



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO GRANULADO  
EN 5%, 10% y 15% EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN  
Y FLEXIÓN DEL CONCRETO PARA LA UTILIZACIÓN EN  
OBRAS DE INGENIERÍA, LIMA 2020.

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Marco Antonio Garcia Vasquez

Asesor:

Ing. Daniel Bernal Díaz

Lima - 2020

## ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Ing. Daniel Bernal Díaz, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis del estudiante:

- García Vásquez Marco Antonio

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO GRANULADO EN 5%, 10% Y 15% EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO PARA LA UTILIZACIÓN EN OBRAS DE INGENIERÍA, LIMA 2020" para aspirar al título profesional de: **INGENIERO CIVIL** por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al o a los interesados para su presentación.

---

Ing. Daniel Bernal Díaz  
Asesor

## ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados Han procedido a realizar la evaluación de la tesis del estudiante: Marco Antonio García Vásquez para aspirar al título profesional con la tesis denominada: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO GRANULADO EN 5%, 10% Y 15% EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO PARA LA UTILIZACIÓN EN OBRAS DE INGENIERÍA, LIMA 2020".

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

**Aprobación por unanimidad**

**Aprobación por mayoría**

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 12]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 12]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

---

...  
Jurado  
Presidente

---

.....  
Jurado

---

.....  
Jurado

## DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con todo mi aprecio a mis Padres por sus sacrificios y esfuerzos, por darme una carrera para mi futuro y por creer en mi capacidad, aunque hemos pasado momentos difíciles, siempre han estado ahí brindándome su apoyo.

A mis amados hermanos que con sus palabras de aliento no me dejaban decaer para que siguiera adelante y siempre sea perseverante y cumpla con mis ideales, y a mi nueva familia: Marianna Lugo y mi pequeño hijo Antonio García que son el motor y motivo para salir adelante.

Gracias a todos.

## **AGRADECIMIENTO**

Primero agradezco a la Universidad Privada del Norte por haberme aceptado ser parte de ella y abierto las puertas, así como también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día.

Agradezco también a mi Asesor de Tesis Ing. Daniel Bernal Díaz por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento.

Finalmente, a mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzarmis anhelos.

Gracias.

## Tabla de contenidos

<b>ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS.....</b>	<b>2</b>
<b>ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS.....</b>	<b>3</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>4</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>10</b>
<b>ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS .....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>13</b>
1.1. Introducción.....	17
1.2. Realidad Problemática .....	17
1.1.1 Contextualización.....	17
1.1.2 Descripción del problema.....	18
1.3. Antecedentes de la Investigación.....	23
1.4. Bases teóricas.....	28
1.5. Formulación del problema .....	62
1.6. Justificación e importancia de la investigación.....	62
1.6.1. Justificación científica .....	62
1.6.2. Justificación técnica - práctica.....	63
1.6.3. Justificación institucional y personal.....	64
1.7. Delimitación de la investigación.....	64
1.8. Limitaciones.....	65
1.9. Objetivos.....	65
1.9.1. Objetivo general.....	65
1.9.2. Objetivos específicos.....	65
1.10. Hipótesis .....	65
1.10.1. Hipótesis general .....	65
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....</b>	<b>66</b>
2.1. Tipo de investigación.....	66
2.1.1 Por el propósito.....	66
2.1.2 Según el diseño de Investigación.....	66
2.2. Diseño de investigación .....	66
2.3. Variables .....	66
2.3.1 Variables.....	66
2.3.2 Clasificación de variables .....	67
2.4. Matriz de consistencia metodológica .....	68
2.5. Matriz de Operacionalización .....	69
2.6. Población y muestra .....	70

2.7.	Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos .....	71
2.8.	Procedimiento .....	74
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>		<b>79</b>
3.1	Resultados de las características físico – mecánicas de los agregados .....	79
3.1.1	<i>Caracterización del agregado fino</i> .....	79
3.1.2	<i>Caracterización del agregado grueso</i> .....	81
3.2	Diseño de mezcla según A.C.I.....	83
3.2.1	<i>Datos según tablas de diseño de mezclas A.C.I.</i> .....	83
3.2.2	<i>Volumen de agregados</i> .....	84
3.2.3	<i>Proporción de agregados secos y húmedos.</i> .....	84
3.2.4	<i>Proporción de volúmenes.</i> .....	85
3.3	Resistencia a la compresión.....	87
3.4	Análisis estadísticos de resultados.....	94
3.4.1	<i>Análisis de los diseños a los 7 días.</i> .....	94
3.4.1.1	<i>Prueba de normalidad.</i> .....	94
3.4.1.2	<i>Prueba de Kruskal Wallis.</i> .....	95
3.4.1.3	<i>Prueba de Post Hoc.</i> .....	96
3.4.1.4	<i>Análisis descriptivo de medianas.</i> .....	97
3.4.2	<i>Análisis de los diseños a los 14 días.</i> .....	98
3.4.2.1	<i>Prueba de normalidad.</i> .....	98
3.4.2.2	<i>Prueba de Kruskal Wallis.</i> .....	99
3.4.2.3	<i>Prueba de Post Hoc.</i> .....	100
3.4.2.4	<i>Análisis descriptivo de medianas.</i> .....	101
3.4.3	<i>Análisis de los diseños a los 28 días.</i> .....	101
3.4.3.1	<i>Prueba de normalidad.</i> .....	101
3.4.3.2	<i>Prueba de Kruskal Wallis.</i> .....	102
3.4.3.3	<i>Prueba de Post Hoc.</i> .....	103
3.4.3.4	<i>Análisis descriptivo de medianas.</i> .....	104
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>		<b>105</b>
4.1	Discusión.....	105
4.1.1	<i>Discusión de los resultados de los agregados</i> .....	105
4.1.2	<i>Discusión de los resultados de los ensayos</i> .....	106
4.1.3	<i>Discusión de los resultados con los antecedentes</i> .....	108
4.2	Recomendaciones.....	109
4.3	Conclusiones.....	110
<b>REFERENCIAS.....</b>		<b>113</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>114</b>
ANEXO N° 01: PROTOCOLOS DE ENSAYOS .....		115
ANEXO N° 02: CERTIFICADOS DE LOS ENSAYOS EN LABORATORIO .....		122
ANEXO N° 03: DISEÑO DE MEZCLA METODO A.C.I.....		141
ANEXO N° 04: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS.....		146
ANEXO N° 05: PANEL FOTOGRÁFICO .....		151

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tolerancias permisibles para rotura de probeta. ....	55
Tabla 2: Límites permisibles para agua de mezcla y de curado según la norma ITINTEC 339.088. ....	67
Tabla 3: Tamices standard ASTM. ....	71
Tabla 4: Productos UNACEM. ....	79
Tabla 5: Proporciones típicas en volumen de los componentes del concreto. <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
Tabla 6: Propiedades físicas y químicas del caucho granular. ....	50
Tabla 7: Valores de trabajabilidad para diferentes estructuras. ....	84
Tabla 8: Operacionalización de variables. ....	95
Tabla 9: Resumen detallado de la población. ....	96
Tabla 10: Resumen de probetas sin y con los porcentajes de caucho granulado. ....	97
Tabla 11: Resumen de técnicas en instrumentos de recolección y análisis de datos. ....	100
Tabla 12: Vías de acceso. ....	103
Tabla 13: Caracterización del agregado fino. ....	119
Tabla 14: Análisis Granulométrico del Agregado Fino. ....	120
Tabla 15: Caracterización del agregado grueso. ....	122
Tabla 16: Análisis Granulométrico del Agregado Grueso. ....	122
Tabla 17: Diseño de mezcla - Método ACI ....	124
Tabla 18: Diseño de mezcla - Método ACI ....	125
Tabla 19: Diseño de mezcla - Método ACI ....	126
Tabla 20: Diseño de mezcla - Método ACI ..... <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	

Tabla 21: Diseño de mezcla - Método ACI .....	126
Tabla 22: Diseño de mezcla - Método ACI .....	126
Tabla 23: Diseño de mezcla - Método ACI .....	127
Tabla 24: Diseño de mezcla - Método ACI .....	127
Tabla 25: Diseño de mezcla - Método ACI .....	128
Tabla 26: Ensayo a la compresión axial, y tipo de fallas del concreto endurecido a los 7 días. ....	129
Tabla 27: Resistencia a la compresión según ASTM C39 a los 7 días. ....	131
Tabla 28: Ensayo a la compresión axial, y tipo de fallas del concreto endurecido a los 14 días. ....	132
Tabla 29: Resistencia a la compresión según ASTM C39 a los 14 días. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 30: Ensayo a la compresión axial, y tipo de fallas del concreto endurecido a los 28 días. ....	134
Tabla 31: Resistencia a la compresión según ASTM C39 a los 28 días. ....	136
Tabla 32: Ensayo a la Resistencia a la flexión del concreto endurecido a los 28 días. ....	136
Tabla 33: Pruebas de normalidad de los diseños a los 7 días. ....	140
Tabla 34: Prueba de Kruskal-Wallis de los diseños a los 7 días. ....	141
Tabla 35: Prueba Post-Hoc de Dunn-Bonferroni de los diseños a los 7 días. ....	141
Tabla 36: Rangos promedios de acuerdo a la prueba Post-Hoc de Dunn-Bonferroni a los 7 días. ....	142
Tabla 37: Pruebas de normalidad de los diseños a los 14 días. ....	144
Tabla 38: Prueba de Kruskal-Wallis de los diseños a los 14 días. ....	145
Tabla 39: Prueba Post-Hoc de Dunn-Bonferroni de los diseños a los 14 días. ....	145
Tabla 40: Rangos promedios de acuerdo a la prueba Post-Hoc de Dunn-Bonferroni a los 14 días. ....	146
Tabla 41: Prueba de Kruskal-Wallis de los diseños a los 28 días. ....	147
Tabla 42: Prueba de Kruskal-Wallis de los diseños a los 28 días. ....	148

Tabla 43: Prueba Post-Hoc de Dunn-Bonferroni de los diseños a los 28 días..... 149

Tabla 44: Rangos promedios de acuerdo a la prueba Post-Hoc de Dunn-Bonferroni a los 28 días..... 149

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Evaluación mensual del Índice de precios de materiales de construcción, 2014 – 2019. **¡Error!**

### **Marcador no definido.**

Figura N° 2: Estructura de la cadena de producción del caucho natural.....	34
Figura N° 3: Fractura tipo 1. ....	52
Figura N° 4: Fractura tipo 2. ....	53
Figura N° 5: Fractura tipo 3 .....	53
Figura N° 6: Fractura tipo 4. ....	53
Figura N° 7: Fractura tipo 5. ....	54
Figura N° 8: Fractura tipo 6. ....	54
Figura N° 9: Principales fuentes de variación de la resistencia a la compresión. ....	56
Figura N° 10: Relación triangular de parámetros del concreto. ....	61
Figura N° 11: Rocas y constituyentes minerales en agregados para concreto. ....	68
Figura N° 12: Clasificación de los agregados. ....	69
Figura N° 13: Tipos de Cemento.....	75
Figura N° 14: Requerimientos de agua y contenido de aire del concreto. ....	76
Figura N° 15: Producción del caucho natural. ....	47
Figura N° 16: Comportamiento de los precios internacionales del caucho natural. ....	48
Figura N° 17: Efecto de la adición del agua sobre el asentamiento y la resistencia del concreto.....	80
Figura N° 18: Algoritmo para el diseño de mezclas de hormigón por el método ACI 211.11. ....	83
Figura N° 19: Relación entre $f^c$ y $f^{cr}$ en la dosificación del hormigón. ....	85

