de Hipótesis de dos poblaciones con Medias y Varianzas conocidas se denota por:

$$Z_0 = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$$

Donde:
 - **Z₀**: Estadístico de prueba.
 - **u₁, u₂**: Resistencia promedio de los grupos.
 - **σ₁, σ₂**: Desviación estándar de los grupos.
 - **n₁, n₂**: Cantidad especímenes de los grupos.

Prueba Z : Z _o	-7.57
---------------------------	-------

5.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA : Se tiene que para un Nivel de Significancia de 0.05 y Nivel Confiabilidad del 95%, corresponde un valor de Z=1.645.
Rechazar Ho si: Z_o < -1.645

6.- CONCLUSIÓN : **Se Rechaza: Ho** Se acepta Ha: u1 < u2

Puesto que la expresión: {Z_o < -Z} ó {-7.57 < -1.645} es **VERDADERA** entonces **SE RECHAZA Ho: u1 ≥ u2**; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyéndose así que: La incorporación de fibras de polipropileno en 1.2 kg/m³, **INCREMENTA** la resistencia a la flexión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 28 días de edad).

Figura 4. 72 Prueba de Hipótesis: CN – CP(1.2), a los 28 días.

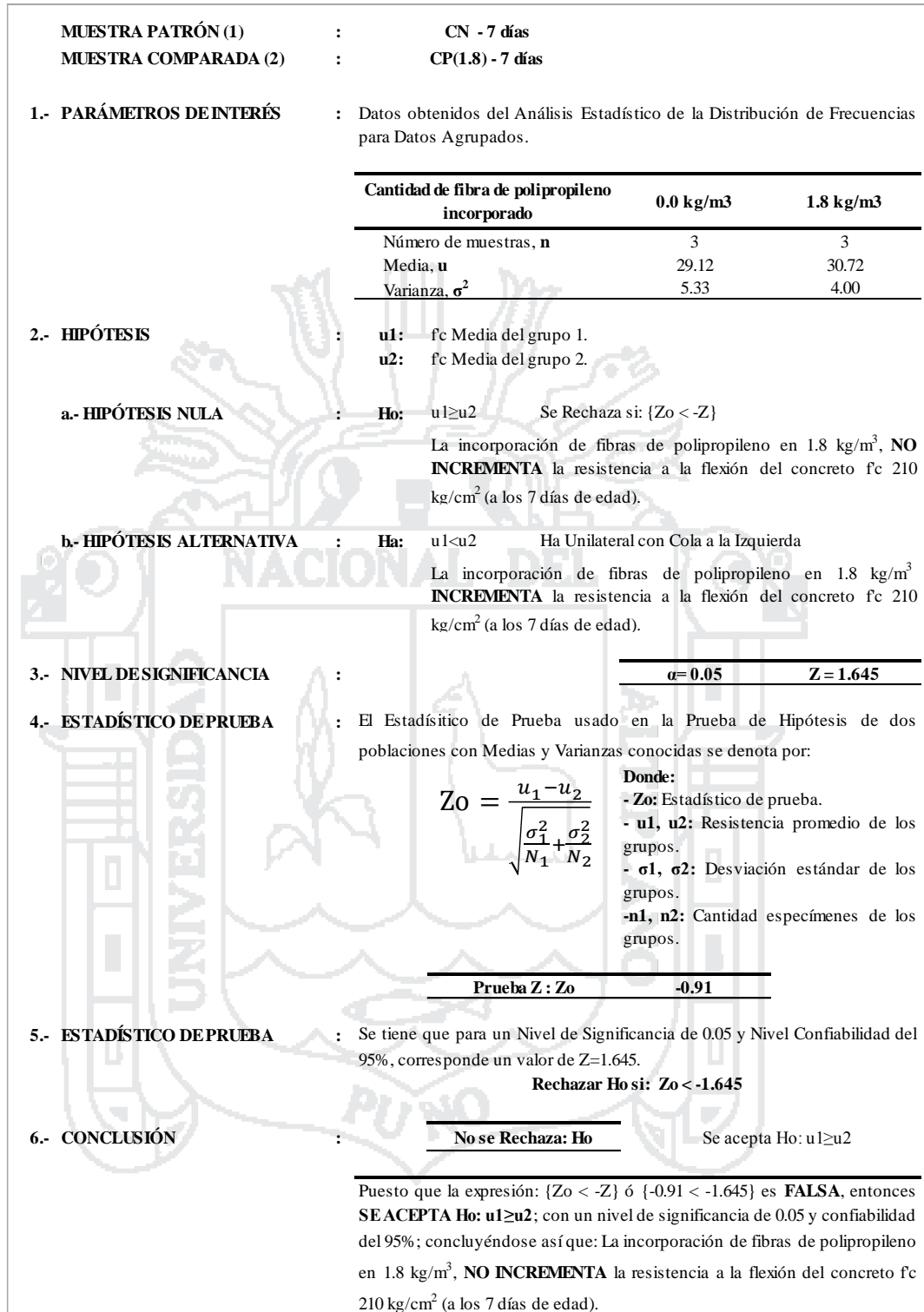


Figura 4. 73 Prueba de Hipótesis: CN – CP(1.8), a los 7 días.

MUESTRA PATRÓN (1)	:	CN - 14 días												
MUESTRA COMPARADA (2)	:	CP(1.8) - 14 días												
1.- PARÁMETROS DE INTERÉS	:	Datos obtenidos del Análisis Estadístico de la Distribución de Frecuencias para Datos Agrupados.												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cantidad de fibra de polipropileno incorporado</th> <th>0.0 kg/m³</th> <th>1.8 kg/m³</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Número de muestras, n</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Media, u</td> <td>30.57</td> <td>31.53</td> </tr> <tr> <td>Varianza, σ^2</td> <td>1.33</td> <td>1.33</td> </tr> </tbody> </table>			Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	1.8 kg/m ³	Número de muestras, n	3	3	Media, u	30.57	31.53	Varianza, σ^2	1.33	1.33
Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	1.8 kg/m ³												
Número de muestras, n	3	3												
Media, u	30.57	31.53												
Varianza, σ^2	1.33	1.33												
2.- HIPÓTESIS	:	<p>u1: fc Media del grupo 1.</p> <p>u2: fc Media del grupo 2.</p>												
a.- HIPÓTESIS NULA	:	<p>Ho: $u_1 \geq u_2$ Se Rechaza si: $\{Z_o < -Z\}$</p> <p>La incorporación de fibras de polipropileno en 1.8 kg/m³, NO INCREMENTA la resistencia a la flexión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 14 días de edad).</p>												
b.- HIPÓTESIS ALTERNATIVA	:	<p>Ha: $u_1 < u_2$ Ha Unilateral con Cola a la Izquierda</p> <p>La incorporación de fibras de polipropileno en 1.8 kg/m³, INCREMENTA la resistencia a la flexión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 14 días de edad).</p>												
3.- NIVEL DE SIGNIFICANCIA	:	<table border="1"> <tr> <td>$\alpha = 0.05$</td> <td>$Z = 1.645$</td> </tr> </table>	$\alpha = 0.05$	$Z = 1.645$										
$\alpha = 0.05$	$Z = 1.645$													
4.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA	:	<p>El Estadístico de Prueba usado en la Prueba de Hipótesis de dos poblaciones con Medias y Varianzas conocidas se denota por:</p> $Z_o = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zo: Estadístico de prueba. - u1, u2: Resistencia promedio de los grupos. - σ_1, σ_2: Desviación estándar de los grupos. - n1, n2: Cantidad especímenes de los grupos. 												
<table border="1"> <tr> <td>Prueba Z : Zo</td> <td>-1.01</td> </tr> </table>			Prueba Z : Zo	-1.01										
Prueba Z : Zo	-1.01													
5.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA	:	<p>Se tiene que para un Nivel de Significancia de 0.05 y Nivel Confiabilidad del 95%, corresponde un valor de $Z=1.645$.</p> <p style="text-align: center;">Rechazar Ho si: Zo < -1.645</p>												
6.- CONCLUSIÓN	:	<p style="text-align: center;">No se Rechaza: Ho</p> <p style="text-align: right;">Se acepta Ho: $u_1 \geq u_2$</p> <p>Puesto que la expresión: $\{Z_o < -Z\}$ ó $\{-1.01 < -1.645\}$ es FALSA, entonces SE ACEPTA Ho: $u_1 \geq u_2$; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyéndose así que: La incorporación de fibras de polipropileno en 1.8 kg/m³, NO INCREMENTA la resistencia a la flexión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 14 días de edad).</p>												

Figura 4. 74 Prueba de Hipótesis: CN – CP(1.8), a los 14 días.

MUESTRA PATRÓN (1)	:	CN - 28 días												
MUESTRA COMPARADA (2)	:	CP(1.8) - 28 días												
1.- PARÁMETROS DE INTERÉS	:	Datos obtenidos del Análisis Estadístico de la Distribución de Frecuencias para Datos Agrupados.												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cantidad de fibra de polipropileno incorporado</th> <th>0.0 kg/m³</th> <th>1.8 kg/m³</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Número de muestras, n</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Media, u</td> <td>32.24</td> <td>37.64</td> </tr> <tr> <td>Varianza, σ²</td> <td>0.08</td> <td>1.33</td> </tr> </tbody> </table>			Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	1.8 kg/m ³	Número de muestras, n	3	3	Media, u	32.24	37.64	Varianza, σ ²	0.08	1.33
Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	1.8 kg/m ³												
Número de muestras, n	3	3												
Media, u	32.24	37.64												
Varianza, σ ²	0.08	1.33												
2.- HIPÓTESIS	:	<p>u1: fc Media del grupo 1.</p> <p>u2: fc Media del grupo 2.</p>												
a.- HIPÓTESIS NULA	:	<p>Ho: u1 ≥ u2 Se Rechaza si: {Z_o < -Z}</p> <p>La incorporación de fibras de polipropileno en 1.8 kg/m³, NO INCREMENTA la resistencia a la flexión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 28 días de edad).</p>												
b.- HIPÓTESIS ALTERNATIVA	:	<p>Ha: u1 < u2 Ha Unilateral con Cola a la Izquierda</p> <p>La incorporación de fibras de polipropileno en 1.8 kg/m³, INCREMENTA la resistencia a la flexión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 28 días de edad).</p>												
3.- NIVEL DE SIGNIFICANCIA	:	<table border="1"> <tr> <td>α = 0.05</td> <td>Z = 1.645</td> </tr> </table>	α = 0.05	Z = 1.645										
α = 0.05	Z = 1.645													
4.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA	:	<p>El Estadístico de Prueba usado en la Prueba de Hipótesis de dos poblaciones con Medias y Varianzas conocidas se denota por:</p> $Z_0 = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Z₀: Estadístico de prueba. - u₁, u₂: Resistencia promedio de los grupos. - σ₁, σ₂: Desviación estándar de los grupos. - n₁, n₂: Cantidad especímenes de los grupos. 												
<table border="1"> <tr> <td>Prueba Z : Z_o</td> <td>-7.85</td> </tr> </table>			Prueba Z : Z _o	-7.85										
Prueba Z : Z _o	-7.85													
5.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA	:	<p>Se tiene que para un Nivel de Significancia de 0.05 y Nivel Confiabilidad del 95%, corresponde un valor de Z=1.645.</p> <p style="text-align: center;">Rechazar Ho si: Z_o < -1.645</p>												
6.- CONCLUSIÓN	:	<table border="1"> <tr> <td>Se Rechaza: Ho</td> <td>Se acepta Ha: u1 < u2</td> </tr> </table>	Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: u1 < u2										
Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: u1 < u2													
<p>Puesto que la expresión: {Z_o < -Z} ó {-7.85 < -1.645} es VERDADERA entonces SE RECHAZA Ho: u1 ≥ u2; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyéndose así que: La incorporación de fibras de polipropileno en 1.8 kg/m³, INCREMENTA la resistencia a la flexión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 28 días de edad).</p>														

Figura 4. 75 Prueba de Hipótesis: CN – CP(1.8), a los 28 días.

MUESTRA PATRÓN (1) : CN - 7 días
 MUESTRA COMPARADA (2) : CP(2.4) - 7 días

1.- PARÁMETROS DE INTERÉS : Datos obtenidos del Análisis Estadístico de la Distribución de Frecuencias para Datos Agrupados.

Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	2.4 kg/m ³
Número de muestras, n	3	3
Media, u	29.12	29.19
Varianza, σ ²	5.33	0.08

2.- HIPÓTESIS : **u1:** f_c Media del grupo 1.
u2: f_c Media del grupo 2.

a.- HIPÓTESIS NULA : **Ho:** u₁ ≥ u₂ Se Rechaza si: {Z_o < -Z}

La incorporación de fibras de polipropileno en 2.4 kg/m³, **NO INCREMENTA** la resistencia a la flexión del concreto f_c 210 kg/cm² (a los 7 días de edad).

b.- HIPÓTESIS ALTERNATIVA : **Ha:** u₁ < u₂ Ha Unilateral con Cola a la Izquierda

La incorporación de fibras de polipropileno en 2.4 kg/m³, **INCREMENTA** la resistencia a la flexión del concreto f_c 210 kg/cm² (a los 7 días de edad).

3.- NIVEL DE SIGNIFICANCIA : **α = 0.05** **Z = 1.645**

4.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA : El Estadístico de Prueba usado en la Prueba de Hipótesis de dos poblaciones con Medias y Varianzas conocidas se denota por:

$$Z_o = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$$

Donde:
 - **Z_o**: Estadístico de prueba.
 - **u₁, u₂**: Resistencia promedio de los grupos.
 - **σ₁, σ₂**: Desviación estándar de los grupos.
 - **n₁, n₂**: Cantidad especímenes de los grupos.

Prueba Z : Z _o	-0.05
---------------------------	-------

5.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA : Se tiene que para un Nivel de Significancia de 0.05 y Nivel Confiabilidad del 95%, corresponde un valor de Z=1.645.
Rechazar Ho si: Z_o < -1.645

6.- CONCLUSIÓN : **No se Rechaza: Ho** Se acepta Ho: u₁ ≥ u₂

Puesto que la expresión: {Z_o < -Z} ó {-0.05 < -1.645} es **FALSA**, entonces **SE ACEPTA Ho: u₁ ≥ u₂**; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyéndose así que: La incorporación de fibras de polipropileno en 2.4 kg/m³, **NO INCREMENTA** la resistencia a la flexión del concreto f_c 210 kg/cm² (a los 7 días de edad).

Figura 4. 76 Prueba de Hipótesis: CN – CP(2.4), a los 7 días.

MUESTRA PATRÓN (1) : CN - 14 días
 MUESTRA COMPARADA (2) : CP(2.4) - 14 días

1.- PARÁMETROS DE INTERÉS : Datos obtenidos del Análisis Estadístico de la Distribución de Frecuencias para Datos Agrupados.

Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	2.4 kg/m ³
Número de muestras, n	3	3
Media, u	30.57	32.37
Varianza, σ ²	1.33	1.33

2.- HIPÓTESIS : **u1:** fc Media del grupo 1.
u2: fc Media del grupo 2.

a.- HIPÓTESIS NULA : **Ho:** u1 ≥ u2 Se Rechaza si: {Z_o < -Z}

La incorporación de fibras de polipropileno en 2.4 kg/m³, **NO INCREMENTA** la resistencia a la flexión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 14 días de edad).

b.- HIPÓTESIS ALTERNATIVA : **Ha:** u1 < u2 Ha Unilateral con Cola a la Izquierda

La incorporación de fibras de polipropileno en 2.4 kg/m³, **INCREMENTA** la resistencia a la flexión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 14 días de edad).

3.- NIVEL DE SIGNIFICANCIA : $\alpha = 0.05$ $Z = 1.645$

4.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA : El Estadístico de Prueba usado en la Prueba de Hipótesis de dos poblaciones con Medias y Varianzas conocidas se denota por:

$$Z_O = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$$

Donde:
 - **Z_o**: Estadístico de prueba.
 - **u₁, u₂**: Resistencia promedio de los grupos.
 - **σ₁, σ₂**: Desviación estándar de los grupos.
 - **n₁, n₂**: Cantidad especímenes de los grupos.

Prueba Z : Z _o	-1.90
---------------------------	-------

5.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA : Se tiene que para un Nivel de Significancia de 0.05 y Nivel Confiabilidad del 95%, corresponde un valor de Z=1.645.
Rechazar Ho si: Z_o < -1.645

6.- CONCLUSIÓN : **Se Rechaza: Ho** Se acepta Ha: u1 < u2

Puesto que la expresión: {Z_o < -Z} ó {-1.90 < -1.645} es **VERDADERA** entonces **SE RECHAZA Ho: u1 ≥ u2**; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyéndose así que: La incorporación de fibras de polipropileno en 2.4 kg/m³, **INCREMENTA** la resistencia a la flexión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 14 días de edad).

Figura 4. 77 Prueba de Hipótesis: CN – CP(2.4), a los 14 días.

MUESTRA PATRÓN (1)	:	CN - 28 días												
MUESTRA COMPARADA (2)	:	CP(2.4) - 28 días												
1.- PARÁMETROS DE INTERÉS	:	Datos obtenidos del Análisis Estadístico de la Distribución de Frecuencias para Datos Agrupados.												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cantidad de fibra de polipropileno incorporado</th> <th>0.0 kg/m³</th> <th>2.4 kg/m³</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Número de muestras, n</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Media, u</td> <td>32.24</td> <td>35.61</td> </tr> <tr> <td>Varianza, σ²</td> <td>0.08</td> <td>0.33</td> </tr> </tbody> </table>			Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	2.4 kg/m ³	Número de muestras, n	3	3	Media, u	32.24	35.61	Varianza, σ ²	0.08	0.33
Cantidad de fibra de polipropileno incorporado	0.0 kg/m ³	2.4 kg/m ³												
Número de muestras, n	3	3												
Media, u	32.24	35.61												
Varianza, σ ²	0.08	0.33												
2.- HIPÓTESIS	:	<p>u1: fc Media del grupo 1.</p> <p>u2: fc Media del grupo 2.</p>												
a.- HIPÓTESIS NULA	:	<p>Ho: u1 ≥ u2 Se Rechaza si: {Z_o < -Z}</p> <p>La incorporación de fibras de polipropileno en 2.4 kg/m³, NO INCREMENTA la resistencia a la flexión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 28 días de edad).</p>												
b.- HIPÓTESIS ALTERNATIVA	:	<p>Ha: u1 < u2 Ha Unilateral con Cola a la Izquierda</p> <p>La incorporación de fibras de polipropileno en 2.4 kg/m³, INCREMENTA la resistencia a la flexión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 28 días de edad).</p>												
3.- NIVEL DE SIGNIFICANCIA	:	<table border="1"> <tr> <td>α = 0.05</td> <td>Z = 1.645</td> </tr> </table>	α = 0.05	Z = 1.645										
α = 0.05	Z = 1.645													
4.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA	:	<p>El Estadístico de Prueba usado en la Prueba de Hipótesis de dos poblaciones con Medias y Varianzas conocidas se denota por:</p> $Z_0 = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Z₀: Estadístico de prueba. - u₁, u₂: Resistencia promedio de los grupos. - σ₁, σ₂: Desviación estándar de los grupos. - n₁, n₂: Cantidad especímenes de los grupos. 												
<table border="1"> <tr> <td>Prueba Z : Z_o</td> <td>-9.02</td> </tr> </table>			Prueba Z : Z_o	-9.02										
Prueba Z : Z_o	-9.02													
5.- ESTADÍSTICO DE PRUEBA	:	<p>Se tiene que para un Nivel de Significancia de 0.05 y Nivel Confiabilidad del 95%, corresponde un valor de Z=1.645.</p> <p style="text-align: center;">Rechazar Ho si: Z_o < -1.645</p>												
6.- CONCLUSIÓN	:	<table border="1"> <tr> <td>Se Rechaza: Ho</td> <td>Se acepta Ha: u1 < u2</td> </tr> </table>	Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: u1 < u2										
Se Rechaza: Ho	Se acepta Ha: u1 < u2													
<p>Puesto que la expresión: {Z_o < -Z} ó {-9.02 < -1.645} es VERDADERA entonces SE RECHAZA Ho: u1 ≥ u2; con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%; concluyéndose así que: La incorporación de fibras de polipropileno en 2.4 kg/m³, INCREMENTA la resistencia a la flexión del concreto fc 210 kg/cm² (a los 28 días de edad).</p>														

Figura 4. 78 Prueba de Hipótesis: CN – CP(2.4), a los 28 días.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

5.1 Conclusión General

La incorporación de fibra de polipropileno (19 mm) en el diseño de mezcla del concreto $f'c$ 210 kg/cm² en la ciudad de Puno, mejora parcialmente las propiedades del mismo, específicamente su resistencia a la flexión (Módulo de ruptura). Se ha determinado que la adición de dichas fibras en todos los contenidos previstos, incrementan la resistencia a la flexión del concreto. Con respecto a las otras propiedades estudiadas, tales como la resistencia a la compresión y trabajabilidad; se ha determinado que la adición de fibras de polipropileno presenta una tendencia a la reducción de los mismos, según el porcentaje de adición de las fibras. Y finalmente con respecto al costo unitario de materiales para la elaboración de concreto de los grupos de control, se concluye que éstos se incrementan considerablemente conforme aumenta la cantidad de fibra considerada.

5.2 Conclusiones Específicas

Con referencia a la resistencia a la compresión, según los resultados obtenidos y analizados en la presente investigación, se concluye que la incorporación de fibras de polipropileno (de 19 mm.) en el concreto $f'c$ 210 kg/cm² reduce considerablemente la resistencia a la compresión en él (desde un 5.47% hasta un 12.27%, según la cantidad de fibra), y por ende NO MEJORA su resistencia a la compresión, rechazándose por completo la primera hipótesis específica planteada.

