



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Adición de Caucho de Neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gamma para Mejorar
la Resistencia a Compresión del Concreto $F'_c=210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2019

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA CIVIL**

AUTORA:

Gérman Guillén, Viviana Sofía (ORCID: 0000-0003-2895-2532)

ASESOR:

Mg. Choque Flores, Leopoldo (ORCID: 0000-0003-0914-7159)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

Lima – Perú

2019

DEDICATORIA

A Dios por otorgarme la dicha de una gran familia y amigos, que con sus sabios consejos me han ayudado a llegar hasta donde estoy ahora, y por los que quiero seguir avanzando.

A mi madre Liliana Guillén, a mi padre Víctor Gérman y a mi hermana Vanessa Gérman, quienes siempre lucharon para sacar adelante a la familia, pese a los problemas y tribulaciones, ayudándome y aconsejándome de la mejor manera que Dios se los ha permitido.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la dicha de vivir y disfrutar cada momento en mi vida y con todos aquellos con quien compartí a lo largo de la misma, y por haberme dado la oportunidad de conocer admirables personas que me ayudaron a ser una mejor persona cada día.

A mi madre Liliana Guillén y a mi padre Víctor Gérman por criarme en el camino de la rectitud y con valores, apoyándome en todo los momentos, buenos y difíciles. A mi hermana, Vanessa Gérman, por ser un apoyo incondicional en los buenos y malos momentos y a mi compañero, Bryham Cruzado, por su constante apoyo.

A cada uno de los Docentes, Profesionales e Instituciones, que tuve la dicha de conocer y que con su empeño, apoyo y dedicación me impartieron los conocimientos necesarios para mí formación profesional

PÁGINA DEL JURADO

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, **GÉRMAN GUILLÉN VIVIANA SOFÍA** con DNI N° **47916909**, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que representa el presente informe es veraz y autentico.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, noviembre del 2019.



GÉRMAN GUILLÉN VIVIANA SOFÍA
DNI N° 47916909

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “Adición de Caucho de Neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gamma para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto $F'_c=210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2019”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el Título Profesional de Ingeniera Civil.



Gérman Guillén Viviana Sofia
DNI N° 47916909

ÍNDICE

Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Página del jurado	iv
Declaratoria de autenticidad	v
Presentación	vi
Índice.....	vii
Índice de figuras	viii
Índice de tablas	xiii
Índice de ecuaciones	xv
Índice de anexos	xvi
Generalidades	xviii
Resumen.....	xix
Abstract.....	xx
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO.....	17
2.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	17
2.2. Operacionalización de variables.....	18
2.3. Población, muestra y muestreo.....	21
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad ...	22
2.5. Procedimientos	23
2.6. Métodos de análisis de datos	25
2.7. Aspectos éticos	26
III. RESULTADOS	27
IV. DISCUSIÓN.....	66
V. CONCLUSIONES.....	68
VI. RECOMENDACIONES	69
VII. REFERENCIAS	70
ANEXOS	76
Acta de Aprobación de Originalidad de la Tesis	
Pantallazo del Software Turnitin	
Autorización para la Publicación de la Tesis	
Autorización de la Versión final del Trabajo de Investigación	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cantidad de cemento producido vs emisiones de CO ₂	2
Figura 2: Polimerización.	7
Figura 3: Clasificación de los polímeros por su origen.	8
Figura 4: Clasificación de los polímeros por su estado límite.....	8
Figura 5: Estructuras cristalinas.	8
Figura 6: Estado amorfo.	8
Figura 7: Estructura molecular de los polímeros de caucho.....	8
Figura 8: Caucho natural.	9
Figura 9: Molino de caucho.....	10
Figura 10: Módulo de elasticidad (E) en relación a la temperatura.	11
Figura 11: Origen de la radiación.	11
Figura 12: Formación del Cobalto-60.	12
Figura 13: Efectos de la radiación en los polímeros.....	13
Figura 14: Descripción del concreto.....	14
Figura 15: Estado endurecido del concreto.	14
Figura 16: Estado fresco del concreto.	14
Figura 17: Residuos de caucho.....	23
Figura 18: Tablero de control del irradiador.	24
Figura 19: Ensayo Slump Total.....	45
Figura 20: Ensayo Slump (Mezclas con Caucho Irradiado).....	45
Figura 21: Ensayo Slump (Mezclas con Caucho Normal).	46
Figura 22: Resistencias promedio del ensayo a compresión del concreto de Diseños de mezcla vs Tiempo.....	47
Figura 23: Resumen resistencia máxima a compresión del concreto a diferentes Diseño de mezcla vs Tiempo.....	48
Figura 24: Comparación entre resistencia de diseño de mezcla P y diseños de mezcla con contenido de caucho irradiado.....	49
Figura 25: Comparación entre resistencia de diseño de mezcla P y diseños de mezcla con contenido de caucho normal.....	49
Figura 26: Comparación entre resistencia de diseño de mezcla P y diseños de mezcla con contenido de caucho irradiado y caucho normal que obtuvieron mayor resistencia.	50
Figura 27: Diagrama de barras de Módulo de Elasticidad Teórico.....	51

Figura 28: Diagrama de barras de Módulos de Elasticidad real.....	52
Figura 29: Módulo de Elasticidad: Mezcla Patrón vs Mezcla con Caucho Irradiado.	53
Figura 30: Módulo de Elasticidad.	53
Figura 31: Módulo de Elasticidad: Mezcla Patrón vs Mezcla con Caucho Normal.....	54
Figura 32: Media de Resistencia por cada diseño de mezcla a los 7 días.	58
Figura 33: Gráfica de caja de valores de resistencia a la compresión a los 7 días.	58
Figura 34: Media de Resistencia por cada diseño de mezcla a los 14 días.	61
Figura 35: Gráfica de caja de valores de resistencia a la compresión a los 14 días.	61
Figura 36: Media de Resistencia por cada diseño de mezcla a los 28 días.	64
Figura 37: Gráfica de caja de valores de resistencia a la compresión a los 28 días.	64
Figura 38: Partes de cámaras y llantas de caucho.	101
Figura 39: Molino para moler caucho.	101
Figura 40: Caucho triturado.....	102
Figura 41: Caucho triturado.....	102
Figura 42: Caucho triturado.....	102
Figura 43: Residuos de caucho.....	103
Figura 44: Tamices vibratorios.....	103
Figura 45: Tamizaje del caucho.....	104
Figura 46: Lavado del caucho.	104
Figura 47: Espátula para retirar el material.	105
Figura 48: Suciedad en el fondo del recipiente.	105
Figura 49: Fondo del recipiente.....	106
Figura 50: Caucho húmedo.	106
Figura 51: Caucho en el horno.	106
Figura 52: Bolsas de Polietileno de Alta Densidad.	107
Figura 53: Material empacado en Bolsas de Polietileno de Alta Densidad.....	107
Figura 54: Tablero de control del irradiador.	108
Figura 55: Tablero de control del irradiador.	108
Figura 56: Muestra de caucho irradiada.	108
Figura 57: Ida a la cantera "Arenera San Martín S.A.".	109
Figura 58: Tamices y balanza usados durante los ensayos.....	110
Figura 59: Tamices usados durante los ensayos.....	110
Figura 60: Pesaje del agregado.....	111

Figura 61: Agregado grueso.	111
Figura 62: Agregado grueso.	111
Figura 63: Mezclado en la mezcladora del concreto patrón.	112
Figura 64: Inicio del vaciado de la mezcla del concreto.	112
Figura 65: Vaciado de la mezcla del concreto.	112
Figura 66: Vaciado del concreto de la mezcladora.	113
Figura 67: Tomar la temperatura del concreto.	113
Figura 68: Inicio de la prueba de Slump.	113
Figura 69: Prueba de Slump.	114
Figura 70: Prueba de Slump.	114
Figura 71: Prueba de Slump.	114
Figura 72: Prueba de Slump.	114
Figura 73: Prueba de Slump.	115
Figura 74: Moldes para testigos untados con desmoldante.	115
Figura 75: Primera capa de concreto en testigo.	115
Figura 76: Testigo ya punzado (1ra Capa).	116
Figura 77: Punzadas en la primera capa de concreto.	116
Figura 78: Acabado del testigo.	117
Figura 79: Segunda capa de concreto.	117
Figura 80: Punzadas en la tercera capa de concreto.	117
Figura 81: Acabado del testigo.	118
Figura 82: Poza de curado.	118
Figura 83: Mezclado del concreto.	119
Figura 84: Temperatura del concreto.	119
Figura 85: Llenado de probetas.	119
Figura 86: Slump.	119
Figura 87: Mezcla de concreto.	120
Figura 88: Mezcla de concreto.	120
Figura 89: Slump.	120
Figura 90: Mezcla de concreto.	121
Figura 91: temperatura del concreto.	121
Figura 92: Ensayo de Slump.	121
Figura 93: Mezcla de concreto.	122

Figura 94: Slump.....	122
Figura 97: Probeta N° 01.....	123
Figura 97: Probeta N° 02.....	123
Figura 97: Probeta N° 03.....	123
Figura 100: Probeta N° 04.....	123
Figura 100: Probeta N° 05.....	123
Figura 100: Probeta N° 06.....	123
Figura 103: Probeta N° 08.....	123
Figura 103: Probeta N° 07.....	123
Figura 103: Probeta N° 09.....	123
Figura 106: Probeta N° 11.....	124
Figura 106: Probeta N° 10.....	124
Figura 106: Probeta N° 12.....	124
Figura 109: Probeta N° 15.....	124
Figura 109: Probeta N° 14.....	124
Figura 109: Probeta N° 13.....	124
Figura 112: Probeta N° 16.....	124
Figura 112: Probeta N° 17.....	124
Figura 112: Probeta N° 18.....	124
Figura 115: Probeta N° 19.....	125
Figura 115: Probeta N° 20.....	125
Figura 115: Probeta N° 21.....	125
Figura 118: Probeta N° 01.....	126
Figura 118: Probeta N° 02.....	126
Figura 118: Probeta N° 03.....	126
Figura 121: Probeta N° 04.....	126
Figura 121: Probeta N° 05.....	126
Figura 121: Probeta N° 06.....	126
Figura 124: Probeta N° 07.....	126
Figura 124: Probeta N° 08.....	126
Figura 124: Probeta N° 09.....	126
Figura 127: Probeta N° 10.....	127
Figura 127: Probeta N° 11.....	127

Figura 127: Probeta N° 12.....	127
Figura 130: Probeta N° 13.....	127
Figura 130: Probeta N° 14.....	127
Figura 130: Probeta N° 15.....	127
Figura 133: Probeta N° 16.....	127
Figura 133: Probeta N° 17.....	127
Figura 133: Probeta N° 18.....	127
Figura 136: Probeta N° 19.....	128
Figura 136: Probeta N° 20.....	128
Figura 136: Probeta N° 21.....	128
Figura 139: Probeta N° 01.....	129
Figura 139: Probeta N° 02.....	129
Figura 139: Probeta N° 03.....	129
Figura 142: Probeta N° 04.....	129
Figura 142: Probeta N° 05.....	129
Figura 142: Probeta N° 06.....	129
Figura 145: Probeta N° 07.....	129
Figura 145: Probeta N° 08.....	129
Figura 145: Probeta N° 09.....	129
Figura 148: Probeta N° 10.....	130
Figura 148: Probeta N° 11.....	130
Figura 148: Probeta N° 12.....	130
Figura 151: Probeta N° 13.....	130
Figura 151: Probeta N° 14.....	130
Figura 151: Probeta N° 15.....	130
Figura 154: Probeta N° 16.....	130
Figura 154: Probeta N° 17.....	130
Figura 154: Probeta N° 18.....	130
Figura 157: Probeta N° 19.....	131
Figura 157: Probeta N° 20.....	131
Figura 157: Probeta N° 21.....	131

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Influencia de la cristalinidad en las propiedades de los polímeros.	9
Tabla 2. Matriz de operacionalización de las variables.....	20
Tabla 3: Relación de probetas para concreto $F'c$ 210 kg/cm ²	22
Tabla 4: Número de Probetas a ensayar.	22
Tabla 5: Resumen de las propiedades físicas de la Arena Gruesa.....	27
Tabla 6: Resumen de las propiedades físicas de la Piedra Chancada ½”.....	28
Tabla 7: Resumen de las propiedades físicas del caucho normal.....	28
Tabla 8: Resumen de las propiedades físicas del caucho irradiado.....	29
Tabla 9: Requisitos de resistencia.	29
Tabla 10: Elección del asentamiento.	30
Tabla 11: Materiales para el diseño de mezcla patrón.....	30
Tabla 12: Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes asentamientos y tamaños máximos de agregado.	30
Tabla 13: Correspondencia entre la relación agua/cemento y la resistencia a la compresión.	31
Tabla 14: Volumen del agregado grueso (m ³) por volumen unitario de concreto.....	31
Tabla 15: Resumen de Diseño de Mezcla Patrón.....	33
Tabla 16: Materiales para el diseño de mezcla A.....	34
Tabla 17: Resumen de Diseño de Mezcla A.....	35
Tabla 18: Materiales para el diseño de mezcla B.	35
Tabla 19: Resumen de Diseño de Mezcla B.....	36
Tabla 20: Materiales para el diseño de mezcla C.	37
Tabla 21: Resumen de Diseño de Mezcla C.....	38
Tabla 22: Materiales para el diseño de mezcla D.....	38
Tabla 23: Resumen de Diseño de Mezcla D.....	39
Tabla 24: Materiales para el diseño de mezcla E.	40
Tabla 25: Resumen de Diseño de Mezcla D.....	41
Tabla 26: Materiales para el diseño de mezcla F.....	41
Tabla 27: Resumen de Diseño de Mezcla F.	42
Tabla 28: Dosificación por m ³ (Mezcla Patrón).....	43
Tabla 29: Dosificación por m ³ (Mezcla A).	43
Tabla 30: Dosificación por m ³ (Mezcla B).....	43

Tabla 31: Dosificación por m ³ (Mezcla C).....	43
Tabla 32: Dosificación por m ³ (Mezcla D).	44
Tabla 33: Dosificación por m ³ (Mezcla E).....	44
Tabla 34: Dosificación por m ³ (Mezcla F).	44
Tabla 35: Slump por diseño de mezcla con su grado de manejabilidad.....	45
Tabla 36: Resistencia promedio del ensayo a compresión por diseño de mezcla con porcentaje desarrollado en sus respectivas edades.	47
Tabla 37: Resumen de resultados de los Módulos de Elasticidad Teóricos de las muestras.	51
Tabla 38: Resultados de los Módulo de Elasticidad Real.	52
Tabla 39: Comparación entre resistencia a la compresión, consistencia y trabajabilidad de los diseños de mezclas.....	55
Tabla 40: Análisis de la varianza de la resistencia a la compresión a los 7 días.....	56
Tabla 41: Medias de la resistencia a la compresión del concreto a los 7 días.....	56
Tabla 42: Agrupación de información de la resistencia a compresión del concreto a los 7 días usando el método Tukey y un factor de confianza del 95%.	57
Tabla 43: Medias en subconjuntos homogéneos para la resistencia a la compresión a los 7 días.....	58
Tabla 44: Análisis de la varianza de la resistencia a la compresión a los 14 días.....	59
Tabla 45: Medias de la resistencia a la compresión del concreto a los 14 días.....	59
Tabla 46: Agrupación de información de la resistencia a compresión del concreto a los 14 días usando el método Tukey y un factor de confianza del 95%.	60
Tabla 47: Medias en subconjuntos homogéneos para la resistencia a la compresión a los 14 días.....	61
Tabla 48: Análisis de la varianza de la resistencia a la compresión a los 28 días.	62
Tabla 49: Medias de la resistencia a la compresión del concreto a los 28 días.....	62
Tabla 50: Agrupación de información de la resistencia a compresión del concreto a los 28 días usando el método Tukey y un factor de confianza del 95%.	63
Tabla 51: Medias en subconjuntos homogéneos para la resistencia a la compresión a los 28 días.....	64

ÍNDICE DE ECUACIONES

(1) Ley de Hooke.....	10
(2) Becquerelio (Bq).....	12
(3) Hertz (Hz)	13
(4) Velocidad Angular	13
(5) Muestra	21
(6) Relación agua/cemento	31
(7) Peso real.....	32
(8) Volumen del cemento	32
(9) Volumen de agua	32
(10) Volumen de agregado grueso	32
(11) Volumen de agregado fino.....	32
(12) Pesos absolutos	32
(13) Porcentaje de absorción resumido	32
(14) Porcentaje de absorción extendido	32
(15) Módulo de Elasticidad Teórico.....	51
(16) Módulo de Elasticidad Real.....	52

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia.	77
Anexo 2: Instrumento de obtención de datos.	78
Anexo 3: Índice de validación.	89
Anexo 4: Certificados de Cantera “Arenera San Martin de Porras S.A.” para agregados (Arena Gruesa).	91
Anexo 5: Certificados de Cantera “Arenera San Martin de Porras S.A.” para agregados (Piedra Chancada ½”).	96
Anexo 6: Obtención y tratado del material.	101
Anexo 7: Ensayos de compresión a los 7 días.	123
Anexo 8: Ensayos de compresión a los 14 días.	126
Anexo 9: Ensayos de compresión a los 28 días.	129
Anexo 10: Análisis granulométrico de agregados.	132
Anexo 11: Diseño de mezcla patrón.	136
Anexo 12: Diseño de mezcla A: Con dosificación de Caucho Irradiado al 0.9%.	137
Anexo 13: Diseño de mezcla B: Con dosificación de Caucho Irradiado al 1.0%.	138
Anexo 14: Diseño de mezcla C: Con dosificación de Caucho Irradiado al 1.5%.	139
Anexo 15: Diseño de mezcla D: Con dosificación de Caucho Normal al 0.9%.	140
Anexo 16: Diseño de mezcla E: Con dosificación de Caucho Normal al 1.0%.	141
Anexo 17: Diseño de mezcla F: Con dosificación de Caucho Normal al 1.5%.	142
Anexo 18: Ensayo de compresión a los 7 días.	143
Anexo 19: Ensayo de compresión a los 14 días.	145
Anexo 20: Ensayo de compresión a los 28 días.	147
Anexo 21: Cálculos y resultados Gráfica Esfuerzo – Deformación (Diseño P).	149
Anexo 22: Cálculos y resultados Gráfica Esfuerzo – Deformación (Diseño A).	150
Anexo 23: Cálculos y resultados Gráfica Esfuerzo – Deformación (Diseño B).	151
Anexo 24: Cálculos y resultados Gráfica Esfuerzo – Deformación (Diseño C).	152
Anexo 25: Cálculos y resultados Gráfica Esfuerzo – Deformación (Diseño D).	153
Anexo 26: Cálculos y resultados Gráfica Esfuerzo – Deformación (Diseño E).	154
Anexo 27: Cálculos y resultados Gráfica Esfuerzo – Deformación (Diseño F).	155
Anexo 28: Certificado de calibración (Balanza Electrónica).	156
Anexo 29: Certificado de calibración (Calibración Sistema de Celda de Carga).	160
Anexo 30: Certificado de calibración (Pesas de trabajo).	163

Anexo 31: Certificado de calibración (Pesas de trabajo).	165
Anexo 32: Certificado de calibración (Pesas de trabajo).	167
Anexo 33: Certificado de calibración (Máquina de Compresión Axial Electro - Hidráulica).	169
Anexo 34: Certificado de calibración (Patrón de Masa Pesas).	171
Anexo 35: Certificado de calibración (Vernier).	173
Anexo 36: Cotización por servicios de laboratorio.	176
Anexo 37: ASTM C-33.	181
Anexo 38: ASTM C-127.	189
Anexo 39: ASTM C-128.	194
Anexo 40: ASTM C-566-13.	200
Anexo 41: ASTM C-566-97.	203
Anexo 42: ASTM C-39.	206
Anexo 43: ASTM C-469.	213
Anexo 44: ASTM C-143.	218

GENERALIDADES

Tipo de investigación : Aplicada.
Diseño : Experimental
Línea de investigación : Diseño Sísmico y estructural.
Localidad : Lima.
Duración : Abril 2019 – Diciembre 2019.

Resumen

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo general mejorar la resistencia a la compresión del concreto $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ con la adición de caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma, teniendo como objetivos específicos mejorar la trabajabilidad del concreto $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ en estado fresco adicionando caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma con dosis de 0.9%, 1% y 1.5%, incrementar la resistencia a la compresión del concreto $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ adicionando caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma con dosis de 0.9%, 1.0% y 1.5%, y determinar la óptima dosificación de caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma que mejore las propiedades del concreto $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ en estado fresco y endurecido. La investigación fue de tipo aplicada, de enfoque cuantitativo y de nivel exploratorio. La muestra usada fue de 63 probetas, con 7 diseños de mezclas, ensayadas a compresión en 3 edades (7 días, 14 días y 28 días).

El fin del presente proyecto de investigación es la búsqueda de la implementación de nuevas técnicas que permitan mayor eficiencia en las edificaciones, de manera que se busca estudiar la adición de caucho de neumáticos reciclados irradiados con rayos gamma en el concreto, para obtener mayor resistencia con menor cantidad de cemento, así como de crear nuevas alternativas que disminuyan el uso de materiales contaminantes, reduciendo la tasa de contaminación anual producida por el sector construcción y mejorar la calidad de vida de los seres vivos y sus ecosistemas gracias a esta reducción.

Los resultados que se obtuvieron en la presente investigación corroboran que la adición de caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma mejora la resistencia a la compresión del concreto $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ en la dosis de 0.9%, aumentando la resistencia a la compresión en un 4% en relación al diseño de concreto patrón.

Palabras clave: caucho de neumáticos reciclados, rayos gamma, resistencia a la compresión.

Abstract

The objective of this research project is to improve the compressive strength of concrete " $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ " with the addition of rubber from recycled tires irradiated by gamma rays, with specific objectives improve the workability of concrete " $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ " in the fresh state by adding rubber from recycled tires irradiated by gamma rays with a dose of 0.9%, 1% and 1.5%, increase the resistance to Compression of concrete " $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ " adding rubber from recycled tires irradiated by gamma rays with a dose of 0.9%, 1.0% and 1.5%, and determine the optimum dosage of rubber from recycled tires irradiated by gamma rays that improves the properties of concrete " $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ " in a fresh and hardened state. The research was applied type, quantitative approach and exploratory level. The sample used was 63 specimens, with 7 designs of mixtures, tested under compression at 3 ages (7 days, 14 days and 28 days).

The purpose of this research project is the search for the implementation of new techniques that allow greater efficiency in buildings, so that the aim is to study the addition of rubber from recycled tires irradiated with gamma rays in concrete, to obtain greater resistance with less cement, as well as creating new alternatives that reduce the use of polluting materials, reducing the annual pollution rate produced by the construction sector and improving the quality of life of living beings and their ecosystems thanks to this reduction.

The results obtained in the present investigation confirm that the addition of rubber from recycled tires irradiated by gamma rays improves the compressive strength of concrete " $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ " in the dose of 0.9%, increasing the compressive strength by 4% in relation to the design of standard concrete.

Keywords: recycled tire rubber, gamma rays, compression resistance.

I.INTRODUCCIÓN

Realidad problemática

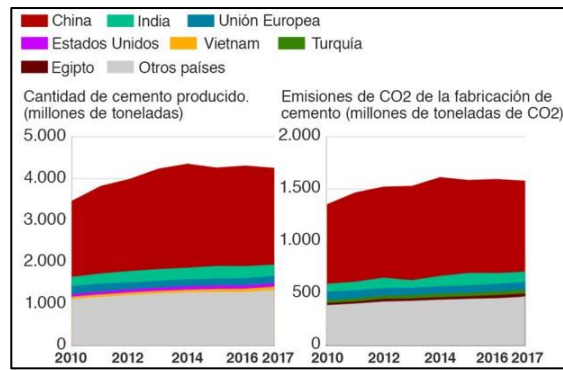
En la actualidad, uno de los problemas que amenaza la existencia mundial es la contaminación, una de los principales contribuyentes a esta situación es la producción de plásticos que crece continuamente, perjudicando seriamente el bienestar de los ecosistemas en general, así como de las especies que lo habitan, se calcula que anualmente el mar es receptor de hasta 12 millones de toneladas de basura. Pese a esto la producción de plásticos continua, según Greenpeace se calcula que para el 2020 se llegará a 500 millones de toneladas producidas, siendo un 900% más que hace 40 años.

Parte del problema es la lenta degradación de estos plásticos. Por ejemplo, una botella de plástico no termina de degradarse y paralelamente se están produciendo 10 botellas de plástico para el mercado, esto sucede debido a que los plásticos son de un solo uso. Así mismo el diario CC News indica que el 30% de la basura destinada al mar está compuesta de residuos de neumáticos. Los micro plásticos resultan más perjudiciales porque son fragmentos menores a 5mm y son provocados por la rotura de grandes trozos de plásticos, o en otros casos, vienen de fábrica, como las micro esferas en los productos de higiene y limpieza. Greenpeace menciona que por cada bote de 100 ml se encuentran hasta 2,8 millones de micro esferas, llegando al mar mediante el desagüe, ya que son tan diminutas que pasan a través de los filtros de las depuradoras.

Por lo anteriormente mencionado, existen diferentes entes tanto internacionales como nacionales que están tratando de regular la producción del plástico, muchas empresas han comenzado a crear plásticos biodegradables, lo cual es considerado una buena solución para no seguir produciendo tanta cantidad; sin embargo, el problema todavía persiste ya que no se sabe qué hacer con la cantidad de degradación de estos plásticos, a pesar de que existen empresas que han comenzado a usar el plástico biodegradable, no se puede afirmar que sea en su totalidad. Es por ello, que se han ideado distintas formas de reciclar estos plásticos contaminantes en diferentes ámbitos, uno de éstos es el sector construcción.

Sin embargo, dicho sector también esconde una problemática que no está siendo tratada. La fabricación anual del cemento, material principal de la construcción, produce tanta contaminación como un país entero mundialmente hablando. La BBC describe que en la fabricación de este material a nivel mundial se produce aproximadamente 2,200 millones de toneladas de CO₂, lo que representa el 8% de todo el CO₂ producido anualmente, siendo el tercer mayor emisor de CO₂ en el mundo, tal como se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Cantidad de cemento producido vs emisiones de CO2



Fuente: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-46594783>

Siendo el sector de la construcción un área que ocupa un importante lugar en la mayoría de países desarrollados y en vía de desarrollo, usa tradicionalmente materiales como la madera, acero y principalmente el concreto como elementos estructurales; sin embargo, gracias a los avances y nuevos proyectos se busca innovar tanto en materiales como en diseño.

La humanidad, al ver el problema de los plásticos planteó adicionar a estos materiales en los procesos constructivos; sin embargo, al ser adicionado al concreto, se comprueba que en la mayoría de los casos el plástico reciclado tiene propiedades muy bajas en comparación con otros aditivos, debido a esto no puede ser usado en la mayoría de edificaciones.

Entonces se presenta que el problema del plástico reciclado en la construcción ha sido la baja resistencia, sin embargo los tiempos avanzan y la tecnología también, se ha comenzado a investigar acerca del efecto de la radiación sobre los plásticos, especialmente en los plásticos reciclados. Se ha encontrado que para varios productos (sobre todo dentro de la industria alimentaria y farmacéutica) la radiación genera un efecto positivo en las propiedades de estos, así como se puede encontrar que ya actualmente se irradian ciertos alimentos para su manufactura, permitiendo así que estén libres de contaminantes.

Debido a esto se ha determinado que la radiación gamma con Cobalto-60 y con valores de hasta 75 kGy ha ayudado a mejorar las propiedades de los polímeros (plásticos) en general, gracias a estos descubrimientos el presente proyecto de investigación desea probar el impacto que ocasionarían los plásticos irradiados sobre las propiedades del concreto. A pesar de que países como China, Japón, Rusia y Emiratos Árabes vienen desarrollando grandes avances al respecto, la investigación en el Perú no está a la altura de los estudios realizados por los países en mención. Parte de este problema es que no se le da la importancia a este campo. La ingeniería civil y la ingeniería nuclear pueden ayudar a una mejora en las técnicas de construcción y elaboración de materiales, que al mismo tiempo, permitan limitar y/o disminuir el daño causado al medio ambiente por la sobre explotación de polímeros.

Antecedentes

Antecedentes nacionales

Farfán y Leonardo (2018) en su artículo “Caucho reciclado en la resistencia a la compresión y flexión de concreto modificado con aditivo plastificante” busca alternativas optimización y disminución de recursos en el proceso de fabricación de aditivos, esto mediante la evaluación de las resistencias a flexión y compresión del concreto con la adición de caucho reciclado en porcentajes variados, concluyendo que el caucho reciclado aumenta la resistencia a la compresión y flexión en la fabricación de concreto modificado con aditivos plastificantes.

Galindo (2018) en su tesis “Revisión bibliográfica sobre el uso del plástico como un nuevo material en fabricación de bloques de concreto para la industria de la construcción” tuvo como objetivo hacer una descripción de los métodos para usar el plástico reciclado en adición a un concreto para fabricar bloques de construcción, usando una metodología cualitativa, concluyendo que si es viable incorporar plástico al concreto para fabricar bloques de construcción.

Morales (2016) en su tesis “Estudio del comportamiento del comportamiento del concreto incorporando PET reciclado” tuvo como objetivo determinar el cambio de las propiedades del concreto en su estado fresco y endurecido, sustituyendo el agregado grueso por PET reciclado, usando una metodología experimental basada en el diseño de concreto del ACI y la de agregado global, concluyendo que su densidad disminuyen en un 15% y su resistencia disminuye sustancialmente.

Antecedentes internacionales

Botet (2019) en su tesis “Estudio de los plásticos como material reciclado para la obtención de material de construcción” menciona que pretende analizar todas las posibilidades que tiene el plástico en el área de la construcción y los beneficios de obtenerlos a partir del reciclaje. Usando una metodología de obtención de información sobre la visión actual del plástico y su reciclaje, así como sus aplicaciones en el área de la construcción, además de estudiar a las empresas que ya lo han incorporado. Concluyendo que al reciclar continuamente el plástico, este pierde la mayoría de sus propiedades.

Martínez et al. (2019) en su artículo “Modified recycled tire fibers by gamma radiation and their use on the improvement of polymer concrete” que tuvo como objetivo principal comprobar que la radiación gamma aumenta las propiedades del concreto en distintas medidas, usaron un método experimental que consistió en bombardear el plástico con rayos

gamma (cobalto-60) y adicionarlo al concreto en distintas medidas, obteniendo como conclusión que las muestras irradiadas en 50 kGy aumentaron su resistencia a la flexión en un 20% con respecto a un concreto normal y en un 52% su resistencia a la compresión.

Kaçal et al. (2019) en su artículo “Evaluation of gamma-ray and neutron attenuation properties of some polymers” que tuvo como objetivo determinar las características de atenuación de rayos gamma de ocho polímeros diferentes utilizando un método de geometría de transmisión con el detector de alta resolución y diferentes fuentes radioactivas, concluyendo que existen polímeros que logran atenuar los rayos gamma en mayor medida.

Mast et al. (2019) En su artículo “The effect of gamma radiation on the mechanical and microstructural properties of Fe-rich inorganic polymers” que tuvo como objetivo investigar el efecto de la irradiación gamma en las propiedades mecánicas y micro estructurales de los polímeros inorgánicos curados usando como método irradiar utilizando diferentes tasas de dosis, hasta diferentes dosis absorbidas con un máximo de 624 kGy. Los efectos se evaluaron mediante pruebas de resistencia a la compresión, análisis micro estructural mediante análisis de imagen, análisis de porosidad (absorción de agua y MIP), análisis termo gravimétrico (TGA) y espectrometría infrarroja. Concluyendo que en dosis bajas (menores a 5kGy) no se ha encontrado ningún cambio estadísticamente significativo. Sin embargo, por encima de 5kGy, se encontró un aumento significativo en la resistencia a la compresión para todas las muestras analizadas. Se observó un aumento de hasta el 22% en la resistencia a la compresión para las muestras irradiadas a 2kGy / h. La carbonatación inducida por radiación gamma, la reducción de Fe³⁺ y la polimerización podrían explicar el aumento de la fuerza, pero necesitan más investigación.

Wang et al. (2019) en su artículo “Effects of gamma radiation on the impact strength of polypropylene (PP)/high density polyethylene (HDPE) blends” tuvieron como objetivo mejorar la resistencia al impacto del polietileno de alta densidad al aumentar la compatibilidad del polietileno con el proceso de irradiación gamma que los no irradiados que también se utilizaron para la comparación. Se usó un método experimental con polipropileno de homopolímero, comprado a China Petroleum and Chemical Corporation, Maoming, China. Concluyen que las mediciones de impacto demuestran que la radiación de gamma facilita la mejora de la resistencia al impacto de las mezclas.

Chikaoui (2019) en su artículo “Gamma rays irradiation effects in thin film polyethylene terephthalate polymer” teniendo como objetivo estudiar el efecto de la irradiación de rayos gamma sobre las propiedades estructurales de los polímeros mediante el uso de

espectroscopia de infrarrojo, difracción de rayos X y técnicas de espectrofotometría. Las irradiaciones de rayos gamma se realizaron utilizando una fuente de cobalto-60. Obteniéndose como conclusión que tanto la brecha de energía disminuye con el aumento de la dosis de rayos gamma, lo que indica la aparición de nuevas transiciones electrónicas. Además, también se observa que la energía de Urbach aumenta con la dosis de rayos gamma. Esto indica la desorganización de la estructura del polímero después de la irradiación.

Benavides et al. (2019) en su artículo “Effect of gamma radiation on crosslinking, water uptake and ion exchange on polystyrene-co-acrylic acid copolymers useful for fuel cells” menciona en su objetivo que se buscó sintetizar y sulfonar polímeros mediante rayos gammas en varias dosis, concluyendo que la radiación gamma induce la reticulación para proporcionar beneficios para la estabilidad mecánica y térmica, pero las propiedades de intercambio iónico se ven afectadas cuando se usan grupos sulfónicos para reticular la matriz del polímero.

Obodovski (2019) en su artículo “Radiation in the Synthesis and Modification of Substance” menciona como objetivo describir procesos de polimerización por radiación y modificación de polímeros, esto mediante ejemplos de aislamiento por tratamiento de radiación de alambres y cables y de caucho. Concluyendo que mediante el tratamiento con radiación de polímeros y otras sustancias se puede permitir sintetizar nuevas sustancias, modificar las existentes, facilitar el flujo de muchas reacciones e incluso reducir la toxicidad de las emisiones de gases y las aguas residuales.

Martínez et al. (2018) en su artículo “Polymer waste materials as fillers in polymer mortars: experimental and finite elements simulation” teniendo como objetivo utilizar polímeros de desechos como agregados, para lo cual se utilizaron partículas de desecho en distintas concentraciones, sometiendo las muestras a pruebas de compresión y flexión, además de usar el método de elementos finitos (FEM) y compara resultados, teniendo como conclusión que las propiedades mecánicas disminuyen, sin embargo su uso puede enfocarse en otras aplicaciones ya que es una alternativa para reducir la contaminación.

Elnahas et al. (2018) en su artículo “Structural, morphological and mechanical properties of gamma irradiated low density polyethylene/paraffin wax blends” busco encontrar el efecto de la irradiación gamma sobre la estructura de un polímero, esto mediante la mezcla por fusión a la temperatura de 150 ° C y luego se irradiaron por irradiación gamma. Concluyendo que tanto el proceso de mezcla como la irradiación gamma influyen en la estructura y, por consiguiente, en la morfología de la superficie de las muestras. Se observó un aumento lineal

de resistencia a la tracción, alargamiento a la rotura, módulo de Young al aumentar la dosis absorbida por gamma. Los resultados finales muestran la confiabilidad de la radiación gamma como un método práctico para el control de propiedades a largo plazo.

Nepomuseno (2018) en su tesis “Estudio de los efectos de la radiación ionizante en poliéster de desecho” pretende evaluar los efectos de la radiación gamma en polímeros, mediante técnicas analíticas y su uso en la modificación de las propiedades mecánicas de materiales compuestos de polímeros y mármol, concluyendo que al someter los polímeros a la radiación gamma, se modifica su estructura molecular, reflejándolo en sus propiedades mecánicas al ser utilizadas en materiales compuestos de mármol y polímeros.

Saftawi et al. (2016) en su artículo “Comparative studies on PADC polymeric detector treated by gamma radiation and Ar ion beam” tuvo como objetivo realizar un análisis comparativo y una evaluación de los defectos inducidos en polímeros expuestos a radiación gamma. Para obtener información sobre los defectos de la estructura debidos a la irradiación, se empleó la técnica de difracción de rayos X. Concluyendo que las muestras irradiadas con rayos gamma mostraron cambios significativos después de la irradiación debido a la reducción de la estructura cristalina de la superficie. Además, los cambios en la morfología de la superficie mostraron irregularidades superficiales menores después de la irradiación gamma.

Mohammadian, Asgari y Shakur (2016) en su artículo “A detailed investigation of the gamma-ray radiation effects on the optical properties of polyvinyl butyral film” tuvo como objetivo hallar los efectos de la radiación gamma en dicho polímero en dosis desde 250 kGy, el método usado fue de solución y para una exposición uniforme, se proporcionó una forma de película, concluyendo que algunos cambios en las propiedades ópticas de las películas del polímero debido a la formación de enlaces cruzados entre las cadenas de polímero. A dosis superiores a 70 kGy, sin embargo, el polímero comenzó a descomponerse debido a la escisión de la cadena y la tendencia a cambiar las propiedades ópticas se hizo inversa.

Raghu et al. (2016) En su artículo “Electron beam and gamma ray irradiated polymer electrolyte films: Dielectric properties” menciona que su objetivo fue irradiar con rayos gamma de 50 a 150 kGy para entender los cambios químicos y físicos producidos en el polímero, esto mediante espectros infrarrojos de transformación de Fourier, resultando que la cristalinidad se reduce en un 10%, mejorando la morfología de dichos polímeros.

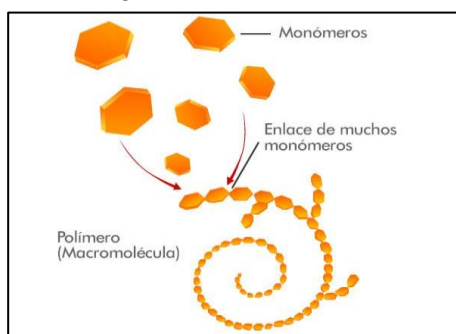
Marco teórico

Plástico (Polímeros)

El plástico es un material compuesto por resinas, proteínas, entre otras sustancias, principalmente derivados del petróleo, estos son obtenidos mediante procesos de polimerización, es por ello que también son nombrados polímeros, estos son fáciles de moldear y pueden ser modificados a partir de un nivel de compresión o tracción y una temperatura determinada, se puede decir entonces, que el plástico tiene características elásticas. Estos materiales son resistentes a la degradación mientras que también son livianos, es por ello que se emplean en una amplia gama de productos para distintas áreas, una de sus ventajas es el bajo costo de su producción y la variedad de colores y presentaciones en las que se puede obtener. Sin embargo estas propiedades son las que lamentablemente hacen que sea perjudicial su producción continua para el medio ambiente ya que son la fuente principal de contaminación sólida en el planeta. (Hermida, 2014, p. 14)

Los polímeros se definen como moléculas de gran tamaño, estas están constituidas por eslabones orgánicos, también llamados monómeros, estos están unidos mediante enlaces covalentes. Los monómeros están compuestos por átomos de carbono fundamentalmente y por lo general poseen grupos radicales de uno o más átomos. Estas moléculas orgánicas son las conforman los plásticos así como los tejidos vivos. Los polímeros se producen a través de la polimerización, proceso a través del cual miles de monómeros reaccionan formando parte de una cadena macro molecular, tal como se muestra en la Figura 2, en la Figura 3 y Figura 4 se observa la clasificación de los polímeros.

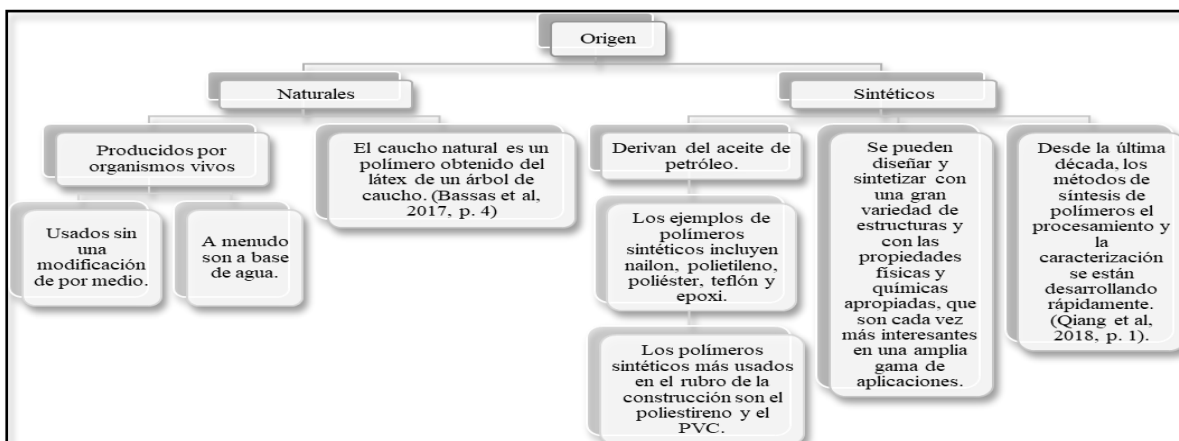
Figura 2: Polimerización.



Fuente:

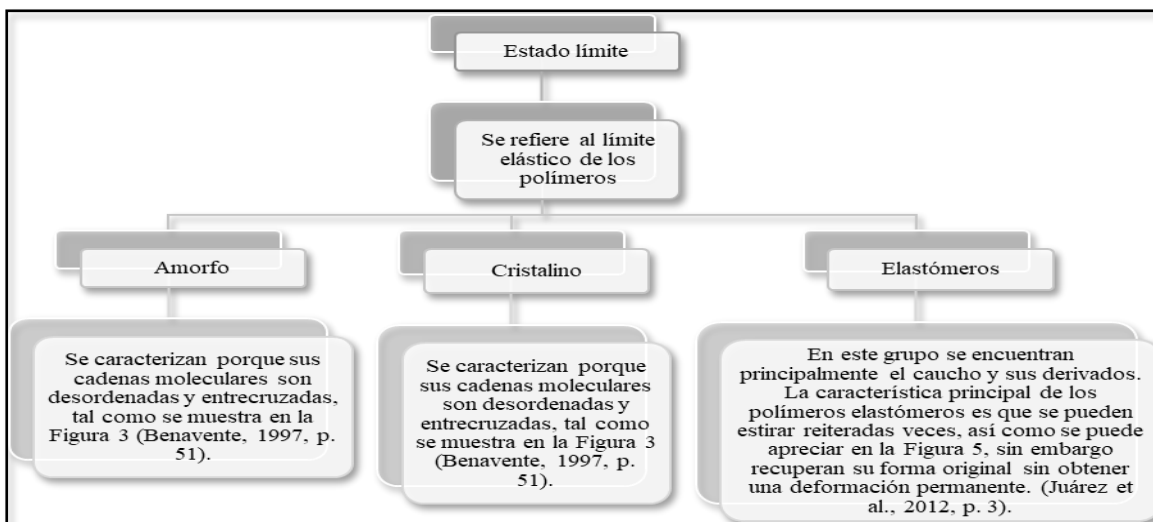
<https://www.portaleducativo.net/cuarto-medio/9/clasificacion-de-los-polimeros>

Figura 3: Clasificación de los polímeros por su origen.



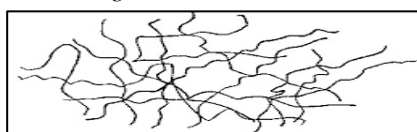
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4: Clasificación de los polímeros por su estado límite.



Fuente: Elaboración propia.

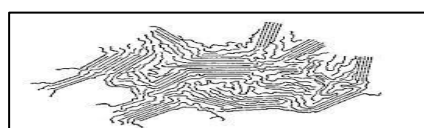
Figura 6: Estado amorfo.



Fuente:

[http://www.fisica.uns.edu.ar/albert/archivos/92/159/3113733755_7-polimeros\(2018\).pdf](http://www.fisica.uns.edu.ar/albert/archivos/92/159/3113733755_7-polimeros(2018).pdf)

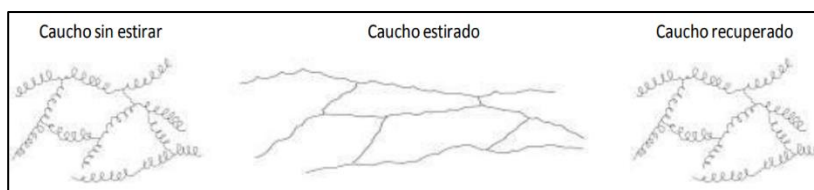
Figura 5: Estructuras cristalinas.



Fuente:

[http://www.fisica.uns.edu.ar/albert/archivos/92/159/3113733755_7-polimeros\(2018\).pdf](http://www.fisica.uns.edu.ar/albert/archivos/92/159/3113733755_7-polimeros(2018).pdf)

Figura 7: Estructura molecular de los polímeros de caucho.



Fuente: <https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2012/08/2.clasificacion-elastomeros.pdf>

Se puede hacer una comparación con respecto a los estados amorfo y cristalino, para comparar de mejor manera las distintas propiedades de cada uno, ya que como se muestra en la Tabla 1, vendrían a ser opuestos.

Tabla 1: *Influencia de la cristalinidad en las propiedades de los polímeros.*

Propiedades	Cristalinos	Amorfos
Densidad (para un mismo material)	Aumenta con la cristalinidad	Menor que la del material cristalino
Dureza	Mayor	Menor
Fusión o reblandecimiento	Punto de fusión definido	Se reblandecen en un intervalo de temperaturas
Rigidez	Mayor	Menor
Encogimiento o Contracción	Mayor	Menor
Permeabilidad a gases y disolventes	Menor	Mayor
Temperatura de deformación bajo carga	Mayor	Menor
Resistencia al impacto	Menor	Mayor

Fuente: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/09/peso-molecular-y-su-distribucion.html>

El caucho

El caucho que es un polímero de origen natural, el cual es obtenido a partir del árbol de caucho, principalmente encontrado en América, en su forma natural se llama látex, el cual es recolectado en unos recipientes, en los que se solidifica, luego es tratado químicamente con henna negra con altas concentraciones de Parafenilendiamina para oscurecerlo. Se procede a compactarse en cubículos, obteniendo pacas de caucho natural, tal como se muestra en la Figura 8.

Figura 8: Caucho natural.



Fuente:

<https://www.quimicamiralles.cl/productos/cauchos/cauchos-naturales-1/caucho-ser-10>

Para que el caucho tenga mayor durabilidad y dureza el caucho natural debe ser vulcanizado, esto mediante rodillos para darle maleabilidad, después se le agrega óxido de Zinc mientras se sigue combinando para lograr una mezcla homogénea. Se le adiciona mercaptobenzotiazol y azufre para el vulcanizado y se continúa con la mezcla en los rodillos, a esta mezcla se le denomina mezcla maestra. A esta se le agrega carbonato de calcio o

caolín, a esta se le llama mezcla final. Se usa un molino de caucho (Figura 9) para obtener láminas de dicho material.

Figura 9: Molino de caucho.



Fuente:

https://cali.locanto.com.co/ID_1131608936/Molino-para-caucho-con-capacidad-50kg-y-Banbury-40-kg-de-caucho.html

Las láminas se colocan en moldes a 150 °C durante 20 minutos para la reacción química efectiva. Para finalizar se cortan las láminas que servirán de base para los neumáticos. (Casiopea, 2010).

El módulo de elasticidad

También llamado módulo de Young, es una medida de la fuerza de los enlaces interatómicos y solo depende ligeramente de la microestructura de la morfología de los materiales. (Zherebtsov et al, 2019, p. 3)

Los valores utilizados en el cálculo del módulo de elasticidad generalmente se recopilan utilizando datos de experimentos cuidadosamente controlados donde se imponen fuerzas sobre los materiales. El módulo de Young es calculado mediante la ley de Hooke:

$$\frac{F}{A} = E * \frac{\Delta L}{L} \quad (1)$$

En donde:

A: Área transversal del elemento.

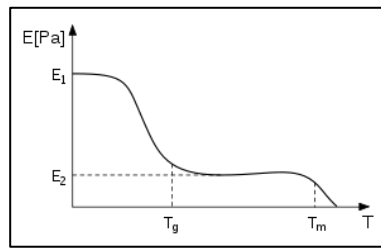
E: Modulo de Young.

F: Fuerza.

L: Longitud.

En el caso de los polímeros, el módulo de Young, llega a cero cuando la temperatura llega a la temperatura de fusión (T_m), ya que en este punto pasa de su estado sólido a su estado líquido o viscoso. Entre el estado de fusión al estado rígido se ubica la temperatura de transición vítrea (T_g), tal como se muestra en la Figura 10.

Figura 10: Módulo de elasticidad (E) en relación a la temperatura.



Fuente:

<https://esacademic.com/dic.nsf/eswiki/1133250>

La Temperatura de transición vítrea (T_g)

Se da cuando el polímero comienza a ablandarse y en consecuencia deja de ser rígido.

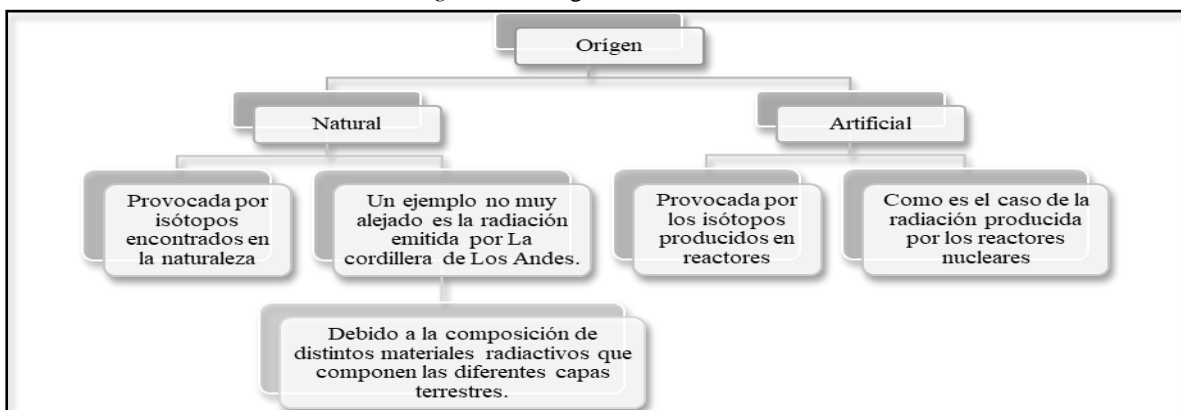
La radioactividad

Fenómeno físico en el que el núcleo de un elemento químico (radiactivo), emite radiaciones. Las radiaciones pueden ser corpusculares, electromagnéticas, como rayos X y rayos gamma. De manera simple se puede decir que es un fenómeno físico en el que los núcleos de elementos inestables son capaces de decaer espontáneamente a núcleos atómicos estables, en otras palabras el átomo inestable emite energía en forma de radiactividad para volverse estable. (Nuclear Science, 2018, p. 3).

En el presente proyecto de investigación se describirá la radiactividad en forma de rayos gamma, ya que son los emitidos por el Cobalto 60.

La radiactividad ioniza el elemento o medio que traspasa. Cuando se habla de ionización se refiere a la producción de iones, átomos o moléculas saturadas eléctricamente por falta o exceso de electrones en relación a un elemento neutro. (Kónya y Nagy, 2012, p. 49).

Figura 11: Origen de la radiación.



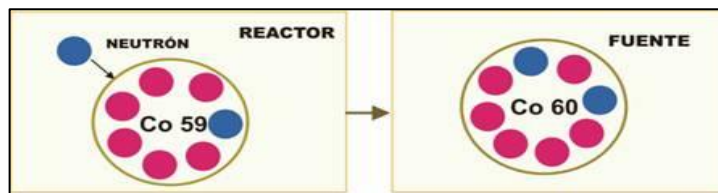
Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al presente proyecto de investigación se hará uso de radiación artificial, ya que el Cobalto 60 no existe en la naturaleza, como se procederá a comentar.

El cobalto es un metal producido naturalmente caracterizado por emitir energía en la forma de rayos gamma. El cobalto 60 (Co-60) es un átomo radioactivo que se obtiene a partir del

cobalto 59 (59 por su peso atómico), el cual es expuesto a un flujo de neutrones a alta velocidad en un reactor nuclear, un esquema del proceso se puede apreciar en la Figura 12. El cobalto 60 tiene un promedio de vida de aproximadamente 5 años. El decaimiento del cobalto 60 se da con la emisión de energía en forma de rayos gamma, se usa para diversas aplicaciones médicas (esterilización de equipos médicos y quimioterapias principalmente), también se usa en el sector alimenticio, para esterilizar y prolongar la vida de los alimentos al irradiarlos, así como para matar las bacterias y desinfectar los alimentos. (Ahmad, 2013, p. 1).

Figura 12: Formación del Cobalto-60.



Fuente:

<https://www.sertox.com.ar/modules.php?name=News&file=phpslideshow¤tIDPic=2960>

Los rayos gamma (γ) son un tipo de radiación constituida por fotones (partículas de energía), los rayos gamma son radiación de tipo ionizante ya que poseen alta energía, capaz de penetrar la materia. Se mide en mega electronvoltios (Mev) correspondientes a fotones gamma con longitud de onda menor a 10^{-11} m a frecuencias mayores a 10^{19} Hz. (Ioan et al., 2017, p. 2)

La dosis absorbida es una medida utilizada para medir la cantidad de radiación (ionizante) recibida, ya sea por un ser vivo o un material. Este mide la energía guardada en un medio por la unidad de masa, la unidad considerada en el SI es el J/kg o Grey (kGy). (Radiologyinfo, 2018, p. 2)

Dentro de lo que son las unidades de medida que se usarán principalmente durante el proceso de irradiación del caucho se tiene:

El Becquerelio (Bq), es la actividad de una determinada cantidad de material radioactivo con respecto al decaimiento de un núcleo por segundo, equivaliendo a la desintegración nuclear por segundo. Para hallar la cantidad de Becquerelio emitido por un material radioactivo se utiliza la siguiente fórmula:

$$A = \frac{-d(N)}{d(t)} = \lambda N; A = A_0 e^{-\lambda t} \quad (2)$$

Siendo:

N: Cantidad de núcleos radiactivos.

λ : Constante radiactiva.

A_0 : Actividad en el instante inicial.

Existe otra unidad de medida de radiación llamada Curio (Ci), sin embargo fue reemplazada por el bequerel siendo que 1 Bq equivale a $2,703 \times 10^{-11}$ Ci.

El Gray (Gy), se encarga de medir la dosis absorbida de la radiación por un determinado material y equivale a 1J de energía por 1 kg de masa del material irradiado.

El Electronvoltio (eV), es una unidad de energía y representa la variación de la energía cinética que un electrón experimenta cuando se mueve de un punto V_a a otro V_b , en el caso de que $V_b - V_a = 1V$, en otras palabras, cuando la diferencia de potencia del campo eléctrico es de 1V.

El Hertz (Hz), que representa a 1 ciclo (repetición de un evento) por cada segundo, en el caso de la física viene a ser el número de veces que se repite una onda en 1 segundo, en otras palabras es la frecuencia de fluctuación de una partícula en el periodo de 1 segundo:

$$f = \frac{1}{T} = \text{Hz} = \text{s}^{-1} = \frac{1}{\text{s}} \quad (3)$$

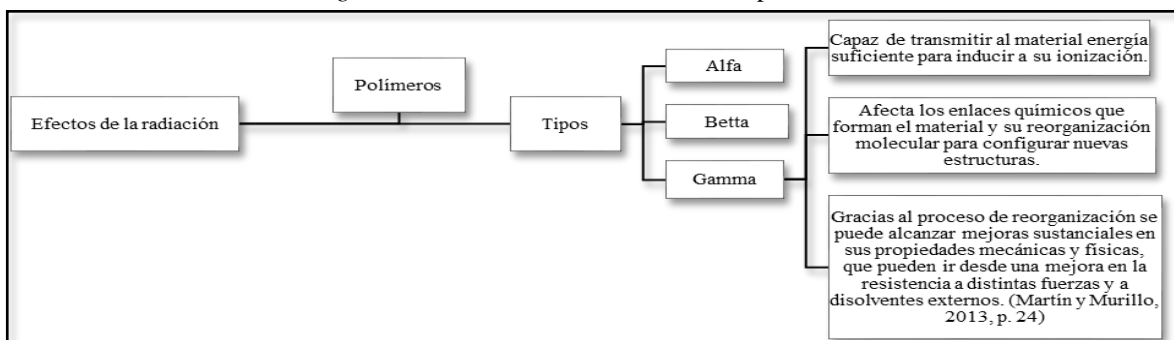
Para convertir una frecuencia en hercios a la velocidad angular (w , medido en radianes) por segundo:

$$w = 2\pi f \quad (4)$$

El Joule, usado para medir energía utilizada en trabajo y calor, viene a ser la cantidad de trabajo realizado por una fuerza en un metro de longitud, esto en la misma dirección de la fuerza. Según el sistema internacional se mide de la siguiente forma:

$$1\text{J} = 1\text{N} * \text{m} = \frac{\text{kg} * \text{m}^2}{\text{s}^2}$$

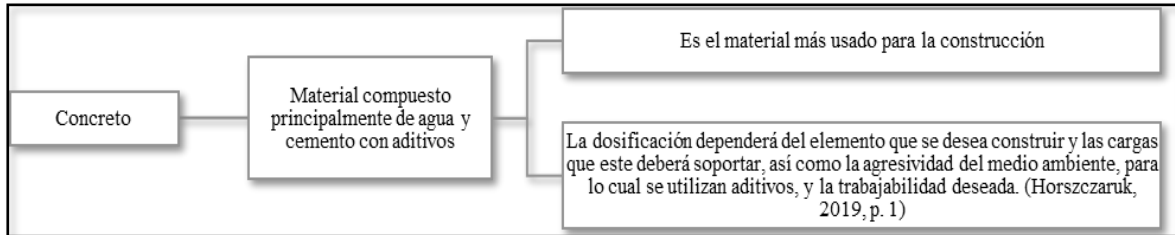
Figura 13: Efectos de la radiación en los polímeros.



Fuente: Elaboración propia.

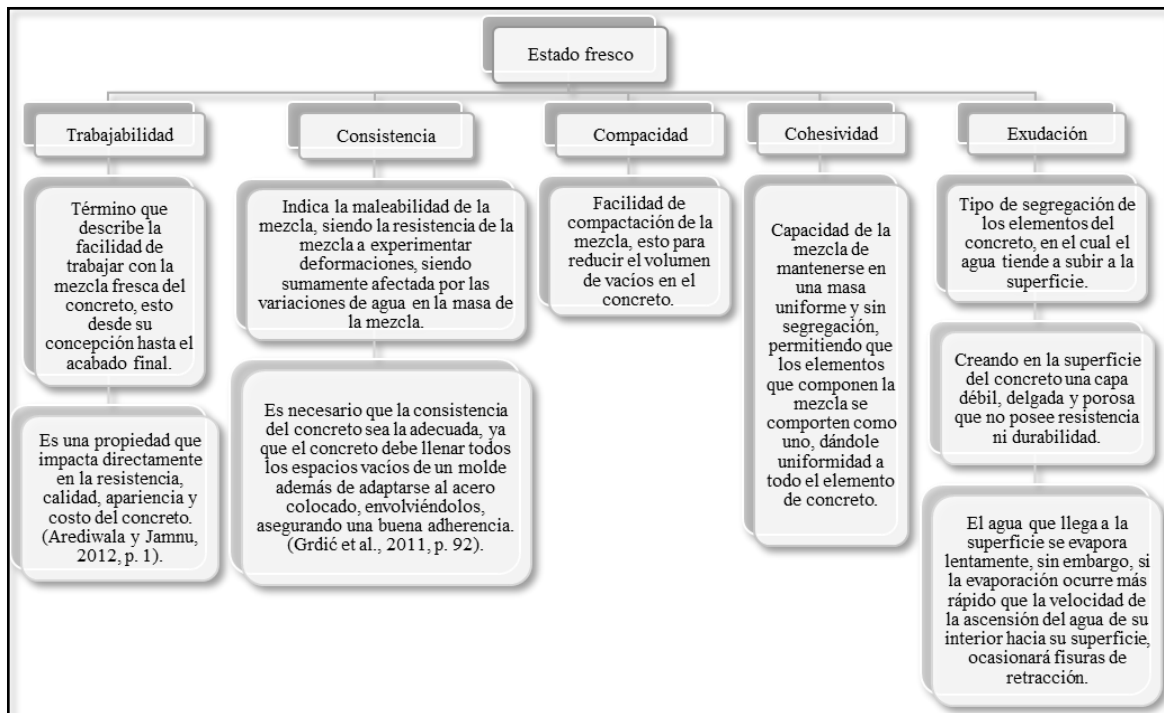
El concreto

Figura 14: Descripción del concreto.



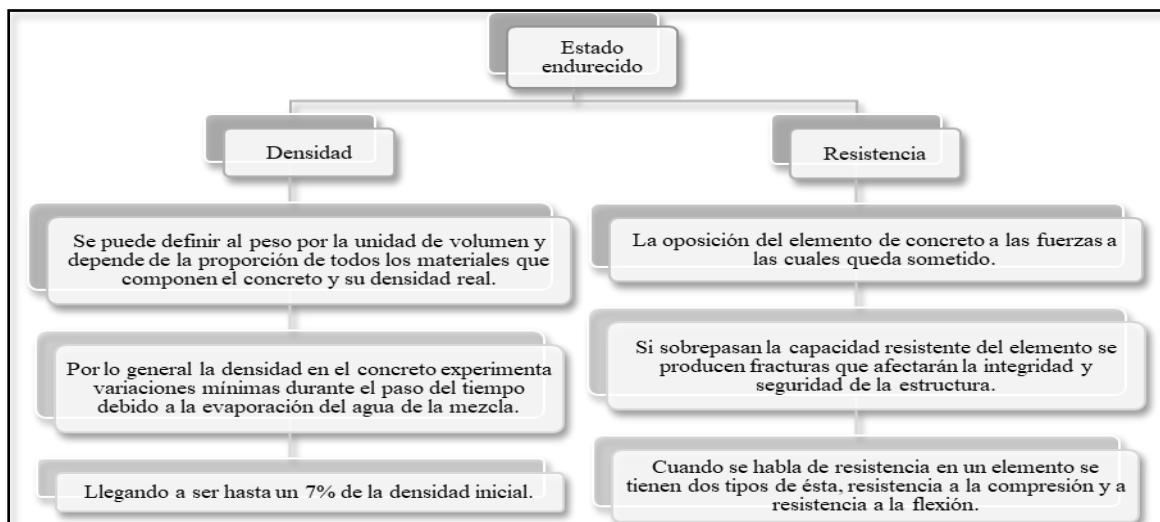
Fuente: Elaboración propia.

Figura 16: Estado fresco del concreto.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 15: Estado endurecido del concreto.



Fuente: Elaboración propia.

Problema general:

¿La adición de caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma mejora la resistencia a la compresión del concreto $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$?

Problemas específicos:

PE1: ¿La adición de caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma con dosis de 0.9%, 1.0% y 1.5% mejora la trabajabilidad del concreto $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ en estado fresco?

PE2: ¿La adición de caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma con dosis de 0.9%, 1.0% y 1.5% incrementa la resistencia a la compresión del concreto $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$?

PE3: ¿Cuál será la óptima dosificación de caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma que mejore las propiedades del concreto $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ y en estado fresco y endurecido?

Justificación práctica

La justificación práctica del presente proyecto de investigación es la búsqueda de la implementación de nuevas técnicas que permitan mayor eficiencia en las edificaciones, de manera que se busca estudiar la adición de caucho de neumáticos reciclados irradiados con rayos gamma en el concreto, para obtener mayor resistencia con menor cantidad de cemento, considerando que la fabricación del cemento produce el 8% de las emisiones de CO_2 anualmente, aproximadamente 2,200 millones de toneladas, según la BBC, a la par de buscar una forma de reducir la cantidad de polímeros de desechos. Adicional a esto se busca materiales más resistentes y duraderos, que permitan estructuras más seguras y duraderas.

Justificación social:

La justificación social del presente trabajo es que se realiza con la finalidad de crear nuevas alternativas que disminuyan el uso de materiales contaminantes, reduciendo la tasa de contaminación anual producida por el sector construcción, así como gracias a esta reducción, mejorar la calidad de vida de los seres vivos y sus ecosistemas.

Hipótesis:**Hipótesis general:**

HG: La adición de caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma sí mejora la resistencia a la compresión del concreto $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.

Hipótesis específicas:

HE1: La adición de caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma con dosis de 0.9%, 1.0% y 1.5% sí mejora la trabajabilidad del concreto $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ en estado fresco.

HE2: La adición de caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma con dosis de 0.9%, 1.0% y 1.5% sí incrementa la resistencia a la compresión del concreto $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.

HE3: La óptima dosificación de caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma que mejore las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido es de 1.0%.

Objetivos:**Objetivo general:**

OG: Mejorar la resistencia a la compresión del concreto $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ con la adición de caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma.

Objetivos específicos:

OE1: Mejorar la trabajabilidad del concreto $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ en estado fresco adicionando caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma con dosis de 0.9%, 1% y 1.5%.