Figura N° 20: Clasificación de variables.....	92
Figura N° 21: Protocolos de laboratorio MatestLab .....	99
Figura N° 22: Procesos a realizar para la obtención del concreto convencional y con caucho granulado.	101
Figura N° 23: Procedimientos de Recolección de Datos. ....	102
Figura N° 24: Ubicación de la cantera. ....	103
Figura N° 25: Comparación resistencias NTP 334.009 / ASTM C-150 vs. Cemento Sol. ....	103
Figura N° 26: Propiedades Físicas y Químicas. ....	104
Figura N° 27: Curva Granulométrica del agregado fino. ....	121
Figura N° 28: Curva Granulométrica del agregado grueso. ....	124
Figura N° 29: : Comparación descriptiva de las medianas de los diseños a los 7 días. ....	143
Figura N° 30: : Comparación descriptiva de las medianas de los diseños a los 14 días. ....	146
Figura N° 31: : Comparación descriptiva de las medianas de los diseños a los 28 días. ....	150
Figura N° 32: Protocolo de Ensayo de control de calidad del Agregado fino y grueso. ....	172
Figura N° 33: Protocolo de Diseño de mezclas de concreto según ACI 211. ....	174
Figura N° 34: : Protocolo de Prueba estándar para la resistencia a la compresión de probetas de concreto.	176
Figura N° 35: : Protocolo de ensayo para la resistencia a carga axial de probetas de concreto y tipos de fallas. .....	178
Figura N° 36: : Protocolo de Ensayo para la resistencia a la flexión del concreto endurecido. ....	180
Figura N° 37: Protocolo de Ensayo a la flexión según ASTM C78. ....	181
Figura N° 38: Ensayo de control de calidad de arena gruesa. ....	184
Figura N° 39: : Ensayo de control de calidad de piedra chancada. ....	186
Figura N° 40: Diseño de mezclas de concreto ACI C211. ....	187

Figura N° 41: : Diseño de mezclas de concreto Patrón ACI C211. ....	188
Figura N° 42: : Diseño de mezclas de concreto 5% de caucho ACI C211. ....	190
Figura N° 43: : Diseño de mezclas de concreto 5% de caucho. ....	191
Figura N° 44: : Diseño de mezclas de concreto 10% de caucho. ....	192
Figura N° 45: Diseño de mezclas de concreto 10% de caucho ACI C211. ....	193
Figura N° 46: Diseño de mezclas de concreto 15% de caucho ACI C211. ....	194
Figura N° 47: Diseño de mezclas de concreto 15% de caucho. ....	195
Figura N° 48: Ensayo a la compresión a 7 días. ....	196
Figura N° 49: Ensayo estándar a la compresión a 7 días. ....	197
Figura N° 50: Ensayo a la compresión a 14 días. ....	198
Figura N° 51: Ensayo estándar a la compresión a 14 días. ....	199
Figura N° 52: Ensayo a la compresión a 28 días. ....	200
Figura N° 53: Ensayo estándar la compresión a 28 días. ....	201
Figura N° 54: Ensayo módulo de rotura. ....	202
Figura N° 55: Ensayo estándar para determinar el módulo de rotura. ....	203
Figura N° 56: Protocolo de Ensayo de control de calidad del Agregado fino y grueso. ....	212
Figura N° 57: : Protocolo de Ensayo de control de calidad del Agregado fino y grueso. ....	213
Figura N° 58: Protocolo de Ensayo de control de calidad del Agregado fino y grueso. ....	214
Figura N° 59: Protocolo de Ensayo de control de calidad del Agregado fino y grueso. ....	215

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 2: Preparación de mezcla de concreto para las probetas cilíndricas.....	57
Fotografía N° 3: Materiales a utilizar para la mezcla de concreto para luego ensayarlas.....	58
Fotografía N° 4: Medida del Slumg para verificar la trabajabilidad de nuestro concreto.....	61
Fotografía N° 5: Compra de bolsa de 30 kg de caucho granulado con el Proveedor Líder Grass.....	216
Fotografía N° 6: Cuarteo de agregados en cantera San Martín de Porras SAC.....	216
Fotografía N° 7: Agregado grueso y fino trasladado al laboratorio de ensayos.....	216
Fotografía N° 8: Moldes para ensayos de pesos unitario.....	216
Fotografía N° 9: Toma de datos para ensayos de contenido de humedad de agregados.....	216
Fotografía N° 10: Colocación de taras con agregados al horno para toma de datos.....	216
Fotografía N° 11: Toma de datos para peso específico de los agregados.....	216
Fotografía N° 12: Lavado de agregado grueso para toma de datos de peso específico.....	216
Fotografía N° 13: Tamizado de agregados para toma de datos.....	216
Fotografía N° 14: Moldes para ensayos de pesos unitarios.....	216
Fotografía N° 15: Pesaje de cantidad de agua según diseño.....	216
Fotografía N° 16: Pesaje de cantidad de agregado según diseño.....	216
Fotografía N° 17: Pesaje de cantidad de caucho granulado según diseño.....	216
Fotografía N° 18: Pesaje de cantidad de caucho granulado según diseño.....	216
Fotografía N° 19: Inicio de preparación de mezcla.....	216
Fotografía N° 20: Preparado de moldes para probetas.....	216
Fotografía N° 21: Preparado de moldes para probetas.....	216

Fotografía N° 22: Preparación de mezcla. ....	216
Fotografía N° 23: Preparación de la mezcla.....	216
Fotografía N° 24: Colocación de caucho granulado a la mezcla en el trompo. ....	216
Fotografía N° 25: Vaciado de mezcla al bugguie. ....	216
Fotografía N° 26: Vaciado de mezcla al bugguie. ....	216
Fotografía N° 27: Medición de slumg.....	216
Fotografía N° 28: Toma de medición de slumg 4". ....	216
Fotografía N° 29: Toma de medición de slumg 4". ....	216
Fotografía N° 30: Colocación por capas de la mezcla de concreto en los moldes.....	216
Fotografía N° 31: Colocación de la mezcla de concreto en los moldes. ....	216
Fotografía N° 32: Curado de testigos de concretos.....	216
Fotografía N° 33: Testigos listos para proceder a ensayarlo a carga axial.....	216
Fotografía N° 34: Testigo de caucho granulado al 10% listo para ser ensayado a carga axial. ....	216
Fotografía N° 35: Ensayo a carga axial probeta al 5% de caucho granulado.....	216
Fotografía N° 36: Falla tipo 5 en probeta de caucho granulado al 5%. ....	216
Fotografía N° 37: Falla tipo 5 en probeta de caucho granulado al 10%.....	216
Fotografía N° 38: Display de equipo para ensayos a carga axial.....	216
Fotografía N° 39: Tesista con probetas a ensayar a los 28 días. ....	216

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal determinar la influencia de la adición de caucho granulado en la resistencia a la compresión y flexión del concreto convencional para la utilización en obras de ingeniería, analizando sus propiedades físico-mecánica de este material y las de sus agregados.

Para llevar a cabo la investigación se realizaron ensayos comparativos entre el concreto patrón o convencional y el concreto con la adición de caucho granulado en los porcentajes de 5%, 10% y 15% donde se usaron los agregados extraídos de la cantera ARENERA SAN MARTIN DE PORRAS S.A. La propiedad que se estudió fue la resistencia a la compresión axial, para lo cual se añadió el 5%, 10% y 15% de caucho granulado a la mezcla del concreto convencional. El porcentaje de caucho granulado que se usó se determinó en función del peso del cemento. El concreto patrón y el concreto con la adición de caucho granulado en los porcentajes ya mencionados, tuvieron una resistencia nominal a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días. Según los resultados obtenidos de los ensayos a 28 días se observó que hubo una disminución del 2.08% en la resistencia del concreto con caucho granulado al 5% y el concreto patrón, pero una diferencia superior del 11.90% con respecto al diseño de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Con el diseño con 10% de caucho granulado hubo una disminución del 16.25% en la resistencia con respecto al concreto patrón, y una disminución del 4.29% con respecto al diseño de mezcla de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Por último, con el diseño de mezcla con adición del 15% de caucho granulado hubo una disminución de la resistencia a carga axial del 17.50% con respecto al concreto patrón, y una disminución del 5.71% con respecto al diseño de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Se realizó el ensayo a flexión, obteniendo resultados positivos de un incremento del 4%, añadiendo 5% y 10% de caucho granulado a la mezcla. Con referente a los costos de elaboración del concreto, se tuvo

un acrecentamiento de coste mínimo al planteado en la conjetura específica número 3, de un 2% hasta un 5% del coste del concreto usual,  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

Con respecto a los análisis estadísticos de los resultados de los ensayos de compresión axial a los 28 días nos arroja lo siguiente:

- Se utilizó la prueba de Post – Hoc para analizar entre cuales diseños se da las diferencias significativas. Esta última prueba nos indica que existe únicamente diferencias significativas entre el diseño de mezcla con caucho granulado al 15% y el diseño de mezcla patrón a los 28 días.

Con respecto al ensayo de resistencia a la flexión, se ve un gran aporte de incremento del 4% de los especímenes de 5% y 10% de caucho granulado a los 28 días. Con estos resultados obtenidos la hipótesis solo se cumplió en el porcentaje de 5% en los ensayos de carga axial de los días 7 y 14. La hipótesis número 03 se cumplió en su totalidad, puesto que el aumento en los costes es inferior al 6% planteado.

**Palabras clave:** Concreto, Caucho granulado, Porcentaje, Resistencia a la compresión, Resistencia a la flexión.

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Introducción**

En la presente investigación, se discutirá acerca del análisis comparativo de la resistencia a compresión, flexión y costo por metro cúbico del concreto patrón y concreto con caucho granulado en proporciones de 5%, 10% y 15% del peso del cemento, evaluando su comportamiento en estado fresco y endurecido. La hipótesis que se pretende demostrar es que la adición de caucho granulado en los porcentajes mencionados, es beneficioso para el incremento en su resistencia a la compresión y a la flexión (módulo de rotura). El aportar investigaciones relacionadas a uno de los elementos más importantes de la construcción y en conjunto a una de sus propiedades más relevantes como la compresión y la flexión, en un país donde el 77%, según fuentes de la Cámara Peruana de la Construcción, son construcciones informales; toma preponderancia para poder dar una solución eficaz en alternativa de calidad y costo.

El presente trabajo establecerá resultados comparativos de las resistencias a la compresión y flexión de los especímenes del diseño patrón y el adicionando caucho granulado. Condición que será aprovechada para la toma de decisiones como material alternativo y beneficioso basándonos en criterios de calidad y valor, respetando las normativas vigentes en nuestro país.

### **1.2. Realidad Problemática**

#### **1.2.1 Contextualización**

Comenzando con sus inicios la manufactura de la construcción se ha

enmendado en la convenio de sondear diversos materiales que concilien los crecidamente variados aspectos tales como durabilidad, resistencia, precio, etc.; es justamente como en esta invariable indagación, los materiales aglomerantes, principalmente en la representación de hormigones o morteros, destacan para su uso como materiales de construcción, ya que en ellos se combina de la sobresaliente condición los referidos aspectos de despreciable coste, su perceptible durabilidad y su adecuada eficacia a la compresión y flexión para un empleo estructural; en distinto disposición de ideas, en su complejión inicial ellos son sencillamente moldeables a las formas más complejas que sean requeridas; sin embargo, presentan algunos aspectos negativos como su baja resistencia a la tracción y a los impactos, y un escaso desempeño en entorno de cambios de infiltración. En pos de aventajar los problemas recién anotados se han habituado variados esfuerzos, entre los cuales destacan el reforzamiento del hormigón mediante fibras, con ello se pesquisa acrecentar la resistencia a la flexión, resistencia a la abrasión, tenacidad, fatiga, impacto y permeabilidad (Muñoz, 2010).