Con referencia a la resistencia a la flexión, y según los resultados obtenidos y analizados en la presente investigación, se concluye que la incorporación de fibras de polipropileno (de 19 mm.) en el concreto $f'c$ 210kg/cm² incrementa considerablemente el módulo de ruptura en él (desde un 5.12% hasta un 16.75%, según la cantidad de fibra), y por ende MEJORA su resistencia a la flexión, aceptándose por completo la segunda hipótesis específica planteada.

Con respecto a la trabajabilidad, según los resultados obtenidos y analizados en la presente investigación, se concluye que la incorporación de fibras de polipropileno (de 19 mm.) en el concreto $f'c$ 210kg/cm² reduce considerablemente su asentamiento (desde un 25.07% hasta un 82.29%, según la cantidad de fibra), y por ende NO MEJORA su trabajabilidad, rechazándose por completo la tercera hipótesis específica planteada.

Respecto al costo unitario de materiales, según los resultados obtenidos y analizados en la presente investigación, se concluye que la incorporación de fibras de polipropileno (de 19 mm.) en el concreto $f'c$ 210kg/cm² incrementa considerablemente el costo unitario de materiales (desde un 10.88% hasta un 43.50%, según la cantidad de fibra).

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

Para un adecuado proceso de mezclado del concreto con fibra de polipropileno incorporada, se recomienda la siguiente secuencia: Vaciado en la mezcladora parte del agua de diseño, seguido del agregado grueso y fino, luego el cemento para finalmente añadir las fibras de polipropileno y el agua restante. Añadiendo 3 a 4 minutos al tiempo de mezclado, para así obtener una mejor distribución de la fibra en la mezcla.

En la elaboración de testigos de concreto (prismas) con fibra, se recomienda distribuir la energía de compactación (2 golpes por pulgada cuadrada) en 2 capas, con el fin de evitar fallas locales en las caras de la probeta al momento de su rotura.

En el proceso de vaciado de especímenes para la determinación del cambio de longitud en el concreto sometido a soluciones de sulfato, se recomienda que los moldes permitan la incorporación de fijadores, como se planteó en el capítulo III: Métodos y materiales.

En el proceso del ensayo para la determinación de la resistencia a la flexión del concreto (Módulo de ruptura), se recomienda que la velocidad de aplicación de carga sea la más baja, puesto que los valores de carga que se obtendrán son bajos.

Conforme a los resultados obtenidos y validados, se recomienda la utilización de fibra de polipropileno de 19 mm. en el concreto $f'c$ 210 kg/cm² para elementos con mayor sollicitación de resistencia a la flexión, tal podría ser el caso de diseño de pavimentos rígidos en la ciudad de Puno.

A partir de las conclusiones de la presente investigación, se recomienda estudiar el empleo de otros materiales añadidos en el diseño de mezcla del concreto con adición de

fibra de polipropileno. Como aditivos plastificantes u otros elementos que mejoren la trabajabilidad del concreto, puesto que la consistencia del concreto tiende a disminuir considerablemente conforme la cantidad de fibra incrementa.



CAPÍTULO VII

REFERENCIAS

TESIS

Barros, V. & Ramirez, H. (2012). *Diseño De Hormigones Con Fibras De Polipropileno Para Resistencias A La Compresión De 21 Y 28 Mpa Con Agregados De La Cantera De Pifo. Ecuador (tesis de grado)*. Universidad Central Del Ecuador, Quito, Ecuador.

Dávila, M. (2010). *Efecto De La Adición De Fibras Sintéticas Sobre Las Propiedades Plásticas Y Mecánicas Del Concreto*. Universidad Nacional Autónoma De México, Ciudad de México, México.

López, J. & Mendoza, C. (2015). *Análisis De Las Propiedades Del Concreto Reforzado Con Fibras Cortas De Acero Y Macrofibras De Polipropileno: Influencia Del Tipo Y Consumo De Fibra Adicionado (Tesis de Grado)*. Universidad Nacional Autónoma De México, Ciudad de México, México.

Millán, M. (2013). *Comportamiento Del Hormigón Reforzado Con Fibras De Polipropileno Y Su Influencia En Sus Propiedades Mecánicas En El Cantón Ambato, Provincia De Tungurahua. Ecuador (tesis de grado)*. Universidad Técnica De Ambato, Ambato, Ecuador.

Montes de Oca, A. & Quiñonez, V. (2011). *Incidencia del Poliestireno Expandido y la Fibra de Polipropileno en la Resistencia a la Compresión del Concreto para un Diseño de Mezcla con $f'c$ de 250 kg/cm² (Tesis de Grado)*. Universidad Nueva Esparta Caracas, Caracas, Venezuela.

LIBROS

Abanto, F. (1995). *Tecnología del concreto*. Lima, Perú: Universidad Mayor de San Marcos.

Hernandez, R. & Fernandez, C. & Baptista, P. (2006). *Metodología de la Investigación*. Ciudad de México, México: McGraw-Hill Interamericana.

Kosmatka, S. & Kerkhoff, B. & William C. & Tanesi, J. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Illinois, Estados Unidos: Portland Cement Association.

NORMAS Y REPORTE

ASTM C 31/ C 31M. (2003). *Práctica Estándar Para Fabricación Y Curado De Especímenes De Concreto*. Estados Unidos: American Society for Testing and Materials Internacional.

ASTM C39/C39M. (2014). *Método De Prueba Estándar Para Resistencia A La Compresión De Los Especímenes Cilíndricos De Concreto*. Estados Unidos: American Society for Testing and Materials Internacional.

ASTM C 293-02. (2002). *Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam With Center-Point Loading)*. Estados Unidos: American Society for Testing and Materials Internacional.

ASTM C 1012-04. (2004). *Standard Test Method for Length Change of Hydraulic-Cement Mortars Exposed to a Sulfate Solution*. Estados Unidos: American Society for Testing and Materials Internacional.

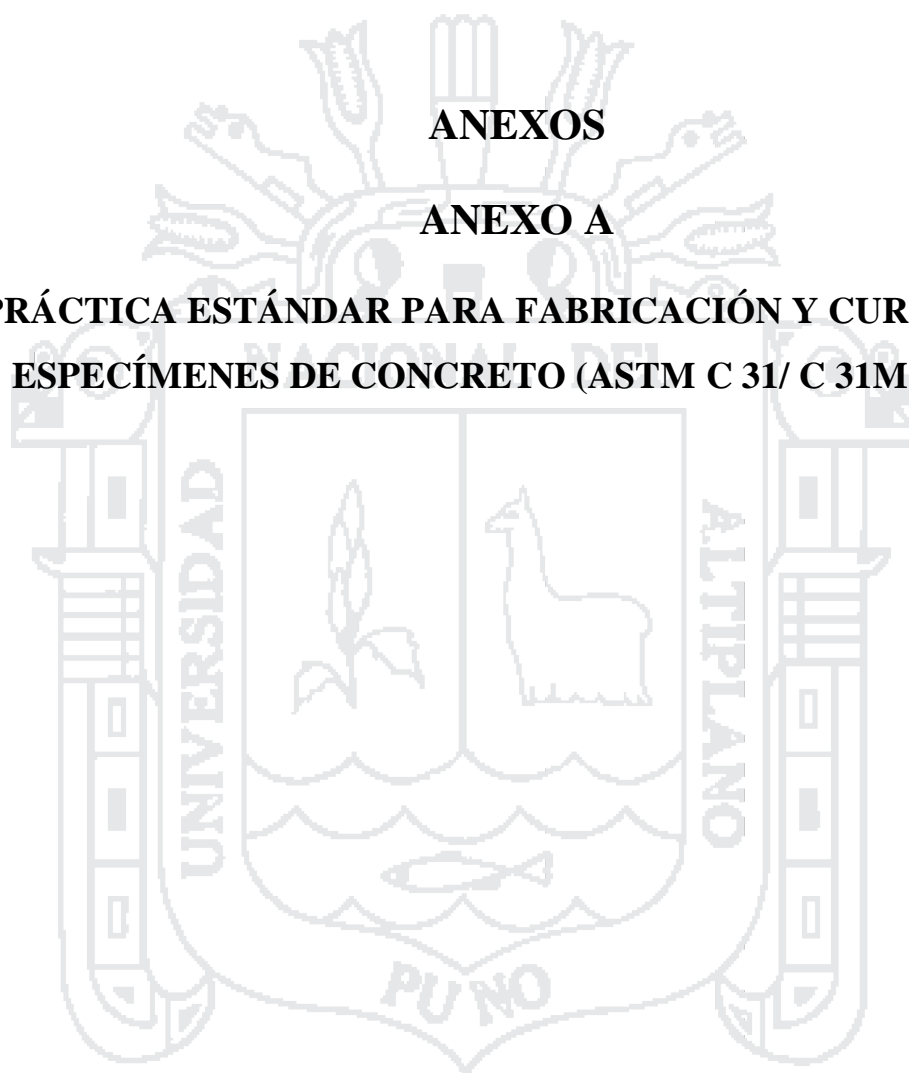
NTP_400.012. (2002). *Análisis granulométrico del agregado fino y grueso global*. Lima, Perú: Norma Técnica Peruana.

NTP_400.021. (2002). *Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción de agregado grueso*. Lima, Perú: Norma Técnica Peruana.

ANEXOS

ANEXO A

**PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA FABRICACIÓN Y CURADO DE
ESPECÍMENES DE CONCRETO (ASTM C 31/ C 31M – 03A)**





Designation: C 31/C 31M – 03a

Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field¹

This standard is issued under the fixed designation C 31/C 31M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reappraisal. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reappraisal.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope

1.1 This practice covers procedures for making and curing cylinder and beam specimens from representative samples of fresh concrete for a construction project.

1.2 The concrete used to make the molded specimens shall be sampled after all on-site adjustments have been made to the mixture proportions, including the addition of mix water and admixtures. This practice is not satisfactory for making specimens from concrete not having measurable slump or requiring other sizes or shapes of specimens.

1.3 The values stated in either inch-pound units or SI units shall be regarded separately as standard. The SI units are shown in brackets. The values stated may not be exact equivalents; therefore each system must be used independently of the other. Combining values from the two units may result in nonconformance.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

1.5 The text of this standard references notes which provide explanatory material. These notes shall not be considered as requirements of the standard.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- C 125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates²
- C 138/C 138M Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete²
- C 143/C 143M Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete²
- C 172 Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete²
- C 173/C 173M Test Method for Air Content of Freshly

Mixed Concrete by the Volumetric Method²

- C 192/C 192M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory²
 - C 231 Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method²
 - C 330 Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete²
 - C 403/C 403M Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance²
 - C 470/C 470M Specification for Molds for Forming Concrete Test Cylinders Vertically²
 - C 511 Specification for Moist Cabinets, Moist Rooms, and Water Storage Tanks Used in the Testing of Hydraulic Cements and Concretes³
 - C 617 Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens²
 - C 1064/C 1064M Test Method for Temperature of Freshly Mixed Portland Cement Concrete²
- 2.2 *American Concrete Institute Publication:*⁴
- CP-1 Concrete Field Testing Technician, Grade I
 - 309R Guide for Consolidation of Concrete

3. Terminology

3.1 For definitions of terms used in this practice, refer to Terminology C 125.

4. Significance and Use

4.1 This practice provides standardized requirements for making, curing, protecting, and transporting concrete test specimens under field conditions.

4.2 If the specimens are made and standard cured, as stipulated herein, the resulting strength test data when the specimens are tested are able to be used for the following purposes:

- 4.2.1 Acceptance testing for specified strength,
- 4.2.2 Checking adequacy of mixture proportions for strength, and

¹ This practice is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.61 on Testing for Strength.

Current edition approved Feb. 10, 2003. Published April 2003. Originally approved in 1920. Last previous edition approved in 2003 as C 31/C 31M-03.

² *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.02.

³ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.01.

⁴ Available from American Concrete Institute, P.O. Box 9094, Farmington Hills, MI 48333-9094.

C 31/C 31M – 03a

4.2.3 Quality control.

4.3 If the specimens are made and field cured, as stipulated herein, the resulting strength test data when the specimens are tested are able to be used for the following purposes:

4.3.1 Determination of whether a structure is capable of being put in service,

4.3.2 Comparison with test results of standard cured specimens or with test results from various in-place test methods,

4.3.3 Adequacy of curing and protection of concrete in the structure, or

4.3.4 Form or shoring removal time requirements.

5. Apparatus

5.1 *Molds, General*—Molds for specimens or fastenings thereto in contact with the concrete shall be made of steel, cast iron, or other nonabsorbent material, nonreactive with concrete containing portland or other hydraulic cements. Molds shall hold their dimensions and shape under all conditions of use. Molds shall be watertight during use as judged by their ability to hold water poured into them. Provisions for tests of water leakage are given in the Test Methods for Elongation, Absorption, and Water Leakage section of Specification C 470/C 470M. A suitable sealant, such as heavy grease, modeling clay, or microcrystalline wax shall be used where necessary to prevent leakage through the joints. Positive means shall be provided to hold base plates firmly to the molds. Reusable molds shall be lightly coated with mineral oil or a suitable nonreactive form release material before use.

5.2 *Cylinder Molds*—Molds for casting concrete test specimens shall conform to the requirements of Specification C 470/C 470M.

5.3 *Beam Molds*—Beam molds shall be of the shape and dimensions required to produce the specimens stipulated in 6.2. The inside surfaces of the molds shall be smooth. The sides, bottom, and ends shall be at right angles to each other and shall be straight and true and free of warpage. Maximum variation from the nominal cross section shall not exceed 1/8 in. [3 mm] for molds with depth or breadth of 6 in. [150 mm] or more. Molds shall produce specimens at least as long but not more than 1/16 in. [2 mm] shorter than the required length in 6.2.

5.4 *Tamping Rod*—A round, straight steel rod with the dimensions conforming to those in Table 1, having the tamping end or both ends rounded to a hemispherical tip of the same diameter as the rod.

5.5 *Vibrators*—Internal vibrators shall be used. The vibrator frequency shall be at least 7000 vibrations per minute [150 Hz] while the vibrator is operating in the concrete. The diameter of a round vibrator shall be no more than one-fourth the diameter of the cylinder mold or one-fourth the width of the beam mold. Other shaped vibrators shall have a perimeter equivalent to the

circumference of an appropriate round vibrator. The combined length of the vibrator shaft and vibrating element shall exceed the depth of the section being vibrated by at least 3 in. [75 mm]. The vibrator frequency shall be checked periodically.

NOTE 1—For information on size and frequency of various vibrators and a method to periodically check vibrator frequency see ACI 309.

5.6 *Mallet*—A mallet with a rubber or rawhide head weighing 1.25 ± 0.50 lb [0.6 ± 0.2 kg] shall be used.

5.7 *Small Tools*—Shovels, hand-held floats, scoops, and a vibrating-reed tachometer shall be provided.

5.8 *Slump Apparatus*—The apparatus for measurement of slump shall conform to the requirements of Test Method C 143/C 143M.

5.9 *Sampling Receptacle*—The receptacle shall be a suitable heavy gage metal pan, wheelbarrow, or flat, clean nonabsorbent board of sufficient capacity to allow easy remixing of the entire sample with a shovel or trowel.

5.10 *Air Content Apparatus*—The apparatus for measuring air content shall conform to the requirements of Test Methods C 173/C 173M or C 231.

5.11 *Temperature Measuring Devices*—The temperature measuring devices shall conform to the applicable requirements of Test Method C 1064/C 1064M.

6. Testing Requirements

6.1 *Cylindrical Specimens*—Compressive or splitting tensile strength specimens shall be cylinders cast and allowed to set in an upright position. The length shall be twice the diameter. The cylinder diameter shall be at least 3 times the nominal maximum size of the coarse aggregate. When the nominal maximum size of the coarse aggregate exceeds 2 in. [50 mm], the concrete sample shall be treated by wet sieving through a 2-in. [50-mm] sieve as described in Practice C 172. For acceptance testing for specified compressive strength, cylinders shall be 6 by 12 in. [150 by 300 mm] or when specified 4 × 8 in. [100 × 200 mm] (Note 2).

NOTE 2—When molds in SI units are required and not available, equivalent inch-pound unit size mold should be permitted.

6.2 *Beam Specimens*—Flexural strength specimens shall be beams of concrete cast and hardened in the horizontal position. The length shall be at least 2 in. [50 mm] greater than three times the depth as tested. The ratio of width to depth as molded shall not exceed 1.5. The standard beam shall be 6 by 6 in. [150 by 150 mm] in cross section, and shall be used for concrete with nominal maximum size coarse aggregate up to 2 in. [50 mm]. When the nominal maximum size of the coarse aggregate exceeds 2 in. [50 mm], the smaller cross sectional dimension of the beam shall be at least three times the nominal maximum size of the coarse aggregate. Unless required by project specifications, beams made in the field shall not have a width or depth of less than 6 in. [150 mm].

6.3 *Field Technicians*—The field technicians making and curing specimens for acceptance testing shall be certified ACI Field Testing Technicians, Grade 1 or equivalent. Equivalent personnel certification programs shall include both written and performance examinations, as outlined in ACI CP-1.

TABLE 1 Tamping Rod Requirements

Diameter of Cylinder or Width of Beam in. [mm]	Rod Dimensions ^a	
	Diameter in. [mm]	Length of Rod in. [mm]
<6 [150]	3/8 [10]	12 [300]
6 [150]	5/8 [16]	20 [500]
9 [225]	5/8 [16]	26 [650]

^a Rod tolerances length ± 4 in. [100 mm] and diameter ± 1/16 in. [2 mm].

C 31/C 31M – 03a

7. Sampling Concrete

7.1 The samples used to fabricate test specimens under this standard shall be obtained in accordance with Practice C 172 unless an alternative procedure has been approved.

7.2 Record the identification of the sample with respect to the location of the concrete represented and the time of casting.

8. Slump, Air Content, and Temperature

8.1 *Slump*—Measure and record the slump of each batch of concrete from which specimens are made immediately after remixing in the receptacle, as required in Test Method C 143/C 143M.

8.2 *Air Content*— Determine and record the air content in accordance with either Test Method C 173/C 173M or Test Method C 231. The concrete used in performing the air content test shall not be used in fabricating test specimens.

8.3 *Temperature*— Determine and record the temperature in accordance with Test Method C 1064/C 1064M.

NOTE 3—Some specifications may require the measurement of the unit weight of concrete. The volume of concrete produced per batch may be desired on some projects. Also, additional information on the air content measurements may be desired. Test Method C 138/C 138M is used to measure the unit weight, yield, and gravimetric air content of freshly mixed concrete.

9. Molding Specimens

9.1 *Place of Molding*— Mold specimens promptly on a level, rigid surface, free of vibration and other disturbances, at a place as near as practicable to the location where they are to be stored.

9.2 *Casting Cylinders*—Select the proper tamping rod from 5.4 and Table 1 or the proper vibrator from 5.5. Determine the method of consolidation from Table 2, unless another method is specified. If the method of consolidation is rodding, determine molding requirements from Table 3. If the method of consolidation is vibration, determine molding requirements from Table 4. Select a small tool of a size and shape large enough so each amount of concrete obtained from the sampling receptacle will be representative and small enough so concrete is not lost when being placed in the mold. While placing the concrete in the mold, move the small tool around the perimeter of the mold opening to ensure an even distribution of the concrete and minimize segregation. Each layer of concrete shall be consolidated as required. In placing the final layer, add an amount of concrete that will fill the mold after consolidation.

9.3 *Casting Beams*— Select the proper tamping rod from 5.4 and Table 1 or proper vibrator from 5.5. Determine the method of consolidation from Table 2, unless another method is specified. If the method of consolidation is rodding, determine the molding requirements from Table 3. If the method of consolidation is vibration, determine the molding requirements from Table 4. Determine the number of roddings per layer, one

TABLE 2 Method of Consolidation Requirements

Slump in. (mm)	Method of Consolidation
≥ 1 [25]	rodding or vibration
< 1 [25]	vibration

TABLE 3 Molding Requirements by Rodding

Specimen Type and Size	Number of Layers of Approximately Equal Depth	Number of Roddings per Layer
Cylinders:		
Diameter, in. [mm]		
4 [100]	2	25
6 [150]	3	25
9 [225]	4	50
Beams:		
Width, in. [mm]		
6 [150] to 8 [200]	2	see 9.3
>8 [200]	3 or more equal depths, each not to exceed 6 in. [150 mm].	see 9.3

TABLE 4 Molding Requirements by Vibration

Specimen Type and Size	Number of Layers	Number of Vibrator Insertions per Layer	Approximate Depth of Layer, in. [mm]
Cylinders:			
Diameter, in. [mm]			
4 [100]	2	1	one-half depth of specimen
6 [150]	2	2	one-half depth of specimen
9 [225]	2	4	one-half depth of specimen
Beams:			
Width, in. [mm]			
6 [150] to 8 [200]	1	see 9.4.2	depth of specimen
over 8 [200]	2 or more	see 9.4.2	8 [200] as near as practicable

for each 2 in.² [14 cm²] of the top surface area of the beam. Select a small tool, of the size and shape large enough so each amount of concrete obtained from the sampling receptacle is representative and small enough so concrete is not lost when placed in the mold. Each layer shall be consolidated as required. In placing the final layer, add an amount of concrete that will fill the mold after consolidation. Place the concrete so that it is uniformly distributed within each layer with a minimum of segregation.