OE2: Incrementar la resistencia a la compresión del concreto $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ adicionando caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma con dosis de 0.9%, 1.0% y 1.5%.

OE3: Determinar la óptima dosificación de caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma que mejore las propiedades del concreto $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ en estado fresco y endurecido.

II. MÉTODO

2.1. Tipo y Diseño de Investigación

2.1.1. Diseño de la investigación

Experimental

Hernández, Fernández y Baptista mencionan que existen requisitos para decidir si un diseño es experimental, para la cual, él expresa que dentro de los principales requisitos para un diseño experimental es la manipulación intencional de mínimo una de las variables independientes, siendo esta la cual se considera como una supuesta causa de relación entre las variables, teniendo la condición de antecedente y el efecto que provoca es llamado variable dependiente o consecuente. Es necesario tener en cuenta que no existe un número limitado de variables independientes o dependientes. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 130)

También menciona que se debe medir el efecto de la variable independiente sobre la dependiente, siendo esto sumamente importante ya que como se observa el efecto sobre la variable independiente, se debe realizar una medición confiable, adecuada y válida. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 134).

Por lo anterior expresado se entiende que el diseño de la investigación es experimental, ya que se busca medir los efectos que los neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma tienen sobre las propiedades del concreto.

2.1.2. Tipo de la investigación

Aplicada

Una investigación es aplicada cuando se encarga de estudiar las posibilidades de aplicación para la solución de un problema real, en otras palabras, busca posibilidades de aplicación práctica (Sanca, 2011, p. 622).

Por lo anterior mencionado se deduce que la presente investigación es de tipo aplicada, ya que se busca mejorar la resistencia del concreto aplicando plásticos irradiados con rayos gamma.

2.1.3. Enfoque de la investigación

Cuantitativo

El enfoque del presente proyecto es cuantitativo ya que posee las características que Hernández describe, siendo este secuencial y probatorio, siendo una secuencia de procesos o etapas ordenadas de las que no se puede eludir pasos, teniendo un orden preciso, sin embargo se puede ir redefiniendo algunas fases. Nace de una idea que va delimitándose,

derivando los objetivos y las preguntas del proyecto de investigación, se debe revisar la literatura y construir un marco de teoría. De los objetivos y preguntas se debe establecer hipótesis y determinar las variables, así como trazar un plan para comprobarlas. Las variables son medidas en un contexto determinado y debe extraerse una lista de conclusiones de las hipótesis propuestas. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 4)

Por lo anterior se puede inferir que el presente proyecto de investigación es de enfoque cuantitativo, ya que los análisis se harán según las hipótesis planteadas en la investigación. Los análisis estarán basados en los datos adquiridos mediante la realización de ensayos de alta confiabilidad.

2.1.4. Nivel de la investigación

Correlacional

Para hablar de lo que sería el nivel de la investigación Hernández describe que una investigación de nivel correlacional ya que busca responder las preguntas de la investigación, además de determinar el grado de relación entre las variables para posteriormente cuantificarlas, analizarlas y poder establecer los vínculos entre ellas, sustentando así las hipótesis que fueron sometidas a prueba. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 93).

Por lo anterior expuesto se entiende que el presente proyecto de investigación es de nivel correlacional busca el grado de relación entre las variables, estableciendo los vínculos entre las mismas y sustentando las hipótesis sometidas a estudios.

2.2. Operacionalización de variables

2.2.1. Variables

Hipótesis General:

VI: Caucho de neumáticos reciclados.

VI: Irradiación por rayos gamma.

VD: Resistencia a la compresión del concreto $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.

Hipótesis específica 1:

VI: Caucho de neumáticos reciclados.

VI: Irradiación por rayos gamma.

VD: Trabajabilidad del concreto $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.

Hipótesis específica 2:

VI: Caucho de neumáticos reciclados.

VI: Irradiación por rayos gamma.

VD: Resistencia a la compresión del concreto $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.

Hipótesis específica 3:

VI: Dosificación de caucho de neumáticos reciclados.

VI: Irradiación por rayos gamma.

VD: Concreto en estado fresco y endurecido.

2.2.2. Definición conceptual

VI: Caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma.

La radiación por rayos gamma es capaz de transmitir al material energía suficiente para inducir a su ionización, afectando los enlaces químicos que forman el material y su reorganización molecular para configurar nuevas estructuras, que a la vez varían sus propiedades, y dependiendo de la dosis pueden mejorar. (Martín y Murillo, 2013, p. 24)

VD: Resistencia a la compresión del concreto.

Las características del concreto pueden cambiar considerablemente, a través del control de sus ingredientes. Por lo tanto, para un elemento en específico, resulta viablemente económico usar un concreto que posea características necesarias, aunque presente deficiencias en otras. (Horszczaruk, 2019, p. 3)

2.2.3. Definición operacional

VI: Caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma

Se procederá a irradiar el material de neumático de origen de reciclaje, como llantas de caucho en desuso, en un reactor de Cobalto 60 a 50 kGy para modificar las propiedades de éstos, se estudiarán sus propiedades modificadas mediante pruebas de compresión y flexión, luego se procederá a pulverizarlos para su próxima adición al concreto.

VD: Resistencia a la compresión del concreto.

Se procederá a adicionar el neumático reciclado irradiado y molido en la mezcla de concreto de $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ en las dosificaciones de 0.9%, 1.0% y 1.5%, se harán ensayos de compresión a las probetas de concreto para determinar la resistencia adquirida.

2.2.4. Escala de medición

La escala de razón es una escala cociente, que tiene propiedades de intervalo y ordinales, siendo cada valor real y absoluto, por lo que se puede decir que los números pueden ser comparados como proporciones y permite indicar variaciones entre distintos objetos. (Coronado, 2007, p. 119).

Tabla 2. Matriz de operacionalización de las variables.

IDENTIFICACIÓN DE VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	NIVEL DE MEDICIÓN	ESCALA DE MEDICIÓN
Caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma	La radiación por rayos gamma es capaz de transmitir al material energía suficiente para inducir a su ionización, afectando los enlaces químicos que forman el material y su reorganización molecular para configurar nuevas estructuras, que a la vez varían sus propiedades, y dependiendo de la dosis pueden mejorar. (Martín y Murillo, 2013, p. 24)	Se procederá a irradiar plástico de neumático de origen de reciclaje, como llantas de caucho en desuso, en un reactor de Cobalto 60 a 50 kGy para modificar las propiedades de éstos, se estudiarán sus propiedades modificadas mediante pruebas de compresión y flexión, luego se procederá a pulverizarlos para su próxima adición al concreto.	Caucho de Neumáticos reciclados	Peso	kg	Razón
				Porcentaje añadido	%	
			Cobalto-60: Rayos gamma	Coefficiente de absorción	kGy	
Resistencia a compresión del concreto F'c = 210 Kg/cm ² .	Las características del concreto pueden cambiar considerablemente, a través del control de sus ingredientes. Por lo tanto, para un elemento en específico, resulta viablemente económico usar un concreto que posea características necesarias, aunque presente deficiencias en otras. (Horszczaruk, 2019, p. 3)	Se procederá a adicionar el neumático reciclado irradiado y molido en la mezcla de concreto de F'c = 210 Kg/cm ² en la dosificaciones de 0.9%, 1% y 1.5%, se hará ensayos de compresión a las probetas de concreto para determinar la resistencia adquirida.	Propiedades del concreto en estado fresco	Trabajabilidad	Nominal	
				Consistencia	Nominal	
			Propiedades del concreto en estado endurecido	Resistencia a la compresión	kg/cm ²	
				Edades	Días	

Fuente: Elaboración propia

2.3. Población, muestra y muestreo

2.3.1. Población

La población del presente proyecto de investigación está conformado por el concreto con resistencia a la compresión $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ con caucho de neumáticos reciclados y el concreto con resistencia a la compresión $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ con caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma.

2.3.2. Muestra

La muestra es una parte de la población de estudio, la muestra debe ser definida y delimitada con precisión, ya que ésta debe ser la representación estadística de la población, ya que los resultados obtenidos de la muestra generalicen a la población. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 173).

Para determinar la muestra se usa la ecuación (5):

$$n = \frac{Z^2 * P * Q * N}{E^2(N - 1) + Z^2 * P * Q} \quad (5)$$

Siendo:

n : Muestra

Z : Valor que corresponde al nivel de confianza, 1.96 para un 95% de nivel de confianza.

P y Q : Probabilidad que suceda o no suceda el evento, para el presente caso 0.5 y 0.5.

E : 0.02 (Margen de error)

$$n = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5 * 63}{0.02^2(63 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5} = 61.41 \cong 62$$

La muestra será de 63 probetas de concreto para la realización del presente proyecto de investigación.

2.3.3. Muestreo

Para lo que es el muestreo de la presente investigación se considera de tipo no probabilístico, esto debido a que la muestra será elegida por las características de la investigación obedeciendo los criterios de la misma, así como lo indica Hernández, Fernández y Baptista, mencionando que la elección de la muestra depende de las características de la investigación y no de la probabilidad. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 176).

Para la evaluación de las propiedades del concreto se ensayarán en compresión para el tipo de concreto de $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ en un total de 63 probetas, tal como se indica en la Tabla 3. Se ensayará en compresión 27 probetas para el tipo de concreto de $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ al que se le adicionará caucho de neumáticos reciclados en forma de molienda, en dosis de 0.9%,

1.0% y 1.5% y 27 probetas concreto de $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ al que se le adicionará caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma a 50 kGy en forma de molienda, en dosis de 0.9%, 1.0% y 1.5%. Así mismo se ensayarán 9 probetas de concreto de $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ en compresión para tener la resistencia base para medir las diferencias con los ensayos anteriormente mencionados. El caucho a utilizar es obtenido mediante un neumático en desuso, el cual es triturado mediante molinos en la “Asociación de Recicladores de Manchay” en la zona de Manchay, en el distrito de Pachacamac, del caucho molido se utilizará el pasante de la malla N° 4.

Tabla 3: Relación de probetas para concreto F'_c 210 kg/cm².

Mezclas	Dosis de caucho (%)	Irradiación	N° Probetas	Prueba 01	Prueba 02	Prueba 03	Total
Patrón	0.00	No	3	7 días	14 días	28 días	9
Mezcla A	0.90	Si	3	7 días	14 días	28 días	9
Mezcla B	1.00	Si	3	7 días	14 días	28 días	9
Mezcla C	1.50	Si	3	7 días	14 días	28 días	9
Mezcla D	0.90	No	3	7 días	14 días	28 días	9
Mezcla E	1.00	No	3	7 días	14 días	28 días	9
Mezcla F	1.50	No	3	7 días	14 días	28 días	9
Total:							63

Fuente: Elaboración propia

Por lo que en total se ensayarán un total de 63 probetas a compresión, tal como se muestra en la Tabla 4, la cantidad de probetas que se ensayarán está basada en el ASTM C39.

Tabla 4: Número de Probetas a ensayar.

F'c Concreto	N° de Probetas
210	63
Total:	63

Fuente: Elaboración propia

La muestra será de 63 probetas de concreto para la realización del presente proyecto de investigación.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Técnicas

Para el presente trabajo de investigación, la técnica de la observación es la que será aplicada, ya que los procedimientos de los ensayos serán observados con detalle y detenimiento para obtener los datos necesarios para la continuidad del proyecto de investigación.

2.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos que serán analizados en la presente investigación son de análisis y datos de laboratorio:

- Equipo de prensa Hidráulica (ensayo a compresión).
- Tamices.
- Horno.
- Cono de Abrams.
- Planta de irradiación multiusos.
- Formatos de laboratorio.
- Fichas de observación.

Considerando las normativas de la Norma Técnica Peruana y la Internacional ASTM, los registros de datos serán adjuntados en los anexos.

2.4.3. Validez y confiabilidad

Cuando se habla de validez en la investigación, se refiere a la confiabilidad existente en los resultados obtenidos en el experimento, ya que sin esto el experimento no podría considerarse una investigación experimental. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 148).

Los instrumentos de recolección de datos usados en el presente proyecto de investigación son válidos ya que son continuamente calibrados, por lo que cuentan con certificado de calibración, garantizando la precisión de los instrumentos usados durante los ensayos.

2.5. Procedimientos

Se obtuvo el caucho reciclado de la “Asociación de Recicladores Defensores del Medio Ambiente - Manchay”, ubicado en la zona de Pachacamac, en la Figura 17 se aprecia el material obtenido.

Figura 17: Residuos de caucho.



Fuente: Propia

Una vez obtenido el caucho reciclado, se procede a su limpieza, tal y como está especificado en el Anexo 6: Obtención y tratado del material.

Una vez limpio y seco el material se llevó al laboratorio PIMU del Centro de Producción de Moscas de la Fruta Estériles del Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) en el que se irradió el material, supervisado por la Dra. Liz Villanueva Jiménez, especialista en irradiación, en un irradiador de Co-60 a 0.30 kGy/h, por lo que la duración de la irradiación fue de 165 horas, el irradiador usado fue un irradiador panorámico tipo II “Gammabeam 127” (Nordion Internacional), tal y como se aprecia en la Figura 18.

Figura 18: Tablero de control del irradiador.



Fuente: Propia

Una vez irradiado el material se procede a llevarlo al laboratorio en el que se harán los ensayos propuestos. Los agregados (Arena gruesa y piedra chancada ½”) fueron adquiridos en la cantera “Arenera San Martín de Porras S.A” y llevados al laboratorio en el que se realizarán los ensayos correspondientes, en el Anexo 4 y Anexo 5 se encuentran los certificados otorgados por la cantera.

Una vez obtenidos todos los materiales necesarios, se procedió a realizar los ensayos a los agregados de manera inicial, esto con la finalidad de verificar su estado antes de ser incorporado a la mezcla de concreto, una vez obtenidos los resultados, se procede a realizar las mezclas propuestas para realizar primero los ensayos en estado fresco y para la fase final los ensayos en el estado endurecido (ensayos de compresión) , los cuales como fue mencionado anteriormente se realizaron a 3 edades (7 días, 14 días y 28 días).

Cuando se hayan obtenido todos los resultados se procederá a ingresar los datos a una tabla comparativa que señalará las diferencias entre cada diseño de mezcla.

2.6. Métodos de análisis de datos

La investigación busca mejorar la resistencia a la compresión del concreto $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ con la adición de caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma a 50 kGy (0.30 kGy/h), para esto el caucho de neumáticos reciclados será pulverizado para posteriormente ser adicionado al concreto en dosis de 0.9%, 1.0% y 1.5%, con el fin de medir sus efectos sobre la resistencia a la compresión de los concretos de tipo $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$. Los ensayos serán realizados con el fin de comprobar las hipótesis planteadas en el presente proyecto de investigación, para lo cual será necesario describir los siguientes puntos:

2.6.1. Agregados

Irradiación de caucho de neumáticos reciclados con Cobalto-60 a 50 kGy

La irradiación de caucho de neumáticos reciclados con Cobalto-60 a 50 kGy será realizada en la planta de irradiación multiusos del Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA), el cual consta de un edificio construido de concreto armado con muros de espesor de 1.70 m. en dicha sala las muestras de caucho de neumáticos reciclados serán expuestas a los rayos gamma a 50 kGy proveniente de una fuente de Cobalto-60, utilizando equipos automatizados desde una consola de control.

Análisis Granulométrico de Agregados (Grueso, Fino y Global)

Este ensayo busca determinar de manera cuantitativa la distribución de las partículas de un agregado en relación a su tamaño, esto mediante mallas normalizadas. Este ensayo es importante por el efecto de la dosificación del concreto. El análisis de granulometría estará basado en la norma ASTM C-33.

Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso

Este ensayo busca determinar el peso específico y la absorción del agregado grueso a partir del humedecimiento del agregado, esto a partir de una cierta muestra de agregado grueso para saber si cumple las características para un óptimo diseño de mezcla. El ensayo estará basado en la normativa ASTM C-127.

Peso Específico y Absorción del Agregado Fino

Este ensayo busca determinar el peso específico y la absorción del agregado fino a partir de una muestra de agregado fino para saber si cumple las características para un óptimo diseño de mezcla. El ensayo estará basado en la normativa ASTM C-128.

Contenido de Humedad Total de los Agregados por Secado

Consiste en someter una muestra de agregado a un proceso de secado y comparar su masa antes y después del mismo para determinar su porcentaje de humedad total. El ensayo estará basado en la normativa ASTM C566-97.

2.6.2. Concreto

Slump

Mediante el ensayo del Slump se determinará la trabajabilidad de las mezclas de concreto diseñadas. Para efectos de un resultado válido se hará tal y como lo señala el ASTM C-143, por cada diseño de mezcla.

Ensayo a compresión

Se realiza mediante una prensa hidráulica diseñada para este tipo de solicitaciones axiales negativas, la cual pretende comprimir la probeta ensayada. El fin del ensayo de compresión es diagnosticar la respuesta del material frente a la acción de las cargas axiales, para el presente estudio se someterán las probetas de concreto con adición de caucho de neumáticos irradiados por rayos gamma a la acción de la prensa hidráulica comprobando su resistencia. Las probetas que se ensayarán estarán basadas en el ASTM C-39.

Módulo de elasticidad

El ensayo de módulo de elasticidad se realiza mediante una prensa hidráulica y un deformímetro, este ensayo se realiza aplicando el 40% de la resistencia final del concreto, por lo que es necesario realizar ensayos de compresión antes del ensayo para determinar el módulo de elasticidad y poder determinar hasta que fuerza se debe aplicar. Este ensayo se realiza basada en la normativa del ASTM C-469.

Finalmente el procesamiento de datos se realizará mediante el almacenamiento de información permitiendo registrar los datos necesarios para la obtención de valores mediante el programa Microsoft Excel, usando tablas y cuadros estadísticos que permitan facilitar el procesamiento de la información trabajada.

2.7. Aspectos éticos

La presente investigación se realizó con la intención de adquirir mayor conocimiento para posibles usos de materiales desechados, a fin de disminuir la cantidad de desechos sólidos a la par de desarrollar nuevas tecnologías. Los resultados serán obtenidos de un laboratorio en el cual sus equipos presenten certificado de calibración para respaldar la autenticidad y veracidad de los mismos. El investigador se compromete a desarrollar con total veracidad la recopilación de los datos y el procesamiento de los mismos.

III.RESULTADOS

Propiedades físicas de los agregados

Características del agregado fino

En la Tabla 5 se muestran las propiedades físicas que posee el agregado fino de la cantera “Arenera San Martín de Porras S.A.” – Ate, Lima; los valores obtenidos se ubican dentro del estándar de las normas ASTM y NTP.

Tabla 5: Resumen de las propiedades físicas de la Arena Gruesa

Características físicas de la Arena Gruesa		
Características	Unidad	Cantidad
P. Especifico de Masa Seco	g/cm ³	2.505
P. Especifico de Masa SSS	g/cm ³	2.573
P. Especifico de Masa Aparente	g/cm ³	2.689
Peso Unitario Compactado	kg/m ³	1663
Peso Unitario Suelto	kg/m ³	1456
Humedad de absorción	%	2.7
Módulo De Finura		3.18
% < Malla N°200 (1.75 <u>µm</u>)	%	5.10

Fuente: Elaboración propia.

Para el módulo de finura se obtuvo 3.18, lo que indica que es aceptable.

Según el porcentaje de material más fino que la malla N°200 se observa que cumple con lo especificado en la Norma Técnica Peruana, la que establece un valor máximo de 7% para agregado fino.

Características físicas del agregado grueso

En la Tabla 6 se aprecian las propiedades físicas del agregado grueso de la cantera “Arenera San Martín de Porras S.A.” – Ate, Lima; los valores obtenidos se ubican dentro del estándar de las normas ASTM y NTP.

Tabla 6: Resumen de las propiedades físicas de la Piedra Chancada ½”.

Características físicas del agregado grueso		
Características	Unidad	Cantidad
P. Especifico de Masa Seco	g/cm ³	2.620
P. Especifico de Masa SSS	g/cm ³	2.640
P. Especifico de Masa Aparente	g/cm ³	2.674
Peso Unitario Compactado	kg/m ³	1618
Peso Unitario Suelto	kg/m ³	1478
Humedad de absorción	%	0.77
Tamaño Máximo		1”
Tamaño Máximo Nominal		¾”
Módulo De Finura		7.07
% < Malla N°200 (1.75 <u>µm</u>)	%	0.62

Fuente: Elaboración propia.

Para el material más fino pasante por la malla N° 200 se obtiene que cumple con ser menor al 1%.

Tabla 7: Resumen de las propiedades físicas del caucho normal.

Características físicas del caucho normal		
Características	Unidad	Cantidad
P. Especifico de Masa Seco	g/cm ³	0.818
P. Especifico de Masa SSS	g/cm ³	0.818
P. Especifico de Masa Aparente	g/cm ³	0.818
Peso Unitario Compactado	kg/m ³	528
Peso Unitario Suelto	kg/m ³	445
Humedad de absorción	%	0
Tamaño Máximo		-
Tamaño Máximo Nominal		-
Módulo De Finura		1.53
% < Malla N°200 (1.75 <u>µm</u>)	%	0

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso del caucho normal o convencional se aprecia que no posee la característica de absorción de humedad.

Tabla 8: Resumen de las propiedades físicas del caucho irradiado.

Características físicas del caucho irradiado		
Características	Unidad	Cantidad
P. Específico de Masa Seco	g/cm ³	0.820
P. Específico de Masa SSS	g/cm ³	0.820
P. Específico de Masa Aparente	g/cm ³	0.820
Peso Unitario Compactado	kg/m ³	530
Peso Unitario Suelto	kg/m ³	442
Humedad de absorción	%	-
Tamaño Máximo		-
Tamaño Máximo Nominal		-
Módulo De Finura		1.43
% < Malla N°200 (1.75 <u>µm</u>)	%	-

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso del caucho irradiado se obtiene que al igual que el caucho normal, no posee la característica de absorción de humedad.

Diseño de mezcla

Procedimiento para obtener la dosificación de mezclas:

Diseño de mezcla Patrón:

Para realizar el diseño de mezcla se usó el método regido por el ACI, para lo cual se siguió los siguientes pasos:

Resistencia a la compresión de diseño ($F'c$ de diseño): 210 kg/cm².

Tabla 9: Requisitos de resistencia.

Resistencia a la compresión especificada (kg/cm ²)	Resistencia a la compresión requerida (kg/cm ²)
Menor a 210	$f'c + 70$
210 - 350	$f'c + 84$
Mayor a 350	$1.10 f'c + 50$

Fuente: ACI 211.1

Resistencia a la compresión requerida ($F'c$ requerida): Para hacer el cálculo de la resistencia requerida se le suma 84 kg/cm² según la Tabla 9.

$$210 \text{ kg/cm}^2 + 84 \text{ kg/cm}^2 = 294 \text{ kg/cm}^2$$

Determinar el asentamiento requerido: En la Tabla 10 se muestra la elección de asentamientos según el uso de la mezcla, para uso de investigación se consideró un asentamiento de 10cm.

Tabla 10: Elección del asentamiento.

Tipos de construcción	Asentamiento (cm)	
	Máximo	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas reforzadas	7.5	2.5
Muros de subestructuras, cajones y zapatas sin refuerzo	7.5	2.5
Vigas y muros reforzados	10	2.5
Columnas de edificios	10	2.5
Losas y pavimentos	7.5	2.5
Concreto masivo	7.5	2.5
* Puede incrementarse 2.5 cm para métodos de consolidación distintos a la vibración.		

Fuente: ACI 211.1

Determinar las características de los agregados: En la Tabla 11 se hizo un resumen de las características de los agregados a usarse para el diseño de la mezcla patrón.

Tabla 11: Materiales para el diseño de mezcla patrón.

Materiales	Peso Específico (kg/m ³)	Volumen Absoluto (m ³)	Contenido de Humedad	% Absorción	Módulo de finura	P.U. Suelto	Tamaño máximo
Cemento Sol Tipo 1	3110	0.1321	-	-	-	-	-
Agua	1000	0.2300	-	-	-	-	-
Aire	-	0.0150	-	-	-	-	-
Agregado Grueso	2620		0.20%	0.77%	7.07	1478	¾"
Agregado Fino	2570		4.10%	1.50%	3.41	1527	-
Volumen de Pasta		0.3771	m3				
Volumen de agregados		0.6228	m3				

Fuente: Elaboración propia.

Determinar el contenido de aire en la mezcla: Según la Tabla 12 el contenido de aire atrapado elegido es de 1.5%.

Tabla 12: Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes asentamientos y tamaños máximos de agregado.

Asentamiento	Tamaño máximo de la grava (mm)							
	9.5	12.5	19	25	38	50	75	150
Concreto sin aire incluido								
2.5 > 5	207	199	190	179	166	154	130	113
7.5 > 10	228	216	205	193	181	169	145	124
15 > 17.5	243	228	216	202	190	178	160	-
Aire atrapado aprox. (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incluido								
2.5 > 5	181	175	168	150	150	142	122	107
7.5 > 10	202	193	184	165	165	157	133	119
15 > 17.5	216	205	197	174	174	166	154	-
Promedio recomendado de aire a incluir según el tipo de exposición (%)								
Exposición ligera	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1
Exposición moderada	6	5.5	5	5	4.5	4	3.5	3
Exposición Severa	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5	4

Fuente: ACI 211.1

Determinar contenido de agua: Para determinar el contenido de agua se obtiene que es de 230 Litros, esto mediante una interpolación para corregir y evitar que la mezcla salga muy seca.

Determinar relación agua/cemento: Para determinar la relación agua/cemento se debe tomar en cuenta la compresión deseada, para lo cual en la Tabla 13, se muestran las distintas relaciones, según su resistencia, para lo cual se ha considerado una relación de 0.56.

Tabla 13: Correspondencia entre la relación agua/cemento y la resistencia a la compresión.

Resistencia a la compresión 28 días (kg/cm ²)	Relación agua/cemento	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
420	0.41	0
350	0.48	0.4
280	0.57	0.48
210	0.68	0.59
140	0.82	0.74

Fuente: ACI 211.1

Determinar cantidad de cemento: Una vez se tiene la cantidad de agua para 1m³ y la relación agua/cemento, se debe despejar el valor del cemento en peso:

$$R \ a/c = \frac{W_w}{W_c} \quad (6)$$

$$W_c = \frac{W_w}{R \ a/c}$$

$$W_c = \frac{230}{0.56} = 411 \text{ kg}$$

Determinar cantidad de piedra chancada: Para obtener el volumen de agregado grueso se debe utilizar la Tabla 14, obteniendo 0.57m³ de piedra chancada de ½”

Tabla 14: Volumen del agregado grueso (m³) por volumen unitario de concreto.

Tamaño máximo del agregado grueso (mm)	Módulo de finura de la arena			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
19	0.66	0.64	0.62	0.60
25	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
75	0.82	0.80	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI 211.1

El volumen obtenido es compactado, por lo para obtener el peso real se realiza el siguiente cálculo:

$$PVSC_G = \frac{W_G}{V_G} \rightarrow W_G = PVSC_G * V_G \quad (7)$$

$$W_G = 842 \text{ kg}$$

Determinar cantidad de arena gruesa: Se procede a obtener el volumen de todos los componentes:

Volumen del cemento:

$$V_C = \frac{W_C}{GE_C * Y_W} \quad (8)$$

$$V_C = 0.1322 \text{ m}^3$$

Volumen de agua:

$$V_W = \frac{W_w}{GE_w * Y_W} \quad (9)$$

$$V_W = 0.23 \text{ m}^3$$

Volumen de agregado grueso:

$$V_G = \frac{W_G}{GE_G * Y_G} \quad (10)$$

$$V_G = 0.3214 \text{ m}^3$$

Volumen de agregado fino:

$$V_{AF} = 1 \text{ m}^3 - (V_G + V_W + V_C + V_A) \quad (11)$$

$$V_{AF} = 0.3015 \text{ m}^3$$

Peso de la arena:

Se obtiene el valor de la arena usando la fórmula de pesos absolutos:

$$W_{mat} = W_{mat} * Ge_{mat} * Y_W \quad (12)$$

$$W_{mat} = 775 \text{ kg}$$

Corrección de agua de mezclado: Para tener una correcta hidratación de la pasta es necesario tener en cuenta el porcentaje de absorción de los agregados, con el fin de generar una reacción química óptima:

$$W_{Wmez} = W_W + W_{Wabs} - W_{Wcont} \quad (13)$$

$$W_{Wmez} = W_W + \left[W_{ar} * \left(\frac{\%abs}{100} \right) + W_G * \left(\frac{\%abs}{100} \right) \right] - \left[W_{ar} * \left(\frac{\%0w}{100} \right) + W_G * \left(\frac{\%0w}{100} \right) \right] \quad (14)$$

$$W_{Wmez} = 215 \text{ kg}$$

Cálculo de proporciones: por último, para obtener las proporciones se tienen 3 materiales (cemento, arena y piedra chancada), se calcula tomando como referencia al cemento:

Proporciones en base al peso:

$$\frac{W_c}{W_c} = 1 ; \frac{W_{ar}}{W_c} = 1.9 ; \frac{W_G}{W_c} = 2.09$$

Siendo la proporción en base al peso de: 1: 1.9: 2.09

En la Tabla 15 se observa de manera resumida las cantidades obtenidas mediante el método ACI para el cálculo del diseño de mezcla patrón.

Tabla 15: Resumen de Diseño de Mezcla Patrón.

Resumen de Diseño de Mezcla Patrón	
W Agua (kg)	230.000
R a/c	0.560
V Aire (m ³)	0.015
V Agua (m ³)	0.230
Concreto	
W Concreto (kg)	411.0000
V Concreto (m ³)	0.1322
Piedra Chancada	
V Piedra chancada (52%) (m ³)	0.3214
W Piedra Chancada (kg)	842.0000
Arena Gruesa	
V Arena Gruesa (48%) (m ³)	0.3015
W Arena Gruesa (kg)	775.0000
Corrección de agua de mezclado	
Wwabs	18.1084
Wwcont	33.4590
Wwmez (kg)	215.0000
Cálculo de proporciones	
Wc/Wc	1.00
War/Wc	1.9
WG/Wc	2.09

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de la piedra chancada y el cálculo del volumen se realizó una interpolación debido a que como se muestra en la Tabla 14, para el caso del módulo de finura de la arena, los datos mostrados solo se dan hasta un módulo de finura 3, sin embargo en el presente proyecto de investigación el módulo de finura de la arena gruesa usada fue de 3.18, por lo que se realizó una interpolación, obteniéndose como resultado 0.57 el valor que hay que multiplicar con el valor del volumen de la piedra chancada para obtener el peso de la piedra chancada.

Diseño de la mezcla A: Con dosificación de Caucho Irradiado al 0.9%.

Para el diseño A, los datos de los agregados usados se menciona en la Tabla 16.

Tabla 16: *Materiales para el diseño de mezcla A.*

Materiales	Peso Especifico (kg/m ³)	Volumen Absoluto (m ³)	Contenido de Humedad	% Absorción	Módulo de finura	P.U. Suelto	Tamaño máximo
CEMENTO SOL TIPO 1	3110	0.1321	-	-	-	-	-
AGUA	1000	0.2300	-	-	-	-	-
AIRE	-	0.0150	-	-	-	-	-
AGREGADO GRUESO	2620		0.20%	0.80%	7.07	1478	¾"
AGREGADO FINO	2505		1.70%	2.70%	3.18	1456	-
CAUCHO IRRADIADO	860	-	-	-	1.43	442	-
Volumen de Pasta		0.3771	m3				
Volumen de agregados		0.6122	m3				

Fuente: Elaboración propia.

El 0.9% se toma de la Tabla 11 en relación al volumen de agregados, es decir, que para el caso de la mezcla patrón el volumen de agregados fue de 0.6228 m³, y de dicha cantidad se obtuvo el 0.9% para ser reemplazado como caucho irradiado, siendo el volumen de caucho irradiado 0.0056 m³, esta cantidad fue reemplaza en el agregado fino, es por ello que se muestra menor cantidad que en el diseño patrón, ya que al momento de calcular el volumen del agregado fino se procedió a restar el volumen del aire, agua, cemento, piedra y caucho irradiado.

Para el caso de la piedra chancada y el cálculo del volumen se realizó una interpolación debido a que como se muestra en la Tabla 14, para el caso del módulo de finura de la arena, los datos mostrados solo se dan hasta un módulo de finura 3, sin embargo en el presente proyecto de investigación el módulo de finura de la arena gruesa usada fue de 3.18, por lo que se realizó una interpolación, obteniéndose como resultado 0.57 el valor que hay que multiplicar con el valor del volumen de la piedra chancada para obtener el peso de la piedra chancada.

En la Tabla 17 se observa de manera resumida las cantidades obtenidas mediante el método ACI para el cálculo del diseño de mezcla A: Con dosificación de Caucho Irradiado al 0.9%.

Tabla 17: Resumen de Diseño de Mezcla A.

Resumen de Diseño de Mezcla A	
W Agua (kg)	230.0000
R a/c	0.5600
V Aire (m ³)	0.0200
V Agua (m ³)	0.2300
Concreto	
W Concreto (kg)	411.0000
V Concreto (m ³)	0.1322
Piedra Chancada	
V Piedra chancada (m ³)	0.3214
W Piedra Chancada (kg)	842.0000
Arena Gruesa	
V Arena Gruesa (47.1%) (m ³)	0.2909
W Arena Gruesa (kg)	729.0000
Caucho Irradiado	
V Caucho Irradiado (m ³)	0.0056
W Caucho Irradiado (kg)	4.8256
Corrección de agua de mezclado	
Wwabs	26.4190
Wwcont	14.0770
Wwmez (kg)	242.0000
Cálculo de proporciones	
Wc/Wc	1.00
War/Wc	1.90
WG/Wc	2.09
Wci/Wc	0.01

Fuente: Elaboración propia.

Diseño de la mezcla B: Con dosificación de Caucho Irradiado al 1.0%.

Para el diseño B, los datos de los agregados usados se menciona en la Tabla 18.

Tabla 18: Materiales para el diseño de mezcla B.

Materiales	Peso Específico (kg/m³)	Volumen Absoluto (m³)	Contenido de Humedad	% Absorción	Módulo de finura	P.U. Suelto	Tamaño máximo
CEMENTO SOL TIPO 1	3110	0.1321	-	-	-	-	-
AGUA	1000	0.2300	-	-	-	-	-
AIRE	-	0.0150	-	-	-	-	-
AGREGADO GRUESO	2620		0.20%	0.80%	7.07	1478	¾"
AGREGADO FINO	2505		1.70%	2.70%	3.18	1456	-
CAUCHO IRRADIADO	860	-	-	-	1.43	442	-
Volumen de Pasta		0.3771	m3				
Volumen de agregados		0.6117	m3				

Fuente: Elaboración propia.

El 1.0% se toma de la Tabla 11 en relación al volumen de agregados, es decir, que para el caso de la mezcla patrón el volumen de agregados fue de 0.6228 m³, y de dicha cantidad se obtuvo el 1.0% para ser reemplazado como caucho irradiado, siendo el volumen de caucho irradiado 0.0062 m³, esta cantidad fue reemplaza en el agregado fino, es por ello que se muestra menor cantidad que en el diseño patrón, ya que al momento de calcular el volumen

del agregado fino se procedió a restar el volumen del aire, agua, cemento, piedra y caucho irradiado.

Para el caso de la piedra chancada y el cálculo del volumen se realizó una interpolación debido a que como se muestra en la Tabla 14, para el caso del módulo de finura de la arena, los datos mostrados solo se dan hasta un módulo de finura 3, sin embargo en el presente proyecto de investigación el módulo de finura de la arena gruesa usada fue de 3.18, por lo que se realizó una interpolación, obteniéndose como resultado 0.57 el valor que hay que multiplicar con el valor del volumen de la piedra chancada para obtener el peso de la piedra chancada.

En la Tabla 19 se observa de manera resumida las cantidades obtenidas mediante el método ACI para el cálculo del diseño de mezcla B: Con dosificación de Caucho Irradiado al 1.0%.

Tabla 19: Resumen de Diseño de Mezcla B.

Resumen de Diseño de Mezcla B	
W Agua (kg)	230.0000
R a/c	0.5600
V Aire (m ³)	0.0200
V Agua (m ³)	0.2300
Concreto	
W Concreto (kg)	411.0000
V Concreto (m ³)	0.1322
Piedra Chancada	
V Piedra chancada (52%) (m ³)	0.3214
W Piedra Chancada (kg)	842.0000
Arena Gruesa	
V Arena Gruesa (47%) (m ³)	0.2902
W Arena Gruesa (kg)	728.0000
Caucho Irradiado	
V Caucho Irradiado (1.0%) (m ³)	0.0062
W Caucho Irradiado (kg)	5.3561
Corrección de agua de mezclado	
Wwabs	26.3920
Wwcont	14.0600
Wwmez (kg)	242.0000
Cálculo de proporciones	
Wc/Wc	1.00
War/Wc	1.80
WG/Wc	2.05
Wci/Wc	0.01

Fuente: Elaboración propia.

Diseño de la mezcla C: Con dosificación de Caucho Irradiado al 1.5%.

Para el diseño C, los datos de los agregados usados se mencionan en la Tabla 20.

Tabla 20: Materiales para el diseño de mezcla C.

Materiales	Peso Específico (kg/m ³)	Volumen Absoluto (m ³)	Contenido de Humedad	% Absorción	Módulo de finura	P.U. Suelto	Tamaño máximo
CEMENTO SOL TIPO 1	3110	0.1321	-	-	-	-	-
AGUA	1000	0.2300	-	-	-	-	-
AIRE	-	0.0150	-	-	-	-	-
AGREGADO GRUESO	2620		0.20%	0.80%	7.07	1478	¾"
AGREGADO FINO	2505		1.70%	2.70%	3.18	1456	-
CAUCHO IRRADIADO	860	-	-	-	1.43	442	-
Volumen de Pasta		0.3771	m3				
Volumen de agregados		0.6087	m3				

Fuente: Elaboración propia.

El 1.5% se toma de la Tabla 11 en relación al volumen de agregados, es decir, que para el caso de la mezcla patrón el volumen de agregados fue de 0.6228 m³, y de dicha cantidad se obtuvo el 1.5% para ser reemplazado como caucho irradiado, siendo el volumen de caucho irradiado 0.0093 m³, esta cantidad fue reemplaza en el agregado fino, es por ello que se muestra menor cantidad que en el diseño patrón, ya que al momento de calcular el volumen del agregado fino se procedió a restar el volumen del aire, agua, cemento, piedra y caucho irradiado.

Para el caso de la piedra chancada y el cálculo del volumen se realizó una interpolación debido a que como se muestra en la Tabla 14, para el caso del módulo de finura de la arena, los datos mostrados solo se dan hasta un módulo de finura 3, sin embargo en el presente proyecto de investigación el módulo de finura de la arena gruesa usada fue de 3.18, por lo que se realizó una interpolación, obteniéndose como resultado 0.57 el valor que hay que multiplicar con el valor del volumen de la piedra chancada para obtener el peso de la piedra chancada.

En la Tabla 21 se observa de manera resumida las cantidades obtenidas mediante el método ACI para el cálculo del diseño de mezcla C: Con dosificación de Caucho Irradiado al 1.5%.

Tabla 21: Resumen de Diseño de Mezcla C.

Resumen de Diseño de Mezcla C	
W Agua (kg)	230.0000
R a/c	0.5600
V Aire (m3)	0.0200
V Agua (m3)	0.2300
Concreto	
W Concreto (kg)	411.0000
V Concreto (m3)	0.1322
Piedra Chancada	
V Piedra chancada (52%) (m ³)	0.3214
W Piedra Chancada (kg)	842.0000
Arena Gruesa	
V Arena Gruesa (46.5%) (m ³)	0.2871
W Arena Gruesa (kg)	720.0000
Caucho Irradiado	
V Caucho Irradiado (1.5%) (m ³)	0.0093
W Caucho Irradiado (kg)	8.0000
Corrección de agua de mezclado	
Wwabs	26.1760
Wwcont	13.9240
Wwmez (kg)	242.0000
Cálculo de proporciones	
Wc/Wc	1.00
War/Wc	1.80
WG/Wc	2.05
Wci/Wc	0.02

Fuente: Elaboración propia.

Diseño de la mezcla D: Con dosificación de Caucho al 0.9%.

Para el diseño D, los datos de los agregados usados se mencionan en la Tabla 22.

Tabla 22: Materiales para el diseño de mezcla D.

Materiales	Peso Específico (kg/m³)	Volumen Absoluto (m³)	Contenido de Humedad	% Absorción	Módulo de finura	P.U. Suelto	Tamaño máximo
CEMENTO SOL TIPO 1	3110	0.1321	-	-	-	-	-
AGUA	1000	0.2300	-	-	-	-	-
AIRE	-	0.0150	-	-	-	-	-
AGREGADO GRUESO	2620		0.20%	0.80%	7.07	1478	¾"
AGREGADO FINO	2505		5.00%	2.70%	5	1456	-
CAUCHO NORMAL	860	-	-	-	1.43	442	-
Volumen de Pasta		0.3771	m3				
Volumen de agregados		0.6122	m3				

Fuente: Elaboración propia.

El 0.9% se toma de la Tabla 11 en relación al volumen de agregados, es decir, que para el caso de la mezcla patrón el volumen de agregados fue de 0.6228 m³, y de dicha cantidad se obtuvo el 0.9% para ser reemplazado como caucho normal, siendo el volumen de caucho normal 0.0056 m³, esta cantidad fue reemplaza en el agregado fino, es por ello que se muestra

menor cantidad que en el diseño patrón, ya que al momento de calcular el volumen del agregado fino se procedió a restar el volumen del aire, agua, cemento, piedra y caucho.

Para el caso de la piedra chancada y el cálculo del volumen se realizó una interpolación debido a que como se muestra en la Tabla 14, para el caso del módulo de finura de la arena, los datos mostrados solo se dan hasta un módulo de finura 3, sin embargo en el presente proyecto de investigación el módulo de finura de la arena gruesa usada fue de 3.18, por lo que se realizó una interpolación, obteniéndose como resultado 0.57 el valor que hay que multiplicar con el valor del volumen de la piedra chancada para obtener el peso de la piedra chancada.

En la Tabla 23 se observa de manera resumida las cantidades obtenidas mediante el método ACI para el cálculo del diseño de mezcla D: Con dosificación de Caucho al 0.9%.

Tabla 23: Resumen de Diseño de Mezcla D.

Resumen de Diseño de Mezcla D	
W Agua (kg)	230.0000
R a/c	0.5600
V Aire (m ³)	0.0200
V Agua (m ³)	0.2300
Concreto	
W Concreto (kg)	411.0000
V Concreto (m ³)	0.1322
Piedra Chancada	
V Piedra chancada (52%) (m ³)	0.3214
W Piedra Chancada (kg)	842.0000
Arena Gruesa	
V Arena Gruesa (47.1%) (m ³)	0.2909
W Arena Gruesa (kg)	729.0000
Caucho	
V Caucho (0.9%) (m ³)	0.0056
W Caucho (kg)	5.0000
Corrección de agua de mezclado	
Wwabs	26.4190
Wwcont	38.1340
Wwmez (kg)	218.0000
Cálculo de proporciones	
Wc/Wc	1.00
War/Wc	1.90
WG/Wc	2.09
Wci/Wc	0.01

Fuente: Elaboración propia.

Diseño de la mezcla E: Con dosificación de Caucho al 1.0%.

Para el diseño E, los datos de los agregados usados se mencionan en la Tabla 24.

Tabla 24: Materiales para el diseño de mezcla E.

Materiales	Peso Específico (kg/m ³)	Volumen Absoluto (m ³)	Contenido de Humedad	% Absorción	Módulo de finura	P.U. Suelto	Tamaño máximo
CEMENTO SOL TIPO 1	3110	0.1321	-	-	-	-	-
AGUA	1000	0.2300	-	-	-	-	-
AIRE	-	0.0150	-	-	-	-	-
AGREGADO GRUESO	2620		0.20%	0.80%	7.07	1478	¾"
AGREGADO FINO	2505		5.00%	2.70%	3.18	1456	-
CAUCHO NORMAL	860	-	-	-	1.43	442	-
Volumen de Pasta		0.3771	m3				
Volumen de agregados		0.6117	m3				

Fuente: Elaboración propia.

El 1.0% se toma de la Tabla 11 en relación al volumen de agregados, es decir, que para el caso de la mezcla patrón el volumen de agregados fue de 0.6228 m³, y de dicha cantidad se obtuvo el 1.0% para ser reemplazado como caucho normal, siendo el volumen de caucho normal 0.0062 m³, esta cantidad fue reemplaza en el agregado fino, es por ello que se muestra menor cantidad que en el diseño patrón, ya que al momento de calcular el volumen del agregado fino se procedió a restar el volumen del aire, agua, cemento, piedra y caucho.

Para el caso de la piedra chancada y el cálculo del volumen se realizó una interpolación debido a que como se muestra en la Tabla 14, para el caso del módulo de finura de la arena, los datos mostrados solo se dan hasta un módulo de finura 3, sin embargo en el presente proyecto de investigación el módulo de finura de la arena gruesa usada fue de 3.18, por lo que se realizó una interpolación, obteniéndose como resultado 0.57 el valor que hay que multiplicar con el valor del volumen de la piedra chancada para obtener el peso de la piedra chancada.

En la Tabla 25 se observa de manera resumida las cantidades obtenidas mediante el método ACI para el cálculo del diseño de mezcla E: Con dosificación de Caucho al 1.0%.

Tabla 25: Resumen de Diseño de Mezcla D.

Resumen de Diseño de Mezcla E	
W Agua (kg)	230.0000
R a/c	0.5600
V Aire (m ³)	0.0200
V Agua (m ³)	0.2300
Concreto	
W Concreto (kg)	411.0000
V Concreto (m ³)	0.1322
Piedra Chancada	
V Piedra chancada (52%) (m ³)	0.3214
W Piedra Chancada (kg)	842.0000
Arena Gruesa	
V Arena Gruesa (47%) (m ³)	0.2902
W Arena Gruesa (kg)	728.0000
Caucho	
V Caucho (1.0%) (m ³)	0.0062
W Caucho (kg)	5.0000
Corrección de agua de mezclado	
Wwabs	26.3920
Wwcont	38.0840
Wwmez (kg)	218.0000
Cálculo de proporciones	
Wc/Wc	1.00
War/Wc	1.90
WG/Wc	2.09
Wci/Wc	0.01

Fuente: Elaboración propia.

Diseño de la mezcla F: Con dosificación de Caucho al 1.5%.

Para el diseño F, los datos de los agregados usados se mencionan en la Tabla 26.

Tabla 26: Materiales para el diseño de mezcla F.

Materiales	Peso Específico (kg/m³)	Volumen Absoluto (m³)	Contenido de Humedad	% Absorción	Módulo de finura	P.U. Suelto	Tamaño máximo
CEMENTO SOL TIPO 1	3110	0.1321	-	-	-	-	-
AGUA	1000	0.2300	-	-	-	-	-
AIRE	-	0.0150	-	-	-	-	-
AGREGADO GRUESO	2620		0.20%	0.80%	7.07	1478	¾"
AGREGADO FINO	2505		5.00%	2.70%	3.18	1456	-
CAUCHO IRRADIADO	860	-	-	-	1.43	442	-
Volumen de Pasta		0.3771	m3				
Volumen de agregados		0.6085	m3				

Fuente: Elaboración propia.

El 1.5% se toma de la Tabla 11 en relación al volumen de agregados, es decir, que para el caso de la mezcla patrón el volumen de agregados fue de 0.6228 m³, y de dicha cantidad se obtuvo el 1.5% para ser reemplazado como caucho normal, siendo el volumen de caucho

normal 0.0093 m^3 , esta cantidad fue reemplaza en el agregado fino, es por ello que se muestra menor cantidad que en el diseño patrón, ya que al momento de calcular el volumen del agregado fino se procedió a restar el volumen del aire, agua, cemento, piedra y caucho.

Para el caso de la piedra chancada y el cálculo del volumen se realizó una interpolación debido a que como se muestra en la Tabla 14, para el caso del módulo de finura de la arena, los datos mostrados solo se dan hasta un módulo de finura 3, sin embargo en el presente proyecto de investigación el módulo de finura de la arena gruesa usada fue de 3.18, por lo que se realizó una interpolación, obteniéndose como resultado 0.57 el valor que hay que multiplicar con el valor del volumen de la piedra chancada para obtener el peso de la piedra chancada.

En la Tabla 27 se observa de manera resumida las cantidades obtenidas mediante el método ACI para el cálculo del diseño de mezcla F: Con dosificación de Caucho al 1.5%.

Tabla 27: Resumen de Diseño de Mezcla F.

Resumen de Diseño de Mezcla F	
W Agua (kg)	230.0000
R a/c	0.5600
V Aire (m^3)	0.0200
V Agua (m^3)	0.2300
Concreto	
W Concreto (kg)	411.0000
V Concreto (m^3)	0.1322
Piedra Chancada	
V Piedra chancada (52%) (m^3)	0.3214
W Piedra Chancada (kg)	842.0000
Arena Gruesa	
V Arena Gruesa (46.5%) (m^3)	0.2871
W Arena Gruesa (kg)	720.0000
Caucho	
V Caucho (1.5%) (m^3)	0.0093
W Caucho (kg)	8.0000
Corrección de agua de mezclado	
Wwabs	26.1760
Wwcont	37.6840
Wwmez (kg)	218.0000
Cálculo de proporciones	
Wc/Wc	1.00
War/Wc	1.90
WG/Wc	2.09
Wci/Wc	0.02

Fuente: Elaboración propia.

Dosificaciones por diseño de mezcla:

Dosificación de la mezcla patrón

Tabla 28: *Dosificación por m³ (Mezcla Patrón).*

Elemento	Cantidad	Unidad
Cemento	411	Kg/m ³
Agua	230	Lt/m ³
Agregado fino	775	Kg/m ³
Agregado grueso	842	Kg/m ³

Fuente: Elaboración propia.

Dosificación de la mezcla A: Con dosificación de Caucho Irradiado al 0.9%.

Tabla 29: *Dosificación por m³ (Mezcla A).*

Elemento	Cantidad	Unidad
Cemento	411	Kg/m ³
Agua	230	Lt/m ³
Caucho irradiado	5	Kg/m ³
Agregado fino	729	Kg/m ³
Agregado grueso	842	Kg/m ³

Fuente: Elaboración propia.

Dosificación de la mezcla B: Con dosificación de Caucho Irradiado al 1.0%.

Tabla 30: *Dosificación por m³ (Mezcla B).*

Elemento	Cantidad	Unidad
Cemento	411	Kg/m ³
Agua	223	Lt/m ³
Caucho irradiado	5	Kg/m ³
Agregado fino	728	Kg/m ³
Agregado grueso	842	Kg/m ³

Fuente: Elaboración propia.

Dosificación de la mezcla C: Con dosificación de Caucho Irradiado al 1.5%.

Tabla 31: *Dosificación por m³ (Mezcla C).*

Elemento	Cantidad	Unidad
Cemento	411	Kg/m ³
Agua	222	Lt/m ³
Caucho irradiado	8	Kg/m ³
Agregado fino	720	Kg/m ³
Agregado grueso	842	Kg/m ³

Fuente: Elaboración propia.

Dosificación de la mezcla D: Con dosificación de Caucho al 0.9%.

Tabla 32: *Dosificación por m³ (Mezcla D).*

Elemento	Cantidad	Unidad
Cemento	411	Kg/m ³
Agua	230	Lt/m ³
Caucho	5	Kg/m ³
Agregado fino	729	Kg/m ³
Agregado grueso	842	Kg/m ³

Fuente: Elaboración propia.

Dosificación de la mezcla E: Con dosificación de Caucho al 1.0%.

Tabla 33: *Dosificación por m³ (Mezcla E).*

Elemento	Cantidad	Unidad
Cemento	411	Kg/m ³
Agua	230	Lt/m ³
Caucho	5	Kg/m ³
Agregado fino	728	Kg/m ³
Agregado grueso	842	Kg/m ³

Fuente: Elaboración propia.

Dosificación de la mezcla F: Con dosificación de Caucho al 1.5%.

Tabla 34: *Dosificación por m³ (Mezcla F).*

Elemento	Cantidad	Unidad
Cemento	411	Kg/m ³
Agua	222	Lt/m ³
Caucho	8	Kg/m ³
Agregado fino	720	Kg/m ³
Agregado grueso	842	Kg/m ³

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 28, Tabla 29, Tabla 30, Tabla 31, Tabla 32, Tabla 33 y Tabla 34 se pueden observar las cantidades respectivas de los materiales a usar por m³ de concreto. En el Anexo 11, Anexo 12, Anexo 13, Anexo 14, Anexo 15, Anexo 16 y Anexo 17 se encuentran los diseños de mezcla respectivos.

Resultados de la trabajabilidad del concreto

La trabajabilidad del concreto fue medida a través del Slump y el grado de manejabilidad visto durante los ensayos con el cono para el Slump.

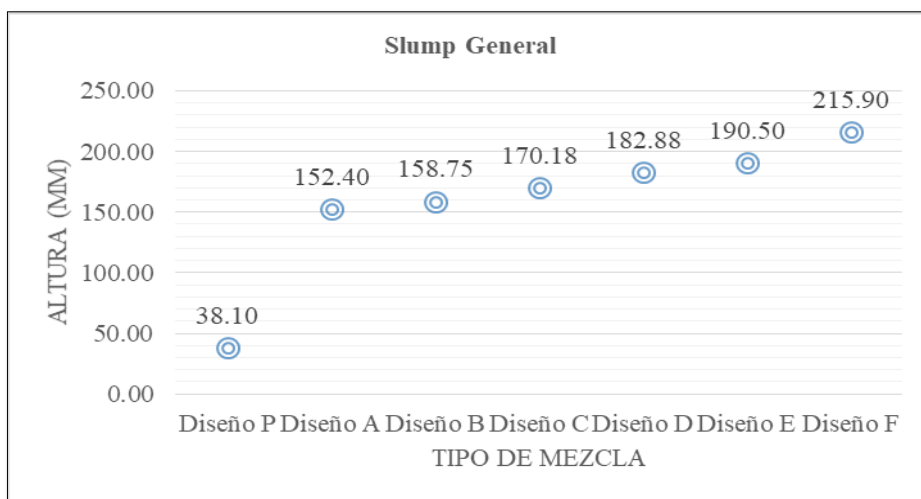
Tabla 35: Slump por diseño de mezcla con su grado de manejabilidad.

Tipo de Mezcla	Slump		Grado de Trabajabilidad	Temperatura (°C)
	Altura (mm)	Consistencia		
Diseño P	38.10	Seca.	Bajo.	22.9
Diseño A	152.40	Blanda.	Alto.	23.3
Diseño B	158.75	Fluida.	Alto.	23.1
Diseño C	170.18	Fluida.	Alto.	22.8
Diseño D	182.88	Fluida.	Alto.	23.0
Diseño E	190.50	Fluida.	Alto.	22.9
Diseño F	215.90	Fluida.	Alto.	22.8

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 35 se aprecia los resultados obtenidos en relación al ensayo de Slump y la manejabilidad que se obtuvo durante la realización del ensayo.

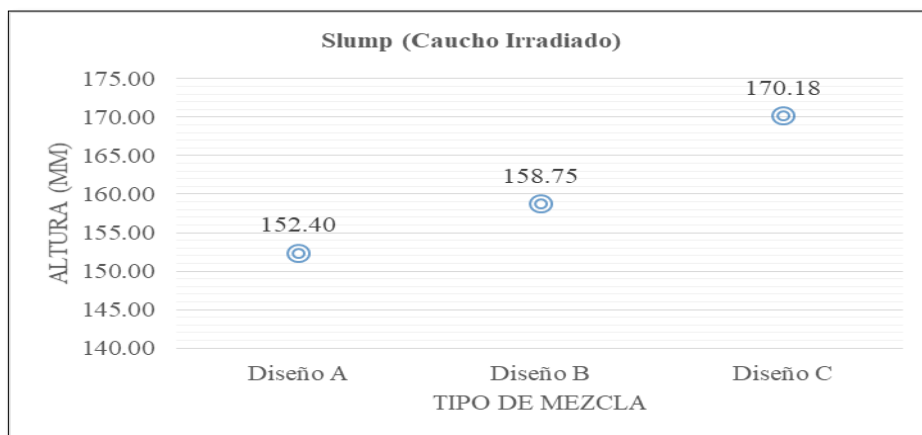
Figura 19: Ensayo Slump Total.



Fuente: Propia

En la Figura 19 se aprecia de manera gráfica las alturas obtenidas en el ensayo de Slump y se comparan los resultados.

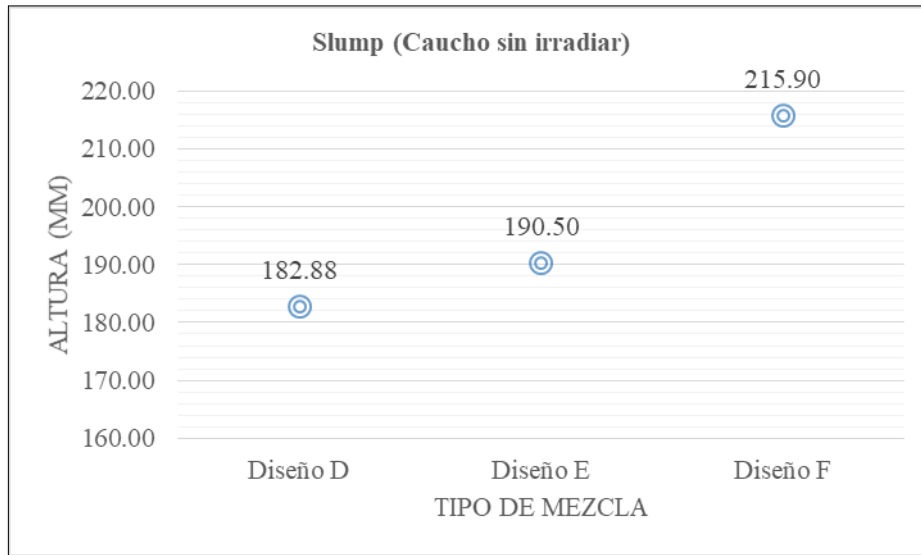
Figura 20: Ensayo Slump (Mezclas con Caucho Irradiado).



Fuente: Propia

En la Figura 20 se observa la variación que hubo en los resultados del ensayo de asentamiento en relación al porcentaje de caucho irradiado, en los que se aprecia la diferencia entre las dosificaciones obtenidas, observándose que a mayor porcentaje de caucho irradiado el Slump aumenta, esto se debe a que el caucho irradiado absorbe menor cantidad de agua, a diferencia de los agregados.

Figura 21: Ensayo Slump (Mezclas con Caucho Normal).



Fuente: Propia

En la Figura 21 se aprecia la variación que hubo en los resultados del ensayo de asentamiento en relación al porcentaje caucho común adicionado, apreciándose que el Slump obtenido es mayor en relación a mayor cantidad de caucho adicionado.

Según los datos obtenidos se obtiene que el caucho irradiado presenta menor Slump a diferencia del caucho normal, por lo que el caucho normal absorbe menor cantidad de agua a diferencia del caucho irradiado.

Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión

Los ensayos a compresión fueron realizados con los especímenes obtenidos en el diseño de mezcla de concreto, los cuales fueron ensayados según la norma ASTM C-39, según el tipo de mezcla a las edades indicadas.

En la Tabla 36 se muestra el resultado de la resistencia máxima obtenida durante el ensayo a compresión del concreto para las edades de 7, 14 y 28 días, y con el porcentaje respectivo de resistencia desarrollado según su edad.

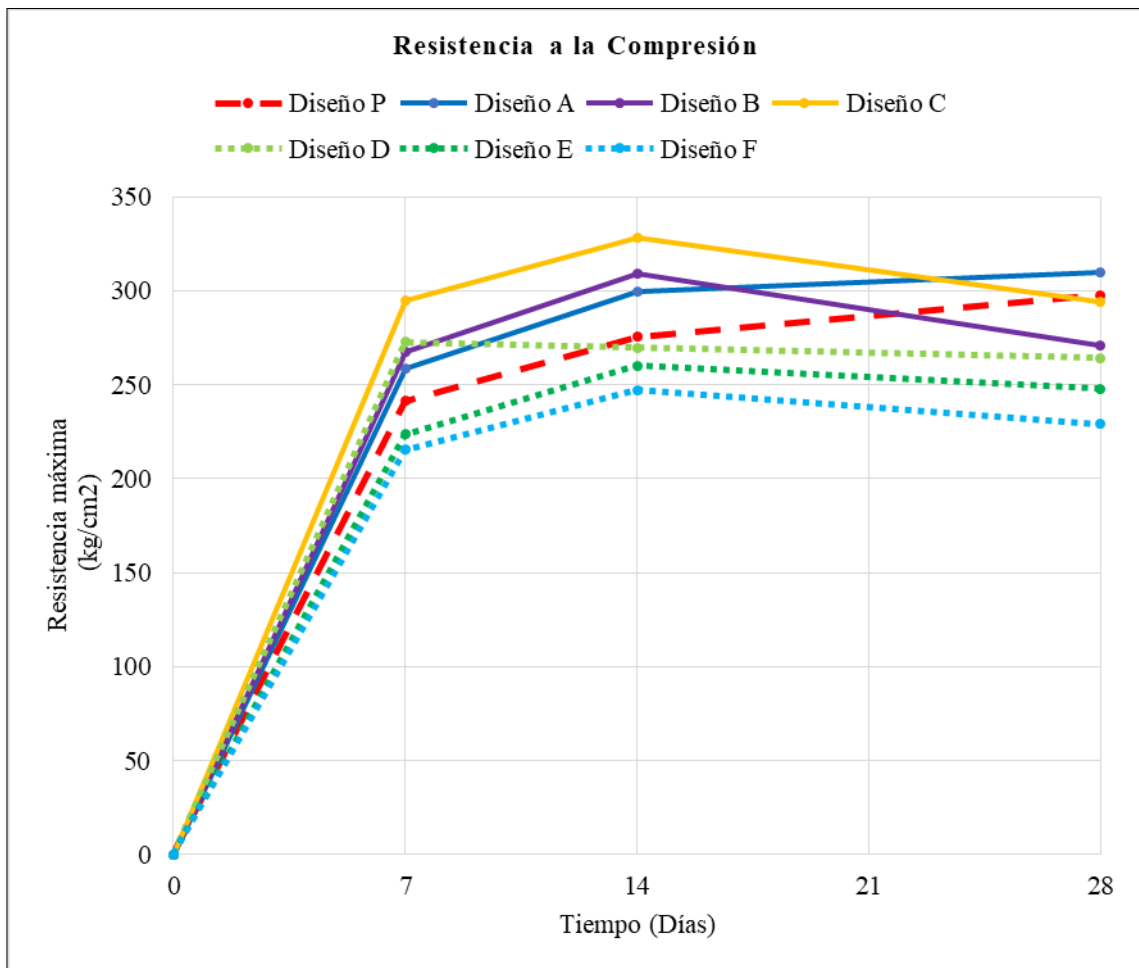
Tabla 36: Resistencia promedio del ensayo a compresión por diseño de mezcla con porcentaje desarrollado en sus respectivas edades.

Ensayo a compresión						
Tipo de Mezcla	7 Días		14 Días		28 Días	
	Resistencia promedio obtenida (kg/cm ²)	Porcentaje obtenido (%)	Resistencia promedio obtenida (kg/cm ²)	Porcentaje obtenido (%)	Resistencia promedio obtenida (kg/cm ²)	Porcentaje obtenido (%)
Diseño P	241.33	1.00	275.33	1.00	297.67	1.00
Diseño A	258.33	1.07	299.33	1.09	310.00	1.04
Diseño B	267.59	1.11	309.33	1.12	270.67	0.91
Diseño C	294.95	1.22	328.00	1.19	294.33	0.99
Diseño D	272.74	1.13	269.67	0.98	264.33	0.89
Diseño E	223.49	0.93	260.00	0.94	248.00	0.83
Diseño F	215.60	0.89	247.33	0.90	229.00	0.77

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 22 se aprecia que el concreto con el diseño de Mezcla A es el que ha obtenido mayor resistencia a la compresión en relación a las edades de 7, 14 y 28 días.

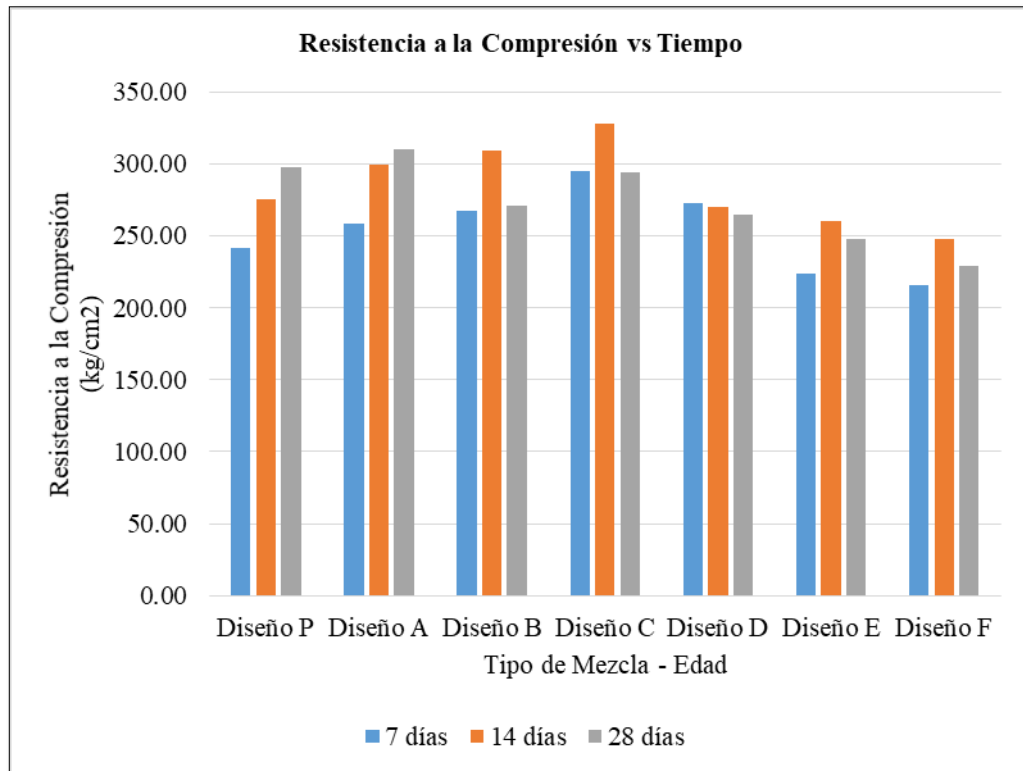
Figura 22: Resistencias promedio del ensayo a compresión del concreto de Diseños de mezcla vs Tiempo.