El caucho granulado, igualmente sonado como elastómero extenuado, goma para asfalto o polímero limitado, se deriva más frecuentemente de los neumáticos reciclados de automóviles y camiones. Entretanto el procedimiento de reciclaje de los neumáticos, se retira entero el corpóreo que no sea caucho como tizne, alambres y lanilla. Los remanentes restantes de caucho se minimizan a una dimensión crecidamente manejable, utilizando por lo corriente un triturador dinámico. El procesamiento incesante disminuye el tamaño del extenuado bruto en fracciones de caucho

granulado, las cuales tienen variadas tipologías con asiento en el tamaño y el matiz de las partículas de caucho molido (FLEXICOM, 2014)

Actualmente, los neumáticos raídos universalmente se amontonan en provisiones al aire libre, o son inhumados bajo restos mineros, en botaderos de material infecundo y/o reencauchados. Adicionalmente, estos neumáticos desechados sirven de albergue de diversas plagas, roedores e insectos, muchos de los cuales son segmentos de enfermedades, poniendo en escollo la sanidad de las personas y del ecosistema. Al mismo tiempo, este espécimen de material procrea engomas de contaminación sensorial y ultrajan el espacio tónico del entorno (Magallanes, 2014).

En Perú el 77% del concreto elaborado constituye concreto negligente, ya que se elabora sin supervisión profesional, empleando materiales de mala particularidad y sin consumir con las normas vigentes de nuestro país, no incluye el gasto de aditivos plastificantes lo que conlleva a un agotamiento monstruoso de agua, por lo que las resistencias del concreto estructural no alcanzan la consistencia mínima establecida. (Garay y Quispe, 2016).

Los aditivos superplastificantes han despejado una cadena de nuevas posibilidades para la utilización y puesta en obra del Concreto. Se consigue un acrecentamiento de la resistencia mecánica, ascendiente trabajabilidad, desarrollo del transporte, así como como la eventualidad de optimar la puesta en obra en zonas de peliagudo acceso, sumo recubrimiento de armaduras, etc. El servicio de aditivos superplastificantes ha consentido, por

lo tanto, un cambio drástico en las prácticas constructivas, de cualidad que en carencia de superplastificantes ciertas construcciones enormemente reforzadas no hubieran sido posibles. (Alonso, 2011).

Los materiales que conforman parte de la realización de un proyecto de construcción, son variados. Encontrando múltiples insumos desde la etapa estructural de los cimientos, hasta los materiales utilizados en la partida de arquitectura. Complemento a esto, los materiales de las demás especialidades, como: instalaciones eléctricas, sanitarias, comunicaciones y entre otros. Por lo que inferimos, que la calidad de los materiales es de suma importancia para lograr una construcción exitosa, cumpliendo la normativa vigente aprobada en nuestro país. Partiendo desde la garantía que nos brinda el comprar en un lugar certificado los materiales, y posterior los ensayos y caracterización de los agregados finos y gruesos en un laboratorio certificado, la realización del diseño de mezcla por el método ACI C211, y la puesta en marcha del ensayo a resistencia a compresión y flexión (Chicchón, 2016).

La problemática de construcción de viviendas sin el intervención profesional conveniente, genera que el concreto elaborado en las construcciones no cumplan con los estándares mínimos normados, que a posteriori en algún prototipo de calamidad natural como los terremotos, las consecuencias sean fatales, ya que los elementos estructurales no tendrán la eficiente desplazamiento para tolerar esfuerzos producidos por movimientos telúricos de gran violencia, haciendo que por argumento: las vigas de las

viviendas de material noble, no fallen por resquebrajadura dúctil (distinguido por que el acero tiende a fallar primero y posteriormente el concreto, dando turno pasadero para que los habitantes de dichos inmuebles se pongan a buen cuidado), sino por falla frágil (diferenciado por que el concreto tiende a fallar antes del acero), el cual ocasiona el síncope fronterizo de los elementos estructurales y por deducido de la estructura (Ordoñez, 2018).

La eficacia en las obras de construcción se fundamenta en que los sucesos constructivos satisfagan con las condiciones correspondientes establecidos en el proyecto y los reglamentos imperantes, para ello deben ejecutarse variadas actividades, las que congregan principalmente el análisis de los resultados obtenidos de un proceso de producción mediante sondeos, muestreos y pruebas, tanto de campo como de laboratorio, que permiten tasar las características inherentes a un criterio de obra, de sus acabados, materiales y equipos instalados de representación permanente, todo esto comparándolo con las especificaciones del proyecto para así justipreciar su admisión o rechazo, determinando de esta forma si la transformación de elaboración se está ejecutando urbanamente (Lay, 2013).

### **1.2.2 Descripción del problema**

La construcción en Perú, tiene un 70% a 80% de autoconstrucción informal,

esto nos lo indica la Cámara Peruana de Construcción. Los motivos son variados, pero los más preponderantes son la ausencia de supervisión de personal profesional en los rubros de ingeniería y demás especialidades. El segundo motivo importante es la presencia mayúscula de compra de materiales y/o insumos de mala calidad, materiales artesanales sin un control previo, durante y final (incluyendo su almacenaje y despacho). Estos materiales no cumplen ninguna norma técnica o similar para su producción; por lo que, se obvian muchas etapas y filtros para su proceso de elaboración. Esto es reflejado en nuestro día a día, viendo construcciones que sin ser tan minuciosos, no cumplen ningún estándar y finalmente, reflejado en números estadísticos cuando existe cualquier desastre natural.



Figura N° 1: Evaluación mensual del Índice de precios de materiales de construcción, 2014 – 2019.  
Fuente: INEI / DNIE.

En este momento existe una gran profanación en el medio ambiente generada por los desechos; por ello en el planeta se ha empezado a percibir

seriedad referente a la trascendencia de cosechar y clasificar los desechos para su consecutivo reciclaje. Por ejemplo, los países como Francia, Alemania y Austria reciclan hasta un 60% de sus desechos (Ecología verde, 2015).

En nuestra patria, el embarazo de los neumáticos de despojos tiene su alcurnia en la gran minería. Según informe de la SUNAT (Superintendencia Nacional de Aduanas y Administración Tributaria), El ferial peruano de neumáticos, en los últimos abriles ha tenido un ensanchamiento muy substancial, o récord en esta última década, utilidad del refuerzo mercantil. Igualmente por el ingreso de lozanos vehículos al comercio, de desemejantes países, automóviles, camionetas, camiones, buses, camiones mineros, y tractores, de usanza agraria, agreste, construcción y otros como motocicletas, bicicletas, y aeronaves (Suárez, 2016).

Actualmente , las incógnitas ambientales que cada ocasión se tornan crecidamente incuestionable y toman mayor envergadura en las nuevas políticas de florecimiento, actualmente se hace necesaria la búsqueda de tecnologías que permitan aminorar estos encontronazos y que permitan el aprovechamiento fenomenal de los materiales, el reciclado de los desechos es el anagrama del desarrollo sostenible, entre estos y en representativo para este labor están los neumáticos de automóviles, los cuales ocupan un gran tamaño en la integridad de restos producidos semanalmente en la ciudad de Huancavelica, en el labrado de la ingeniería civil, inicialmente se ha reconocido ya la reutilización del caucho de neumáticos en una apertura

como combustible facultativo para la fabricación de cemento y en imperceptible extensión para la fabricación de concreto y pavimento (Ledezma, 2018).

El agotamiento de neumáticos en los países espigados es eminente y va en crecimiento. Los poseedores y usuarios de vehículos, por el hecho de transitar con los mismos, somos los culpables del adelgazamiento de los neumáticos que acaban quedando externamente de querencia y convirtiéndose en barreduras, por lo que hay apegos por el argumento de la expulsión de los neumáticos desechados. En el Perú el destino de los neumáticos reciclados es limitado como materia prima en el rubro de la ingeniería. Por lo que se dictan más directrices para atizar fórmulas de reciclado que no sean perjudiciales para el medio ambiente (Guzmán, 2015).

La exclusión de neumáticos, posteriormente de su tiempo de duración, influye indiscutiblemente al medioambiente a nivel mundial, ya que al no ser biodegradables son depositados en vertederos incontrolados o escuetamente son abandonados en zonas públicas. En el Perú, el inconveniente ambiental de los desechos de neumáticos se genera por el escaso conocimiento en temas de diligencia de residuos tanto por razones culturales como por la incorrección de políticas e investigaciones referente a la reutilización y habilidad final de este arquetipo de rescoldo. Según el Ministerio de transportes y Comunicaciones (MTC, 2016).

La resistencia a carga axial en Colombia, la resistencia más importante del

concreto es su resistencia a la compresión, puesto que es la que se utiliza para realizar los cálculos estructurales de puentes, edificios y demás estructuras. La resistencia a la compresión se puede definir como la resistencia máxima medida en un cilindro de concreto sometido a carga axial. Para determinar estas resistencias se deben realizar pruebas en especímenes de concreto luego de 3, 7, 14 y 28 días de fraguado bajo condiciones controladas de humedad. Generalmente, esta se expresa en MPa y  $\text{kg/cm}^2$  y mediante el símbolo  $f'_c$  (Venegas, 2011).

Los concretos de alta resistencia a la carga axial en Colombia, son a menudo considerados como un material relativamente nuevo, su desarrollo ha sido gradual en el tiempo. Conforme el desarrollo ha continuado, la definición de concretos de alta resistencia ha cambiado. En 1950 un concreto con una resistencia a la compresión de  $350 \text{ kgf/cm}^2$  era considerado de alta resistencia. En 1960 los concretos de 410 a  $520 \text{ kgf/cm}^2$  en compresión eran empleados comercialmente. En 1970 los concretos de  $620 \text{ kgf/cm}^2$  ya estaban siendo producidos. Más recientemente concretos de  $1300 \text{ kgf/cm}^2$  han sido empleados en Estados Unidos para el vaciado de estructuras de concreto en obra. Dubái ha permitido incursionar en concretos de altas resistencias con edificios de más de 880 metros de altura (Molina, 2017).

La resistencia a la compresión en Bolivia, es la más importante del concreto, puesto que es la que se utiliza para realizar los cálculos estructurales de puentes, edificios y demás estructuras. La resistencia a la compresión se puede definir como la resistencia máxima medida en un

cilindro de concreto sometido a carga axial. Para determinar estas resistencias se deben realizar pruebas en especímenes de concreto luego de 3, 7, 14 y 28 días de fraguado bajo condiciones controladas de humedad. Generalmente, ésta se expresa en MPa y kg/cm<sup>2</sup> y mediante el símbolo  $f'_c$  (Delgado, 2010).

Durante mucho tiempo en el Perú, se ha notado que el concreto es un material adecuado para lograr estructuras durables, ejemplo de los cuales son las que hoy en día siguen de pie después de muchos años, por lo tanto, se puede decir que el concreto es un material durable y a su vez resistente; sin embargo, en algunas estructuras se puede observar que el concreto se encuentra con algún grado de deterioro, como agrietamiento, descascaramiento y erosión, que puede afectar su capacidad estructural; en otras, se pueden apreciar estructuras que solo necesitan retoques en el acabado. Esta diferencia en el desempeño de los concretos con los que fueron realizadas las estructuras, se debe a las condiciones ambientales a las que está expuesto el concreto, a la idoneidad de los materiales y mezclas utilizados, así como a un diseño estructural apropiado ya que todos ellos influyen en su durabilidad (Morales, 2015).