9.4 *Consolidation*— The methods of consolidation for this practice are rodding or internal vibration.

9.4.1 *Rodding*—Place the concrete in the mold, in the required number of layers of approximately equal volume. Rod each layer with the rounded end of the rod using the required number of roddings. Rod the bottom layer throughout its depth. Distribute the roddings uniformly over the cross section of the mold. For each upper layer, allow the rod to penetrate through the layer being rodded and into the layer below approximately 1 in. [25 mm]. After each layer is rodded, tap the outsides of the mold lightly 10 to 15 times with the mallet, to close any holes left by rodding and to release any large air bubbles that may have been trapped. Use an open hand to tap light-gage single-use cylinder molds which are susceptible to damage if tapped with a mallet. After tapping, spade each layer of the concrete along the sides and ends of beam molds with a trowel or other suitable tool. Underfilled molds shall be adjusted with representative concrete during consolidation of the top layer. Overfilled molds shall have excess concrete removed.

 C 31/C 31M – 03a

9.4.2 *Vibration*—Maintain a uniform duration of vibration for the particular kind of concrete, vibrator, and specimen mold involved. The duration of vibration required will depend upon the workability of the concrete and the effectiveness of the vibrator. Usually sufficient vibration has been applied as soon as the surface of the concrete has become relatively smooth and large air bubbles cease to break through the top surface. Continue vibration only long enough to achieve proper consolidation of the concrete (see Note 4). Fill the molds and vibrate in the required number of approximately equal layers. Place all the concrete for each layer in the mold before starting vibration of that layer. In compacting the specimen, insert the vibrator slowly and do not allow it to rest on the bottom or sides of the mold. Slowly withdraw the vibrator so that no large air pockets are left in the specimen. When placing the final layer, avoid overfilling by more than ¼ in. [6 mm].

NOTE 4—Generally, no more than 5 s of vibration should be required for each insertion to adequately consolidate concrete with a slump greater than 3 in. [75 mm]. Longer times may be required for lower slump concrete, but the vibration time should rarely have to exceed 10 s per insertion.

9.4.2.1 *Cylinders*—The number of insertions of the vibrator per layer is given in Table 4. When more than one insertion per layer is required distribute the insertion uniformly within each layer. Allow the vibrator to penetrate through the layer being vibrated, and into the layer below, approximately 1 in. [25 mm]. After each layer is vibrated, tap the outsides of the mold at least 10 times with the mallet, to close holes that remain and to release entrapped air voids. Use an open hand to tap cardboard and single-use metal molds that are susceptible to damage if tapped with a mallet.

9.4.2.2 *Beams*—Insert the vibrator at intervals not exceeding 6 in. [150 mm] along the center line of the long dimension of the specimen. For specimens wider than 6 in., use alternating insertions along two lines. Allow the shaft of the vibrator to penetrate into the bottom layer approximately 1 in. (25 mm). After each layer is vibrated, tap the outsides of the mold sharply at least 10 times with the mallet to close holes left by vibrating and to release entrapped air voids.

9.5 *Finishing*—After consolidation, strike off excess concrete from the surface and float or trowel as required. Perform all finishing with the minimum manipulation necessary to produce a flat even surface that is level with the rim or edge of the mold and that has no depressions or projections larger than ⅛ in. [3.3 mm].

9.5.1 *Cylinders*—After consolidation, finish the top surfaces by striking them off with the tamping rod where the consistency of the concrete permits or with a wood float or trowel. If desired, cap the top surface of freshly made cylinders with a thin layer of stiff portland cement paste which is permitted to harden and cure with the specimen. See section on Capping Materials of Practice C 617.

9.5.2 *Beams*—After consolidation of the concrete, use a hand-held float to strike off the top surface to the required tolerance to produce a flat, even surface.

9.6 *Identification*—Mark the specimens to positively identify them and the concrete they represent. Use a method that will not alter the top surface of the concrete. Do not mark the

removable caps. Upon removal of the molds, mark the test specimens to retain their identities.

10. Curing

10.1 *Standard Curing*—Standard curing is the curing method used when the specimens are made and cured for the purposes stated in 4.2.

10.1.1 *Storage*—If specimens cannot be molded at the place where they will receive initial curing, immediately after finishing move the specimens to an initial curing place for storage. The supporting surface on which specimens are stored shall be level to within ¼ in. per ft [20 mm per m]. If cylinders in the single use molds are moved, lift and support the cylinders from the bottom of the molds with a large trowel or similar device. If the top surface is marred during movement to place of initial storage, immediately refinish.

10.1.2 *Initial Curing*—Immediately after molding and finishing, the specimens shall be stored for a period up to 48 h in a temperature range from 60 and 80°F [16 and 27°C] and in an environment preventing moisture loss from the specimens. For concrete mixtures with a specified strength of 6000 psi [40 MPa] or greater, the initial curing temperature shall be between 68 and 78°F [20 and 26°C]. Various procedures are capable of being used during the initial curing period to maintain the specified moisture and temperature conditions. An appropriate procedure or combination of procedures shall be used (Note 5). Shield all specimens from the direct sunlight and, if used, radiant heating devices. The storage temperature shall be controlled by use of heating and cooling devices, as necessary. Record the temperature using a maximum-minimum thermometer. If cardboard molds are used, protect the outside surface of the molds from contact with wet burlap or other sources of water.

NOTE 5—A satisfactory moisture environment can be created during the initial curing of the specimens by one or more of the following procedures: (1) immediately immerse molded specimens with plastic lids in water saturated with calcium hydroxide, (2) store in properly constructed wooden boxes or structures, (3) place in damp sand pits, (4) cover with removable plastic lids, (5) place inside plastic bags, or (6) cover with plastic sheets or nonabsorbent plates if provisions are made to avoid drying and damp burlap is used inside the enclosure, but the burlap is prevented from contacting the concrete surfaces. A satisfactory temperature environment can be controlled during the initial curing of the specimens by one or more of the following procedures: (1) use of ventilation, (2) use of ice, (3) use of thermostatically controlled heating or cooling devices, or (4) use of heating methods such as stoves or light bulbs. Other suitable methods may be used provided the requirements limiting specimen storage temperature and moisture loss are met. For concrete mixtures with a specified strength of 6000 psi [40 MPa] or greater, heat generated during the early ages may raise the temperature above the required storage temperature. Immersion in water saturated with calcium hydroxide may be the easiest method to maintain the required storage temperature. When specimens are to be immersed in water saturated with calcium hydroxide, specimens in cardboard molds or other molds that expand when immersed in water should not be used. Early-age strength test results may be lower when stored at 60°F [16°C] and higher when stored at 80°F [27°C]. On the other hand, at later ages, test results may be lower for higher initial storage temperatures.

10.1.3 Final Curing:

10.1.3.1 *Cylinders*—Upon completion of initial curing and within 30 min after removing the molds, cure specimens with

 C 31/C 31M – 03a

free water maintained on their surfaces at all times at a temperature of $73 \pm 3^{\circ}\text{F}$ [$23 \pm 2^{\circ}\text{C}$] using water storage tanks or moist rooms complying with the requirements of Specification C 511, except when capping with sulfur mortar capping compound and immediately prior to testing. When capping with sulfur mortar capping compound, the ends of the cylinder shall be dry enough to preclude the formation of steam or foam pockets under or in cap larger than $\frac{1}{4}$ in. [6 mm] as described in Practice C 617. For a period not to exceed 3 h immediately prior to test, standard curing temperature is not required provided free moisture is maintained on the cylinders and ambient temperature is between 68 and 86°F [20 and 30°C].

10.1.3.2 *Beams*—Beams are to be cured the same as cylinders (see 10.1.3.1) except that they shall be stored in water saturated with calcium hydroxide at $73 \pm 3^{\circ}\text{F}$ [$23 \pm 2^{\circ}\text{C}$] at least 20 h prior to testing. Drying of the surfaces of the beam shall be prevented between removal from water storage and completion of testing.

NOTE 6—Relatively small amounts of surface drying of flexural specimens can induce tensile stresses in the extreme fibers that will markedly reduce the indicated flexural strength.

10.2 *Field Curing*—Field curing is the curing method used for the specimens made and cured as stated in 4.3.

10.2.1 *Cylinders*—Store cylinders in or on the structure as near to the point of deposit of the concrete represented as possible. Protect all surfaces of the cylinders from the elements in as near as possible the same way as the formed work. Provide the cylinders with the same temperature and moisture environment as the structural work. Test the specimens in the moisture condition resulting from the specified curing treatment. To meet these conditions, specimens made for the purpose of determining when a structure is capable of being put in service shall be removed from the molds at the time of removal of form work.

10.2.2 *Beams*—As nearly as practicable, cure beams in the same manner as the concrete in the structure. At the end of 48 ± 4 h after molding, take the molded specimens to the storage location and remove from the molds. Store specimens representing pavements of slabs on grade by placing them on the ground as molded, with their top surfaces up. Bank the sides and ends of the specimens with earth or sand that shall be kept damp, leaving the top surfaces exposed to the specified curing treatment. Store specimens representing structure concrete as near the point in the structure they represent as possible, and afford them the same temperature protection and

moisture environment as the structure. At the end of the curing period leave the specimens in place exposed to the weather in the same manner as the structure. Remove all beam specimens from field storage and store in water saturated with calcium hydroxide at $73 \pm 3^{\circ}\text{F}$ [$23 \pm 2^{\circ}\text{C}$] for 24 ± 4 h immediately before time of testing to ensure uniform moisture condition from specimen to specimen. Observe the precautions given in 10.1.3.2 to guard against drying between time of removal from curing to testing.

10.3 *Structural Lightweight Concrete Curing*—Cure structural lightweight concrete cylinders in accordance with Specification C 330.

11. Transportation of Specimens to Laboratory

11.1 Prior to transporting, cure and protect specimens as required in Section 10. Specimens shall not be transported until at least 8 h after final set. (See Note 7). During transporting, protect the specimens with suitable cushioning material to prevent damage from jarring. During cold weather, protect the specimens from freezing with suitable insulation material. Prevent moisture loss during transportation by wrapping the specimens in plastic, wet burlap, by surrounding them with wet sand, or tight fitting plastic caps on plastic molds. Transportation time shall not exceed 4 h.

NOTE 7—Setting time may be measured by Test Method C 403.

12. Report

12.1 Report the following information to the laboratory that will test the specimens:

- 12.1.1 Identification number,
- 12.1.2 Location of concrete represented by the samples,
- 12.1.3 Date, time and name of individual molding specimens,
- 12.1.4 Slump, air content, and concrete temperature, test results and results of any other tests on the fresh concrete and any deviations from referenced standard test methods, and
- 12.1.5 Curing method. For standard curing method, report the initial curing method with maximum and minimum temperatures and final curing method. For field curing method, report the location where stored, manner of protection from the elements, temperature and moisture environment, and time of removal from molds.

13. Keywords

13.1 beams; casting samples; concrete; curing; cylinders; testing

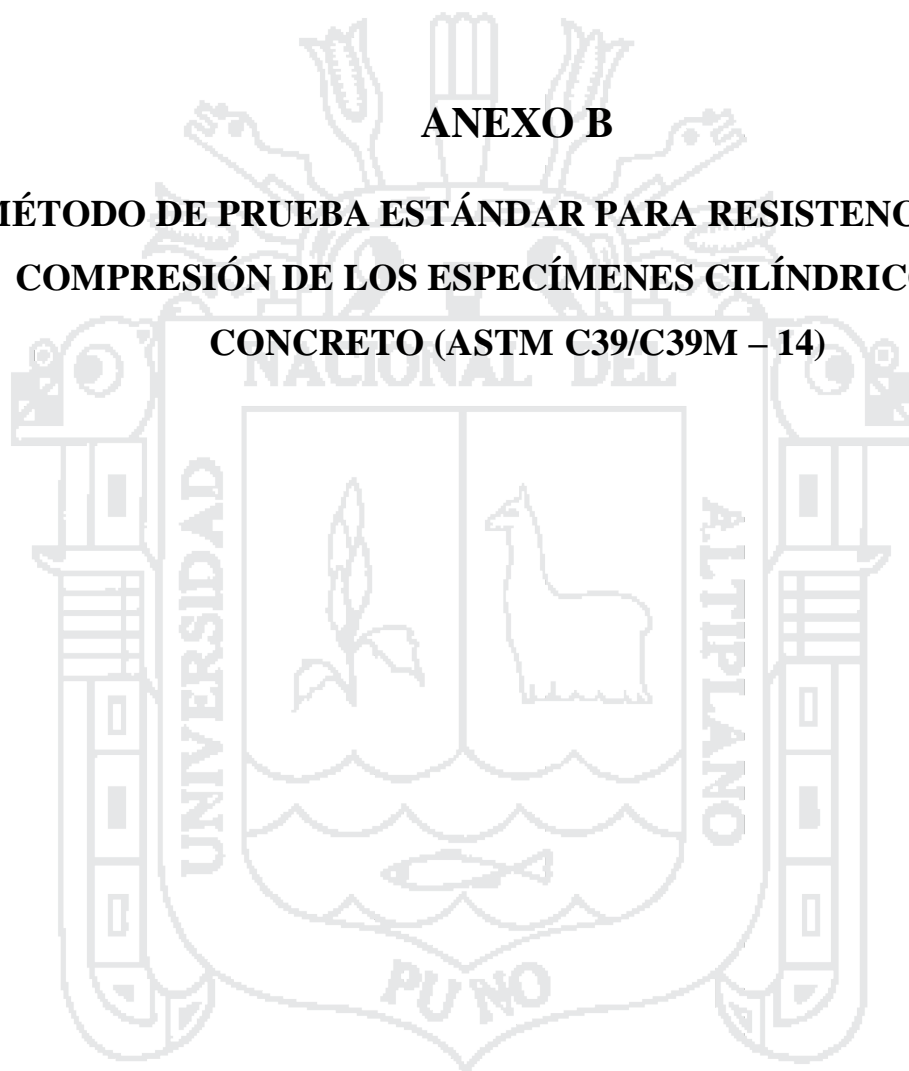
ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).

ANEXO B

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO (ASTM C39/C39M – 14)





Designation: C39/C39M – 14

Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens¹

This standard is issued under the fixed designation C39/C39M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reappraisal. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reappraisal.

This standard has been approved for use by agencies of the U.S. Department of Defense.

1. Scope*

1.1 This test method covers determination of compressive strength of cylindrical concrete specimens such as molded cylinders and drilled cores. It is limited to concrete having a density in excess of 800 kg/m^3 [50 lb/ft^3].

1.2 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. The inch-pound units are shown in brackets. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in non-conformance with the standard.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. (Warning—Means should be provided to contain concrete fragments during sudden rupture of specimens. Tendency for sudden rupture increases with increasing concrete strength and it is more likely when the testing machine is relatively flexible. The safety precautions given in the [Manual of Aggregate and Concrete Testing](#) are recommended.)*

1.4 The text of this standard references notes which provide explanatory material. These notes shall not be considered as requirements of the standard.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:²

[C31/C31M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field](#)

[C42/C42M Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete](#)

[C192/C192M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory](#)

[C617 Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens](#)

[C670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials](#)

[C873 Test Method for Compressive Strength of Concrete Cylinders Cast in Place in Cylindrical Molds](#)

[C1077 Practice for Agencies Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Testing Agency Evaluation](#)

[C1231/C1231M Practice for Use of Unbonded Caps in Determination of Compressive Strength of Hardened Concrete Cylinders](#)

[E4 Practices for Force Verification of Testing Machines](#)

[E74 Practice of Calibration of Force-Measuring Instruments for Verifying the Force Indication of Testing Machines Manual of Aggregate and Concrete Testing](#)

3. Summary of Test Method

3.1 This test method consists of applying a compressive axial load to molded cylinders or cores at a rate which is within a prescribed range until failure occurs. The compressive strength of the specimen is calculated by dividing the maximum load attained during the test by the cross-sectional area of the specimen.

4. Significance and Use

4.1 Care must be exercised in the interpretation of the significance of compressive strength determinations by this test method since strength is not a fundamental or intrinsic property of concrete made from given materials. Values obtained will depend on the size and shape of the specimen, batching, mixing procedures, the methods of sampling, molding, and fabrication and the age, temperature, and moisture conditions during curing.

4.2 This test method is used to determine compressive strength of cylindrical specimens prepared and cured in accordance with Practices [C31/C31M](#), [C192/C192M](#), [C617](#), and [C1231/C1231M](#) and Test Methods [C42/C42M](#) and [C873](#).

4.3 The results of this test method are used as a basis for quality control of concrete proportioning, mixing, and placing

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Mon Mar 3 15:32:50 EST 2014 1

Downloaded/printed by

Jose B (INSUMA) pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

C39/C39M – 14

operations; determination of compliance with specifications; control for evaluating effectiveness of admixtures; and similar uses.

4.4 The individual who tests concrete cylinders for acceptance testing shall meet the concrete laboratory technician requirements of Practice C1077, including an examination requiring performance demonstration that is evaluated by an independent examiner.

NOTE 1—Certification equivalent to the minimum guidelines for ACI Concrete Laboratory Technician, Level I or ACI Concrete Strength Testing Technician will satisfy this requirement.

5. Apparatus

5.1 *Testing Machine*—The testing machine shall be of a type having sufficient capacity and capable of providing the rates of loading prescribed in 7.5.

5.1.1 Verify calibration of the testing machines in accordance with Practices E4, except that the verified loading range shall be as required in 5.3. Verification is required:

5.1.1.1 Within 13 months of the last calibration,

5.1.1.2 On original installation or immediately after relocation,

5.1.1.3 Immediately after making repairs or adjustments that affect the operation of the force applying system or the values displayed on the load indicating system, except for zero adjustments that compensate for the mass of bearing blocks or specimen, or both, or

5.1.1.4 Whenever there is reason to suspect the accuracy of the indicated loads.

5.1.2 *Design*—The design of the machine must include the following features:

5.1.2.1 The machine must be power operated and must apply the load continuously rather than intermittently, and without shock. If it has only one loading rate (meeting the requirements of 7.5), it must be provided with a supplemental means for loading at a rate suitable for verification. This supplemental means of loading may be power or hand operated.

5.1.2.2 The space provided for test specimens shall be large enough to accommodate, in a readable position, an elastic calibration device which is of sufficient capacity to cover the potential loading range of the testing machine and which complies with the requirements of Practice E74.

NOTE 2—The types of elastic calibration devices most generally available and most commonly used for this purpose are the circular proving ring or load cell.

5.1.3 *Accuracy*—The accuracy of the testing machine shall be in accordance with the following provisions:

5.1.3.1 The percentage of error for the loads within the proposed range of use of the testing machine shall not exceed $\pm 1.0\%$ of the indicated load.

5.1.3.2 The accuracy of the testing machine shall be verified by applying five test loads in four approximately equal increments in ascending order. The difference between any two successive test loads shall not exceed one third of the difference between the maximum and minimum test loads.

5.1.3.3 The test load as indicated by the testing machine and the applied load computed from the readings of the verification

device shall be recorded at each test point. Calculate the error, E , and the percentage of error, E_p , for each point from these data as follows:

$$E = A - B \tag{1}$$

$$E_p = 100(A - B)/B$$

where:

A = load, kN [lbf] indicated by the machine being verified, and

B = applied load, kN [lbf] as determined by the calibrating device.

5.1.3.4 The report on the verification of a testing machine shall state within what loading range it was found to conform to specification requirements rather than reporting a blanket acceptance or rejection. In no case shall the loading range be stated as including loads below the value which is 100 times the smallest change of load estimable on the load-indicating mechanism of the testing machine or loads within that portion of the range below 10 % of the maximum range capacity.

5.1.3.5 In no case shall the loading range be stated as including loads outside the range of loads applied during the verification test.

5.1.3.6 The indicated load of a testing machine shall not be corrected either by calculation or by the use of a calibration diagram to obtain values within the required permissible variation.

5.2 The testing machine shall be equipped with two steel bearing blocks with hardened faces (Note 3), one of which is a spherically seated block that will bear on the upper surface of the specimen, and the other a solid block on which the specimen shall rest. Bearing faces of the blocks shall have a minimum dimension at least 3 % greater than the diameter of the specimen to be tested. Except for the concentric circles described below, the bearing faces shall not depart from a plane by more than 0.02 mm [0.001 in.] in any 150 mm [6 in.] of blocks 150 mm [6 in.] in diameter or larger, or by more than 0.02 mm [0.001 in.] in the diameter of any smaller block; and new blocks shall be manufactured within one half of this tolerance. When the diameter of the bearing face of the spherically seated block exceeds the diameter of the specimen by more than 13 mm [0.5 in.], concentric circles not more than 0.8 mm [0.03 in.] deep and not more than 1 mm [0.04 in.] wide shall be inscribed to facilitate proper centering.

NOTE 3—It is desirable that the bearing faces of blocks used for compression testing of concrete have a Rockwell hardness of not less than 55 HRC.

5.2.1 Bottom bearing blocks shall conform to the following requirements:

5.2.1.1 The bottom bearing block is specified for the purpose of providing a readily machinable surface for maintenance of the specified surface conditions (Note 4). The top and bottom surfaces shall be parallel to each other. If the testing machine is so designed that the platen itself is readily maintained in the specified surface condition, a bottom block is not required. Its least horizontal dimension shall be at least 3 %

Copyright by ASTM Intl (all rights reserved); Mon Mar 3 15:32:50 EST 2014
Downloaded/printed by
Jose B (INSUMA) pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

ASTM C39/C39M – 14

greater than the diameter of the specimen to be tested. Concentric circles as described in 5.2 are optional on the bottom block.

NOTE 4—The block may be fastened to the platen of the testing machine.