Fuente: Propia

En la Figura 23 se representa gráficamente en forma de barras las resistencias obtenidas según cada tipo de mezcla y edades.

Figura 23: Resumen resistencia máxima a compresión del concreto a diferentes Diseño de mezcla vs Tiempo.

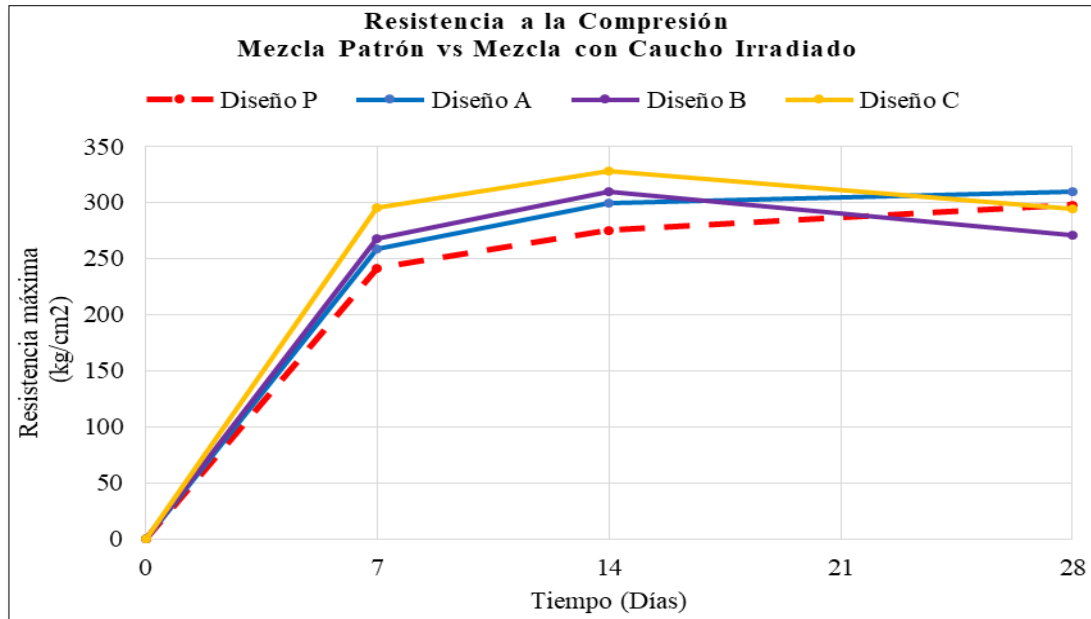


Fuente: Propia

En la Figura 24 se muestra la comparación entre la mezcla patrón y las mezclas con contenido de caucho irradiado, obteniéndose que la mezcla A con 0.9% de caucho irradiado es la que obtuvo mayor resistencia en comparación con la mezcla patrón.

Para el caso de la muestra A se observa un comportamiento lineal en términos de aumento de resistencia, sin embargo para el caso de la muestra B y C se aprecia que la resistencia a la compresión llegó a su punto más alto a los 14 días y que a partir de entonces sufren un decaimiento abrupto.

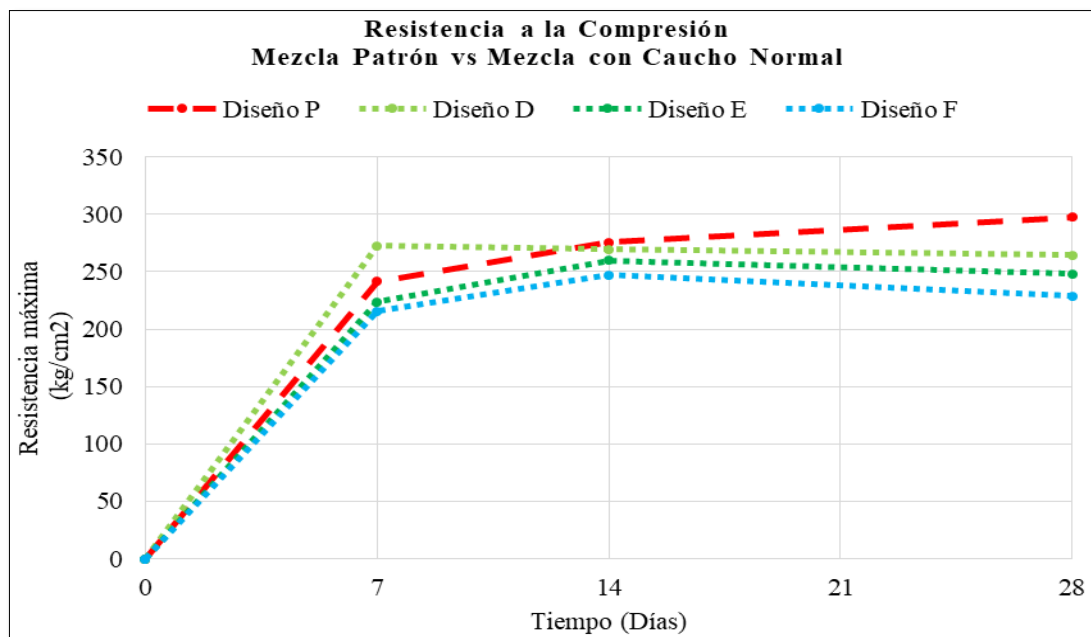
Figura 24: Comparación entre resistencia de diseño de mezcla P y diseños de mezcla con contenido de caucho irradiado.



Fuente: Propia

En la Figura 25 se muestra la comparación entre la mezcla patrón y las mezclas con contenido de caucho normal, se obtuvo que la mezcla D con 0.9% de caucho normal es la que obtuvo mayor resistencia, sin embargo esta no sobrepasa la resistencia del concreto de la mezcla Patrón.

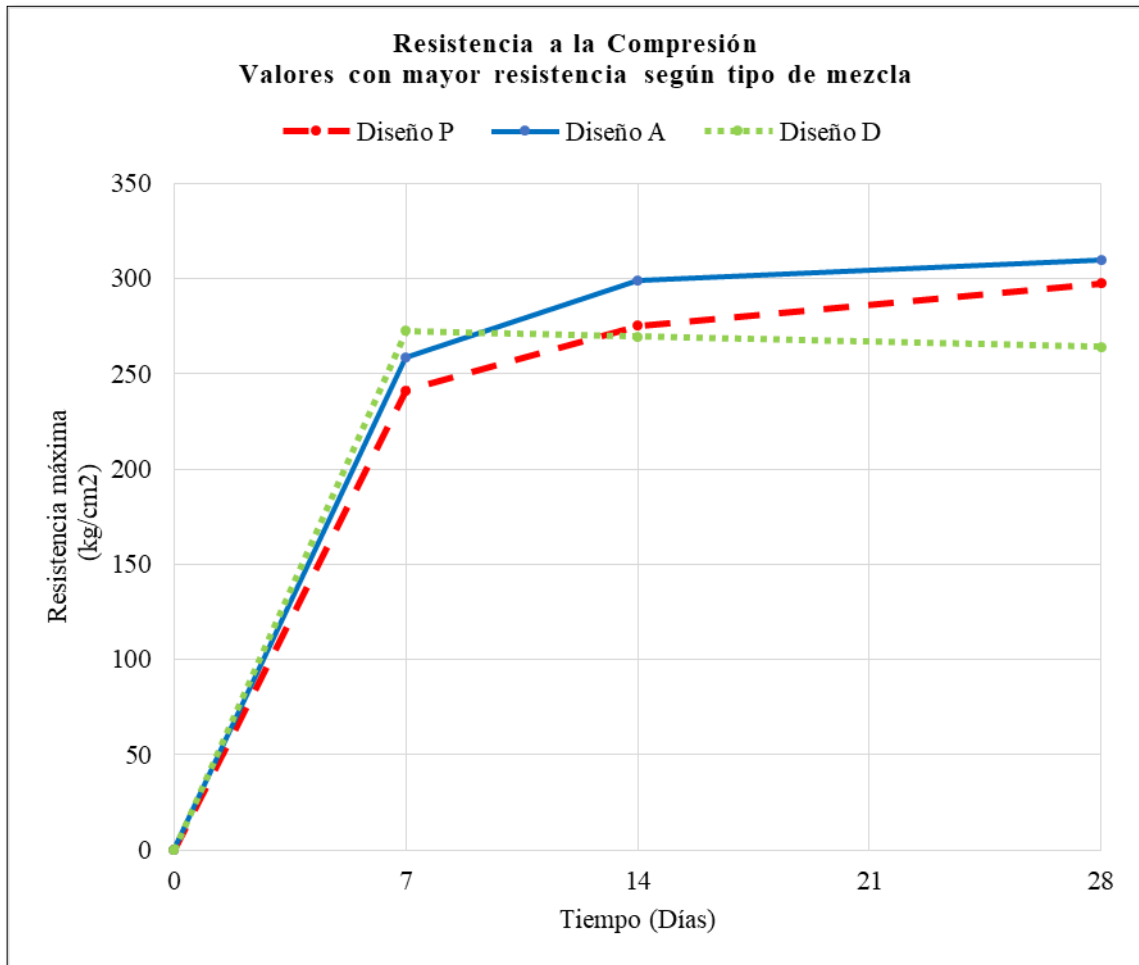
Figura 25: Comparación entre resistencia de diseño de mezcla P y diseños de mezcla con contenido de caucho normal.



Fuente: Propia

En la Figura 26 se muestra la comparación entre la mezcla patrón y las mezclas que obtuvieron la mayor resistencia en comparación con sus pares, obteniéndose que la mezcla A es la que obtuvo mayor resistencia en comparación a las otras mezclas, tanto de caucho irradiado como el normal.

Figura 26: Comparación entre resistencia de diseño de mezcla P y diseños de mezcla con contenido de caucho irradiado y caucho normal que obtuvieron mayor resistencia.



Fuente: Propia

Curva esfuerzo y deformación unitaria

La deformación de las muestras ensayadas a compresión a la edad de 28 días se determina a través de un Deformímetro que se ubica en la base móvil de la prensa hidráulica para compresión, la deformación obtenida no solo ha sido de las muestras de concreto, sino también de los discos usados para el cabeceo de las muestras, por lo que usar dichas deformaciones para determinar el módulo de elasticidad con la curva Esfuerzo –

Deformación se habrían obtenido resultados no concluyentes, a dichos resultados de les denomina Modulo de Elasticidad Teórico, para los que se usará la siguiente expresión:

$$E = 15000 * \sqrt{f'c} \quad (15)$$

En el Anexo 21 se muestran los resultados obtenidos del Módulo de elasticidad y su respectivo análisis. En la Tabla 37 se muestran los Módulos de elasticidad teóricos que se obtuvieron del análisis:

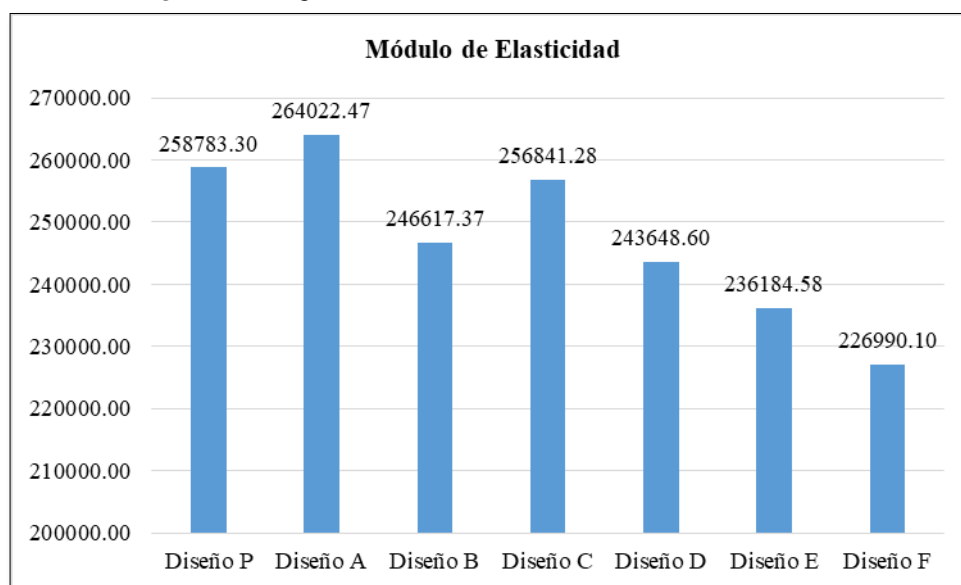
Tabla 37: Resumen de resultados de los Módulos de Elasticidad Teóricos de las muestras.

Tipo de mezcla	Módulo de Elasticidad Teórico Obtenido a los 28 días (kg/cm2)	Porcentaje obtenido (%)
Diseño P	258783.30	1.000
Diseño A	264022.47	1.020
Diseño B	246617.37	0.953
Diseño C	256841.28	0.992
Diseño D	243648.60	0.942
Diseño E	236184.58	0.913
Diseño F	226990.10	0.877

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 27 se aprecia que a los 28 días el mayor módulo de elasticidad corresponde a la mezcla A, siendo un 2 % mayor al módulo de elasticidad de la mezcla Patrón, además de que para el caso del menor módulo de elasticidad corresponde a la muestra F siendo un 87.7% del módulo de elasticidad de la mezcla Patrón.

Figura 27: Diagrama de barras de Módulo de Elasticidad Teórico.



Fuente: Propia

Para el caso del módulo de elasticidad real obtenido gráficamente se utiliza la siguiente expresión:

$$E_2 = \frac{Esfuerzo}{Def.Unitaria - 2} \quad (16)$$

Usando este método los valores obtenidos son los más cercanos a la realidad de acuerdo al diseño especificado de 210 kg/cm².

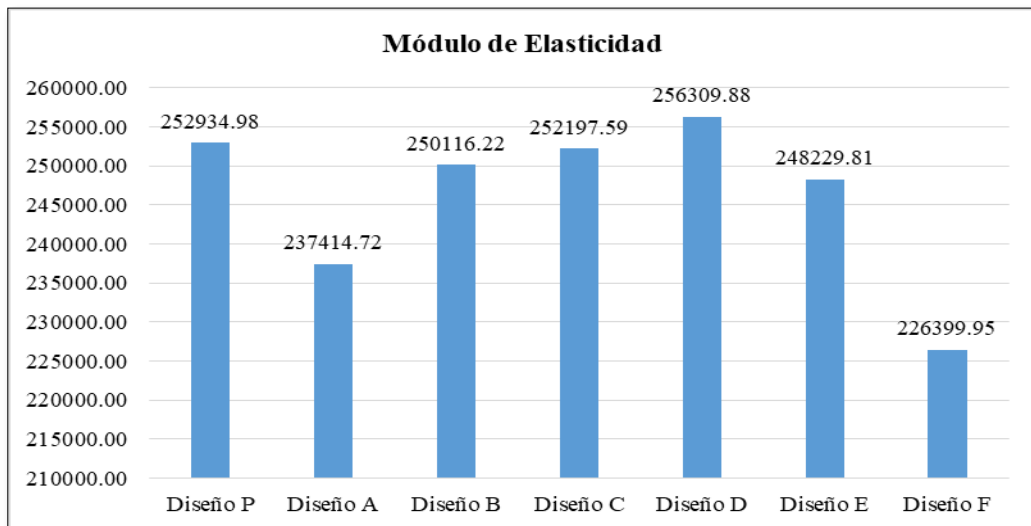
Tabla 38: Resultados de los Módulo de Elasticidad Real.

Tipo de mezcla	Módulo de Elasticidad Real Obtenido a los 28 días (kg/cm ²)	Porcentaje obtenido (%)
Diseño P	252934.98	1.00
Diseño A	237414.72	0.94
Diseño B	250116.22	0.99
Diseño C	252197.59	1.00
Diseño D	256309.88	1.01
Diseño E	248229.81	0.98
Diseño F	226399.95	0.90

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 38 se aprecian los módulos de elasticidad reales obtenidos de las muestras ensayadas a la edad de 28 días, así mismo en la tabla se aprecian los porcentajes obtenidos tomando como referencia la mezcla de concreto patrón.

Figura 28: Diagrama de barras de Módulos de Elasticidad real.

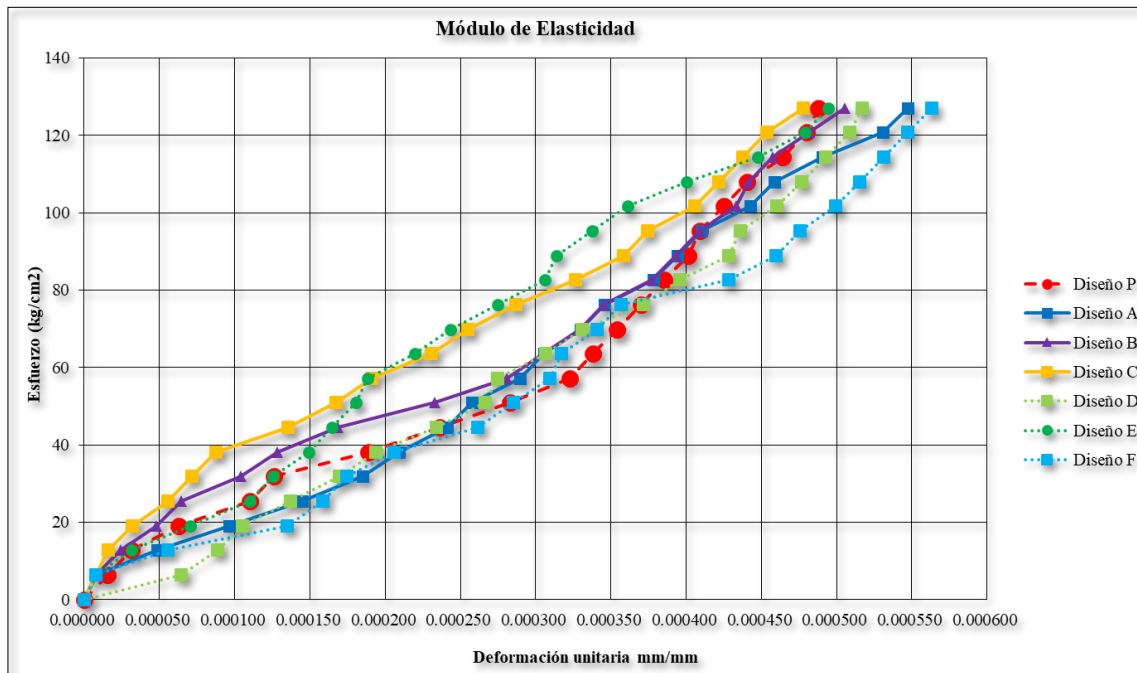


Fuente: Propia

En la Figura 28 se muestra un diagrama de barras que refleja el módulo de elasticidad y el tipo de mezcla correspondiente al mismo, obteniéndose el valor mayor de 256309.88 para la mezcla D, siendo el menor valor 226399.95 de la mezcla F.

En la Figura 30 se muestra las curvas que generan las deformaciones en relación con la resistencia obtenida de todos los diseños de mezclas.

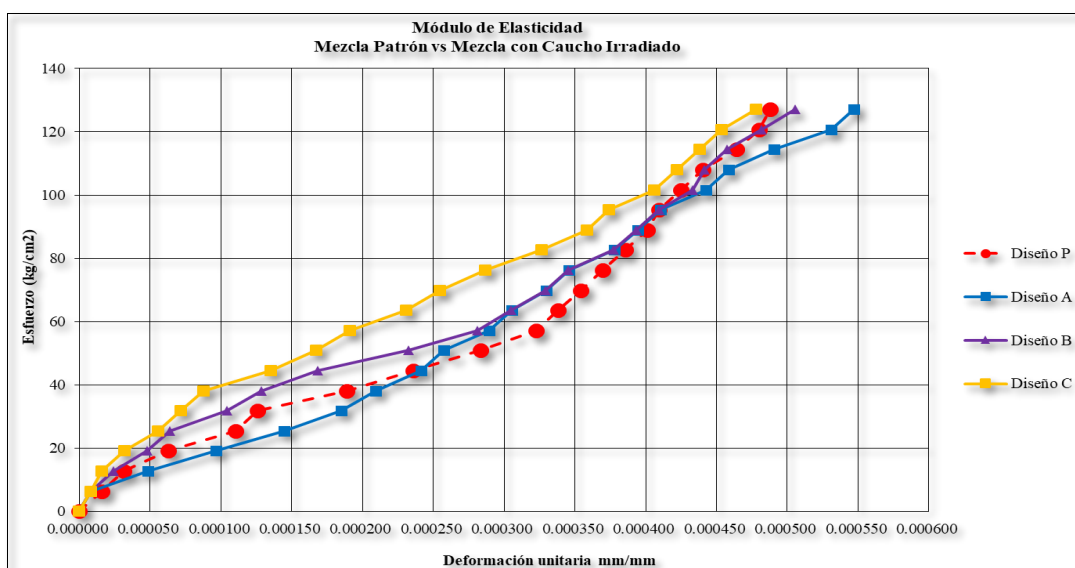
Figura 30: Módulo de Elasticidad.



Fuente: Propia

En la Figura 29 se muestra las curvas que generan las deformaciones en relación con la resistencia obtenida de los diseños de mezcla con caucho irradiado (Diseño A, B y C) y el diseño Patrón.

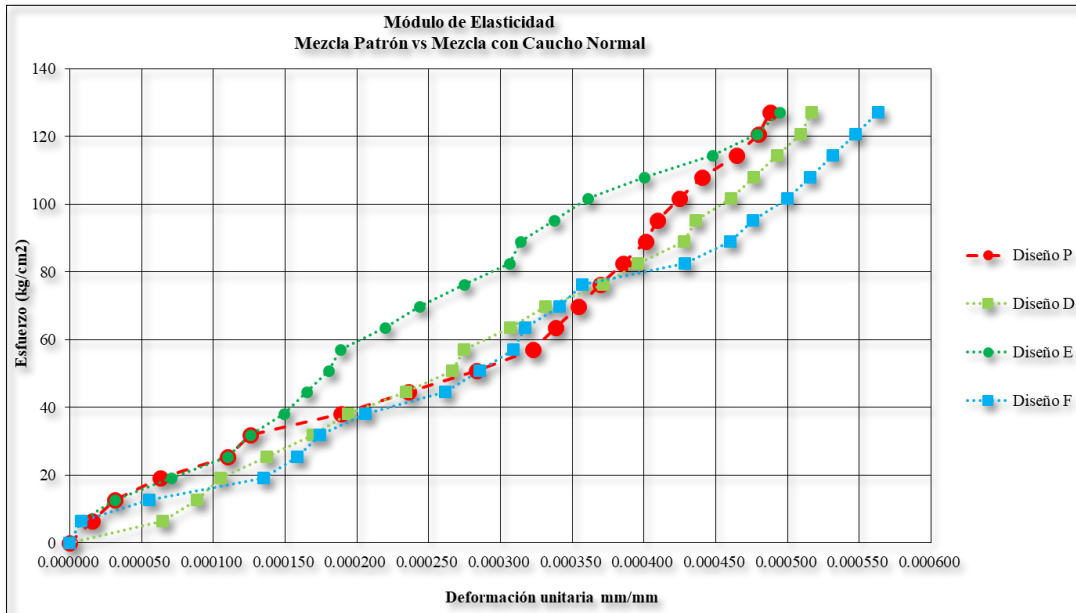
Figura 29: Módulo de Elasticidad: Mezcla Patrón vs Mezcla con Caucho Irradiado.



Fuente: Propia

En la Figura 31 se muestra las curvas que generan las deformaciones en relación con la resistencia obtenida de los diseños de mezcla con caucho reciclado normal (Diseño D, E y F) y el diseño Patrón.

Figura 31: Módulo de Elasticidad: Mezcla Patrón vs Mezcla con Caucho Normal.



Fuente: Propia

Al observar la Tabla 38 y relacionarla con los resultados obtenidos en los ensayos de compresión se determina que el módulo de elasticidad no presenta tendencia uniforme según el tipo de diseño y no siempre está relacionado con la resistencia a la compresión, ya que el concreto no presenta naturaleza homogénea estructuralmente hablando, ya que por naturaleza no es isotrópico.

Óptima dosificación de caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma para mejorar las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido

Para determinar la óptima dosificación se realizó una tabla comparativa, tal como se muestra en la Tabla 39, en la cual se comparó la resistencia a la compresión a los 28 días, la consistencia y la manejabilidad obtenidas.

Tabla 39: Comparación entre resistencia a la compresión, consistencia y trabajabilidad de los diseños de mezclas.

Tipo de Mezcla	Resistencia a los 28 Días		Slump (Pulg.)	Consistencia	Manejabilidad
	Resistencia promedio obtenida (kg/cm ²)	Porcentaje obtenido (%)			
Diseño P	297.67	1.00	38.10	Seca.	Bajo.
Diseño A	310.00	1.04	152.40	Blanda.	Alto.
Diseño B	270.67	0.91	158.75	Fluida.	Alto.
Diseño C	294.33	0.99	170.18	Fluida.	Alto.
Diseño D	264.33	0.89	182.88	Fluida.	Alto.
Diseño E	248.00	0.83	190.50	Fluida.	Alto.
Diseño F	229.00	0.77	215.90	Fluida.	Alto.

Fuente: Elaboración propia.

Se obtiene que, de todas las mezclas, el diseño de Mezcla A es la que obtuvo un mayor aumento en resistencia a la compresión, siendo esta de un 4% más que el diseño Patrón, además de que la consistencia blanda permite alto grado de trabajabilidad.

Análisis estadístico e interpretación de los resultados

Análisis estadístico de la resistencia a compresión a la edad de 7 días.

Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) obtenido de los datos de la variable según el tipo de diseño de mezcla con los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión a los 7 días, siendo el rango múltiple Tukey para adquirir la diferencia estadística entre los diseños propuestos. Se presentan los resultados en las siguientes tablas:

Tabla 40: Análisis de la varianza de la resistencia a la compresión a los 7 días.

RESISTENCIA								
Tipo de Mezcla	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
P	3	241.3333	3.21455	1.85592	233.3479	249.3187	239.00	245.00
A	3	258.0000	3.60555	2.08167	249.0433	266.9567	255.00	262.00
B	3	267.6667	15.04438	8.68588	230.2944	305.0390	252.00	282.00
C	3	295.0000	14.10674	8.14453	259.9569	330.0431	282.00	310.00
D	3	272.6667	8.73689	5.04425	250.9630	294.3703	263.00	280.00
E	3	223.3333	11.84624	6.83943	193.9056	252.7610	216.00	237.00
F	3	215.6667	16.92139	9.76957	173.6316	257.7017	197.00	230.00
Total	21	253.3810	28.55079	6.23029	240.3848	266.3771	197.00	310.00

Fuente: Elaboración propia.

Con carácter estadístico del ANOVA ($0.01 < P < 0.05$); con alta significación estadística en el ANOVA ($P < 0.01$); gl (Grados de Libertad); F (F calculado).

Tabla 41: Medias de la resistencia a la compresión del concreto a los 7 días.

ANOVA					
RESISTENCIA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	14399.619	6	2399.937	17.653	0.000
Dentro de grupos	1903.333	14	135.952		
Total	16302.952	20			

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 41 se observan los intervalos de confianza a los 95% confiables, así como las medias para cada diseño de mezcla. Los límites de confiabilidad que se muestran representan el rango a los que al 95% de certeza serán obtenidas las resistencias de un testigo elegido al azar para cada diseño de mezcla.

Tabla 42: Agrupación de información de la resistencia a compresión del concreto a los 7 días usando el método Tukey y un factor de confianza del 95%.

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente:						
HSD Tukey						
(I) DISEÑO		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al	
					Límite inferior	Límite superior
P	A	-16.66667	9.52024	0.597	-49.1743	15.8410
	B	-26.33333	9.52024	0.152	-58.8410	6.1743
	C	-53.66667*	9.52024	0.001	-86.1743	-21.1590
	D	-31.33333	9.52024	0.062	-63.8410	1.1743
	E	18.00000	9.52024	0.516	-14.5077	50.5077
	F	25.66667	9.52024	0.170	-6.8410	58.1743
A	P	16.66667	9.52024	0.597	-15.8410	49.1743
	B	-9.66667	9.52024	0.942	-42.1743	22.8410
	C	-37.00000*	9.52024	0.021	-69.5077	-4.4923
	D	-14.66667	9.52024	0.718	-47.1743	17.8410
	E	34.66667*	9.52024	0.033	2.1590	67.1743
	F	42.33333*	9.52024	0.008	9.8257	74.8410
B	P	26.33333	9.52024	0.152	-6.1743	58.8410
	A	9.66667	9.52024	0.942	-22.8410	42.1743
	C	-27.33333	9.52024	0.128	-59.8410	5.1743
	D	-5.00000	9.52024	0.998	-37.5077	27.5077
	E	44.33333*	9.52024	0.005	11.8257	76.8410
	F	52.00000*	9.52024	0.001	19.4923	84.5077
C	P	53.66667*	9.52024	0.001	21.1590	86.1743
	A	37.00000*	9.52024	0.021	4.4923	69.5077
	B	27.33333	9.52024	0.128	-5.1743	59.8410
	D	22.33333	9.52024	0.289	-10.1743	54.8410
	E	71.66667*	9.52024	0.000	39.1590	104.1743
	F	79.33333*	9.52024	0.000	46.8257	111.8410
D	P	31.33333	9.52024	0.062	-1.1743	63.8410
	A	14.66667	9.52024	0.718	-17.8410	47.1743
	B	5.00000	9.52024	0.998	-27.5077	37.5077
	C	-22.33333	9.52024	0.289	-54.8410	10.1743
	E	49.33333*	9.52024	0.002	16.8257	81.8410
	F	57.00000*	9.52024	0.001	24.4923	89.5077
E	P	-18.00000	9.52024	0.516	-50.5077	14.5077
	A	-34.66667*	9.52024	0.033	-67.1743	-2.1590
	B	-44.33333*	9.52024	0.005	-76.8410	-11.8257
	C	-71.66667*	9.52024	0.000	-104.1743	-39.1590
	D	-49.33333*	9.52024	0.002	-81.8410	-16.8257
	F	7.66667	9.52024	0.980	-24.8410	40.1743
F	P	-25.66667	9.52024	0.170	-58.1743	6.8410
	A	-42.33333*	9.52024	0.008	-74.8410	-9.8257
	B	-52.00000*	9.52024	0.001	-84.5077	-19.4923
	C	-79.33333*	9.52024	0.000	-111.8410	-46.8257
	D	-57.00000*	9.52024	0.001	-89.5077	-24.4923
	E	-7.66667	9.52024	0.980	-40.1743	24.8410

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

Fuente: Elaboración propia.

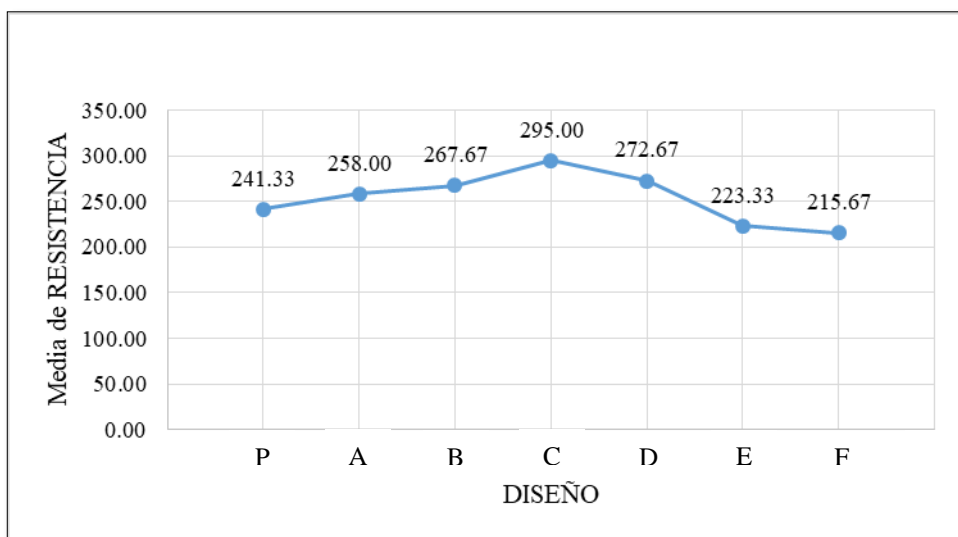
Tabla 43: Medias en subconjuntos homogéneos para la resistencia a la compresión a los 7 días.

RESISTENCIA				
HSD Tukey ^a				
ESPECIMEN	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
F	3	215.6667		
E	3	223.3333		
P	3	241.3333	241.3333	
A	3		258.0000	
B	3		267.6667	267.6667
D	3		272.6667	272.6667
C	3			295.0000
Sig.		0.170	0.062	0.128

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

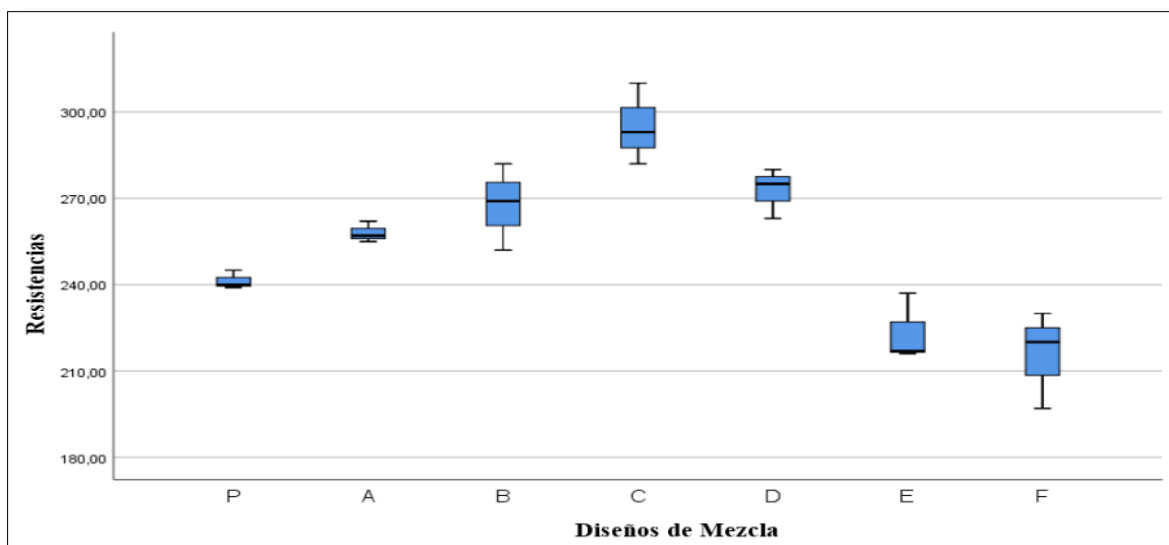
Fuente: Elaboración propia.

Figura 32: Media de Resistencia por cada diseño de mezcla a los 7 días.



Fuente: Propia

Figura 33: Gráfica de caja de valores de resistencia a la compresión a los 7 días.



Fuente: Propia

El resultado del análisis de varianza (ANOVA) demuestra que la diferencia en las proporciones dio como resultado una alta variación estadística, lo que quiere decir que la diferencia estadística entre las medias de las resistencias a la compresión a los 7 días tuvo una importante diferencia de acuerdo a las diferentes proporciones en las mezclas. Según el la categoría múltiple de Tukey los datos obtenidos de la resistencia a la compresión de los siete tipos de mezclas son estadísticamente diferentes entre sí. Según la Tabla 43 la proporción que demostró mayor preeminencia estadística en función a la resistencia a la compresión fue el diseño C, siguiéndole en diseño D, luego el diseño B, seguido del diseño A, continuando con el diseño P, el diseño E y el diseño F.

Análisis estadístico de la resistencia a compresión a la edad de 14 días.

Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) obtenido de los datos de la variable según el tipo de diseño de mezcla con los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión a los 14 días, siendo el rango múltiple Tukey para adquirir la diferencia estadística entre los diseños propuestos. Se presentan los resultados en las siguientes tablas:

Tabla 44: *Análisis de la varianza de la resistencia a la compresión a los 14 días.*

RESISTENCIA								
Tipo de Mezcla	N	Media	Dev. Desviación	Dev. Error	95% del intervalo de		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
P	3	275.3333	6.02771	3.48010	260.3597	290.3070	269.00	281.00
A	3	299.3333	3.51188	2.02759	290.6093	308.0573	296.00	303.00
B	3	309.3333	6.65833	3.84419	292.7931	325.8735	302.00	315.00
C	3	328.0000	16.52271	9.53939	286.9553	369.0447	311.00	344.00
D	3	269.6667	21.12660	12.19745	217.1853	322.1481	250.00	292.00
E	3	260.0000	6.55744	3.78594	243.7104	276.2896	253.00	266.00
F	3	247.3333	11.15049	6.43774	219.6340	275.0327	239.00	260.00
Total	21	284.1429	29.15525	6.36220	270.8715	297.4142	239.00	344.00

Fuente: Elaboración propia.

Con carácter estadístico del ANOVA ($0.01 < P < 0.05$); con alta significación estadística en el ANOVA ($P < 0.01$); gl (Grados de Libertad); F (F calculado).

Tabla 45: *Medias de la resistencia a la compresión del concreto a los 14 días.*

ANOVA					
RESISTENCIA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	15041.238	6	2506.873	17.912	0.000
Dentro de grupos	1959.333	14	139.952		
Total	17000.571	20			

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 45 se observan los intervalos de confianza a los 95% confiables, así como las medias para cada diseño de mezcla. Los límites de confiabilidad que se muestran representan el rango a los que al 95% de certeza serán obtenidas las resistencias de un testigo elegido al azar para cada diseño de mezcla.

Tabla 46: Agrupación de información de la resistencia a compresión del concreto a los 14 días usando el método Tukey y un factor de confianza del 95%.

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente:						
HSD Tukey						
(I) DISEÑO		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al	
					Límite inferior	Límite superior
P	A	-24.00000	9.65927	0.236	-56.9824	8.9824
	B	-34,00000*	9.65927	0.041	-66.9824	-1.0176
	C	-52,66667*	9.65927	0.001	-85.6491	-19.6842
	D	5.66667	9.65927	0.996	-27.3158	38.6491
	E	15.33333	9.65927	0.692	-17.6491	48.3158
	F	28.00000	9.65927	0.122	-4.9824	60.9824
A	P	24.00000	9.65927	0.236	-8.9824	56.9824
	B	-10.00000	9.65927	0.937	-42.9824	22.9824
	C	-28.66667	9.65927	0.109	-61.6491	4.3158
	D	29.66667	9.65927	0.091	-3.3158	62.6491
	E	39,33333*	9.65927	0.015	6.3509	72.3158
	F	52,00000*	9.65927	0.001	19.0176	84.9824
B	P	34,00000*	9.65927	0.041	1.0176	66.9824
	A	10.00000	9.65927	0.937	-22.9824	42.9824
	C	-18.66667	9.65927	0.492	-51.6491	14.3158
	D	39,66667*	9.65927	0.014	6.6842	72.6491
	E	49,33333*	9.65927	0.002	16.3509	82.3158
	F	62,00000*	9.65927	0.000	29.0176	94.9824
C	P	52,66667*	9.65927	0.001	19.6842	85.6491
	A	28.66667	9.65927	0.109	-4.3158	61.6491
	B	18.66667	9.65927	0.492	-14.3158	51.6491
	D	58,33333*	9.65927	0.000	25.3509	91.3158
	E	68,00000*	9.65927	0.000	35.0176	100.9824
	F	80,66667*	9.65927	0.000	47.6842	113.6491
D	P	-5.66667	9.65927	0.996	-38.6491	27.3158
	A	-29.66667	9.65927	0.091	-62.6491	3.3158
	B	-39,66667*	9.65927	0.014	-72.6491	-6.6842
	C	-58,33333*	9.65927	0.000	-91.3158	-25.3509
	E	9.66667	9.65927	0.946	-23.3158	42.6491
	F	22.33333	9.65927	0.303	-10.6491	55.3158
E	P	-15.33333	9.65927	0.692	-48.3158	17.6491
	A	-39,33333*	9.65927	0.015	-72.3158	-6.3509
	B	-49,33333*	9.65927	0.002	-82.3158	-16.3509
	C	-68,00000*	9.65927	0.000	-100.9824	-35.0176
	D	-9.66667	9.65927	0.946	-42.6491	23.3158
	F	12.66667	9.65927	0.836	-20.3158	45.6491
F	P	-28.00000	9.65927	0.122	-60.9824	4.9824
	A	-52,00000*	9.65927	0.001	-84.9824	-19.0176
	B	-62,00000*	9.65927	0.000	-94.9824	-29.0176
	C	-80,66667*	9.65927	0.000	-113.6491	-47.6842
	D	-22.33333	9.65927	0.303	-55.3158	10.6491
	E	-12.66667	9.65927	0.836	-45.6491	20.3158

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

Fuente: Elaboración propia.

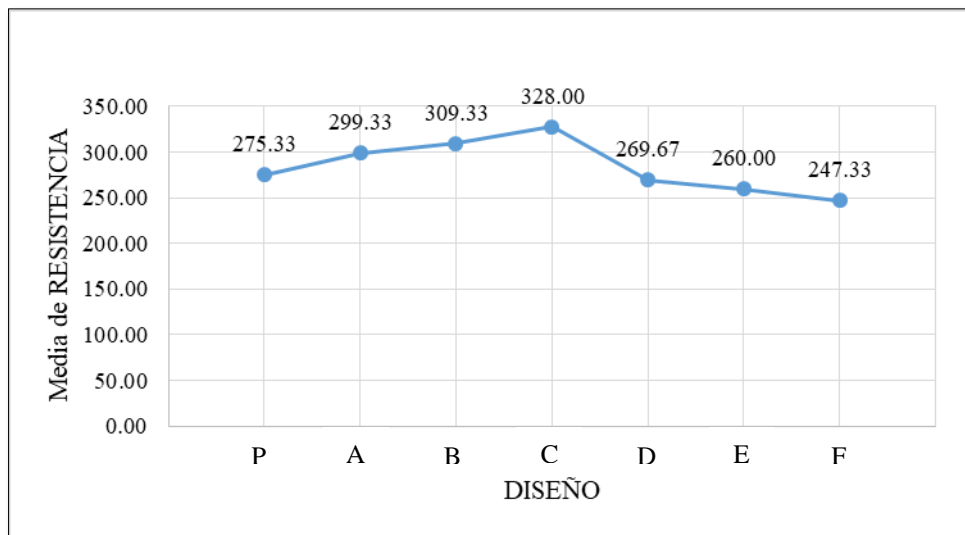
Tabla 47: Medias en subconjuntos homogéneos para la resistencia a la compresión a los 14 días.

RESISTENCIA				
HSD Tukey ^a				
DISEÑO	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
F	3	247.3333		
E	3	260.0000		
D	3	269.6667	269.6667	
P	3	275.3333	275.3333	
A	3		299.3333	299.3333
B	3			309.3333
C	3			328.0000
Sig.		0.122	0.091	0.109

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

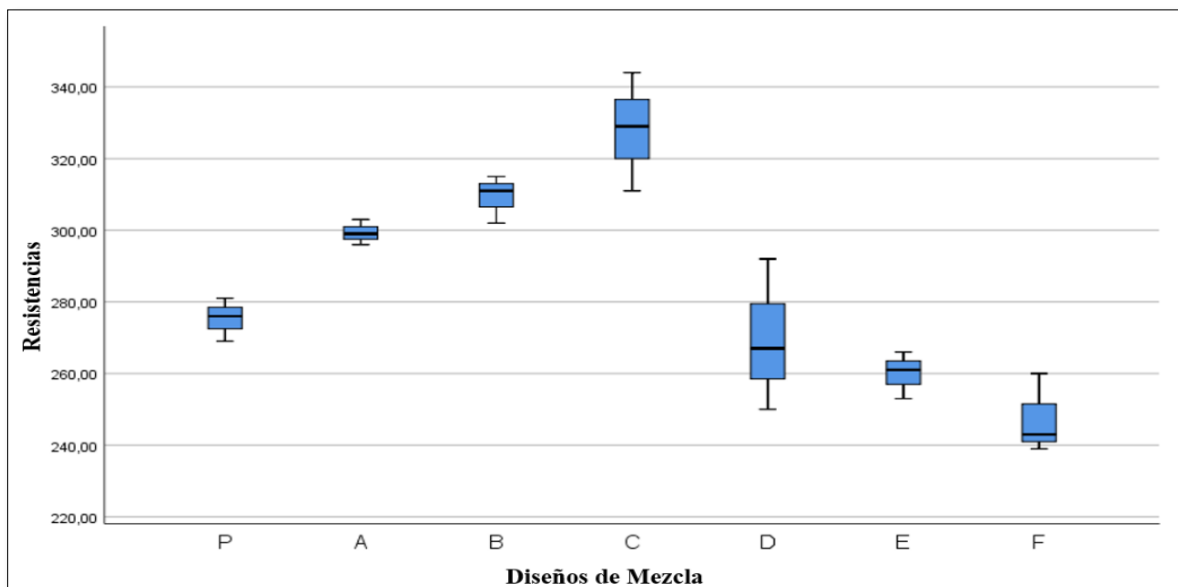
Fuente: Elaboración propia.

Figura 34: Media de Resistencia por cada diseño de mezcla a los 14 días.



Fuente: Propia

Figura 35: Gráfica de caja de valores de resistencia a la compresión a los 14 días.



Fuente: Propia

El resultado del análisis de varianza (ANOVA) demuestra que la diferencia en las proporciones dio como resultado una alta variación estadística, lo que quiere decir que la diferencia estadística entre las medias de las resistencias a la compresión a los 14 días tuvo una importante diferencia de acuerdo a las diferentes proporciones en las mezclas. Según el la categoría múltiple de Tukey los datos obtenidos de la resistencia a la compresión de los siete tipos de mezclas son estadísticamente diferentes entre sí. Según la Tabla 47 la proporción que demostró mayor preeminencia estadística en función a la resistencia a la compresión fue el diseño C, siguiéndole en diseño B, luego el diseño A, seguido del diseño P, continuando con el diseño D, el diseño E y el diseño F.

Análisis estadístico de la resistencia a compresión a la edad de 28 días.

Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) obtenido de los datos de la variable según el tipo de diseño de mezcla con los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión a los 28 días, siendo el rango múltiple Tukey para adquirir la diferencia estadística entre los diseños propuestos. Se presentan los resultados en las siguientes tablas:

Tabla 48: *Análisis de la varianza de la resistencia a la compresión a los 28 días.*

RESISTENCIA								
Tipo de Mezcla	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
P	3	297.6667	7.02377	4.05518	280.2187	315.1147	291.00	305.00
A	3	310.0000	18.52026	10.69268	263.9931	356.0069	289.00	324.00
B	3	270.6667	24.00694	13.86042	211.0301	330.3032	247.00	295.00
C	3	294.3333	45.39089	26.20645	181.5761	407.0906	255.00	344.00
D	3	264.3333	28.18392	16.27199	194.3206	334.3461	242.00	296.00
E	3	248.0000	10.53565	6.08276	221.8280	274.1720	237.00	258.00
F	3	229.0000	1.73205	1.00000	224.6973	233.3027	227.00	230.00
Total	21	273.4286	33.98025	7.41510	257.9609	288.8962	227.00	344.00

Fuente: Elaboración propia.

Con carácter estadístico del ANOVA ($0.01 < P < 0.05$); con alta significación estadística en el ANOVA ($P < 0.01$); gl (Grados de Libertad); F (F calculado).

Tabla 49: *Medias de la resistencia a la compresión del concreto a los 28 días.*

ANOVA					
RESISTENCIA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	15218.476	6	2536.413	4.509	0.010
Dentro de grupos	7874.667	14	562.476		
Total	23093.143	20			

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 49 se observan los intervalos de confianza a los 95% confiables, así como las medias para cada diseño de mezcla. Los límites de confiabilidad que se muestran representan el rango a los que al 95% de certeza serán obtenidas las resistencias de un testigo elegido al azar para cada diseño de mezcla.

Tabla 50: Agrupación de información de la resistencia a compresión del concreto a los 28 días usando el método Tukey y un factor de confianza del 95%.

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: RESISTENCIA						
HSD Tukey						
(I) DISEÑO		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al	
					Límite inferior	Límite superior
P	A	-12.33333	19.36451	0.994	-78.4551	53.7884
	B	27.00000	19.36451	0.796	-39.1218	93.1218
	C	3.33333	19.36451	1.000	-62.7884	69.4551
	D	33.33333	19.36451	0.614	-32.7884	99.4551
	E	49.66667	19.36451	0.209	-16.4551	115.7884
	F	68,66667*	19.36451	0.040	2.5449	134.7884
A	P	12.33333	19.36451	0.994	-53.7884	78.4551
	B	39.33333	19.36451	0.438	-26.7884	105.4551
	C	15.66667	19.36451	0.980	-50.4551	81.7884
	D	45.66667	19.36451	0.284	-20.4551	111.7884
	E	62.00000	19.36451	0.073	-4.1218	128.1218
	F	81,00000*	19.36451	0.012	14.8782	147.1218
B	P	-27.00000	19.36451	0.796	-93.1218	39.1218
	A	-39.33333	19.36451	0.438	-105.4551	26.7884
	C	-23.66667	19.36451	0.874	-89.7884	42.4551
	D	6.33333	19.36451	1.000	-59.7884	72.4551
	E	22.66667	19.36451	0.894	-43.4551	88.7884
	F	41.66667	19.36451	0.377	-24.4551	107.7884
C	P	-3.33333	19.36451	1.000	-69.4551	62.7884
	A	-15.66667	19.36451	0.980	-81.7884	50.4551
	B	23.66667	19.36451	0.874	-42.4551	89.7884
	D	30.00000	19.36451	0.714	-36.1218	96.1218
	E	46.33333	19.36451	0.270	-19.7884	112.4551
	F	65.33333	19.36451	0.054	-0.7884	131.4551
D	P	-33.33333	19.36451	0.614	-99.4551	32.7884
	A	-45.66667	19.36451	0.284	-111.7884	20.4551
	B	-6.33333	19.36451	1.000	-72.4551	59.7884
	C	-30.00000	19.36451	0.714	-96.1218	36.1218
	E	16.33333	19.36451	0.975	-49.7884	82.4551
	F	35.33333	19.36451	0.554	-30.7884	101.4551
E	P	-49.66667	19.36451	0.209	-115.7884	16.4551
	A	-62.00000	19.36451	0.073	-128.1218	4.1218
	B	-22.66667	19.36451	0.894	-88.7884	43.4551
	C	-46.33333	19.36451	0.270	-112.4551	19.7884
	D	-16.33333	19.36451	0.975	-82.4551	49.7884
	F	19.00000	19.36451	0.950	-47.1218	85.1218
F	P	-68,66667*	19.36451	0.040	-134.7884	-2.5449
	A	-81,00000*	19.36451	0.012	-147.1218	-14.8782
	B	-41.66667	19.36451	0.377	-107.7884	24.4551
	C	-65.33333	19.36451	0.054	-131.4551	0.7884
	D	-35.33333	19.36451	0.554	-101.4551	30.7884
	E	-19.00000	19.36451	0.950	-85.1218	47.1218

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

Fuente: Elaboración propia.

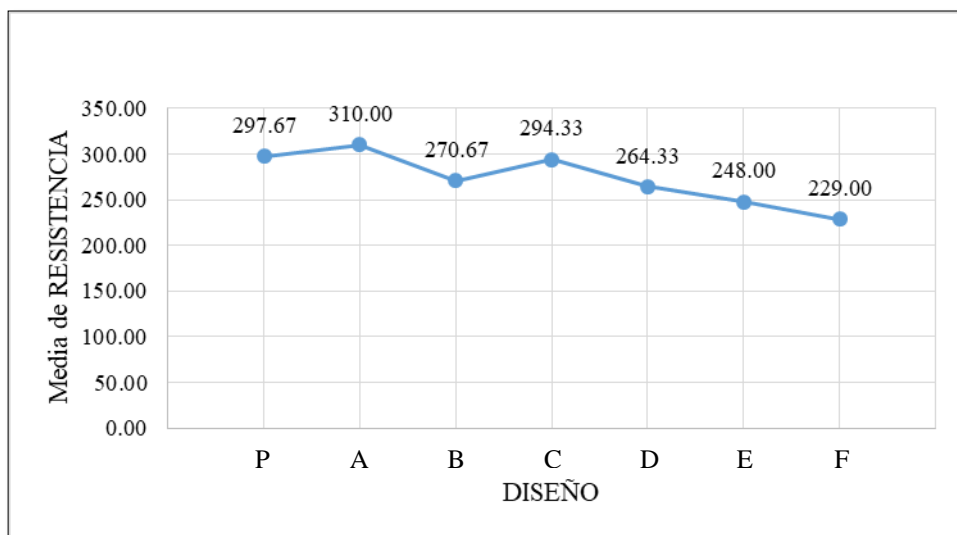
Tabla 51: Medias en subconjuntos homogéneos para la resistencia a la compresión a los 28 días.

RESISTENCIA			
HSD Tukey ^a			
DISEÑO	N	Subconjunto para alfa =	
		1	2
F	3	229.0000	
E	3	248.0000	248.0000
D	3	264.3333	264.3333
B	3	270.6667	270.6667
C	3	294.3333	294.3333
P	3		297.6667
A	3		310.0000
Sig.		0.054	0.073

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica =

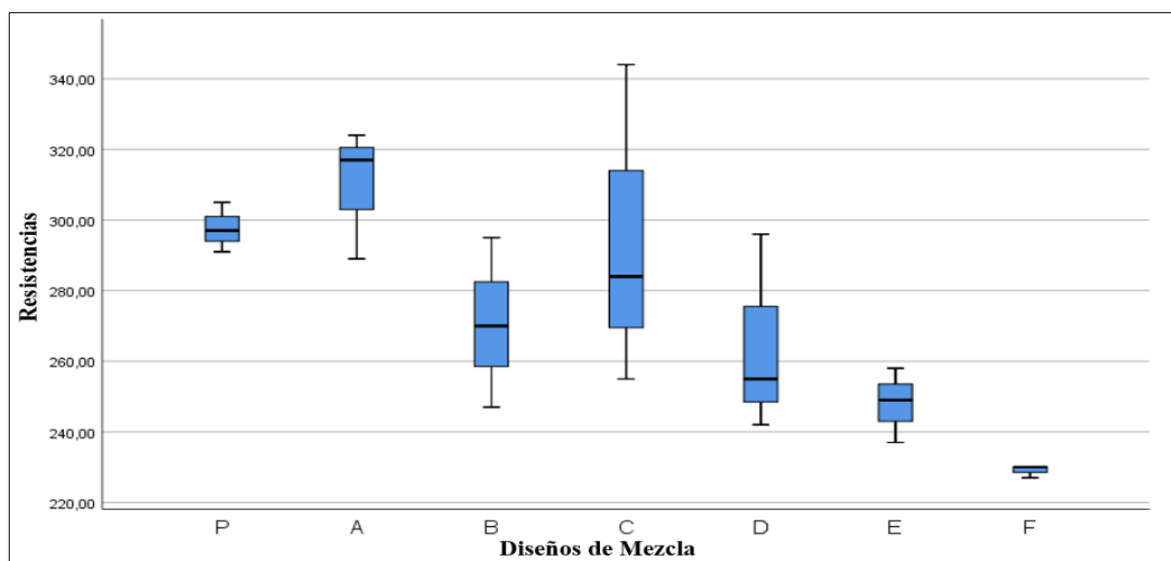
Fuente: Elaboración propia.

Figura 36: Media de Resistencia por cada diseño de mezcla a los 28 días.



Fuente: Propia

Figura 37: Gráfica de caja de valores de resistencia a la compresión a los 28 días.



Fuente: Propia

El resultado del análisis de varianza (ANOVA) demuestra que la diferencia en las proporciones dio como resultado una alta variación estadística, lo que quiere decir que la diferencia estadística entre las medias de las resistencias a la compresión a los 28 días tuvo una importante diferencia de acuerdo a las diferentes proporciones en las mezclas. Según el la categoría múltiple de Tukey los datos obtenidos de la resistencia a la compresión de los siete tipos de mezclas son estadísticamente diferentes entre sí. Según la Tabla 51 la proporción que demostró mayor preeminencia estadística en función a la resistencia a la compresión fue el diseño A, siguiéndole en diseño P, luego el diseño C, seguido del diseño B, continuando con el diseño D, el diseño E y el diseño F.

IV.DISCUSIÓN

DG: Martínez et al. (2019) En sus resultados logra comprobar que la adición de caucho irradiado a 50 kGy mejora la resistencia a la compresión del concreto, así mismo en el presente estudio se demuestra que se cumple en la presente investigación a pesar de que no se realizó el mismo tratamiento después de la irradiación, si se demostró un crecimiento del 4% para la mezcla A con 0.9% de caucho irradiado en relación a la mezcla Patrón.

DE1: Morales (2016) obtuvo en sus resultados que el asentamiento en las mezclas en las que adicionó polímeros reciclados disminuye su valor en relación a su concreto patrón, en otras palabras disminuye la trabajabilidad del concreto, para el caso de la presente investigación, la adición de caucho reciclado de neumáticos irradiados con rayos gamma a 50 KGy mejora la trabajabilidad del concreto en relación al concreto patrón, esto debido a que el material posee menor porcentaje de absorción que los materiales convencionales, por lo que mejora la trabajabilidad de la mezcla al no absorber el agua, lo que permitiría trabajar con una menor relación de agua/cemento.

DE2: Farfán y Leonardo (2018) obtuvo en los resultados de su investigación que conforme aumenta el porcentaje de caucho reciclado normal la resistencia tiende a descender a los 28 días en relación a la mezcla de concreto Patrón, para el caso de la presente investigación se muestran los mismos resultados para las mezclas con caucho normal reciclado (mezcla D, E y F), alcanzando la mezcla F con 1.5% de caucho reciclado normal incorporado, el 77% de la resistencia obtenida en la mezcla de concreto Patrón. Para las mezclas con caucho irradiado Martínez et al. (2019) Obtiene que la resistencia a la compresión de las muestras con caucho irradiado a 50 kGy aumenta en un 52%, sin embargo esto se da gracias a los tratamientos aplicados al caucho antes de la realización de la mezcla, siendo que para el presente estudio el único tratamiento realizado al caucho ha sido la limpieza y la posterior irradiación, obteniéndose que para la mezcla A con 0.9% de caucho irradiado aumenta en un 4% su resistencia en referencia a la mezcla de concreto Patrón, con un crecimiento de tipo lineal. Para el caso de las mezclas B y C se muestra un crecimiento no lineal, en el que su mayor resistencia es alcanzada a los 14 días, y teniendo una caída abrupta a los 28 días, esto puede ser atribuido a la temperatura de fraguado, ya que al momento de realizar la mezcla se conserva una temperatura que el caucho irradiado puede soportar, sin embargo cuando la

mezcla comienza a fraguar y la temperatura aumenta puede ocasionar que el caucho irradiado rompa su límite de deformación por temperatura y comience a dilatarse, en cuanto la temperatura comienza a bajar y estabilizarse el caucho regresa a su estado inicial, contrayéndose, generando mayor cantidad de vacíos en el testigo de concreto.

DE3: Para el caso de la dosificación, Farfán y Leonardo (2018) mencionan que la óptima dosificación para la adición de caucho en el concreto es de 5% siempre y cuando se use en combinación con un aditivo plastificante, para la presente investigación se comprueba que el caucho solo, no mejora la resistencia a la compresión. Para el caso del caucho irradiado Martínez et al. (2019) menciona que según sus resultados la óptima dosificación que se propone es la de 1.2% de caucho irradiado ya que aumentó la resistencia a la compresión, considerando que para dicho estudio se realizaron tratamientos de mejoramiento al caucho irradiado antes de ser adicionado a la mezcla, para el caso de la presente investigación se refuta la hipótesis establecida, ya que se aprecia el aumento de la resistencia a la compresión para el caso del tipo de mezcla A con una dosis de 0.9% de caucho irradiado, a diferencia de la muestra B con 1% de caucho irradiado que disminuye la resistencia a la compresión en un 9% con respecto a la mezcla patrón

V.CONCLUSIONES

CG: La adición de caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma mejora la resistencia a la compresión del concreto $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ para la dosis de 0.9%.

CE1: Se concluye que el caucho irradiado con rayos gamma mejora la trabajabilidad en relación al concreto patrón, lo que permitiría trabajar con una menor relación de agua/cemento a la hora de realizar el diseño de mezcla, siendo la proporción que mejora significativamente la mezcla la de 0.9% ya que se obtiene una consistencia blanda con un alto grado de trabajabilidad.

CE2: La adición de caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma con dosis de 0.9% incrementa la resistencia a la compresión del concreto $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ en un 4%, mientras que las dosis de 1.0% y 1.5% merman la resistencia a la compresión del concreto en relación a la muestra de concreto patrón.

CE3: La óptima dosificación de caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma que mejoraría las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido no es la de 1.0%, la óptima dosificación es la de 0.9% de caucho irradiado a 50 kGy, ya que dicha dosis presenta una consistencia blanda con un alto grado de trabajabilidad, además de ser la que obtuvo una resistencia de 309.87 kg/cm^2 , siendo 4% más alta que la resistencia del concreto patrón.

VI.RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar estudios con una mayor prolongación de tiempo, para obtener una evolución con mayor exactitud de la resistencia a la compresión del concreto $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ con adición de caucho irradiado.
2. Se recomienda realizar estudios para obtener la resistencia a la flexión del concreto $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ con adición de caucho irradiado.
3. Se recomienda realizar estudios con la adición de caucho irradiado en el concreto adicionando otros sistemas de mejoramiento del caucho aparte de la irradiación, como el recubrimiento con carbono al vacío.
4. Se recomienda realizar estudios con la adición de caucho irradiado en el concreto adicionando aditivos expansivos, ya que estos permiten que el concreto mantenga su volumen original evitando las contracciones durante el fraguado.