El concreto es un material que se usa para construir infraestructuras de servicio y satisfacción para la humanidad. Tiene dos etapas importantes en función de su estado, el estado plástico también llamado concreto fresco y el estado endurecido. Se obtiene de la mezcla de cuatro componentes que son el agregado, el cemento, el agua y aditivo. La mezcla se realiza con

cantidades de los componentes, determinados en un proceso de estudio de clasificación y diseño (Mucha, 2018).

La muestra que es el testigo de concreto tiene entre sus principales características, que es un concreto que está en proceso de endurecerse, el factor geométrico y factor de homogeneidad respecto a la clasificación del concreto. Geométricamente es de forma cilíndrica y tiene una relación entre el diámetro de la base y la altura de su generatriz, homogéneamente es uniforme respecto a la clasificación del concreto; sin embargo, es importante tener en cuenta la heterogeneidad desde el punto de vista de sus componentes ya que es una mezcla con diferentes tipos de materiales (Mucha, 2018).

La resistencia a carga axial con adición de microsílíce en Lima; los concretos con adiciones de microsílíce (10, 15 y 20%), soportan resistencias la compresión superior a los concretos con adición de nanosílíce (1.0%, 1.5% y 2.0%), sin embargo, la adición de nanosílíce aumenta también la resistencia a la compresión del concreto, pero no de la misma magnitud que la microsílíce, su ventaja es el estado líquido y su uso en bajas dosis (Salvatierra, 2011).

La representación común del concreto convencional en estado fresco, lo identifica como un conjunto de fragmentos de roca, globalmente definidos como agregados, dispersos en una matriz viscosa constituida por una pasta de cemento de consistencia plástica. Esto significa que en una mezcla así

hay muy poco o ningún contacto entre las partículas de los agregados, característica que tiende a permanecer en el concreto ya endurecido. Consecuentemente con ello, el comportamiento mecánico de este material y su durabilidad en servicio dependen de las características, calidad de los agregados y la afinidad de la matriz cementante con los agregados (Contreras, 2017).

Se definen como los elementos inertes del concreto que son aglomerados por la pasta de cemento para formar la estructura resistente. Ocupan alrededor de las  $\frac{3}{4}$  partes del volumen total y tienen una importancia primordial en el producto final. La denominación de inertes es relativa, porque si bien no intervienen directamente en las reacciones químicas entre el cemento y el agua, para producir el aglomerante o pasta de cemento, sus características afectan notablemente el producto resultante, siendo en algunos casos tan importantes como el cemento para el logro de ciertas propiedades particulares de resistencia, conductibilidad, durabilidad, etc. Están constituidos usualmente por partículas minerales de arenisca, granito, basalto, cuarzo o combinaciones de ellos, y sus características físicas y químicas tienen influencia en prácticamente todas las propiedades del concreto (Chapoñan, 2017).

El concreto con caucho reciclado en Lima. Metódicamente, la mayor parte de investigaciones realizadas en torno a los desechos de caucho se consideran 3 grandes categorías. La primera categoría el caucho triturado debe reemplazar a la grava. Para ello, el caucho es triturado en dos etapas.

La primera etapa, en la que el caucho adquiere longitudes de entre 300 a 430 mm de largo y 100 a 230 mm de ancho. Una segunda etapa con longitudes de 100 a 150mm y de ser necesario partículas de entre 13-76 mm. Como segunda categoría, el caucho que reemplaza a la arena, esta es fabricada en molinos especiales que produce partículas de caucho de hasta 0.425 a 4.75 mm. Una tercera categoría, que reemplaza el cemento por goma molida de caucho. Para ello, los neumáticos usados se someten a etapas de separación magnética y cribada hasta lograr una micro molienda con partículas de entre 0.075 a 0.475mm (Falen, 2020).

El concreto con caucho reciclado en Lima, mostraron evidencia de una unión apreciable entre las partículas de caucho del neumático y la pasta de cemento, siendo esta cuarta unión responsable de la resistencia que adquiere el concreto. Para tal investigación utilizaron cemento Portland tipo I, caucho reciclado de malla n°35 como valor máximo, hidróxido de sodio y silicato de sodio comercial tipo H300 NDL, donde posteriormente sometieron la superficie de las partículas de caucho reciclado en una solución acuosa de NaOH (hidróxido de sodio), durante 20 minutos y se prepararon 2 mezclas, una tratada con hidróxido de sodio y la otra sin tratar. Finalmente se realizaron las pruebas de densidad, absorción, resistencia a la flexión, compresión y abrasión, mostrando que el caucho tratado con NaOH tiene mejor adhesión superficial con la pasta de cemento que el caucho que no fue tratado con la solución. De esta manera concluyeron que el tratamiento con NaOH de las partículas de caucho reciclado, pueden adecuar al material para su uso con fines de ingeniería, cuando no se necesitan de altas resistencias,

asimismo concluyeron que algunas propiedades mecánicas del material, mejoran con el uso de partículas de caucho reciclado (Falen, 2020).

Con estos documentos de indagaciones internacionales y nacionales, mi indagación propone una alternativa primordial de calidad y costo, bajo la utilización de un recurso accesible a todo nivel; puesto que, se encuentra en mercados peruanos el caucho nacional e internacional. Analizando una de las propiedades más importantes del concreto, la resistencia a compresión y la flexión. Teniendo como alternativa innovadora al caucho para una materia prima influyente en gran porcentaje y preponderancia en la construcción, y planteando el incrementar con la dosificación indicada del 5%, 10% y 15% de caucho granulado en relación al peso del cemento, para incrementar la resistencia axial y flectora; se busca cumplir los estándares y requerimientos de la Normativa Técnica Peruana y el Reglamento Nacional de Edificaciones para minimizar los defectos generados por el uso de materiales de baja calidad, decisión que se toma al comprarlas por su bajo costo.

### **1.3. Antecedentes de la Investigación**

A nivel internacional se encontró algunas investigaciones acerca de los comunes problemas que tiene el concreto, así pudimos encontrar antecedentes tales como:

En Colombia:

Esta investigación buscó caracterizar al concreto con caucho reciclado,

enfocando sus objetivos a la resistencia más importante que tiene el concreto, la compresión. Pérez, 2017 en su tesis para obtener el título de ingeniero civil titulada: “Estudio para caracterizar una mezcla de concreto con caucho reciclado en un 5% en peso comparado con una mezcla de concreto tradicional de 3500 psi” que tuvo como principal objetivo caracterizar el concreto de 3500 psi con caucho reciclado comparado con una mezcla convencional, llegó a la conclusión que la resistencia a la compresión del concreto con caucho reciclado presentó una disminución debido a la porosidad y vacíos que generaba el material y también se observó la poca adherencia del caucho con la pasta de concreto.

La indagación de ciencias que permitan atemperar estos encontronazos y que permitan el lucro ínfimo de los materiales, el reciclado de los desechos es la combinación del desarrollo sostenible, entre estos y en privativo para este compromiso están los neumáticos para automóviles, los cuales ocupan un gran tamaño en la integridad de desechos producidos semanalmente en la metrópoli, en el labrado de la ingeniería civil, inicialmente se ha autorizado ya la reutilización del caucho de neumáticos en un umbral como carburante facultativo para la manufactura de cemento y en menor compostura para la explotación de concreto y pavimento, en este débito se determinó experimentalmente el procedimiento de una mezcla de concreto diseñada con unos porcentajes preliminarmente sugeridos. Peñalosa, 2015 en su tesis para obtener el título de ingeniero civil con el tema: “Comportamiento mecánico de una mezcla para concreto utilizando neumáticos triturados como reemplazo del 15%, 25% y 35% del volumen

de agregado fino para un concreto con fines de uso estructural”, obtuvo como resultados a ensayos a la compresión valores muy bajos en las pruebas a los 7, 14 y 28 días. Donde conjetura que el material, caucho reciclado, no cumple con las características suficientes para poder reemplazar al agregado fino. También, se dedujo que los porcentajes que se añadió en reemplazo del agregado fino, fueron valores muy altos.

En Guatemala:

El rendimiento de esta investigación se fundamentó en la batida de una disyuntiva para el procesamiento de llantas inservibles mediante su utilización en materiales utilizados en la ingeniería civil. Al aumentar elastómero triturado a una mezcla de concreto infiltrable se determinó cómo afecta su conducta mecánica, específicamente a flexión y compresión; además, se establecieron las cantidades más eficaces a sumar para fabricar resultados positivos de este material. Gonzales, 2017, en su tesis para obtener el título de ingeniero civil con el tema: “Utilización de Granulado de caucho reciclado como adición para concreto permeable para uso en estacionamientos vehiculares” que tuvo como objetivos principales el analizar las propiedades físico – mecánicas del material añadido, concluyó que para adicionar la característica de impermeabilidad el aumento de dicha propiedad no es tan significativa. Sin embargo, se observó que es beneficiosa únicamente a la resistencia de la flexión.

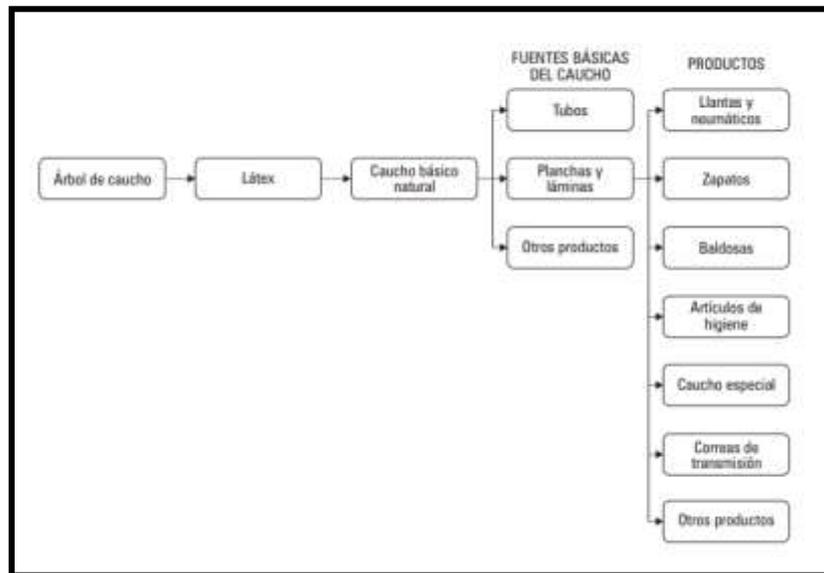


Figura N° 2: Estructura de la cadena de producción del caucho natural.

Fuente: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – 2017.

A nivel nacional se encontró algunas investigaciones acerca de los comunes problemas que tiene el concreto, así pudimos encontrar antecedentes tales como:

En Apurímac:

La importancia de, primero, tener una buena caracterización de los materiales y/o agregados que compondrán mi mezcla es preponderante. Puesto que; de esta depende la calidad de la mezcla según nuestro diseño. Salvaguardas Ambientales, 2010, en su consultoría: “Reducción de la vulnerabilidad ante desastres naturales” indica la importancia y de la magna participación del buen diseño de mezcla para los sistemas u elementos a utilizar. De esto dependerá la susceptibilidad a sufrir daños o fallas ante la presencia de un fenómeno que, por su magnitud, es potencialmente destructivo o desestabilizador.

Según estadísticas, el 77% de las construcciones son construidas de

manera informal. Esto involucra la compra y la adquisición de materiales de baja calidad, materiales elaborados sin un estándar que aseguren su fabricación. Municipalidad Distrital de Anco Huallo, 2010, en la ejecución del Proyecto “Ampliación del Servicio de Alcantarillado y Educación Sanitaria en el Distrito de Anco Huallo provincia de Chincheros - Apurímac” se evidenció la importancia de la calidad de los materiales para la construcción de buzones de concreto armado de alta resistencia. Los materiales usados como: cemento, agregado grueso y fino, acero corrugado; tuvieron como exigencia la Certificación de calidad del material y de las mismas canteras para la corroboración con las exigencias del Proyecto.