5.2.1.2 Final centering must be made with reference to the upper spherical block. When the lower bearing block is used to assist in centering the specimen, the center of the concentric rings, when provided, or the center of the block itself must be directly below the center of the spherical head. Provision shall be made on the platen of the machine to assure such a position.

5.2.1.3 The bottom bearing block shall be at least 25 mm [1 in.] thick when new, and at least 22.5 mm [0.9 in.] thick after any resurfacing operations.

5.2.2 The spherically seated bearing block shall conform to the following requirements:

5.2.2.1 The maximum diameter of the bearing face of the suspended spherically seated block shall not exceed the values given below:

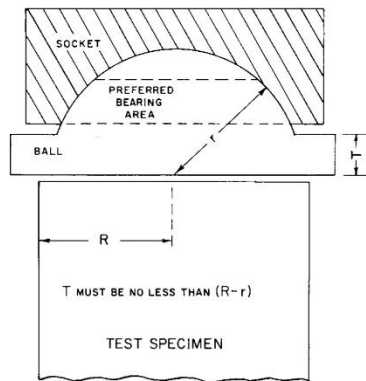
Diameter of Test Specimens, mm [in.]	Maximum Diameter of Bearing Face, mm [in.]
50 [2]	105 [4]
75 [3]	130 [5]
100 [4]	165 [6.5]
150 [6]	255 [10]
200 [8]	280 [11]

NOTE 5—Square bearing faces are permissible, provided the diameter of the largest possible inscribed circle does not exceed the above diameter.

5.2.2.2 The center of the sphere shall coincide with the surface of the bearing face within a tolerance of $\pm 5\%$ of the radius of the sphere. The diameter of the sphere shall be at least 75% of the diameter of the specimen to be tested.

5.2.2.3 The ball and the socket shall be designed so that the steel in the contact area does not permanently deform when loaded to the capacity of the testing machine.

NOTE 6—The preferred contact area is in the form of a ring (described as “preferred bearing area”) as shown on Fig. 1.



NOTE 1—Provision shall be made for holding the ball in the socket and for holding the entire unit in the testing machine.

FIG. 1 Schematic Sketch of a Typical Spherical Bearing Block

5.2.2.4 At least every six months, or as specified by the manufacturer of the testing machine, clean and lubricate the curved surfaces of the socket and of the spherical portion of the machine. The lubricant shall be a petroleum-type oil such as conventional motor oil or as specified by the manufacturer of the testing machine.

NOTE 7—To ensure uniform seating, the spherically seated head is designed to tilt freely as it comes into contact with the top of the specimen. After contact, further rotation is undesirable. Friction between the socket and the spherical portion of the head provides restraint against further rotation during loading. Petroleum-type oil such as conventional motor oil has been shown to permit the necessary friction to develop. Pressure-type greases can reduce the desired friction and permit undesired rotation of the spherical head and should not be used unless recommended by the manufacturer of the testing machine.

5.2.2.5 If the radius of the sphere is smaller than the radius of the largest specimen to be tested, the portion of the bearing face extending beyond the sphere shall have a thickness not less than the difference between the radius of the sphere and radius of the specimen. The least dimension of the bearing face shall be at least as great as the diameter of the sphere (see Fig. 1).

5.2.2.6 The movable portion of the bearing block shall be held closely in the spherical seat, but the design shall be such that the bearing face can be rotated freely and tilted at least 4° in any direction.

5.2.2.7 If the ball portion of the upper bearing block is a two-piece design composed of a spherical portion and a bearing plate, a mechanical means shall be provided to ensure that the spherical portion is fixed and centered on the bearing plate.

5.3 Load Indication:

5.3.1 If the load of a compression machine used in concrete testing is registered on a dial, the dial shall be provided with a graduated scale that is readable to at least the nearest 0.1% of the full scale load (Note 8). The dial shall be readable within 1% of the indicated load at any given load level within the loading range. In no case shall the loading range of a dial be considered to include loads below the value that is 100 times the smallest change of load that can be read on the scale. The scale shall be provided with a graduation line equal to zero and so numbered. The dial pointer shall be of sufficient length to reach the graduation marks; the width of the end of the pointer shall not exceed the clear distance between the smallest graduations. Each dial shall be equipped with a zero adjustment located outside the dialcase and easily accessible from the front of the machine while observing the zero mark and dial pointer. Each dial shall be equipped with a suitable device that at all times, until reset, will indicate to within 1% accuracy the maximum load applied to the specimen.

NOTE 8—Readability is considered to be 0.5 mm [0.02 in.] along the arc described by the end of the pointer. Also, one half of a scale interval is readable with reasonable certainty when the spacing on the load indicating mechanism is between 1 mm [0.04 in.] and 2 mm [0.06 in.]. When the spacing is between 2 and 3 mm [0.06 and 0.12 in.], one third of a scale interval is readable with reasonable certainty. When the spacing is 3 mm [0.12 in.] or more, one fourth of a scale interval is readable with reasonable certainty.

5.3.2 If the testing machine load is indicated in digital form, the numerical display must be large enough to be easily read.

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Mon Mar 3 15:32:50 EST 2014 3
 Downloaded/printed by
 Jose B (INSUMA) pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

C39/C39M – 14

The numerical increment must be equal to or less than 0.10 % of the full scale load of a given loading range. In no case shall the verified loading range include loads less than the minimum numerical increment multiplied by 100. The accuracy of the indicated load must be within 1.0 % for any value displayed within the verified loading range. Provision must be made for adjusting to indicate true zero at zero load. There shall be provided a maximum load indicator that at all times until reset will indicate within 1 % system accuracy the maximum load applied to the specimen.

5.4 Documentation of the calibration and maintenance of the testing machine shall be in accordance with Practice C1077.

6. Specimens

6.1 Specimens shall not be tested if any individual diameter of a cylinder differs from any other diameter of the same cylinder by more than 2 %.

NOTE 9—This may occur when single use molds are damaged or deformed during shipment, when flexible single use molds are deformed during molding, or when a core drill deflects or shifts during drilling.

6.2 Prior to testing, neither end of test specimens shall depart from perpendicularity to the axis by more than 0.5° (approximately equivalent to 1 mm in 100 mm [0.12 in. in 12 in.]). The ends of compression test specimens that are not plane within 0.050 mm [0.002 in.] shall be sawed or ground to meet that tolerance, or capped in accordance with either Practice C617 or, when permitted, Practice C1231/C1231M. The diameter used for calculating the cross-sectional area of the test specimen shall be determined to the nearest 0.25 mm [0.01 in.] by averaging two diameters measured at right angles to each other at about midheight of the specimen.

6.3 The number of individual cylinders measured for determination of average diameter is not prohibited from being reduced to one for each ten specimens or three specimens per day, whichever is greater, if all cylinders are known to have been made from a single lot of reusable or single-use molds which consistently produce specimens with average diameters within a range of 0.5 mm [0.02 in.]. When the average diameters do not fall within the range of 0.5 mm [0.02 in.] or when the cylinders are not made from a single lot of molds, each cylinder tested must be measured and the value used in calculation of the unit compressive strength of that specimen. When the diameters are measured at the reduced frequency, the cross-sectional areas of all cylinders tested on that day shall be computed from the average of the diameters of the three or more cylinders representing the group tested that day.

6.4 If the purchaser of the testing services requests measurement of density of test specimens, determine the mass of specimens before capping. Remove any surface moisture with a towel and measure the mass of the specimen using a balance or scale that is accurate to within 0.3 % of the mass being measured. Measure the length of the specimen to the nearest 1 mm [0.05 in.] at three locations spaced evenly around the circumference. Compute the average length and record to the nearest 1 mm [0.05 in.]. Alternatively, determine the cylinder density by weighing the cylinder in air and then submerged

under water at 23.0 ± 2.0 °C [73.5 ± 3.5 °F], and computing the volume according to 8.3.1.

6.5 When density determination is not required and the length to diameter ratio is less than 1.8 or more than 2.2, measure the length of the specimen to the nearest 0.05 D.

7. Procedure

7.1 Compression tests of moist-cured specimens shall be made as soon as practicable after removal from moist storage.

7.2 Test specimens shall be kept moist by any convenient method during the period between removal from moist storage and testing. They shall be tested in the moist condition.

7.3 All test specimens for a given test age shall be broken within the permissible time tolerances prescribed as follows:

Test Age	Permissible Tolerance
24 h	± 0.5 h or 2.1 %
3 days	2 h or 2.8 %
7 days	6 h or 3.6 %
28 days	20 h or 3.0 %
90 days	2 days 2.2 %

7.4 *Placing the Specimen*—Place the plain (lower) bearing block, with its hardened face up, on the table or platen of the testing machine directly under the spherically seated (upper) bearing block. Wipe clean the bearing faces of the upper and lower bearing blocks and of the test specimen and place the test specimen on the lower bearing block. If using unbonded caps, wipe clean the bearing surfaces of the retaining ring or rings and center the unbonded cap or caps on the cylinder. Carefully align the axis of the specimen with the center of thrust of the spherically seated block.

7.4.1 *Zero Verification and Block Seating*—Prior to testing the specimen, verify that the load indicator is set to zero. In cases where the indicator is not properly set to zero, adjust the indicator (Note 10). After placing the specimen in the machine but prior to applying the load on the specimen, tilt the movable portion of the spherically seated block gently by hand so that the bearing face appears to be parallel to the top of the test specimen.

NOTE 10—The technique used to verify and adjust load indicator to zero will vary depending on the machine manufacturer. Consult your owner's manual or compression machine calibrator for the proper technique.

7.4.2 *Verification of Alignment When Using Unbonded Caps*—If using unbonded caps, verify the alignment of the specimen after application of load, but before reaching 10 % of the anticipated specimen strength. Check to see that the axis of the cylinder does not depart from vertical by more than 0.5° (Note 11) and that the ends of the cylinder are centered within the retaining rings. If the cylinder alignment does not meet these requirements, release the load, and carefully recenter the specimen. Reapply load and recheck specimen centering and alignment. A pause in load application to check cylinder alignment is permissible.

NOTE 11—An angle of 0.5° is equal to a slope of approximately 1 mm in 100 mm [1/20 inches in 12 inches]

7.5 *Rate of Loading*—Apply the load continuously and without shock.

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Mon Mar 3 15:32:50 EST 2014 4
Downloaded/printed by
Jose B (INSUMA) pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

ASTM C39/C39M – 14

7.5.1 The load shall be applied at a rate of movement (platen to crosshead measurement) corresponding to a stress rate on the specimen of 0.25 ± 0.05 MPa/s [35 ± 7 psi/s] (See Note 12). The designated rate of movement shall be maintained at least during the latter half of the anticipated loading phase.

NOTE 12—For a screw-driven or displacement-controlled testing machine, preliminary testing will be necessary to establish the required rate of movement to achieve the specified stress rate. The required rate of movement will depend on the size of the test specimen, the elastic modulus of the concrete, and the stiffness of the testing machine.

7.5.2 During application of the first half of the anticipated loading phase, a higher rate of loading shall be permitted. The higher loading rate shall be applied in a controlled manner so that the specimen is not subjected to shock loading.

7.5.3 Make no adjustment in the rate of movement (platen to crosshead) as the ultimate load is being approached and the stress rate decreases due to cracking in the specimen.

7.6 Apply the compressive load until the load indicator shows that the load is decreasing steadily and the specimen displays a well-defined fracture pattern (Types 1 to 4 in Fig. 2). For a testing machine equipped with a specimen break detector, automatic shut-off of the testing machine is prohibited until the load has dropped to a value that is less than 95 % of the peak

load. When testing with unbonded caps, a corner fracture similar to a Type 5 or 6 pattern shown in Fig. 2 may occur before the ultimate capacity of the specimen has been attained. Continue compressing the specimen until the user is certain that the ultimate capacity has been attained. Record the maximum load carried by the specimen during the test, and note the type of fracture pattern according to Fig. 2. If the fracture pattern is not one of the typical patterns shown in Fig. 2, sketch and describe briefly the fracture pattern. If the measured strength is lower than expected, examine the fractured concrete and note the presence of large air voids, evidence of segregation, whether fractures pass predominantly around or through the coarse aggregate particles, and verify end preparations were in accordance with Practice C617 or Practice C1231/C1231M.

8. Calculation

8.1 Calculate the compressive strength of the specimen by dividing the maximum load carried by the specimen during the test by the average cross-sectional area determined as described in Section 6 and express the result to the nearest 0.1 MPa [10 psi].

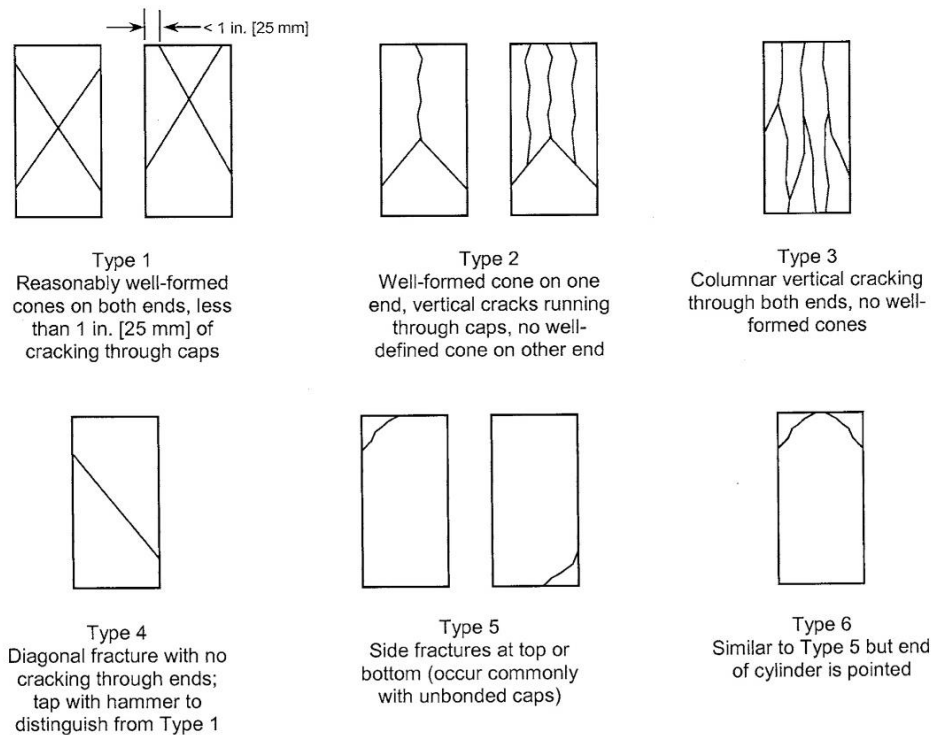


FIG. 2 Schematic of Typical Fracture Patterns

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Mon Mar 3 15:32:50 EST 2014 5
 Downloaded/printed by
 Jose B (INSUMA) pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

C39/C39M – 14

8.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table Note 13:

L/D:	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor:	0.98	0.96	0.93	0.87

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

NOTE 13—Correction factors depend on various conditions such as moisture condition, strength level, and elastic modulus. Average values are given in the table. These correction factors apply to low-density concrete weighing between 1600 and 1920 kg/m³ [100 and 120 lb/ft³] and to normal-density concrete. They are applicable to concrete dry or soaked at the time of loading and for nominal concrete strengths from 14 to 42 MPa [2000 to 6000 psi]. For strengths higher than 42 MPa [6000 psi] correction factors may be larger than the values listed above³.

8.3 When required, calculate the density of the specimen to the nearest 10 kg/m³ [1 lb/ft³] as follows:

$$Density = \frac{W}{V} \quad (2)$$

where:

- W = mass of specimen, kg [lb], and
- V = volume of specimen computed from the average diameter and average length or from weighing the cylinder in air and submerged, m³ [ft³]

8.3.1 When the volume is determined from submerged weighing, calculate the volume as follows:

$$V = \frac{W - W_s}{\gamma_w} \quad (3)$$

where:

- W_s = apparent mass of submerged specimen, kg [lb], and
- γ_w = density of water at 23 °C [73.5 °F] = 997.5 kg/m³ [62.27 lbs/ft³].

9. Report

- 9.1 Report the following information:
 - 9.1.1 Identification number,
 - 9.1.2 Average measured diameter (and measured length, if outside the range of 1.8 D to 2.2 D), in millimetres [inches],
 - 9.1.3 Cross-sectional area, in square millimetres [square inches],
 - 9.1.4 Maximum load, in kilonewtons [pounds-force],
 - 9.1.5 Compressive strength calculated to the nearest 0.1 MPa [10 psi],
 - 9.1.6 Type of fracture (see Fig. 2),
 - 9.1.7 Defects in either specimen or caps, and,
 - 9.1.8 Age of specimen.
 - 9.1.9 When determined, the density to the nearest 10 kg/m³ [1 lb/ft³].

10. Precision and Bias

10.1 Precision

³ Bartlett, F.M. and MacGregor, J.G., "Effect of Core Length-to-Diameter Ratio on Concrete Core Strength," *ACI Materials Journal*, Vol 91, No. 4, July-August, 1994, pp. 339-348.

10.1.1 Within-Test Precision—The following table provides the within-test precision of tests of 150 by 300 mm [6 by 12 in.] and 100 by 200 mm [4 by 8 in.] cylinders made from a well-mixed sample of concrete under laboratory conditions and under field conditions (see 10.1.2).

	Coefficient of Variation ⁴	Acceptable Range ⁴ of Individual Cylinder Strengths	
		2 cylinders	3 cylinders
150 by 300 mm [6 by 12 in.]			
Laboratory conditions	2.4 %	6.6 %	7.8 %
Field conditions	2.9 %	8.0 %	9.5 %
100 by 200 mm [4 by 8 in.]			
Laboratory conditions	3.2 %	9.0 %	10.6 %

10.1.2 The within-test coefficient of variation represents the expected variation of measured strength of companion cylinders prepared from the same sample of concrete and tested by one laboratory at the same age. The values given for the within-test coefficient of variation of 150 by 300 mm [6 by 12 in.] cylinders are applicable for compressive strengths between 2000 and 15 to 55 MPa [8000 psi] and those for 100 by 200 mm [4 by 8 in.] cylinders are applicable for compressive strengths between 17 to 32 MPa [2500 and 4700 psi]. The within-test coefficients of variation for 150 by 300 mm [6 by 12 in.] cylinders are derived from CCRL concrete proficiency sample data for laboratory conditions and a collection of 1265 test reports from 225 commercial testing laboratories in 1978.⁵ The within-test coefficient of variation of 100 by 200 mm [4 by 8 in.] cylinders are derived from CCRL concrete proficiency sample data for laboratory conditions.

10.1.3 Multilaboratory Precision—The multi-laboratory coefficient of variation for compressive strength test results of 150 by 300 mm [6 by 12 in.] cylinders has been found to be 5.0 %⁴; therefore, the results of properly conducted tests by two laboratories on specimens prepared from the same sample of concrete are not expected to differ by more than 14 %⁴ of the average (See Note 14). A strength test result is the average of two cylinders tested at the same age.

NOTE 14—The multilaboratory precision does not include variations associated with different operators preparing test specimens from split or independent samples of concrete. These variations are expected to increase the multilaboratory coefficient of variation.

10.1.4 The multilaboratory data were obtained from six separate organized strength testing round robin programs where 150 x 300 mm [6 x 12 in.] cylindrical specimens were prepared at a single location and tested by different laboratories. The range of average strength from these programs was 17.0 to 90 MPa [2500 to 13 000 psi].

NOTE 15—Subcommittee C09.61 will continue to examine recent concrete proficiency sample data and field test data and make revisions to precision statements when data indicate that they can be extended to cover a wider range of strengths and specimen sizes.

10.2 Bias—Since there is no accepted reference material, no statement on bias is being made.

⁴ These numbers represent respectively the (1s %) and (d2s %) limits as described in Practice C670.

⁵ Supporting data have been filed at ASTM International Headquarters and may be obtained by requesting Research Report RR:C09-1006.

SUMMARY OF CHANGES

Committee C09 has identified the location of selected changes to this test method since the last issue, C39/C39M–12a, that may impact the use of this test method. (Approved February 1, 2014)

(1) Modified 7.4.

(2) Added 7.4.2 and Note 11.

Committee C09 has identified the location of selected changes to this test method since the last issue, C39/C39M–12, that may impact the use of this test method. (Approved September 1, 2012)

(1) Revised 5.1.1.1.