VII.REFERENCIAS

1. AHMAD, Mushtaq. Production of cobalt-60 in parr-1/kanupp(candu). Isotope Production Division, PINSTECH, Islamabad [En línea]. 2013. [Fecha de consulta: 24 de Mayo de 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/255780834_COBALT-60_production_in_PARR-1
2. AREDIWALA M.A.F y JAMNU M.A. Relation between workability and compressive strength of self-compacting concrete. International Journal of Advanced Engineering Research and Studies. [En línea] Abril – Junio, 2012. ISSN: 2249–8974. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/324030407_Research_Paper_RELATION_BETWEEN_WORKABILITY_AND_COMPRESSIVE_STRENGTH_OF_SELF-COMPACTING_CONCRETE
3. ASTM C-33. Standard specification for concrete aggregates. ASTM Standards.
4. ASTM C 39/C 39M - 05. Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens. ASTM Standards. 2009.
5. ASTM C-127 Standard test method for relative density (specific gravity) and absorption of coarse aggregate. ASTM Standards.
6. ASTM C-128. Standard test method for relative density (specific gravity) and absorption of fine aggregate. ASTM Standards.
7. ASTM C-143. Standard test method for slump of hydraulic-cement concrete. ASTM Standards. Diciembre, 2015.
8. ASTM C-469. Standard test method for static modulus of elasticity and poisson's ratio of concrete in compression. ASTM Standards. 2014.
9. ASTM C-566-13. Standard test method for total evaporable moisture content of aggregate by drying. ASTM Standards. 2013.
10. ASTM C-566-97. Standard test method for total evaporable moisture content of aggregate by drying. ASTM Standards. 2004.
11. BASSAS-Galia, M. et al. Natural polymers: A source of inspiration. Bioresorbable Polymers for Biomedical Applications. [En línea]. Septiembre, 2016. [Fecha de consulta: 22 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100262-9.00002-1>
12. BENAVENTE R. Polímeros amorfos, semicristalinos, polímeros cristales líquidos y orientación. Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros, CSIC. Madrid. [En línea]. 1997. [Fecha de consulta: 23 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/61905301.pdf>

13. BENAVIDES et al. Effect of gamma radiation on crosslinking, water uptake and ion exchange on polystyrene-co-acrylic acid copolymers useful for fuel cells. *International Journal of Hydrogen Energy*. [En línea]. Mayo, 2019. [Fecha de consulta: 18 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.08.131>
14. BENITES Guevara, Ronny Alberto y BERNILLA Carlos Santos Alejandro. Estudio comparativo de elementos fabricados de concreto con material reciclado PET (polietileno tereftalato) y de concreto convencional. Tesis (Título profesional de Ingeniero civil). Chiclayo, Perú: Universidad Señor de Sipán, Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2014. 190 pp.
15. BOTET Latre, Ana. Estudio de los plásticos como material reciclado para la obtención de materiales de construcción. Tesis (Título profesional de Arquitecto). Valencia, España: Universidad Politecnica de Valencia, escuela Técnica Superior de Valencia, 2019. 60 pp. Disponible en: https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=https://riunet.upv.es:443/bitstream/handle/10251/115263/memoria_6290039.pdf?sequence%3D1&isAllowed=y
16. CHIKAOUI K. Gamma rays irradiation effects in thin film polyethylene terephthalate polymer. *Radiation Physics and Chemistry*. [En línea]. Septiembre, 2019. [Fecha de consulta: 18 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2019.04.034>
17. CORONADO Padilla, Jorge. Escalas de medición. Corporación Universitaria Unitec. [En línea]. Vol 2, (2). Julio – Diciembre, 2007. [Fecha de consulta: 28 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4942056.pdf>
18. ELNAHAS, H.H. et al. Structural, morphological and mechanical properties of gamma irradiated low density polyethylene/paraffin wax blends. *Radiation Physics and Chemistry*. [En línea]. Abril, 2018. [Fecha de consulta: 19 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2018.06.030>
19. FARFÁN M. y LEONARDO E. Caucho reciclado en la resistencia a la compresión y flexión de concreto modificado con aditivo plastificante. *Revista Ingenieria de Construccion RIC*. [En línea]. Vol 33, N°3, 2018. [Fecha de consulta: 20 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ric/v33n3/0718-5073-ric-33-03-241.pdf>
20. GALINDO Gonzales, Gaby Gabriela. Revisión bibliográfica sobre el uso del plástico como un nuevo material en fabricación de bloques de concreto para la industria de la construcción. Tesis (Título profesional de Ingeniero Industrial). Arequipa, Perú: Universidad Católica San

- Pablo, Facultad de Ingeniería y Computación, Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, 2018. 133 pp. Disponible en: http://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/UCSP/15660/1/GALINDO_GONZALES_GAB_REV.pdf
21. GREENPEACE. El plástico ha inundado nuestra vida diaria: podemos encontrarlo en envases de productos, ingredientes de cosméticos, el textil de la ropa, materiales de construcción [En línea]. Greenpeace International. 2019. [Fecha de consulta: 26 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/>
 22. GRDIĆ, Zoran et al. Influența volumului de pastăși a granulației agregatului asupra consistenței și rezistenței la compresiune a betonului concrete consistency and compressive strength dependency on the quantity of cement paste among the aggregate grains [En línea]. 2011. [Fecha de consulta: 28 de Mayo de 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/298497821_Concrete_consistency_and_compressive_strength_dependency_on_the_quantity_of_cement_paste_among_the_aggregate_grains
 23. HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. 6.a ed. Mexico D.F.: Mc Graw-Hill/Interamericana editores, S.A. de C.V., 2014. 600 pp. ISBN: 978-1-4562-2396-0
 24. HOANG, Nhat-Duc y PHAM, Anh-Duc. Estimating concrete workability based on slump test with least squares support vector regression. Journal of Construction Engineering. [En línea]. 2016. [Fecha de consulta: 26 de Mayo de 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/309740872_Estimating_Concrete_Workability_Based_on_Slump_Test_with_Least_Squares_Support_Vector_Regression
 25. HORSZCZARUK, Elzbieta. Investigation of gamma ray shielding efficiency and physicomechanical performances of heavyweight concrete subjected to high temperatura. Construction and Building Materials. [En línea]. Vol. 195. Enero, 2019. [Fecha de consulta: 26 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.09.113>
 26. IOAN M. R. et al. Co-60 Specific gamma-ray constant (T) determinations for various biological materials involved in radiotherapyprocedures, by using GEANT4 and nist XCOM. Horia HulubeiNational Institute for R&D in Physics and Nuclear Engineering (IFIN-HH) [En línea]. Julio, 2017. [Fecha de consulta: 24 de Mayo de 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/319442968_Co-60_Specific_Gamma-

Ray_Constant_G_Determinations_for_Various_Biological_Materials_Involved_in_Radiot
herapy_Procedures_by_Using_GEANT4_and_NIST_XCOM

27. JUÁREZ Varón, David et al. Estudio, análisis y clasificación de elastómeros termoplásticos. 3Ciencias, Revista de investigación, Editada por Área de Innovación y Desarrollo, S.L. [En línea]. Agosto, 2012. [Fecha de consulta: 23 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2012/08/2.clasificacion-elastomeros.pdf>
28. KAÇAL M.R. et al. Evaluation of gamma-ray and neutron attenuation properties of some polymers. Nuclear Engineering and Technology. [En línea]. Enero, 2019. [Fecha de consulta: 18 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.net.2018.11.011>
29. KÓNYA József y NAGY Noémi M. Radioactive Decay. Nuclear and Radiochemistry [En línea]. 2012. [Fecha de consulta: 24 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-391430-9.00004-4>
30. MARTÍNEZ Barrera, Gonzalo et al. Modified recycled tire fibers by gamma radiation and their use on the improvement of polymer concrete. Construction and Building Materials. [En línea]. Enero, 2019. [Fecha de consulta: 17 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.01.177>
31. MARTÍNEZ et al. Polymer waste materials as fillers in polymer mortars: experimental and finite elements simulation. Case Studies in Construction Materials. [En línea]. Enero, 2019. [Fecha de consulta: 18 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2018.e00178>
32. MARTÍN Galán, José Ignacio y MURILLO Ibáñez, Guillermo. Aplicaciones industriales de la irradiación de polímeros por acelerador de electrones. Revista de plásticos modernos: Ciencia y tecnología de polímeros. [En línea]. N° 681, 2013. ISSN 0034-8708. [Fecha de consulta: 23 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4485974>
33. MAST et al. The effect of gamma radiation on the mechanical and microstructural properties of Fe-rich inorganic polymers. Journal of Nuclear Materials. [En línea]. Agosto, 2019. [Fecha de consulta: 18 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jnucmat.2019.04.045>
34. MOHAMMADIAN Kohol, M., ASGARI, M. y SHAKUR H.R. A detailed investigation of the gamma-ray radiation effects on the optical properties of polyvinyl butyral film. Optik. [En línea]. Octubre, 2016. [Fecha de consulta: 19 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2016.05.076>

35. MORALES Carhuayano, Miller Roberto. Estudio del comportamiento del comportamiento del concreto incorporando PET reciclado. Tesis (Título profesional de Ingeniero civil). Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, 2016. 210 pp.
36. NEPOMUSENO Samaniego, Norberto. Estudio de los efectos de la radiación ionizante en poliéster de desecho. Tesis (Título profesional de Ingeniero civil). Mexico: Universidad Autónoma del Estado de México, 2018. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.11799/99531>
37. NUCLEAR Science. A Guide to the Nuclear Science Wall Chart. Contemporary Physics Education Project (CPEP) [En línea]. 2018. [Fecha de consulta: 24 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://www2.lbl.gov/abc/wallchart/teachersguide/pdf/Chap03.pdf>
38. OBODOVSKIY, Ilya. Radiation in the Synthesis and Modification of Substance. Fundamentals, Applications, Risks, and Safety. [En línea]. Marzo, 2019. [Fecha de consulta: 19 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63979-0.00024-0>
39. OBTENCIÓN del Caucho. Casiopea. 26 de Septiembre del 2010. Disponible en: https://wiki.ead.pucv.cl/Obtenci%C3%B3n_del_Caucho
40. PASTOR Castillo, Ayrton et al. Diseño de planta productora de adoquines a base de cemento y plástico reciclado. Tesis (Título profesional de Ingeniero Industrial). Piura, Perú: Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, Área departamental de Ingeniería Industrial y de Sistemas, 2015. 99 pp. Disponible en: <https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2343/5.%20PYT%2C%20Informe%20Final%2C%20Cemento%20y%20Pl%C3%A1stico.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
41. QIANG, Wei et al. Synthetic Polymers for Biomedical Applications. Hindawi. [En línea]. Abril, 2018. [Fecha de consulta: 22 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2018/7158621>
42. RADIOLOGYINFO. What is radiation dose? RadiologyInfo.org [En línea]. 2018. [Fecha de consulta: 24 de Mayo de 2019]. Disponible en: https://www.radiologyinfo.org/en/pdf/safety-hiw_09.pdf
43. RAGHU S. et al. Electron beam and gamma ray irradiated polymer electrolyte films: Dielectric properties. Journal of Radiation Research and Applied Sciences. [En línea]. Abril, 2016. [Fecha de consulta: 19 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2015.10.007>

44. RODGERS, Lucy. La enorme fuente de emisiones de CO₂ que está por todas partes y que quizás no conocías [En línea]. BBC News. 17 de Diciembre del 2018. [Fecha de consulta: 22 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-46594783>
45. SAFTAWI et al. Comparative studies on PADC polymeric detector treated by gamma radiation and Ar ion beam. Applied Surface Science. [En línea]. Mayo, 2016. [Fecha de consulta: 19 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2016.03.044>
46. SANCA Tinta, Miler D. Tipos de investigación científica. Revista de Actualización Clínica. [En línea]. 2011, Vol. 9. [Fecha de consulta: 24 de Abril de 2019]. Disponible en: http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/raci/v12/v12_a11.pdf
47. SANTILLAN, Ernesto. Las llantas se convierten en el principal contaminante de los océanos [En línea]. CC News. 22 de Febrero de 2017. [Fecha de consulta: 13 de Junio de 2019]. Disponible en: <https://news.culturacolectiva.com/noticias/llantas-contaminan-los-oceanos/>
48. TAYEL A., et al. Modifications induced by gamma irradiation to Makrofol polymer nuclear track detector. Journal of Advanced Research. [En línea]. Marzo, 2015. [Fecha de consulta: 19 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jare.2014.01.005>
49. WANG, Wenzhao et al. Effects of gamma radiation on the impact strength of polypropylene (PP)/high density polyethylene (HDPE) blends. Results in Physics. [En línea]. Febrero, 2019. [Fecha de consulta: 18 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rinp.2019.02.020>
50. ZHEREBTSOV, Sergey et al. Advanced mechanical properties. Nanocrystalline Titanium. [En línea]. Septiembre, 2018. [Fecha de consulta: 23 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814599-9.00006-7>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia.

“Adición de Caucho de Neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gamma para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto $F_c=210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2019”					
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
¿La adición de caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma mejora la resistencia a la compresión del concreto $F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$?	Mejorar la resistencia a la compresión del concreto $F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ con la adición de caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma.	La adición de caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma si mejora la resistencia a la compresión del concreto $F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.	VI: Caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma	Caucho de Neumáticos reciclados	Peso Porcentaje añadido
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS			
PE1: ¿La adición de caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma con dosis de 0.9%, 1.0% y 1.5% mejora la trabajabilidad del concreto $F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ en estado fresco?	OE1: Mejorar la trabajabilidad del concreto $F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ en estado fresco adicionando caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma con dosis de 0.9%, 1.0% y 1.5%.	HE1: La adición de caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma con dosis de 0.9%, 1.0% y 1.5% si mejora la trabajabilidad del concreto $F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ en estado fresco.		Cobalto-60: Rayos gamma	Coefficiente de absorción
PE2: ¿La adición de caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma con dosis de 0.9%, 1.0% y 1.5% incrementa la resistencia a la compresión del concreto $F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$?	OE2: Incrementar la resistencia a la compresión del concreto $F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ adicionando caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma con dosis de 0.9%, 1.0% y 1.5%.	HE2: La adición de caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma con dosis de 0.9%, 1.0% y 1.5% si incrementa la resistencia a la compresión del concreto $F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.		Propiedades del concreto en estado fresco	Trabajabilidad Consistencia
PE3: ¿Cuál será la óptima dosificación de caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma que mejore las propiedades del concreto $F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ y en estado fresco y endurecido?	OE3: Determinar la óptima dosificación de caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma que mejore las propiedades del concreto $F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ en estado fresco y endurecido.	HE3: La óptima dosificación de caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma que mejore las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido sería de 1.0%.	VD: Resistencia a compresión del concreto $F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.	Propiedades del concreto en estado endurecido	Resistencia a la compresión Edades
					<p>DISEÑO: Experimental</p> <p>TIPO: Aplicada</p> <p>ENFOQUE: Cuantitativo</p> <p>NIVEL: Correlacional</p> <p>POBLACIÓN: Concreto de resistencia a la compresión $F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ con caucho de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma a 50 kGy en forma de molienda, en dosis de 0.9%, 1.0% y 1.5%.</p> <p>MUESTRA: 63 Probetas</p> <p>MUESTREO: No probabilístico</p> <p>TÉCNICA: Observación</p> <p>INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN: Ficha de recopilación de datos y formatos de laboratorio.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2: Instrumento de obtención de datos.

Diseño de mezcla

Proyecto: Adición de Caucho de Neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gamma para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto F'c = 210 kg/cm², Lima 2019

Autor: GÉRMAN GUILLEN Viviana Sofia

V. Dependiente: Resistencia a la compresión del concreto

Dimensión: Propiedades del concreto en estado fresco.

Ubicación de la Investigación: Lima, Perú.

DISEÑO DE MEZCLA							
Ítem:	1	2	3	4	5	6	7
Diseño de mezcla	% Caucho	Caucho I. Kilos	Resistencia F'c Kg/cm ²	CEMENTO Kilos	A.F. m3	A.G. m3	AGUA Lts.
Mezcla P	0.0%	0	210	411	729	842	231
Mezcla A	0.9% (C.I.)	5	210	411	729	842	230
Mezcla B	1.0% (C.I.)	5	210	411	728	842	223
Mezcla C	1.5% (C.I.)	8	210	411	720	842	222
Mezcla D	0.9%	5	210	411	729	842	230
Mezcla E	1.0%	5	210	411	728	842	230
Mezcla F	1.5%	8	210	411	720	842	222

Determinación de la temperatura del concreto

Proyecto: Adición de Caucho de Neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gamma para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2019
Autor: GERMAN GUILLEN Viviana Sofia
V. Dependiente: Resistencia a la compresión del concreto
Dimensión: Propiedades del concreto en estado fresco.
Ubicación de la Investigación: Lima, Perú.

Item:	8	9	10	11
Diseño de mezcla	% Caucho	Temperatura ambiente (°C)	Temperatura de mezcla (°C)	Tiempo de estabilización del medidor de temperatura
Mezcla P	0.0%	19	22.9	2 min.
Mezcla A	0.9% (C.I.)	20	23.3	2 min.
Mezcla B	1.0% (C.I.)	20	23.1	2 min.
Mezcla C	1.5% (C.I.)	20	22.8	2 min.
Mezcla D	0.9%	19	23.0	2 min.
Mezcla E	1.0%	19	22.9	2 min.
Mezcla F	1.5%	19	22.8	2 min.

Trabajabilidad del concreto

Proyecto : Adición de Caucho de Neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gamma para Mejorar la Resistencia a Compresión $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2019
Autor : GÉRMAN GUILLÉN Viviana Sofia
V. Dependiente : Resistencia a la compresión del concreto
Dimensión : Propiedades del concreto en estado fresco.
Ubicación de la Investigación : Lima, Perú.

Diseño de mezcla	Fecha			% Caucho	Slump		Observaciones
	Día	Mes	Año		Altura (mm)	Consistencia	
Mezcla P	15	10	2019	0.00%	38.10	Seca.	
Mezcla A	15	10	2019	0.90%	152.40	Blanda.	
Mezcla B	15	10	2019	1.00%	158.75	Fluida.	
Mezcla C	15	10	2019	1.50%	170.18	Fluida.	
Mezcla D	17	10	2019	0.90%	182.88	Fluida.	
Mezcla E	17	10	2019	1.00%	190.50	Fluida.	
Mezcla F	17	10	2019	1.50%	215.90	Fluida.	

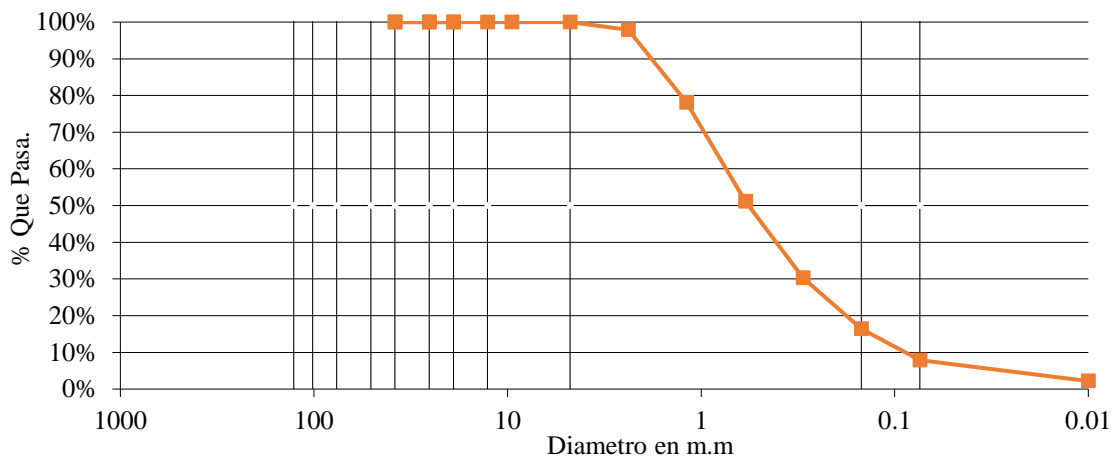
Ítem: 16 17 18

Análisis granulométrico por Tamizado

Agregado fino: Arena gruesa

Tamices		Peso	% Retenido	% Retenido	% Que
Ø	(mm)	Retenido	Parcial	Acumulado	Pasa
5"	127.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
4"	101.60	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3"	76.20	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50.80	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.10	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.40	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.050	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1/2"	12.700	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/8"	9.525	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 4	4.760	21.00	2.11%	2.11%	97.89%
N° 8	2.380	197.30	19.82%	21.93%	78.07%
N° 16	1.190	268.40	26.96%	48.89%	51.11%
N° 30	0.590	206.90	20.78%	69.67%	30.33%
N° 50	0.297	138.10	13.87%	83.55%	16.45%
N° 100	0.149	85.30	8.57%	92.11%	7.89%
N° 200	0.074	56.80	5.71%	97.82%	2.18%
Fondo	0.01	21.70	2.18%	100.00%	0.00%
PESO INICIAL		995.50			

Gráfico de Análisis Granulométrico por Tamizado



ÍTEM:

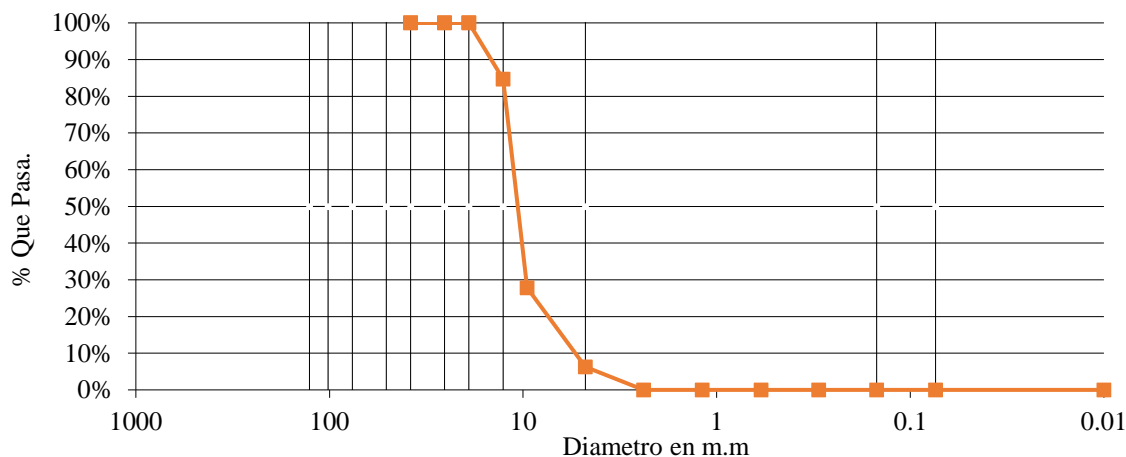
- 19 2.18% % QUE PASA LA MALLA N° 200 (0.075 MM)
- 20 2.11% % PASA 3" (75 MM) Y RETIENE MALLA N° 4 (4.75 MM)
- 22 2.11% % PASA 3/4" (19 MM) Y RETIENE EN LA MALLA 4 (4.75 MM)
- 23 95.71% % PASA LA MALLA N° 4 (4.75MM) Y RETIENE EN LA MALLA N° 200 (0.075 MM)
- 24 19.82% % PASA LA MALLA N° 4 (4.75MM) Y RETIENE EN LA MALLA N° 10 (2 MM)
- 25 47.74% % PASA LA MALLA N° 10 (2 MM) Y RETIENE EN LA MALLA N° 40 (0.425MM)
- 26 28.15% % PASA LA MALLA N° 40 (0.425MM) Y RETIENEN EN LA MALLA N° 200 (0.075 MM)

Análisis granulométrico por Tamizado

Agregado grueso: Piedra Chancada ½”.

Tamices		Peso	% Retenido	% Retenido	% Que
Ø	(mm)	Retenido	Parcial	Acumulado	Pasa
5"	127.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
4"	101.60	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3"	76.20	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50.80	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.10	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.40	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.050	315.00	15.31%	15.31%	84.69%
1/2"	12.700	1170.00	56.85%	72.16%	27.84%
3/8"	9.525	444.00	21.57%	93.73%	6.27%
N° 4	4.760	129.00	6.27%	100.00%	0.00%
N° 8	2.380	0.00	0.00%	100.00%	0.00%
N° 16	1.190	0.00	0.00%	100.00%	0.00%
N° 30	0.590	0.00	0.00%	100.00%	0.00%
N° 50	0.297	0.00	0.00%	100.00%	0.00%
N° 100	0.149	0.00	0.00%	100.00%	0.00%
N° 200	0.074	0.00	0.00%	100.00%	0.00%
Fondo	0.01	5.00	0.24%	100.24%	-0.24%
PESO INICIAL		2058.00			

Gráfico de Análisis Granulométrico por Tamizado



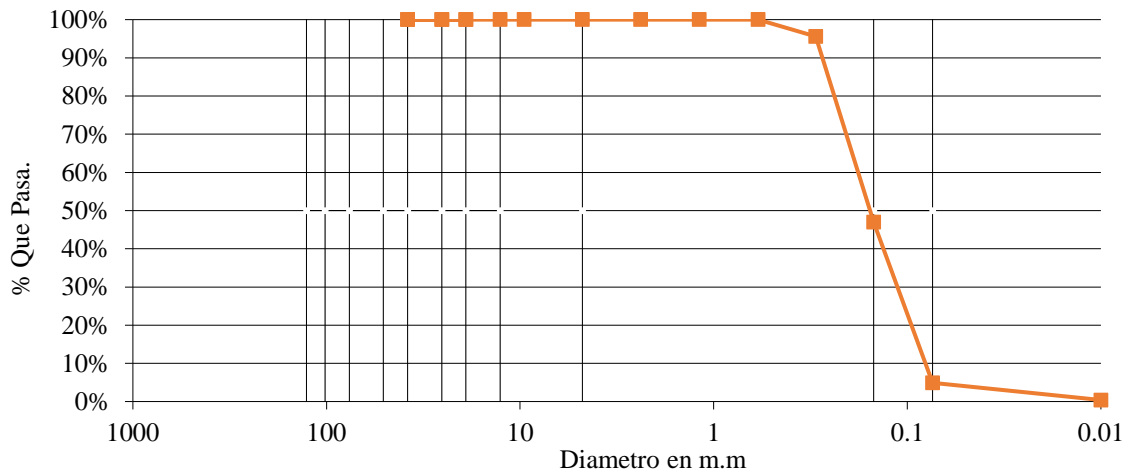
ÍTEM:

19	0.00%	% QUE PASA LA MALLA N° 200 (0.075 MM)
20	100.00%	% PASA 3" (75 MM) Y RETIENE MALLA N° 4 (4.75 MM)
22	84.69%	% PASA 3/4" (19 MM) Y RETIENE EN LA MALLA 4 (4.75 MM)
23	0.00%	% PASA LA MALLA N° 4 (4.75MM) Y RETIENE EN LA MALLA N° 200 (0.075 MM)
24	0.00%	% PASA LA MALLA N° 4 (4.75MM) Y RETIENE EN LA MALLA N° 10 (2 MM)
25	0.00%	% PASA LA MALLA N° 10 (2 MM) Y RETIENE EN LA MALLA N° 40 (0.425MM)
26	0.00%	% PASA LA MALLA N° 40 (0.425MM) Y RETIENEN EN LA MALLA N° 200 (0.075 MM)

Análisis granulométrico por Tamizado Caucho Convencional

Tamices		Peso	% Retenido	% Retenido	% Que
Ø	(mm)	Retenido	Parcial	Acumulado	Pasa
5"	127.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
4"	101.60	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3"	76.20	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50.80	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.10	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.40	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.050	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1/2"	12.700	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/8"	9.525	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
Nº 4	4.760	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
Nº 8	2.380	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
Nº 16	1.190	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
Nº 30	0.590	23.10	4.39%	4.39%	95.61%
Nº 50	0.297	256.20	48.65%	53.04%	46.96%
Nº 100	0.149	221.40	42.04%	95.08%	4.92%
Nº 200	0.074	23.80	4.52%	99.60%	0.40%
Fondo	0.01	2.10	0.40%	100.00%	0.00%
PESO INICIAL		526.60			

Gráfico de Análisis Granulométrico por Tamizado



ÍTEM:

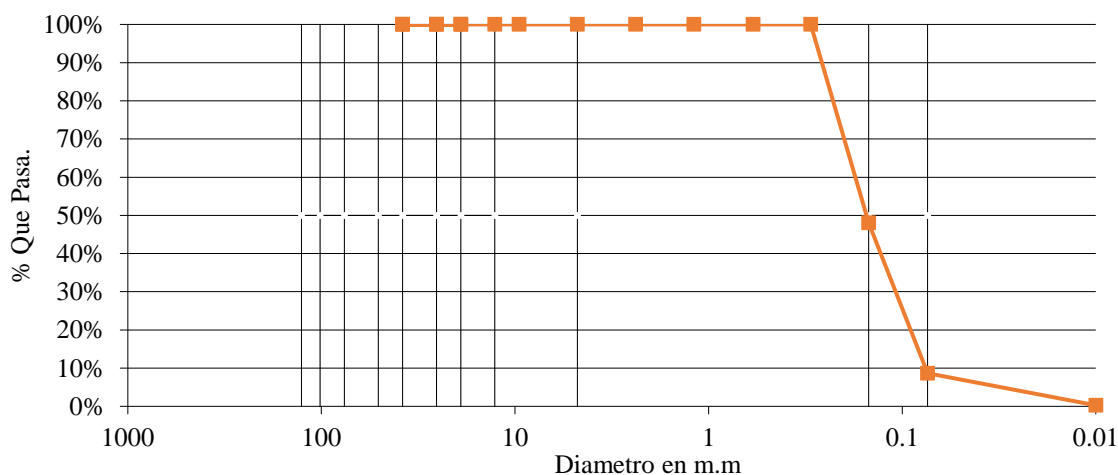
19	0.40%	% QUE PASA LA MALLA Nº 200 (0.075 MM)
20	0.00%	%PASA 3" (75 MM) Y RETIENE MALLA Nº 4 (4.75 MM)
22	0.00%	% PASA 3/4" (19 MM) Y RETIENE EN LA MALLA 4 (4.75 MM)
23	99.60%	% PASA LA MALLA Nº 4 (4.75MM) Y RETIENE EN LA MALLA Nº 200 (0.075 MM)
24	0.00%	% PASA LA MALLA Nº 4 (4.75MM) Y RETIENE EN LA MALLA Nº 10 (2 MM)
25	4.39%	% PASA LA MALLA Nº 10 (2 MM) Y RETIENE EN LA MALLA Nº 40 (0.425MM)
26	95.21%	% PASA LA MALLA Nº 40 (0.425MM) Y RETIENEN EN LA MALLA Nº 200 (0.075 MM)

Análisis granulométrico por Tamizado

Caucho Irradiado

Tamices		Peso	% Retenido	% Retenido	% Que
Ø	(mm)	Retenido	Parcial	Acumulado	Pasa
5"	127.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
4"	101.60	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3"	76.20	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50.80	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.10	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.40	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.050	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1/2"	12.700	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/8"	9.525	0.00	0.19%	0.19%	99.81%
Nº 4	4.760	0.00	0.38%	0.57%	99.43%
Nº 8	2.380	0.00	0.57%	1.14%	98.86%
Nº 16	1.190	0.00	0.76%	1.91%	98.09%
Nº 30	0.590	0.00	0.95%	2.86%	97.14%
Nº 50	0.297	264.70	50.43%	53.29%	46.71%
Nº 100	0.149	200.90	38.27%	91.56%	8.44%
Nº 200	0.074	42.90	8.17%	99.73%	0.27%
Fondo	0.01	1.40	0.27%	100.00%	0.00%
PESO INICIAL		524.90			

Gráfico de Análisis Granulométrico por Tamizado



ÍTEM:

- 19 0.27% % QUE PASA LA MALLA Nº 200 (0.075 MM)
- 20 0.00% % PASA 3" (75 MM) Y RETIENE MALLA Nº 4 (4.75 MM)
- 22 0.00% % PASA 3/4" (19 MM) Y RETIENE EN LA MALLA 4 (4.75 MM)
- 23 99.73% % PASA LA MALLA Nº 4 (4.75MM) Y RETIENE EN LA MALLA Nº 200 (0.075 MM)
- 24 0.00% % PASA LA MALLA Nº 4 (4.75MM) Y RETIENE EN LA MALLA Nº 10 (2 MM)
- 25 0.00% % PASA LA MALLA Nº 10 (2 MM) Y RETIENE EN LA MALLA Nº 40 (0.425MM)
- 26 99.73% % PASA LA MALLA Nº 40 (0.425MM) Y RETIENEN EN LA MALLA Nº 200 (0.075 MM)

Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso

Proyecto	:	Adición de Caucho de Neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gamma para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto F'c = 210 kg/cm ² , Lima 2019
Autor	:	GÉRMAN GUILLÉN Viviana Sofía
V. Dependiente	:	Resistencia a la compresión del concreto
Dimensión	:	Propiedades del concreto en estado fresco.
Ubicación de la Investigación	:	Lima, Perú.

Ítem:	27	28	29				
	P. Especifico de Masa Seco (gr/cm ³)	P. Especifico de Masa SSS (gr/cm ³)	P. Especifico de Masa Aparente (gr/cm ³)	Peso Unitario Compactado (kg/m ³)	Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	Humedad de absorción %	Módulo De Finura %
Piedra Chancada ½".	2.620	2.640	2.674	1618	1478	0.77	7.07

Peso Específico y Absorción del Agregado Fino

Proyecto	:	Adición de Caucho de Neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gamma para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto F'c = 210 kg/cm ² , Lima 2019
Autor	:	GÉRMAN GUILLÉN Viviana Sofía
V. Dependiente	:	Resistencia a la compresión del concreto
Dimensión	:	Propiedades del concreto en estado fresco.
Ubicación de la Investigación	:	Lima, Perú.

Ítem:	30	31	32	33				
	P. Especifico de Masa Seco (gr/cm ³)	P. Especifico de Masa SSS (gr/cm ³)	P. Especifico de Masa Aparente (gr/cm ³)	Peso Unitario Compactado (kg/m ³)	Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	Humedad de absorción %	Módulo De Finura	% < Malla N°200 (1.75 µm)
Arena Gruesa	2.505	2.573	2.689	1663	1456	2.7	3.18	5.10

Resistencia a la compresión del concreto

Proyecto : Adición de Caucho de Neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gamma para
 : Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2019
 Autor : GÉRMAN GUILLÉN Viviana Sofia
 V. Dependiente : Resistencia a la compresión del concreto
 Dimensión : Propiedades del concreto en estado endurecido
 Ubicación de la : Lima, Perú.
 Investigación :

Mezcla	Probeta N°	Tipo de Concreto	Edad del Concreto	Fecha de mezcla		% Caucho de Neumático Reciclado Irradiado	Área del Cilindro (cm ²)		Resistencia de Diseño (kg/cm ²)	Resistencia Última (kg)	Tipo de Falla	Fecha		Observaciones		
				Día	Mes		Año	Día				Mes	Año			
Diseño P	01	210	4d.	15	10	19	0	10.20	20	210	19618.8	4	22	10	19	
	02	210	4d.	15	10	19	0	9.89	20	210	18397.5	2	22	10	19	
	03	210	4d.	15	10	19	0	9.95	20	210	19052.2	2	22	10	19	
Diseño A	04	210	4d.	15	10	19	0.9/C.I	9.94	20	210	19950	2	22	10	19	
	05	210	4d.	15	10	19	0.9/C.I	9.95	20	210	19860	2	22	10	19	
	06	210	4d.	15	10	19	0.9/C.I	9.81	20	210	19840	2	22	10	19	
Diseño B	07	210	4d.	15	10	19	1.0/C.I	10.28	20	210	20910	2	22	10	19	
	08	210	4d.	15	10	19	1.0/C.I	9.92	20	210	21820	6	22	10	19	
	09	210	4d.	15	10	19	1.0/C.I	9.84	20	210	20420	6	22	10	19	
Diseño C	10	210	4d.	15	10	19	1.5/C.I	10.03	20	210	22230	6	22	10	19	
	11	210	4d.	15	10	19	1.5/C.I	10.13	20	210	23600	6	22	10	19	
	12	210	4d.	15	10	19	1.5/C.I	10.12	20	210	24950	2	22	10	19	
Diseño D	13	210	4d.	18	10	19	0.9/C.N	10.13	20	210	22158.08	5	25	10	19	
	14	210	4d.	18	10	19	0.9/C.N	9.90	20	210	21546.26	5	25	10	19	
	15	210	4d.	18	10	19	0.9/C.N	10.15	20	210	21311.73	2	25	10	19	
Diseño E	16	210	4d.	19	10	19	1.0/C.N	10.10	20	210	17385.89	2	26	10	19	
	17	210	4d.	19	10	19	1.0/C.N	10.10	20	210	19027.6	5	26	10	19	
	18	210	4d.	19	10	19	1.0/C.N	10.23	20	210	17752.98	5	26	10	19	
Diseño F	19	210	4d.	19	10	19	1.5/C.N	10.10	20	210	15754.37	5	26	10	19	
	20	210	4d.	19	10	19	1.5/C.N	10.16	20	210	17824.36	5	26	10	19	
	21	210	4d.	19	10	19	1.5/C.N	10.11	20	210	18487.16	5	26	10	19	

Resistencia a la compresión del concreto

Proyecto : Adición de Caucho de Neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gamma para
 Autor : Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2019
 V. Dependiente : GÉRMAN GUILLEN Viviana Sofia
 Dimensión : Resistencia a la compresión del concreto
 Ubicación de la : Propiedades del concreto en estado endurecido
 Investigación : Lima, Perú.

Mezcla	Probeta N°	Tipo de Concreto	Edad del Concreto	Fecha de mezcla			% Caucho de Neumático Reciclado Irradiado	Área del Cilindro (cm^2)		Resistencia de Diseño (kg/cm^2)	Resistencia Última (kg)	Tipo de Falla	Fecha			Observaciones
				Día	Mes	Año		Díámetro	Altura				Día	Mes	Año	
Diseño P	01	210	14	15	10	19	0	10.20	20	210	22561.60	4	29	10	19	
	02	210	14	15	10	19	0	9.89	20	210	21989.40	2	29	10	19	
	03	210	14	15	10	19	0	9.95	20	210	21851.70	2	29	10	19	
Diseño A	04	210	14	15	10	19	0.9% CI	9.90	20	210	22800	2	29	10	19	
	05	210	14	15	10	19	0.9% CI	9.91	20	210	23030	2	29	10	19	
	06	210	14	15	10	19	0.9% CI	9.91	20	210	23400	5	29	10	19	
Diseño B	07	210	14	15	10	19	1.0% CI	9.87	20	210	24120	5	29	10	19	
	08	210	14	15	10	19	1.0% CI	9.91	20	210	23260	5	29	10	19	
	09	210	14	15	10	19	1.0% CI	9.90	20	210	23910	6	29	10	19	
Diseño C	10	210	14	15	10	19	1.5% CI	10.14	20	210	27750	6	29	10	19	
	11	210	14	15	10	19	1.5% CI	10.13	20	210	26500	2	29	10	19	
	12	210	14	15	10	19	1.5% CI	10.13	20	210	25050	2	29	10	19	
Diseño D	13	210	14	18	10	19	0.9% CN	10.15	20	210	23629.1	5	01	11	19	
	14	210	14	18	10	19	0.9% CN	10.13	20	210	20140.6	5	01	11	19	
	15	210	14	18	10	19	0.9% CN	10.27	20	210	22088.9	5	01	11	19	
Diseño E	16	210	14	18	10	19	1.0% CN	9.89	20	210	19431.1	5	02	11	19	
	17	210	14	19	10	19	1.0% CN	9.91	20	210	20480.1	2	02	11	19	
	18	210	14	19	10	19	1.0% CN	9.94	20	210	20228.1	2	02	11	19	
Diseño F	19	210	14	19	10	19	1.5% CN	10.14	20	210	19303.9	5	02	11	19	
	20	210	14	19	10	19	1.5% CN	10.14	20	210	19597.8	5	02	11	19	
	21	210	14	19	10	19	1.5% CN	10.13	20	210	20919.8	5	02	11	19	

Resistencia a la compresión del concreto

Proyecto : Adición de Caucho de Neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gamma para
 Autor : Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2019
 V. Dependiente : GERMAN GUILLEN Viviana Sofia
 Dimensión : Resistencia a la compresión del concreto
 Ubicación de la : Propiedades del concreto en estado endurecido
 Investigación : Lima, Perú.

Mezcla	Probeta N°	Tipo de Concreto	Edad del Concreto	Fecha de mezcla			% Caucho de Neumático Reciclado Irradiado	Área del Cilindro (cm ²)		Resistencia de Diseño (kg/cm ²)	Resistencia Última (kg)	Tipo de Falla	Fecha			Observaciones
				Día	Mes	Año		Diámetro	Altura				Día	Mes	Año	
Diseño P	01	210	28	15	10	19	0	10.11	20	210	23360.7	2	13	11	19	
	02	210	28	15	10	19	0	10.12	20	210	24533.0	5	13	11	19	
	03	210	28	15	10	19	0	10.14	20	210	23984.0	2	13	11	19	
Diseño A	04	210	28	15	10	19	CI 0.9%	10.10	20	210	23173.1	2	13	11	19	
	05	210	28	15	10	19	CI 0.9%	10.10	20	210	25385.5	2	13	11	19	
	06	210	28	15	10	19	CI 0.9%	10.20	20	210	26437	3	13	11	19	
Diseño B	07	210	28	15	10	19	CI 1.0%	9.88	20	210	20668.4	1	13	11	19	
	08	210	28	15	10	19	CI 1.0%	9.88	20	210	18916	3	13	11	19	
	09	210	28	15	10	19	CI 1.0%	9.90	20	210	22682.9	6	13	11	19	
Diseño C	10	210	28	15	10	19	CI 1.5%	10.10	20	210	27539.6	3	13	11	19	
	11	210	28	15	10	19	CI 1.5%	10.16	20	210	20709.6	3	13	11	19	
	12	210	28	15	10	19	CI 1.5%	10.16	20	210	23061.6	2	13	11	19	
Diseño D	13	210	28	18	10	19	CN 0.9%	9.99	20	210	23191.7	2	15	11	19	
	14	210	28	18	10	19	CN 0.9%	9.91	20	210	18678.3	2	15	11	19	
	15	210	28	18	10	19	CN 0.9%	10.11	20	210	20491.1	2	15	11	19	
Diseño E	16	210	28	19	10	19	CN 1.0%	10.1	20	210	18972.9	2	16	11	19	
	17	210	28	19	10	19	CN 1.0%	9.92	20	210	19933.9	2	16	11	19	
	18	210	28	19	10	19	CN 1.0%	10.02	20	210	19641.4	3	16	11	19	
Diseño F	19	210	28	19	10	19	CN 1.5%	10.14	20	210	18579.4	3	16	11	19	
	20	210	28	19	10	19	CN 1.5%	9.9	20	210	17476.4	3	16	11	19	
	21	210	28	19	10	19	CN 1.5%	9.99	20	210	17991.6	2	16	11	19	

Anexo 3: Índice de validación.

Dimensión	Nº	Ítem	Especialista 1	Especialista 2	Especialista 3	Asesor	Investigador	Acuerdo	Total de acuerdos	Índice de validez	
Propiedades del concreto en estado fresco.	Diseño de mezcla										
	1	% Caucho Irradiado	E	E	E	A	A	A	7	1	
	2	Caucho Irradiado (kg)	E	E	E	A	A	A			
	3	Resistencia F'c	E	E	E	A	A	A			
	4	Cemento	E	E	E	A	A	A			
	5	Arena	E	E	E	A	A	A			
	6	Grava	E	E	E	A	A	A			
	7	Agua	E	E	E	A	A	A			
	Determinación de la temperatura del concreto										
	8	% Caucho Irradiado	E	E	E	A	A	A	4	1	
	9	Temperatura ambiente	E	E	E	A	A	A			
	10	Temperatura de mezcla	E	E	E	A	A	A			
	11	Tiempo de estabilización del medidor de temperatura	E	E	E	A	A	A			
	Prueba de rendimiento del concreto										
	12	Peso total de los materiales de un mixer	E	E	E	A	A	A	4	1	
	13	Peso unitario promedio o densidad del concreto	E	E	E	A	A	A			
	14	Volumen real de concreto	E	E	E	A	A	A			
	15	Volumen teórico dosificado	E	E	E	A	A	A			
	Trabajabilidad del concreto										
	16	% Caucho de Neumático Reciclado Irradiado	E	E	E	A	A	A	3	1	
	17	Slump	E	E	E	A	A	A			
	18	Observaciones	E	E	E	A	A	A			
	Análisis granulométrico por Tamizado										
	19	% Pasante Malla Nº 200 (0.075 MM)	E	E	E	A	A	A	8	1	
	20	% Pasa 3" (75 MM) y retiene malla Nº 4 (4.75 MM)	E	E	E	A	A	A			
	21	% Pasa 3" (75 MM) y retiene en la malla 3/4" (19 MM)	E	E	E	A	A	A			
	22	% Pasa 3/4" (19 MM) y retiene en la malla Nº 4 (4.75 MM)	E	E	E	A	A	A			
	23	% Pasa la Malla Nº 4 (4.75MM) y retiene en la malla Nº 200 (0.075 MM)	E	E	E	A	A	A			
	24	% Pasa la Malla Nº 4 (4.75MM) y retiene en la malla Nº 10 (2 MM)	E	E	E	A	A	A			
	25	% Pasa la Malla Nº 10 (2 MM) y retiene en la malla Nº 40 (0.425MM)	E	E	E	A	A	A			
26	% Pasa la Malla Nº 40 (0.425MM) y retiene en la malla Nº 200 (0.075 MM)	E	E	E	A	A	A				
Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso											
27	Peso en el aire de la muestra seca (g)	E	E	E	A	A	A	3	1		
28	Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (g)	E	E	E	A	A	A				
29	Peso sumergido en agua de la muestra saturada (g)	E	E	E	A	A	A				
Peso Específico y Absorción del Agregado Fino											
30	Peso al aire de la muestra desecada (g)	E	E	E	A	A	A	4	1		

	31	Peso del picnómetro aforado lleno de agua (g)	E	E	E	A	A	A			
	32	Peso total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua	E	E	E	A	A	A			
	33	Peso de la muestra saturada, con superficie seca (g)	E	E	E	A	A	A			
	Humedad Superficial en el Agregado Fino										
	34	Masa de la tara vacía (g)	E	E	E	A	A	A	3	1	
	35	Masa de la tara con la muestra húmeda(g)	E	E	E	A	A	A			
	36	Masa de la tara con la muestra seca (g)	E	E	E	A	A	A			
	Contenido de Humedad Total de los Agregados por Secado										
	37	Peso seco ambiente (g)	E	E	E	A	A	A	2	1	
	38	Peso seco horno (g)	E	E	E	A	A	A			
Propiedades del concreto en estado endurecido	Resistencia a la compresión del concreto										
	39	Edad del Concreto	E	E	E	A	A	A	7	1	
	40	% Caucho de Neumático Reciclado Irradiado	E	E	E	A	A	A			
	41	Carga Axial (kg)	E	E	E	A	A	A			
	42	Área del Cilindro (cm ²)	E	E	E	A	A	A			
	43	Resistencia de Diseño (kg/cm ²)	E	E	E	A	A	A			
	44	Resistencia Última (kg/cm ²)	E	E	E	A	A	A			
45	Observaciones	E	E	E	A	A	A				
Caucho de neumáticos reciclados	Resistencia a la compresión del caucho										
	46	Probeta N°	E	E	E	A	A	A	9	1	
	47	Irradiación a 50 kGy	E	E	E	A	A	A			
	48	Peso del testigo (kg) (Antes de la Irradiación)	E	E	E	A	A	A			
	49	Peso del testigo (kg) (Después de la Irradiación)	E	E	E	A	A	A			
	50	Carga Axial (P)	E	E	E	A	A	A			
	51	Área del Cilindro (cm ²)	E	E	E	A	A	A			
	52	Resistencia (kg/cm ²)	E	E	E	A	A	A			
	53	Promedio de Resistencia (kg/cm ²)	E	E	E	A	A	A			
54	Observaciones	E	E	E	A	A	A				

Anexo 4: Certificados de Cantera “Arenera San Martin de Porras S.A.” para agregados (Arena Gruesa).



00000926

LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 150 - 2018-MTC/14.01

SOLICITANTE	: ARENERA SAN MARTÍN DE PORRAS S.A.	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Av. Montevideo N° 197 - Ate - Lima	IDENTIFICACIÓN	: El que se indica
PROYECTO	: "UEA Arenera San Martín de Porras"	CANTIDAD	: 53 kg
REFERENCIA	: REC N° 113-2018-FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2018.05.28.	FECHA DE ENSAYO	: 2018.07.03 al 04.

NTP 400.024 (2 016) AGREGADOS. METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR CUALITATIVAMENTE LAS IMPUREZAS ORGÁNICAS EN EL AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO

IDENTIFICACIÓN	RESULTADO (Número de Placa Orgánica del 1 al 5) **	INTERPRETACIÓN DE RESULTADO (Presencia cualitativa de impurezas orgánicas)
Arena Chancada (Chancadora - 2)	Grado *1*	Aceptable

Observaciones:

- (*) Referencia: ASTM C-40 (2011), "Standard test method for organic impurities in fine aggregates for concrete".
- ** Determinado con colorímetro Gardner.
- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante. Procedencia: Arenera San Martín.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 2018.05.28.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0302 - 16/INDECOPI - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados, siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



CONTROL DE CALIDAD - D.E.E.
DE SAN MIGUEL C.
 BACH: ING. ORLANDO E. SAN MIGUEL CABRERA
 Lima, 09 de Julio de 2018

USA (26/04)
 oencjpc
 O.S. N° 150



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac. Telf.: 481-3707 Fax: 481-0877



LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 150 - 2 018-MTC/14.01

SOLICITANTE	: ARSNERA SAN MARTÍN DE PORRAS S.A.	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Av. Montevideo N° 197 - Ate - Lima	IDENTIFICACIÓN	: El que se indica
PROYECTO	: "UEA Arenero San Martín de Porras"	CANTIDAD	: 53 kg
REFERENCIA	: RBC N° 113-2018-PPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2 018.06.28.	FECHA DE ENSAYO	: 2 018.07.04 al 08.

NTP 400.022 (2 013) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (*)

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO
Arena Chancada (Chancadora - 2)	Peso específico bulk (base seca) g/cm ³	2,686
	Peso específico bulk (base saturada) g/cm ³	2,703
	Peso específico aparente (base seca) g/cm ³	2,751
	Absorción (%)	0,80

Observaciones:

- (*) Referencia: ASTM C-128 (2012), "Standard test method for density, relative density (specific gravity), and absorption of fine aggregate".
- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante. Procedencia: Arenero San Martín.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 2 018.06.28.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0062 - 03/MINDECOPI - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados, siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



JACÓN ORLANDO E. SAN MIGUEL CARRERA
Lima, 04 de Julio de 2 018

USA (2004)
ASTM C 128
Q.S. N° 180



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N° 100 - Miraflores

Tel.: 481-3707 Fax: 481-0877



LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 1 5 0 - 2 018-MTC/14.01

SOLICITANTE	: ARENERA SAN MARTÍN DE PORRAS S.A.	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Av. Monteverde N° 197 - Ale - Lima	IDENTIFICACIÓN	: El que se indica
PROYECTO	: "UEA Arenera San Martín de Porras"	CANTIDAD	: 53 kg
REFERENCIA	: REC N° 113-2018-FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2 018.06.26.	FECHA DE ENSAYO	: 2 018.07.03 al 04.

NTP 400.015 (2 013) TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DESMENUZABLES EN LOS AGREGADOS (*)

IDENTIFICACIÓN	MUESTRA	RESULTADO (%)
Arena Chancada (Chancadoña - 2)	Agregado grueso	0,014
	Agregado fino	0,082

Observaciones:

- (*) Referencia: ASTM C - 142 (2017). "Standard Test Method for Clay Lumps and Friable Particles and Aggregates".
- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante. Procedencia: Arenera San Martín
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 2 018.06.26.
- Los resultados de ensayos no deben ser usados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002 - 98/MINDECOPI - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



ORLANDO E. SAN MIGUEL CABRERA
Lima, 09 de Julio de 2 018

USA (11/20)
oescjpc
O.S. N° 150



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac.

Tel: 481-3707 Fax: 481-0677

LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 1 5 0 - 2 018-MTC/14.01

SOLICITANTE	: ARENERA SAN MARTÍN DE PORRAS S.A.	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Av. Morleverde N° 197 - Ate - Lima	IDENTIFICACIÓN	: El que se indica
PROYECTO	: "UEA Arenera San Martín de Porras"	CANTIDAD	: 53 kg
REFERENCIA	: REC N° 113-2018-FPL-501-G	PRESENTACIÓN	: Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2 018.06.28.	FECHA DE ENSAYO	: 2 018.07.04 al 06.

NTP 400.018 (2 013) DETERMINACIÓN DE MATERIAL MÁS FINO QUE PASAN TAMIZ N° 200 (0.75 µm) POR LAVADO EN AGREGADOS (PROCEDIMIENTO A) (*).

IDENTIFICACIÓN	RESULTADO (%)
Arena Chañacá (Chancadora - 2)	12,8

Observaciones:

- (*) Referencia ASTM C-117 (2017) "Standard test method for materials finer than 75-µm (N° 200) sieve in mineral aggregates by washing"
- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante. Procedencia: Arenera San Martín.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 2 018.06.28.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002 - 98/INDECOP - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



ORLANDO E. SAN MIGUEL CABRERA
Lima, 09 de Julio de 2 018

USA (19/00)
ceto/pedc
O.S. N° 190



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°180 - Miraflores

Tel.: 461-3707

Fax: 461-0677



LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 150 - 2018 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: ARENERA SAN MARTÍN DE PORRAS S.A.	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Av. Monseñor N° 197 - Lima - ATE	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: "UEA Arenera San Martín de Porras"	CANTIDAD	: 52 - 64 kg
REFERENCIA	: REC N° 113 - 2018 - PPL - 501 - G	PRESENTACIÓN	: Sacos Polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2018.06.28	FECHA DE ENSAYO	: Del 2018.07.06 al 2018.07.10

MTC E - 219 (2 016) : SALES SOLUBLES EN AGREGADOS PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES

Identificación	Resultado (mg/kg)
Arena Chancada (Chanc - 2); Arenera San Martín	225

Observaciones:

- Muestras proporcionadas e identificadas por el solicitante
- Fecha de orden de ensayo: 2018.06.28
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos ó como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 003-98/INDECOP-CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados, siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.
- Equivalencias: mg/kg = ppm; para obtener resultados en % dividir valores (en mg/kg ó ppm) por 10.000



UWQ (2/5)
rfa/ldc
O.S. N° 150



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac. Tel.: 481-3707 Fax: 481-0677

**Anexo 5: Certificados de Cantera “Arenera San Martin de Porras S.A.” para agregados
(Piedra Chancada 1/2”).**



000001

**LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
INFORME DE ENSAYO N° 01 T - 2 019-MTC/14.01**

SOLICITANTE	:	ARENERA SAN MARTIN DE PORRAS S.A.	MUESTRA	:	Agregado
DOMICILIO LEGAL	:	Av. Montevideo N° 197 - Ate - Lima	IDENTIFICACIÓN	:	El que se indica
PROYECTO	:	"UTA Arenera San Martín"	CANTIDAD	:	30 kg
REFERENCIA	:	REC N° 007-2 019-FE-02	PRESENTACIÓN	:	Saco de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	:	2 019 01 14	FECHA ENSAYO	:	2 019 01 17

MALLAS		DENOMINACIÓN	Chancadora 1; Piedra chancada 1/2"					
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	NÓRMAS ENSAYO	RET (%)	PASA (%)				
3"	76.200	NTP 400.012 (2 012)						
2 1/2"	63.500							
2"	50.800							
1 1/2"	38.100				100			
1"	25.400			8	94			
3/4"	19.050			75	19			
1/2"	12.700			12	7			
3/8"	9.525			1	8			
1/4"	6.350			5	-			
N° 4	4.750							
N° 6	3.350							
N° 8	2.380							
N° 10	2.000							
N° 16	1.190							
N° 20	0.840							
N° 30	0.599							
N° 40	0.428							
N° 50	0.297							
N° 60	0.177							
N° 100	0.149							
N° 200	0.074							
- N° 200	-	NTP 450.012 (2 013)						

Observaciones:

- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.
- Fecha de ensayo y/o preparación: 2 019 01 14.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o serie certificada del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-96-INDECOPI-CRIT del 07 01 96).
- Este documento no sustrae el empleo de los materiales analizados, siendo la responsabilidad del usuario.




CONTROL DE CALIDAD - D.E.
DR. SAN MIGUEL E.
 LABORATORIO DE ESTUDIOS ESPECIALES
 Lima, 22 de Enero de 2 019



LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 017 - 2019-MTC/14.01

SOLICITANTE	: ARENERA SAN MARTÍN DE PORRAS S.A.	MUESTRA	: Agregado
DOMICILIO LEGAL	: Av. Montevideo N° 197 - Ate - Lima	IDENTIFICACIÓN	: El que se indica
PROYECTO	: "UEA Arenera San Martín"	CANTIDAD	: 35 kg
REFERENCIA	: REC N° 007-2 019-FE-02	PRESENTACIÓN	: Saco de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2 019 01.14.	FECHA DE ENSAYO	: 2 019 01.21.

NTP 400.019 (2 014) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN EN AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES (*)

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO (%)
Chancadora 1; Piedra chancada 1/2"	Tamaño Máximo Nominal:	1"
	Gradación:	"A"
	Número de Esfetas:	12
		31

Observaciones:

- (*) ASTM C-131 (2014) "Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine"
- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 2 019 01.14.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002 - 99/INDECOPI - CRT del 07.01.98)
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados, siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



IRLANDO E. SAN NIGUEL CABRERA
Lima, 22 de Enero de 2 019

USA (24)
0502/05090
0 5 N° 007



LABORATORIO



DEE

Av. Topoc Amarú N°190 - Rimac.

Tel: 481-3707

Fax: 481-0077



LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 017 - 2019-MTC/14.01

SOLICITANTE : ARENERA SAN MARTÍN DE PORRAS S.A.
DOMICILIO LEGAL : Av. Monreverde N° 197 - Ate - Lima
PROYECTO : "UEA Aranera San Martín"
REFERENCIA : REC N° 007-2 019-PE-02
FECHA DE RECEPCIÓN : 2 019.01.14.

MUESTRA : Agregado
IDENTIFICACIÓN : El que se indica
CANTIDAD : 36 kg
PRESENTACIÓN : Saco de polietileno
FECHA DE ENSAYO : 2 019.01.21 al 22.

NTP 400.021 (2 013) **AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (*)**

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO
Chancadora 1; Piedra chancada 1/2"	Peso específico bulk (base seca) g/cm ³	2,650
	Peso específico bulk (base saturada) g/cm ³	2,669
	Peso específico aparente (base seca) g/cm ³	2,701
	Absorción (%)	0,71

Observaciones:

- (*) Referencia: ASTM C-127 (2015). "Standard test method for density, relative density (specific gravity), and absorption of coarse aggregate".
- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 2 019.01.14.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002 - SB/INDECOPI - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados, siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.




 LANDO E. SAN MIGUEL CABRERA
 Lima, 22 de Enero de 2019





000000

LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 0 1 7 - 2 019-MTC/14.01

SOLICITANTE	: ARENERA SAN MARTÍN DE PORRAS S.A.	MUESTRA	: Agregado
DOMICILIO LEGAL	: Av. Montevideo N° 197 - Ate - Lima	IDENTIFICACIÓN	: El que se indica
PROYECTO	: "UEA Arenera San Martín"	CANTIDAD	: 36 kg
REFERENCIA	: REC N° 007-2 019-FE-02	PRESENTACIÓN	: Saco de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2 019.01.14.	FECHA DE ENSAYO	: 2 019.01.22.

ASTM D-6821 (2 017) PORCENTAJE DE CARAS DE FRACTURA EN EL AGREGADO GRUESO

Identificación	Descripción	Resultado (%)
Chancadora 1; Piedra chancada 1/2"	Partículas con una ó más caras de fractura	28,8
	Partículas con dos ó más caras de fractura	7,4

- Observaciones:**
- Cara fracturada, es - una superficie angular, áspera y rugosa, o rala de un agregado ocasionada por chancado u otro medio artificial, o por medio natural.
 - Muestra proporcionada e identificada por el solicitante.
 - Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 2 019.01.14.
 - Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002 - DMN/DECOPI - CRT del 07 01 88).
 - Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados, siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



ANDRÉS SAN MIGUEL CABRERA
Lima, 22 de Enero de 2 019

USA (48)
060000
D S N° 007



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac

Tel.: 481 3707 Fax: 481-0077



LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 0 1 7 - 2019 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: ARENERA SAN MARTÍN DE PORRAS S.A.	MUESTRA	: Agregado
DOMICILIO LEGAL	: Av. Monteverde N° 197 - ATE- Lima	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: "UEA Arenera San Martín"	CANTIDAD	: 38 kg
REFERENCIA	: REC N° 007 - 2019- FE - 02	PRESENTACIÓN	: Saco de Polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2019.01.14	FECHA DE ENSAYO	: Del 2019.01.21 al 2019.01.22

MTC E - 219 (2 016) : SALES SOLUBLES EN AGREGADOS PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES

Identificación	Resultado (mg/kg)
Chancadora 1; Piedra Chancada 1/2"	50

Observaciones:

- Muestras proporcionadas e identificadas por el solicitante
- Fecha de orden de ensayo: 2019.01.14
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos ó como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-88-INDECOPI-CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.
- Equivalencias: mg/kg = ppm; para obtener resultados en % dividir valores (en mg/kg ó ppm) por 10.000



ING. RUTH FÉLIX SÁNCHEZ
Lima, 23 de Enero del 2019

UAQ (1/1)
Rfctico
O.S.N° 007



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac.

Tel.: 481-3707 Fax: 481-0877

Anexo 6: Obtención y tratado del material.

Obtención del material

Se procedió a la obtención del caucho reciclado, para lo cual fue necesario investigar acerca de empresas recicladoras de caucho, los resultados de la búsqueda dieron lugar a conocer a la “Asociación de Recicladores Defensores del Medio Ambiente - Manchay”, ubicado en la zona de Pachacamac, allí se obtuvo el caucho pulverizado usado en la presente investigación.

El caucho es obtenido de residuos de cámaras y llantas (Figura 38) desechadas que luego son recogidas por los recicladores y llevados a la asociación para ser molidas mediante un molino, tal como se muestra en la Figura 39, para luego quedar el caucho triturado, como se muestra en la Figura 40, Figura 41 y Figura 42.

Figura 38: Partes de cámaras y llantas de caucho.



Fuente: Propia

Figura 39: Molino para moler caucho.



Fuente: Propia

Figura 40: Caucho triturado.



Fuente: Propia

Figura 41: Caucho triturado.



Fuente: Propia

Figura 42: Caucho triturado.



Fuente: Propia

Los residuos son generalmente ocupados para la fabricación de gras sintético para canchas deportivas, sin embargo debido que pueden ser un peligro para los seres

humanos, los residuos de menor tamaño, como en el caso de la Figura 43, son retirados mediante un proceso de tamizaje con tamices de gran capacidad como se puede apreciar en la Figura 44, por lo general estos residuos no son usados, ya que hasta el día de hoy no se le ha encontrado un uso convencional, esos residuos son los que en el presente proyecto de investigación serán usados.

Figura 43: Residuos de caucho.



Fuente: Propia

Figura 44: Tamices vibratorios.



Fuente: Propia

Selección y lavado del material

Después de adquirido el material se procedió a tamizarlo, tal como se muestra en la Figura 45, ya que se usará únicamente el pasante de la malla N° 40 y el retenido en la malla N° 200, una vez tamizado se inició con el proceso de lavado del caucho, ya que al ser un producto del reciclaje aun contenía cierta cantidad de suciedad, el proceso de lavado se realizó colocando el caucho en un recipiente limpio y llenarlo de agua, mezclar hasta que todo el caucho se encuentre mojado, tal como se muestra en la Figura 46.

Figura 45: Tamizaje del caucho.



Fuente: Propia

Figura 46: Lavado del caucho.



Fuente: Propia

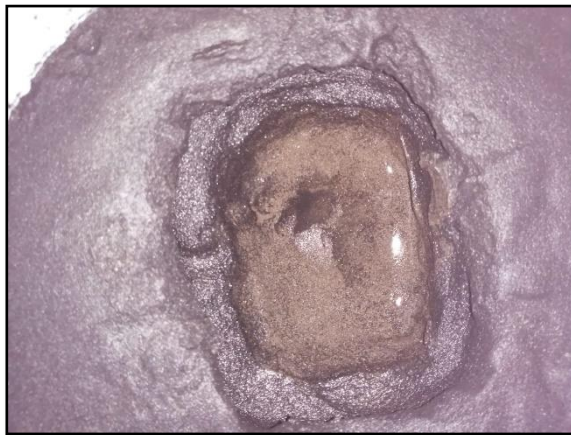
Una vez pasadas 5 horas aproximadamente, el cual es el tiempo que se estimó para que el caucho se separe de las partículas de suciedad y estas se saturen y queden el fondo del recipiente, así como que el caucho limpio flote, se procedió a retirar cuidadosamente el caucho que flotaba mediante una espátula (Figura 47) una vez retirada la capa flotante superficial se procedió a retirar el agua cuidadosamente sin precipitarla ya que en el fondo superficialmente se asentó caucho que se saturó, tal como se muestra en la Figura 49.

Figura 47: Espátula para retirar el material.



Fuente: Propia

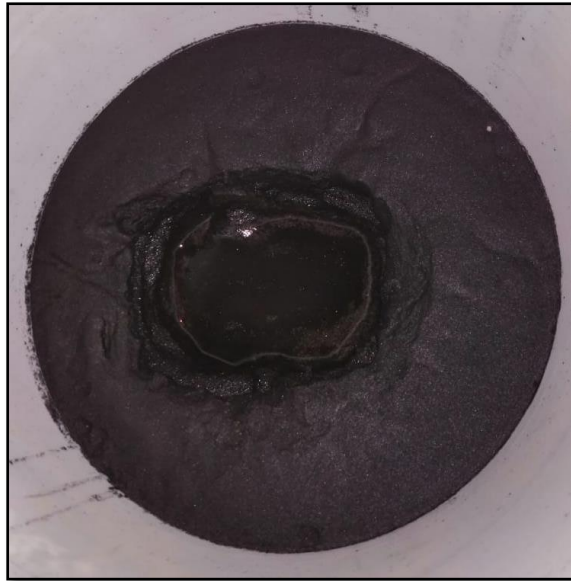
Figura 48: Suciedad en el fondo del recipiente.



Fuente: Propia

En la Figura 49 se puede apreciar como el fondo del material asentado es el más pesado, conteniendo la tierra que se quedó a pesar del proceso de tamizado, por lo que se procedió a retirar solo la capa superficial del fondo, que es el caucho limpio que se saturó, dejando la suciedad en el fondo.

Figura 49: Fondo del recipiente.



Fuente: Propia

Una vez lavado el material se colocó a secar inicialmente a temperatura ambiente durante un lapso de 7 días, tal como se muestra en la *Figura 50* Para eliminar la humedad restante se colocó en un horno a 60°C durante 3 horas (*Figura 51*), esto para asegurar que no exista humedad durante el proceso de irradiación, una vez seco el material se empaca en bolsas de polietileno de alta densidad (*Figura 52*), como se muestra en la *Figura 53*, que aguanten y permitan el paso de la radiación por rayos gamma.

Figura 50: Caucho húmedo.



Fuente: Propia

Figura 51: Caucho en el horno.



Fuente: Propia

Figura 52: Bolsas de Polietileno de Alta Densidad.



Fuente: Propia

Figura 53: Material empacado en Bolsas de Polietileno de Alta Densidad.