A nivel nacional se encontró algunas investigaciones acerca de los comunes problemas que tiene el concreto, así pudimos encontrar antecedentes tales como:

En Huancavelica:

En principio a lo correspondiente, esta exploración se llevó a fin con el fin de empollar las propiedades físico - mecánicas asimismo del procedimiento unísono y térmico de los bloques huecos de concreto con la adición de polímero. Suárez, 2016, en su tesis para optar el título de ingeniera civil “Bloques de concreto con material reciclable de caucho para obras de edificación” que tuvo como objetivo primario el realizar un estudio técnico en el cual podamos demostrar a través de pruebas de laboratorio y análisis estadístico que el caucho granulado es apto para utilizarse como sustituto de una parte del agregado fino en la mezcla de

concreto, para la fabricación de bloques huecos de concreto, concluyó que de acuerdo a la hipótesis planteada, el porcentaje óptimo del caucho para mantener una resistencia deseada al diseño es de  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>. El caucho granulado reemplazado en el concreto en un 15% del agregado fino, presenta mejor aislamiento acústico que un bloque convencional, estos bloques fueron expuestos a los niveles de ruido comprendidos entre 47.4 dB-65.1 dB que según la OMS es el nivel de ruido permitido al exterior de los dormitorios, observando una diferencia del 94.74% del nivel de sonido recibido entre un bloque convencional y el bloque propuesto con 15% de caucho.

En esta búsqueda se determinará experimentalmente la conducta de una mezcla de concreto diseñada con unos porcentajes previamente sugeridos, que buscarán el relevo para el agregado fino con material de neumático reciclado, en donde se determinará si el procedimiento y las cualidades de esta mezcla son apropiadas para su utilización como concreto estructural, el cual deberá abonar los parámetros mecánicos de resistencia contemplados dentro de la normatividad del reglamento peruano de construcción sismo resistente. Chumbes, 2016, en su tesis: “Diseño de mezcla del concreto para elaboración de adoquines con material reciclado de neumáticos en la provincia de Huancavelica”, que tuvo como principal objetivo determinar la influencia del material reciclado de neumáticos en la resistencia a la compresión y flexión, en el diseño de mezcla, llegó a la conclusión que la generación de vacíos por el caucho reciclado no hace que se desarrolle altas resistencias a compresión

y flexión en las prácticas de ensayos triaxiales.

En Huancayo:

Por el déficit de recursos de materiales para una construcción de calidad, la búsqueda de insumos innovadores con costes bajos es de suma importancia. Valero, 2015, en su tesis titulada: “Influencias de las fibras de polipropileno en la fisuración asociadas a la retracción plástica en pavimentos de concreto”, que tuvo como principal objetivo determinar la influencia de las fibras de polipropileno para controlar fisuras asociadas a la retracción plástica en pavimentos de concreto, llegó a la conclusión que al incorporar fibras de polipropileno en la mezclas de concreto en las diferentes dosis genera un ligero incremento, no significativo, en la resistencia a la compresión entre el 1% al 10% a los 7, 28 y 45 días con respecto a la mezcla patrón. La dosis de 900 g/m<sup>3</sup> para ambos tamaños de fibra tiene mejor respuesta en esta propiedad, puesto que a los 7, 28 y 45 días se comporta de manera favorable.

En Puno:

La búsqueda de materiales innovadores, que favorezcan la resistencia y la disminución de costes a favor de sus propiedades conlleva al investigador probar e indagar la adición de insumos al concreto. En otra investigación hallada, Intor, 2015, en su tesis: “Resistencia a la compresión del concreto  $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$  con fibras de polipropileno” que tuvo principal objetivo determinar la resistencia a la compresión del concreto  $f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$  con fibras de polipropileno, llegó a la conclusión que la adición de fibra de

polipropileno por peso de cemento que mejora los resultados a la compresión del concreto  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  a edades de 7, 14 y 28 días es la proporción de 1.00%, con respecto a las variaciones del 0.25% y 0.60 %.

En Chimbote:

En esta investigación se exteriorizó el perfeccionamiento y los resultados de ensayos a probetas de concreto con caucho, con el designio de mejorar en la audacia de todas las propiedades mecánicas de dicho material y que sirvan al proyectista en el diseño estructural. Guzmán, 2015 en su tesis para optar el título de ingeniero civil “Sustitución de los áridos por fibras de caucho de neumáticos reciclados en la elaboración de concreto estructural”, que tuvo como uno de sus objetivos estudiar y analizar las propiedades físico mecánicas al reemplazar parcialmente los áridos por caucho de neumáticos concluyó que al agregar un porcentaje del 5% con respecto a los agregados finos aumento su resistencia. Caso contrario con los porcentajes de 15% y 25%, se obtuvo resistencias bajas comparando con un diseño convencional. Con respecto a los ensayos realizados a los áridos del concreto para la obtención de la mezcla patrón según la NTP y ASTM, se concluye que los resultados obtenidos se encuentran en los parámetros y límites establecidos por las normas ya mencionadas, por consiguiente, los agregados se constituyen en elementos aptos para poder realizar los diseños de mezcla necesarios para los estudios.

En Ayacucho:

En esta indagación se permitió cooperar nuevas tecnologías en el sector de la construcción con el colofón de optimizar la eficacia, aminorar costos, agrandar las prestaciones y participar con el perfeccionamiento sostenible, aprovechando materiales excedentes de otros procesos de fabricación y los materiales reciclados, que resultan patentemente reutilizables como ocurre con el caucho que se obtiene de los neumáticos usados. En otra investigación, Salvatierra, 2014, en su tesis: “Desarrollo de un aglomerado asfáltico con polvo de caucho, en la ciudad de Huanta - Ayacucho” que tuvo como objetivo primario obtener un conglomerado asfáltico, empleando polvo de caucho procedente del reciclado de neumáticos fuera de uso, para su empleo en capas asfálticas de carreteras, llegó a la conclusión que el polvo de caucho obtenido del reciclado de los neumáticos fuera de uso, puede ser utilizado con garantía para mejorar las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas usándolo como un agregado mediante el proceso por vía seca. Para las mezclas mejoradas con caucho, el contenido óptimo de caucho con el cual se obtuvieron los mejores valores de tracción indirecta, es de alrededor al 0,5 %, al igual que para los parámetros Marshall.

En Piura:

Como antecedentes, tenemos resultados impulsados por investigaciones positivas que mejoran la calidad del concreto. El déficit de asesoramiento profesional para la construcción de viviendas, incluye también el uso y/o compra de materiales que dañan la construcción. En otra investigación,

Mogollón, 2018 en su tesis: “Resistencia a la tracción y flexión en el concreto usando ladrillo triturado como agregado grueso”, que tuvo como objetivo primario evaluar experimentalmente las propiedades del concreto fresco y endurecido cuando se reemplaza el agregado grueso por ladrillo triturado, en la ciudad de Piura, llegó a la conclusión que el reemplazo de ladrillo triturado en el concreto tiende a aumentar la resistencia a la compresión en todos sus reemplazos para ambos tipos de ladrillos debido a la disminución de la relación a/c. La resistencia a la compresión aumenta hasta llegar a un óptimo en el 10% de reemplazo y luego empieza a disminuir.

En Cajamarca:

El esfuerzo más importante para estudio del concreto es el de la compresión. En segundo lugar, la flexión. El buscar materiales que incorporen y/o mejoren las características del concreto, siempre será un punto de partida para mejorar costes y durabilidad. En la investigación, Fustamante, 2018 en su tesis: “Efecto de la ubicación del puente de adherencia en la resistencia a la flexión de vigas simplemente armadas vaciadas en dos etapas”, que tuvo como objetivo primario determinar el efecto de la ubicación del puente de adherencia en la resistencia a flexión de vigas simplemente apoyadas en Cajamarca, llegó a la conclusión que la ubicación del puente de adherencia sobre el eje neutro de la sección de la viga, aumenta la resistencia a la flexión.

En Lima:

El concreto al ser el material más deslucido en el universo ofrece múltiples características como resistencia, durabilidad, trabajabilidad y versatilidad. Además, con la afiliación de nuevas tecnologías en la infraestructura vial sirven para restar el menoscabo de estas. En otra investigación, Falen, 2020 en su tesis: “Propuesta de concreto eco-sostenible con la adición de caucho reciclado para la construcción de pavimentos urbanos en la ciudad de Lima”, que tuvo como objetivo primario elaborar una propuesta de concreto eco-sostenible a base de caucho reciclado para la elaboración de pavimento en la ciudad de Lima, llegó a la conclusión de que el caucho triturado reciclado confiere un comportamiento aceptable en el concreto, con la adición del aditivo superplastificante de polinaftaleno. Sin embargo, se ha demostrado su incompatibilidad con el aditivo a base de policarboxilato (Tipo MasterEasy 3900), generando efecto de burbujeo excesivo, superficie inestable de la mezcla y dispersión en sus propiedades mecánicas, siendo superado por la nueva familia de polímeros combinados con polinaftaleno de la fórmula tipo MasterRheobuild (Chávarri, 2020).

En nuestro el país y en la ciudad de Lima, el concreto en las construcciones civiles y en todo el ámbito de la Ingeniería Civil, es de suma importancia ya que es el conglomerado que se utiliza en mayor porcentaje, por ende existe la necesidad que este concreto preste buen desempeño en obra, por eso añadiéndole caucho granulado en diferentes porcentajes quiero obtener un nuevo tipo de concreto, además este concreto obtendría nuevas propiedades físico-mecánicas; así utilizaremos el concreto en forma eficiente en los recursos de la construcción civil. La vulnerabilidad, es la relación que existe

entre la exposición y la resistencia: La exposición puede definirse como el grado en el que un sistema o sus elementos componentes están sometidos a la acción de un fenómeno potencialmente peligroso. La resistencia es la capacidad, de los elementos expuestos, para evitar o amortiguar los efectos de la acción de un fenómeno peligroso.

### **1.3 Bases teóricas**

En la investigación presente se tiene definiciones conceptuales de términos básicos tales como:

#### **Caucho**

Presentemente el caucho es aprovechado para explotar miles de productos tales como empaquetaduras, llantas, artículos impermeables, aisladores, entre otros. El manejo de este arquetipo de material es de gran jerarquía por las magníficas cualidades que posee como de elasticidad, durabilidad y resistencia ante ácidos y sustancias alcalinas (GRC, 2012).

La producción de caucho natural en sus diversas presentaciones (látex coagulado, hojas crepé, láminas) en la provincia de Tahuamanu, Madre de Dios, es a baja escala e insignificante para la demanda nacional, además son productos de baja calidad, con limitaciones de acceso al mercado nacional (Campos, 2010).

El caucho granulado, igualmente acreditado como caucho machacado, caucho para asfalto o caucho limitado, se deriva más por lo común de los neumáticos reciclados de automóviles y camiones. En tanto que el

procedimiento de reciclaje de los neumáticos, se retira todo el material que no sea caucho como inmundicia, alambres y hebra. Los residuos restantes de caucho se reducen a un tamaño más manejable, usando por lo habitual un triturador maquinal. El procesamiento incesante reduce el tamaño del molido bruto en partículas de caucho granulado, las cuales tienen diversas clasificaciones con base en el tamaño y el color de las partículas de caucho molido (FLEXICON, 2015).



Figura N° 3: Caucho Granulado.  
Fuente: FLEXICOM – 2015.