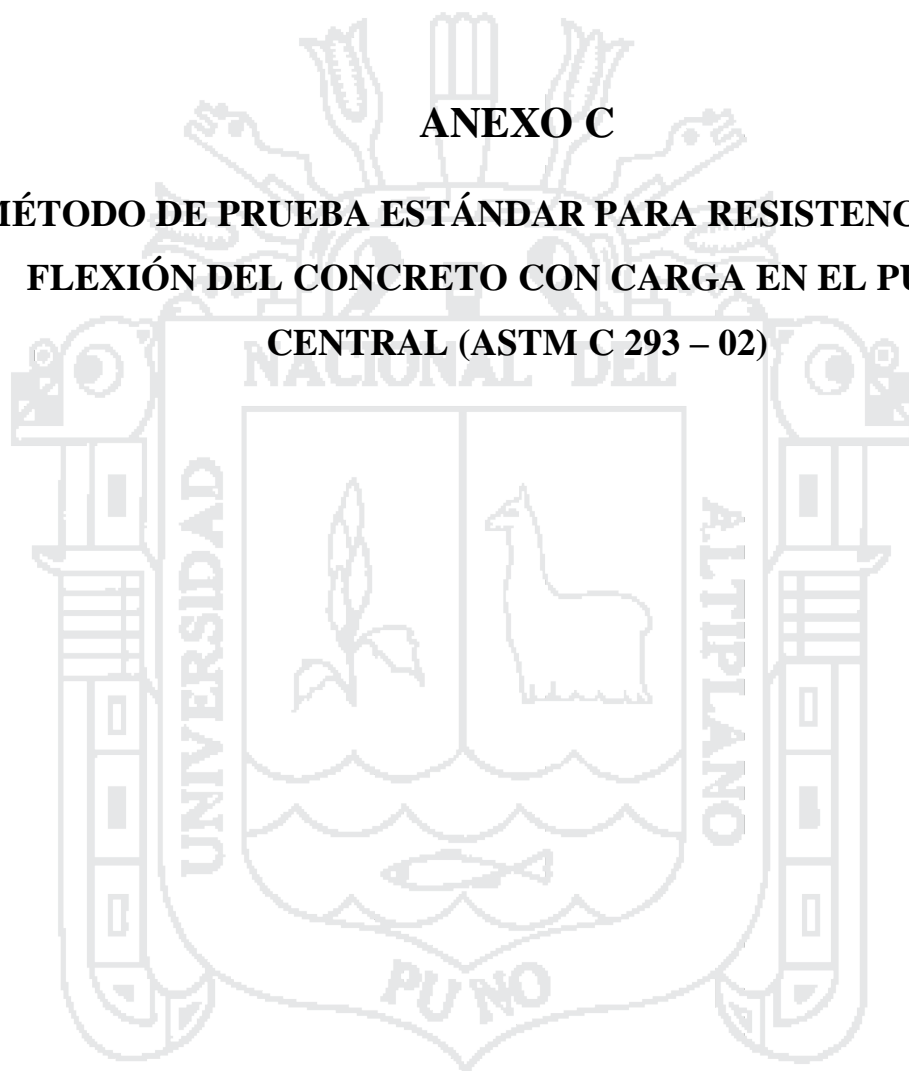
ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the ASTM website (www.astm.org/COPYRIGHT).

ANEXO C

**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA A LA
FLEXIÓN DEL CONCRETO CON CARGA EN EL PUNTO
CENTRAL (ASTM C 293 – 02)**





Designation: C 293 – 02

Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam With Center-Point Loading)¹

This standard is issued under the fixed designation C 293; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last approval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope

1.1 This test method covers determination of the flexural strength of concrete specimens by the use of a simple beam with center-point loading. It is not an alternative to Test Method C 78.

1.2 The values stated in inch-pound units are to be regarded as standard. The SI equivalent of inch-pound units has been rounded where necessary for practical application.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- C 31 Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field²
- C 78 Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third Point Loading)²
- C 192 Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory²
- C 617 Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens²
- C 1077 Practice for Laboratories Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Laboratory Evaluation²
- E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines³

3. Significance and Use

3.1 This test method is used to determine the modulus of rupture of specimens prepared and cured in accordance with Practices C 31 or C 192. The strength determined will vary where there are differences in specimen size, preparation, moisture condition, or curing.

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.61 on Testing for Strength.

Current edition approved Feb. 10, 2002. Published April 2002. Originally published as C 293 – 52 T. Last previous edition C 293 – 00.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.02.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.01.

3.2 The results of this test method may be used to determine compliance with specifications or as a basis for proportioning, mixing and placement operations. This test method produces values of flexural strength significantly higher than Test Method C 78 (Note 1).

NOTE 1—The testing laboratory performing this test method may be evaluated in accordance with Practice C 1077.

4. Apparatus

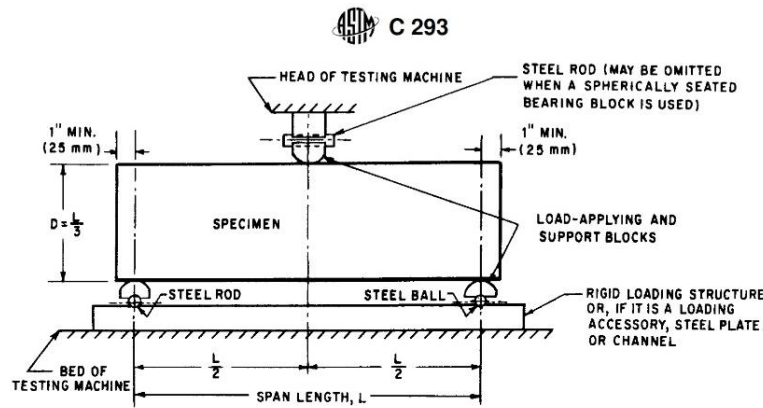
4.1 The testing machine shall conform to the requirements of the sections on Basis of Verification, Corrections, and Time Interval Between Verifications of Practices E 4. Hand operated testing machines having pumps that do not provide a continuous loading to failure in one stroke are not permitted. Motorized pumps or hand operated positive displacement pumps having sufficient volume in one continuous stroke to complete a test without requiring replenishment are permitted and shall be capable of applying loads at a uniform rate without shock or interruption.

4.2 *Loading Apparatus*—The mechanism by which forces are applied to the specimen shall employ a load-applying block and two specimen support blocks. It shall ensure that all forces are applied perpendicular to the face of the specimen without eccentricity. A diagram of an apparatus that accomplishes this purpose is shown in Fig. 1.

4.2.1 All apparatus for making center-point loading flexure tests shall be similar to Fig. 1 and maintain the span length and central position of the load-applying block with respect to the support blocks constant within ± 0.05 in. (± 1.3 mm).

4.2.2 Reactions shall be parallel to the direction of the applied load at all times during the test, and the ratio of the horizontal distance between the point of load application and nearest reaction to the depth of the beam shall be $1.5 \pm 2\%$.

4.2.3 The load-applying and support blocks shall not be more than $2\frac{1}{2}$ in. (64 mm) high, measured from the center or the axis of pivot, and shall extend at least across the full width of the specimen. Each hardened bearing surface in contact with the specimen shall not depart from a plane by more than 0.002 in. (0.05 mm) and shall be a portion of a cylinder, the axis of which is coincidental with either the axis of the rod or center of the ball, whichever the block is pivoted upon. The angle subtended by the curved surface of each block shall be at least



NOTE 1—Apparatus may be used inverted.

FIG. 1 Diagrammatic View of a Suitable Apparatus for Flexure Test of Concrete by Center-Point Loading Method.

45° (0.79 rad). The load-applying and support blocks shall be maintained in a vertical position and in contact with the rod or ball by means of spring-loaded screws that hold them in contact with the pivot rod or ball. The rod in the center load-applying block in Fig. 1 may be omitted when a spherically seated bearing block is used.

5. Test Specimen

5.1 The test specimen shall conform to all requirements of Practice C 31 or C 192 applicable to beam and prism specimens and shall have a test span within 2 % of being three times its depth as tested. The sides of the specimen shall be at right angles with the top and bottom. All surfaces shall be smooth and free of scars, indentations, holes, or inscribed identification marks.

6. Procedure

6.1 Flexural tests of moist-cured specimens shall be made as soon as practical after removal from moist storage. Surface drying of the specimen results in a reduction in the measured modulus of rupture.

6.2 Turn the test specimen on its side with respect to its position as molded and center it on the support blocks. Center the loading system in relation to the applied force. Bring the load-applying block in contact with the surface of the specimen at the center and apply a load of between 3 and 6 % of the estimated ultimate load. Using 0.004 in. (0.10 mm) and 0.015 in. (0.38 mm) leaf-type feeler gages, determine whether any gap between the specimen and the load-applying or support blocks is greater or less than each of the gages over a length of 1 in. (25 mm) or more. Grind, cap, or use leather shims on the specimen contact surface to eliminate any gap in excess of 0.004 in. (0.10 mm). Leather shims shall be of uniform 1/4 in. (6.4 mm) thickness, 1 to 2 in. (25 to 50 mm) in width, and shall extend across the full width of the specimen. Gaps in excess of 0.015 in. (0.38 mm) shall be eliminated only by capping or grinding. Grinding of lateral surfaces shall be minimized inasmuch as grinding may change the physical characteristics of the specimens. Capping shall be in accordance with Practice C 617.

6.3 Load the specimen continuously and without shock. The load shall be applied at a constant rate to the breaking point. Apply the load so that the extreme fiber stress increases at a rate between 125 and 175 psi/min (0.9 and 1.2 MPa/min). The loading rate is computed using:

$$r = 2Sbd^2/3L \tag{1}$$

where:

- r* = loading rate, lb/min (MN/min),
- s* = rate of increase in extreme fiber stress, psi/min (MPa/min),
- b* = average width of the specimen, in. (mm),
- d* = average depth of the specimen, in. (mm), and
- L* = span length, in. (mm).

7. Measurement of Specimens After Test

7.1 To determine the dimensions of the specimen section for use in calculating modulus of rupture, take measurements across one of the fractured faces after testing. For each dimension, take one measurement at each edge and one at the center of the cross section. Use the three measurements for each direction to determine the average width and the average depth. Take all measurements to the nearest 0.05 in. (1 mm). If the fracture occurs at a capped section, include the cap thickness in the measurement.

8. Calculation

8.1 Calculate the modulus of rupture as follows:

$$R = 3 PL/2bd^2 \tag{2}$$

where:

- R* = modulus of rupture, psi, or MPa,
- P* = maximum applied load indicated by the testing machine, lbf, or N,
- L* = span length, in., or mm,
- b* = average width of specimen, at the fracture, in., or mm, and
- d* = average depth of specimen, at the fracture, in., or mm.



C 293

NOTE 2—The weight of the beam is not included in the above calculation.

9. Report

9.1 Report the following information:

- 9.1.1 Identification number,
- 9.1.2 Average width to the nearest 0.05 in. (1 mm), at the fracture,
- 9.1.3 Average depth to the nearest 0.05 in. (1 mm), at the fracture,
- 9.1.4 Span length in inches (or millimetres),
- 9.1.5 Maximum applied load in pounds-force (or newtons),
- 9.1.6 Modulus of rupture calculated to the nearest 5 psi (0.05 MPa),
- 9.1.7 Record of curing and apparent moisture condition of the specimens at the time of test,
- 9.1.8 If specimens were capped, ground, or if leather shims were used,
- 9.1.9 Defects in specimens, and
- 9.1.10 Age of specimens.

10. Precision and Bias

10.1 *Precision*—The coefficient of variation of test results

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).

has been observed to be dependent on the strength level of the beams.⁴ The single operator coefficient of variation has been found to be 4.4 %. Therefore, results of two properly conducted tests by the same operator on beams made from the same batch sample should not differ from each other by more than 12 %. The multilaboratory coefficient of variation has been found to be 5.3 %. Therefore, results of two different laboratories on beams made from the same batch sample should not differ from each other by more than 15 %.

10.2 *Bias*—Since there is no accepted standard for determining bias in this test method, no statement on bias is made.

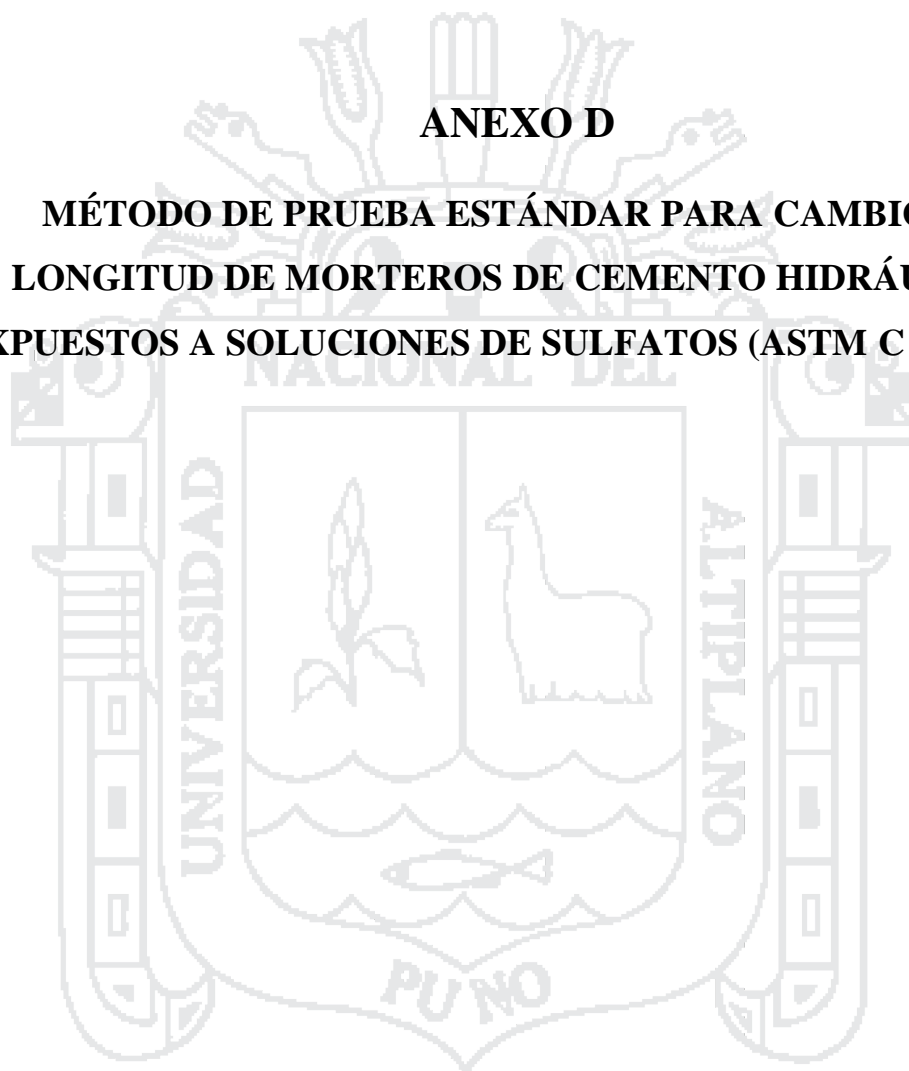
11. Keywords

11.1 beams; concrete; flexural strength testing; modulus of rupture

⁴ See "Improved Concrete Quality Control Procedures Using Third Point Loading" by P. M. Carrasquillo and R. L. Carrasquillo, Research Report 119-1F, Project 3-9-87-1119, Center For Transportation Research, The University of Texas at Austin, November 1987, for information as to the relationship of strength and variability under center point loading.

ANEXO D

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA CAMBIO DE LONGITUD DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO EXPUESTOS A SOLUCIONES DE SULFATOS (ASTM C 1012 – 04)





Designation: C 1012 – 04

Standard Test Method for Length Change of Hydraulic-Cement Mortars Exposed to a Sulfate Solution¹

This standard is issued under the fixed designation C 1012; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This test method covers the determination of length change of mortar bars immersed in a sulfate solution. Mortar bars made using mortar described in Test Method C 109/ C 109M are cured until they attain a compressive strength of 20.0 ± 1.0 MPa (3000 ± 150 psi), as measured using cubes made of the same mortar, before the bars are immersed.

1.2 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. The values shown in parentheses are for information purposes only.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:²

- C 109/C 109M Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50mm] Cube Specimens)
- C 114 Test Method for Chemical Analysis of Hydraulic Cement
- C 150 Specification for Portland Cement
- C 157/C 157M Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic-Cement, Mortar, and Concrete
- C 215 Test Method for Fundamental Transverse, Longitudinal, and Torsional Frequencies of Concrete Specimens
- C 305 Practice for Mechanical Mixing of Hydraulic Cement Pastes and Mortars of Plastic Consistency
- C 348 Test Method for Flexural Strength of Hydraulic Cement Mortars
- C 349 Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using Portions of Prisms Broken in Flexure)

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C01 on Cement and is the direct responsibility of Subcommittee C01.29 on Sulfate Resistance. Current edition approved Jan. 1, 2004. Published February 2004. Originally approved in 1984. Last previous edition approved in 2003 as C 1012 – 03.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

C 452 Test Method for Potential Expansion of Portland-Cement Mortars Exposed to Sulfate

C 490 Practice for Use of Apparatus for the Determination of Length Change of Hardened Cement Paste, Mortar, and Concrete

C 511 Specification for Mixing Rooms, Moist Cabinets, Moist Rooms, and Water Storage Tanks Used in the Testing of Hydraulic Cements and Concretes

C 595 Specification for Blended Hydraulic Cements

C 597 Test Method for Pulse Velocity Through Concrete

C 618 Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Concrete

C 684 Test Method for Making, Accelerated Curing, and Testing Concrete Compression Test Specimens

C 778 Specification for Standard Sand

C 917 Test Method for Evaluation of Cement Strength Uniformity From a Single Source

C 989 Specification for Ground Granulated Blast-Furnace Slag for Use in Concrete and Mortars

D 1193 Specification for Reagent Water

E 18 Test Methods for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials

2.2 American Concrete Institute Reports:

ACI C201-2R-01 Guide to Durable Concrete³

3. Significance and Use

3.1 This test method provides a means of assessing the sulfate resistance of mortars made using portland cement, blends of portland cement with pozzolans or slags, and blended hydraulic cements. Method C 452 is suitable for evaluating portland cements but not blended cements or blends of portland cement with pozzolans or slags.

3.2 The standard exposure solution used in this test method, unless otherwise directed, contains 352 moles of Na_2SO_4 per m^3 (50 g/L). Other sulfate concentrations or other sulfates such as MgSO_4 may be used to simulate the environmental exposure of interest. Further discussion of these and other technical issues is given in the Appendix.

³ Available from American Concrete Institute (ACI), P.O. Box 9094, Farmington Hills, MI 48333.

 C 1012 – 04
4. Apparatus

4.1 *Mixer*, conforming to the requirements of Practice C 305.

4.2 *Cube Molds*, conforming to the requirements of Test Method C 109/C 109M.

4.3 *Bar Molds*, conforming to the requirements of Specification C 490.

4.4 *Comparator*, conforming to the requirements of Specification C 490.

4.5 *Containers*—The containers in which the bars are immersed shall be corrosion resistant such as plastic, glass, or ceramic. Support the bars so that no end or side of a bar rests against the container. Seal the container with a lid so that the sulfate solution cannot evaporate.

4.6 *Curing Tank*, conforming to the requirements of Test Method C 684.

5. Reagents and Materials

5.1 *Purity of Reagents*—USP or technical grade chemicals may be used, provided it is established that any reagent used is of sufficiently high purity to permit its use without lessening the accuracy of the determination. When tests are made that are expected to produce results that are close to an acceptance-rejection value, it is recommended that reagent grade chemicals be used. Such chemicals shall conform to the specifications of the Committee on Analytical Reagents for the American Chemical Society where such specifications are available.⁴

5.2 *Purity of Water*—Unless otherwise indicated, references to water shall be understood to mean reagent water conforming to Type IV of Specification D 1193.

5.3 *Sodium Sulfate* (Na_2SO_4)—Check the water content by loss on ignition each time the solution is prepared. Any anhydrous or hydrated sodium sulfate may be used if the water content of the salt is checked by loss on ignition and proper corrections made to account for the specified sulfate concentration.

5.4 *Sulfate Solution*—Each litre of solution shall contain 50.0 g of Na_2SO_4 dissolved in 900 mL of water, and shall be diluted with additional distilled or deionized water to obtain 1.0 L of solution. Mix the solution on the day before use, cover, and store at $23.0 \pm 2.0^\circ\text{C}$ ($73.5 \pm 3.5^\circ\text{F}$). Determine the pH of the solution before use; reject the solution if the pH range is outside 6.0 to 8.0. Maintain the volume proportion of sulfate solution to mortar bars in a storage container at 4.0 ± 0.5 volumes of solution to 1 volume of mortar bars. For mortar bars 1 by 1 by $1\frac{1}{4}$ in. (volume of 184 mL or 11.25 in.^3), this is 645 to 830 mL of solution per mortar bar in the storage container. For mortar bars 25 by 25 by 285 mm (volume 178 mL), this is 625 to 800 mL of solution per mortar bar in the storage container.

5.5 *Materials*:

⁴ *Reagent Chemicals, American Chemical Society Specifications*, American Chemical Society, Washington, DC. For Suggestions on the testing of reagents not listed by the American Chemical Society, see *Annual Standards for Laboratory Chemicals*, BDH Ltd., Poole, Dorset, U.K., and the *United States Pharmacopeia and National Formulary*, U.S. Pharmacopeial Convention, Inc. (USPC), Rockville, MD.

5.5.1 *Graded Standard Sand*, as specified in Specification C 778.

5.5.2 *Stainless Steel Gage Studs*, as specified in Specification C 490.

6. Hazards

6.1 **Warning**—Fresh hydraulic cementitious mixtures are caustic and may cause chemical burns to skin and tissue upon prolonged exposure.⁵

7. Preparing Mortars

7.1 Make mortars as described in Test Method C 109/C 109M, that is, 1 part cement to 2.75 parts of sand by mass. Use a water-cement ratio by mass of 0.485 for all non-air-entraining portland cements and 0.460 for all air-entraining portland cements. Use a water-cement ratio by mass of 0.485 for non-air-entraining portland-pozzolan (IP) and portland-blast furnace slag (IS) cements. For blends of portland cement with a pozzolan or slag, use a water-cement ratio that develops a flow within ± 5 of that of the portland-cement mortar at a water-cement ratio of 0.485.

8. Specimen Molds

8.1 Prepare the specimen molds in accordance with the requirements of Specification C 490 except the interior surfaces of the mold shall be covered with a release agent. A release agent will be acceptable if it serves as a parting agent without affecting the setting of the cement and without leaving any residue that will inhibit the penetration of water into the specimen.