Fuente: Propia

Irradiación del material

Una vez seco el material se llevó al laboratorio PIMU del Centro de Producción de Moscas de la Fruta Estériles del Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) en el que se irradió el material limpio, supervisado por la Dra. Liz Villanueva Jiménez, especialista en irradiación, en un irradiador de Co-60 a 0.30 kGy/h, por lo que la duración de la irradiación fue de 165 horas, en la Figura 54 y Figura 55 se muestra el tablero de control del irradiador usado, el irradiador usado fue un irradiador panorámico tipo II “Gammabeam 127” (Nordion Internacional), el material fue recogido a los 8 días de entregado al SENASA para su irradiación, obteniéndose la muestra en la Figura 56.

Figura 54: Tablero de control del irradiador.



Fuente: Propia

Figura 55: Tablero de control del irradiador.



Fuente: Propia

Figura 56: Muestra de caucho irradiada.



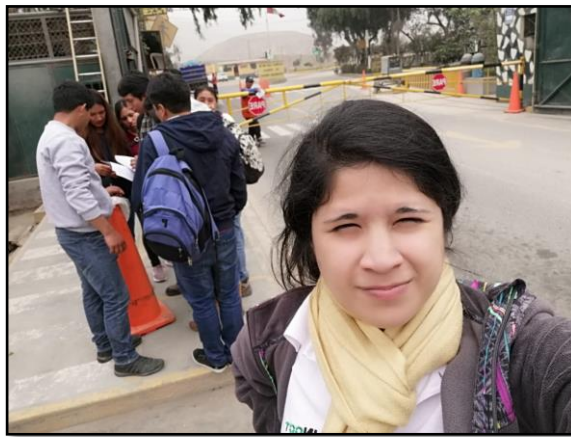
Fuente: Propia

Una vez recogido el material, se procedió a llevarlo al laboratorio para el diseño de mezclas y ensayos respectivos.

Adquisición de los agregados

Los agregados (Arena gruesa y piedra chancada ½”) fueron adquiridos en la cantera “Arenera San Martín de Porras S.A” y llevados al laboratorio en el que se realizarán los ensayos correspondientes, en el Anexo 4 y Anexo 5 se encuentran los certificados otorgados por la cantera.

Figura 57: Ida a la cantera "Arenera San Martín S.A.".



Fuente: Propia

En la Figura 57 se aprecia en el fondo la entrada a la cantera, sin embargo no se permitió tomar más fotos dentro de las instalaciones.

Ensayos de agregados

Granulometría y peso específico

Figura 58: Tamices y balanza usados durante los ensayos.



Fuente: Propia

Figura 59: Tamices usados durante los ensayos.



Fuente: Propia

Figura 62: Agregado grueso.



Fuente: Propia

Figura 61: Agregado grueso.



Fuente: Propia

Figura 60: Pesaje del agregado.



Fuente: Propia

Preparación de mezclas

Figura 63: Mezclado en la mezcladora del concreto patrón.



Fuente: Propia

Figura 64: Inicio del vaciado de la mezcla del concreto.



Fuente: Propia

Figura 65: Vaciado de la mezcla del concreto.



Fuente: Propia

Figura 66: Vaciado del concreto de la mezcladora.



Fuente: Propia

Figura 67: Tomar la temperatura del concreto.



Fuente: Propia

Figura 68: Inicio de la prueba de Slump.



Fuente: Propia

Figura 70: Prueba de Slump.



Fuente: Propia

Figura 69: Prueba de Slump.



Fuente: Propia

Figura 71: Prueba de Slump.



Fuente: Propia

Figura 72: Prueba de Slump.



Fuente: Propia

Figura 73: Prueba de Slump.



Fuente: Propia

Figura 74: Moldes para testigos untados con desmoldante.



Fuente: Propia

Figura 75: Primera capa de concreto en testigo.



Fuente: Propia

Figura 77: Punzadas en la primera capa de concreto.



Fuente: Propia

Se vierte el concreto en los moldes untados con desmoldante, tal como se muestra en la Figura 74, se vierte en 3 capas para evitar asentamientos (Figura 75) y se debe de punzar el concreto con una varilla por cada capa tal como se muestra en la Figura 77.

Figura 76: Testigo ya punzado (1ra Capa).



Fuente: Propia

Figura 80: Punzadas en la tercera capa de concreto.



Fuente: Propia

Figura 78: Acabado del testigo.



Fuente: Propia

Figura 79: Segunda capa de concreto.



Fuente: Propia

Figura 81: Acabado del testigo.



Fuente: Propia

Figura 82: Poza de curado.



Fuente: Propia

Figura 83: Mezclado del concreto.



Fuente: Propia

Figura 86: Slump.



Fuente: Propia

Figura 85: Llenado de probetas.



Fuente: Propia

Figura 84: Temperatura del concreto.



Fuente: Propia

Figura 87: Mezcla de concreto.



Fuente: Propia

Figura 88: Mezcla de concreto.



Fuente: Propia

Figura 89: Slump.



Fuente: Propia

Figura 90: Mezcla de concreto.



Fuente: Propia

Figura 91: temperatura del concreto.



Fuente: Propia

Figura 92: Ensayo de Slump.



Fuente: Propia

Figura 93: Mezcla de concreto.



Fuente: Propia

Figura 94: Slump.



Fuente: Propia

Anexo 7: Ensayos de compresión a los 7 días.

Mezcla patrón

Figura 97: Probeta N° 01.



Fuente: Propia

Figura 97: Probeta N° 02.



Fuente: Propia

Figura 97: Probeta N° 03.



Fuente: Propia

Mezcla A: Con dosificación de Caucho Irradiado al 0.9%.

Figura 100: Probeta N° 04.



Fuente: Propia

Figura 100: Probeta N° 05.



Fuente: Propia

Figura 100: Probeta N° 06.



Fuente: Propia

Mezcla B: Con dosificación de Caucho Irradiado al 1.0%.

Figura 103: Probeta N° 07.



Fuente: Propia

Figura 103: Probeta N° 08.



Fuente: Propia

Figura 103: Probeta N° 09.



Fuente: Propia

Mezcla C: Con dosificación de Caucho Irradiado al 1.5%.

Figura 106: Probeta N° 10.



Fuente: Propia

Figura 106: Probeta N° 11.



Fuente: Propia

Figura 106: Probeta N° 12.



Fuente: Propia

Mezcla D: Con dosificación de Caucho al 0.9%.

Figura 109: Probeta N° 13



Fuente: Propia

Figura 109: Probeta N° 14



Fuente: Propia

Figura 109: Probeta N° 15



Fuente: Propia

Mezcla E: Con dosificación de Caucho al 1.0%.

Figura 112: Probeta N° 16



Fuente: Propia

Figura 112: Probeta N° 17



Fuente: Propia

Figura 112: Probeta N° 18



Fuente: Propia

Mezcla F: Con dosificación de Caucho al 1.5%.

Figura 115: Probeta N° 19



Fuente: Propia

Figura 115: Probeta N° 20



Fuente: Propia

Figura 115: Probeta N° 21



Fuente: Propia

Anexo 8: Ensayos de compresión a los 14 días.

Mezcla patrón

Figura 118: Probeta N° 01



Fuente: Propia

Figura 118: Probeta N° 02



Fuente: Propia

Figura 118: Probeta N° 03



Fuente: Propia

Mezcla A: Con dosificación de Caucho Irradiado al 0.9%.

Figura 121: Probeta N° 04



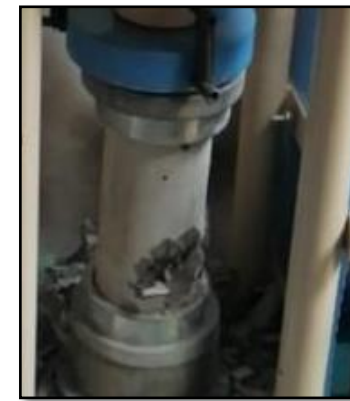
Fuente: Propia

Figura 121: Probeta N° 05



Fuente: Propia

Figura 121: Probeta N° 06



Fuente: Propia

Mezcla B: Con dosificación de Caucho Irradiado al 1.0%.

Figura 124: Probeta N° 07



Fuente: Propia

Figura 124: Probeta N° 08



Fuente: Propia

Figura 124: Probeta N° 09



Fuente: Propia

Mezcla C: Con dosificación de Caucho Irradiado al 1.5%.

Figura 127: Probeta N° 10



Fuente: Propia

Figura 127: Probeta N° 11



Fuente: Propia

Figura 127: Probeta N° 12



Fuente: Propia

Mezcla D: Con dosificación de Caucho al 0.9%.

Figura 130: Probeta N° 13



Fuente: Propia

Figura 130: Probeta N° 14



Fuente: Propia

Figura 130: Probeta N° 15



Fuente: Propia

Mezcla E: Con dosificación de Caucho al 1.0%.

Figura 133: Probeta N° 16



Fuente: Propia

Figura 133: Probeta N° 17



Fuente: Propia

Figura 133: Probeta N° 18



Fuente: Propia

Mezcla F: Con dosificación de Caucho al 1.5%.

Figura 136: Probeta N° 19



Fuente: Propia

Figura 136: Probeta N° 20



Fuente: Propia

Figura 136: Probeta N° 21



Fuente: Propia

Anexo 9: Ensayos de compresión a los 28 días.

Mezcla patrón

Figura 139: Probeta N° 01



Fuente: Propia

Figura 139: Probeta N° 02



Fuente: Propia

Figura 139: Probeta N° 03



Fuente: Propia

Mezcla A: Con dosificación de Caucho Irradiado al 0.9%.

Figura 142: Probeta N° 04



Fuente: Propia

Figura 142: Probeta N° 05



Fuente: Propia

Figura 142: Probeta N° 06



Fuente: Propia

Mezcla B: Con dosificación de Caucho Irradiado al 1.0%.

Figura 145: Probeta N° 07



Fuente: Propia

Figura 145: Probeta N° 08



Fuente: Propia

Figura 145: Probeta N° 09



Fuente: Propia

Mezcla C: Con dosificación de Caucho Irradiado al 1.5%.

Figura 148: Probeta N° 10



Fuente: Propia

Figura 148: Probeta N° 11



Fuente: Propia

Figura 148: Probeta N° 12



Fuente: Propia

Mezcla D: Con dosificación de Caucho al 0.9%.

Figura 151: Probeta N° 13



Fuente: Propia

Figura 151: Probeta N° 14



Fuente: Propia

Figura 151: Probeta N° 15



Fuente: Propia

Mezcla E: Con dosificación de Caucho al 1.0%.

Figura 154: Probeta N° 16



Fuente: Propia

Figura 154: Probeta N° 17



Fuente: Propia

Figura 154: Probeta N° 18



Fuente: Propia

Mezcla F: Con dosificación de Caucho al 1.5%.

Figura 157: Probeta N° 19



Fuente: Propia

Figura 157: Probeta N° 20



Fuente: Propia

Figura 157: Probeta N° 21



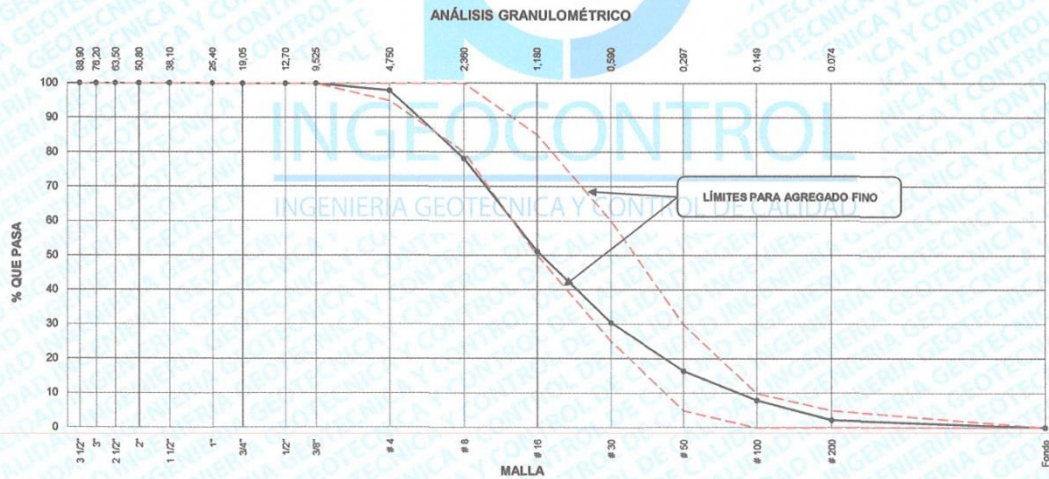
Fuente: Propia

Anexo 10: Análisis granulométrico de agregados.

	FORMATO	Código	AE-FO-150
	ENSAYOS FÍSICOS EN AGREGADOS	Versión	01
		Fecha	07-05-2018
		Página	1 de 1

Proyecto	: Adición de Caucho de neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gama para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto F'c = 210 kg/cm ² , Lima 2019	Registro N°:	IGC19-LEM-419-01
Solicitante	: Viviana Sofia Germán Guillén	Muestreado por :	J. Gutiérrez
Código del Proyecto	: ---	Ensayado por :	J. Gutiérrez
Ubicación de Proyecto	: Desarrollado en las instalaciones de INGEOCONTROL	Fecha de Ensayo:	10/10/19
Material	: Agregado fino (Arena gruesa)	Turno:	Diurno
Código de Muestra	: ---		
Lote	: Cantera San Martín		
N° de Muestra	: ---		
Progresiva	: ---		

AGREGADO FINO ASTM C33 - ARENA GRUESA							CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
Malla	Peso Ret. (gr)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum.	ASTM "LIM SUP"	ASTM "LIM INF"		
4"	101.60 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	P. Especif. de Masa Seco (g/cm ³)	2.505
3 1/2"	88.90 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	P. Especif. de Masa SSS (g/cm ³)	2.573
3"	76.20 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	P. Especif. de Masa Aparente (g/cm ³)	2.689
2 1/2"	63.50 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	P. Unitario Compactado (kg/m ³)	1663
2"	50.80 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	P. Unitario Suelto (kg/m ³)	1456
1 1/2"	38.10 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	Humedad de absorción (%)	2.7
1"	25.40 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	Tamaño Máximo	-
3/4"	19.05 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	Tamaño Máximo Nominal	-
1/2"	12.70 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	Módulo de Fineza	3.18
3/8"	9.53 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	% < Malla N° 200 (0.75 µm)	5.10
# 4	4.75 mm	21.0	2.11	2.11	97.89	95.00		
# 8	2.36 mm	197.3	19.82	21.93	78.07	80.00		
# 16	1.18 mm	268.4	26.96	48.89	51.11	50.00		
# 30	0.59 mm	206.9	20.78	69.67	30.33	25.00		
# 50	0.30 mm	138.1	13.87	83.55	16.45	5.00		
# 100	0.15 mm	85.3	8.57	92.11	7.89	0.00		
# 200	0.07 mm	56.8	5.71	97.82	2.18	0.00		
Fondo	0.01 mm	21.7	2.18	100.00	0.00	0.00		



INGEOCONTROL SAC		
REALIZADO POR	VERIFICADO POR	AUTORIZADO POR
Nombre y firma: 	Nombre y firma:  Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	Nombre y firma:  Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

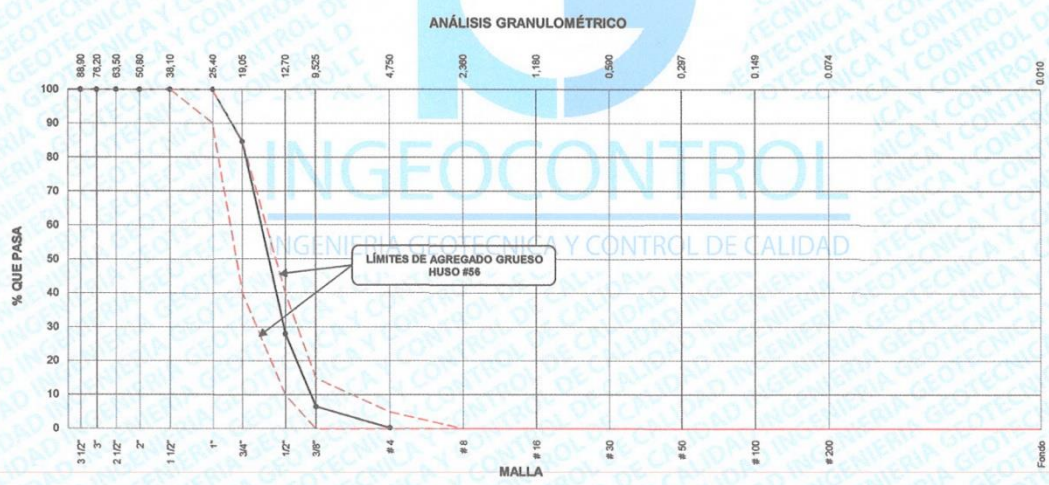
	FORMATO	Código	AE-FO-150
	ENSAYOS FÍSICOS EN AGREGADOS	Versión	01
		Fecha	07-05-2018
		Página	1 de 1

Proyecto : Adición de Caucho de neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gama para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto F_c = 210 kg/cm², Lima 2019 Registro N°: IGC19-LEM-419-02
Solicitante : Viviana Sofía Germán Guillén Muestreado por : J. Gutiérrez
Código del Proyecto : --- Ensayado por : J. Gutiérrez
Ubicación de Proyecto : Desarrollado en las instalaciones de INGEOCONTROL Fecha de Ensayo: 10/10/19
Material : Agregado grueso Turno: Diurno


Código de Muestra : ---
Lote : Cantera San Martín
N° de Muestra : ---
Progresiva : ---

AGREGADO GRUESO ASTM C33 HUSO # 56					
Malla	Peso Ret. (gr)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum.	ASTM "LIM SUP" "LIM INF"
4"	101.80 mm	0.00	0.00	100.00	100.00
3 1/2"	88.90 mm	0.00	0.00	100.00	100.00
3"	76.20 mm	0.00	0.00	100.00	100.00
2 1/2"	63.50 mm	0.00	0.00	100.00	100.00
2"	50.80 mm	0.00	0.00	100.00	100.00
1 1/2"	38.10 mm	0.00	0.00	100.00	100.00
1"	25.40 mm	0.00	0.00	100.00	90.00
3/4"	19.05 mm	315.0	15.27	84.73	40.00
1/2"	12.70 mm	1170.0	56.71	28.02	10.00
3/8"	9.53 mm	444.0	21.52	93.50	6.50
# 4	4.75 mm	129.0	6.25	99.76	0.24
# 8	2.38 mm	0.00	0.00	99.76	0.24
# 16	1.18 mm	0.00	0.00	99.76	0.24
# 30	0.59 mm	0.00	0.00	99.76	0.24
# 50	0.30 mm	0.00	0.00	99.76	0.24
# 100	0.15 mm	0.00	0.00	99.76	0.24
# 200	0.07 mm	0.00	0.00	99.76	0.24
Fondo	0.01 mm	5.0	0.24	100.00	0.00

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
P. Especif. de Masa Seco (gr/cm ³)	2.620
P. Especif. de Masa SSS (gr/cm ³)	2.640
P. Especif. de Masa Aparente (gr/cm ³)	2.674
P. Unitario Compactado (kg/m ³)	1616
P. Unitario Suelto (kg/m ³)	1478
Humedad de absorción (%)	0.77
Tamaño Máximo	1"
Tamaño Máximo Nominal	3/4"
Módulo de Fineza	7.07
% < Malla N° 200 (0.75 µm)	0.82



INGEOCONTROL SAC		
REALIZADO POR	VERIFICADO POR	AUTORIZADO POR
Nombre y firma: 	Nombre y firma: Noemi C. Sanchez Huaman INGENIERA CIVIL - CIP N°: 195029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	Nombre y firma:  Jony C. Gutierrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

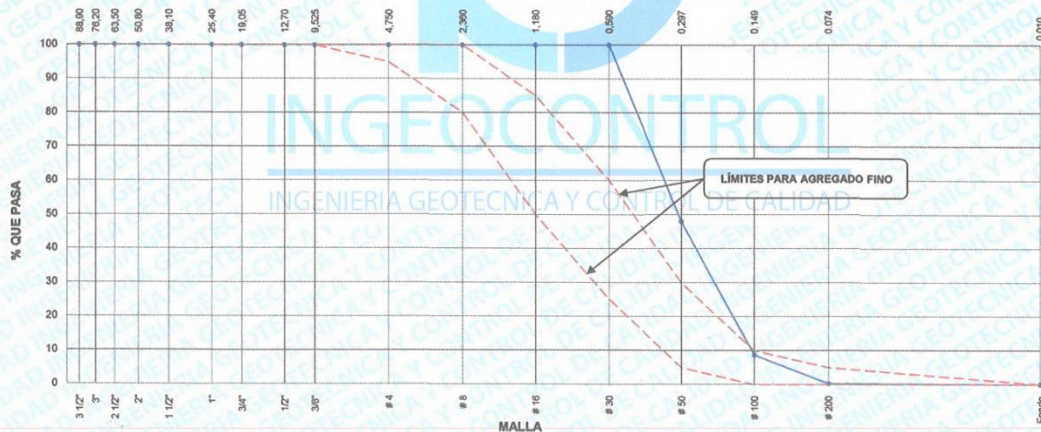
	FORMATO	Código	AE-FO-150
	ENSAYOS FÍSICOS EN AGREGADOS	Versión	01
		Fecha	07-05-2018
		Página	1 de 1

Proyecto	: Adición de Caucho de neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gama para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto F'c = 210 kg/cm ² , Lima 2019	Registro N°:	IGC19-LEM-419-04
Solicitante	: Viviana Sofía Germán Guillén	Muestreado por :	J. Gutiérrez
Código del Proyecto	: --	Ensayado por :	J. Gutiérrez
Ubicación de Proyecto	: Desarrollado en las instalaciones de INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD	Fecha de Ensayo:	10/10/19
Material	: Agregado grueso (Caucho irradiado)	Turno:	Diurno
Código de Muestra	: --		
Lote	: Empresa Focsac Construcciones ecológicas		
N° de Muestra	: --		
Progresiva	: --		

AGREGADO FINO (ASTM C33) - CAUCHO IRRADIADO						
Malla	Peso Ret. (gr)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum.	ASTM "LIM SUP"	ASTM "LIM INF"
4"	101.80 mm	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3 1/2"	88.90 mm	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3"	76.20 mm	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2 1/2"	63.50 mm	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2"	50.80 mm	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1 1/2"	38.10 mm	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1"	25.40 mm	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19.05 mm	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1/2"	12.70 mm	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.53 mm	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
# 4	4.75 mm	0.00	0.00	100.00	95.00	100.00
# 8	2.36 mm	0.00	0.00	100.00	80.00	100.00
# 16	1.18 mm	0.00	0.00	100.00	50.00	85.00
# 30	0.59 mm	0.00	0.00	100.00	25.00	60.00
# 50	0.30 mm	264.7	51.91	48.09	5.00	30.00
# 100	0.15 mm	200.9	39.40	91.31	8.69	0.00
# 200	0.07 mm	42.9	8.41	99.73	0.27	0.00
Fondo	0.01 mm	1.4	0.27	100.00	0.00	0.00

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
P. Especif. de Masa Seco (gr/cm ³)	0.820
P. Especif. de Masa SSS (gr/cm ³)	0.820
P. Especif. de Masa Aparente (gr/cm ³)	0.820
P. Unitario Compactado (kg/m ³)	530
P. Unitario Suelto (kg/m ³)	442
Humedad de absorción (%)	0.00
Tamaño Máximo	--
Tamaño Máximo Nominal	--
Módulo de Fineza	1.43
% < Malla N° 200 (0.75 µm)	0.00

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



INGEOCONTROL SAC		
REALIZADO POR	VERIFICADO POR	AUTORIZADO POR
Nombre y firma: 	Nombre y firma: Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	Nombre y firma: Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.



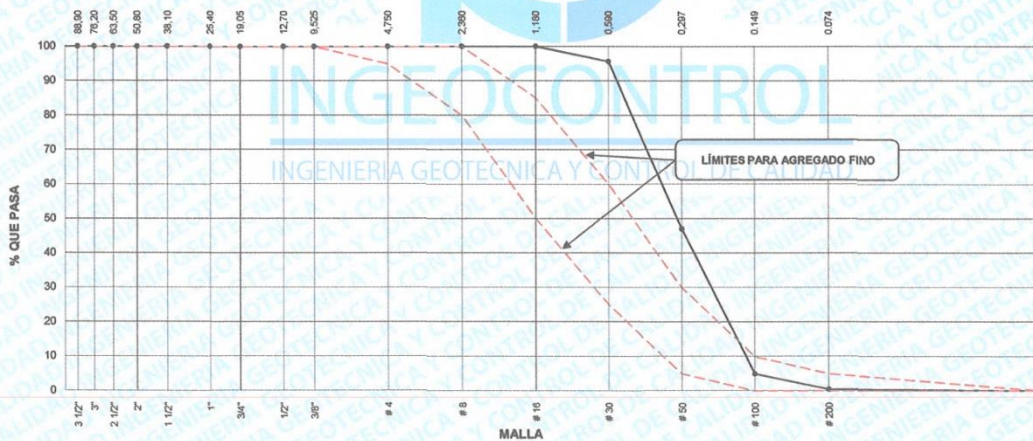
FORMATO		Código	AE-FO-150
ENSAYOS FÍSICOS EN AGREGADOS		Versión	01
		Fecha	07-08-2018
		Página	1 de 1

Proyecto	: Adición de Caucho de neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gama para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto F'c = 210 kg/cm2, Lima 2019	Registro N°:	IGC19-LEM-419-03
Solicitante	: Viviana Sofia Germán Guillén	Muestreado por :	J. Gutiérrez
Código del Proyecto	: ---	Ensayado por :	J. Gutiérrez
Ubicación de Proyecto	: Desarrollado en las instalaciones de INGENIOCONTROL	Fecha de Ensayo:	10/10/19
Material	: Agregado fino (Caucho normal)	Turno:	Diurno
Código de Muestra	: ---		
Lote	: Empresa Focsac Construcciones ecológicas		
N° de Muestra	: ---		
Progresiva	: ---		

AGREGADO FINO (ASTM C33) - CAUCHO NORMAL						
Malla	Peso Ret. (gr)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum.	ASTM "LIM SUP"	ASTM "LIM INF"
4"	101.60 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
3 1/2"	88.90 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
3"	76.20 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
2 1/2"	63.50 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
2"	50.80 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
1 1/2"	38.10 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
1"	25.40 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
3/4"	19.05 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
1/2"	12.70 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
3/8"	9.53 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
# 4	4.75 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	95.00
# 8	2.36 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	80.00
# 16	1.18 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	50.00
# 30	0.59 mm	23.1	4.39	4.39	95.81	25.00
# 50	0.30 mm	256.2	48.85	53.04	46.96	5.00
# 100	0.15 mm	221.4	42.04	95.08	4.52	0.00
# 200	0.07 mm	23.8	4.52	99.60	0.40	0.00
Fondo	0.01 mm	2.1	0.40	100.00	0.00	0.00

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
P. Especif. de Masa Seco (gr/cm ³)	0.818
P. Especif. de Masa SSS (gr/cm ³)	0.818
P. Especif. de Masa Aparente (gr/cm ³)	0.818
P. Unitario Compactado (kg/m ³)	528
P. Unitario Suelto (kg/m ³)	445
Humedad de absorción (%)	0.0
Tamaño Máximo	-
Tamaño Máximo Nominal	-
Módulo de Fineza	1.53
% < Malla Nº 200 (0.75 µm)	0.00

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



INGEOCONTROL SAC		
REALIZADO POR	VERIFICADO POR	AUTORIZADO POR
Nombre y firma: 	Nombre y firma:  Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	Nombre y firma:  Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

Anexo 11: Diseño de mezcla patrón.

	FORMATO	Código	AE-FO-93
	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO - DISEÑO COMPROBADO REFERENCIA ACI 211	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

PROYECTO : Adición de Caucho de neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gama para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto F'c = 210 kg/cm2, Lima 2019 **REGISTRO N°:** IGC18-LEM-419-05

SOLICITANTE : Viviana Sofía Germán Guillén **REALIZADO POR :** R. Leyva

CÓDIGO DE PROYECTO : --- **REVISADO POR :** J. Gutiérrez

UBICACIÓN DE PROYECTO : Desarrollado en las instalaciones de INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD **FECHA DE VACIADO :** 15/10/19

FECHA DE EMISIÓN : 15/10/2019 **TURNO :** Diurno

Agregado : Ag. Grueso / Ag. Fino / Caucho **F'c de diseño:** 210 kg/cm2

Procedencia : Cant. San Martín (ag. pétreos) / Asoc. de Recic. - Def. del Medio Amb. Manchay (caucho) **Asentamiento:** 3" - 4"

Cemento : Cemento Sol tipo 1 **Código de mezcla:** PATRON

- | | |
|--|--|
| <p>1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA</p> <p>F'cr = 294</p> <p>2. RELACIÓN AGUA CEMENTO</p> <p>R a/c = 0.56</p> <p>3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA</p> <p>Agua = 230 L</p> <p>4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO</p> <p>Aire = 1.5%</p> | <p>5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO</p> <p>Cemento = 411 kg</p> <p>6. FACTOR CEMENTO</p> <p>Bolsas x m3 = 9.7 Bolsas</p> <p>7. CÁLCULO DE ADITIVO</p> <p>0.00 kg x m3 = 0.0% / Cto</p> |
|--|--|

8. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO
Cemento Sol tipo 1	3110 kg/m3	0.1321 m3				
Agua	1000 kg/m3	0.2300 m3				
Aire	---	0.0150 m3				
Aditivo	1170 kg/m3	0.0000 m3				
Agregado grueso	2620 kg/m3	---	0.20%	0.77%	7.07	1478
Caucho normal	860 kg/m3	---	0.00%	0.00%	1.43	442
Agregado fino	2570 kg/m3	---	4.10%	1.50%	3.41	1527
Volumen de pasta		0.3771 m3				
Volumen de agregados		0.6229 m3				

- | | |
|--|--|
| <p>9. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS</p> <p>Agregado grueso 52.0% = 0.3214 m3 = 842 kg</p> <p>Caucho normal 0.0% = 0.0000 m3 = 0 kg</p> <p>Agregado fino 48.0% = 0.3015 m3 = 775 kg</p> <p>10. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD</p> <p>Agregado grueso 850 kg</p> <p>Caucho normal 0 kg</p> <p>Agregado fino 800 kg</p> <p>11. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD</p> <p>Agua 215 L</p> | <p>12. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA 0.03 m3</p> <p>Cemento Sol tipo 1 12.32 kg</p> <p>Agua 6.45 L</p> <p>Aditivo 0.0 g = 0 mL</p> <p>Agregado grueso 25.51 kg</p> <p>Caucho normal 0.00 kg</p> <p>Agregado fino 24.00 kg</p> <p>Slump Obtenido 1-1/2"</p> <p>13. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA</p> <p>CEM A.F. A.G. A.G.R. AGUA</p> <p>1 : 1.9 : 2.1 : 0. : 22.2 L / bolsa</p> |
|--|--|

OBSERVACIONES:

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante
- Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD

INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 195029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:
		Nombre y firma:	M:
		 Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:

Anexo 12: Diseño de mezcla A: Con dosificación de Caucho Irradiado al 0.9%.

	FORMATO	Código	AE-FO-93
	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO - DISEÑO COMPROBADO REFERENCIA ACI 211	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

PROYECTO	: Adición de Caucho de neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gama para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto F'c = 210 kg/cm2, Lima 2019	REGISTRO N°:	IGC18-LEM-419-06
SOLICITANTE	: Viviana Sofía Germán Guillén	REALIZADO POR :	R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: ---	REVISADO POR :	J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Desarrollado en las instalaciones de INGEOCONTROL	FECHA DE VACIADO :	15/10/19
FECHA DE EMISIÓN	: 15/10/2019	TURNO :	Diurno

Agregado	: Ag. Grueso / Ag. Fino / Caucho	F'c de diseño:	210 kg/cm2
Procedencia	: Cant. San Martín (ag. pétreos) / Asoc. de Recic. - Def. del Medio Amb. Manchay (caucho)	Asentamiento:	3" - 4"
Cemento	: Cemento Sol tipo 1	Código de mezcla:	CAU IRR - 0.9%

1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA	F'cr = 294	5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO	Cemento = 411 kg
2. RELACIÓN AGUA CEMENTO	R a/c = 0.56	6. FACTOR CEMENTO	Bolsas x m3 = 9.7 Bolsas
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA	Agua = 230 L	7. CÁLCULO DE ADITIVO	0.00 kg x m3 = 0.0% / Cto
4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO	Aire = 2.0%		

8. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS						
INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO				
Cemento Sol tipo 1	3110 kg/m3	0.1321 m3				
Agua	1000 kg/m3	0.2300 m3				
Aire	---	0.0200 m3				
Aditivo	1170 kg/m3	0.0000 m3	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO
Agregado grueso	2620 kg/m3	---	0.20%	0.80%	7.07	1478
Caucho irradiado	660 kg/m3	---	0.00%	0.00%	1.43	442
Agregado fino	2505 kg/m3	---	1.70%	2.70%	3.18	1456
	Volumen de pasta	0.3821 m3				
	Volumen de agregados	0.6179 m3				

9. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS			12. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA				
Agregado grueso	52.0%	= 0.3213 m3 = 842 kg	Cemento Sol tipo 1	12.32 kg			
Caucho irradiado	0.9%	= 0.0056 m3 = 5 kg	Agua	7.27 L			
Agregado fino	47.1%	= 0.2910 m3 = 729 kg	Aditivo	0.0 g = 0 mL			
10. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD			Agregado grueso	25.31 kg			
Agregado grueso	844 kg		Caucho irradiado	0.14 kg			
Caucho irradiado	5 kg		Agregado fino	22.24 kg			
Agregado fino	741 kg		Slump Obtenido	6"			
11. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD			13. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA				
Agua	242 L		CEM	A.F.	A.G.	A.G.R	AGUA
			1	: 1.9	: 2.09	: 0.	: 25.1 L / bolsa

OBSERVACIONES:

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante
- Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D.	JEFE LEM	D.
Nombre y firma:	M.	Nombre y firma:	M.
	A:	 Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:
		CQC - LEM	D.
		Nombre y firma:	M.
		 Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:

Anexo 13: Diseño de mezcla B: Con dosificación de Caucho Irradiado al 1.0%.

	FORMATO	Código	AE-FO-93
	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO - DISEÑO COMPROBADO REFERENCIA ACI 211	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

PROYECTO	: Adición de Caucho de neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gama para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto F'c = 210 kg/cm2, Lima 2019	REGISTRO N°:	IGC18-LEM-419-07
SOLICITANTE	: Viviana Sofía Germán Guillén	REALIZADO POR :	R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: ---	REVISADO POR :	J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Desarrollado en las instalaciones de INGEOCONTROL	FECHA DE VACIADO :	15/10/19
FECHA DE EMISIÓN	: 15/10/2019	TURNO :	Diurno

Agregado	: Ag. Grueso / Ag. Fino / Caucho	F'c de diseño:	210 kg/cm2
Procedencia	: Cant. San Martín (ag. pétreos) / Asoc. de Recic. - Def. del Medio Amb. Manchay (caucho)	Asentamiento:	3" - 4"
Cemento	: Cemento Sol tipo 1	Código de mezcla:	CAU IRR - 1.0%

1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA

F'cr = 294

2. RELACIÓN AGUA CEMENTO

R a/c = 0.56

3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA

Agua = 230 L

4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO

Aire = 2.0%

5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO

Cemento = 411 kg

6. FACTOR CEMENTO

Bolsas x m3 = 9.7 Bolsas

7. CÁLCULO DE ADITIVO

0.00 kg x m3 = 0.0% / Cto

8. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO
Cemento Sol tipo 1	3110 kg/m3	0.1321 m3				
Agua	1000 kg/m3	0.2300 m3				
Aire	---	0.0200 m3				
Aditivo	1170 kg/m3	0.0000 m3				
Agregado grueso	2620 kg/m3	---	0.20%	0.80%	7.07	1478
Caucho irradiado	860 kg/m3	---	0.00%	0.00%	1.43	442
Agregado fino	2505 kg/m3	---	1.70%	2.70%	3.18	1456
Volumen de pasta		0.3821 m3				
Volumen de agregados		0.6179 m3				

9. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS

Agregado grueso	52.0%	= 0.3213 m3	= 842 kg
Caucho irradiado	1.0%	= 0.0062 m3	= 5 kg
Agregado fino	47.0%	= 0.2904 m3	= 728 kg

10. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD

Agregado grueso	844 kg
Caucho irradiado	5 kg
Agregado fino	740 kg

11. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD

Agua	242 L
------	-------

12. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA




Cemento Sol tipo 1	12.32 kg
Agua	7.27 L
Aditivo	0.0 g = 0 mL
Agregado grueso	25.31 kg
Caucho irradiado	0.16 kg
Agregado fino	22.20 kg
Slump Obtenido	6 1/4"

13. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA

CEM	A.F.	A.G.	A.G.R	AGUA
1	: 1.9	: 2.09	: 0.	: 25.1 L / bolsa

OBSERVACIONES:

- * Muestras provistas e identificadas por el solicitante
- * Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D.	JEFE LEM	D.
Nombre y firma:	M.	Nombre y firma:	M.
	A.		A.
		CQC - LEM	D.
Nombre y firma:		Nombre y firma:	M.
			A.
		GERENTE GENERAL	
		INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	

Mz B Lote11, Urb. Ampliación Los Portales de Chavin 4ta Etapa, San Martin de Porres

Tel.: (01) 467-8957 Cel.: 924 513 299 930 267 190

www.ingeocontrol.com / info@ingeocontrol.com

Anexo 14: Diseño de mezcla C: Con dosificación de Caucho Irradiado al 1.5%.

	FORMATO	Código	AE-FO-93
	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO - DISEÑO COMPROBADO REFERENCIA ACI 211	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

PROYECTO	: Adición de Caucho de neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gama para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto F'c = 210 kg/cm2, Lima 2019	REGISTRO N°:	IGC18-LEM-419-08
SOLICITANTE	: Viviana Sofía Germán Guillén	REALIZADO POR :	R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: ---	REVISADO POR :	J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Desarrollado en las instalaciones de INGEOCONTROL	FECHA DE VACIADO :	15/10/19
FECHA DE EMISIÓN	: 15/10/2019	TURNO :	Diurno

Agregado	: Ag. Grueso / Ag. Fino / Caucho	F'c de diseño:	210 kg/cm2
Procedencia	: Cant. San Martín (ag. pétreos) / Asoc. de Recic. - Def. del Medio Amb. Manchay (caucho)	Asentamiento:	3" - 4"
Cemento	: Cemento Sol tipo 1	Código de mezcla:	CAU IRR - 1.5%

1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA

F'cr = 294

5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO

Cemento = 411 kg

2. RELACIÓN AGUA CEMENTO

R a/c = 0.56

6. FACTOR CEMENTO

Bolsas x m3 = 9.7 Bolsas

3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA

Agua = 230 L

7. CÁLCULO DE ADITIVO

0.00 kg x m3 = 0.0% / Cto

4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO

Aire = 2.0%

8. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO				
Cemento Sol tipo 1	3110 kg/m3	0.1321 m3				
Agua	1000 kg/m3	0.2300 m3				
Aire	---	0.0200 m3				
Aditivo	1170 kg/m3	0.0000 m3	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO
Agregado grueso	2620 kg/m3	---	0.20%	0.80%	7.07	1478
Caucho irradiado	880 kg/m3	---	0.00%	0.00%	1.43	442
Agregado fino	2505 kg/m3	---	1.70%	2.70%	3.18	1456
	Volumen de pasta	0.3821 m3				
	Volumen de agregados	0.6179 m3				

9. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS

Agregado grueso 52.0% = 0.3213 m3 = 842 kg
 Caucho irradiado 1.5% = 0.0093 m3 = 8 kg
 Agregado fino 46.5% = 0.2873 m3 = 720 kg

12. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA 0.03 m3

Cemento Sol tipo 1 12.32 kg
 Agua 7.27 L
 Aditivo 0.0 g = 0 mL
 Agregado grueso 25.31 kg
 Caucho irradiado 0.24 kg
 Agregado fino 21.96 kg
 Slump Obtenido 63/4"

10. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD



Agregado grueso 844 kg
 Caucho irradiado 8 kg
 Agregado fino 732 kg

13. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA

CEM A.F. A.G. A.G.R. AGUA
 1 : 1.8 : 2.09 : 0.1 : 25.1 L / bolsa

OBSERVACIONES:

- * Muestras provistas e identificadas por el solicitante
- * Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Noemi C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:
		CQC - LEM	D:
Nombre y firma:		Nombre y firma:	M:
		 Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:

Mz B Lote11, Urb. Ampliación Los Portales de Chavin 4ta Etapa, San Martín de Porres

Tel.: (01) 467-8957 Cel.: 924 513 299 930 267 190

www.ingeocontrol.com / info@ingeocontrol.com

Anexo 15: Diseño de mezcla D: Con dosificación de Caucho Normal al 0.9%.

	FORMATO	Código	AE-FO-93
	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO - DISEÑO COMPROBADO REFERENCIA ACI 211	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

PROYECTO	: Adición de Caucho de neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gama para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto F'c = 210 kg/cm2, Lima 2019	REGISTRO N°:	IGC18-LEM-419-09
SOLICITANTE	: Viviana Sofía Germán Guillén	REALIZADO POR :	R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: ---	REVISADO POR :	J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Desarrollado en las instalaciones de INGEOCONTROL	FECHA DE VACIADO :	18/10/19
FECHA DE EMISIÓN	: 15/10/2019	TURNO :	Diurno

Agregado	: Ag. Grueso / Ag. Fino / Caucho	F'c de diseño:	210 kg/cm2
Procedencia	: Cant. San Martín (ag. pétreos) / Asoc. de Recic. - Def. del Medio Amb. Manchay (caucho)	Asentamiento:	3" - 4"
Cemento	: Cemento Sol tipo 1	Código de mezcla:	CAU NOR - 0.9%

- | | |
|--|---|
| <p>1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA
F'cr = 294</p> <p>2. RELACIÓN AGUA CEMENTO
R a/c = 0.56</p> <p>3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA
Agua = 230 L</p> <p>4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO
Aire = 2.0%</p> | <p>5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO
Cemento = 411 kg</p> <p>6. FACTOR CEMENTO
Bolsas x m3 = 9.7 Bolsas</p> <p>7. CÁLCULO DE ADITIVO
0.00 kg x m3 = 0.0% / Cto</p> |
|--|---|

8. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO
Cemento Sol tipo 1	3110 kg/m3	0.1321 m3				
Agua	1000 kg/m3	0.2300 m3				
Aire	---	0.0200 m3				
Aditivo	1170 kg/m3	0.0000 m3				
Agregado grueso	2620 kg/m3	---	0.20%	0.80%	7.07	1478
Caucho Normal	890 kg/m3	---	0.00%	0.00%	1.43	442
Agregado fino	2505 kg/m3	---	5.00%	2.70%	5	1456
Volumen de pasta		0.3821 m3				
Volumen de agregados		0.6179 m3				

- | | |
|--|--|
| <p>9. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS</p> <p>Agregado grueso 52.0% = 0.3213 m3 = 842 kg</p> <p>Caucho Normal 0.9% = 0.0056 m3 = 5 kg</p> <p>Agregado fino 47.1% = 0.2910 m3 = 729 kg</p> <p>10. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD</p> <p>Agregado grueso 844 kg</p> <p>Caucho Normal 5 kg</p> <p>Agregado fino 766 kg</p> <p>11. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD</p> <p>Agua 218 L</p> | <p>12. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA 0.03 m3</p> <p>Cemento Sol tipo 1 12.32 kg</p> <p>Agua 6.55 L</p> <p>Aditivo 0.0 g = 0 mL</p> <p>Agregado grueso 25.31 kg</p> <p>Caucho Normal 0.14 kg</p> <p>Agregado fino 22.67 kg</p> <p>Slump Obtenido 8-14"</p> <p>13. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA</p> <p>CEM A.F. A.G. A.G.R. AGUA</p> <p>1 : 1.9 : 2.09 : 0. : 22.6 L / bolsa</p> |
|--|--|

OBSERVACIONES:

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante
- Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 195029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:
		 Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	

Anexo 16: Diseño de mezcla E: Con dosificación de Caucho Normal al 1.0%.

	FORMATO	Código	AE-FO-93
	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO - DISEÑO COMPROBADO	Versión	01
	REFERENCIA ACI 211	Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

PROYECTO : Adición de Caucho de neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gama para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto F'c = 210 kg/cm², Lima 2019 **REGISTRO N°:** IGC18-LEM-419-10
SOLICITANTE : Viviana Sofía Germán Guillén **REALIZADO POR :** R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO : --- **REVISADO POR :** J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO : Desarrollado en las instalaciones de INGEOCONTROL **FECHA DE VACIADO :** 18/10/19
FECHA DE EMISIÓN : 15/10/2019 **TURNO :** Diurno

Agregado : Ag. Grueso / Ag. Fino / Caucho **F'c de diseño:** 210 kg/cm²
Procedencia : Cant. San Martín (ag. pétreos) / Asoc. de Recic. - Def. del Medio Amb. Manchay (caucho) **Asentamiento:** 3" - 4"
Cemento : Cemento Sol tipo 1 **Código de mezcla:** CAU NOR - 1.0%

- | | |
|--|--|
| <p>1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA
F'cr = 294</p> <p>2. RELACIÓN AGUA CEMENTO
R a/c = 0.56</p> <p>3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA
Agua = 230 L</p> <p>4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO
Aire = 2.0%</p> | <p>5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO
Cemento = 411 kg</p> <p>6. FACTOR CEMENTO
Bolsas x m³ = 9.7 Bolsas</p> <p>7. CÁLCULO DE ADITIVO
0.00 kg x m³ = 0.0% / Cto</p> |
|--|--|

8. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO				
Cemento Sol tipo 1	3110 kg/m ³	0.1321 m ³				
Agua	1000 kg/m ³	0.2300 m ³				
Aire	---	0.0200 m ³				
Aditivo	1170 kg/m ³	0.0000 m ³	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO
Agregado grueso	2620 kg/m ³	---	0.20%	0.80%	7.07	1478
Caucho normal	860 kg/m ³	---	0.00%	0.00%	1.43	442
Agregado fino	2505 kg/m ³	---	5.00%	2.70%	3.18	1456
Volumen de pasta		0.3821 m ³				
Volumen de agregados		0.6179 m ³				


- | | |
|--|--|
| <p>9. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS</p> <p>Agregado grueso 52.0% = 0.3213 m³ = 842 kg</p> <p>Caucho normal 1.0% = 0.0062 m³ = 5 kg</p> <p>Agregado fino 47.0% = 0.2904 m³ = 728 kg</p> <p>10. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD</p> <p>Agregado grueso 844 kg</p> <p>Caucho normal 5 kg</p> <p>Agregado fino 764 kg</p> <p>11. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD</p> <p>Agua 218 L</p> | <p>12. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA 0.03 m³</p> <p>Cemento Sol tipo 1 12.32 kg</p> <p>Agua 6.55 L</p> <p>Aditivo 0.0 g = 0 mL</p> <p>Agregado grueso 25.31 kg</p> <p>Caucho normal 0.16 kg</p> <p>Agregado fino 22.92 kg</p> <p>Slump Obtenido 7 1/2"</p> <p>13. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA</p> <p>CEM A.F. A.G. A.G.R. AGUA</p> <p>1 : 1.9 : 2.09 : 0. : 22.6 L / bolsa</p> |
|--|--|

OBSERVACIONES:

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante
- Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D.	JEFE LEM	D.
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:
		 Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	

Anexo 17: Diseño de mezcla F: Con dosificación de Caucho Normal al 1.5%.

	FORMATO	Código	AE-FO-93
	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO - DISEÑO COMPROBADO REFERENCIA ACI 211	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

PROYECTO	: Adición de Caucho de neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gama para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto F'c = 210 kg/cm2, Lima 2019	REGISTRO N°:	IGC18-LEM-419-11
SOLICITANTE	: Viviana Sofía Germán Guillén	REALIZADO POR :	R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: ---	REVISADO POR :	J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Desarrollado en las instalaciones de INGEOCONTROL	FECHA DE VACIADO :	18/10/19
FECHA DE EMISIÓN	: 15/10/2019	TURNO :	Diurno
Agregado	: Ag. Grueso / Ag. Fino / Caucho	F'c de diseño:	210 kg/cm2
Procedencia	: Cant. San Martín (ag. pétreos) / Asoc. de Recic. - Def. del Medio Amb. Manchay (caucho)	Asentamiento:	3" - 4"
Cemento	: Cemento Sol tipo 1	Código de mezcla:	CAU NOR - 1.5%

1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA	F'cr = 294	5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO	Cemento = 411 kg
2. RELACIÓN AGUA CEMENTO	R a/c = 0.56	6. FACTOR CEMENTO	Bolsas x m3 = 9.7 Bolsas
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA	Agua = 230 L	7. CÁLCULO DE ADITIVO	0.00 kg x m3 = 0.0% / Cto
4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO	Aire = 2.0%		

8. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS						
INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO				
Cemento Sol tipo 1	3110 kg/m3	0.1321 m3				
Agua	1000 kg/m3	0.2300 m3				
Aire	---	0.0200 m3				
Aditivo	1170 kg/m3	0.0000 m3	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO
Agregado grueso	2620 kg/m3	---	0.20%	0.80%	7.07	1478
Caucho Normal	890 kg/m3	---	0.00%	0.00%	1.43	442
Agregado fino	2505 kg/m3	---	5.00%	2.70%	3.18	1456
	Volumen de pasta	0.3821 m3				
	Volumen de agregados	0.6179 m3				


9. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS	Agregado grueso 52.0% = 0.3213 m3 = 842 kg	12. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA	0.03 m3
	Caucho Normal 1.5% = 0.0093 m3 = 8 kg	Cemento Sol tipo 1	12.32 kg
	Agregado fino 46.5% = 0.2873 m3 = 720 kg	Agua	6.55 L
		Aditivo	0.0 g = 0 mL
10. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD	Agregado grueso 844 kg	Agregado grueso	25.31 kg
	Caucho Normal 8 kg	Caucho Normal	0.24 kg
	Agregado fino 756 kg	Agregado fino	22.67 kg
11. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD	Agua 218 L	Slump Obtenido	8 1/2"
		13. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA	
		CEM A.F. A.G. A.G.R. AGUA	
		1 : 1.9 : 2.09 : 0.1 : 22.6 L / bolsa	

OBSERVACIONES:

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante
- Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:
		 Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	

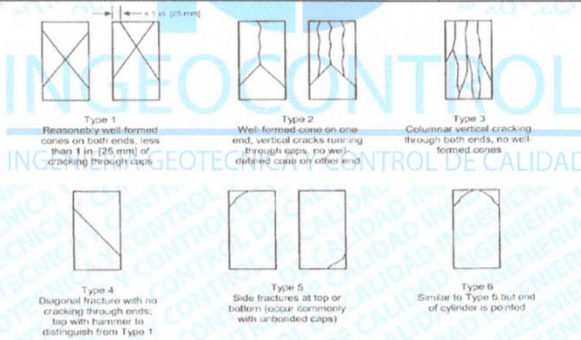
Anexo 18: Ensayo de compresión a los 7 días.

	FORMATO	Código	AE-FO-101
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

PROYECTO	: Adición de Caucho de neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gama para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto F'c = 210 kg/cm2, Lima 2019	REGISTRO N°:	IGC18-LEM-419-12
SOLICITANTE	: Viviana Sofía Germán Guillén	REALIZADO POR :	C. Amaringo
CÓDIGO DE PROYECTO	: ---	REVISADO POR :	J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Desarrollado en las instalaciones de INGEOCONTROL	FECHA DE ENSAYO :	22/10/19
FECHA DE EMISIÓN	: 25/10/2019	TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Especímenes cilíndricos 4" x 8"		
F'c de diseño	: 210 kg/cm2		

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO ASTM C39

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	ESFUERZO	% F'c
PROBETA N° 01 DISEÑO PATRON Fc = 210 kg/cm2	15/10/19	22/10/19	7 días	1.96	240 kg/cm2	114.3
PROBETA N° 02 DISEÑO PATRON Fc = 210 kg/cm2	15/10/19	22/10/19	7 días	2.02	239 kg/cm2	113.9
PROBETA N° 03 DISEÑO PATRON Fc = 210 kg/cm2	15/10/19	22/10/19	7 días	2.01	245 kg/cm2	116.5
PROBETA N° 01 DISEÑO 0.9% C. IRRAD Fc = 210 kg/cm2	15/10/19	22/10/19	7 días	2.01	257 kg/cm2	122.4
PROBETA N° 02 DISEÑO 0.9% C. IRRAD Fc = 210 kg/cm2	15/10/19	22/10/19	7 días	2.01	255 kg/cm2	121.6
PROBETA N° 03 DISEÑO 0.9% C. IRRAD Fc = 210 kg/cm2	15/10/19	22/10/19	7 días	2.04	262 kg/cm2	125.0
PROBETA N° 01 DISEÑO 1.0% C. IRRAD Fc = 210 kg/cm2	15/10/19	22/10/19	7 días	1.95	252 kg/cm2	120.0
PROBETA N° 02 DISEÑO 1.0% C. IRRAD Fc = 210 kg/cm2	15/10/19	22/10/19	7 días	2.02	282 kg/cm2	134.4
PROBETA N° 03 DISEÑO 1.0% C. IRRAD Fc = 210 kg/cm2	15/10/19	22/10/19	7 días	2.03	269 kg/cm2	127.9
PROBETA N° 01 DISEÑO 1.5% C. IRRAD Fc = 210 kg/cm2	15/10/19	22/10/19	7 días	1.99	282 kg/cm2	134.2
PROBETA N° 02 DISEÑO 1.5% C. IRRAD Fc = 210 kg/cm2	15/10/19	22/10/19	7 días	1.97	293 kg/cm2	139.4
PROBETA N° 03 DISEÑO 1.5% C. IRRAD Fc = 210 kg/cm2	15/10/19	22/10/19	7 días	1.98	310 kg/cm2	147.7




Fuente: ASTM C39

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de INGEOCONTROL.
- * Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:
		CQC - LEM	D:
		Nombre y firma:	M:
		 Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:

Mz B Lote11, Urb. Ampliación Los Portales de Chavin 4ta Etapa, San Martin de Porres
 Telf.: (01) 467-8957 Cel.: 924 513 299 930 267 190
www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com

	FORMATO		Código	AE-FO-101
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	1 de 1

PROYECTO	: Adición de Caucho de neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gama para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto F'c = 210 kg/cm2, Lima 2019	REGISTRO N°:	IGC18-LEM-419-13
SOLICITANTE	: Viviana Sofía Germán Guillén	REALIZADO POR :	C. Amaringo
CÓDIGO DE PROYECTO	: ---	REVISADO POR :	J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Desarrollado en las instalaciones de INGEOCONTROL	FECHA DE ENSAYO :	Indicada
FECHA DE EMISIÓN	: 26/10/2019	TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Especímenes cilíndricos 4" x 8"		
F'c de diseño	: 210 kg/cm2		

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO ASTM C39

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	ESFUERZO	% F'c
PROBETA N° 01 DISEÑO 0.9% C. NORMAL f'c = 210 kg/cm2	18/10/19	25/10/19	7 días	1.97	275 kg/cm2	130.9
PROBETA N° 02 DISEÑO 0.9% C. NORMAL f'c = 210 kg/cm2	18/10/19	25/10/19	7 días	2.02	280 kg/cm2	133.3
PROBETA N° 03 DISEÑO 0.9% C. NORMAL f'c = 210 kg/cm2	18/10/19	25/10/19	7 días	1.97	283 kg/cm2	125.4
PROBETA N° 01 DISEÑO 1.0% C. NORMAL f'c = 210 kg/cm2	19/10/19	26/10/19	7 días	1.98	217 kg/cm2	103.3
PROBETA N° 02 DISEÑO 1.0% C. NORMAL f'c = 210 kg/cm2	19/10/19	26/10/19	7 días	1.98	230 kg/cm2	109.5
PROBETA N° 03 DISEÑO 1.0% C. NORMAL f'c = 210 kg/cm2	19/10/19	26/10/19	7 días	1.96	216 kg/cm2	102.9
PROBETA N° 01 DISEÑO 1.5% C. NORMAL f'c = 210 kg/cm2	19/10/19	26/10/19	7 días	1.98	197 kg/cm2	93.6
PROBETA N° 02 DISEÑO 1.5% C. NORMAL f'c = 210 kg/cm2	19/10/19	26/10/19	7 días	1.97	220 kg/cm2	104.7
PROBETA N° 03 DISEÑO 1.5% C. NORMAL f'c = 210 kg/cm2	19/10/19	26/10/19	7 días	1.98	231 kg/cm2	109.8

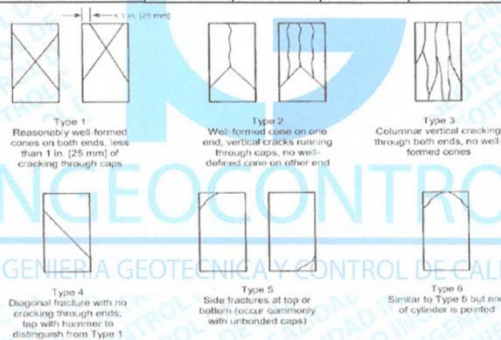


FIG. 2 Schematic of Typical Fracture Patterns

Fuente: ASTM C39

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de INGEOCONTROL.
- * Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL.


INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:
		 Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	

Mz B Lote11, Urb. Ampliación Los Portales de Chavin 4ta Etapa, San Martin de Porres

Telf.: (01) 467-8957 Cel.: 924 513 299 930 267 190

www.ingeocontrol.com / info@ingeocontrol.com

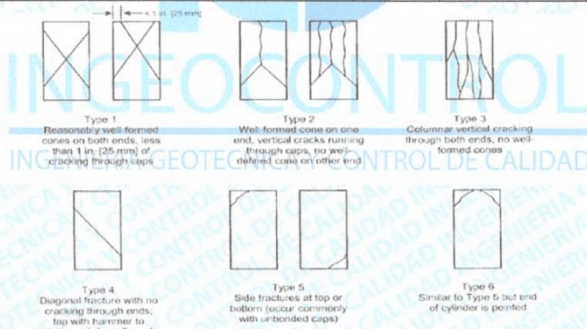
Anexo 19: Ensayo de compresión a los 14 días.

	FORMATO	Código	AE-FO-101
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

PROYECTO : Adición de Caucho de neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gama para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto Fc = 210 kg/cm2, Lima 2019 SOLICITANTE : Viviana Sofía Germán Guillén CÓDIGO DE PROYECTO : --- UBICACIÓN DE PROYECTO : Desarrollado en las instalaciones de INGEOCONTROL FECHA DE EMISIÓN : 13/11/2019	REGISTRO N° : IGC18-LEM-419-14 REALIZADO POR : C. Amaringo REVISADO POR : J. Gutiérrez FECHA DE ENSAYO : 29/10/19 TURNO : Diurno
Tipo de muestra : Concreto endurecido Presentación : Especímenes cilíndricos 4" x 8" Fc de diseño : 210 kg/cm2	

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO ASTM C39

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	ESFUERZO	% F'c
PROBETA N° 01 DISEÑO PATRON Fc = 210 kg/cm2	15/10/19	29/10/19	14 días	1.96	276 kg/cm2	131.4
PROBETA N° 02 DISEÑO PATRON Fc = 210 kg/cm2	15/10/19	29/10/19	14 días	1.98	269 kg/cm2	128.2
PROBETA N° 03 DISEÑO PATRON Fc = 210 kg/cm2	15/10/19	29/10/19	14 días	2.01	281 kg/cm2	134.0
PROBETA N° 01 DISEÑO 0.9% C. IRRAD Fc = 210 kg/cm2	15/10/19	29/10/19	14 días	2.02	296 kg/cm2	141.0
PROBETA N° 02 DISEÑO 0.9% C. IRRAD Fc = 210 kg/cm2	15/10/19	29/10/19	14 días	2.02	299 kg/cm2	142.2
PROBETA N° 03 DISEÑO 0.9% C. IRRAD Fc = 210 kg/cm2	15/10/19	29/10/19	14 días	2.02	303 kg/cm2	144.5
PROBETA N° 01 DISEÑO 1.0% C. IRRAD Fc = 210 kg/cm2	15/10/19	29/10/19	14 días	2.03	315 kg/cm2	150.1
PROBETA N° 02 DISEÑO 1.0% C. IRRAD Fc = 210 kg/cm2	15/10/19	29/10/19	14 días	2.02	302 kg/cm2	143.6
PROBETA N° 03 DISEÑO 1.0% C. IRRAD Fc = 210 kg/cm2	15/10/19	29/10/19	14 días	2.02	311 kg/cm2	147.9
PROBETA N° 01 DISEÑO 1.5% C. IRRAD Fc = 210 kg/cm2	15/10/19	29/10/19	14 días	1.97	344 kg/cm2	163.6
PROBETA N° 02 DISEÑO 1.5% C. IRRAD Fc = 210 kg/cm2	15/10/19	29/10/19	14 días	1.97	329 kg/cm2	156.6
PROBETA N° 03 DISEÑO 1.5% C. IRRAD Fc = 210 kg/cm2	15/10/19	29/10/19	14 días	1.97	311 kg/cm2	148.0




Fuente: ASTM C39

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de INGEOCONTROL.
- * Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL.

INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Noemi C. Sanchez Huaman INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:
		 Jony C. Gutierrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	

	FORMATO		Código	AE-FO-101
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	1 de 1

PROYECTO	: Adición de Caucho de neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gama para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto F'c = 210 kg/cm2, Lima 2019	REGISTRO N°:	IGC18-LEM-419-15
SOLICITANTE	: Viviana Sofia Germán Guillén	REALIZADO POR :	C. Amaringo
CÓDIGO DE PROYECTO	: ---	REVISADO POR :	J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Desarrollado en las instalaciones de INGEOCONTROL	CHA DE ENSAYO :	Indicada
FECHA DE EMISIÓN	: 13/11/2019	TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Especímenes cilíndricos 4" x 8"		
F'c de diseño	: 210 kg/cm2		

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO ASTM C39

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	ESFUERZO	% F'c
PROBETA N° 01 DISEÑO 0.9% C. NORMAL Fc = 210 kg/cm2	18/10/19	02/11/19	15 días	1.97	292 kg/cm2	139.1
PROBETA N° 02 DISEÑO 0.9% C. NORMAL Fc = 210 kg/cm2	18/10/19	02/11/19	15 días	1.97	250 kg/cm2	119.0
PROBETA N° 03 DISEÑO 0.9% C. NORMAL Fc = 210 kg/cm2	18/10/19	02/11/19	15 días	1.95	266 kg/cm2	126.7
PROBETA N° 01 DISEÑO 1.0% C. NORMAL Fc = 210 kg/cm2	19/10/19	02/11/19	14 días	2.02	253 kg/cm2	120.4
PROBETA N° 02 DISEÑO 1.0% C. NORMAL Fc = 210 kg/cm2	19/10/19	02/11/19	14 días	2.02	266 kg/cm2	126.4
PROBETA N° 03 DISEÑO 1.0% C. NORMAL Fc = 210 kg/cm2	19/10/19	02/11/19	14 días	2.01	261 kg/cm2	124.1
PROBETA N° 01 DISEÑO 1.5% C. NORMAL Fc = 210 kg/cm2	19/10/19	02/11/19	14 días	1.97	239 kg/cm2	113.8
PROBETA N° 02 DISEÑO 1.5% C. NORMAL Fc = 210 kg/cm2	19/10/19	02/11/19	14 días	1.97	243 kg/cm2	115.6
PROBETA N° 03 DISEÑO 1.5% C. NORMAL Fc = 210 kg/cm2	19/10/19	02/11/19	14 días	1.97	260 kg/cm2	124.0

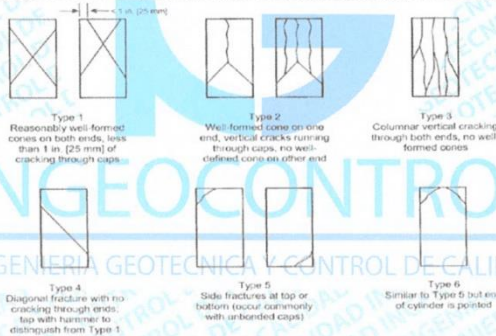



FIG. 2 Schematic of Typical Fracture Patterns.
Fuente: ASTM C39

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de INGEOCONTROL.
- * Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:
		 Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	

Anexo 20: Ensayo de compresión a los 28 días.