El caucho nativo es un material que cuando se le inserta cualquier impulso puede sufrir distorsiones sin llegar a la rotura pero cuando estas fuerzas dejan de administrarse el material vuelve a su representación infrecuente. Cabe destacar que el caucho posee una baja conductividad eléctrica y calorífica, no se oxida con disposición de oxígeno y endurece con el frío. Su arranque viene en fórmula líquida lechosa. conocida como látex, que es extraída desde la cortezuela de diferentes tipos de árboles como : El Hevea Brasiliensis, de la casta de las Euforbiáceas, nativo del Amazonas, en México extraen el látex desde el llamado árbol de hule (Criollo, 2014).

Elastómeros	Cauchos naturales (NR)	TSR CV: Grados de Látex de viscosidad constante
		TSR L: Grados de Látex de color claro
		TSR 5: Equivalente al grado RSS1
		TSR 10: Grado de coágulo de campo
		TSR 20: Grado de coágulo de campo
	Cauchos sintéticos	Estireno-butadieno (SBR)
		Polibutadieno (BR)
		Isopreno
		Etileno-propileno (EPM-EPDM)
		Isobutileno-isopreno (IIR)
		Caucho de nitrilo (NBR)
		Policloropreno (neopreno)
		Cauchos fluorados (CFM-FKM)
		Cauchos de silicona (Q)
		Termoplásticos

Figura N° 4: Clasificación de elastómeros.

Fuente: Salamea, 2014.

Origen: El caucho nativo se rescata de una enjundia lechosa llamada látex, que se extrae de unas plantas tropicales entre las que destaca el hevea brasiliense, originaria del Amazonas. Cabe predominar que a esta legumbre de igual forma se la conoce por su sentido portuguesa, siringueira (“árbol que llora”), pues para su cosecha se realiza una tajadura en el tronco por el

que el árbol comienza a gotear, a transpirar el látex, que se recopila en un receptáculo y, una vez cuajado, se recolecta para su ulterior manipulación (AutoBild, 2010).

Los artículos de látex de caucho natural están extensamente presentes en nuestra sociedad, ya que se cifran en más de 40,000 los artículos que contienen látex, incluyendo más de 400 dispositivos bio-médicos. Este éxito se debe a que es un material idóneo para fabricar artículos de paredes muy delgadas con excelentes propiedades barrera y elásticas (Brasero,2017).

Caucho natural: El caucho natural es un ramplón que cuando se le adiciona cualquier pujanza puede amoldar deformaciones sin alcanzar a la fractura pero cuando estas fuerzas dejan de superponerse, el material vuelve a su carácter anómalo. Cabe matizar que el caucho posee una baja conductividad eléctrica y calorífica, no se oxida con presencia de oxígeno y endurece con el frío (Estrada, 2016).

El caucho nativo es un fruto derivado del látex que producen algunas especies vegetales como amparo ante heridas en la cubierta de su tronco. Es una miscelánea de grasas, ciertas proteínas, hidrocarburos y azúcares de formación vegetal. Dependiendo de la especie vegetal el caucho está vigente entre un 80% y un 95% siendo principalmente un polímero del isopreno (Álvar, 2015).

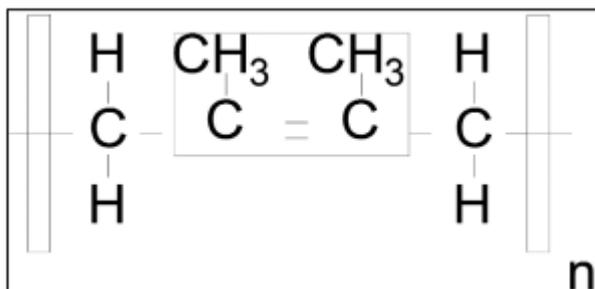


Figura N° 5: Composición caucho natural.

Fuente: Estrada, 2016.

Caucho sintético: El caucho sintetizado es toda aquella hechura ejecutado artificialmente, normalmente a partir de refinados petrolíferos, que tiene unas cualidades idénticas a las del caucho. Es decir que es capaz de sufrir una aberración elástica cuantioso superior que otros materiales y hasta así recuperar su representación excéntrica sin anomalía permanente. Este material es elaborado a partir de la polimerización de dualidad de monómeros entre los que se incluye el isopreno y el isobutileno (Álvar, 2015).

Puede denominarse caucho resumido a toda enjundia ejecutada artificialmente que se parezca al caucho natural. Se obtiene por reacciones químicas conocidas como aglomeración o polimerización, a partir de ciertos hidrocarburos insaturados. Los componentes esenciales del caucho abreviado llamados monómeros, tienen una masa molecular relativamente baja y forman moléculas gigantes denominadas polímeros. Después de su elaboración, el caucho sintético se vulcaniza (Guzmán , 2015).

Es una enjundia obtenida artificialmente por divisiones químicas conocidas como condensación o polimerización a partir de ciertos hidrocarburos insaturados. El caucho conciso tiene como agregado capital al monómero, el cual forma moléculas mayúsculas al ir entrelazándose con monómeros de su propio espécimen (Espinoza, 2018).

AÑO	PRODUCCIÓN NACIONAL (1)	PRODUCCIÓN PROVINCIA DE TAHUAMANU (2)
1980	440	289
1981	293	481
1982	856	1101
1983	423	620
1984	580	463
1985	59	115
1986	88	71
1987	50	95
1988	8	4
1989	43	11
1990	55	55
1991	63	63
1992	623	624
1993	711	711

Figura N° 6: Producción del caucho natural.

Fuente: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - 2012.

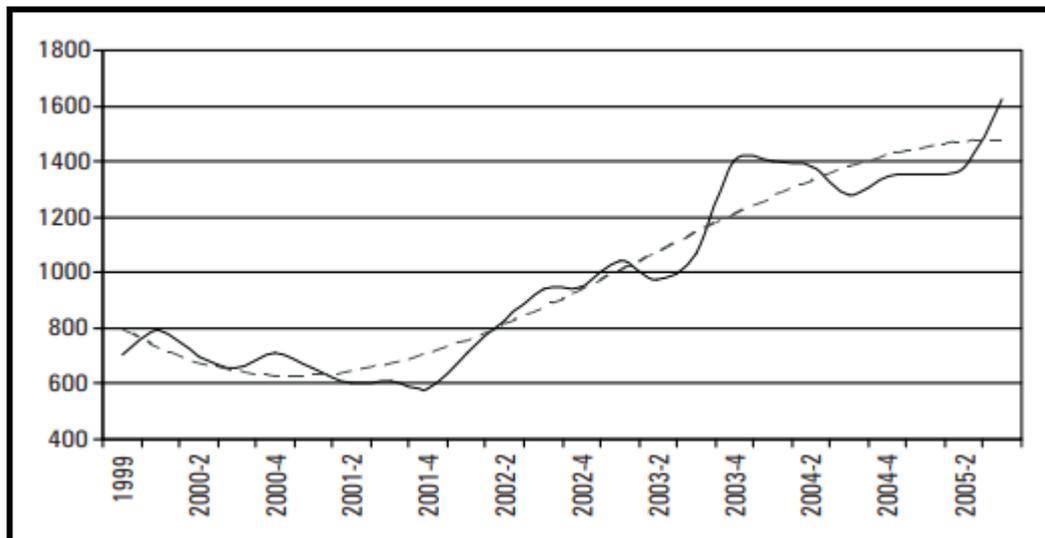


Figura N° 7: Comportamiento de los precios internacionales del caucho natural.

Fuente: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana -2012.

### Tratamiento de granulación

La dilucidación de “tratamiento” en confines del espacio ambiental, se centra como un vinculado de sistematizaciones, acciones cuya intención es comprimir o erradicar la contaminación o encontronazo ambiental representativo del agua o el suelo. Asimismo, conferenciar el procedimiento de residuos como el neumático para dirigirnos a la optimización de material a confinar, ya sea a través de reciclaje u otros procedimientos como el sistema mecánico (Segovia, 2020).

El período de fabricación y bifurcación se ejecuta en el granulador. Esta maquinaria utiliza una serie de discos giratorios en dirección contrapuesta, que con la labor de acoplamiento entre ellos reducen el grano hasta las dimensiones pertinentes. En ocupación de lo que se desea, se pueden adicionar o inhibir discos. Aquí es donde se clasifica y se elabora los granulados para canchas sintéticas (Laguillo, 2016).

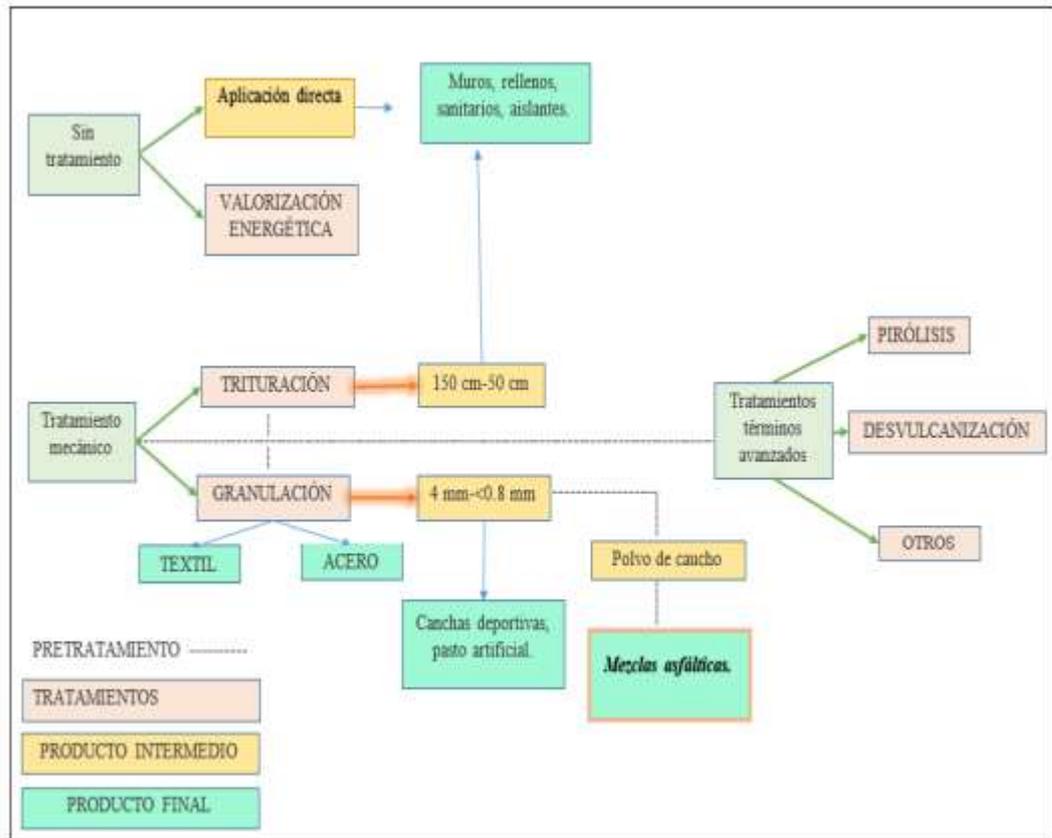


Figura N° 8: Proceso de obtención para caucho granulado.

Fuente: Valdez, 2020.

### Aplicaciones del caucho

La utilización puede ser cortadas, maceradas o estrujadas para originar grafías pertinentes para producción, o pueden ser elaboradas en tamaño de gránulos o polvos para hacer eficientes productos, casualmente mezclándolos con otros materiales. Las llantas procesadas a polvo o gránulo de caucho pueden ser utilizadas en caucho o productos plásticos, cruce de vías ferroviarias, caucho recuperado y asfalto de pavimentación. También, se puede monopolizar los granos de caucho en canchas sintéticas con cualidades preponderantes (Velandia, 2011).