NOTE 1—TFE-fluorocarbon tape complies with the requirements for a mold release agent.

9. Procedure

9.1 *Molding and Initial Curing of Specimens*—Mold the test bars in accordance with Test Method C 157/C 157M. Mold the cubes in accordance with Test Method C 109/C 109M. A set of specimens to test one cement consists of 6 bars and up to 21 cubes (Note 2). Immediately after molding, cover the molds with a rigid steel, glass, or plastic plate, seal the plate to the mold so as to be watertight, and place the mold in the curing tank in water at $35 \pm 3^\circ\text{C}$ ($95 \pm 5^\circ\text{F}$) for $23\frac{1}{2} \text{ h} \pm 30 \text{ min}$, as in Test Method C 684, Procedure A (Warm-Water Method). Place the sealed molds in the curing tank with the bottom of the bars as cast down, that is, in the same relative position in which the bars were cast. At $23\frac{1}{2} \text{ h} \pm 30 \text{ min}$, remove molds from tank and demold the specimens.

NOTE 2—The set of cubes consists of 21 cubes to be tested as described herein when significant information on the strength development rate is not available. When information is available (as for example, from the use of the procedures of Test Method C 917) that would justify making fewer cubes, only those needed to confirm the time the mortar achieves $20.0 \pm 1.0 \text{ MPa}$ ($3000 \pm 150 \text{ psi}$) are needed.

9.2 *Subsequent Curing and Preparation for Test*—After demolding, store all bars and cubes, except the two to be

⁵ See *Manual of Cement Testing*, Section on Safety, *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.01.

C 1012 – 04

broken, in a curing tank of saturated limewater at $23.0 \pm 2.0^\circ\text{C}$ ($73.5 \pm 3.5^\circ\text{F}$). Break two cubes in compression in accordance with Test Method C 109/C 109M after demolding when the specimens have cooled to ambient temperature under moist cloths. If the mean strength of the two cubes is 20 MPa (2850 psi) or more, observe and record comparator readings in accordance with Specification C 490 and as prescribed in the section on Measurements of Length Change and place all the bars in the sulfate solution. If 20 MPa (2850 psi) is not achieved, store the demolded cubes and mortar bars in the curing tank and test additional cubes. Predict from the first two cubes when a compressive strength of at least 20 MPa (2850 psi) will be reached. Verify the prediction, and at that time observe and record comparator readings and place all the bars in the sulfate solution (Note 3). This measurement is designated as the initial length. The storage temperature and test temperature shall be $23.0 \pm 2.0^\circ\text{C}$ ($73.5 \pm 3.5^\circ\text{F}$).

NOTE 3—If the value for strength at 24 h is less than 20.0 MPa (2850 psi) and additional testing on the same day is not possible, or, is unlikely to yield a value over 20.0 MPa (2850 psi) and the strength is over 21 MPa (3150 psi) when tested early the next day, it is not necessary to remake the batch.

9.3 *Storage of Test Bars during Exposure to Test Solution*—Cover the container of the bars and test solution, and seal it to prevent evaporation from the inside, or dilution with water from the outside. (See Note 4.) The storage temperature and test temperature shall be $23.0 \pm 2.0^\circ\text{C}$ ($73.5 \pm 3.5^\circ\text{C}$). (See Note 5.)

NOTE 4—Gaffers tape or duct tape has been found to be suitable for sealing the container.

NOTE 5—This is the same temperature and temperature range as that specified for moist rooms in Specification C 511.

9.4 *Measurements of Length Change*—At 1, 2, 3, 4, 8, 13, and 15 weeks after the bars are placed in the sulfate solution, test them for length change using the length comparator in accordance with Specification C 490. Review the data at 15 weeks. Make the subsequent measurements at a minimum of 4, 6, 9, and 12 months. If at any time the rate of change between readings is great, insert other readings as needed to ensure the intervals are short enough to permit observing and reporting the behavior of the bars. If compliance with ACI C201-2R-01 Class 3 exposure is required, measure the bars at 4, 6, 9, 12, 15, and 18 months (Note 6).

NOTE 6—ACI C201-2R-01 requires an 18-month limit for Class 3 exposure.

9.4.1 *Details of Measurement of Bars for Length Change:*

9.4.1.1 Clean the hole in the base of the comparator into which the gage stud on the lower end of the bar fits (this hole tends to collect water and sand and should be cleaned after every reading). Read and record the comparator indication of the length of the reference bar. Take one bar out of immersion, blot the pins, put the bar in the comparator, read, and record the indication. Return the bar to immersion and clean the hole in the base of the comparator. Take out the second bar and treat it in a like manner. Return the second bar to immersion, record the reading, and clean the hole in the base of the comparator. Continue the procedure until all bars have been read, returned

to immersion, and the readings recorded, cleaning the hole in the bottom of the comparator each time. After reading the last bar, clean the hole in the comparator base and read and record the reference-bar indication.

9.4.1.2 When the required strength of the mortar is achieved in accordance with 9.2, store the bars in fresh sulfate solution. At subsequent readings for length change, proceed as described in 9.4.1.1; cleaning the socket in the base of the comparator before reading the reference bar initially and after reading each mortar bar. Record reference bar and mortar bar readings. Read and record the reference bar again after measurement of the last bar. Blot only around the pins (Note 7). Return each bar to the used sulfate solution after reading. When all the bars have been measured, discard the used solution. Rinse the container once with water, pouring out water and debris. Replace the frame holding the bars in the container, fill the container with enough new sulfate solution to immerse bars, and secure the lid on the container.

NOTE 7—The purpose of the minimal blotting of the pins and no blotting of the bars is to avoid drying and shrinkage of the bars. It has been observed that if the pins are blotted, and the bar placed in the comparator and the dial read, and the bar is then wiped gently with a dry cloth, the bar will shrink measurably. Therefore, drying should be minimized.

9.4.2 *Examination of Specimens After Measuring Length Change*—When the bars seem to have behaved in an unusual way or when the test is part of a research study, test the specimens for warping by placing them on a plane surface so that the ends are curved down and the maximum bowing measured. Note cracking (presence, location, type); also note surface deposits, mottling, exudations (nature, thickness, type).

9.5 *Tolerance on Time*—All references to elapsed time in 9.4 are intended to have a tolerance of $\pm 2\%$.

TABLE 1 Maximum Permissible Range of Values

Remaining No. of Specimens	Blended Cements	Portland Cement
3	0.034	0.010
4	0.037	0.011
5	0.039	0.012
6	0.041	0.012

10. Calculation

10.1 Calculate the length change at any age as follows:

$$\Delta L = \frac{L_x - L_i}{L_g} \times 100 \tag{1}$$

where:

ΔL = change in length at x age, %.

L_x = comparator reading of specimen at x age—reference bar comparator reading at x age, and

L_i = initial comparator reading of specimen—reference bar comparator reading, at the same time

L_g = nominal gage length, or 250 mm (10 in.) as applicable. (See C 490).

10.2 Calculate length change values for each bar to the nearest 0.001 % and report averages to the nearest 0.01 %.

C 1012 – 04

11. Report

11.1 Report type of cement, and, if blending material is used, its identification and amount and whether cement and blending material, if used, meet the applicable specifications. Report the initial comparator reading of each bar at the time of immersion in sulfate solution; this is the base value for calculation of length changes. Report the subsequent length changes in percent of base value to the nearest 0.001 % for individual bars and the nearest 0.01 % for averages. Comment on the visual condition of bars at end of the test. With each report of mean length change of bars at a particular age, report number of bars (*n*), standard deviation of length change, and coefficient of variation of length change. Data from at least three bars must be available at any age to constitute a valid test at that age. Depending upon how many remaining specimens there are, the maximum permissible range of the values must not exceed the values of length change in percent in Table 1.

11.2 Report any variation from the procedure outlined in the text as it relates to solution composition, concentration, or temperature, mortar proportions, age, or maturity, and so forth.

12. Precision and Bias

12.1 The precision of this test method has been evaluated by cooperative testing and found to vary with the type of cement studied, hence separate precision statements are given.⁶

12.1.1 *Blended Cements*—The single-operator standard deviation has been found to be 0.010 % for expansions between 0.04 % and 0.07 %. Therefore, results of two properly conducted tests by the same operator on the same blended cement Type IP or IS, should not differ from each other by more than

0.028 %. The multi-laboratory standard deviation has been found to be 0.020 % for expansions between 0.04 %, and 0.07 %. Therefore, results of two properly conducted tests on the same blended cement Type IP or IS in two different laboratories, should not differ from each other by more than 0.056 %.

12.1.2 *Type II Cement*—The single-operator standard deviation has been found to be 0.005 %, for expansions between 0.04 % and 0.07 %. Therefore, results of two properly conducted tests by the same operator on the same cement, should not differ from each other by more than 0.014 %. The multi-laboratory standard deviation has been found to be 0.020 % for expansions between 0.04 % and 0.07 %. Therefore, results of two properly conducted tests on the same cement in two different laboratories, should not differ from each other by more than 0.056 %.

12.1.3 *Type V Cement*—The single-operator standard deviation has been found to be 0.003 % for expansions between 0.04 % and 0.07 %. Therefore, results of two properly conducted tests by the same operator on the same cement, should not differ from each other by more than 0.009 %. The multi-laboratory standard deviation has been found to be 0.010 % for expansions between 0.04 % and 0.07 %. Therefore, results of two properly conducted tests on the same cement in two different laboratories should not differ from each other by more than 0.028 %.

12.2 *Bias*—Since there is no accepted reference material suitable for determining the bias for the procedure in this test method, no statement on bias is being made.

13. Keywords

13.1 acceptability; expansion; fly ash; mortars; pozzolans; precision; search report; slag; sulfate attack; sulfate-resisting cements; tests

⁶ Supporting data have been filed at ASTM International Headquarters and may be obtained by requesting Research Report RR: C01 – 1003.

ANNEX

(Mandatory Information)

A1. Determination of Water Content of Sodium Sulfate

A1.1 Apparatus

- A1.1.1 Porcelain crucible, 15mL,
- A1.1.2 Oven, drying capable of maintaining 110 ± 5°C
- A1.1.3 Desiccator with a good desiccant, such as magnesium perchlorate, or activated alumina. Calcium sulfate treated with a color-change indicator that shows when it has lost its effectiveness is also suitable.
- A1.1.4 Balance as described in Section 4 of Test Method C 114.

A1.2 Determining the water content

Determine the mass of approximately 1 g of the sodium sulfate in a tared porcelain crucible to the nearest 0.0001 g. Dry the crucible and its contents for 1 ± 0.25 hour in an oven at a temperature of 110 ± 5°C. Remove the crucible and its contents from the oven and cool in a desiccator until they are

at room temperature. (See Note A1.1) Record the mass of the crucible and sodium sulfate after heating.

NOTE A1.1—15-30 minutes are usually sufficient. A small Pyrex beaker could be used as long as the mass can accurately be weighed (e.g. 50ml beaker).

A1.3 Calculation

Calculate the water content of the sodium sulfate to the nearest 0.1%:

$$\% \text{ WC} = \frac{(M_1 - M_2) \times 100}{M_{ss}} \tag{A1.1}$$

where:
 % WC = water content, %
 M₁ = mass of sodium sulfate + crucible before heating, g

C 1012 – 04

M_f = mass of sodium sulfate + crucible after heating, g
 M_{ss} = mass of sodium sulfate before heating, g
 Use the % WC to correct the mass of sodium sulfate used in Section 5.4 (see Note A1.2).

NOTE A1.2—Example: Water content was determined to be 5.0 %. Thus, the corrected mass of anhydrous sodium sulfate present would be:

$$\frac{\text{Mass sodium sulfate uncorrected} \times (100 - \% \text{ WC})}{100} \quad (\text{A1.2})$$

or:

$$\frac{50 \text{ g Na}_2\text{SO}_4 \cdot x \text{ H}_2\text{O} \times (100 - 5)}{100} = 47.5 \text{ g} \quad (\text{A1.3})$$

or in reverse:

$$\frac{50 \text{ g Na}_2\text{SO}_4 \times 100}{(100 - 5)} = 52.6 \text{ g Na}_2\text{SO}_4 \cdot x \text{ H}_2\text{O} \quad (\text{A1.4})$$

APPENDIX

(Nonmandatory Information)

X1. Technical Background

X1.1 Test Method C 1012 was developed to explore the suitability of a test method for sulfate resistance based on length-change measurements of molded prisms immersed in sulfate solution. This approach was taken after it was established that Test Method C 452, in which the sulfate is added to the mortar as it is mixed, and the prisms stored in fresh water, was not able properly to evaluate sulfate resistance of blended cements and blends of portland cement with pozzolan or slag.

X1.2 This test method has been subjected to two rounds of cooperative testing. The first program involved five cements (Types I, II, and V of Specification C 150, and Types IS and IP of Specification C 595). The test solution contained both sodium sulfate and magnesium sulfate, each in the amount of 0.176 mol/L. A report of this work is available. A paper giving results using this test method has been published (1).⁷ The second program involved eight blends using a Type I and a Type II cement with 50 and 70 % slag, 25 % Class F, and 35 % Class C fly ash (Specification C 618). Two test solutions were used: one contained 0.303 mol/L sodium sulfate and 0.049 % magnesium sulfate; the other contained 0.352 mol/L sodium sulfate only.

X1.3 This test method involves length change of hydraulic-cement mortar bars immersed in a sulfate solution. Mortar bars are placed in the sulfate solution after companion mortar cubes have reached a compressive strength of 20.0 ± 1.0 MPa (3000 ± 150 psi). Attempts to use Test Method C 452 for blended cements and blends of portland cement and slag (Specification C 989) or pozzolan (Specification C 618) with portland cement failed to yield results that correlate with field and laboratory experience where the mortar or concrete developed some maturity prior to being exposed to external sulfate solution (2). Since some blended cements and some blends of slag and pozzolan with portland cement have been successfully used where sulfate resistance was needed, they are tested under circumstances which permit comparisons to be based on results obtained when all the sulfate exposures are begun at equivalent

strength since, in practice, it is likely that the concrete will be at about the same strength when sulfate attack begins regardless of the type of cementitious medium employed. This test method is also applicable for use in evaluating portland cements.

X1.4 The solution of 0.176 mol/L of each of the two sulfates (magnesium and sodium) studied in the first cooperative program, is believed likely to adversely affect blends or blended cements containing slag, due to a magnesium ion (3, 4) attack, this attack being unrelated to sulfate attack. Therefore, this solution should not be used to evaluate such systems unless they are to be exposed in service to attack in which the magnesium ion (Mg^{++}) is present in amounts approaching that of the test solution (4200 ppm).

X1.5 This test method does not simulate the mechanism of sulfate attack by solutions of sulfate compositions other than that used. If evaluation of behavior due to exposure to a given sulfate solution is desired, that solution should be used.

X1.6 The user may therefore modify this test method to use any relevant compositions or concentrations of aggressive solutions, other ages or degrees of maturity as the basis for beginning the exposure, mortars of different proportions, or different or additional means of assessing the influence of the aggressive solution on the specimens. Much work was done using mortar bars of lower strength (higher porosity) in previous cooperative tests sponsored by Committee C01 (5-7). A procedure in which sodium sulfate is kept at constant alkalinity/acidity has been proposed (8). Other methods of assessing the influence of the aggressive solutions that have been used or proposed include (a) change in pulse velocity (Test Method C 597), (b) change in resonant frequency (Test Method C 215), (c) change in compressive strength (Test Methods C 109/C 109M and C 349), (d) change in flexural strength (Test Method C 348), (e) change in mass, and (f) change in hardness (Test Methods E 18).

X1.7 Work reported by Polivka and Brown (9) in 1958 and by Mehta and Polivka in 1975 (10) included tests of concrete exposed to a mixed sulfate solution containing 5 % each of

⁷ The boldface numbers in parentheses refer to the list of references at the end of this test method.

 C 1012 – 04

sodium and magnesium sulfate. Other relevant work is cited in the references (1-19).

X1.8 The second cooperative study used both a mixed sodium/magnesium sulfate solution and a sodium sulfate

solution. Precision of the results and the ranking of the cements did not differ between the solutions. Hence, the simpler test, using sodium sulfate, was selected as the standard.

REFERENCES

- (1) Rosnerl, J. C., Chehovits, J. G., and Wharburton, R. G., "Sulfate Resistance of Mortars Using Fly Ash as a Partial Replacement for Portland Cement," *Proceedings*, Sixth International Conference on Utilization of Fly Ash, Reno, March 1982.
- (2) Mather, Bryant, "Laboratory Tests of Portland Blast-Furnace Slag Cements," *Journal of the American Concrete Institute*, Proceedings, Vol 54, 1957, pp 205-232.
- (3) Biezok, I. *Concrete Corrosion, Concrete Protection*, Chemical Publishing Company, New York, 1967, p 178.
- (4) Miller, D. G., and Snyder, C. G., "Report on Comparative Short-Time Tests for Sulfate Resistance of 121 Commercial Cements," Report of Committee C-1 on Cement, Appendix III, *Proceedings*, ASTM, Vol 45, 1945, pp 165-194.
- (5) Wolochow, D., "Determination of the Sulfate Resistance of Portland Cement," Report of Committee C-1 on Cement, Appendix, *Proceedings*, ASTM, Vol 52, 1952, pp. 250-363.
- (6) Wolochow, D., "A Lean Mortar Bar Expansion Test for Sulfate Resistance of Portland Cements," Appendix A, *Proceedings*, ASTM, Vol 52, 1952, pp 264-265.
- (7) Mather, Katharine, "Tests and Evaluation of Portland and Blended Cements for Resistance to Sulfate Attack," *ASTM STP 663*, 1978, pp 74-86.
- (8) Mehta, P. K., "Evaluation of Sulfate-Resisting Cements by a New Test Method," *Proceedings of the American Concrete Institute*, Vol 72, Oct. 1975, pp 573-575.
- (9) Polivka, M., and Brown, E. H., "Influence of Various Factors on Sulfate Resistance of Concretes Containing Pozzolan," *Proceedings*, ASTM, Vol 58, 1958, pp 1077-1100.
- (10) Mehta, P. K., and Polivka, M., "Sulfate Resistance of Expansive Cement Concretes," *American Concrete Inst SP-47*, 1975, pp 367-379.
- (11) Regourd, M., "The Action of Sea Water on Cements," *Annales de L'Institut Technique du Batiment et des Travaux Publics*, Vol 329, 1975, pp 86-102.
- (12) Mehta, P. K., and Haynes, H. H., "Durability of Concrete in Sea Water," *Proceedings of the American Society for Civil Engineers*, Vol 101, No. ST 8, 1975, pp 1679-1686.
- (13) Campus, F., "Essais de resistance des Mortiers et Betons à la Mer (1934-1964)," *Silicates Industriel*, Vol 28, 1963, pp 79-88.
- (14) Bakker, R., "On the Cause of Increased Resistance of Concrete Made From Blast Furnace Cement to the Alkali Silica Reaction and to Sulfate Corrosion," (English Translation of doctoral thesis at RWTH 1980), Maastricht, 1981, 144 pp.
- (15) Miller, D. G., and Manson, P. W., "Tests of 106 Commercial Cements for Sulfate Resistance," *Proceedings*, ASTM, Vol 40, 1940, pp 988-1001.
- (16) Lea, F. M., *The Chemistry of Cement and Concrete*, Third Edition, Chemical Publishing Co., Inc., New York, NY, 1970, pp 727.
- (17) Brown, P. W., "An Evaluation of the Sulfate Resistance of Cements in a Controlled Environment," *Cement and Concrete Research*, Vol 11, 1981, pp 719-727.
- (18) Patzias, Terry, "Evaluation of Sulfate Resistance of Hydraulic-Cement Mortars by the ASTM C1012 Test Method. *Concrete Durability*, Katharine and Bryant Mather International Conference, American Concrete Institute SP-100, Vol 2, 1987, pp 2103-2120.
- (19) Patzias, T., "The Development of ASTM C1012 with Recommended Acceptance Limits for Sulfate Resistance of Hydraulic Cement," *Cement, Concrete, and Aggregates, CCA GDP*, Vol 13, No. 1, Summer 1991, pp. 50-57.

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).