	FORMATO	Código	AE-FO-101
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

PROYECTO : Adición de Caucho de neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gama para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto F'c = 210 kg/cm2, Lima 2019 SOLICITANTE : Viviana Sofía Germán Guillén CÓDIGO DE PROYECTO : --- UBICACIÓN DE PROYECTO : Desarrollado en las instalaciones de INGEOCONTROL FECHA DE EMISIÓN : 13/11/2019	REGISTRO N° : IGC18-LEM-419-16 REALIZADO POR : C. Amaringo REVISADO POR : J. Gutiérrez FECHA DE ENSAYO : 13/11/19 TURNO : Diurno
Tipo de muestra : Concreto endurecido Presentación : Especímenes cilíndricos 4" x 8" F'c de diseño : 210 kg/cm2	

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO ASTM C39

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	ESFUERZO	% F'c
PROBETA N° 01 DISEÑO PATRON Fc = 210 kg/cm2	15/10/19	13/11/19	29 días	1.98	291 kg/cm2	138.6
PROBETA N° 02 DISEÑO PATRON Fc = 210 kg/cm2	15/10/19	13/11/19	29 días	1.98	305 kg/cm2	145.1
PROBETA N° 03 DISEÑO PATRON Fc = 210 kg/cm2	15/10/19	13/11/19	29 días	1.97	297 kg/cm2	141.2
PROBETA N° 01 DISEÑO 0.9% C. IRRAD Fc = 210 kg/cm2	15/10/19	13/11/19	29 días	1.98	289 kg/cm2	137.7
PROBETA N° 02 DISEÑO 0.9% C. IRRAD Fc = 210 kg/cm2	15/10/19	13/11/19	29 días	1.98	317 kg/cm2	150.9
PROBETA N° 03 DISEÑO 0.9% C. IRRAD Fc = 210 kg/cm2	15/10/19	13/11/19	29 días	1.96	324 kg/cm2	154.1
PROBETA N° 01 DISEÑO 1.0% C. IRRAD Fc = 210 kg/cm2	15/10/19	13/11/19	29 días	2.02	270 kg/cm2	128.4
PROBETA N° 02 DISEÑO 1.0% C. IRRAD Fc = 210 kg/cm2	15/10/19	13/11/19	29 días	2.02	247 kg/cm2	117.5
PROBETA N° 03 DISEÑO 1.0% C. IRRAD Fc = 210 kg/cm2	15/10/19	13/11/19	29 días	2.02	295 kg/cm2	140.3
PROBETA N° 01 DISEÑO 1.5% C. IRRAD Fc = 210 kg/cm2	15/10/19	13/11/19	29 días	1.98	344 kg/cm2	163.7
PROBETA N° 02 DISEÑO 1.5% C. IRRAD Fc = 210 kg/cm2	15/10/19	13/11/19	29 días	1.97	255 kg/cm2	121.6
PROBETA N° 03 DISEÑO 1.5% C. IRRAD Fc = 210 kg/cm2	15/10/19	13/11/19	29 días	1.97	284 kg/cm2	135.5

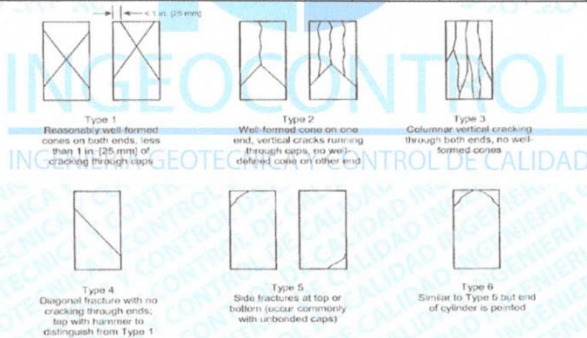



FIG. 2 Schematic of Typical Fracture Patterns
Fuente: ASTM C39

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de INGEOCONTROL.
- * Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:
		 Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	

Mz B Lote11, Urb. Ampliación Los Portales de Chavin 4ta Etapa, San Martin de Porres
 Telf.: (01) 467-8957 Cel.: 924 513 299 930 267 190
 www.ingeocontrol.com / inform@ingeocontrol.com

	FORMATO	Código	AE-FO-101
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

PROYECTO	: Adición de Caucho de neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gama para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto F'c = 210 kg/cm2, Lima 2019	REGISTRO N°:	IGC18-LEM-419-17
SOLICITANTE	: Viviana Sofía Germán Guillén	REALIZADO POR :	C. Amaringo
CÓDIGO DE PROYECTO	: ---	REVISADO POR :	J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Desarrollado en las instalaciones de INGEOCONTROL	:CHA DE ENSAYO :	Indicada
FECHA DE EMISIÓN	: 18/11/2019	TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Especímenes cilíndricos 4" x 8"		
F'c de diseño	: 210 kg/cm2		

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO ASTM C39

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	ESFUERZO	% F'c
PROBETA N° 01 DISEÑO 0.9% C. NORMAL Fc = 210 kg/cm2	18/10/19	15/11/19	28 días	2.00	296 kg/cm2	140.9
PROBETA N° 02 DISEÑO 0.9% C. NORMAL Fc = 210 kg/cm2	18/10/19	15/11/19	28 días	2.02	242 kg/cm2	115.3
PROBETA N° 03 DISEÑO 0.9% C. NORMAL Fc = 210 kg/cm2	18/10/19	15/11/19	28 días	1.98	255 kg/cm2	121.5
PROBETA N° 01 DISEÑO 1.0% C. NORMAL Fc = 210 kg/cm2	19/10/19	16/11/19	28 días	1.98	237 kg/cm2	112.8
PROBETA N° 02 DISEÑO 1.0% C. NORMAL Fc = 210 kg/cm2	19/10/19	16/11/19	28 días	2.02	258 kg/cm2	122.8
PROBETA N° 03 DISEÑO 1.0% C. NORMAL Fc = 210 kg/cm2	19/10/19	16/11/19	28 días	2.00	249 kg/cm2	118.6
PROBETA N° 01 DISEÑO 1.5% C. NORMAL Fc = 210 kg/cm2	19/10/19	16/11/19	28 días	1.97	230 kg/cm2	109.6
PROBETA N° 02 DISEÑO 1.5% C. NORMAL Fc = 210 kg/cm2	19/10/19	16/11/19	28 días	2.02	227 kg/cm2	108.1
PROBETA N° 03 DISEÑO 1.5% C. NORMAL Fc = 210 kg/cm2	19/10/19	16/11/19	28 días	2.00	230 kg/cm2	109.3

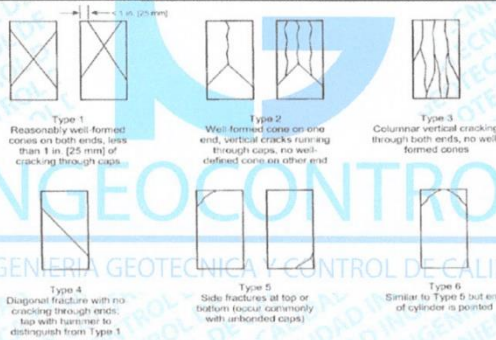



FIG. 3 Schematic of Typical Fracture Patterns
Fuente: ASTM C39

OBSERVACIONES:

- Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de INGEOCONTROL.
- Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo
- Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

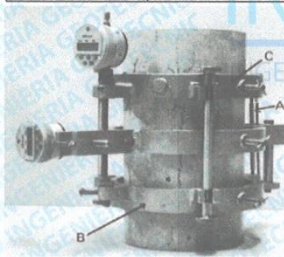
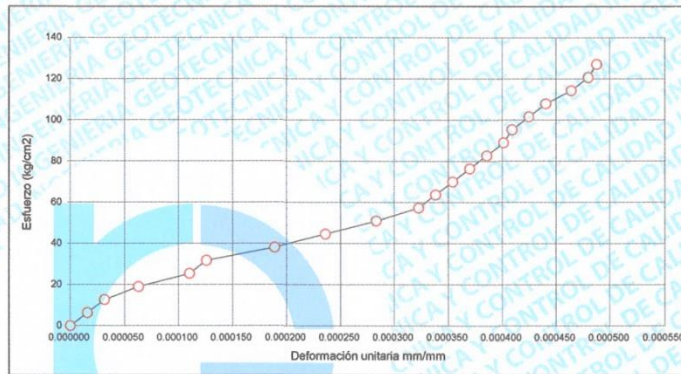
INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:
		CQC - LEM	D:
		Nombre y firma:	M:
		 Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:

Anexo 21: Cálculos y resultados Gráfica Esfuerzo – Deformación (Diseño P)

	INFORME	Código	AE-FO-125
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1
PROYECTO	: Adición de Caucho de neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gama para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto F'c = 210 kg/cm ² , Lima 2019	REGISTRO N°:	IGC19-LEM-419-21
SOLICITANTE	: Viviana Sofía Germán Guillén	REALIZADO POR :	R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: ---	REVISADO POR :	J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO	: ---	FECHA DE ENSAYO :	13/11/19
FECHA DE EMISIÓN	: 20/11/2019	TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Especímenes CILÍNDRICOS DE 4" x 8"		
F'c de diseño	: 210 kg/cm ²		

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

Deformación Unitaria mm/mm	Esfuerzo kg/cm ²
0.000000	0.00
0.000016	6.35
0.000031	12.71
0.000063	19.06
0.000110	25.41
0.000126	31.77
0.000189	38.12
0.000236	44.47
0.000283	50.83
0.000323	57.18
0.000338	63.53
0.000354	69.89
0.000370	76.24
0.000386	82.60
0.000401	88.95
0.000409	95.30
0.000425	101.66
0.000441	108.01
0.000464	114.36
0.000480	120.72
0.000488	127.07
0.000504	133.42



DATOS DE LA MUESTRA:
 Identificación : PROBETA N°1 PATRON F'c = 210 kg/cm²
 Método de curado utilizado : Sumergido en agua
 Fecha de vaciado : 15/10/2019
 Edad : 29 días

RESULTADOS	
MÓDULO DE ELASTICIDAD	
Módulo Ec kg/cm ²	282,935
Cte. Elás. f _c Ult.	14,261
Cte. Elás. f _c Nomin.	17,454

Fuente: ASTM C469

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL


INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:
		Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	

Mz B Lote11, Urb. Ampliación Los Portales de Chavin 4ta Etapa, San Martín de Porres

Telf.: (01) 467-8957 Cel.: 924 513 299 930 267 190

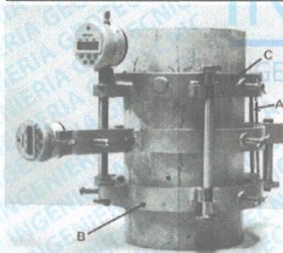
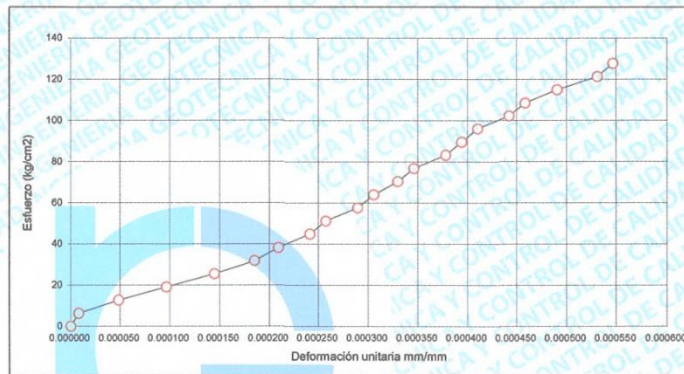
www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com

Anexo 22: Cálculos y resultados Gráfica Esfuerzo – Deformación (Diseño A).

	INFORME	Código	AE-FO-125
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1
PROYECTO	: Adición de Caucho de neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gama para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto F'c = 210 kg/cm ² , Lima 2019	REGISTRO N°:	IGC19-LEM-419-22
SOLICITANTE	: Viviana Sofia Germán Guillén	REALIZADO POR :	R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: ---	REVISADO POR :	J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO:	---	FECHA DE ENSAYO :	15/11/19
FECHA DE EMISIÓN	: 20/11/2019	TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Especímenes CILÍNDRICOS DE 4" x 8"		
F'c de diseño	: 210 kg/cm ²		

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

Deformación Unitaria mm/mm	Esfuerzo kg/cm ²
0.000000	0.00
0.000008	6.39
0.000048	12.78
0.000097	19.18
0.000145	25.57
0.000185	31.96
0.000209	38.35
0.000241	44.74
0.000257	51.13
0.000290	57.53
0.000306	63.92
0.000330	70.31
0.000346	76.70
0.000378	83.09
0.000394	89.48
0.000410	95.88
0.000442	102.27
0.000459	108.66
0.000491	115.05
0.000531	121.44
0.000547	127.83
0.000563	134.23
0.000571	140.62



DATOS DE LA MUESTRA:
 Identificación : PROBETA N°1 CON 0.9% DE CAUCHO IRRADIADO F'c = 210 kg/cm²
 Método de curado utilizado : Sumergido en agua
 Fecha de vaciado : 18/10/2019
 Edad : 29 días

RESULTADOS	
MÓDULO DE ELASTICIDAD	
Módulo E _c kg/cm ²	237,415
Cte. Elás. f _c Ult.	12,945
Cte. Elás. f _c Nomin.	16,383

Fuente: ASTM C469

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL


INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:
		CCC - LEM	D:
		Nombre y firma:	M:
		 Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:

Mz B Lote11, Urb. Ampliación Los Portales de Chavin 4ta Etapa, San Martín de Porres

Tel: (01) 467-8957 Cel: 924 513 299 930 267 190

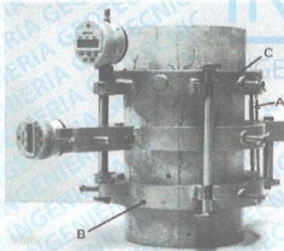
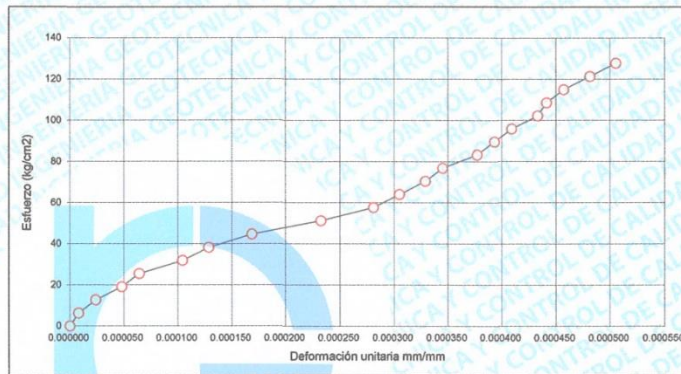
www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com

Anexo 23: Cálculos y resultados Gráfica Esfuerzo – Deformación (Diseño B).

	INFORME	Código	AE-FO-125
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1
PROYECTO	: Adición de Caucho de neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gama para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto F'c = 210 kg/cm2, Lima 2019	REGISTRO N°:	IGC19-LEM-419-23
SOLICITANTE	: Viviana Sofia Germán Guillén	REALIZADO POR :	R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: ---	REVISADO POR :	J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO	: ---	FECHA DE ENSAYO :	13/11/19
FECHA DE EMISIÓN	: 20/11/2019	TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Especímenes CILÍNDRICOS DE 4" x 8"		
F'c de diseño	: 210 kg/cm2		

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C489

Deformación Unitaria mm/mm	Esfuerzo kg/cm2
0.000000	0.00
0.000008	6.39
0.000024	12.78
0.000048	19.18
0.000064	25.57
0.000104	31.96
0.000128	38.35
0.000169	44.74
0.000233	51.13
0.000281	57.53
0.000305	63.92
0.000329	70.31
0.000345	76.70
0.000377	83.09
0.000393	89.48
0.000409	95.88
0.000433	102.27
0.000441	108.66
0.000457	115.05
0.000482	121.44
0.000506	127.83
0.000522	134.23
0.000530	140.62



DATOS DE LA MUESTRA:
 Identificación : PROBETA N°1 CON 1.0% DE CAUCHO IRRADIADO F'c = 210 kg/cm²
 Método de curado utilizado : Sumergido en agua
 Fecha de vaciado : 15/10/2019
 Edad : 29 días

RESULTADOS	
MÓDULO DE ELASTICIDAD	
Módulo E _c kg/cm ²	250,116
Cte. Elás. f _c Ult.	13,524
Cte. Elás. f _c Nomin.	17,260

Fuente: ASTM C496

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL


INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:
		CQC - LEM	D:
		Nombre y firma:	M:
		 Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:

Mz B Lote11, Urb. Ampliación Los Portales de Chavin 4ta Etapa, San Martin de Porres

Telf.: (01) 467-8957 Cel.: 924 513 299 930 267 190

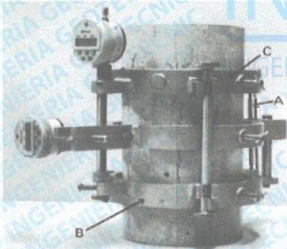
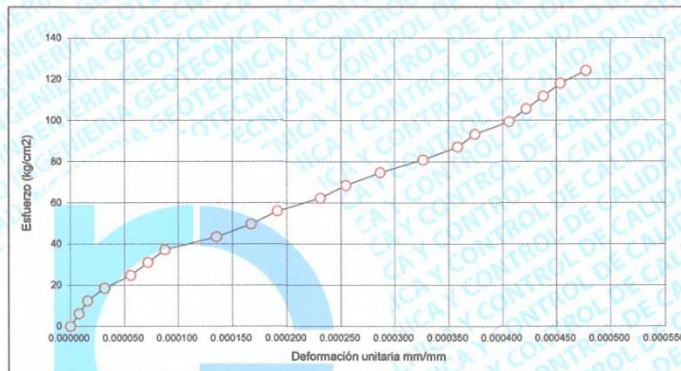
www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com

Anexo 24: Cálculos y resultados Gráfica Esfuerzo – Deformación (Diseño C).

	INFORME	Código	AE-FO-125
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1
PROYECTO	: Adición de Caucho de neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gama para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto F'c = 210 kg/cm2, Lima 2019	REGISTRO N°:	IGC19-LEM-419-24
SOLICITANTE	: Viviana Sofia Germán Guillén	REALIZADO POR :	R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: ---	REVISADO POR :	J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO:	---	FECHA DE ENSAYO :	13/11/19
FECHA DE EMISIÓN	: 20/11/2019	TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Especímenes CILÍNDRICOS DE 4" x 8"		
F'c de diseño	: 210 kg/cm2		

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

Deformación Unitaria mm/mm	Esfuerzo kg/cm2
0.000000	0.00
0.000008	6.22
0.000016	12.43
0.000032	18.65
0.000056	24.86
0.000072	31.08
0.000088	37.30
0.000135	43.51
0.000167	49.73
0.000191	55.95
0.000231	62.16
0.000255	68.38
0.000287	74.59
0.000326	80.81
0.000358	87.03
0.000374	93.24
0.000406	99.46
0.000422	105.67
0.000438	111.89
0.000454	118.11
0.000478	124.32
0.000486	130.54
0.000502	136.75



DATOS DE LA MUESTRA:

Identificación : PROBETA N°1 CON 1.5% DE CAUCHO IRRADIADO F'c = 210 kg/cm²
 Método de curado utilizado : Sumergido en agua
 Fecha de vaciado : 15/10/2019
 Edad : 29 días

RESULTADOS

MÓDULO DE ELASTICIDAD

Módulo Ec kg/cm ²	252,198
Cte. Elás. fc Ult.	13,653
Cte. Elás. fc Nomin.	17,403

Fuente: ASTM C496

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL


INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:
		COC - LEM	D:
		Nombre y firma:	M:
		 Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:

Mz B Lote11, Urb. Ampliación Los Portales de Chavin 4ta Etapa, San Martín de Porres

Tel: (01) 467-8957 Cel: 924 513 299 930 267 190

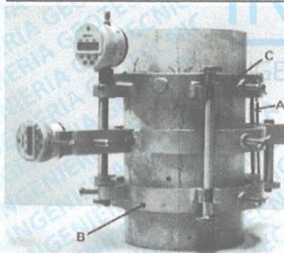
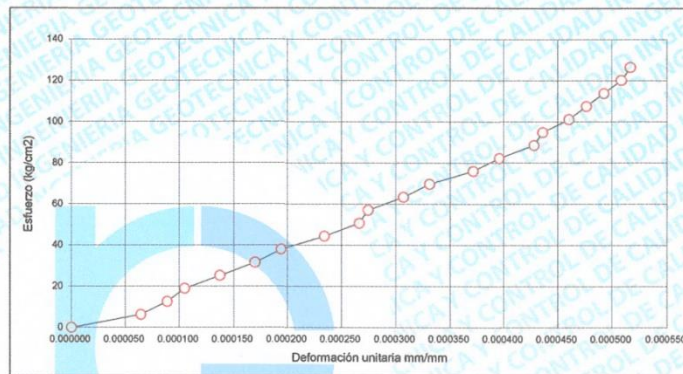
www.ingeocontrol.com / infomes@ingeocontrol.com

Anexo 25: Cálculos y resultados Gráfica Esfuerzo – Deformación (Diseño D).

	INFORME	Código	AE-FO-125
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1
PROYECTO	: Adición de Caucho de neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gama para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2019	REGISTRO N°:	IGC19-LEM-419-18
SOLICITANTE	: Viviana Sofia Germán Guillén	REALIZADO POR :	R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: ---	REVISADO POR :	J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO	: ---	FECHA DE ENSAYO :	15/11/19
FECHA DE EMISIÓN	: 20/11/2019	TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Especímenes CILÍNDRICOS DE 4" x 8"		
F ^c de diseño	: 210 kg/cm ²		

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

Deformación Unitaria mm/mm	Esfuerzo kg/cm ²
0.000000	0.00
0.000065	6.33
0.000089	12.66
0.000105	18.98
0.000137	25.31
0.000170	31.64
0.000194	37.97
0.000234	44.30
0.000267	50.63
0.000275	56.95
0.000307	63.28
0.000331	69.61
0.000372	75.94
0.000396	82.27
0.000428	88.59
0.000436	94.92
0.000460	101.25
0.000477	107.58
0.000493	113.91
0.000509	120.24
0.000517	126.56



DATOS DE LA MUESTRA:
 Identificación : PROBETA N°1 CON 0.9% DE CAUCHO NORMAL $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
 Método de curado utilizado : Sumergido en agua
 Fecha de vaciado : 18/10/2019
 Edad : 28 días

RESULTADOS	
MÓDULO DE ELASTICIDAD	
Módulo E_c kg/cm ²	266,310
Cte. Elás. f_c Ult.	14,583
Cte. Elás. f_c Nomin.	17,687

Fuente: ASTM C496

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Noemi Q. Sanchez Huaman INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:
		CCC - LEM	D:
		Nombre y firma:	M:
		 Jony C. Gutierrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:

Mz B Lote11, Urb. Ampliación Los Portales de Chavin 4ta Etapa, San Martin de Porres

Telf.: (01) 467-8957 Cel.: 924 513 299 930 267 190

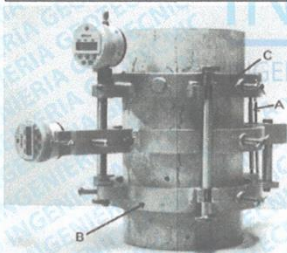
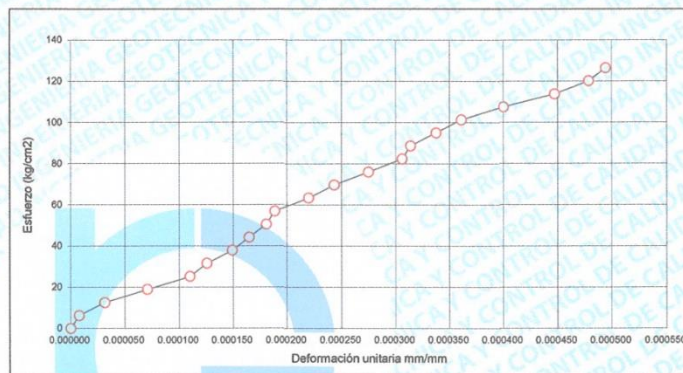
www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com

Anexo 26: Cálculos y resultados Gráfica Esfuerzo – Deformación (Diseño E).

	INFORME	Código	AE-FO-125
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1
PROYECTO	: Adición de Caucho de neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gama para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2019	REGISTRO N°:	IGC19-LEM-419-19
SOLICITANTE	: Viviana Sofía Germán Guillén	REALIZADO POR :	R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: --	REVISADO POR :	J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO	: --	FECHA DE ENSAYO :	13/11/19
FECHA DE EMISIÓN	: 20/11/2019	TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Especímenes CILÍNDRICOS DE 4" x 8"		
F ^c de diseño	: 210 kg/cm ²		

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

Deformación Unitaria mm/mm	Esfuerzo kg/cm ²
0.000000	0.00
0.000008	6.33
0.000031	12.66
0.000071	18.98
0.000110	25.31
0.000126	31.64
0.000149	37.97
0.000165	44.30
0.000181	50.63
0.000188	56.95
0.000220	63.28
0.000243	69.61
0.000275	75.94
0.000306	82.27
0.000314	88.59
0.000338	94.92
0.000361	101.25
0.000400	107.58
0.000447	113.91
0.000479	120.24
0.000495	126.56



DATOS DE LA MUESTRA:

Identificación : PROBETA N°1 CON 1.0% DE CAUCHO NORMAL $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
 Método de curado utilizado : Sumergido en agua
 Fecha de vaciado : 15/10/2019
 Edad : 28 días

RESULTADOS

MÓDULO DE ELASTICIDAD	
Módulo E_c kg/cm ²	248,230
Cte. Elás. f_c Ult.	14,174
Cte. Elás. f_c Nomin.	17,129

Fuente: ASTM C469

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL


INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Noemi C. Sanchez Huaman INGENIERA CIVIL - CIP N°: 195029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:
		COC - LEM	D:
		Nombre y firma:	M:
		 Jony C. Gutierrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:

Mz B Lote11, Urb. Ampliación Los Portales de Chavin 4ta Etapa, San Martin de Porres

Tel.: (01) 467-8957 Cel.: 924 513 299 930 267 190

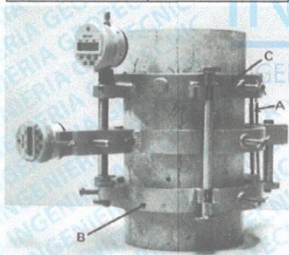
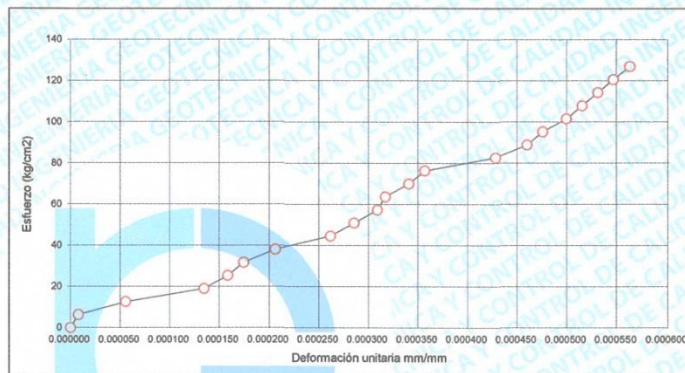
www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com

Anexo 27: Cálculos y resultados Gráfica Esfuerzo – Deformación (Diseño F).

	INFORME		Código	AE-FO-125
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	1 de 1
PROYECTO	: Adición de Caucho de neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gama para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto F'c = 210 kg/cm ² , Lima 2019		REGISTRO N°:	IGC19-LEM-419-20
SOLICITANTE	: Viviana Sofia Germán Guillén		REALIZADO POR :	R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: ---		REVISADO POR :	J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO	: ---		FECHA DE ENSAYO :	13/11/19
FECHA DE EMISIÓN	: 20/11/2019		TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido			
Presentación	: Especímenes CILINDRICOS DE 4" x 8"			
F'c de diseño	: 210 kg/cm ²			

MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO ASTM C469

Deformación Unitaria mm/mm	Esfuerzo kg/cm ²
0.000000	0.00
0.000008	6.35
0.000056	12.71
0.000135	19.06
0.000159	25.41
0.000174	31.77
0.000206	38.12
0.000262	44.47
0.000285	50.83
0.000309	57.18
0.000317	63.53
0.000341	69.89
0.000357	76.24
0.000428	82.60
0.000460	88.95
0.000476	95.30
0.000500	101.66
0.000515	108.01
0.000531	114.36
0.000547	120.72
0.000563	127.07



Fuente: ASTM C469

DATOS DE LA MUESTRA:
 Identificación : PROBETA N°1 CON 1.5% DE CAUCHO NORMAL F'c = 210 kg/cm²
 Método de curado utilizado : Sumergido en agua
 Fecha de vaciado : 15/10/2019
 Edad : 29 días

RESULTADOS	
MÓDULO DE ELASTICIDAD	
Módulo Ec kg/cm ²	226,400
Cte. Elás. fc Ult.	12,649
Cte. Elás. fc Nomin.	15,623

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:	 Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	A:

Mz B Lote11, Urb. Ampliación Los Portales de Chavín 4ta Etapa, San Martín de Porres

Tel: (01) 467-8957 Cel: 924 513 299 930 267 190

www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com

Anexo 28: Certificado de calibración (Balanza Electrónica).



PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN, MANTENIMIENTO Y VENTAS DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA
RUC N° 20602182721

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PT - LM - 095 - 2019

Página 1 de 4

<p>1. Expediente 800-2019</p> <p>2. Solicitante INGEOCONTROL S.A.C.</p> <p>3. Dirección MZA. B LOTE. 11 URB. AMPLIACION LOS PORTALES DE CHAVIN 4TA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES</p> <p>4. Equipo de medición BALANZA ELECTRÓNICA</p> <p style="padding-left: 20px;">Capacidad Máxima 250 g</p> <p style="padding-left: 20px;">División de escala (d) 0.0001 g</p> <p style="padding-left: 20px;">Div. de verificación (e) 0.001 g</p> <p style="padding-left: 20px;">Clase de exactitud I</p> <p style="padding-left: 20px;">Marca DENVER INSTRUMENT COMPANY</p> <p style="padding-left: 20px;">Modelo AA-250</p> <p style="padding-left: 20px;">Número de Serie B032815</p> <p style="padding-left: 20px;">Capacidad mínima 0.0020 g</p> <p style="padding-left: 20px;">Procedencia U.S.A.</p> <p style="padding-left: 20px;">Identificación NO INDICA</p> <p>5. Fecha de Calibración 2019-02-13</p>	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
--	--

<p>Fecha de Emisión</p> <p>2019-02-15</p>	<p>Jefe del Laboratorio de Metrología</p>  <p>MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES</p>	<p>Sello</p> 
--	--	---

Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 764 5730



PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN, MANTENIMIENTO Y VENTAS DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 095 - 2019

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II", Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.

7. Lugar de calibración

En las instalaciones del cliente
MZA. B LOTE. 11 URB. AMPLIACION LOS PORTALES DE CHAVIN 4TA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20.6 °C	20.6 °C
Humedad Relativa	56%	56%



9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia	JUEGO DE PESAS 1 g a 1 kg (Clase de Exactitud: F1)	METROIL M-0842-2018

10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (**) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.

Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 764 5730



PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN, MANTENIMIENTO Y VENTAS DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 095 - 2019

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	21.2 °C	21.2 °C

Medición N°	Carga L1 = 120 g			Carga L2 = 250 g			
	f (g)	ΔL (mg)	E (mg)	f (g)	ΔL (mg)	E (mg)	
1	119.9970	-	-2.950	249.9911	-	-8.850	
2	119.9971	-	-2.850	249.9912	-	-8.750	
3	119.9974	-	-2.550	249.9915	-	-8.450	
4	119.9970	-	-2.950	249.9915	-	-8.450	
5	119.9972	-	-2.750	249.9914	-	-8.550	
6	119.9970	-	-2.950	249.9915	-	-8.450	
7	119.9973	-	-2.650	249.9914	-	-8.550	
8	119.9970	-	-2.950	249.9915	-	-8.450	
9	119.9971	-	-2.850	249.9915	-	-8.450	
10	119.9973	-	-2.650	249.9916	-	-8.350	
Diferencia Máxima			0.400	Diferencia Máxima			0.500
Error Máximo Permissible			3	Error Máximo Permissible			3

ENSAYO DE EXCENRICIDAD



Posición
de las
cargas

	Inicial	Final
Temperatura	21.9 °C	22.0 °C



Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec					
	Carga Mínima*	f (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	f (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
1		0.0008	-	-0.150		79.9977	-	-2.250	-2.100	
2		0.0008	-	-0.150		79.9971	-	-2.850	-2.700	
3	0.0010	0.0009	-	-0.050	80.0000	79.9972	-	-2.750	-2.700	
4		0.0008	-	-0.150		79.9978	-	-2.150	-2.000	
5		0.0007	-	-0.250		79.9972	-	-2.750	-2.500	
* Valor entre 0 y 10e									Error máximo permisible	3

Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 764 5730



PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN, MANTENIMIENTO Y VENTAS DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 095 - 2019

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	21.7 °C	21.8 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e m p ** (± mg)
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
0.0010	0.0009	-	-0.050						
0.0020	0.0019	-	-0.050	0.000	0.0015	-	-0.450	-0.400	1
1.0000	1.0005	-	0.550	0.600	0.9992	-	-0.750	-0.700	1
10.0000	10.0008	-	0.850	0.900	9.9989	-	-1.050	-1.000	2
50.0000	50.0012	-	1.250	1.300	49.9978	-	-2.150	-2.100	3
80.0000	80.0018	-	1.850	1.900	79.9986	-	-1.350	-1.300	3
100.0000	100.0021	-	2.150	2.200	99.9989	-	-1.050	-1.000	3
120.0000	120.0025	-	2.550	2.600	119.9975	-	-2.450	-2.400	3
150.0000	150.0031	-	3.150	3.200	149.9981	-	-1.850	-1.800	3
200.0000	200.0036	-	3.650	3.700	199.9985	-	-1.450	-1.400	3
250.0000	250.0039	-	3.950	4.000	250.0039	-	3.950	4.000	3

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza
l: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional
E: Error encontrado

E₀: Error en cero
E_c: Error corregido.



Incertidumbre expandida de medición

$$U = 2 \times \sqrt{(0.000002 \text{ g}^2 + 0.0000000000489 \text{ R}^2)}$$

Lectura corregida

$$R_{\text{CORREGIDA}} = -R + 0.0000191 R$$

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento

Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 764 5730

Anexo 29: Certificado de calibración (Calibración Sistema de Celda de Carga).

LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS
ANTISISMICAS



INFORME TÉCNICO

EXPEDIENTE : INF- LE 272-18

SOLICITANTE : **PERUTEST S.A.C.**
Calle Yahuar Huaca N°215
Comas, Lima
Att. : Sr. Alejandro Flores

TITULO : CALIBRACION DE SISTEMA DE CELDA
DE CARGA
Celda de Carga Modelo: 150-AE
Capacidad: 150000 kg
N° serie: 5Y97826
INDICADOR DIGITAL: HIGH WEIGHT
Modelo: TP9902
N° serie: 150502075

FECHA : San Miguel, 23 de noviembre de 2018



D. Daniel Torrevalva D.
Jefe del Laboratorio de
Estructuras Antisismicas

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Av. Universitaria 1801, San Miguel
T: 51-1 626-2000 anexo 4640
F: 51-1 626 2089
ledi@pucp.pe

www.pucp.edu.pe

CALIBRACION DE SISTEMA CELDA DE CARGA

1. GENERALIDADES.

PERUTEST S.A.C. solicitó al Laboratorio de Estructuras de la Pontificia Universidad Católica del Perú efectuar la calibración de un sistema de medición de carga comprendido por una celda de carga y un indicador digital.

Esta operación fue efectuada por personal del Laboratorio de Estructuras. La calibración se efectuó en el Laboratorio de Estructuras el día 19 de noviembre de 2018.

2. EQUIPO CALIBRADO.

Celda de carga:
- Modelo : 150-AE
- N° serie : 5Y97826
- Capacidad: 150000 kg (nominal)

Indicador Digital: HIGH WEIGHT
- Modelo : TP9902
- N° serie : 150502075
- Capacidad : 150000 kg
- Resolución : 5 kg

3 EQUIPO EMPLEADO.

- Marco de reacción de perfiles mecano.
- Celda de carga, HBM, C6A, N° 123030019, 2 MN, con última calibración efectuada el 22 de agosto de 2018.
- Amplificador, HBM-MGCplus1 ch5
- Celda de carga, HBM, C3H, N° 87747, 1000 kN, con última calibración efectuada el 21 de febrero de 2018.
- Amplificador, HBM-MGCplus1 ch6
- Gata hidráulica, LUKAS, HP 200/200, 500bar, Nr.300
- Bomba hidráulica manual, LUKAS, ZPH3/8, PN. 700 SER N°: 263915

4. PROCEDIMIENTO SEGUIDO.

Para la realización de la calibración se tomó como referencia la norma ASTM E74-18 y de acuerdo con el cliente se procedió a aplicar los valores de carga indicados en la página 3/3.

El proceso de calibración consistió en la aplicación de tres series de carga a la celda mediante una gata hidráulica en serie con la celda patrón.

5. RESULTADOS.

En la página 3/3 se presentan los resultados de la calibración efectuada.
Se recomienda recalibrar el equipo a intervalos apropiados.

INF-LE: 272-18





Celda Calibrada: Modelo 150-AE
 N° serie: 5Y97826
 Indicador Digital: HIGH WEIGHT
 Resolución: 5 kg
 Celda patrón: HBM #serie: 87747 Capacidad: 1000 kN Incertidumbre = 1,3 kN
 Amplificador usado: HBM-MGCplus1 ch8
 Calibrada en LEDI-PUCP el 21 de febrero 2018
 Celda patrón: HBM #serie: 123030019 Capacidad: 2000kN Incertidumbre = 2,6 kN
 Amplificador usado: HBM-MGCplus1 ch5
 Calibrada en LEDI-PUCP el 22 de agosto 2018
 Celdas patrones calibradas con patrones trazables al National Standards
 Testing Laboratory de Maryland - USA y al DKD de Alemania
 Norma de referencia: ASTM E74-18
 Fecha: 2018-11-19 Ejecutores: M. Huamancayo P. - R.J. Castañeda
 La calibración está referida a 23 °C

PATRON (kg)			LECTURA HIGH WEIGHT (kg)		
17033	17033	17033	17045	17045	17045
30059	30058	30058	30095	30075	30060
45085	45084	45084	45180	45135	45110
60109	60108	60108	60220	60195	60160
75130	75128	75128	75300	75285	75245
90148	90146	90146	90405	90365	90350
100159	100156	100156	100500	100445	100400
122814	122804	122798	122440	121695	121530
143282	143270	143262	142965	142135	141935
149424	149412	149404	149130	148260	148075

La ecuación de ajuste por el método de mínimos cuadrados según la norma citada es:

$$\text{DEFLEXION} = A + B (\text{CARGA}) + C (\text{CARGA})^2$$

Siendo los coeficientes:
 A = -350.6719811433
 B = 1.0184226649
 C = -0.0000001557

Nota: DEFLEXION es la lectura directa del indicador digital HIGH WEIGHT

Obteniéndose como resultado:

LLF = 809.0 kg
 U = 1713 kg

La Incertidumbre expandida, para k=2, ha sido calculada para 150000 kg

Este informe contiene 3 páginas.

Prohibida la reproducción parcial de este Informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Estructuras Antisísmicas.

INF-LE 272-18



Anexo 30: Certificado de calibración (Pesas de trabajo).



Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC-014



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-0412-2018

SERV-0569-2018
 Pág. 1 de 2

- 1. Cliente** : PERUTEST S.A.C.
Dirección : Cal. Yahuar Huaca Nro. 215 Urb. San Agustín -
 Comas - Lima - Lima
- 2. Patrón de medición** : Pesa
Marca : No indica
Número de serie : No indica
Procedencia : No indica
Identificación : KM17-012
Valor Nominal : 20 kg
Clase de exactitud : M2
Material : Hierro fundido
Cantidad : 1
- 3. Fecha y lugar de calibración**
Fecha de calibración : 2018-06-20
Lugar de calibración : Laboratorio de Calibración de SAT S.A.C. - Sala 2

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

Este certificado de calibración es emitido en base a los resultados obtenidos en nuestro laboratorio, es válido únicamente al objeto calibrado en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se recomienda al cliente recalibrar sus instrumentos y equipos a intervalos apropiados de acuerdo a su uso, conservación y mantenimiento.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Esta prohibida toda reproducción parcial del presente certificado sin la autorización previa y expresa de SAT.

SAT S.A.C., no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo, ni de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.

El certificado de calibración sin la firma y sellos del responsable de SAT carecen de validez.

- 4. Método de calibración**
 La calibración se realizó por comparación directa, usando para la secuencia de pesadas el método de simple sustitución, según el PC - 008, 2da Ed.
 "Procedimiento para la Calibración de Pesas de Trabajo clases M2, M2-3 y M3" del INDECOPI-SNM.

- 5. Trazabilidad**
 Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM.
 Se utilizaron las siguientes pesas patrones con sus respectivos certificados de calibración.

CÓDIGO	CLASE DE EXACTITUD	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
LM-PM1-06	M1	M-0962-2017

Fecha de emisión: 2018-06-20



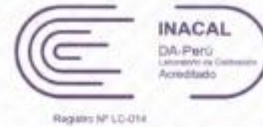
JORGÉ R. QUILLÉ RAMOS
 Jefe de Laboratorio de Masa (e)



Ing. YANET I. MALDONADO PANÉZ
 Jefe de División de Metrología



Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO Nº LC-014



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº LM-0412-2018
 Pág. 2 de 2

6. Resultados de medición

Condiciones ambientales

	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA (°C)	21,9	22,0
HUMEDAD RELATIVA (%)	56	55
PRESIÓN ATMOSFÉRICA (mbar)	1005	1005

IDENTIFICACIÓN	VN	MASA CONVENCIONAL	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA	FORMA	MATERIAL	COLOR	CAVIDAD DE AJUSTE	EMP M ₂
KM17-012	20 kg	20 kg + 0,5 g	0,5 g	Paralelepípeda	Hierro fundido	Negro	Tiene	3 g

VN= Valor Nominal

EMP= Error máximo permisible

La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura $k = 2$, de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.

7. Observaciones

- La identificación se encuentra pintada en la pesa.



Anexo 31: Certificado de calibración (Pesas de trabajo).



Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC-014



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-0413-2018

SERV-0569-2018
 Pág. 1 de 2

- 1. Cliente** : PERUTEST S.A.C.
Dirección : Cal. Yahuar Huaca Nro. 215 Urb. San Agustín -
 Comas - Lima - Lima
- 2. Patrón de medición** : Pesa
Marca : No indica
Número de serie : No indica
Procedencia : No indica
Identificación : KM17-011
Valor Nominal : 10 kg
Clase de exactitud : M2
Material : Hierro fundido
Cantidad : 1
- 3. Fecha y lugar de calibración**
Fecha de calibración : 2018-06-20
Lugar de calibración : Laboratorio de Calibración de SAT S.A.C. - Sala 1

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

Este certificado de calibración es emitido en base a los resultados obtenidos en nuestro laboratorio, es válido únicamente al objeto calibrado en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se recomienda al cliente recalibrar sus instrumentos y equipos a intervalos apropiados de acuerdo a su uso, conservación y mantenimiento.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Esta prohibida toda reproducción parcial del presente certificado sin la autorización previa y expresa de SAT.

SAT S.A.C., no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo, ni de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.

El certificado de calibración sin la firma y sellos del responsable de SAT carecen de validez.

- 4. Método de calibración**
 La calibración se realizó por comparación directa, usando para la secuencia de pesadas el método de simple sustitución, según el PC - 008, 2da Ed.
 Procedimiento para la Calibración de Pesas de Trabajo clases M2, M2-3 y M3 del INDECOPI-SNM.

- 5. Trazabilidad**
 Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM. Se utilizaron las siguientes pesas patrones con sus respectivos certificados de calibración.

CÓDIGO	CLASE DE EXACTITUD	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
LM-PM1-05	M1	M-0961-2017

Fecha de emisión: 2018-06-20



JORGE R. QUILLE RAMOS
 Jefe de Laboratorio de Masa (e)



Ing. YANET R. MALDONADO PANÉZ
 Jefe de División de Metrología



Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC-014



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-0413-2018
Pág. 2 de 2

6. Resultados de medición

Condiciones ambientales

	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA (°C)	21,7	21,7
HUMEDAD RELATIVA (%)	51	51
PRESIÓN ATMOSFÉRICA (mbar)	1006	1006

IDENTIFICACIÓN	VN	MASA CONVENCIONAL	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA	FORMA	MATERIAL	COLOR	CAVIDAD DE AJUSTE	EMP M ₂
KM17-011	10 kg	10 kg + 0,10 g	0,25 g	Paralelepípeda	Hierro fundido	Negro	Tiene	1,6 g

VN= Valor Nominal

EMP= Error máximo permisible

La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura $k = 2$, de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.

7. Observaciones

- La identificación se encuentra pintada en la pesa.



Anexo 32: Certificado de calibración (Pesas de trabajo).



Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.
 LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
 ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
 CON REGISTRO N° LC-014



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-0414-2018

SERV-0569-2018
 Pág. 1 de 2

- 1. Cliente** : PERUTEST S.A.C.
Dirección : Cal. Yahuar Huaca Nro. 215 Urb. San Agustín -
 Comas - Lima - Lima
- 2. Patrón de medición** : Pesa
Marca : No indica
Número de serie : No indica
Procedencia : No indica
Identificación : KM17-010
Valor Nominal : 5 kg
Clase de exactitud : M2
Material : Hierro fundido
Cantidad : 1
- 3. Fecha y lugar de calibración**
Fecha de calibración : 2018-06-20
Lugar de calibración : Laboratorio de Calibración de SAT S.A.C. - Sala 1

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

Este certificado de calibración es emitido en base a los resultados obtenidos en nuestro laboratorio, es válido únicamente al objeto calibrado en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se recomienda al cliente recalibrar sus instrumentos y equipos a intervalos apropiados de acuerdo a su uso, conservación y mantenimiento.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Esta prohibida toda reproducción parcial del presente certificado sin la autorización previa y expresa de SAT.

SAT S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo, ni de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.

El certificado de calibración sin la firma y sellos del responsable de SAT carecen de validez.

- 4. Método de calibración**
 La calibración se realizó por comparación directa, usando para la secuencia de pesadas el método de simple sustitución, según el PC - 008, 2da Ed.
 "Procedimiento para la Calibración de Pesas de Trabajo clases M2, M2-3 y M3" del INDECOPI-SNM.

- 5. Trazabilidad**
 Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM. Se utilizaron las siguientes pesas patrones con sus respectivos certificados de calibración.

CÓDIGO	CLASE DE EXACTITUD	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
LM-PM1-04	M1	M-0960-2017

Fecha de emisión: 2018-06-20



JORGE R. QUILLE RAMOS
 Jefe de Laboratorio de Masa (e)



Ing. YANET MALDONADO PANÉZ
 Jefe de División de Metrología



Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.
 LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
 ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
 CON REGISTRO Nº LC-014



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº LM-0414-2018
 Pág. 2 de 2

6. Resultados de medición

Condiciones ambientales

	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA (°C)	21,7	21,5
HUMEDAD RELATIVA (%)	51	51
PRESIÓN ATMOSFÉRICA (mbar)	1006	1006

IDENTIFICACIÓN	VN	MASA CONVENCIONAL	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA	FORMA	MATERIAL	COLOR	CAVIDAD DE AJUSTE	EMP M_2
KM17-010	5 kg	5 kg + 0,06 g	0,19 g	Paralelepípeda	Hierro fundido	Negro	Tiene	0,8 g

VN= Valor Nominal

EMP= Error máximo permisible

La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura $k = 2$, de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.

7. Observaciones

- La identificación se encuentra pintada en la pesa.



Anexo 33: Certificado de calibración (Máquina de Compresión Axial Electro -
Hidráulica).



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CMC-106-2019**

Peticionario : INGEOCONTROL SAC
 Atención : INGEOCONTROL SAC
 Lugar de calibración : Calle 16. Mz. B lote 11 Urb. Ampliación los Portales de Chavin 4° Etapa - SMP.
 Tipo de equipo : Máquina de Compresión Axial Eléctro-hidráulica
 Capacidad del equipo : 1,112 kN (250,000 lbf. ó 113 TN)
 División de escala : 0.1 kN
 Marca : ELE - INTERNATIONAL
 Modelo : No Indica.
 N° de serie del equipo : PC 001 Código : LC-001
 Lector digital : ADR TOUCH ELE-INTERNATIONAL
 N° de serie lector digital : 1887-1-00082
 Procedencia : USA
 Método de calibración : ASTM E-4 "Standard Practices for Force Verification of Testing Machines"
 Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 19,6°C / 64%
 Temp.(°C) y H.R.(%) final : 19,7°C / 64%
 Patrón de referencia : Trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards & Technology), patrón utilizado Morehouse, N° de serie C-8294, clase A, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-18, certificado de calibración reporte N° C-8294(ASRET)K0518
 Número de páginas : 2
 Fecha de calibración : 2019-10-25

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2019-10-28	 Vladimir Tello Torre TECNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAJAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286

CMC-106-2019

Página 1 de 2

Resultados de medición

Dirección de carga : Compresión

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kN)	1° ascenso	2° ascenso	3° ascenso			
		(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(%)	U (%)
0	0	0	0	0	0	0,0	0,1
9	100	99,98	101,13	100,20	100,40	-0,4	0,1
18	200	199,31	199,68	200,90	200,00	0,0	0,1
27	300	301,78	302,02	301,85	301,90	-0,6	0,1
36	400	401,75	401,02	400,62	401,10	-0,3	0,1
45	500	501,43	503,39	501,85	502,20	-0,4	0,1
54	600	604,82	602,78	604,07	603,90	-0,6	0,1
63	700	704,63	702,39	705,95	704,30	-0,6	0,1
72	800	805,46	800,30	805,27	803,70	-0,5	0,1
81	900	896,50	894,15	898,70	896,50	0,4	0,1

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

Notas

El usuario está obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado.



Anexo 34: Certificado de calibración (Patrón de Masa Pesas).



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION
INACAL - DA CON REGISTRO Nº LC - 001



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº M-0842-2018

Fecha de emisión : 2018 - 07 - 03

EXP.: 77794

Pág. 1 de 2

1. **Solicitante** : PERUTEST S.A.C.
2. **Dirección** : Calle Yahuar Huaca Nº 215 Urb. San Agustín Comas - Lima - Lima
3. **Medida materializada** : Pesas
 - **Marca** : FUYUE
 - **Material** : Acero inoxidable
 - **Procedencia** : No Indica
 - **Código** : 31ZP30
 - **Valor Nominal** : 1mg a 1 kg (*)
 - **Clase de exactitud** : F1
 - **Cantidad** : 25 unidades (**)
 - **Ubicación** : No Indica
4. **Lugar de calibración** : Laboratorio de Masa - METROIL S.A.C.
5. **Fecha de calibración** : 2018-06-28
6. **Método de calibración**

La calibración se efectuó mediante el método de doble sustitución con los patrones del laboratorio, según el PC-016 1ª Ed. : 2007 "Procedimiento para la calibración de pesas de precisión" del INDECOPI - SNM.

7. **Trazabilidad**

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a patrones nacionales y/o internacionales, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

Código	Instrumento Patrón	Certificado de calibración
IM-1123	Pesa patrón Clase : E2	M-1157-2017/ METROIL S.A.C.

8. **Condiciones de calibración**

- **Temperatura Ambiental** : 21,6 °C a 20,5 °C
- **Humedad Relativa** : 52,4 %H.R. a 50 %H.R.
- **Presión Atmosférica** : 1005 mbar

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

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

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de METROIL S.A.C.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de METROIL S.A.C.

CESAR GUIZA VILLANUEVA
Jefe del Laboratorio de Masa

METROLOGIA E INGENIERIA LINO S.A.C.

Av. Venezuela Nº 2040 Lima 01 - Perú Central Telef.: (511) 713-9080 / (511) 713-5656 / 999 072 424

Consulta Técnica: (511) 713-5610 / 975 432 445 / RPM #958 436 704 Email: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe



9. Resultados

Nº	IDENTIF.	FORMA	CAVIDAD DE AJUSTE	VALOR NOMINAL	MASA CONVENCIONAL	INCERTIDUMBRE	E.M.P. (±) (F1)
1	--	Cilíndrica con botón	TIENE	200 g	200 g + 0,5 mg	0,3 mg	1,0 mg
2	*	Cilíndrica con botón	TIENE	200 g	200 g + 0,5 mg	0,3 mg	1,0 mg
3	--	Cilíndrica con botón	TIENE	100 g	100 g + 0,21 mg	0,16 mg	0,5 mg
4	--	Cilíndrica con botón	TIENE	50 g	50 g + 0,07 mg	0,10 mg	0,3 mg
5	*	Cilíndrica con botón	TIENE	20 g	20 g + 0,08 mg	0,08 mg	0,25 mg
6	--	Cilíndrica con botón	TIENE	20 g	20 g + 0,08 mg	0,08 mg	0,25 mg
7	--	Cilíndrica con botón	NO TIENE	10 g	10 g + 0,09 mg	0,06 mg	0,20 mg
8	--	Cilíndrica con botón	NO TIENE	5 g	5 g + 0,04 mg	0,05 mg	0,16 mg
9	*	Cilíndrica con botón	NO TIENE	2 g	2 g + 0,04 mg	0,04 mg	0,12 mg
10	--	Cilíndrica con botón	NO TIENE	2 g	2 g + 0,03 mg	0,04 mg	0,12 mg
11	--	Cilíndrica con botón	NO TIENE	1 g	1 g + 0,02 mg	0,03 mg	0,10 mg
12	--	Laminar	NO TIENE	0,5 g	0,5 g + 0,020 mg	0,025 mg	0,08 mg
13	--	Laminar	NO TIENE	0,2 g	0,2 g + 0,030 mg	0,020 mg	0,06 mg
14	--	Laminar	NO TIENE	0,2 g	0,2 g + 0,030 mg	0,020 mg	0,06 mg
15	--	Laminar	NO TIENE	0,1 g	0,1 g + 0,013 mg	0,016 mg	0,05 mg
16	--	Laminar	NO TIENE	0,05 g	0,05 g + 0,018 mg	0,012 mg	0,04 mg
17	--	Laminar	NO TIENE	0,02 g	0,02 g + 0,017 mg	0,010 mg	0,03 mg
18	*	Laminar	NO TIENE	0,02 g	0,02 g + 0,011 mg	0,010 mg	0,03 mg
19	--	Laminar	NO TIENE	0,01 g	0,01 g + 0,009 mg	0,008 mg	0,025 mg
20	--	Laminar	NO TIENE	0,005 g	0,005 g + 0,010 mg	0,006 mg	0,020 mg
21	--	Laminar	NO TIENE	0,002 g	0,002 g + 0,007 mg	0,006 mg	0,020 mg
22	--	Laminar	NO TIENE	0,002 g	0,002 g + 0,016 mg	0,006 mg	0,020 mg
23	--	Laminar	NO TIENE	0,001 g	0,001 g + 0,002 mg	0,006 mg	0,020 mg

La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k = 2$ que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95 %.

E.M.P: Error Máximo Permissible

10. Observaciones :

- Manipular con cuidado y mantener limpias las pesas.
- Se colocó en el estuche una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO", identificada con el Nº A-02925
- (*) Se calibro las pesas de 1 mg hasta 200 g.
- (**) La cantidad de pesas que se calibro son de 23 unidades.

FIN DEL DOCUMENTO

Anexo 35: Certificado de calibración (Vernier).



PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA- QUIMICA
RUC N° 20602182721

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PT - LL - 035 - 2019

Página 1 de 3

1. Expediente	800-2019	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	INGEOCONTROL S.A.C.	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aqui declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
3. Dirección	MZA. B LOTE. 11 URB. AMPLIACION LOS PORTALES DE CHAVIN 4TA ETAPA LIMA - LIMA	
4. Instrumento de Medición	VERNIER (PIE DE REY)	
Alcance de indicación	0 mm a 150 mm / 0 pulg. a 6 pulg.	
División de Escala / Resolución	0.01 mm / 0.0005 pulg.	
Marca	UBERMAN	
Modelo	NO INDICA	
Número de Serie	NO INDICA (*)	
Procedencia	NO INDICA	
Identificación	NO INDICA	
Tipo de indicación	DIGITAL	
5. Fecha de Calibración	2019-02-13	

Fecha de Emisión	Jefe del Laboratorio de Metrología	Sello
2019-02-15	 MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES	

Principal: Calle Yahuar Huaca Nro. 215 - Urb. San Agustín II Etapa - Comas - Lima
 Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque
 Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224
 E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe



PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA- QUIMICA
RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LL - 035 - 2019

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por comparación entre bloques patrones calibrados y la indicación del instrumento a calibrar tomando como referencia el método descrito en el PC-012: "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey" del SNM-INDECOPI. Segunda Edición.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.
MZA. B LOTE. 11 URB. AMPLIACION LOS PORTALES DE CHAVIN 4TA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES

8. Condiciones Ambientales

	minima	máxima
Temperatura	22.3 °C	22.6 °C
Humedad Relativa	61 %	68 %



9. Patrones de Referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL	BLOQUES PATRON DE LONGITUD MARCA: INSIZE	LLA-C-070-2018

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- (*) Serie grabada en el instrumento.
- El instrumento presenta errores menores a los errores máximos permisibles.

Principal: Calle Yahuar Huaca Nro. 215 - Urb. San Agustín II Etapa - Comas - Lima
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224
E-mail : ventas@perutest.com.pe , Web: www.perutest.com.pe



PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA- QUIMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LL - 035 - 2019

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

VALOR PATRÓN (mm)	INDICACIÓN DEL PIE DE REY			MAXIMO ERROR ENCONTRADO (± μm)	ERRORES MAXIMOS PERMITIDOS (± μm)
	EXTERIOR (mm)	INTERIOR (mm)	PROFUNDIDAD (mm)		
10.000	10.000	10.000	10.000	0	20
20.000	20.004	20.003	20.000	4	20
40.000	40.002	40.000	40.000	2	20
80.000	80.002	80.003	80.000	3	20
100.000	100.002	100.000	100.002	2	20
150.000	150.002	150.000	150.000	2	20

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN : 1.5 μm ; para k=2

12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.



Principal: Calle Yahuar Huaca Nro. 215 - Urb. San Agustín II Etapa - Comas - Lima
 Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque
 Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224
 E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe

Anexo 36: Cotización por servicios de laboratorio.



COTIZACIÓN
N° IGC19-LEM-419

San Martín de Porres, 17 de septiembre del 2019

Cliente : Universidad César Vallejo

N° RUC : ---

Proyecto : Adición de Caucho de neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gama para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto F_c = 210 kg/cm², Lima 2019

Ubicación : Ate Vitarte, Lima

Solicitante : Viviana Sofía Germán Guillén

Email - contacto : vivianagermanguillen@gmail.com

Teléfono : 974 633 981

Es grato dirigirme a usted para cotizar lo siguiente: "SERVICIO DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA TESIS"

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO	NORMA (s)	CANT	U. MED	V. UNIT	TOTAL
1	Diseño de mezcla de concreto - patrón, incluye ensayos físicos en agregados (humedad, granulometría, peso específico, absorción, peso unitario suelto y varillado).	Varias	1	Uni	S/ 380.00	S/ 380.00
2	Mezclas de concreto con variaciones de caucho convencional (0.9%, 1%, 1.2%)	Varias	3	Uni	S/ 200.00	S/ 600.00
3	Mezclas de concreto con variaciones de caucho irradiado con rayos Gamma (0.9%, 1%, 1.2%)	Varias	3	Uni	S/ 200.00	S/ 600.00
4	Curado y compresión de probetas de 6" x 12" - patrón	Varias	9	Uni	S/ 15.00	S/ 135.00
5	Curado y compresión de probetas de 6" x 12" - Caucho convencional	Varias	27	Uni	S/ 15.00	S/ 405.00
6	Curado y compresión de probetas de 6" x 12" - Caucho irradiado con rayos Gamma	Varias	27	Uni	S/ 15.00	S/ 405.00
SUB TOTAL						S/ 2,525.00
IGV (18%)						S/ 454.50
TOTAL						S/ 2,979.50

COTIZACIÓN
N° IGC19-LEM-419

San Martín de Porres, 17 de septiembre del 2019

Cliente : Universidad César Vallejo

N° RUC : ---

Proyecto : Adición de Caucho de neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gama para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto F'c = 210 kg/cm2, Lima 2019

Ubicación : Ate Vitarte, Lima

Solicitante : Viviana Sofía Germán Guillén

Email - contacto : vivianagermanguillen@gmail.com

Teléfono : 974 633 981



TOTAL		S/	2,979.50
SERVICIO AFECTO A DETRACCIÓN (12%)			Afecto

NÚMEROS DE CUENTA:

Cuenta corriente BBVA Continental Soles: 0011-0174-0100045491-06

CCI BBVA: 011-174-000100045491-06

Cuenta de detracciones BN: 00-059-106031

FORMA DE PAGO:

- Moneda nacional soles S/ (PEN)
- 35% por adelantado
- 35% al finalizar la mezcla patrón
- 30% al finalizar el servicio previo a la entrega de resultados en físico

	S/
	1,042.83
	S/
	1,042.83
	S/
	893.85

(88%)

S/ 2,621.50

S/ 358.00

DE LA ORDEN DE SERVICIO DEL SOLICITANTE:

Remitir la orden de servicio/compra a nombre de: INGEOCONTROL S.A.C. - RUC 20602979190

DE LAS MUESTRAS:

La presente propuesta no incluye insumos de ningún tipo para la elaboración de mezclas. Para su proyecto de tesis el solicitante deberá remitir lo siguiente:

Agregado grueso (piedra chancada 1/2"): 10 bolsas x 40 kg

Agregado fino (arena gruesa): 10 bolsas de 40 kg

Cemento (del tipo a usar): 4 Bolsas

Caucho convencional: 4.5 kg

Caucho irradiado con rayos Gamma: 4.5 kg

COTIZACIÓN
N° IGC19-LEM-419

San Martín de Porres, 17 de septiembre del 2019

Cliente : Universidad César Vallejo

N° RUC : ---

Proyecto : Adición de Caucho de neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gama para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto F'c = 210 kg/cm2, Lima 2019

Ubicación : Ate Vitarte, Lima

Solicitante : Viviana Sofía Germán Guillén

Email – contacto : vivianagermanguillen@gmail.com

Teléfono : 974 633 981

LABORATORIOS TERCERIZADOS:

1. La presente propuesta no contempla tercerizar servicios de ensayos, todos los ensayos serán realizados en el Laboratorio de INGENEOCONTROL.

TIEMPO DE ENTREGA:

Actividades de campo: **35 días contados desde la recepción de las muestras y confirmado el primer pago.**

CONDICIONES DEL SERVICIO

Generales:

- a) A la aceptación de la presente cotización el cliente asume pleno conocimiento de los requisitos necesarios para la adecuada realización de los ensayos, en caso contrario esto será de su absoluta responsabilidad.
- b) Se considera para la ejecución del servicio la Norma de Ensayos indicada en esta cotización.
- c) Para la programación e inicio del servicio, se deberá cumplir con las condiciones de pagos indicadas y acordadas líneas arriba.
- d) Si tiene alguna duda, queja o sugerencia referente a nuestros servicios, sírvase contactarse con nosotros al email informes@ingeocontrol.com
- e) INGENEOCONTROL **NO** se responsabiliza por los plazos incumplidos, debido a razones ajenas a nosotros, hechos fortuitos y/o de fuerza mayor.
- f) La entrega de los Informes de Ensayos físicos e Informes Técnicos se realizarán en nuestras instalaciones ubicadas en Mz. B Lote 11, Urb. Ampliación Los Portales de Chavín 4ta etapa, distrito de San Martín de Porres, Lima (Referencia: Alt. Av. El Sol de Naranjal y Av. Pacasmayo, buscar INGENEOCONTROL en el Google Maps), salvo acuerdos con el cliente, previa cancelación del servicio y pago de la detracción.
- g) El cliente será responsable de pagar una penalidad del 0.5% del total por concepto de mora a partir del día siguiente de finalizado el plazo de pago acordado para la presente propuesta el plazo vence a los 7 días útiles de entregada la factura final.
- h) Para casos de controversia legal por pagos atrasados o moras incumplidas las cuales no hayan sido atendidas pasado los 30 días de facturación, el expediente crediticio será derivado a nuestro agente legal NETPAG quien se hará cargo del cobro administrativo o judicial según sea el caso siendo el solicitante quien cubra los gastos legales generados desde el inicio hasta el final del proceso e informando su estado de deudor al SBS.

INGENEOCONTROL S.A.C.
RUC: 20602979190
Tel.: (01) 6833852

AD-F-01 / Rev.03

Página 3 de 5

COTIZACIÓN
N° IGC19-LEM-419

San Martín de Porres, 17 de septiembre del 2019

Cliente : Universidad César Vallejo
N° RUC : ---
Proyecto : Adición de Caucho de neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gama para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto F'c = 210 kg/cm2, Lima 2019
Ubicación : Ate Vitarte, Lima
Solicitante : Viviana Sofía Germán Guillén
Email – contacto : vivianagermanguillen@gmail.com
Teléfono : 974 633 981

- i) El solicitante tiene un plazo máximo de 96 horas para emitir sus observaciones al informe preliminar enviado por correo electrónico, pasado el tiempo de revisión no se admitirán cambios en el mismo el cual pasará para impresión y firmas dando como CONFORME y FINALIZADO.

De los Ensayos en Laboratorio:

- Las muestras son extraídas por el personal de INGEOCONTROL S.A.C. y remitidas al Laboratorio.
- Al finalizar los ensayos, los sobrantes o escombros de muestras serán eliminados por no ser representativos para un posterior análisis.
- El Laboratorio tendrá en custodia las contra muestras por un periodo no mayor a 15 días útiles, pasado este tiempo serán procesadas para su disposición final (eliminación). Durante este tiempo el solicitante podrá recoger sus muestras si lo cree conveniente para pruebas o análisis posteriores. El solicitante deberá indicar vías correo electrónico si desea un tiempo mayor para la custodia de las muestras.

De los Ensayo de Campo o Insitu:

- Los servicios de campo se programan de la siguiente manera:
 - ✓ Para el mismo día en la tarde (inicio del servicio a partir de las 2:00 pm) - comunicación formal desde las 8:30am hasta las 11:00 am.
 - ✓ Para servicio al día siguiente comunicación formal hasta las 4:30pm del día anterior.