Tabla 1: Propiedades físicas y químicas del caucho granular.

<b>Propiedades</b>	<b>Caucho granular</b>
Forma	Granulas y polvo (0.2 a 0.6 mm)
Color	Negro
Olor	Caucho
Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	0.40 – 0.50
Peso específico	1.15 – 1.27
Humedad (%)	<0.75
Punto de combustión (°C)	300 – 450
Extracto cetónico (%)	5.00 – 22.00
Contenido en cenizas (%)	7 – 11
Contenido en polímeros (%)	70/30 – 60/40
Contenido de negro de humo (%)	26 – 38
Contenido de caucho natural (%)	10 – 35
Contenido de hidrocarburo de	57 – 58

caucho (%)

Azufre (%)

1 – 7

---

Fuente: Líder Grass – 2020.

**Resistencia a la carga axial** es capacidad máxima de carga que soporta un material antes de llegar a su límite de ruptura, se expresa en  $\text{kg/cm}^2$  (Rivva, 2010). La resistencia a carga axial del espécimen se calculó dividiendo la máxima carga obtenida durante el ensayo entre el área de la cara axial del espécimen. Los resultados a la compresión obtenidos pueden depender de la forma y tamaño del espécimen, la pasta de cemento, los procedimientos de mezcla, la elaboración, la edad y las condiciones de humedad durante el curado (Norma ASTM C 39). La fracturación se define como una consecuencia directa de la baja resistencia a tracción del concreto, también pueden darse debido a la compresión y puede estar presente en cualquier tipo de estructura desde edificaciones, hasta toda clase de obra civil en donde participe el concreto (Sotil y Zegarra, 2015).

### **Resistencia a la flexión**

Según Mogollón, 2018, en su tesis “Resistencia a la flexión y tracción del concreto usando ladrillos triturados”, la resistencia a la flexión podría considerarse una medida indirecta de la resistencia a la tracción del concreto. Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada. La resistencia a la flexión es un factor determinante de la calidad del concreto para pavimentos, por el paso de vehículos y por la diferencia de temperatura un lado a otro de la losa. Para el diseño de pavimentos de concreto la resistencia a la flexión se expresa como módulo de Rotura (MR) en MPa y es determinada mediante los

métodos de ensayo NTP 339.078 (ASTM C78) cargada en los puntos tercios o NTP 339.079 (ASTM C293) cargada en el punto medio. El Módulo de Rotura oscila entre un 10% al 20% de la resistencia a compresión, en dependencia del tipo, dimensiones y volumen del agregado grueso utilizado. Según la NTP 399.034, define las siguientes fallas o tipos de fracturas de probetas que en este caso es para el concreto con  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  los siguientes:

Fractura tipo N° I: Cono razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas.

Fractura tipo N° II: Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en la otra base.

Fractura tipo N° III: Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados.

Fractura tipo N° IV: Fractura diagonal sin grietas en las bases, golpear con martillo para diferenciar el tipo.

Fractura tipo N° V: Es considerada así porque presenta fractura de lado en las bases superior o inferior.

Fractura tipo N° VI: Similar al tipo N° 5, pero el terminal del cilindro es acentuado.

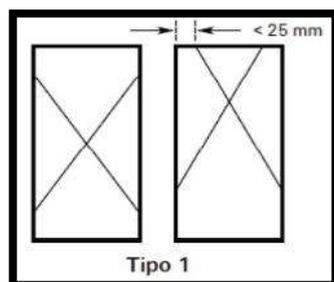
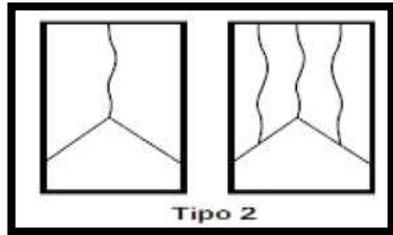


Figura N° 9: Fractura tipo 1.

Fuente: NTP 399.034 – 2018.



Fuente: NTP 399.034 – 2018

Figura N° 10: Fractura tipo 2.

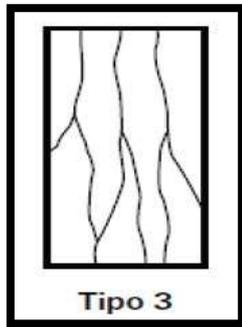
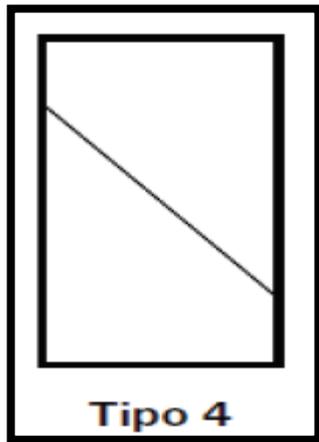


Figura N° 11: Fractura tipo 3



Fuente: NTP 399.034 – 2018

Fuente: NTP 399.034 – 2018.

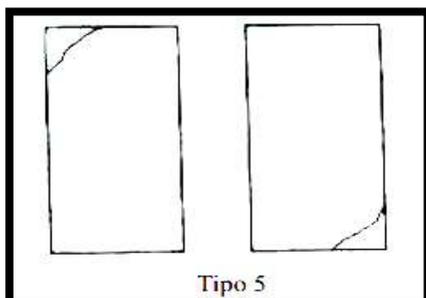


Figura N° 12: Fractura tipo 4.

Figura N° 13: Fractura tipo 5.

Fuente: NTP 399.034 -2018.

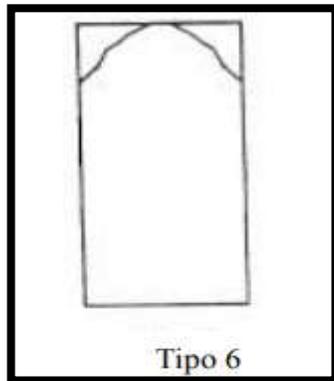


Figura N° 14: Fractura tipo 6.

Fuente: NTP 399.034 – 2018.

La resistencia a la compresión se define como la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto. Expresado en kilogramos por centímetros cuadrados ( $\text{kg/cm}^2$ ), mega pascales (MPa) o en libras por pulgadas cuadradas ( $\text{lb/pulg}^2$  o PSI) a una edad de 28 días. Se pueden utilizar otras edades para las pruebas, pero es importante saber la relación entre la resistencia a los 28 días y las resistencias en otras edades. La resistencia a los 7 días normalmente se estima como 75% P de la resistencia a los 28 días. La resistencia a la compresión especificada se designa con el símbolo de  $f'_c$ . La resistencia a la compresión del concreto se mide mediante unos testigos de 30cm de altura por 15 cm de diámetro, llevándole hasta la ruptura mediante cargas que se incrementan relativamente rápidos esto dura unos pocos minutos. La resistencia da la compresión del concreto es la medida más común de desempeño que emplea los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras. La resistencia a la

compresión se mide fracturando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayo de compresión. La resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste a la carga y se reporta. Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión se emplean fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia específica,  $f_c$ , en la especificación de trabajo. (Chavarri, 2020).

El método de ensayo consiste en aplicar una carga axial en compresión a los moldes cilíndricos o corazones en una velocidad tal que esté dentro del rango especificado antes que la falla ocurra. El esfuerzo a la compresión de la muestra está calculado por el cociente de la máxima carga obtenida durante el ensayo entre el área de la sección transversal de la muestra. (INDECOPI, NTP 339.034, 1999). La resistencia a la compresión de la probeta se calcula con la siguiente fórmula:

$$R_c = \frac{4G}{\pi D^2}$$

Dónde:  $R_c$ : Es la resistencia de rotura a la compresión, en kilogramos por centímetro cuadrado.  $G$ : La carga máxima de rotura en kilogramos.  $D$ : Es el diámetro de la probeta cilíndrica, en centímetros.

Los cilindros de ensayos para carga axial, serán fracturados dentro del rango en horas permisible:

**Tabla 2:** Tolerancias permisibles para rotura de probeta.

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24 h	± 0,5 h o 2,1%
3 d	± 2 h o 2,8%

7 d	± 6 h o 3,6%
28 d	± 20 h o 3,0%
90 d	± 48 h o 2,2%

**Nota:** Adaptado de “Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión de concreto, en muestras cilíndricas”, de ASTM International, 2008, p. 59, Lima, Peru: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales – INDECOPI.

DEBIDO A VARIACIONES EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO	DEBIDO A DEFICIENCIAS EN LOS METODOS DE PRUEBA
1) Cambios en la relación Agua/Cemento a) Control deficiente de la cantidad de agua. b) Variación excesiva de humedad en los agregados. c) Agua adicional al pie de obra. 2) Variación en los requerimientos de agua de mezcla. a) Gradación de los agregados, absorción y forma. b) Características del Cemento y Aditivos. c) Contenido de aire. d) Tiempo de suministro y temperatura. 3) Variaciones en las características y proporciones de los ingredientes. a) Agregados. b) Cemento. c) Puzolanas. d) Aditivos. 4) Variaciones ocasionadas por el transporte, colocación y compactación. 5) Variaciones en la temperatura y curado.	1) Procedimientos de muestreo inadecuados. 2) Dispersiones debidas a las formas de preparación manipuleo y curado de cilindros de prueba. 3) Mala calidad de los molde para cilindros de prueba. 4) Defectos de curado : a) Variaciones de temperatura. b) Humedad Variable. c) Demoras en el transporte de los cilindros al laboratorio. 5) Procedimientos de ensayo deficientes. a) En el refrendado ( capping) de los cilindros. b) En el ensayo de compresión.

Figura N° 15: Principales fuentes de variación de la resistencia a la compresión.

Fuente:

Tópicos de Tecnología de concreto en el Perú -2010.

**El Concreto** es el material constituido por la mezcla en ciertas proporciones de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que hace un material ideal para la construcción (Rivera,

2012).

El concreto está compuesto por diversos materiales como: cemento, agua, aire, agregado grueso, agregado fino y aditivos. Cada uno de ellos tiene un rol muy importante en el comportamiento del concreto en sus diferentes estados, aportando diversas características para la resistencia del mismo (Sotil y Zegarra, 2015).

Las propiedades más importantes del concreto en estado no endurecido incluyen la trabajabilidad, consistencia, fluidez, cohesividad, contenido de aire, segregación, exudación, tiempo de fraguado, calor de hidratación, peso unitario y en el estado endurecido las propiedades del concreto incluyen la resistencia mecánica, durabilidad, cambios de volumen, impermeabilidad, resistencia al desgaste, resistencia a la cavitación, propiedades térmicas y acústicas, y apariencia (Chavarri, 2020).

Fotografía N° 1: Preparación de mezcla de concreto para las probetas cilíndricas.



El concreto es un material pétreo, artificial, obtenido de la mezcla, en proporciones determinadas, de cemento, agregados y agua. El cemento y el agua forman una pasta que rodea a los agregados, constituyendo un material heterogéneo. En algunas oportunidades se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos o adicionantes, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto. (Chavarri, 2020).

La mezcla íntima de los componentes del concreto convencional produce una masa plástica que puede ser moldeada y compactada con relativa facilidad; pero gradualmente pierde esta característica hasta que al cabo de algunas horas se torna rígida y comienza a adquirir el aspecto, comportamiento y propiedades de un cuerpo sólido, para convertirse finalmente en el material mecánicamente resistente que es el concreto endurecido. El concreto tiene una alta resistencia en compresión, pero su resistencia en tracción es baja, de hecho en los cálculos se suele despreciar la resistencia en tracción (Bernal, 2017).