ANEXO E

**DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN SIMPLE**





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO (ASTM C-39)



Tesis : INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FC 210 KG/CM2

Tesista : Bach. GUILLERMO ISIDRO PERCA

DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	PESO (kg.)	DIMENSIONES (cm)			ALTIMETRO (cm)	ÁREA DE BRIQUETA (cm ²)	RESISTENCIA A DE DISEÑO (kg/cm ²)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg-f/cm ²)	% DE RESISTENCIA
					DIÁMETRO (cm)		PROMEDIO						
					DIAM 1	DIAM 2							
CN-01	18/07/2016	25/07/2016	7	12.13	15.22	15.19	15.21	30.5	181.58	210	25.670	141.37	67.32%
CN-02	18/07/2016	25/07/2016	7	11.97	15.25	15.30	15.28	30.1	183.25	210	26.980	147.23	70.11%
CN-03	18/07/2016	25/07/2016	7	11.99	15.24	15.33	15.29	30.0	183.49	210	26.980	147.04	70.02%
CN-05	31/07/2016	15/08/2016	15	11.44	15.02	15.00	15.01	30.1	176.95	210	29.860	168.75	80.36%
CN-06	31/07/2016	15/08/2016	15	12.03	15.27	15.21	15.24	30.2	182.41	210	30.830	169.01	80.48%
CN-07	31/07/2016	15/08/2016	15	12.04	15.27	15.28	15.28	30.1	183.25	210	30.580	166.87	79.46%
CN-08	31/07/2016	15/08/2016	15	11.89	15.22	15.24	15.23	29.8	182.18	210	32.040	175.87	83.75%
CN-09	31/07/2016	29/08/2016	29	12.14	15.30	15.24	15.27	30.1	183.13	210	39.940	218.09	103.85%
CN-10	31/07/2016	29/08/2016	29	12.26	15.24	15.28	15.26	30.1	182.89	210	39.080	213.68	101.75%
CN-11	31/07/2016	29/08/2016	29	12.20	15.32	15.30	15.31	30.2	184.09	210	40.620	220.65	105.07%
CN-12	31/07/2016	29/08/2016	29	12.29	15.31	15.30	15.31	30.4	183.97	210	39.710	215.85	102.78%
CP(0.6)-01	18/07/2016	25/07/2016	7	11.90	15.19	15.28	15.24	30.0	182.30	210	25.030	137.30	65.38%
CP(0.6)-02	18/07/2016	25/07/2016	7	12.20	15.30	15.29	15.30	30.6	183.73	210	24.550	133.62	63.63%
CP(0.6)-03	18/07/2016	25/07/2016	7	12.10	15.24	15.25	15.25	30.3	182.53	210	26.290	144.03	68.58%
CP(0.6)-05	31/07/2016	15/08/2016	15	12.20	15.30	15.34	15.32	30.3	184.33	210	35.730	193.83	92.30%
CP(0.6)-06	31/07/2016	15/08/2016	15	12.08	15.34	15.29	15.32	30.2	184.21	210	37.170	201.78	96.08%
CP(0.6)-07	31/07/2016	15/08/2016	15	12.09	15.30	15.30	15.30	30.1	183.85	210	33.400	181.67	86.51%
CP(0.6)-08	31/07/2016	15/08/2016	15	12.27	15.32	15.34	15.33	30.0	184.58	210	37.060	200.78	95.61%
CP(0.6)-09	01/08/2016	29/08/2016	28	12.35	15.24	15.19	15.22	30.6	181.82	210	37.710	207.41	98.77%
CP(0.6)-10	01/08/2016	29/08/2016	28	12.29	15.40	15.36	15.38	30.5	185.78	210	37.310	200.83	95.63%
CP(0.6)-11	01/08/2016	29/08/2016	28	12.14	15.28	15.25	15.27	30.2	183.01	210	34.020	185.89	88.52%
CP(0.6)-12	01/08/2016	29/08/2016	28	12.16	15.24	15.26	15.25	30.2	182.65	210	35.060	191.95	91.40%



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO (ASTM C-39)



Tesis : INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO F' C 210 KG/CM²

Tesista : Bach. GUILLERMO ISIDRO PERCA

DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	PESO (kg.)	DIMENSIONES			ÁREA DE BRIQUETA (cm ²)	RESISTENCIA A DE DISEÑO (kg/cm ²)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg-f/cm ²)	% DE RESISTENCIA
					DIÁMETRO (cm.)		ALTURA (cm.)					
					DIAM 1	DIAM 2						
CP(1.2)-01	19/07/2016	26/07/2016	7	11.98	15.40	15.26	15.33	184.58	210	29.670	160.75	76.55%
CP(1.2)-02	19/07/2016	26/07/2016	7	11.85	15.37	15.30	15.34	184.70	210	26.790	145.05	69.07%
CP(1.2)-03	19/07/2016	26/07/2016	7	12.12	15.27	15.26	15.27	183.01	210	26.600	145.34	69.21%
CP(1.2)-05	01/08/2016	15/08/2016	14	12.15	15.21	15.28	15.25	182.53	210	37.860	207.41	98.77%
CP(1.2)-06	01/08/2016	15/08/2016	14	11.46	15.00	15.06	15.03	177.42	210	33.150	186.84	88.97%
CP(1.2)-07	01/08/2016	15/08/2016	14	11.88	15.23	15.21	15.22	181.94	210	36.380	199.96	95.22%
CP(1.2)-08	01/08/2016	15/08/2016	14	12.13	15.30	15.27	15.29	183.49	210	35.230	192.00	91.43%
CP(1.2)-09	04/08/2016	01/09/2016	28	12.15	15.28	15.32	15.30	183.85	210	35.780	194.61	92.67%
CP(1.2)-10	04/08/2016	01/09/2016	28	12.07	15.23	15.29	15.26	182.89	210	34.970	191.20	91.05%
CP(1.2)-11	04/08/2016	01/09/2016	28	12.04	15.22	15.29	15.26	182.77	210	36.000	196.96	93.79%
CP(1.2)-12	04/08/2016	01/09/2016	28	12.31	15.30	15.20	15.25	182.65	210	34.460	188.66	89.84%
CP(1.8)-01	19/07/2016	26/07/2016	7	12.10	15.26	15.19	15.23	182.06	210	29.510	162.09	77.19%
CP(1.8)-02	19/07/2016	26/07/2016	7	12.02	15.26	15.24	15.25	182.65	210	29.870	163.53	77.87%
CP(1.8)-03	19/07/2016	26/07/2016	7	12.25	15.23	15.27	15.25	182.65	210	28.400	155.49	74.04%
CP(1.8)-04	01/08/2016	08/08/2016	7	11.91	15.33	15.21	15.27	183.13	210	28.740	156.93	74.73%
CP(1.8)-05	01/08/2016	15/08/2016	14	12.06	15.31	15.37	15.34	184.82	210	32.770	177.31	84.43%
CP(1.8)-06	01/08/2016	15/08/2016	14	12.17	15.32	15.29	15.31	183.97	210	33.030	179.54	85.49%
CP(1.8)-07	01/08/2016	15/08/2016	14	12.00	15.24	15.21	15.23	182.06	210	34.160	187.63	89.35%
CP(1.8)-08	01/08/2016	15/08/2016	14	12.00	15.28	15.27	15.28	183.25	210	33.090	180.57	85.99%
CP(1.8)-09	04/08/2016	01/09/2016	28	12.20	15.20	15.29	15.25	182.53	210	34.320	188.02	89.53%
CP(1.8)-10	04/08/2016	01/09/2016	28	12.10	15.32	15.29	15.31	183.97	210	33.990	184.75	87.98%
CP(1.8)-11	04/08/2016	01/09/2016	28	12.23	15.20	15.27	15.24	182.30	210	34.380	188.60	89.81%
CP(1.8)-12	04/08/2016	01/09/2016	28	12.31	15.19	15.30	15.25	182.53	210	36.940	202.37	96.37%



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO (ASTM C-39)



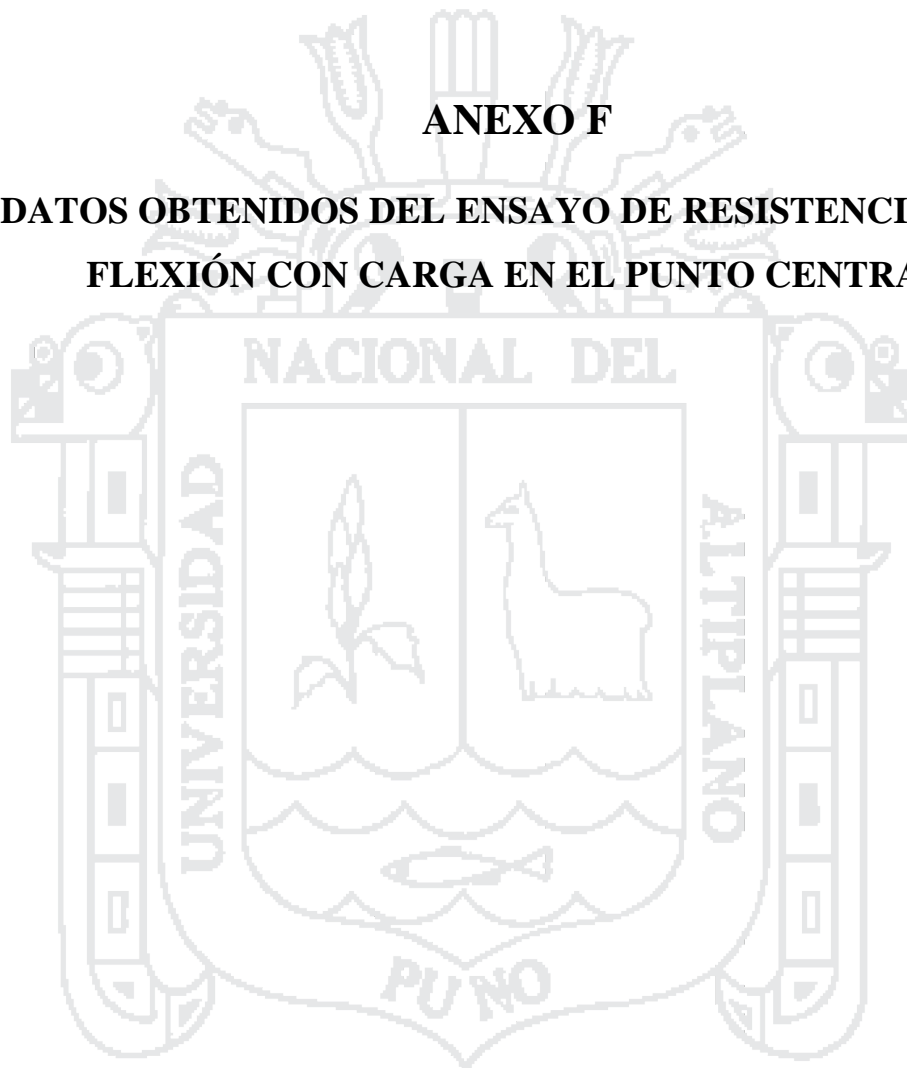
Tesis : INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO F' C 210 KG/CM²

Tesista : Bach. GUILLERMO ISIDRO PERCA

DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	PESO (kg.)	DIMENSIONES			ÁREA DE BRIQUETA (cm ²)	RESISTENCIA A DE DISEÑO (kg/cm ²)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DEL CONCRETO (kg-f/cm ²)	% DE RESISTENCIA
					DIÁMETRO (cm)		ALTURA (cm)					
					DIAM 1	DIAM 2						
CP(2.4)-01	01/08/2016	08/08/2016	7	12.12	15.27	15.29	15.28	183.37	210	30.350	165.51	78.81%
CP(2.4)-02	01/08/2016	08/08/2016	7	12.06	15.19	15.25	15.22	181.94	210	29.930	164.51	78.34%
CP(2.4)-03	01/08/2016	08/08/2016	7	12.07	15.27	15.26	15.27	183.01	210	29.990	163.87	78.03%
CP(2.4)-04	01/08/2016	08/08/2016	7	11.97	15.25	15.35	15.30	183.85	210	30.080	163.61	77.91%
CP(2.4)-05	03/08/2016	18/08/2016	15	12.21	15.22	15.41	15.32	184.21	210	36.570	198.52	94.53%
CP(2.4)-06	03/08/2016	18/08/2016	15	11.47	15.10	15.00	15.05	177.89	210	32.720	183.93	87.59%
CP(2.4)-07	03/08/2016	18/08/2016	15	12.11	15.28	15.27	15.28	183.25	210	33.930	185.15	88.17%
CP(2.4)-08	03/08/2016	18/08/2016	15	12.15	15.07	15.33	15.20	181.46	210	34.600	190.68	90.80%
CP(2.4)-09	03/08/2016	31/08/2016	28	12.38	15.27	15.24	15.26	182.77	210	37.350	204.35	97.31%
CP(2.4)-10	03/08/2016	31/08/2016	28	12.10	15.26	15.30	15.28	183.37	210	38.000	207.23	98.68%
CP(2.4)-11	03/08/2016	31/08/2016	28	12.08	15.25	15.20	15.23	182.06	210	38.070	209.11	99.58%
CP(2.4)-12	03/08/2016	31/08/2016	28	12.25	15.28	15.24	15.26	182.89	210	36.630	200.28	95.37%

ANEXO F

DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN CON CARGA EN EL PUNTO CENTRAL



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN CON CARGA EN EL PUNTO CENTRAL (ASTM C-293-02)

Tesis : INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM2
Tesisista : Bach. GUILLERMO ISIDRO PERCA


DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	PESO (kg.)	DIMENSIONES										Deforcación	LECTURA DEL DIAL (kg-f)		RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (MPa) <i>R = 3 PL/(2bd²)</i>	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (kg-f/cm ²)		
					BASE (mm.)			PERALTE (mm.)				PROMEDIO (mm.)				DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm.)				P (kg-f)	P (N)
					b1	b2	b3	d1	d2	d3	b	d	L	δ (mm.)							
CN-01	01/08/2016	29/08/2016	28	25.70	152.2	151.9	152.1	152.0	151.8	151.9	151.9	152.1	151.9	151.9	457.2	0.28	1.668	16.357	3.20	32.59	
CN-02	01/08/2016	29/08/2016	28	25.67	150.0	151.1	151.9	151.8	151.7	151.9	151.9	151.8	151.9	151.5	457.2	0.25	1.600	15.691	3.10	31.66	
CN-03	01/08/2016	29/08/2016	28	25.93	151.4	152.0	151.6	152.0	152.2	151.9	151.7	152.0	151.7	152.0	457.2	0.33	1.650	16.181	3.17	32.28	
CN-05	18/08/2016	01/09/2016	14	25.53	150.0	151.1	151.2	152.5	152.9	151.8	150.8	152.4	150.8	152.4	457.2	0.19	1.620	15.887	3.11	31.73	
CN-06	18/08/2016	01/09/2016	14	25.47	149.8	151.2	151.5	150.0	151.2	150.5	150.8	150.6	150.8	150.6	457.2	0.15	1.560	15.298	3.07	31.29	
CN-07	18/08/2016	01/09/2016	14	25.11	151.7	152.0	151.2	150.6	151.0	150.8	151.6	150.8	151.6	150.8	457.2	0.15	1.420	13.925	2.77	28.24	
CN-08	22/08/2016	29/08/2016	7	25.68	150.0	151.1	151.4	150.9	151.5	151.0	150.8	151.1	150.8	151.1	457.2	0.11	1.580	15.495	3.08	31.45	
CN-09	22/08/2016	29/08/2016	7	25.62	151.4	152.2	151.4	150.8	151.2	151.0	151.7	151.0	151.7	151.0	457.2	0.09	1.530	15.004	2.98	30.34	
CN-10	22/08/2016	29/08/2016	7	25.36	150.0	151.2	150.8	149.0	150.5	150.8	150.7	150.1	150.7	150.1	457.2	0.13	1.260	12.356	2.50	25.46	
CP(0.6)-01	15/08/2016	12/09/2016	28	25.73	151.0	151.5	152.0	149.5	151.5	151.0	151.5	150.7	151.5	150.7	457.2	0.38	1.750	17.162	3.42	34.90	
CP(0.6)-02	15/08/2016	12/09/2016	28	25.22	149.8	150.5	151.0	149.0	149.5	149.0	149.5	150.4	150.4	149.2	457.2	0.45	1.540	15.102	3.09	31.55	
CP(0.6)-03	15/08/2016	12/09/2016	28	25.54	151.0	151.8	152.0	149.0	149.0	149.0	149.0	151.6	149.7	149.7	457.2	0.40	1.760	17.260	3.49	35.54	
CP(0.6)-04	21/08/2016	05/09/2016	15	25.66	152.0	151.0	151.5	150.0	151.0	150.0	151.5	150.3	151.5	150.3	457.2	0.27	1.590	15.593	3.12	31.85	
CP(0.6)-05	21/08/2016	05/09/2016	15	25.65	152.5	154.5	153.0	150.0	150.9	150.9	153.3	153.3	153.3	150.3	457.2	0.25	1.580	15.495	3.07	31.28	
CP(0.6)-06	22/08/2016	29/08/2016	7	25.36	151.1	151.8	152.0	152.5	153.1	152.8	151.6	152.8	151.6	152.8	457.2	0.17	1.300	12.749	2.47	25.18	
CP(0.6)-07	22/08/2016	29/08/2016	7	25.40	151.1	151.3	152.1	150.8	150.0	150.5	151.5	150.4	151.5	150.4	457.2	0.16	1.520	14.906	2.98	30.40	
CP(0.6)-08	22/08/2016	29/08/2016	7	25.64	152.0	153.1	152.3	151.0	150.9	150.1	152.5	150.7	152.5	150.7	457.2	0.14	890	8.728	1.73	17.64	
CP(0.6)-09	22/08/2016	05/09/2016	14	25.50	152.0	152.0	151.5	150.0	151.0	151.5	151.8	151.8	151.8	150.8	457.2	0.22	1.730	16.966	3.37	34.35	

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN CON CARGA EN EL PUNTO CENTRAL (ASTM C-293-02)

Tesis : INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM2
Tesisista : Bach. GUILLERMO ISIDRO PERCA

DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	PESO (kg.)	DIMENSIONES												Deforcación	LECTURA DEL DIAL (kg-f)		RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (MPa) $R = 3 PL / (2bd^2)$	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (kg-f/cm ²)	
					BASE (mm.)			PERALTE (mm.)			PROMEDIO (mm.)			DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm.)				δ (mm.)	P (kg-f)			P (N)
					b1	b2	b3	d1	d2	d3	b	d	d	L	L	L						
CP(1.2)-01	15/08/2016	12/09/2016	28	25.40	151.5	151.0	151.3	149.0	149.5	149.0	151.3	149.2	151.3	149.2	457.2	0.65	1.680	16.475	3.36	34.23		
CP(1.2)-02	15/08/2016	12/09/2016	28	25.51	151.0	151.8	152.4	151.0	152.0	151.0	151.7	151.3	151.7	151.3	457.2	0.57	1.760	17.260	3.41	34.73		
CP(1.2)-03	15/08/2016	12/09/2016	28	25.54	151.0	151.5	152.1	149.8	149.5	150.0	151.5	149.8	151.5	149.8	457.2	0.59	1.770	17.368	3.50	35.71		
CP(1.2)-04	29/08/2016	05/09/2016	7	25.82	151.0	152.0	151.0	151.0	152.0	150.0	151.3	151.0	151.3	151.0	457.2	0.27	1.380	13.533	2.69	27.43		
CP(1.2)-05	29/08/2016	05/09/2016	7	25.45	152.5	151.0	151.0	151.0	151.0	151.0	151.5	150.7	151.5	150.7	457.2	0.23	1.420	13.925	2.78	28.32		
CP(1.2)-06	29/08/2016	05/09/2016	7	25.82	152.0	152.5	154.0	151.0	150.0	150.9	152.8	150.6	152.8	150.6	457.2	0.28	1.400	13.729	2.72	27.69		
CP(1.2)-07	01/09/2016	15/09/2016	14	25.62	151.0	151.3	152.1	152.2	151.5	150.9	151.5	151.5	151.5	151.5	457.2	0.40	1.580	15.495	3.06	31.15		
CP(1.2)-08	01/09/2016	15/09/2016	14	25.37	151.0	151.2	151.8	152.0	152.0	151.5	151.3	151.8	151.3	151.8	457.2	0.30	1.600	15.691	3.08	31.45		
CP(1.2)-09	01/09/2016	15/09/2016	14	25.51	152.0	151.5	152.0	151.1	151.5	152.0	151.8	151.5	151.8	151.5	457.2	0.32	1.610	15.789	3.11	31.67		
CP(1.8)-01	18/08/2016	15/09/2016	28	25.76	151.2	152.0	151.8	150.9	151.2	149.8	151.7	150.6	151.7	150.6	457.2	0.67	1.830	17.946	3.58	36.47		
CP(1.8)-02	18/08/2016	15/09/2016	28	25.54	151.4	152.1	152.0	150.0	151.0	149.5	151.7	150.2	151.7	150.2	457.2	0.63	1.840	18.044	3.62	36.88		
CP(1.8)-03	18/08/2016	15/09/2016	28	25.53	152.0	152.1	151.4	149.8	151.0	149.5	151.8	150.1	151.8	150.1	457.2	0.69	1.930	18.927	3.79	38.69		
CP(1.8)-04	21/08/2016	05/09/2016	15	25.35	151.0	151.0	151.5	151.0	152.0	150.9	151.2	151.3	151.2	151.3	457.2	0.38	1.670	16.377	3.25	33.10		
CP(1.8)-05	21/08/2016	05/09/2016	15	25.82	152.0	152.5	152.0	150.0	150.9	150.5	152.2	150.5	152.2	150.5	457.2	0.45	1.500	14.710	2.93	29.86		
CP(1.8)-06	21/08/2016	29/08/2016	8	25.48	151.8	151.5	151.0	151.2	151.8	150.7	151.4	151.2	151.4	151.2	457.2	0.30	1.400	13.729	2.72	27.72		
CP(1.8)-07	21/08/2016	05/09/2016	15	25.54	150.0	152.0	151.5	150.0	151.0	150.0	151.2	150.3	151.2	150.3	457.2	0.40	1.510	14.808	2.97	30.31		
CP(1.8)-08	21/08/2016	29/08/2016	8	25.62	152.0	152.5	152.9	151.1	151.5	150.8	152.5	151.1	152.5	151.1	457.2	0.32	1.520	14.906	2.94	29.93		
CP(1.8)-09	21/08/2016	29/08/2016	8	25.18	151.2	151.9	152.0	152.7	151.8	152.7	151.7	152.2	151.7	152.2	457.2	0.19	1.670	16.377	3.20	32.61		




UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN CON CARGA EN EL PUNTO CENTRAL (ASTM C-293-02)