Comunicación formal se refiere a escribir un email a la persona de contacto quien atendió su cotización, el cliente es responsable de confirmar la recepción de este email por parte de INGEOCONTROL.

- ✓ Para servicios de perforación rotacional o perforación manual, las coordinaciones deberán realizarse de manera formal con una semana de anticipación para su programación después de haber cumplido los requisitos de habilitación para el ingreso a la zona de estudio.
- El horario para el inicio del servicio de ensayo en campo, es de 8:00 a.m. hasta las 5:30 p.m., fuera de este horario se considerará pago de horas extras que tiene un costo adicional de S/.80.00 / hora por cada personal asignado y deberá ser cancelado por el cliente para que se realice la entrega de los informes de ensayos.
 - Se considera el tiempo máximo de espera (stand by) para inicio del servicio de 30 minutos, mayor a ese tiempo se considera un costo adicional equivalente al 5% del subtotal cotizado, por hora de stand by redondeando las horas enteras sin incluir impuestos de ley.
 - El servicio en campo solo considera el SCTR, como requisito para el ingreso a obra y ejecutar el servicio, de requerirse otros requisitos adicionales como exámenes médicos, tiempos de charlas de inducción u otros de seguridad, deberán ser informados con al menos 1 semana de anticipación, para que el laboratorio evalúe si podrá cumplir con estos requisitos y/o valore dicho requerimiento en la cotización.

INGEOCONTROL S.A.C.
RUC: 20602579190
Tel.: (01) 6833852

AD-F-01 / Rev.03

Página 4 de 5

COTIZACIÓN
N° IGC19-LEM-419

San Martín de Porres, 17 de septiembre del 2019

Cliente : Universidad César Vallejo

N° RUC : ---

Proyecto : Adición de Caucho de neumáticos Reciclados Irradiados por Rayos Gama para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto F'c = 210 kg/cm2, Lima 2019

Ubicación : Ate Vitarte, Lima

Solicitante : Viviana Sofía Germán Guillén

Email – contacto : vivianagermanguillen@gmail.com

Teléfono : 974 633 981

e) El cliente se compromete a pagar penalidad por stand by de equipos debido a razones ajenas a INGECONTROL por un monto equivalente al 8% del subtotal cotizado, por hora, sin incluir el I.G.V.

Nombre:	
Empresa:	
DNI:	


Jony C. Gutiérrez Abanto
GERENTE GENERAL
INGENIERIA GERENCIAL Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

Realizado por: Jony C. Gutiérrez A.
Representante
INGECONTROL S.A.C.

Al firmar este documento, el cliente confirma que acepta las condiciones del servicio de INGECONTROL S.A.C. El presente documento deberá ser firmado y sellado por el representante legal o representante con autoridad de la empresa cliente. El documento firmado deberá ser enviado al email jgutierrez@ingecontrol.com o entregado en físico a las instalaciones de INGECONTROL.

Fin del documento

Anexo 37: ASTM C-33.

This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.



Designation: C33/C33M – 18

Standard Specification for Concrete Aggregates¹

This standard is issued under the fixed designation C33/C33M; 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 specification defines the requirements for grading and quality of fine and coarse aggregate (other than lightweight or heavyweight aggregate) for use in concrete.²

1.2 This specification is for use by a contractor, concrete supplier, or other purchaser as part of the purchase document describing the material to be furnished.

Note 1—This specification is regarded as adequate to ensure satisfactory materials for most concrete. It is recognized that, for certain work or in certain regions, it may be either more or less restrictive than needed. For example, where aesthetics are important, more restrictive limits may be considered regarding impurities that would stain the concrete surface. The specifier should ascertain that aggregates specified are or can be made available in the area of the work, with regard to grading, physical, or chemical properties, or combination thereof.

1.3 This specification is also for use in project specifications to define the quality of aggregate, the nominal maximum size of the aggregate, and other specific grading requirements. Those responsible for selecting the proportions for the concrete mixture shall have the responsibility of determining the proportions of fine and coarse aggregate and the addition of blending aggregate sizes if required or approved.

1.4 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. 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.

1.5 The text of this standard references notes and footnotes which provide explanatory material. These notes and footnotes (excluding those in tables and figures) shall not be considered as requirements of this standard.

1.6 *This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standard-*

ization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:³

- C29/C29M Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate
- C40/C40M Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete
- C87/C87M Test Method for Effect of Organic Impurities in Fine Aggregate on Strength of Mortar
- C88 Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate
- C117 Test Method for Materials Finer than 75- μ m (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing
- C123/C123M Test Method for Lightweight Particles in Aggregate
- C125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates
- C131/C131M Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine
- C136/C136M Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates
- C142/C142M Test Method for Clay Lumps and Friable Particles in Aggregates
- C294 Descriptive Nomenclature for Constituents of Concrete Aggregates
- C295/C295M Guide for Petrographic Examination of Aggregates for Concrete
- C330/C330M Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete
- C331/C331M Specification for Lightweight Aggregates for Concrete Masonry Units
- C332 Specification for Lightweight Aggregates for Insulating Concrete

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.20 on Aggregates.

Current edition approved March 15, 2018. Published April 2018. Originally approved in 1921. Last previous edition approved in 2016 as C33/C33M – 16¹. DOI: 10.1520/C0033_C0033M-18.

² For lightweight aggregates, see Specifications C330/C330M, C331/C331M, and C332; for heavyweight aggregates see Specification C637 and Descriptive Nomenclature C638.

³ 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.

*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 19428-2950, United States

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Tue Nov 26 15:19:07 EST 2019
Downloaded/printed by

Pontificia Universidad Católica del Perú (Pontificia Universidad Católica del Perú) pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

- C535 Test Method for Resistance to Degradation of Large-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine
- C637 Specification for Aggregates for Radiation-Shielding Concrete
- C638 Descriptive Nomenclature of Constituents of Aggregates for Radiation-Shielding Concrete
- C666/C666M Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing
- C1778 Guide for Reducing the Risk of Deleterious Alkali-Aggregate Reaction in Concrete
- D75/D75M Practice for Sampling Aggregates
- D422 Test Method for Particle-Size Analysis of Soils (Withdrawn 2016)⁴
- D2419 Test Method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate
- D3665 Practice for Random Sampling of Construction Materials
- E11 Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves
- 2.2 Other Standards:
- AASHTO T 330 Method of Test for the Qualitative Detection of Harmful Clays of the Smectite Group in Aggregates Using Methylene Blue⁵

3. Terminology

3.1 For definitions of terms used in this standard, refer to Terminology C125.

3.2 Definitions of Terms Specific to This Standard:

3.2.1 *aggregate, recycled, n*—granular material that has been diverted, separated, or removed from the solid waste stream, and processed for use in the form of raw materials or products.

4. Ordering and Specifying Information

4.1 The direct purchaser of aggregates shall include the information in 4.2 in the purchase order as applicable. A project specifier shall include in the project documents information to describe the aggregate to be used in the project from the applicable items in 4.3.

4.2 Include in the purchase order for aggregates the following information, as applicable:

4.2.1 Reference to this specification, as C33 _____.

4.2.2 Whether the order is for fine aggregate or for coarse aggregate.

4.2.3 Quantity, in metric tons or tons.

4.2.4 When the order is for fine aggregate:

4.2.4.1 Requirements for alkali-aggregate reactivity (see 7.3).

4.2.4.2 In the case of the sulfate soundness test (see 8.1) which salt is to be used. If none is stated, either sodium sulfate or magnesium sulfate shall be used.

4.2.4.3 The appropriate limit for material finer than 75- μ m (No. 200) sieve (see Table 1). If not stated, the 3.0 % limit shall apply.

4.2.4.4 The appropriate limit for coal and lignite (see Table 2). If not stated, the 1.0 % limit shall apply.

4.2.5 When the order is for coarse aggregate:

4.2.5.1 The grading (size number) (see 10.1 and Table 3), or alternate grading as agreed between the purchaser and aggregate supplier.

4.2.5.2 The class designation (see 11.1 and Table 4).

4.2.5.3 Requirements for alkali-aggregate reactivity (see 11.2).

4.2.5.4 In the case of the sulfate soundness test (see Table 4), which salt is to be used. If none is stated, either sodium sulfate or magnesium sulfate shall be used, and

4.2.6 Any exceptions or additions to this specification (see Note 1).

4.3 Include in project specifications for aggregates the following information, as applicable:

4.3.1 Reference to this specification, as C33 _____.

4.3.2 When the aggregate being described is fine aggregate:

4.3.2.1 Requirements for alkali-aggregate reactivity (see 7.3).

4.3.2.2 In the case of the sulfate soundness test (see 8.1) which salt is to be used. If none is stated, either sodium sulfate or magnesium sulfate shall be used.

4.3.2.3 The appropriate limit for material finer than the 75- μ m (No. 200) sieve (see Table 1). If not stated, the 3.0 % limit shall apply, and

4.3.2.4 The limit that applies with regard to coal and lignite (Table 2). If not stated, the 1.0 % limit shall apply.

4.3.3 When the aggregate being described is coarse aggregate, include:

4.3.3.1 The nominal maximum size or sizes permitted, based on thickness of section or spacing of reinforcing bars or other criteria. In lieu of stating the nominal maximum size, the specifier shall designate an appropriate size number or numbers (see 10.1 and Table 3). Designation of a size number to indicate a nominal size shall not restrict the person responsible for selecting proportions from combining two or more gradings of aggregate to obtain a desired grading, provided that the

TABLE 1 Grading Requirements for Fine Aggregate

Sieve (Specification E11)	Percent Passing
9.5-mm (3/4-in.)	100
4.75-mm (No. 4)	95 to 100
2.36-mm (No. 8)	80 to 100
1.18-mm (No. 16)	50 to 85
600- μ m (No. 30)	25 to 60
300- μ m (No. 50)	5 to 30
150- μ m (No. 100)	0 to 10
75- μ m (No. 200)	0 to 3.0 ^{A,B}

^A For concrete not subject to abrasion, the limit for material finer than the 75- μ m (No. 200) sieve shall be 5.0 % maximum.

^B For manufactured fine or other recycled aggregate, if the material finer than the 75- μ m (No. 200) sieve consists of the dust of fracture, essentially free of clay or shale, this limit shall be 5.0% for concrete subject to abrasion, and 7% maximum for concrete not subject to abrasion.

⁴ The last approved version of this historical standard is referenced on www.astm.org.

⁵ AASHTO Standard Specifications, Part 2B: Tests, Available from American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 444 N. Capitol St., NW, Suite 249, Washington, DC 20001, <http://www.transportation.org>.

TABLE 2 Limits for Deleterious Substances in Fine Aggregate for Concrete

Item	Mass Percent of Total Sample, max
Clay lumps and friable particles	3.0
Coal and lignite: Where surface appearance of concrete is of importance	0.5
All other concrete	1.0

gradings are not otherwise restricted by the project specifier and the nominal maximum size indicated by the size number is not exceeded,

4.3.3.2 The class designation (see 11.1 and Table 4).

4.3.3.3 Requirements for alkali-aggregate reactivity (see 11.2).

4.3.3.4 In the case of the sulfate soundness test (see Table 4), which salt is to be used. If none is stated, either sodium sulfate or magnesium sulfate shall be used, and

4.3.4 The person responsible for selecting the concrete proportions if other than the concrete producer.

4.3.5 Any exceptions or additions to this specification (see Note 1).

FINE AGGREGATE

5. General Characteristics

5.1 Fine aggregate shall consist of natural sand, manufactured sand, or other recycled aggregate, or a combination thereof.

NOTE 2—This standard only addresses properties of aggregates considered necessary for use in concrete and the associated test methods contained within this standard. Certain recycled aggregate sources may contain materials and properties not addressed as part of the document specifications, limits, or test methods. Recycled aggregates may require evaluation for environmental considerations (air quality, water quality, storage) using the appropriate local, state, and federal test methods in effect at the time of use.

6. Grading

6.1 *Sieve Analysis*—Fine aggregate, except as provided in 6.2 and 6.3 shall be graded within the limits in Table 1.

NOTE 3—Concrete with fine aggregate gradings near the minimums for percent passing the 300 μm (No. 50) and 150 μm (No. 100) sometimes have difficulties with workability, pumping or excessive bleeding. The addition of entrained air, additional cement, or the addition of an approved mineral admixture to supply the deficient fines, are methods used to alleviate such difficulties.

6.2 The fine aggregate shall have not more than 45 % passing any sieve and retained on the next consecutive sieve of those shown in 6.1, and its fineness modulus shall be not less than 2.3 nor more than 3.1.

6.3 Fine aggregate failing to meet these grading requirements shall meet the requirements of this section provided that the supplier can demonstrate to the purchaser or specifier that concrete of the class specified, made with fine aggregate under consideration, will have relevant properties (see Note 6) at least equal to those of concrete made with the same ingredients, with the exception that the reference fine aggregate

shall be selected from a source having an acceptable performance record in similar concrete construction.

NOTE 4—Manufactured fine aggregate having elevated proportions of material passing the 75- μm (No. 200) sieve may need further evaluation to ensure that material passing the 75- μm (No. 200) sieve is essentially composed of dust of fracture derived from the parent rock in the crushing operation, and does not contain an appreciable level of clay minerals or other deleterious constituents as described in Descriptive Nomenclature C294. Because some of the dust of fracture may occur in the clay size range, defined here as material finer than 2 μm , care must be taken to properly differentiate these clay-sized materials from clay minerals. Natural fine aggregate with elevated proportions of material passing the 75- μm (No. 200) sieve may have higher potential for clay mineral content.

Various means are available for characterizing these fines, such as petrographic analysis (Guide C295/C295M), sand equivalent determination (Test Method D2419), hydrometer analysis (Test Method D422), methylene blue adsorption determination (AASHTO T 330) and X-ray diffraction analysis. While these techniques are useful for investigative purposes, no specific limits have been established for prediction of performance of these materials in concrete under various intended service conditions. Methylene blue adsorption and hydrometer analyses are believed to be two relatively quick and reliable tests for characterization of material passing the 75- μm (No. 200) sieve to determine suitability for use in concrete. Research (1,2) has indicated that manufactured fine aggregate with less than 4 % by mass finer than 2 μm , and with methylene blue adsorption values less than 5 mg/g generally is suitable for use in concrete. Fine aggregate that exceeds these values also may be suitable for use provided that fresh and hardened concrete properties are shown to be acceptable.

NOTE 5—Fine aggregate that conforms to the grading requirements of a specification, prepared by another organization such as a state transportation agency, which is in general use in the area, should be considered as having a satisfactory service record with regard to those concrete properties affected by grading.

NOTE 6—Relevant properties are those properties of the concrete that are important to the particular application being considered. STP 169D⁶ provides a discussion of important concrete properties.

6.4 For continuing shipments of fine aggregate from a given source, the fineness modulus shall not vary more than 0.20 from the base fineness modulus. The base fineness modulus shall be that value that is typical of the source. The purchaser or specifier has the authority to approve a change in the base fineness modulus.

NOTE 7—The base fineness modulus should be determined from previous tests, or if no previous tests exist, from the average of the fineness modulus values for the first ten samples (or all preceding samples if less than ten) on the order. The proportioning of a concrete mixture may be dependent on the base fineness modulus of the fine aggregate to be used. Therefore, when it appears that the base fineness modulus is considerably different from the value used in the concrete mixture, a suitable adjustment in the mixture may be necessary.

7. Deleterious Substances

7.1 The amount of deleterious substances in fine aggregate shall not exceed the limits prescribed in Table 2.

7.2 Organic Impurities:

7.2.1 Fine aggregate shall be free of injurious amounts of organic impurities. Except as herein provided, aggregates subjected to the test for organic impurities and producing a color darker than the standard shall be rejected.

⁶ Significance of Tests and Properties of Concrete and Concrete Making Materials, STP 169D, ASTM, 2006.

TABLE 3 Grading Requirements for Coarse Aggregates

Size Number	Nominal Size (Sieves with Square Openings)	Amounts Finer than Each Laboratory Sieve (Square Openings), Mass Percent													
		100 mm (4 in.)	90 mm (3 1/2 in.)	75 mm (3 in.)	63 mm (2 1/2 in.)	50 mm (2 in.)	37.5 mm (1 1/2 in.)	25.0 mm (1 in.)	19.0 mm (3/4 in.)	12.5 mm (1/2 in.)	9.5 mm (3/8 in.)	4.75 mm (No. 4)	2.36 mm (No. 8)	1.18 mm (No. 16)	300 µm (No. 50)
1	90 to 37.5 mm (3 1/2 to 1 1/2 in.)	100	90 to 100	—	25 to 60	—	0 to 15	—	0 to 5	—	—	—	—	—	—
2	63 to 37.5 mm (2 1/2 to 1 1/2 in.)	—	—	100	90 to 100	35 to 70	0 to 15	—	0 to 5	—	—	—	—	—	—
3	50 to 25.0 mm (2 to 1 in.)	—	—	—	100	90 to 100	35 to 70	0 to 15	—	0 to 5	—	—	—	—	—
357	50 to 4.75 mm (2 in. to No. 4)	—	—	—	100	95 to 100	—	35 to 70	—	10 to 30	0 to 5	—	—	—	—
4	37.5 to 19.0 mm (1 1/2 to 3/4 in.)	—	—	—	—	100	90 to 100	20 to 55	0 to 15	—	—	—	—	—	—
467	37.5 to 4.75 mm (1 1/2 in. to No. 4)	—	—	—	—	100	95 to 100	—	35 to 70	—	10 to 30	0 to 5	—	—	—
5	25.0 to 12.5 mm (1 to 1/2 in.)	—	—	—	—	—	100	90 to 100	20 to 55	0 to 10	—	—	—	—	—
56	25.0 to 9.5 mm (1 to 3/8 in.)	—	—	—	—	—	100	90 to 100	40 to 85	10 to 40	0 to 15	0 to 5	—	—	—
57	25.0 to 4.75 mm (1 in. to No. 4)	—	—	—	—	—	100	95 to 100	—	25 to 60	—	0 to 10	0 to 5	—	—
6	19.0 to 9.5 mm (3/4 to 3/8 in.)	—	—	—	—	—	—	100	90 to 100	20 to 55	0 to 15	0 to 5	—	—	—
67	19.0 to 4.75 mm (3/4 in. to No. 4)	—	—	—	—	—	—	100	90 to 100	—	20 to 55	0 to 10	0 to 5	—	—
7	12.5 to 4.75 mm (1/2 in. to No. 4)	—	—	—	—	—	—	—	100	90 to 100	40 to 70	0 to 15	0 to 5	—	—
8	9.5 to 2.36 mm (3/8 in. to No. 8)	—	—	—	—	—	—	—	—	100	85 to 100	10 to 30	0 to 10	0 to 5	—
89	9.5 to 1.18 mm (3/8 in. to No. 16)	—	—	—	—	—	—	—	—	100	90 to 100	20 to 55	5 to 30	0 to 10	0 to 5
9 ^a	4.75 to 1.18 mm (No. 4 to No. 16)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	85 to 100	10 to 40	0 to 10	0 to 5

^a Size number 9 aggregate is defined in Terminology C125 as a fine aggregate. It is included as a coarse aggregate when it is combined with a size number 8 material to create a size number 89, which is a coarse aggregate as defined by Terminology C125.

TABLE 4 Limits for Deleterious Substances and Physical Property Requirements of Coarse Aggregate for Concrete

NOTE 1—See Fig. 1 for the location of the weathering regions and Note 1.2 for guidance in using the map. The weathering regions are defined as follows:

(S) Severe Weathering Region—A cold climate where concrete is exposed to deicing chemicals or other aggressive agents, or where concrete may become saturated by continued contact with moisture or free water prior to repeated freezing and thawing.

(M) Moderate Weathering Region—A climate where occasional freezing is expected, but where concrete in outdoor service will not be continually exposed to freezing and thawing in the presence of moisture or to deicing chemicals.

(N) Negligible Weathering Region—A climate where concrete is rarely exposed to freezing in the presence of moisture.

Class Designation	Type or Location of Concrete Construction	Maximum/Allowable, %						
		Clay Lumps and Friable Particles	Chert (Less Than 2.40 μm gr SSD)	Sum of Clay Lumps, Friable Particles, and Chert (Less Than 2.40 μm gr SSD)	Misshapen Particles (No. 200 Sieve)	Coal and Lignite	Abrasion ^a	Magnesium Sulfate Soundness (5 cycles) ^b
1S	Footings, foundations, columns and beams not exposed to the weather. Interior floor slabs to be given coverings	100	—	—	1.0 ^c	1.0	50	—
		50	—	—	1.0 ^c	0.5	50	—
		50	5.0	7.0	1.0 ^c	0.5	50	18
		30	5.0	5.0	1.0 ^c	0.5	50	18
2S	Foundation walls above grade, retaining walls, abutments, piers, girders, and beams exposed to the weather	20	3.0	3.0	1.0 ^c	0.5	50	18
		100	—	—	1.0 ^d	1.0	50	—
3M	Pavements, bridge decks, driveways and curbs, walks, patios, garage floors, exposed floors and porches, or water-wearing front structures, subject to frequent wetting	50	8.0	10.0	1.0 ^c	0.5	50	18
		50	5.0	7.0	1.0 ^c	0.5	50	18
4M	Exposed architectural or decorative concrete	30	3.0	6.0	1.0 ^e	0.5	50	18
		50	—	—	1.0 ^c	0.5	50	—
5M	Stairs subject to traffic abrasion, bridge decks, floors, sidewalks, pavements and other classes of concrete	100	—	—	1.0 ^f	1.0	50	—
		50	—	—	1.0 ^c	0.5	50	—

^a Crushed air-cooled blast-furnace slag is excluded from the abrasion requirements. The rodded or lipped bulk density (unit weight) of crushed air-cooled blast-furnace slag shall be not less than 1120 kg/m³ (70 lb/ft³). The grading of slag used in the bulk density (unit weight) test shall conform to the grading to be used in the concrete. Abrasion loss of gravel, crushed gravel, or crushed stone shall be determined on the test size or sizes most nearly corresponding to the grading or gradings to be used in the concrete. When more than one grading is to be used, the limit on abrasion loss shall apply to each.

^b The allowable limits for soundness shall be 12% if sodium sulfate is used.

^c This percentage under either of the following conditions: (1) It is permitted to be increased to 1.5 if the material is essentially free of clay or shale; or (2) if the source of the fine aggregate to be used in the concrete is known to contain less than the specified maximum amount passing the 75- μm (No. 200) sieve. Table 1 the percentage limit (L) on the amount in the coarse aggregate is permitted to be increased to $L = 1 + [P/(100 - P)]$ (T - A), where P = percentage of sand in the concrete as a percent of total aggregate, T = the Table 1 limit for the amount permitted in the fine aggregate, and A = the actual amount in the fine aggregate. (This provides a weighted calculation designed to limit the maximum mass of material passing the 75- μm (No. 200) sieve in the concrete to that which would be obtained if both the fine and coarse aggregate were supplied at the maximum tabulated percentage for each of these ingredients.)

7.2.2 Use of a fine aggregate failing in the test is not prohibited, provided that the discoloration is due principally to the presence of small quantities of coal, lignite, or similar discrete particles.

7.2.3 Use of a fine aggregate failing in the test is not prohibited, provided that, when tested for the effect of organic impurities on strength of mortar, the relative strength at 7 days, calculated in accordance with Test Method C87/C87M, is not less than 95 %.

7.3 When required by the purchaser, fine aggregate for use in concrete shall be tested to determine the potential for deleterious alkali-aggregate reaction (see Note 8).

Note 8—Guide C1778 provides information on identifying and preventing the potential for deleterious alkali-aggregate reaction. Consideration is given to concrete mixture proportions, exposure conditions, and risk level.

8. Soundness

8.1 Except as provided in 8.2 and 8.3, fine aggregate subjected to five cycles of the soundness test shall have a weighted average loss not greater than 10 % when sodium sulfate is used or 15 % when magnesium sulfate is used.

8.2 Fine aggregate failing to meet the requirements of 8.1 shall be regarded as meeting the requirements of this section provided that the supplier demonstrates to the purchaser or specifier that concrete of comparable properties, made from similar aggregate from the same source, has given satisfactory service when exposed to weathering similar to that to be encountered.

8.3 Fine aggregate not having a demonstrable service record and failing to meet the requirements of 8.1 shall be regarded as meeting the requirements of this section provided that the supplier demonstrates to the purchaser or specifier it gives satisfactory results in concrete subjected to freezing and thawing tests (see Test Method C666/C666M).

COARSE AGGREGATE

9. General Characteristics

9.1 Coarse aggregate shall consist of gravel, crushed gravel, crushed stone, air-cooled blast furnace slag, or crushed hydraulic-cement concrete (see Note 9), or other recycled aggregate (see Note 2), or a combination thereof, conforming to the requirements of this specification.

Note 9—Although crushed hydraulic-cement concrete has been used as an aggregate with reported satisfactory results, its use may require some additional precautions. Mixing water requirements may be increased because of the harshness of the aggregate. Partially deteriorated concrete, used as aggregate, may reduce freeze-thaw resistance, affect air void properties or degrade during handling, mixing, or placing. Crushed concrete may have constituents that would be susceptible to alkali-aggregate reactivity or sulfate attack in the new concrete or may bring sulfates, chlorides, or organic material to the new concrete in its pore structure.

10. Grading

10.1 Coarse aggregates shall conform to the requirements prescribed in Table 3 for the size number specified.

Note 10—The ranges shown in Table 3 are by necessity very wide in

order to accommodate nationwide conditions. For quality control of any specific operation, a producer should develop an average grading for the particular source and production facilities, and should control the production gradings within reasonable tolerances from this average. Where coarse aggregate size numbers 357 or 467 are used, the aggregate should be furnished in at least two separate sizes.

11. Deleterious Substances

11.1 Except for the provisions of 11.3, the limits given in Table 4 shall apply for the class of coarse aggregate designated in the purchase order or other document (see Note 11 and Note 12). If the class is not specified, the requirements for Class 3S, 3M, or 1N shall apply in the severe, moderate, and negligible weathering regions, respectively (see Table 4 and Fig. 1).

Note 11—The specifier of the aggregate should designate the class of coarse aggregate to be used in the work, based on weathering severity, abrasion, and other factors of exposure (see Table 4 and Fig. 1). The limits for coarse aggregate corresponding to each class designation are expected to ensure satisfactory performance in concrete for the respective type and location of construction. Selecting a class with unduly restrictive limits may result in unnecessary cost if materials meeting those requirements are not locally available. Selecting a class with lenient limits may result in unsatisfactory performance and premature deterioration of the concrete. While concrete in different parts of a single structure may be adequately made with different classes of coarse aggregate, the specifier may wish to require the coarse aggregate for all concrete to conform to the same more restrictive class to reduce the chance of furnishing concrete with the wrong class of aggregate, especially on smaller projects.

Note 12—For coarse aggregate in concrete exposed to weathering, the map with the weathering regions shown in Fig. 1 is intended to serve only as a guide to probable weathering severity. Those undertaking construction, especially near the boundaries of weathering regions, should consult local weather bureau records for amount of winter precipitation and number of freeze-thaw cycles to be expected, for determining the weathering severity for establishing test requirements of the coarse aggregate. For construction at altitudes exceeding 1520 m [5000 ft] above sea level, the likelihood of more severe weathering than indicated by the map should be considered. In arid areas, severity of weathering may be less than that indicated. In either case, the definitions of weathering severity in Table 4 would govern. If there is doubt in choosing between two regions, select the more severe weathering region.

11.2 When required by the purchaser, coarse aggregate for use in concrete shall be tested to determine the potential for deleterious alkali-aggregate reaction (see Note 8).

11.3 Coarse aggregate having test results exceeding the limits specified in Table 4 shall be regarded as meeting the requirements of this section provided the supplier demonstrates to the purchaser or specifier that concrete made with similar aggregate from the same source has given satisfactory service when exposed in a similar manner to that to be encountered; or, in the absence of a demonstrable service record, provided that the aggregate produces concrete having satisfactory relevant properties (see Note 6).

METHODS OF SAMPLING AND TESTING

12. Methods of Sampling and Testing

12.1 Sample and test the aggregates in accordance with the following methods, except as otherwise provided in this specification. Make the required tests on test specimens that comply with requirements of the designated test methods. It is not prohibited to use the same test specimen for sieve analysis and for determination of material finer than the 75- μm (No.

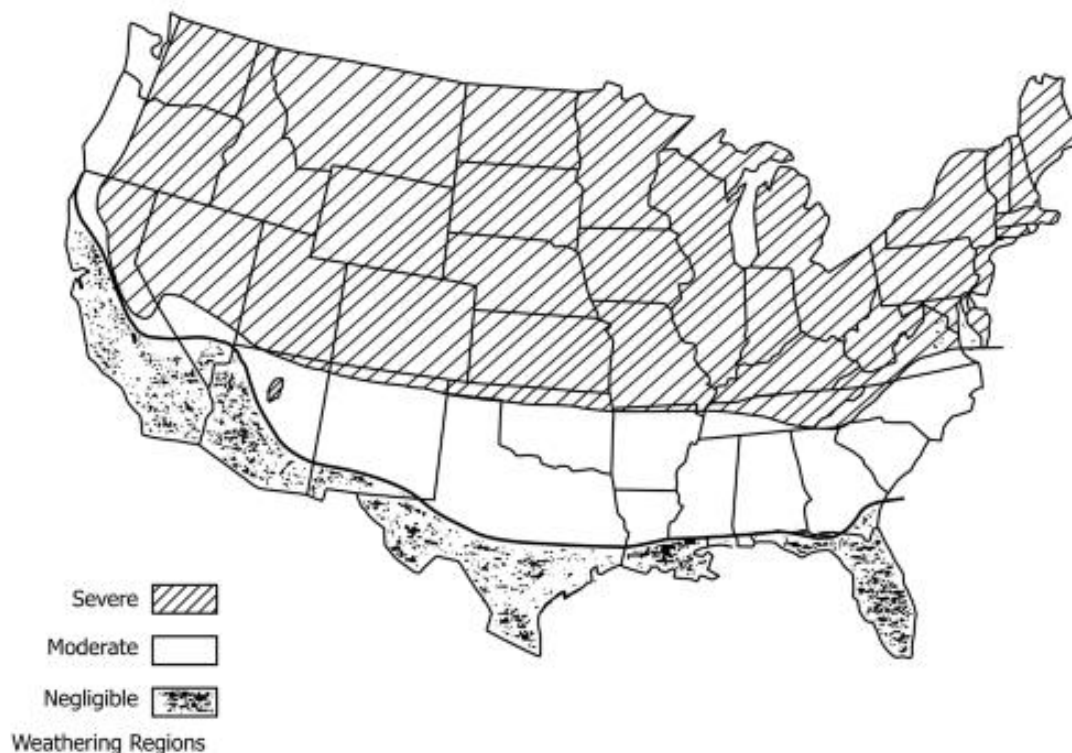


FIG. 1 Location of Weathering Regions

200) sieve. The use of separated sizes from the sieve analysis is acceptable for soundness or abrasion tests, however, additional test specimen preparation is required (see Note 13). For other test procedures and the evaluation of potential alkali reactivity, when required, use independent test specimens.

Note 13.—The material used for the soundness test requires relieving to allow proper test specimen preparation as specified in Test Method C88.

12.1.1 *Sampling*—Practice D75/D75M and Practice D3665.

12.1.2 *Grading and Fineness Modulus*—Test Method C136/C136M.

12.1.3 *Amount of Material Finer than 75- μ m (No. 200) Sieve*—Test Method C117.

12.1.4 *Organic Impurities*—Test Method C40/C40M.

12.1.5 *Effect of Organic Impurities on Strength*—Test Method C87/C87M.

12.1.6 *Soundness*—Test Method C88.

12.1.7 *Clay Lumps and Friable Particles*—Test Method C142/C142M.

12.1.8 *Coal and Lignite*—Test Method C123/C123M, using a liquid of 2.0 specific gravity to remove the particles of coal

and lignite. Only material that is brownish-black, or black, shall be considered coal or lignite. Coke shall not be classed as coal or lignite.

12.1.9 *Bulk Density (Unit Weight) of Slag*—Test Method C29/C29M.

12.1.10 *Abrasion of Coarse Aggregate*—Test Method C131/C131M or Test Method C535.

12.1.11 *Alkali Aggregate Reactivity*—See Guide C1778.

12.1.12 *Freezing and Thawing*—Procedures for making freezing and thawing tests of concrete are described in Test Method C666/C666M.

12.1.13 *Chert*—Test Method C123/C123M is used to identify particles in a sample of coarse aggregate lighter than 2.40 specific gravity, and Guide C295/C295M to identify which of the particles in the light fraction are chert.

13. Keywords

13.1 aggregates; coarse aggregate; concrete aggregates; fine aggregate

REFERENCES

- (1) Ahn, N. and Fowler, D. W., "An Experimental Study on the Guidelines for Using Higher Contents of Aggregate Microfines in Portland Cement Concrete," ICAR Research Report 102-1F, International Center for Aggregates Research, University of Texas, Austin, TX, 2001, 435 pp. (http://www.icar.utexas.edu/publications/101_2F/101_2Cvr.pdf)
- (2) Norvell, J.K., Stewart, J.G., Juenger, M.C.G and Fowler, D.W., "Influence of Clay and Clay-Sized Particles on Concrete Performance," *Journal of Materials in Civil Engineering*, ASCE, Vol 19, No. 12, December 2007, pp. 1053–1059.

SUMMARY OF CHANGES

Committee C09 has identified the location of selected changes to this specification since the last issue, C33/C33M – 16¹³, that may impact the use of this specification. (Approved March 15, 2018.)

(1) Revised Sections 4, 7, 11, and 12.

(2) Deleted Appendix X1.

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), 610-832-9553 (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 Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, Tel: (978) 646-2600; <http://www.copyright.com/>

Anexo 38: ASTM C-127.

This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.



Designation: C127 – 15

Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate¹

This standard is issued under the fixed designation C127; 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.

This standard has been approved for use by agencies of the U.S. Department of Defense.

1. Scope

1.1 This test method covers the determination of relative density (specific gravity) and the absorption of coarse aggregates. The relative density (specific gravity), a dimensionless quantity, is expressed as oven-dry (OD), saturated-surface-dry (SSD), or as apparent relative density (apparent specific gravity). The OD relative density is determined after drying the aggregate. The SSD relative density and absorption are determined after soaking the aggregate in water for a prescribed duration.

1.2 This test method is not intended to be used with lightweight aggregates that comply with Specification C332 Group I aggregates.

1.3 The values stated in SI units are to be regarded as standard. No other units of measurement are included in this standard.

1.4 The text of this test method references notes and footnotes that provide explanatory material. These notes and footnotes (excluding those in tables and figures) shall not be considered as requirements of this test method.

1.5 *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
C29/C29M Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.20 on Normal Weight Aggregates.

Current edition approved Jan. 1, 2015. Published March 2015. Originally approved in 1936. Last previous edition approved in 2012 as C127-12. DOI: 10.1520/C0127-15.

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.

- C125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates
- C128 Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate
- C136 Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates
- C330 Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete
- C332 Specification for Lightweight Aggregates for Insulating Concrete
- C566 Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying
- C670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials
- C702 Practice for Reducing Samples of Aggregate to Testing Size
- D75 Practice for Sampling Aggregates
- D448 Classification for Sizes of Aggregate for Road and Bridge Construction
- E11 Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves
- 2.2 *AASHTO Standard*:
AASHTO T 85 Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate³

3. Terminology

3.1 For definition of terms used in this standard, refer to Terminology C125.

4. Summary of Test Method

4.1 A sample of aggregate is immersed in water for 24 ± 4 h to essentially fill the pores. It is then removed from the water, the water dried from the surface of the particles, and the mass determined. Subsequently, the volume of the sample is determined by the displacement of water method. Finally, the sample is oven-dried and the mass determined. Using the mass

³ Available from American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 444 N. Capitol St., NW, Suite 249, Washington, DC 20001, <http://www.transportation.org>.

values thus obtained and formulas in this test method, it is possible to calculate relative density (specific gravity) and absorption.

5. Significance and Use

5.1 Relative density (specific gravity) is the ratio of mass of an aggregate to the mass of a volume of water equal to the volume of the aggregate particles – also referred to as the absolute volume of the aggregate. It is also expressed as the ratio of the density of the aggregate particles to the density of water. Distinction is made between the density of aggregate particles and the bulk density of aggregates as determined by Test Method C29/C29M, which includes the volume of voids between the particles of aggregates.

5.2 Relative density is used to calculate the volume occupied by the aggregate in various mixtures containing aggregate, including hydraulic cement concrete, bituminous concrete, and other mixtures that are proportioned or analyzed on an absolute volume basis. Relative density (specific gravity) is also used in the computation of voids in aggregate in Test Method C29/C29M. Relative density (specific gravity) (SSD) is used if the aggregate is in a saturated-surface-dry condition, that is, if its absorption has been satisfied. Alternatively, the relative density (specific gravity) (OD) is used for computations when the aggregate is dry or assumed to be dry.

5.3 Apparent relative density (specific gravity) pertain to the solid material making up the constituent particles not including the pore space within the particles that is accessible to water.

5.4 Absorption values are used to calculate the change in the mass of an aggregate due to water absorbed in the pore spaces within the constituent particles, compared to the dry condition, when it is deemed that the aggregate has been in contact with water long enough to satisfy most of the absorption potential. The laboratory standard for absorption is that obtained after submerging dry aggregate for a prescribed period of time. Aggregates mined from below the water table commonly have a moisture content greater than the absorption determined by this test method, if used without opportunity to dry prior to use. Conversely, some aggregates that have not been continuously maintained in a moist condition until used are likely to contain an amount of absorbed moisture less than the 24-h soaked condition. For an aggregate that has been in contact with water and that has free moisture on the particle surfaces, the percentage of free moisture is determined by deducting the absorption from the total moisture content determined by Test Method C566.

5.5 The general procedures described in this test method are suitable for determining the absorption of aggregates that have had conditioning other than the 24-h soak, such as boiling water or vacuum saturation. The values obtained for absorption by other test methods will be different than the values obtained by the prescribed soaking, as will the relative density (specific gravity) (SSD).

6. Apparatus

6.1 *Balance*—A device for determining mass that is sensitive, readable, and accurate to 0.05 % of the sample mass

at any point within the range used for this test, or 0.5 g, whichever is greater. The balance shall be equipped with suitable apparatus for suspending the sample container in water from the center of the platform or pan of the balance.

6.2 *Sample Container*—A wire basket of 3.35 mm (No. 6) or finer mesh, or a bucket of approximately equal breadth and height, with a capacity of 4 to 7 L for 37.5-mm (1½-in.) nominal maximum size aggregate or smaller, and a larger container as needed for testing larger maximum size aggregate. The container shall be constructed so as to prevent trapping air when the container is submerged.

6.3 *Water Tank*—A watertight tank into which the sample container is placed while suspended below the balance.

6.4 *Sieves*—A 4.75-mm (No. 4) sieve or other sizes as needed (see 7.2 – 7.4), conforming to Specification E11.

6.5 *Oven*—An oven of sufficient size, capable of maintaining a uniform temperature of 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).

7. Sampling

7.1 Sample the aggregate in accordance with Practice D75.

7.2 Thoroughly mix the sample of aggregate and reduce it to the approximate quantity needed using the applicable procedures in Practice C702. Reject all material passing a 4.75-mm (No. 4) sieve by dry sieving and thoroughly washing to remove dust or other coatings from the surface. If the coarse aggregate contains a substantial quantity of material finer than the 4.75-mm sieve (such as for Size No. 8 and 9 aggregates in Classification D448), use the 2.36-mm (No. 8) sieve in place of the 4.75-mm sieve. Alternatively, separate the material finer than the 4.75-mm sieve and test the finer material according to Test Method C128.

Note 1—If aggregates smaller than 4.75 mm (No. 4) are used in the sample, check to ensure that the size of the openings in the sample container is smaller than the minimum size aggregate.

7.3 The minimum mass of test sample to be used is given as follows. Testing the coarse aggregate in several size fractions is permitted. If the sample contains more than 15 % retained on the 37.5-mm (1½-in.) sieve, test the material larger than 37.5 mm in one or more size fractions separately from the smaller size fractions. When an aggregate is tested in separate size fractions, the minimum mass of test sample for each fraction shall be the difference between the masses prescribed for the maximum and minimum sizes of the fraction.

Nominal Maximum Size, mm (in.)	Minimum Mass of Test Sample, kg (lb)
12.5 (½) or less	2 (4.4)
19.0 (¾)	3 (6.6)
25.0 (1)	4 (8.8)
37.5 (1½)	5 (11)
50 (2)	8 (18)
63 (2½)	12 (26)
75 (3)	18 (40)
90 (3½)	25 (55)
100 (4)	40 (88)
125 (5)	75 (165)

7.4 If the sample is tested in two or more size fractions, determine the grading of the sample in accordance with Test Method C136, including the sieves used for separating the size fractions for the determinations in this method. In calculating

the percentage of material in each size fraction, ignore the quantity of material finer than the 4.75-mm (No. 4) sieve (or 2.36-mm (No. 8) sieve when that sieve is used in accordance with 7.2).

NOTE 2—When testing coarse aggregate of large nominal maximum size requiring large test samples, it may be more convenient to perform the test on two or more subsamples, and the values obtained combined for the computations described in Section 9.

8. Procedure

8.1 Dry the test sample in the oven to constant mass at a temperature of 110 ± 5 °C, cool in air at room temperature for 1 to 3 h for test samples of 37.5-mm (1½-in.) nominal maximum size, or longer for larger sizes until the aggregate has cooled to a temperature that is comfortable to handle (approximately 50 °C). Subsequently immerse the aggregate in water at room temperature for a period of 24 ± 4 h. When Specification C330 or Specification C332 Group II lightweight aggregates are used, immerse the aggregate in water at room temperature for a period of 72 ± 4 h, stirring for at least one minute every 24 h.

8.2 When the absorption and relative density (specific gravity) values are to be used in proportioning concrete mixtures in which the aggregates will be in their naturally moist condition, the requirement in 8.1 for initial drying is optional, and, if the surfaces of the particles in the sample have been kept continuously wet until tested, the requirement in 8.1 for 24 ± 4 h or 72 ± 4 h soaking is also optional.

NOTE 3—Values for absorption and relative density (specific gravity) (SSD) may be significantly higher for aggregate not oven dried before soaking than for the same aggregate treated in accordance with 8.1. This is especially true of particles larger than 75 mm since the water may not be able to penetrate the pores to the center of the particle in the prescribed soaking period.

8.3 Remove the test sample from the water and roll it in a large absorbent cloth until all visible films of water are removed. Wipe the larger particles individually. A moving stream of air is permitted to assist in the drying operation. Take care to avoid evaporation of water from aggregate pores during the surface-drying operation. Determine the mass of the test sample in the saturated surface-dry condition. Record this and all subsequent masses to the nearest 0.5 g or 0.05 % of the sample mass, whichever is greater.

8.4 After determining the mass in air, immediately place the saturated-surface-dry test sample in the sample container and determine its apparent mass in water at 23 ± 2.0 °C. Take care to remove all entrapped air before determining its mass by shaking the container while immersed.

NOTE 4—The difference between the mass in air and the mass when the sample is submerged in water equals the mass of water displaced by the sample.

NOTE 5—The container should be immersed to a depth sufficient to cover it and the test sample while determining the apparent mass in water. Wire suspending the container should be of the smallest practical size to minimize any possible effects of a variable immersed length.

8.5 Dry the test sample in the oven to constant mass at a temperature of 110 ± 5 °C, cool in air at room temperature 1

to 3 h, or until the aggregate has cooled to a temperature that is comfortable to handle (approximately 50 °C), and determine the mass.

9. Calculations

9.1 Relative Density (Specific Gravity):

9.1.1 Relative Density (Specific Gravity) (OD)—Calculate the relative density (specific gravity) on the basis of oven-dry aggregate as follows:

$$\text{Relative density (specific gravity) (OD)} = A/(B - C) \quad (1)$$

where:

- A = mass of oven-dry test sample in air, g,
- B = mass of saturated-surface-dry test sample in air, g, and
- C = apparent mass of saturated test sample in water, g.

9.1.2 Relative Density (Specific Gravity) (SSD)—Calculate the relative density (specific gravity) on the basis of saturated-surface-dry aggregate as follows:

$$\text{Relative density (specific gravity) (SSD)} = B/(B - C) \quad (2)$$

9.1.3 Apparent Relative Density (Specific Gravity)—Calculate the apparent relative density (specific gravity) as follows:

$$\text{Apparent relative density (specific gravity)} = A/(A - C) \quad (3)$$

9.2 Average Relative Density (Specific Gravity) Values—If the sample is tested in separate size fractions, compute the average values for relative density (specific gravity) of the size fraction computed in accordance with 9.1 using the following equation:

$$G = \frac{1}{\frac{P_1}{100 G_1} + \frac{P_2}{100 G_2} + \dots + \frac{P_n}{100 G_n}} \quad (\text{see Appendix X1}) \quad (4)$$

where:

- G = average relative density (specific gravity). All forms of expression of relative density (specific gravity) can be averaged in this manner,
- G₁, G₂, ... G_n = appropriate average relative density (specific gravity) values for each size fraction depending on the type of relative density (specific gravity) being averaged, and
- P₁, P₂, ... P_n = mass percentages of each size fraction present in the original sample (not including finer material—see 7.4).

9.3 Absorption—Calculate the percentage of absorption, as follows:

$$\text{Absorption, \%} = [(B - A)/A] \times 100 \quad (5)$$

9.4 Average Absorption Value—If the sample is tested in separate size fractions, the average absorption value is the average of the values as computed in 9.3, weighted in proportion to the mass percentages of each size fraction present in the original sample (not including finer material—see 7.4) as follows:

$$A = (P_1 A_1 / 100) + (P_2 A_2 / 100) + \dots + (P_n A_n / 100) \quad (6)$$

where:

- A = average absorption, %
- A_1, A_2, \dots, A_n = absorption percentages for each size fraction, and
- P_1, P_2, \dots, P_n = mass percentages of each size fraction present in the original sample.

10. Report

10.1 Report relative density (specific gravity) results to the nearest 0.01 and indicate the basis for relative density (specific gravity) as either (OD), (SSD), or apparent.

10.2 Report the absorption result to the nearest 0.1 %.

10.3 If the relative density (specific gravity) and absorption values were determined without first drying the aggregate, as permitted in 8.2, note that fact in the report.

11. Precision and Bias

11.1 The estimates of precision of this test method listed in Table 1 are based on results from the AASHTO Materials Reference Laboratory Proficiency Sample Program, with testing conducted by this test method and AASHTO Method T 85. The significant difference between the methods is that Test Method C127 requires a saturation period of 24 ± 4 h, while AASHTO Method T 85 requires a saturation period of 15 h minimum. This difference has been found to have an insignificant effect on the precision indices. The data are based on the analyses of more than 100 paired test results from 40 to 100 laboratories.

TABLE 1 Precision

	Standard Deviation	Acceptable Range of Two Results (d2s) ^A
<i>Single-Operator Precision:</i>		
Relative density (specific gravity) (OD)	0.009	0.025
Relative density (specific gravity) (SSD)	0.007	0.020
Apparent relative density (specific gravity)	0.007	0.020
<i>Multilaboratory Precision:</i>		
Relative density (specific gravity) (OD)	0.013	0.038
Relative density (specific gravity) (SSD)	0.011	0.032
Apparent relative density (specific gravity)	0.011	0.032

^A These numbers represent the (d2s) limits as described in Practice C670. The precision estimates were obtained from the analysis of combined AASHTO Materials Reference Laboratory proficiency sample data from laboratories using 15 h minimum saturation times and other laboratories using 24 ± 4 h saturation times. Testing was performed on normal-weight aggregates, and started with aggregates in the oven-dry condition.

11.2 *Bias*—Since there is no accepted reference material for determining the bias for the procedure in this test method, no statement on bias is being made.

12. Keywords

12.1 absorption; aggregate; apparent relative density; coarse aggregate; relative density; specific gravity

APPENDICES

(Nonmandatory Information)

XI. DEVELOPMENT OF EQUATIONS

XI.1 The derivation of the equation is from the following simplified cases using two solids. Solid 1 has a mass M_1 in grams and a volume V_1 in millilitres; its relative density (specific gravity) (G_1) is therefore M_1/V_1 . Solid 2 has a mass M_2 and volume V_2 , and $G_2 = M_2/V_2$. If the two solids are considered together, the relative density (specific gravity) of the combination is the total mass in grams divided by the total volume in millilitres:

$$G = (M_1 + M_2) / (V_1 + V_2) \tag{X1.1}$$

Manipulation of this equation yields the following:

$$G = \frac{1}{\frac{V_1 + V_2}{M_1 + M_2}} = \frac{1}{\frac{V_1}{M_1 + M_2} + \frac{V_2}{M_1 + M_2}} \tag{X1.2}$$

$$G = \frac{1}{\frac{M_1}{M_1 + M_2} \left(\frac{V_1}{M_1} \right) + \frac{M_2}{M_1 + M_2} \left(\frac{V_2}{M_2} \right)} \tag{X1.3}$$

However, the mass fractions of the two solids are:

$$M_1 / (M_1 + M_2) = P_1 / 100 \text{ and } M_2 / (M_1 + M_2) = P_2 / 100 \tag{X1.4}$$

and,

$$1/G_1 = V_1/M_1 \text{ and } 1/G_2 = V_2/M_2 \tag{X1.5}$$

Therefore,

$$G = \frac{1}{\frac{P_1}{100} \frac{1}{G_1} + \frac{P_2}{100} \frac{1}{G_2}} \tag{X1.6}$$

An example of the computation is given in Table XI.1.

TABLE X1.1 Example of Calculation of Weighted Values of Relative Density (Specific Gravity) and Absorption for a Coarse Aggregate Tested in Separate Sizes

Size Fraction, mm (in.)	% in Original Sample	Sample Mass Used in Test, g	Relative Density (Specific Gravity) (SSD)	Absorption, %
4.75 to 12.5 (No. 4 to 1½)	44	2213.0	2.72	0.4
12.5 to 37.5 (½ to 1½)	35	5462.5	2.56	2.5
37.5 to 63 (1½ to 2½)	21	12393.0	2.54	3.0

Average Relative Density (Specific Gravity) (SSD)

$$G_{sm} = \frac{1}{\frac{0.44}{2.72} + \frac{0.35}{2.56} + \frac{0.21}{2.54}} = 2.62$$

Average Absorption

$$A = (0.44)(0.4) + (0.35)(2.5) + (0.21)(3.0) = 1.7\%$$

X2. INTERRELATIONSHIPS BETWEEN RELATIVE DENSITIES (SPECIFIC GRAVITIES) AND ABSORPTION AS DEFINED IN TEST METHODS C127 AND C128

X2.1 Where:

- S_d = relative density (specific gravity) (OD),
 S_s = relative density (specific gravity) (SSD),
 S_a = apparent relative density (apparent specific gravity),
 and
 A = absorption in %.

$$S_s = \frac{1}{\frac{1+A/100}{S_d} - \frac{A}{100}} = \frac{S_d}{1 - \left[\frac{A}{100} (S_d - 1) \right]} \quad (X2.3)$$

$$A = \left(\frac{S_s}{S_d} - 1 \right) 100 \quad (X2.4)$$

$$A = \left(\frac{S_s - S_d}{S_d (S_s - 1)} \right) 100 \quad (X2.5)$$

X2.2 Calculate the values of each as follows:

$$S_s = (1 + A/100) S_d \quad (X2.1)$$

$$S_d = \frac{1}{\frac{1}{S_s} - \frac{A}{100}} = \frac{S_s}{1 - \frac{AS_d}{100}} \quad (X2.2)$$

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 610-832-9580 (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 Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, Tel: (978) 546-2600; http://www.copyright.com/.

Anexo 39: ASTM C-128.

This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.



Designation: C128 – 15

Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate¹

This standard is issued under the fixed designation C128; 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 relative density (specific gravity) and the absorption of fine aggregates. The relative density (specific gravity), a dimensionless quality, is expressed as oven-dry (OD), saturated-surface-dry (SSD), or as apparent relative density (specific gravity). The OD relative density is determined after drying the aggregate. The SSD relative density and absorption are determined after soaking the aggregate in water for a prescribed duration.

1.2 This test method is not intended to be used for lightweight aggregates that comply with Specification C332 Group I aggregates.

1.3 The values stated in SI units are to be regarded as standard. No other units of measurement are included in this standard.

1.4 The text of this test method references notes and footnotes that provide explanatory material. These notes and footnotes (excluding those in tables and figures) shall not be considered as requirements of this test method.

1.5 *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

C29/C29M Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate

C70 Test Method for Surface Moisture in Fine Aggregate

C117 Test Method for Materials Finer than 75- μ m (No. 200)

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.20 on Normal Weight Aggregates.

Current edition approved Jan. 1, 2015. Published March 2015. Originally approved in 1936. Last previous edition approved in 2012 as C128–12. DOI: 10.1520/C0128-15.

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.

Sieve in Mineral Aggregates by Washing

C125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates

C127 Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate

C330 Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete

C332 Specification for Lightweight Aggregates for Insulating Concrete

C188 Test Method for Density of Hydraulic Cement

C566 Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying

C670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials

C702 Practice for Reducing Samples of Aggregate to Testing Size

C1252 Test Methods for Uncompacted Void Content of Fine Aggregate (as Influenced by Particle Shape, Surface Texture, and Grading) (Withdrawn 2015)³

D75 Practice for Sampling Aggregates

D854 Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer

2.2 AASHTO Standard:

AASHTO T 84 Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregates⁴

3. Terminology

3.1 *Definitions*—For definitions of terms used in this standard, refer to Terminology C125.

4. Summary of Test Method

4.1 A sample of aggregate is immersed in water for 24 ± 4 h to essentially fill the pores. It is then removed from the water, the water is dried from the surface of the particles, and the mass determined. Subsequently, the sample (or a portion of it) is placed in a graduated container and the volume of the sample is determined by the gravimetric or volumetric method. Finally,

³ The last approved version of this historical standard is referenced on www.astm.org.

⁴ Available from American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 444 N. Capitol St., NW, Suite 249, Washington, DC 20001, <http://www.transportation.org>.

the sample is oven-dried and the mass determined again. Using the mass values thus obtained and formulas in this test method, it is possible to calculate relative density (specific gravity) and absorption.

5. Significance and Use

5.1 Relative density (specific gravity) is the ratio of mass of an aggregate to the mass of a volume of water equal to the volume of the aggregate particles – also referred to as the absolute volume of the aggregate. It is also expressed as the ratio of the density of the aggregate particles to the density of water. Distinction is made between the density of aggregate particles and the bulk density of aggregates as determined by Test Method C29/C29M, which includes the volume of voids between the particles of aggregates.

5.2 Relative density is used to calculate the volume occupied by the aggregate in various mixtures containing aggregate including hydraulic cement concrete, bituminous concrete, and other mixtures that are proportioned or analyzed on an absolute volume basis. Relative density (specific gravity) is also used in the computation of voids in aggregate in Test Method C29/C29M and in Test Method C1252. Relative density (specific gravity) (SSD) is used in the determination of surface moisture on fine aggregate by displacement of water in Test Method C70. Relative density (specific gravity) (SSD) is used if the aggregate is in a saturated surface-dry condition, that is, if its absorption has been satisfied. Alternatively, the relative density (specific gravity) (OD) is used for computations when the aggregate is dry or assumed to be dry.

5.3 Apparent relative density (specific gravity) pertain to the solid material making up the constituent particles not including the pore space within the particles that is accessible to water. This value is not widely used in construction aggregate technology.

5.4 Absorption values are used to calculate the change in the mass of an aggregate material due to water absorbed in the pore spaces within the constituent particles, compared to the dry condition, if it is deemed that the aggregate has been in contact with water long enough to satisfy most of the absorption potential. The laboratory standard for absorption is that obtained after submerging dry aggregate for a prescribed period of time. Aggregates mined from below the water table commonly have a moisture content greater than the absorption determined by this test method, if used without opportunity to dry prior to use. Conversely, some aggregates that have not been continuously maintained in a moist condition until used are likely to contain an amount of absorbed moisture less than the 24-h soaked condition. For an aggregate that has been in contact with water and that has free moisture on the particle surfaces, the percentage of free moisture is determined by deducting the absorption from the total moisture content determined by Test Method C566 by drying.

5.5 The general procedures described in this test method are suitable for determining the absorption of aggregates that have had conditioning other than the 24-h soak, such as boiling water or vacuum saturation. The values obtained for absorption by other test methods will be different than the values obtained

by the prescribed 24-h soak, as will the relative density (specific gravity) (SSD).

6. Apparatus

6.1 *Balance*—A balance or scale having a capacity of 1 kg or more, sensitive to 0.1 g or less, and accurate within 0.1 % of the test load at any point within the range of use for this test method. Within any 100-g range of test load, a difference between readings shall be accurate within 0.1 g.

6.2 *Pycnometer (for Use with Gravimetric Procedure)*—A flask or other suitable container into which the fine aggregate test sample can be readily introduced and in which the volume content can be reproduced within $\pm 0.1 \text{ cm}^3$. The volume of the container filled to mark shall be at least 50 % greater than the space required to accommodate the test sample. A volumetric flask of 500-cm³ capacity or a fruit jar fitted with a pycnometer top is satisfactory for a 500-g test sample of most fine aggregates.

6.3 *Flask (for Use with Volumetric Procedure)*—A Le Chatelier flask as described in Test Method C188 is satisfactory for an approximately 55-g test sample.

6.4 *Mold and Tamper for Surface Moisture Test*—The metal mold shall be in the form of a frustum of a cone with dimensions as follows: 40 ± 3 -mm inside diameter at the top, 90 ± 3 -mm inside diameter at the bottom, and 75 ± 3 mm in height, with the metal having a minimum thickness of 0.8 mm. The metal tamper shall have a mass of 340 ± 15 g and a flat circular tamping face 25 ± 3 mm in diameter.

6.5 *Oven*—An oven of sufficient size, capable of maintaining a uniform temperature of $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9 \text{ }^\circ\text{F}$).

7. Sampling

7.1 Sample the aggregate in accordance with Practice D75. Thoroughly mix the sample and reduce it to obtain a test specimen of approximately 1 kg using the applicable procedures described in Practice C702.

8. Preparation of Test Specimen

8.1 Place the test specimen in a suitable pan or vessel and dry in the oven to constant mass at a temperature of $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9 \text{ }^\circ\text{F}$). Allow it to cool to comfortable handling temperature (approximately $50 \text{ }^\circ\text{C}$), cover with water, either by immersion or by the addition of at least 6 % moisture to the fine aggregate, and permit to stand for 24 ± 4 h. When Specification C330 or Specification C332 Group II lightweight aggregates are used, immerse the aggregate in water at room temperature for a period of 72 ± 4 h, stirring for at least one minute every 24 h.

8.1.1 When the absorption and relative density (specific gravity) values are to be used in proportioning concrete mixtures in which the aggregates will be in their naturally moist condition, the requirement in 8.1 for initial drying is optional, and, if the surfaces of the particles in the sample have been kept continuously wet until tested, the requirement in 8.1 for 24 ± 4 h soaking or 72 ± 4 h is also optional.

NOTE 1—Values for absorption and for relative density (specific gravity) (SSD) may be significantly higher for aggregate not oven dried

before soaking than for the same aggregate treated in accordance with 8.1.

8.2 Decant excess water with care to avoid loss of fines (see also Appendix X1), spread the sample on a flat nonabsorbent surface exposed to a gently moving current of warm air, and stir frequently to secure homogeneous drying. Employ mechanical aids such as tumbling or stirring to assist in achieving the saturated surface-dry condition, if desired. Continue this operation until the test specimen approaches a free-flowing condition. Follow the procedure in 8.3 to determine if surface moisture is still present on the constituent fine aggregate particles. Make the first trial for surface moisture when there is still some surface water in the test specimen. Continue drying with constant stirring and test at frequent intervals until the test indicates that the specimen has reached a surface-dry condition. If the first trial of the surface moisture test indicates that moisture is not present on the surface, it has been dried past the saturated surface-dry condition. In this case, thoroughly mix a few millilitres of water with the fine aggregate and permit the specimen to stand in a covered container for 30 min. Then resume the process of drying and testing at frequent intervals for the onset of the surface-dry condition.

8.3 *Test for Surface Moisture*—Hold the mold firmly on a smooth nonabsorbent surface with the large diameter down. Place a portion of the partially dried fine aggregate loosely in the mold by filling it to overflowing and heaping additional material above the top of the mold by holding it with the cupped fingers of the hand holding the mold. Lightly tamp the fine aggregate into the mold with 25 light drops of the tamper. Start each drop approximately 5 mm above the top surface of the fine aggregate. Permit the tamper to fall freely under gravitational attraction on each drop. Adjust the starting height to the new surface elevation after each drop and distribute the drops over the surface. Remove loose sand from the base and lift the mold vertically. If surface moisture is still present, the fine aggregate will retain the molded shape. Slight slumping of the molded fine aggregate indicates that it has reached a surface-dry condition.

8.3.1 Some fine aggregate with predominately angular-shaped particles or with a high proportion of fines does not slump in the cone test upon reaching the surface-dry condition. Test by dropping a handful of the fine aggregate from the cone test onto a surface from a height of 100 to 150 mm, and observe for fines becoming airborne; presence of airborne fines indicates this problem. For these materials, consider the saturated surface-dry condition as the point that one side of the fine aggregate slumps slightly upon removing the mold.

NOTE 2—The following criteria have also been used on materials that do not readily slump:

(1) *Provisional Cone Test*—Fill the cone mold as described in 8.3 except only use 10 drops of the tamper. Add more fine aggregate and use 10 drops of the tamper again. Then add material two more times using 3 and 2 drops of the tamper, respectively. Level off the material even with the top of the mold, remove loose material from the base; and lift the mold vertically.

(2) *Provisional Surface Test*—If airborne fines are noted when the fine aggregate is such that it will not slump when it is at a moisture condition, add more moisture to the sand, and

at the onset of the surface-dry condition, with the hand lightly pat approximately 100 g of the material on a flat, dry, clean, dark or dull nonabsorbent surface such as a sheet of rubber, a worn oxidized, galvanized, or steel surface, or a black-painted metal surface. After 1 to 3 s, remove the fine aggregate. If noticeable moisture shows on the test surface for more than 1 to 2 s then surface moisture is considered to be present on the fine aggregate.

(3) Colorimetric procedures described by Kandhal and Lee, Highway Research Record No. 307, p. 44.

(4) For reaching the saturated surface-dry condition on a single size material that slumps when wet, hard-finish paper towels can be used to surface dry the material until the point is just reached where the paper towel does not appear to be picking up moisture from the surfaces of the fine aggregate particles.

9. Procedure

9.1 Test by either the gravimetric procedure in 9.2 or the volumetric procedure in 9.3. Make all determinations of mass to 0.1 g.

9.2 Gravimetric (Pycnometer) Procedure:

9.2.1 Partially fill the pycnometer with water. Introduce into the pycnometer 500 ± 10 g of saturated surface-dry fine aggregate prepared as described in Section 8, and fill with additional water to approximately 90 % of capacity. Agitate the pycnometer as described in 9.2.1.1 (manually) or 9.2.1.2 (mechanically).

9.2.1.1 Manually roll, invert, or agitate the pycnometer (or use a combination of these actions) to eliminate visible air bubbles.

NOTE 3—About 15 to 20 min are normally required to eliminate the air bubbles by manual methods. Dipping the tip of a paper towel into the pycnometer has been found to be useful in dispersing the foam that sometimes builds up when eliminating the air bubbles. Optionally, a small amount of isopropyl alcohol may be used to disperse the foam.

9.2.1.2 Mechanically agitate the pycnometer by external vibration in a manner that will not degrade the sample. A level of agitation adjusted to just set individual particles in motion is sufficient to promote de-airing without degradation. A mechanical agitator shall be considered acceptable for use if comparison tests for each six-month period of use show variations less than the acceptable range of two results (d2s) indicated in Table 1 from the results of manual agitation on the same material.

9.2.2 After eliminating all air bubbles, adjust the temperature of the pycnometer and its contents to 23.0 ± 2.0 °C if necessary by partial immersion in circulating water, and bring the water level in the pycnometer to its calibrated capacity. Determine the total mass of the pycnometer, specimen, and water.

9.2.3 Remove the fine aggregate from the pycnometer, dry in the oven to constant mass at a temperature of 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F), cool in air at room temperature for $1 \pm \frac{1}{2}$ h, and determine the mass.

9.2.4 Determine the mass of the pycnometer filled to its calibrated capacity with water at 23.0 ± 2.0 °C.

9.3 Volumetric (Le Chatelier Flask) Procedure:

9.3.1 Fill the flask initially with water to a point on the stem between the 0 and the 1-mL mark. Record this initial reading with flask and contents within the temperature range of 23.0 ± 2.0 °C. Add 55 ± 5 g of fine aggregate in the saturated surface-dry condition (or other measured quantity as necessary). After all fine aggregate has been introduced, place the stopper in the flask and roll the flask in an inclined position, or gently whirl it in a horizontal circle so as to dislodge all entrapped air, continuing until no further bubbles rise to the surface (Note 4). Take a final reading with the flask and contents within 1 °C of the original temperature.

Note 4—A small measured amount (not to exceed 1 mL) of isopropyl alcohol may be used to eliminate foam appearing on the water surface. The volume of alcohol used must be subtracted from the final reading (R_2).

9.3.2 For determination of the absorption, use a separate 500 ± 10 -g portion of the saturated surface-dry fine aggregate, dry to constant mass, and determine the dry mass.