Tesis : INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM²

Tesista : Bach. GUILLERMO ISIDRO PERCA



DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	PESO (kg.)	DIMENSIONES										Deforcación δ (mm.)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)		RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (MPa) $R = 3 PL / (2bd^2)$	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (kg-f/cm ²)
					BASE (mm.)			PERALTE (mm.)			PROMEDIO (mm.)					DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm.)			
					b1	b2	b3	d1	d2	d3	b	d	L	P (kg-f)		P (N)			
CP(2-4)-01	15/08/2016	12/09/2016	28	25.43	150.7	151.2	150.0	152.0	152.8	153.0	150.6	152.6	152.6	457.2	0.63	1.830	17.946	3.51	35.78
CP(2-4)-02	15/08/2016	12/09/2016	28	25.48	152.7	152.0	152.0	151.0	151.0	151.0	152.2	152.2	151.0	457.2	0.74	1.760	17.260	3.41	34.77
CP(2-4)-03	18/08/2016	01/09/2016	14	25.43	151.8	152.0	151.5	152.2	153.0	152.1	151.8	152.4	152.4	457.2	0.50	1.570	15.396	2.99	30.53
CP(2-4)-04	18/08/2016	15/09/2016	28	25.65	149.6	151.2	151.0	151.1	152.0	150.7	150.6	151.3	151.3	457.2	0.70	1.760	17.260	3.43	35.03
CP(2-4)-05	29/08/2016	05/09/2016	7	25.54	152.0	151.0	151.0	150.9	150.0	150.0	151.3	151.3	150.3	457.2	0.28	1.480	14.514	2.91	29.69
CP(2-4)-06	29/08/2016	05/09/2016	7	25.97	151.0	153.0	152.5	151.0	151.5	152.0	152.2	151.5	152.2	457.2	0.30	1.480	14.514	2.85	29.06
CP(2-4)-07	29/08/2016	05/09/2016	7	25.85	151.5	153.0	152.5	152.0	152.0	151.0	152.3	151.7	152.3	457.2	0.34	1.470	14.416	2.82	28.77
CP(2-4)-08	29/08/2016	12/09/2016	14	25.47	150.0	151.3	150.0	150.9	150.1	151.0	150.4	150.4	150.4	457.2	0.47	1.640	16.083	3.23	32.94
CP(2-4)-09	29/08/2016	12/09/2016	14	25.51	151.0	151.5	151.5	151.0	151.0	150.3	151.3	151.3	150.8	457.2	0.48	1.670	16.377	3.27	33.29

ANEXO G

CUADROS ESTADÍSTICOS

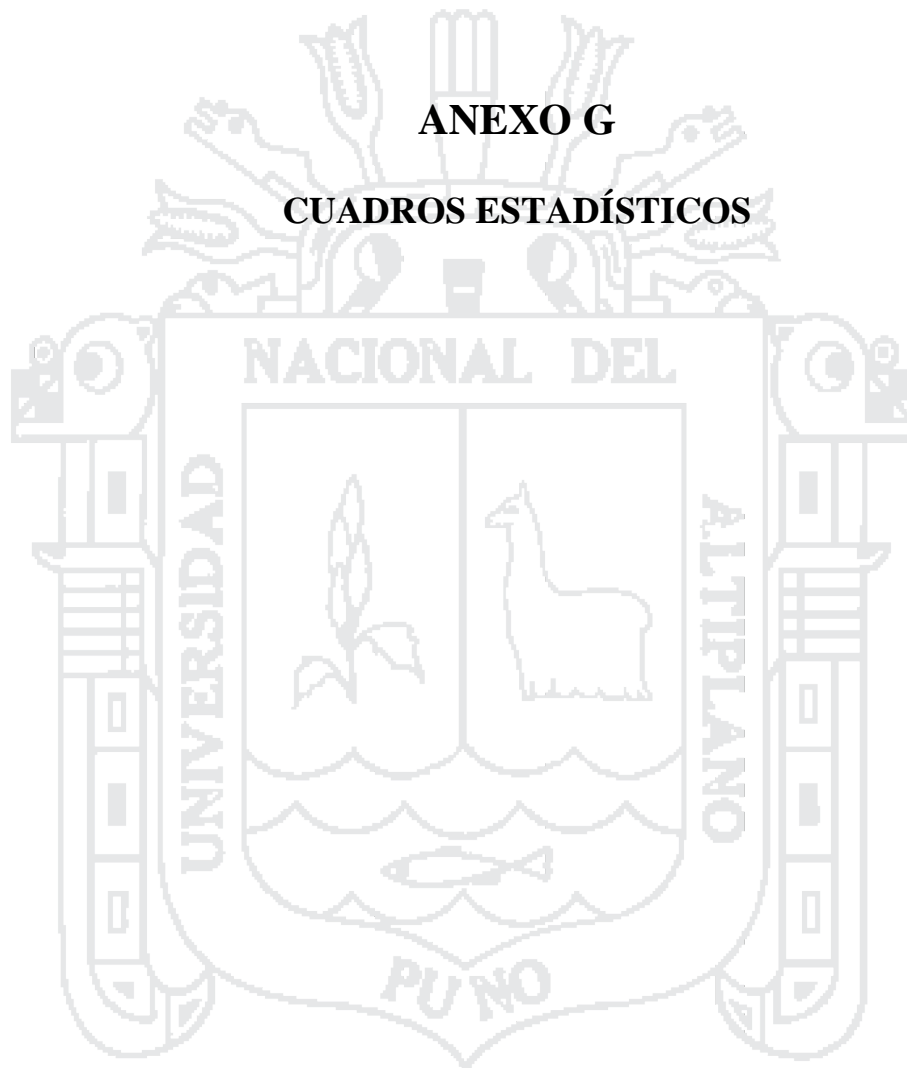


TABLA I
(Continuación).

COLUMNAS			
(1) Puntuación "Z"	(2) Distancia de "Z" a la media	(3) Área de la parte mayor	(4) Área de la parte menor
1.30	.4032	.9032	.0968
1.31	.4049	.9049	.0951
1.32	.4066	.9066	.0934
1.33	.4082	.9082	.0918
1.34	.4099	.9099	.0901
1.35	.4115	.9115	.0885
1.36	.4131	.9131	.0869
1.37	.4147	.9147	.0853
1.38	.4162	.9162	.0838
1.39	.4177	.9177	.0823
1.40	.4192	.9192	.0808
1.41	.4207	.9207	.0793
1.42	.4222	.9222	.0778
1.43	.4236	.9236	.0764
1.44	.4251	.9251	.0749
1.45	.4265	.9265	.0735
1.46	.4279	.9279	.0721
1.47	.4292	.9292	.0708
1.48	.4306	.9306	.0694
1.49	.4319	.9319	.0681
1.50	.4332	.9332	.0668
1.51	.4345	.9345	.0655
1.52	.4357	.9357	.0643
1.53	.4370	.9370	.0630
1.54	.4382	.9382	.0618
1.55	.4394	.9394	.0606
1.56	.4406	.9406	.0594
1.57	.4418	.9418	.0582
1.58	.4429	.9429	.0571
1.59	.4441	.9441	.0559
1.60	.4452	.9452	.0548
1.61	.4463	.9463	.0537
1.62	.4474	.9474	.0526
1.63	.4484	.9484	.0516
1.64	.4495	.9495	.0505

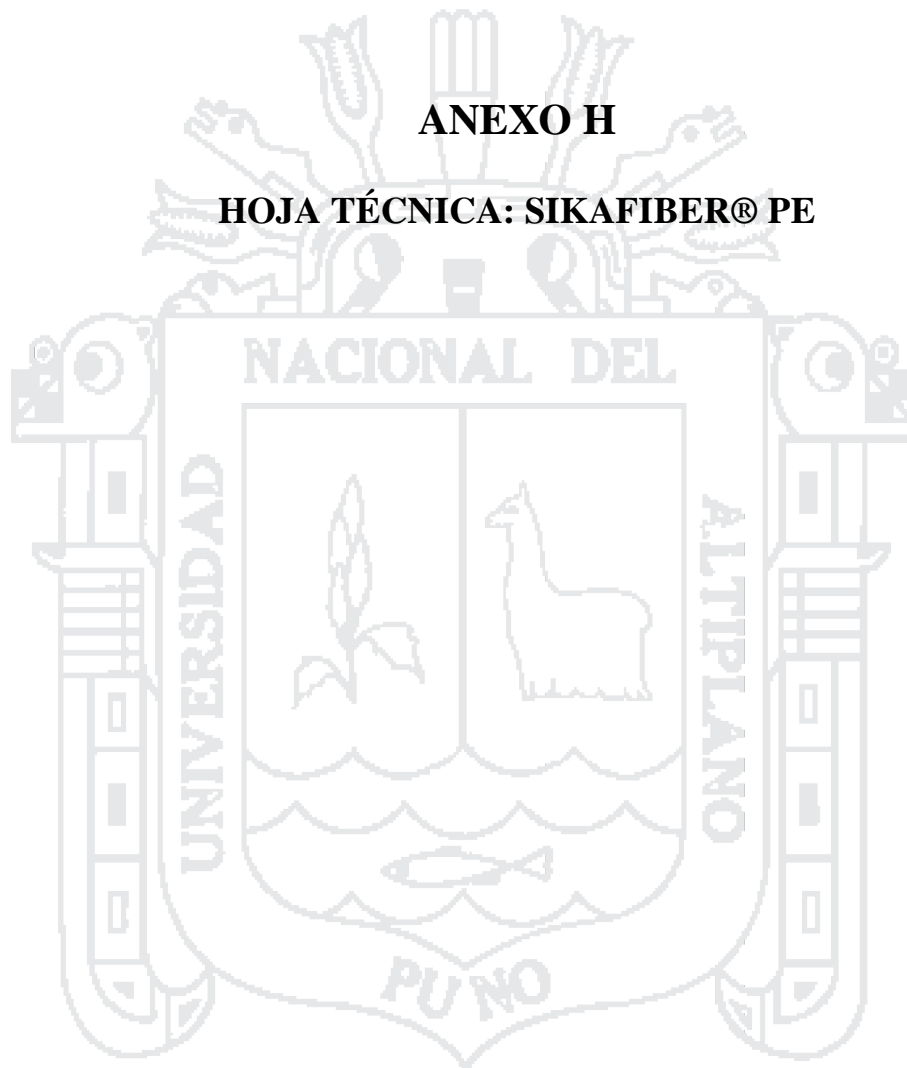
464 Metodología de la investigación

TABLA I
(Continuación).

COLUMNAS			
(1) Puntuación "Z"	(2) Distancia de "Z" a la media	(3) Área de la parte mayor	(4) Área de la parte menor
1.65	.4505	.9505	.0495
1.66	.4515	.9515	.0485
1.67	.4525	.9525	.0475
1.68	.4535	.9535	.0465
1.69	.4545	.9545	.0455
1.70	.4554	.9554	.0446
1.71	.4564	.9564	.0436
1.72	.4573	.9573	.0427
1.73	.4582	.9582	.0418
1.74	.4591	.9591	.0409
1.75	.4599	.9599	.0401
1.76	.4608	.9608	.0392
1.77	.4616	.9616	.0384
1.78	.4625	.9625	.0375
1.79	.4633	.9633	.0367
1.80	.4641	.9641	.0359
1.81	.4649	.9649	.0351
1.82	.4656	.9656	.0344
1.83	.4664	.9664	.0336
1.84	.4671	.9671	.0329
1.85	.4678	.9678	.0322
1.86	.4686	.9686	.0314
1.87	.4693	.9693	.0307
1.88	.4699	.9699	.0301
1.89	.4706	.9706	.0294
1.90	.4713	.9713	.0287
1.91	.4719	.9719	.0281
1.92	.4726	.9726	.0274
1.93	.4732	.9732	.0268
1.94	.4738	.9738	.0262
1.95	.4744	.9744	.0256
1.96	.4750	.9750	.0250
1.97	.4756	.9756	.0244
1.98	.4761	.9761	.0239
1.99	.4767	.9767	.0233

ANEXO H

HOJA TÉCNICA: SIKAFIBER® PE





HOJA TÉCNICA

Sikafiber® PE

Fibra de Polipropileno para el refuerzo de concreto

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sikafiber® PE, es un refuerzo de fibra de polipropileno modificada que evita el agrietamiento de concretos y morteros.

Sikafiber® PE está compuesto por una mezcla de monofilamentos reticulados y enrollados.

Durante la mezcla Sikafiber® PE se distribuye aleatoriamente dentro de la masa de concreto o mortero formando una red tridimensional muy uniforme.

USOS

- Losas de concreto (placas, pavimentos, techos, etc)
- Mortero y concreto proyectado. (Shotcrete).
- Paneles de fachada.
- Elementos prefabricados.
- Revestimientos de canales.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

La adición de Sikafiber® PE, sustituye a la armadura destinada a absorber las tensiones que se producen durante el fraguado y endurecimiento del concreto, aportando las siguientes ventajas:

- Reducción de la fisuración por retracción e impidiendo su propagación.
- Aumento importante del índice de tenacidad del concreto.
- Mejora la resistencia al impacto, reduciendo la fragilidad.
- En mayor cuantía mejora la resistencia a la tracción y a la compresión.
- La acción del Sikafiber PE es de tipo físico y no afecta el proceso de hidratación del cemento.

DATOS BÁSICOS

FORMA

ASPECTO

Fibra

COLOR

Crema

Hoja Técnica
Sikafiber® PE
24.11.14, Edición 2

	<p>PRESENTACIÓN Bolsa de 600 gr</p>
ALMACENAMIENTO	<p>CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL Un año en un lugar seco y bajo techo, en envases bien cerrados.</p>
DATOS TÉCNICOS	<p>DENSIDAD REAL APROX. 0,91 kg/L. ABSORCIÓN DE AGUA Ninguna MÓDULO DE ELASTICIDAD 15,000 kg/cm² ALARGAMIENTO DE ROTURA 20-30% RESISTENCIA A TRACCIÓN 300 - 350 kg/cm² RESISTENCIA QUÍMICA Inerte a los álcalis del cemento, ácidos en general, agua de mar, residuos alimentarios y ganaderos, aceites vegetales. No se pudre y es resistente a hongos y bacteria. DURABILIDAD Indefinida TEMPERATURA DE FUSIÓN 160-170 °C LONGITUD 19 mm NORMA A los concretos a los que se agregado Sikafiber® PE cumplen con los requerimientos de la norma ASTM C 1116 PRECAUCIONES Sikafiber® PE no sustituye a las armaduras principales y secundarias resultantes del cálculo. La adición de Sikafiber® PE no evita las grietas derivadas de un mal dimensionamiento y aunque ayuda a controlarlo, no evita las grietas producto de un deficiente curado . La adición de Sikafiber® PE es compatible con cualquier otro aditivo de Sika.</p>
INFORMACIÓN DEL SISTEMA	
MÉTODO DE APLICACIÓN	<p>MODO DE EMPLEO Se agrega, en planta o a pie de obra directamente a la mezcla de concreto o mortero. No disolver en el agua de amasado. Una vez añadido el Sikafiber® PE basta con prolongar el mezclado al menos 5 minutos. DOSIFICACIÓN El Sikafiber® PE se empleará para todo tipo de concretos hasta f'c = 300 kg/cm² se debe usar 600 gr por m³ de concreto y para concretos de alta resistencia mayores a f'c = 300 kg/m² se colocará 1 kg/m³ Usar de 2 a 8 Kg. En caso de mezcla de shotcrete</p>
INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD	
PRECAUCIONES DURANTE LA MANIPULACION	<p>Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma natural o sintética y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.</p>

Hoja Técnica
Sikafiber® PE
24.11.14, Edición 2

2/3

BUILDING TRUST



OBSERVACIONES

La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: www.sika.com.pe

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.

Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe.

“La presente Edición anula y reemplaza la Edición N° 1

la misma que deberá ser destruida”

PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE Sikafiber® PE :

1.- SIKA PRODUCT FINDER: APLICACIÓN DE CATÁLOGO DE PRODUCTOS



2.- SIKA CIUDAD VIRTUAL



Sika Perú S.A.
Concrete
Centro industrial "Las Praderas
de Lurín" s/n MZ B, Lotes 5 y 6,
Lurín
Lima
Perú
www.sika.com.pe

Hoja Técnica
Sikafiber® PE
24.11.14, Edición 2

Versión elaborada por: Sika Perú S.A.
CG, Departamento Técnico
Telf: 618-6060
Fax: 618-6070
Mail: informacion@pe.sika.com



© 2014 Sika Perú S.A.

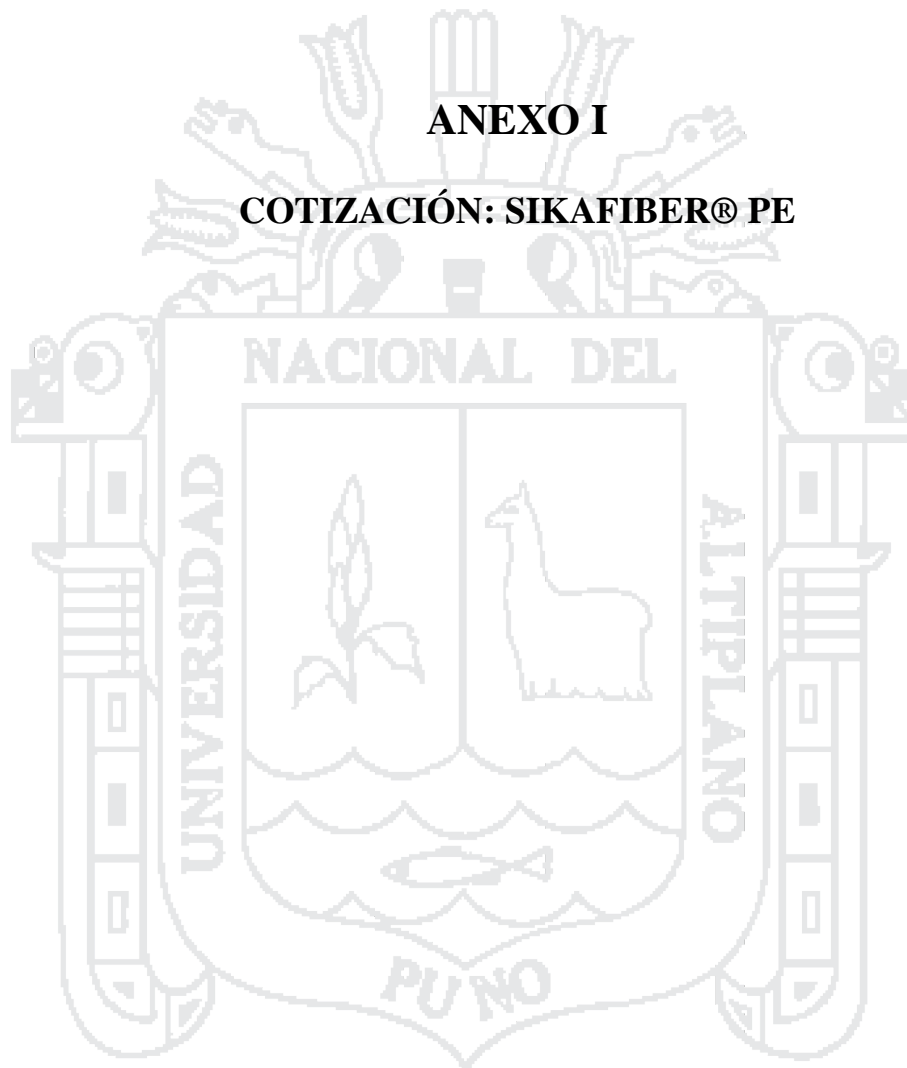
3/3

BUILDING TRUST



ANEXO I

COTIZACIÓN: SIKAFIBER® PE





PAMER PERU E.I.R.L.

R.U.C. 20448121691

Puno, 01 de Abril del 2016.

COTIZACIÓN N° 046- 2016 - PP

SEÑORES : SR. GUILLERMO ISIDRO PERCA
R.U.C. :
DIRECCION :
TELEFONOS :

Presente.-

Estimados Señores:

Por medio de la presente les hacemos llegar la cotización de los siguientes productos:

Item	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Precio Unitario	Total S/.
1	SIKAFIBER PE x 600 gr. (Fibra de polipropileno para el refuerzo de concreto)	bolsa	100	19.92	1,991.53
				IGV	358.47
				TOTAL S/.	2,350.00

CONDICIONES COMERCIALES

FORMA DE PAGO : CONTADO
Cta. Cte. Soles : INTERBANK 322-3001038949
CCI : INTERBANK 003-322-003001038949-59
TIEMPO DE ENTREGA : **INMEDIATO** A LA RECEPCION DE LA O/C.
LUGAR DE ENTREGA : JULIACA
IGV : NO INCLUYE EN EL P.U.
MONEDA : NUEVOS SOLES
DOCUMENTOS : INCLUYE CERTIFICADO DE CALIDAD, HOJA DE SEGURIDAD, FICHA TECNICA.

Atentamente,

CPC. Ruth Merma Díaz
Pamer Peru E.I.R.L.
Gerente Comercial

PAMER PERU E.I.R.L.
CONSEJEROS
Gerente Ruth Ortuñuela
GERENTE

Contactos.
TELEFONO. (054) 324016
RPM. #948682928 / #948802191
RPC. 986741599
E-mail: ventas@pamerperu.com
pamerperu.ventas@hotmail.com

OFICINAS: Calle Zela N° 807 Yahuara - Arequipa / Av. Mártires del 4 de Noviembre N° 382 Juliaca - Puno
TELÉFONO: (054) 324016 RPM: #948682928 / #948802191 RPC: 986741599
E-mail: ventas@pamerperu.com / pamerperu.ventas@hotmail.com www.pamerperu.com