10. Calculations

10.1 Symbols: A = mass of oven dry specimen, g

B = mass of pycnometer filled with water, to calibration mark, g

C = mass of pycnometer filled with specimen and water to calibration mark, g

R_1 = initial reading of water level in Le Chatelier flask, mL

R_2 = final reading of water in Le Chatelier flask, mL

S = mass of saturated surface-dry specimen (used in the gravimetric procedure for density and relative density (specific gravity), or for absorption with both procedures), g

S_1 = mass of saturated surface-dry specimen (used in the volumetric procedure for density and relative density (specific gravity)), g

10.2 Relative Density (Specific Gravity):

10.2.1 Relative Density (Specific Gravity) (Oven dry)—Calculate the relative density (specific gravity) on the basis of oven-dry aggregate as follows:

10.2.1.1 Gravimetric Procedure:

$$\text{Relative density (specific gravity) (OD)} = A/(B + S - C) \quad (1)$$

10.2.1.2 Volumetric Procedure:

$$\text{Relative density (specific gravity) (OD)} = [S_1 (A/S)]/[0.9975 (R_2 - R_1)] \quad (2)$$

10.2.2 Relative Density (Specific Gravity) (Saturated Surface-dry)—Calculate the relative density (specific gravity) on the basis of saturated surface-dry aggregate as follows:

10.2.2.1 Gravimetric Procedure:

$$\text{Relative density (specific gravity) (SSD)} = S/(B + S - C) \quad (3)$$

10.2.2.2 Volumetric Procedure:

$$\text{Relative density (specific gravity) (SSD)} = S_1/[0.9975 (R_2 - R_1)] \quad (4)$$

10.2.3 Apparent Relative Density (Specific Gravity)—Calculate the apparent relative density (specific gravity) as follows:

10.2.3.1 Gravimetric Procedure:

$$\text{Apparent relative density (specific gravity)} = A/(B + A - C) \quad (5)$$

10.2.3.2 Volumetric Procedure:

$$\begin{aligned} \text{Apparent relative density (specific gravity)} \\ = \frac{S_1 (A/S)}{0.9975 (R_2 - R_1) - [(S_1/S)(S - A)]} \end{aligned} \quad (6)$$

10.3 Absorption—Calculate the percentage of absorption as follows:

$$\text{Absorption, \%} = 100[(S - A)/A] \quad (7)$$

11. Report

11.1 Report relative density (specific gravity) results to the nearest 0.01 and indicate the basis for relative density (specific gravity), as either oven-dry (OD), saturated-surface-dry (SSD), or apparent.

11.2 Report the absorption result to the nearest 0.1 %.

11.3 If the relative density (specific gravity) values were determined without first drying the aggregate, as permitted in 8.2, note that fact in the report.

12. Precision and Bias

12.1 Precision—The estimates of precision of this test method (listed in Table 1) are based on results from the AASHTO Materials Reference Laboratory Proficiency Sample Program, with testing conducted by this test method and AASHTO T 84. The significant difference between the methods is that Test Method C128 requires a saturation period of 24

TABLE 1 Precision

	Standard Deviation	Acceptable Range of Two Results (d2s) ^A
Single-Operator Precision		
Relative density (specific gravity) (OD)	0.011	0.032
Relative density (specific gravity) (SSD)	0.0095	0.027
Apparent relative density (specific gravity)	0.0095	0.027
Absorption, ^B %	0.11	0.31
Multilaboratory Precision		
Relative density (specific gravity) (OD)	0.023	0.066
Relative density (specific gravity) (SSD)	0.020	0.056
Apparent relative density (specific gravity)	0.020	0.056
Absorption, ^B %	0.23	0.66

^A These numbers represent the (d2s) limits as described in Practice C670. The precision estimates were obtained from the analysis of combined AASHTO Materials Reference Laboratory proficiency sample data from laboratories using 15 to 19-h saturation times and other laboratories using 24 ± 4-h saturation time. Testing was performed on normal weight aggregates, and started with aggregates in the oven-dry condition.

^B Precision estimates are based on aggregates with absorptions of less than 1 % and may differ for manufactured fine aggregates and the aggregates having absorption values greater than 1 %.

± 4 h, and AASHTO Test Method T 84 requires a saturation period of 15 to 19 h. This difference has been found to have an insignificant effect on the precision indices. The data are based on the analyses of more than 100 paired test results from 40 to 100 laboratories.

12.2 *Bias*—Since there is no accepted reference material suitable for determining the bias for this test method, no statement on bias is being made.

13. Keywords

13.1 absorption; aggregate; apparent relative density; fine aggregate; relative density; specific gravity

APPENDICES

(Nonmandatory Information)

X1. POTENTIAL DIFFERENCES IN BULK RELATIVE DENSITY AND ABSORPTION DUE TO PRESENCE OF MATERIAL FINER THAN 75 µm

X1.1 It has been found that there may be significant differences in bulk relative density and absorption between fine aggregate samples tested with the material finer than 75 µm (No. 200) present and not present in the samples. Samples from which the material finer than 75 µm is not removed usually give a higher absorption and a lower bulk relative density compared with testing the same fine aggregate from which the material finer than 75 µm is removed following the procedures of Test Method C117. Samples with material finer than 75 µm may build up a coating around the coarser fine aggregate particles during the surface drying process. The resultant relative density and absorption that is subsequently measured is that of the agglomerated and coated particles and not that of the parent material. The difference in absorption and relative density determined between samples from which the material finer than 75 µm have not been removed and samples from which the material finer than 75 µm have been removed

depends on both the amount of the material finer than 75 µm present and the nature of the material. When the material finer than 75 µm is less than about 4 % by mass, the difference in relative density between washed and unwashed samples is less than 0.03. When the material finer than 75 µm is greater than about 8 % by mass, the difference in relative density obtained between washed and unwashed samples may be as great as 0.13. It has been found that the relative density determined on fine aggregate from which the material finer than 75 µm has been removed prior to testing more accurately reflects the relative density of the material.

X1.2 The material finer than 75 µm, which is removed, can be assumed to have the same relative density as the fine aggregate. Alternatively, the relative density (specific gravity) of the material finer than 75 µm may be further evaluated using Test Method D854, however, this test determines the apparent relative density and not the bulk relative density.

X2. INTERRELATIONSHIPS BETWEEN RELATIVE DENSITIES (SPECIFIC GRAVITIES) AND ABSORPTION AS DEFINED IN TEST METHODS C127 AND C128

X2.1 This appendix gives mathematical interrelationships among the three types of relative densities (specific gravities) and absorption. These may be useful in checking the consistency of reported data or calculating a value that was not reported by using other reported data.

X2.2 Where:

S_r = relative density (specific gravity) (OD),
 S_s = relative density (specific gravity) (SSD),
 S_a = apparent relative density (apparent specific gravity),
 and
 A = absorption, in %.

Calculate the values of each as follows:

$$S_r = (1 + A/100)S_s \quad (X2.1)$$


$$S_s = \frac{1}{\frac{1}{S_r} - \frac{A}{100}} = \frac{S_r}{1 - \frac{AS_r}{100}} \quad (X2.2)$$

$$\text{or } S_a = \frac{1}{\frac{1 + A/100}{S_r} - \frac{A}{100}} \quad (X2.3)$$

$$= \frac{S_r}{1 - \frac{A}{100}(S_r - 1)}$$

$$A = \left(\frac{S_r}{S_a} - 1 \right) 100 \quad (X2.4)$$

$$A = \left(\frac{S_r - S_a}{S_a(S_r - 1)} \right) 100 \quad (X2.5)$$

 **C128 – 15**

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 Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, Tel: (978) 646-2600; <http://www.copyright.com/>

Anexo 40: ASTM C-566-13

This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.



Designation: C566 – 13

Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying¹

This standard is issued under the fixed designation C566; 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.

This standard has been approved for use by agencies of the U.S. Department of Defense.

1. Scope

1.1 This test method covers the determination of the percentage of evaporable moisture in a sample of aggregate by drying both surface moisture and moisture in the pores of the aggregate. Some aggregate may contain water that is chemically combined with the minerals in the aggregate. Such water is not evaporable and is not included in the percentage determined by this test method.

1.2 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. No other units of measurement are included in this standard.

Note 1—Sieve size is identified by its standard designation in Specification E11. The alternative designation given in parentheses is for information only and does not represent a different standard sieve size.

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. For specific precautionary statements, see 5.3.1, 7.2.1, and 7.3.1.*

2. Referenced Documents

- 2.1 *ASTM Standards:*²
 - C29/C29M Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate
 - C125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates
 - C127 Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate
 - C128 Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate
 - C670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.20 on Normal Weight Aggregates.

Current edition approved Feb. 1, 2013. Published February 2013. Originally approved in 1965. Last previous edition approved in 2004 as C566 – 97 (2004). DOI: 10.1520/C0566-13.

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.

- for Test Methods for Construction Materials
- D75 Practice for Sampling Aggregates
- E11 Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves

2.2 *Other Document:*
National Research Council Report SHRP-P-619³

3. Terminology

3.1 Definitions:

3.1.1 For definitions of terms used in this test method, refer to Terminology C125.

4. Significance and Use

4.1 This test method is sufficiently accurate for usual purposes, such as adjusting batch quantities of ingredients for concrete. It will generally measure the moisture in the test sample more reliably than the sample can be made to represent the aggregate supply. In cases where the aggregate itself is altered by heat, or where more refined measurement is required, the test should be conducted using a ventilated, controlled temperature oven.

4.2 Large particles of coarse aggregate, especially those larger than 50 mm, will require greater time for the moisture to travel from the interior of the particle to the surface. The user of this test method should determine by trial if rapid drying methods provide sufficient accuracy for the intended use when drying large size particles.

5. Apparatus

5.1 *Balance*—A balance or scale accurate, readable, and sensitive to within 0.1 % of the test load at any point within the range of use. Within any interval equal to 10 % of the capacity of the balance or scale used to determine mass, the load indication shall be accurate within 0.1 % of the difference in masses.

5.2 *Source of Heat*—A ventilated oven capable of maintaining the temperature surrounding the sample at $110 \pm 5^\circ\text{C}$. Where close control of the temperature is not required (see

³ Available from the National Research Council, 2101 Constitution Ave., N.W., Washington, DC 20418.

4.1), other suitable sources of heat may be used, such as an electric or gas hot plate, electric heat lamps, or a ventilated microwave oven.

5.3 **Sample Container**—A container not affected by the heat, of sufficient volume to contain the sample without danger of spilling, and of such shape that the depth of sample will not exceed one fifth of the least lateral dimension.

5.3.1 **Precaution**—When a microwave oven is used, the container shall be nonmetallic.

NOTE 2—Except for testing large samples, an ordinary frying pan is suitable for use with a hot plate, or any shallow flat-bottomed metal pan is suitable with heat lamps or oven. Note the precaution in 5.3.1.

5.4 **Stirrer**—A metal spoon or spatula of convenient size.

6. Sampling

6.1 Sample in accordance with Practice D75, except for the sample size.

6.2 Secure a sample of the aggregate representative of the moisture content in the supply being tested and having a mass not less than the amount listed in Table 1. Protect the sample against loss of moisture prior to determining the mass.

7. Procedure

7.1 Determine the mass of the sample to the nearest 0.1 %.

7.2 Dry the sample thoroughly in the sample container by means of the selected source of heat, exercising care to avoid loss of any particles. Very rapid heating may cause some particles to explode, resulting in loss of particles. Use a controlled temperature oven when excessive heat may alter the character of the aggregate, or where more precise measurement is required. If a source of heat other than the controlled temperature oven is used, stir the sample during drying to accelerate the operation and avoid localized overheating. When using a microwave oven, stirring of the sample is optional.

7.2.1 **Caution**—When using a microwave oven, occasionally minerals are present in aggregates that may cause the material to overheat and explode. If this occurs it can damage the microwave oven.

7.3 When a hot plate is used, drying can be expedited by the following procedure. Add sufficient anhydrous denatured alcohol to cover the moist sample. Stir and allow suspended material to settle. Decant as much of the alcohol as possible without losing any of the sample. Ignite the remaining alcohol and allow it to burn off during drying over the hot plate.

7.3.1 **Warning**—Exercise care to control the ignition operation to prevent injury or damage from the burning alcohol.

7.4 The sample is thoroughly dry when further heating causes, or would cause, less than 0.1 % additional loss in mass.

7.5 Determine the mass of the dried sample to the nearest 0.1 % after it has cooled sufficiently not to damage the balance.

8. Calculation

8.1 Calculate total evaporable moisture content as follows:

$$p = 100(W - D)/D \quad (1)$$

where:

p = total evaporable moisture content of sample, percent,

W = mass of original sample, g, and

D = mass of dried sample, g.

8.2 Surface moisture content is equal to the difference between the total evaporable moisture content and the absorption, with all values based on the mass of a dry sample. Absorption may be determined in accordance with Test Method C127 or Test Method C128.

9. Precision and Bias

9.1 **Precision:**

9.1.1 The within-laboratory single operator standard deviation for moisture content of aggregates has been found to be 0.28 % (Note 3). Therefore, results of two properly conducted tests by the same operator in the same laboratory on the same type of aggregate sample should not differ by more than 0.79 % (Note 3) from each other.

9.1.2 The between-laboratory standard deviation for moisture content of aggregates has been found to be 0.28 % (Note 3). Therefore, results of properly conducted tests from two laboratories on the same aggregate sample should not differ by more than 0.79 % (Note 3) from each other.

9.1.3 Test data used to derive the above precision indices were obtained from samples dried to a constant mass in a drying oven maintained at $110 \pm 5^\circ\text{C}$. When other drying procedures are used, the precision of the results may be significantly different than that indicated above.

NOTE 3—These numbers represent, respectively, the 1s and 2s limits as described in Practice C670.

9.2 **Bias:**

9.2.1 When experimental results are compared with known values from accurately compounded specimens, the following has been derived.

9.2.1.1 The bias of moisture tests on one aggregate material has been found to have a mean of +0.06 %. The bias of individual test values from the same aggregate material has been found with 95 % confidence to lie between -0.07 % and +0.20 %.

TABLE 1 Sample Size for Aggregate

Nominal Maximum Size of Aggregate, mm (in.) ^A	Mass of Normal Weight Aggregate Sample, min, kg ^B
4.75 (0.187) (No. 4)	0.5
9.5 (3/8)	1.5
12.5 (1/2)	2
19.0 (3/4)	3
25.0 (1)	4
37.5 (1 1/2)	6
50 (2)	8
63 (2 1/2)	10
75 (3)	13
90 (3 3/4)	16
100 (4)	25
150 (6)	50

^A Based on sieves meeting Specification E11.

^B Determine the minimum sample mass for lightweight aggregate by multiplying the value listed by the dry-loose unit mass of the aggregate in kg/m³ (determined using Test Method C29/C29M) and dividing by 1000.

9.2.1.2 The bias of moisture tests on a second aggregate material has been found to have a mean of $< +0.01$ %. The bias of individual test values from the same aggregate material has been found with 95 % confidence to lie between -0.14 % and $+0.14$ %.

9.2.1.3 The bias of moisture tests overall on both aggregate materials has been found to have a mean of $+0.03$ %. The bias of individual test values overall from both aggregate materials has been found with 95 % confidence to lie between -0.12 % and $+0.18$ %.

9.2.2 Test data used to derive the above bias statements were obtained from samples dried to a constant mass in a drying oven maintained at $110 \pm 5^\circ\text{C}$. When other drying

procedures are used, the bias of the results may be significantly different than that indicated above.

NOTE 4—These precision and bias statements were derived from aggregate moisture data provided by 17 laboratories participating in the SHRP Soil Moisture Proficiency Sample Program which is fully described in the National Research Council Report SHRP-P-619. The samples tested which relate to these statements were well-graded mixtures of fine and coarse aggregate with moisture contents ranging from air dry to saturated surface dry.

10. Keywords

10.1 aggregate; drying; moisture content

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 610-832-9580 (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 Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, Tel: (978) 646-2600; <http://www.copyright.com/>

Anexo 41: ASTM C-566-97.

NOTICE: This standard has either been superseded and replaced by a new version or withdrawn. Contact ASTM International (www.astm.org) for the latest information



Designation: C 566 – 97

Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying¹

This standard is issued under the fixed designation C 566; 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.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope

1.1 This test method covers the determination of the percentage of evaporable moisture in a sample of aggregate by drying, both surface moisture and moisture in the pores of the aggregate. Some aggregate may contain water that is chemically combined with the minerals in the aggregate. Such water is not evaporable and is not included in the percentage determined by this test method.

1.2 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. The values stated in parentheses are provided for information 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. For specific precautionary statements, see 5.3.1, 7.2.1, and 7.3.1.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- C 29/C 29M Test Method for Unit Weight and Voids in Aggregate²
- C 125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates²
- C 127 Test Method for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate²
- C 128 Test Method for Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate²
- C 670 Practice for Preparing Precision Statements for Test Methods for Construction Materials²
- D 75 Practice for Sampling Aggregates³
- E 11 Specification for Wire Cloth and Sieves for Testing Purposes²

2.2 Other Document:

National Research Council Report SHRP-P-619⁴

3. Terminology

3.1 Definitions:

3.1.1 For definitions of terms used in this test method, refer to Terminology C 125.

4. Significance and Use

4.1 This test method is sufficiently accurate for usual purposes, such as adjusting batch quantities of ingredients for concrete. It will generally measure the moisture in the test sample more reliably than the sample can be made to represent the aggregate supply. In cases where the aggregate itself is altered by heat, or where more refined measurement is required, the test should be conducted using a ventilated, controlled temperature oven.

4.2 Large particles of coarse aggregate, especially those larger than 50 mm (2 in.), will require greater time for the moisture to travel from the interior of the particle to the surface. The user of this test method should determine by trial if rapid drying methods provide sufficient accuracy for the intended use when drying large size particles.

5. Apparatus

5.1 *Balance*—A balance or scale accurate, readable, and sensitive to within 0.1 % of the test load at any point within the range of use. Within any interval equal to 10 % of the capacity of the balance or scale used to determine mass, the load indication shall be accurate within 0.1 % of the difference in masses.

5.2 *Source of Heat*—A ventilated oven capable of maintaining the temperature surrounding the sample at $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9^\circ\text{F}$). Where close control of the temperature is not required (see 4.1), other suitable sources of heat may be used, such as an electric or gas hot plate, electric heat lamps, or a ventilated microwave oven.

5.3 *Sample Container*—A container not affected by the heat, and of sufficient volume to contain the sample without danger

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C-9 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.20 on Normal Weight Aggregates.

Current edition approved Jan. 10, 1997. Published March 1997. Originally issued as C 566 – 65 T. Last previous edition C 566 – 96.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.02.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.03.

⁴ Available from the National Research Council, 2101 Constitution Ave., N.W., Washington, DC 20418.

of spilling, and of such shape that the depth of sample will not exceed one fifth of the least lateral dimension.

5.3.1 **Precaution**—When a microwave oven is used, the container shall be nonmetallic.

Note 1—Except for testing large samples, an ordinary frying pan is suitable for use with a hot plate, or any shallow flat-bottomed metal pan is suitable with heat lamps or oven. Note precaution in 5.3.1.

5.4 **Stirrer**—A metal spoon or spatula of convenient size.

6. Sampling

6.1 Sample in accordance with Practice D 75, except for the sample size.

6.2 Secure a sample of the aggregate representative of the moisture content in the supply being tested and having a mass not less than the amount listed in Table 1. Protect the sample against loss of moisture prior to determining the mass.

7. Procedure

7.1 Determine the mass of the sample to the nearest 0.1 %.

7.2 Dry the sample thoroughly in the sample container by means of the selected source of heat, exercising care to avoid loss of any particles. Very rapid heating may cause some particles to explode, resulting in loss of particles. Use a controlled temperature oven when excessive heat may alter the character of the aggregate, or where more precise measurement is required. If a source of heat other than the controlled temperature oven is used, stir the sample during drying to accelerate the operation and avoid localized overheating. When using a microwave oven, stirring of the sample is optional.

7.2.1 **Caution:** When using a microwave oven, occasionally minerals are present in aggregates that may cause the material to overheat and explode. If this occurs it can damage the microwave oven.

7.3 When a hot plate is used, drying can be expedited by the following procedure. Add sufficient anhydrous denatured alcohol to cover the moist sample. Stir and allow suspended material to settle. Decant as much of the alcohol as possible without losing any of the sample. Ignite the remaining alcohol and allow it to burn off during drying over the hot plate.

7.3.1 **Warning**—Exercise care to control the ignition operation to prevent injury or damage from the burning alcohol.

7.4 The sample is thoroughly dry when further heating causes, or would cause, less than 0.1 % additional loss in mass.

7.5 Determine the mass of the dried sample to the nearest 0.1 % after it has cooled sufficiently not to damage the balance.

8. Calculation

8.1 Calculate total evaporable moisture content as follows:

$$p = 100 (W - D) / D \quad (1)$$

where:

p = total evaporable moisture content of sample, percent,
 W = mass of original sample, g, and
 D = mass of dried sample, g.

8.2 Surface moisture content is equal to the difference between the total evaporable moisture content and the absorption, with all values based on the mass of a dry sample. Absorption may be determined in accordance with Test Method C 127 or Test Method C 128.

9. Precision and Bias

9.1 **Precision:**

9.1.1 The within-laboratory single operator standard deviation for moisture content of aggregates has been found to be 0.28 % (Note 2). Therefore, results of two properly conducted tests by the same operator in the same laboratory on the same type of aggregate sample should not differ by more than 0.79 % (Note 2) from each other.

9.1.2 The between-laboratory standard deviation for moisture content of aggregates has been found to be 0.28 % (Note 2). Therefore, results of properly conducted tests from two laboratories on the same aggregate sample should not differ by more than 0.79 % (Note 2) from each other.

9.1.3 Test data used to derive the above precision indices were obtained from samples dried to a constant mass in a drying oven maintained at $110 \pm 5^\circ\text{C}$. When other drying procedures are used, the precision of the results may be significantly different than that indicated above.

Note 2—These numbers represent, respectively, the 1s and d2s limits as described in Practice C 670.

9.2 **Bias:**

9.2.1 When experimental results are compared with known values from accurately compounded specimens, the following has been derived.

9.2.1.1 The bias of moisture tests on one aggregate material has been found to have a mean of +0.06 %. The bias of individual test values from the same aggregate material has been found with 95 % confidence to lie between -0.07 % and +0.20 %.

9.2.1.2 The bias of moisture tests on a second aggregate material has been found to have a mean of < +0.01 %. The bias of individual test values from the same aggregate material has been found with 95 % confidence to lie between -0.14 % and +0.14 %.

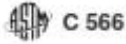
9.2.1.3 The bias of moisture tests overall on both aggregate materials has been found to have a mean of +0.03 %. The bias of individual test values overall from both aggregate materials has been found with 95 % confidence to lie between -0.12 % and +0.18 %.

TABLE 1 Sample Size for Aggregate

Nominal Maximum Size of Aggregate, mm (in.) ^a	Mass of Normal Weight Aggregate Sample, min, kg ^b
4.75 (0.187) (No. 4)	0.5
9.5 (3/8)	1.5
12.5 (1/2)	2
19.0 (3/4)	3
25.0 (1)	4
37.5 (1 1/2)	6
50 (2)	8
63 (2 1/2)	10
75 (3)	13
90 (3 3/4)	16
100 (4)	25
150 (6)	50

^aBased on sieves meeting Specification E 11.

^bDetermine the minimum sample mass for lightweight aggregate by multiplying the value listed by the dry-loose unit mass of the aggregate in kg/m³ (determined using Test Method C 29/C 29M) and dividing by 1000.



9.2.2 Test data used to derive the above bias statements were obtained from samples dried to a constant mass in a drying oven maintained at $110 \pm 5^\circ\text{C}$. When other drying procedures are used, the bias of the results may be significantly different than that indicated above.

NOTE 3—These precision and bias statements were derived from aggregate moisture data provided by 17 laboratories participating in the

SHRP Soil Moisture Proficiency Sample Program which is fully described in the National Research Council Report SHRP-P-619. The samples tested which relate to these statements were well-graded mixtures of fine and coarse aggregate with moisture contents ranging from air dry to saturated surface dry.

10. Keywords

10.1 aggregate; drying; moisture content

The American Society for Testing and Materials 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 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, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2958, 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 42: ASTM C-39.



Designation: C 39/C 39M – 05^{e2}

Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens¹

This standard is issued under the fixed designation C 39/C 39M; 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.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

^{e1} Note—Note 1 was corrected editorially in September 2006.

^{e2} Note—Removed research report footnote from Section 10 editorially in October 2008.

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 unit weight in excess of 50 lb/ft³ [800 kg/m³].

1.2 The values stated in either inch-pound or SI units are to be regarded separately as standard. The SI 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 nonconformance 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

C 31/C 31M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field

C 42/C 42M Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete

C 192/C 192M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory

C 617 Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens

C 670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials

C 873 Test Method for Compressive Strength of Concrete Cylinders Cast in Place in Cylindrical Molds

C 1077 Practice for Laboratories Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Laboratory Evaluation

C 1231/C 1231M Practice for Use of Unbonded Caps in Determination of Compressive Strength of Hardened Concrete Cylinders

E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines

E 74 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

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 Nov. 1, 2005. Published November 2005. Originally approved in 1921. Last previous edition approved in 2004 as C 39/C 39M – 04a.

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.

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 C 31/C 31M, C 192/C 192M, C 617, and C 1231/C 1231M and Test Methods C 42/C 42M and C 873.

4.3 The results of this test method are used as a basis for quality control of concrete proportioning, mixing, and placing 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 C 1077, 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 1 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 E 4, except that the verified loading range shall be as required in 5.3. Verification is required under the following conditions:

5.1.1.1 At least annually, but not to exceed 13 months,

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 E 74.

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:

$$E = A - B \quad (1)$$

$$E_p = 100(A - B)/B$$

where:

A = load, lbf [kN] indicated by the machine being verified, and

B = applied load, lbf [kN] 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 0.001 in. [0.02 mm] in any 6 in. [150 mm] of blocks 6 in. [150 mm] in diameter or larger, or by more than 0.001 in. [0.02 mm] 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 0.5 in. [13 mm], concentric circles not more than 0.03 in. [0.8 mm] deep and not more than 0.04 in. [1 mm] 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% 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 1 in. [25 mm] thick when new, and at least 0.9 in. [22.5 mm] 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, in. [mm]	Maximum Diameter of Bearing Face, in. [mm]
2 [50]	4 [100]
3 [75]	5 [130]
4 [100]	6.5 [165]
6 [150]	10 [255]
8 [200]	11 [280]

Note 5—Square bearing faces are permissible, provided the diameter of the largest possible inscribed circle does not exceed the above diameter.

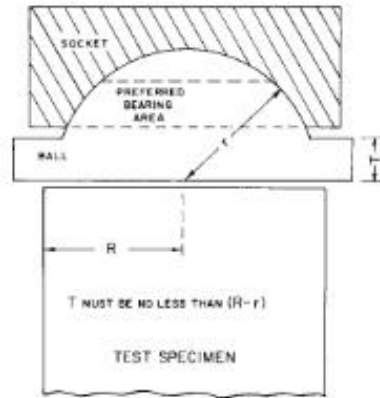
5.2.2.2 The center of the sphere shall coincide with the surface of the bearing face within a tolerance of $\pm 5\%$ of the radius of the sphere. The diameter of the sphere shall be at least 75% of the diameter of the specimen to be tested.

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.

5.2.2.4 The curved surfaces of the socket and of the spherical portion shall be kept clean and shall be lubricated with a petroleum-type oil such as conventional motor oil, not with a pressure type grease. After contacting the specimen and application of small initial load, further tilting of the spherically seated block is not intended and is undesirable.

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).



Note—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

5.2.2.6 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 7). 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 7—Readability is considered to be 0.02 in. [0.5 mm] 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 0.04 in. [1 mm] and 0.06 in. [2 mm]. When the spacing is between 0.06 and 0.12 in. [2 and 3 mm], one third of a scale interval is readable with reasonable certainty. When the spacing is 0.12 in. [3 mm] 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.

C 39/C 39M – 05^{1,2}

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.

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 8—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 0.12 in. in 12 in. [1 mm in 100 mm]). The ends of compression test specimens that are not plane within 0.002 in. [0.050 mm] shall be sawed or ground to meet that tolerance, or capped in accordance with either Practice C 617 or, when permitted, Practice C 1231/C 1231M. The diameter used for calculating the cross-sectional area of the test specimen shall be determined to the nearest 0.01 in. [0.25 mm] 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 0.02 in. [0.5 mm]. When the average diameters do not fall within the range of 0.02 in. [0.5 mm] 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 0.05 in. [1 mm] at three locations spaced evenly around the circumference. Compute the average length and record to the nearest 0.05 in. [1 mm]. Alternatively, determine the cylinder density by weighing the cylinder in air and then submerged under water at 73.5 ± 3.5 °F (23.0 ± 2.0 °C), 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. 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 9*). As the spherically seated block is brought to bear on the specimen, rotate its movable portion gently by hand so that uniform seating is obtained.

Note 9—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.

7.5 *Rate of Loading*—Apply the load continuously and without shock.

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 35 ± 7 psi/s [0.25 ± 0.05 MPa/s] (See *Note 10*). The designated rate of movement shall be maintained at least during the latter half of the anticipated loading phase.

Note 10—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,

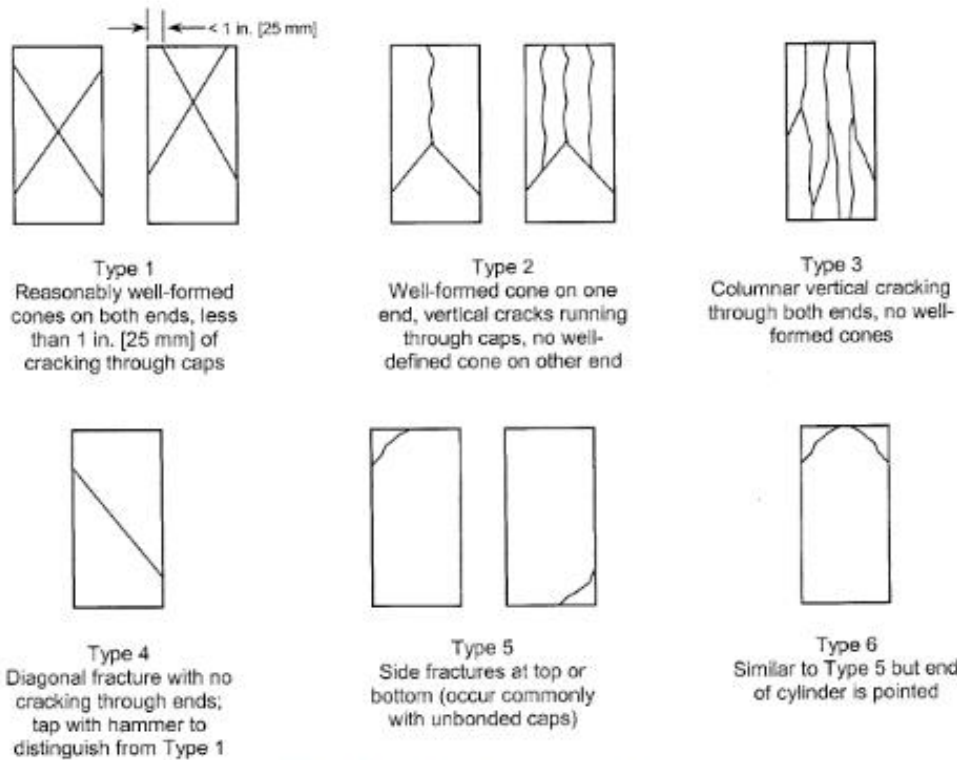


FIG. 2 Schematic of Typical Fracture Patterns

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 C 617 or Practice C 1231/C 1231M.

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 10 psi [0.1 MPa].

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 11:

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 11—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 100 and 120 lb/ft³ [1600 and 1920 kg/m³] and to normal-density concrete. They are applicable to concrete dry or soaked at the time of loading and for nominal concrete strengths from 2000 to 6000 psi [14 to 42 MPa]. For strengths higher than 6000 psi [42 MPa] correction factors may be larger than the values listed above³.

8.3 When required, calculate the density of the specimen to the nearest 1 lb/ft³ [10 kg/m³] as follows:

$$Density = \frac{W}{V} \tag{2}$$

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.

where:

W = mass of specimen, lb [kg], and
 V = volume of specimen computed from the average diameter and average length or from weighing the cylinder in air and submerged, ft³ [m³]

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, lb [kg], and
 γ_w = density of water at 73.5 °F [23 °C] = 62.27 lbs/ft³ [997.5 kg/m³].

9. Report

- 9.1 Report the following information:
 - 9.1.1 Identification number,
 - 9.1.2 Diameter (and length, if outside the range of 1.8 D to 2.2 D), in inches [millimetres],
 - 9.1.3 Cross-sectional area, in square inches [square millimetres],
 - 9.1.4 Maximum load, in pounds-force [kilonewtons],
 - 9.1.5 Compressive strength calculated to the nearest 10 psi [0.1 MPa],
 - 9.1.6 Type of fracture, if other than the usual cone (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 1 lb/ft³ [10 kg/m³].

10. Precision and Bias

10.1 Precision
 10.1.1 *Within-Test Precision*—The following table provides the within-test precision of tests of 6 by 12 in. [150 by 300 mm] and 4 by 8 in. [100 by 200 mm] cylinders made from a well-mixed sample of concrete under laboratory conditions and under field conditions (see 10.1.2).

	Coefficient of Variation ^a	Acceptable Range ^a of Individual Cylinder Strengths	
		2 cylinders	3 cylinders
6 by 12 in. [150 by 300 mm]			
Laboratory conditions	2.4 %	6.6 %	7.8 %
Field conditions	2.9 %	8.0 %	9.5 %
4 by 8 in. [100 by 200 mm]			
Laboratory conditions	3.2 %	9.0 %	10.6 %

^a These numbers represent respectively the (1s/σ) and (d2s/σ) limits as described in Practice C 670.

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 6 by 12 in. [150 by 300 mm] cylinders are applicable for compressive strengths between 2000 and 8000 psi [15 to 55 MPa] and those for 4 by 8 in. [100 by 200 mm] cylinders are applicable for compressive strengths between 2500 and 4700 psi [17 to 32 MPa]. The within-test coefficients of variation for 6 by 12 in. [150 by 300 mm] 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 1978.³ The within-test coefficient of variation of 4 by 8 in. [100 by 200 mm] 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 6 by 12 in. [150 by 300 mm] 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 12). A strength test result is the average of two cylinders tested at the same age.

Note 12—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 6 x 12 in [150 x 300 mm] cylindrical specimens were prepared at a single location and tested by different laboratories. The range of average strength from these programs was 2500 to 13 000 psi [17.0 to 90 MPa].

Note 13—Subcommittee C09.61 will continue to examine recent concrete proficiency sample data and field test data and make revisions to precisions 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 Supporting data have been filed at ASTM International Headquarters and may be obtained by requesting Research Report RR: C09-1006.

 C 39/C 39M – 05¹²

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 43: ASTM C-469.

This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.



Designation: C469/C469M – 14

Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression¹

This standard is issued under the fixed designation C469/C469M; 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 determination of (1) chord modulus of elasticity (Young's) and (2) Poisson's ratio of molded concrete cylinders and diamond-drilled concrete cores when under longitudinal compressive stress. Chord modulus of elasticity and Poisson's ratio are defined in Terminology E6.

1.2 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. 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.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:²

- C31/C31M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field
- C39/C39M Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens
- C42/C42M Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete
- C174/C174M Test Method for Measuring Thickness of Concrete Elements Using Drilled Concrete Cores
- C192/C192M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory
- C617 Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens
- E4 Practices for Force Verification of Testing Machines

¹This 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 March 1, 2014. Published April 2014. Originally approved in 1961. Last previous edition approved in 2010 as C469-10. DOI: 10.1520/C0469_C0469M-14.

²For 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.

E6 Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing

E83 Practice for Verification and Classification of Extensometer Systems

E177 Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods

2.2 ASTM Adjuncts:

Compressometers (two drawings) and Extensometers (two drawings)³

3. Significance and Use

3.1 This test method provides a stress to strain ratio value and a ratio of lateral to longitudinal strain for hardened concrete at whatever age and curing conditions may be designated.

3.2 The modulus of elasticity and Poisson's ratio values, applicable within the customary working stress range (0 to 40 % of ultimate concrete strength), are used in sizing of reinforced and nonreinforced structural members, establishing the quantity of reinforcement, and computing stress for observed strains.

3.3 The modulus of elasticity values obtained will usually be less than moduli derived under rapid load application (dynamic or seismic rates, for example), and will usually be greater than values under slow load application or extended load duration, given other test conditions being the same.

4. Apparatus

4.1 *Testing Machine*—Use a testing machine capable of imposing a load at the rate and of the magnitude prescribed in 6.4. The machine shall conform to the requirements of Practices E4 (Constant-Rate of-Travel CRT-Type Testing Machines section). The spherical head and bearing blocks shall conform to the Apparatus Section of Test Method C39/C39M.

4.2 *Compressometer*³—For determining the modulus of elasticity use a bonded (Note 1) or unbonded sensing device that measures to the nearest 5 millionths the average deformation of two diametrically opposite gauge lines, each parallel to the axis, and each centered about midheight of the specimen.

³ Available from ASTM International Headquarters. Order Adjunct No. ADJC0469.

*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 19428-2950, United States

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Tue Nov 26 15:30:25 EST 2019
Downloaded/printed by

Pontificia Universidad Católica del Perú (Pontificia Universidad Católica del Perú) pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

The effective length of each gauge line shall be not less than three times the maximum size of the aggregate in the concrete nor more than two thirds the height of the specimen; the preferred length of the gauge line is one half the height of the specimen. Either use gauge points embedded in or cemented to the specimen, and read deformation of the two lines independently; or use a compressometer (such as is shown in Fig. 1) consisting of two yokes, one of which (see B, Fig. 1) is rigidly attached to the specimen and the other (see C, Fig. 1) attached at two diametrically opposite points so that it is free to rotate. At one point on the circumference of the rotating yoke, midway between the two support points, use a pivot rod (see A, Fig. 1) to maintain a constant distance between the two yokes. At the opposite point on the circumference of the rotating yoke, the change in distance between the yokes (that is, the gauge reading) is equal to the sum of the displacement due to specimen deformation and the displacement due to rotation of the yoke about the pivot rod (see Fig. 2).

4.2.1 Measure deformation by a dial gauge used directly or with a lever multiplying system, by a wire strain gauge, or by a linear variable differential transformer. If the distances of the pivot rod and the gauge from the vertical plane passing through the support points of the rotating yoke are equal, the deforma-

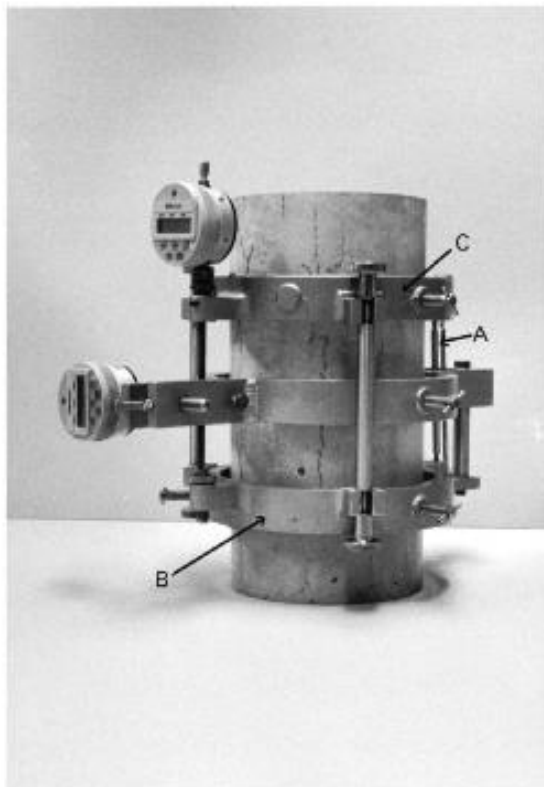
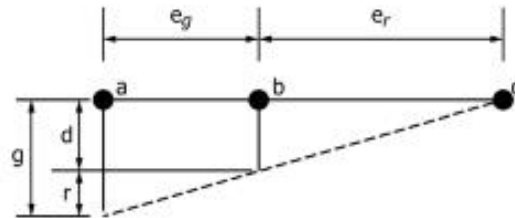


FIG. 1 Sutable Compressometer



d = displacement due to specimen deformation
 r = displacement due to rotation of the yoke about the pivot rod
 a = location of gauge
 b = support point of the rotating yoke
 c = location of pivot rod
 g = gauge reading

FIG. 2 Diagram of Displacements

tion of the specimen is equal to one-half the gauge reading. If these distances are not equal, calculate the deformation as follows:

$$d = ge / (e_r + e_g) \quad (1)$$

where:

- d = total deformation of the specimen throughout the effective gauge length, μm [$\mu\text{in.}$],
- g = gauge reading, μm [$\mu\text{in.}$],
- e_r = the perpendicular distance, measured to the nearest 0.2 mm [0.01 in.] from the pivot rod to the vertical plane passing through the two support points of the rotating yoke, and
- e_g = the perpendicular distance, measured to the nearest 0.2 mm [0.01 in.] from the gauge to the vertical plane passing through the two support points of the rotating yoke.

Procedures for calibrating strain-measuring devices are given in Practice E83.

Note 1—Although bonded strain gauges are satisfactory on dry specimens, they may be difficult, if not impossible, to mount on specimens continually moist-cured until tested.

4.3 *Extensometer*³—If Poisson's ratio is desired, the transverse strain shall be determined (1) by an unbonded extensometer capable of measuring to the nearest 0.5 μm [25 $\mu\text{in.}$] the change in diameter at the midheight of the specimen, or (2) by two bonded strain gauges (Note 1) mounted circumferentially at diametrically opposite points at the midheight of the specimen and capable of measuring circumferential strain to the nearest 5 millionths. A combined compressometer and extensometer (Fig. 3) is a convenient unbonded device. This apparatus shall contain a third yoke (consisting of two equal segments) located halfway between the two compressometer yokes and attached to the specimen at two diametrically opposite points. Midway between these points use a short pivot rod (A', see Fig. 3), adjacent to the long pivot rod, to maintain a constant distance between the bottom and middle yokes. Hinge the middle yoke at the pivot point to permit rotation of the two segments of the yoke in the horizontal plane. At the opposite point on the circumference, connect the two segments

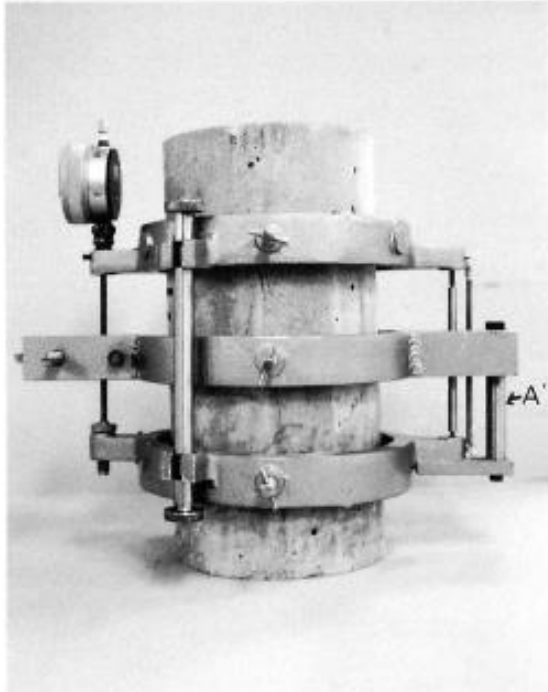


FIG. 3 Sullable Combined Compressometer-Extensometer

through a dial gauge or other sensing device capable of measuring transverse deformation to the nearest 1.27 μm [50 $\mu\text{in.}$]. If the distances of the hinge and the gauge from the vertical plane passing through the support points of the middle yoke are equal, the transverse deformation of the specimen diameter is equal to one-half the gauge reading. If these distances are not equal, calculate the transverse deformation of the specimen diameter in accordance with Eq 2.

$$d' = g'e'_g / (e'_h + e'_g) \quad (2)$$

where:

- d' = transverse deformation of the specimen diameter, μm [$\mu\text{in.}$],
- g' = transverse gauge reading, μm [$\mu\text{in.}$],
- e'_h = the perpendicular distance, measured to the nearest 0.2 mm [0.01 in.] from the hinge to the vertical plane passing through the support points of the middle yoke, and
- e'_g = the perpendicular distance, measured to the nearest 0.2 mm [0.01 in.] from the gauge to the vertical plane passing through the support points of the middle yoke.

4.4 *Balance or Scale*, accurate to 50 g [0.1 lb] shall be used if necessary.

5. Test Specimens

5.1 *Molded Cylindrical Specimens*—Mold test cylinders in accordance with the requirements for compression test speci-

mens in Practice C192/C192M, or in Practice C31/C31M. Subject specimens to the specified curing conditions and test at the age for which the elasticity information is desired. Test specimens within 1 h after removal from the curing or storage room. Specimens removed from a moist room for test shall be kept moist by a wet cloth covering during the interval between removal and test.

5.2 *Drilled Core Specimens*—Cores shall comply with the requirements for drilling, and moisture conditioning applicable to compressive strength specimens in Test Method C42/C42M, except that only diamond-drilled cores having a length-to-diameter ratio greater than 1.50 shall be used. Requirements relative to storage and to ambient conditions immediately prior to test shall be the same as for molded cylindrical specimens.

5.3 The ends of the test specimens shall be made perpendicular to the axis ± 0.001 rad [$\pm 0.5^\circ$] and plane within 0.05 mm [0.002 in.]. If the specimen as cast does not meet the planeness requirements, planeness shall be accomplished by capping in accordance with Practice C617, or by lapping, or by grinding. It is not prohibited to repair aggregate popouts that occur at the ends of specimens, provided the total area of popouts does not exceed 10 % of the specimen area and the repairs are made before capping or grinding is completed (Note 2). Planeness will be considered within tolerance when a 0.05 mm [0.002 in.] feeler gauge will not pass between the specimen surface and a straight edge held against the surface.

NOTE 2—Repairs may be made by epoxying the dislodged aggregate back in place or by filling the void with capping material and allowing adequate time for it to harden.

5.4 Measure the diameter of the test specimen by caliper to the nearest 0.2 mm [0.01 in.] by averaging two diameters measured at right angles to each other near the center of the length of the specimen. Use this average diameter to calculate the cross-sectional area. Measure and report the length of a molded specimen, including caps, to the nearest 2 mm [0.1 in.]. Measure the length of a drilled specimen in accordance with Test Method C174/C174M; report the length, including caps, to the nearest 2 mm [0.1 in.].

6. Procedure

6.1 The temperature surrounding the specimen shall not vary by more than 2°C [4°F] during a test.

6.2 Except as provided in 6.5, use at least two companion specimens to determine the compressive strength in accordance with Test Method C39/C39M prior to the test for modulus of elasticity.

6.3 Place the specimen, with the strain-measuring equipment attached, on the lower platen or bearing block of the testing machine. Carefully align the axis of the specimen with the center of thrust of the spherically-seated upper bearing block. Note the reading on the strain indicators. Before applying the load on the specimen, tilt the movable portion of the spherically seated block by hand so that the bearing face appears to be parallel to the top of the test specimen based on visual observation.

6.4 Load the specimen at least three times. Do not record any data during the first loading. Base calculations on the average of the results of the subsequent loadings.

6.4.1 Apply the load continuously and without shock. Set testing machines of the screw type so that the moving head travels at a rate of about

1 mm/min [0.05 in./min] when the machine is running idle. In hydraulically operated machines, apply the load at a constant rate within the range 250 ± 50 kPa/s [35 ± 7 psi/s]. Load the specimen until the applied load is 40 % of the average ultimate load of the companion specimens. This is the maximum load for the modulus of elasticity test.

6.4.2 During the first loading, observe the performance of the gauges (Note 3). Correct any attachment or alignment defects that may be causing erratic readings prior to the second loading. For the second and subsequent loadings, obtain each set of readings as follows: Record, without interruption of loading, the applied load and longitudinal strain at the point (1) when the longitudinal strain is 50 microstrain and (2) when the applied load is equal to 40 % of the ultimate load of the companion specimens (see 6.5). Longitudinal strain is defined as the measured longitudinal deformation of the specimen divided by the effective gauge length.

NOTE 3—The first loading is primarily for the seating of the gauges. If a dial gauge is used to measure longitudinal deformation, it is convenient to set the gauge before each loading so that the indicator will pass the zero point at a longitudinal strain of 50 microstrain.

6.4.3 If Poisson's ratio is to be determined, record the transverse strain at the same points. The transverse strain is the measured change in specimen diameter divided by the original diameter.

6.4.4 If a stress-strain curve is to be determined, take readings at two or more intermediate points without interruption of loading; or use an instrument that makes a continuous record of the gauge readings.

6.4.5 Upon reaching the maximum load, except on the final loading, reduce the load to zero at the same rate at which it was applied.

6.5 It is not prohibited to obtain the modulus of elasticity and strength on the same loading provided that the gauges are expendable, removable, or adequately protected so that it is possible to comply with the requirement for continuous loading given in Test Method C39/C39M. In this case, record several intermediate readings to obtain a stress-strain curve up to at least 40 % of the ultimate load and determine the strain value at 40 % of the ultimate by interpolation.

6.6 If intermediate readings are taken, plot the results of each of the tests with the longitudinal strain as the abscissa and the compressive stress as the ordinate. Calculate the compressive

stress by dividing the testing machine load by the cross-sectional area of the specimen calculated from the diameter determined in accordance with 5.4.

7. Calculation

7.1 Calculate the modulus of elasticity, to the nearest 200 MPa [50,000 psi] as follows:

$$E = (S_2 - S_1)/(\epsilon_2 - 0.000050) \quad (3)$$

where:

- E = chord modulus of elasticity, MPa [psi],
- S_2 = stress corresponding to 40 % of ultimate load,
- S_1 = stress corresponding to a longitudinal strain, ϵ_1 , of 50 millionths, MPa [psi], and
- ϵ_2 = longitudinal strain produced by stress S_2 .

7.2 Calculate Poisson's ratio, to the nearest 0.01, as follows:

$$\mu = (\epsilon_{t2} - \epsilon_{t1})/(\epsilon_2 - 0.000050) \quad (4)$$

where:

- μ = Poisson's ratio,
- ϵ_{t2} = transverse strain at midheight of the specimen produced by stress S_2 , and
- ϵ_{t1} = transverse strain at midheight of the specimen produced by stress S_1 .

8. Report

8.1 Report the following information:

- 8.1.1 Specimen identification number,
- 8.1.2 Dimensions of specimen, in millimetres [inches],
- 8.1.3 Curing and environmental histories of the specimen,
- 8.1.4 Age of the specimen,
- 8.1.5 Strength of the concrete, if determined,
- 8.1.6 Unit weight of the concrete, if determined,
- 8.1.7 Stress-strain curves, if plotted,
- 8.1.8 Chord modulus of elasticity, and
- 8.1.9 Poisson's ratio, if determined.

9. Precision and Bias

9.1 *Precision*—The single-operator-machine multibatch precision is ± 4.25 % (R1S %) max, as defined in Practice E177, over the range from 17 to 28 GPa [2.5 to 4×10^9 psi]; therefore, the results of tests of duplicate cylinders from different batches should not depart more than 5 % from the average of the two.

9.2 *Bias*—This test method has no bias because the values determined can only be defined in terms of the test method.

10. Keywords

10.1 compression testing; concrete; modulus of elasticity; Poisson's ratio

 C469/C469M – 14

SUMMARY OF CHANGES

Committee C09 has identified the location of selected changes to this standard since the last issue (C469/C469M – 10) that may impact the use of this standard. (Approved March 1, 2014)

(1) Section 6 was revised extensively. Three loading cycles is mandatory.

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 Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, Tel: (978) 646-2600; <http://www.copyright.com/>

Anexo 44: ASTM C-143.

This international standard was developed in accordance with internationally recognized principles on standardization established in the Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations issued by the World Trade Organization Technical Barriers to Trade (TBT) Committee.



Designation: C143/C143M – 15a

Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete¹

This standard is issued under the fixed designation C143/C143M; 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 slump of hydraulic-cement concrete, both in the laboratory and in the field.

1.2 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. Within the text, the SI 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 The text of this standard references notes and footnotes which provide explanatory material. These notes and footnotes (excluding those in tables and figures) shall not be considered as requirements of the standard.

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. (Warning—Fresh hydraulic cementitious mixtures are caustic and may cause chemical burns to skin and tissue upon prolonged exposure.²)*

2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards*:³

C31/C31M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field

C138/C138M Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete

C172 Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete

C173/C173M Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Volumetric Method

C231 Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method

C670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials

D638 Test Method for Tensile Properties of Plastics

3. Summary of Test Method

3.1 A sample of freshly mixed concrete is placed and compacted by rodding in a mold shaped as the frustum of a cone. The mold is raised, and the concrete allowed to subside. The vertical distance between the original and displaced position of the center of the top surface of the concrete is measured and reported as the slump of the concrete.

4. Significance and Use

4.1 This test method is intended to provide the user with a procedure to determine slump of plastic hydraulic-cement concretes.

NOTE 1—This test method was originally developed to provide a technique to monitor the consistency of unhardened concrete. Under laboratory conditions, with strict control of all concrete materials, the slump is generally found to increase proportionally with the water content of a given concrete mixture, and thus to be inversely related to concrete strength. Under field conditions, however, such a strength relationship is not clearly and consistently shown. Care should therefore be taken in relating slump results obtained under field conditions to strength.

4.2 This test method is considered applicable to plastic concrete having coarse aggregate up to 1½ in. [37.5 mm] in size. If the coarse aggregate is larger than 1½ in. [37.5 mm] in size, the test method is applicable when it is performed on the fraction of concrete passing a 1½-in. [37.5-mm] sieve, with the larger aggregate being removed in accordance with the section titled “Additional Procedure for Large Maximum Size Aggregate Concrete” in Practice **C172**.

4.3 This test method is not considered applicable to non-plastic and non-cohesive concrete.

NOTE 2—Concretes having slumps less than ½ in. [15 mm] may not be adequately plastic and concretes having slumps greater than about 9 in. [230 mm] may not be adequately cohesive for this test to have significance. Caution should be exercised in interpreting such results.

*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); Tue Nov 26 18:18:39 EST 2019 1

Downloaded/printed by

Pontificia Universidad Catolica del Peru (Pontificia Universidad Catolica del Peru) pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

5. Apparatus

5.1 *Mold*—The test specimen shall be formed in a mold made of metal or plastic not readily attacked by the cement paste. The mold shall be sufficiently rigid to maintain the specified dimensions and tolerances during use, resistant to impact forces, and shall be non-absorbent. Metal molds shall have an average thickness of not less than 0.060 in. [1.5 mm] with no individual thickness measurement less than 0.045 in. [1.15 mm]. Plastic molds shall be ABS plastic or equivalent (Note 3) with a minimum average wall thickness of 0.125 in. [3 mm], with no individual thickness measurement less than 0.100 in. [2.5 mm]. The manufacturer or supplier shall certify the materials used in mold construction are in compliance with the requirements of this test method. The mold shall be in the form of the lateral surface of the frustum of a cone with the base 8 in. [200 mm] in diameter, the top 4 in. [100 mm] in diameter, and the height 12 in. [300 mm]. Individual diameters and heights shall be within $\pm 1/8$ in. [3 mm] of the prescribed dimensions. The base and the top shall be open and parallel to each other and at right angles to the axis of the cone. The mold shall be provided with foot pieces and handles similar to those shown in Fig. 1. The mold shall be constructed without a seam. The interior of the mold shall be relatively smooth and free from projections. The mold shall be free from dents, deformation, or adhered mortar. A mold which clamps to a nonabsorbent base plate is acceptable instead of the one illustrated, provided the clamping arrangement is such that it

can be fully released without movement of the mold and the base is large enough to contain all of the slumped concrete in an acceptable test.

NOTE 3—ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) plastic exhibits the following minimum mechanical properties:

Tensile modulus of elasticity, at 73 °F [23 °C]	320 000 psi	[2206 MPa]
Tensile strength (Test Method D638)	5670 psi	[39 MPa]
Percent Elongation at Break, at 73 °F [23 °C]	40%	

5.1.1 Check and record conformance to the mold’s specified dimensions when it is purchased or first placed in service and at least annually thereafter. To measure the top diameter, bottom diameter, and height, perform two measurements for each, approximately 90° apart, and record the results of each measurement. To verify mold thickness, perform two measurements approximately 180° apart at $1 \pm 1/2$ in. [25 ± 10 mm] from the top of the mold, two measurements approximately 180° apart at $1 \pm 1/2$ in. [25 ± 10 mm] from the bottom of the mold, and calculate the average of the four measurements.

5.2 *Tamping Rod*—A round, smooth, straight steel rod, with a $5/8$ in. [16 mm] $\pm 1/16$ in. [2 mm] diameter. The length of the tamping rod shall be at least 4 in. [100 mm] greater than the depth of the mold in which rodding is being performed, but not greater than 24 in. [600 mm] in overall length (Note 4). The rod shall have the tamping end or both ends rounded to a hemispherical tip of the same diameter as the rod.

NOTE 4—A rod length of 16 in. [400 mm] to 24 in. [600 mm] meets the requirements of the following: Practice C31/C31M, Test Method C138/C138M, Test Method C143/C143M, Test Method C173/C173M, and Test Method C231.

5.3 *Measuring Device*—A ruler, metal roll-up measuring tape, or similar rigid or semi-rigid length measuring instrument marked in increments of $1/4$ in. [5 mm] or smaller. The instrument length shall be at least 12 in. [300 mm].

5.4 *Scoop*—of a size large enough so each amount of concrete obtained from the sampling receptacle is representative and small enough so it is not spilled during placement in the mold.

6. Sample

6.1 The sample of concrete from which test specimens are made shall be representative of the entire batch. It shall be obtained in accordance with Practice C172.

7. Procedure

7.1 Dampen the mold and place it on a rigid, flat, level, moist, nonabsorbent surface, free of vibration, and that is large enough to contain all of the slumped concrete. It shall be held firmly in place during filling and perimeter cleaning by the operator standing on the two foot pieces or by a clamping arrangement to a base plate as described in 5.1. From the sample of concrete obtained in accordance with Section 6, immediately fill the mold in three layers, each approximately one third the volume of the mold (See Note 5). Place the concrete in the mold using the scoop described in 5.4. Move

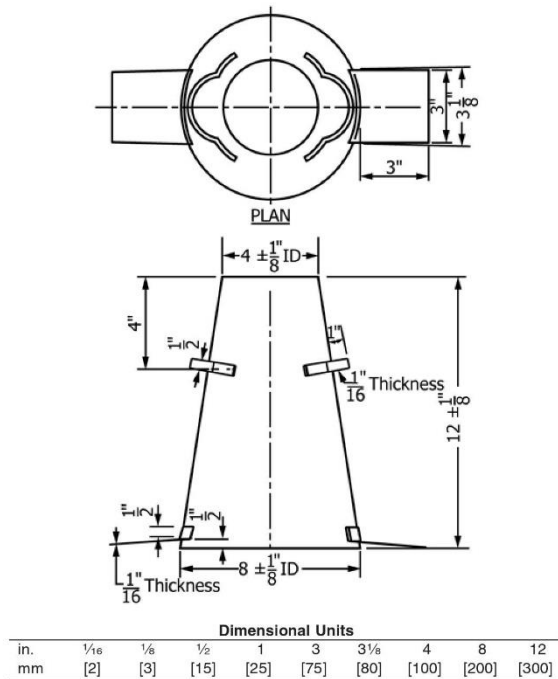


FIG. 1 Mold for Slump Test

the scoop around the perimeter of the mold opening to ensure an even distribution of the concrete with minimal segregation.

NOTE 5—One third of the volume of the slump mold fills it to a depth of 2 $\frac{5}{8}$ in. [70 mm]; two thirds of the volume fills it to a depth of 6 $\frac{1}{8}$ in. [160 mm].

7.2 Rod each layer 25 times uniformly over the cross section with the rounded end of the rod. For the bottom layer, this will necessitate inclining the rod slightly and making approximately half of the strokes near the perimeter, and then progressing with vertical strokes spirally toward the center. Rod the bottom layer throughout its depth. For each upper layer, allow the rod to penetrate through the layer being rodded and into the layer below approximately 1 in. [25 mm].

7.3 In filling and rodding the top layer, heap the concrete above the mold before rodding is started. If the rodding operation results in subsidence of the concrete below the top edge of the mold, add additional concrete to keep an excess of concrete above the top of the mold at all times. After the top layer has been rodded, strike off the surface of the concrete by means of a screeding and rolling motion of the tamping rod. Continue to hold the mold down firmly and remove concrete from the area surrounding the base of the mold to preclude interference with the movement of slumping concrete. Remove the mold immediately from the concrete by raising it carefully in a vertical direction. Raise the mold a distance of 12 in. [300 mm] in 5 \pm 2 s by a steady upward lift with no lateral or torsional motion. Complete the entire test from the start of the filling through removal of the mold without interruption and complete it within an elapsed time of 2 $\frac{1}{2}$ min.

7.4 Immediately measure the slump by determining the vertical difference between the top of the mold and the displaced original center of the top surface of the specimen. If a decided falling away or shearing off of concrete from one side or portion of the mass occurs (**Note 6**), disregard the test and make a new test on another portion of the sample.

NOTE 6—If two consecutive tests on a sample of concrete show a falling away or shearing off of a portion of the concrete from the mass of the specimen, the concrete probably lacks necessary plasticity and cohesiveness for the slump test to be applicable.

8. Report

8.1 Report the slump in terms of inches [millimetres] to the nearest $\frac{1}{4}$ in. [5 mm] of subsidence of the specimen during the test.

9. Precision and Bias⁴

9.1 *Precision*—The estimates of precision for this test method are based upon results from tests conducted in Fayetteville, Arkansas by 15 technicians from 14 laboratories representing 3 states. All tests at 3 different slump ranges, from 1.0 in. [25 mm] to 6.5 in. [160 mm], were performed using one load of truck-mixed concrete. The concrete was delivered and tested at a low slump, with water then being added and mixed

⁴The test data used to develop this precision statement were based on tests performed in September 1997. Supporting data have been filed at ASTM International Headquarters and may be obtained by requesting Research Report RR:C09-1022.

into the remaining concrete to independently produce moderate and finally high-slump concrete. The concrete mixture that used a No. 67 crushed limestone aggregate and a washed river sand, contained 500 lb of cementitious materials per cubic yard [297 kg of cementitious material per cubic metre]. The 500 lb [227 kg] were equally divided between a C150, Type I/II cement and a Class C fly ash. A double dosage of a chemical retarder was used in an attempt to minimize slump losses and maintain workability of the concrete. Concrete temperatures ranged from 86 to 93 °F [30 to 34 °C]. Slump losses averaged 0.68 in. [17 mm] during the 20 min required to perform a series of 6 tests at 1 slump range. Testing was performed alternately using metal and plastic molds, which were determined to produce comparable results. Precision data thus applies to both metal and plastic molds. A total of 270 slump tests were performed.

9.1.1 *Inch-Pound [SI]*—The data used to develop the precision statement were obtained using metric units (millimetres). The precision values shown in inch-pound units are conversions from the millimetre measurements, which were recorded to the nearest 1 mm.

9.1.2 *Measure of Variability*—The standard deviation was determined to be the most consistent measure of variability and was found to vary with the slump value.

9.1.3 *Single-Operator Precision*—The single-operator standard deviation represented by (1s) is shown in **Table 1** by average slump values. The reported results for the replicate readings apply to tests conducted by the same operator performing successive tests, one immediately following the other. Acceptable results of two properly conducted tests by the same operator on the same material (**Note 7**) will not differ from each other by more than the (d2s) value of the last column of **Table 1** for the appropriate slump value and single-operator precision.

9.1.4 *Multilaboratory Precision*—The multilaboratory standard deviation represented by (1s) is shown in **Table 1** by average slump values. The reported results for the replicate readings apply to tests conducted by different operators from different laboratories performing tests less than 4 min apart. Therefore, acceptable results of two properly conducted slump tests on the same material (**Note 7**) by two different laboratories will not differ from each other by more than the (d2s) value of the last column of **Table 1** for the appropriate slump value and multilaboratory precision.

TABLE 1 Precision

Slump and Type Index	Standard Deviation (1s) ^A		Acceptable Range of Two Results (d2s) ^A	
	in.	[mm]	in.	[mm]
<i>Single-Operator Precision:</i>				
Slump 1.2 in. [30 mm]	0.23	[6]	0.65	[17]
Slump 3.4 in. [85 mm]	0.38	[9]	1.07	[25]
Slump 6.5 in. [160 mm]	0.40	[10]	1.13	[28]
<i>Multilaboratory Precision:</i>				
Slump 1.2 in. [30 mm]	0.29	[7]	0.82	[20]
Slump 3.4 in. [85 mm]	0.39	[10]	1.10	[28]
Slump 6.5 in. [160 mm]	0.53	[13]	1.50	[37]

^AThese numbers represent, respectively, the (1s) and (d2s) limits as described in Practice C670.

 **C143/C143M – 15a**

NOTE 7—"Same materials," is used to mean freshly mixed concrete from one batch.

9.2 *Bias*—This test method has no bias since slump is defined only in terms of this test method.

10. Keywords

10.1 concrete; concrete slump; cone; consistency; plasticity; slump; workability

SUMMARY OF CHANGES

Committee C09 has identified the location of selected changes to this standard since the last issue (C143/C143M – 15) that may impact the use of this standard. (Approved Dec. 15, 2015.)

(1) Revised 5.1.1.

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 Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, Tel: (978) 646-2600; <http://www.copyright.com/>