Fotografía N° 2: Materiales a utilizar para la mezcla de concreto para luego ensayarlas.



CONCRETO SIMPLE Es una mezcla de cemento Portland, agredo fino, agregado grueso y agua. En la mezcla el agregado grueso deberá estar totalmente envuelto por la pasta de cemento, el agregado fino deberá rellenar los espacios entre el agregado grueso y a la vez estar recubierto por la misma pasta. (Castillo, 2010).

#### COMPONENTES DEL CONCRETO

La tecnología del concreto moderna define para este material cuatro componentes: Cemento, agua, agregados, y aditivos como elementos activos y el aire como elemento pasivo. Si bien la definición tradicional consideraba a los aditivos como un elemento opcional, en la práctica moderna mundial estos constituyen un ingrediente normal, por tanto está científicamente demostrada la conveniencia de su empleo en mejorar condiciones de trabajabilidad, resistencia y durabilidad, siendo a la larga una solución más económica si se toma en cuenta el ahorro en mano de

obra y equipo de colocación y compactación, mantenimiento, reparaciones e incluso en reducción de uso de cemento. (Falen, 2020).

**Trabajabilidad y Consistencia** Es la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante estas operaciones. No existe prueba alguna hasta el momento que permita cuantificar esta propiedad, generalmente se le aprecia en los ensayos de consistencia. La consistencia está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada. Se determina mediante el ensayo de Slump mediante la utilización del Cono de Abrahams. (Castillo, Tecnología del Concreto, 2010) .

**Segregación** Es una propiedad del concreto fresco, que implica la descomposición de este en sus partes constituyentes o lo que es lo mismo, la separación del Agregado Grueso del Mortero. Las diferencias de densidades entre los componentes del concreto provocan una tendencia natural a que las partículas más pesadas desciendan. Es un fenómeno perjudicial para el concreto, produciéndose en el elemento llenado, bolsones de piedra, capas arenosas, cangrejeras, etc. La segregación está en función de la consistencia de la mezcla, siendo el riesgo mayor cuanto más húmeda es esta, y menor cuanto más seca lo es. Generalmente procesos inadecuados de manipulación y colocación son las causas del fenómeno de segregación en las mezclas. (Castillo, 2011).

Fotografía N° 3: Medida del Slum para verificar la trabajabilidad de nuestro concreto.

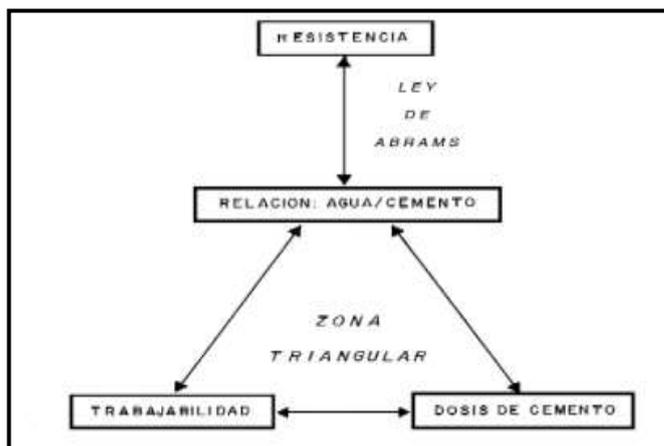


Figura N° 16: Relación triangular de parámetros del concreto.

Fuente: Manual del Concreto Estructural – 2018.

Exudación Propiedad por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa y sube hacia la superficie del concreto. Es un caso típico de sedimentación en que los sólidos se asientan dentro de la masa plástica. Está influenciada por la cantidad de finos en los agregados y la finura del cemento, por lo que cuanto más fina la molienda de este y mayor es el porcentaje de material menor que la malla Nro. 100, la exudación será menor, pues se retiene el agua de mezcla. La exudación se produce inevitablemente en el concreto, pues es una propiedad inherente a la estructura, luego lo importante es evaluarla y controlarla en cuanto a los efectos negativos que pudiera tener. (Falen, 2020).

Contracción es una de las propiedades más importantes en función de los problemas de fisuración que acarrea con frecuencia. La pasta de cemento necesariamente se contrae debido a la reducción del volumen original de agua por combinación química, y a esto se le llama contracción intrínseca que es un proceso irreversible. Pero además existe otro tipo de contracción inherente también a la pasta de cemento, y es la contracción por secado, que es la responsable de la mayor 36 parte de los problemas de fisuración, dado que ocurre tanto en el estado plástico como el endurecido si se permite la pérdida de agua en la mezcla. Este proceso no es irreversible, ya que si se repone el agua perdida por secado, se recupera gran parte de la contracción acaecida. (Chávarri, 2020).

## **PROPIEDADES EN ESTADO ENDURECIDO**

Elasticidad es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente. La determinación del módulo de elasticidad

estático del concreto se realiza mediante el procedimiento de ensayo ASTM C 469. El ensayo consiste en rupturar cilindros estándar de 15 cms de diámetro y 30 cms de altura hasta la falla, midiendo la deformación para valores de hasta  $0.45 f'c$  (zona elástica). Sin embargo, este ensayo está sujeto a numerosas variables por tratarse de un ensayo destructivo, entre las que se encuentran el tamaño de la probeta, punto de medición de la deformación (en la superficie o en la mitad del cilindro), velocidad de carga, esbeltez de la probeta, tipo de refrentado y tipo de curado en laboratorio, entre otros, siendo dependiente del concreto en particular. (Castillo, 2011).

El concreto no es un material completamente elástico y la relación esfuerzo deformación para una carga en constante incremento adopta generalmente la forma de una curva. Generalmente se conoce como Módulo de Elasticidad a la relación del esfuerzo a la deformación medida en el punto donde la línea se aparta de la recta y comienza a ser curva. (López, 2010).

Los módulos de elasticidad normales oscilan entre 250.000 a 350,000  $kg/cm^2$  , y están en relación directa con la resistencia en compresión del concreto, y en relación inversa con la relación agua/cemento. Conceptualmente, las mezclas más ricas tienen módulos de elasticidad mayores, y mayor capacidad de deformación que las mezclas pobres. (Castillo, 2011).

Resistencia Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento. Depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se acostumbra expresar en términos de la relación Agua/Cemento en peso. La afectan además los mismos factores que influyen en las características de la pasta, como son la temperatura y el tiempo, aunados a otros elementos adicionales constituidos por el tipo y características resistentes del cemento en particular que se use y de la calidad de los agregados, que completan la estructura del concreto. (Quimbay, 2010).

Extensibilidad Es la propiedad del concreto de deformarse sin agrietarse, Se define en función de la deformación unitaria máxima que puede asumir el concreto sin que ocurran fisuraciones. Depende de la elasticidad y del flujo plástico, constituido por las deformaciones que tiene el concreto bajo carga constante en el tiempo. El flujo plástico tiene la particularidad de ser parcialmente recuperables, estando relacionado también con la contracción, pese q ser dos fenómenos nominalmente independientes. (Quimbay, 2010).

Durabilidad Es la resistencia a los agentes externos como las bajas temperaturas, la penetración del agua, desgaste por abrasión, retracción al secado, eflorescencias, agentes corrosivos, o choques térmicos, entre otros, sin deterioro de sus condiciones físico-químicas con el tiempo. El concreto

debe ser capaz de resistir a la intemperie, acción de productos químicos y desgaste, a los cuales estará sometido en el servicio. Gran parte de los daños por intemperie sufrido por el concreto pueden atribuirse a los ciclos de congelación y descongelación. La resistencia del concreto a esos daños puede mejorarse aumentando la impermeabilidad incluyendo de 2% a 6% de aire con un agente incluso de aire, o aplicando un revenimiento protector a la superficie. (Castillo, 2011).

Impermeabilidad Es la característica de dejar filtrar ya sea aire o agua. Es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla. El exceso de agua deja vacíos y cavidades, después de la evaporación, y, si están interconectadas, el agua puede penetrar o atravesar el concreto. La inclusión de aire así como un curado adecuado por tiempo prolongado, suelen aumentar la impermeabilidad. (Castillo, 2011).

**Agua**, en relación con su empleo en el concreto, el agua tiene dos diferentes aplicaciones: como ingrediente en la elaboración de las mezclas y como medio de curado de las estructuras recién construidas. Aunque en ambas aplicaciones las características del agua tienen efectos de variable importancia sobre el concreto, es recomendable emplear de una sola calidad en los casos. Normalmente, en las especificaciones para concreto se hace referencia en primer plano a los requerimientos que debe cumplir el agua para la elaboración del concreto, porque sus efectos son más importantes, y después se suele indicar que el agua que se utilice para el curado debe tener el mismo origen, o similar, para evitar la subestimación de esta segunda

aplicación y se utilice agua para curado con características deficientes (Hernández, 2011).

Una muy común práctica consiste en utilizar agua potable para fabricar concreto sin previa verificación, bajo la suposición que toda agua que es potable también es adecuada para la elaboración del concreto; sin embargo, en ocasiones esta presunción no es válida, puesto que hay aguas potables con contenido de citratos o con pequeñas cantidades de azúcares con motivo de mejorar su sabor, lo que no afecta su potabilidad pero puede hacerlas inadecuadas para la fabricación de concreto. Así mismo, el caso contrario pudiera ser más conveniente, es decir, que el agua para la elaboración del concreto no necesariamente requiere ser potable, aunque sí debe satisfacer determinados requisitos mínimos de calidad de acuerdo con las normas establecidas.

El agua es el segundo componente fundamental del concreto donde su calidad debe ser sumamente importante para no producir alteraciones en la hidratación del cemento, evitar manchas en la superficie, retrasos en el fraguado y en su endurecimiento, ni permitir reducciones en su resistencia o afectar su durabilidad, por estas razones se debe evaluar si es convenientes su uso para el mezclado y curado del concreto, cumpliendo con los requisitos de la norma NTP 339.088 y de preferencia potable (Mamani, 2017).

La NTP 339.088 distingue cuatro tipos de agua utilizable para el concreto:

- ❖ Agua combinada, la cual es el resultado de la mezcla de dos o más fuentes combinadas a la vez, antes o durante su introducción en la mezcla.

- ❖ Agua no potable, la cual proviene de fuentes de agua que no son aptos para el consumo humano, o si ésta contiene cantidades de sustancias que la decoloran o hacen que huelga o tenga un sabor objetante.
- ❖ Aguas de las operaciones de producción del concreto, que ha sido recuperada de procesos de producción de concreto de cemento Portland; agua de lluvia colectada en un recipiente en una planta de producción de concreto; o agua que contiene cantidades de los ingredientes del concreto.
- ❖ Agua potable, que es apta para el consumo humano.

Tabla 3: Límites permisibles para agua de mezcla y de curado según la norma ITINTEC 339.088.

<b>Descripción</b>	<b>Límite permisible</b>
Sólidos en suspensión	5,000 p.p.m. Máximo
Materia orgánica	3 p.p.m. Máximo
Alcalinidad (NaHCO <sub>3</sub> )	1,000 p.p.m. Máximo
Sulfato (Ión SO <sub>4</sub> )	600 p.p.m. Máximo
Cloruros (Ión Cl)	1,000 p.p.m. Máximo
Ph	5 a 8

*Nota:* Recuperado de “Tópico de Tecnología de Concreto en el Perú”, de Pasquel, E.,1993, p. 59, Lima, Perú: Colegio de Ingenieros del Perú.

**Agregados**, según la Norma Técnica Peruana NTP 339.128 define a los agregados como, el conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011. Así también estos son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta y que ocupan aproximadamente el 75% del volumen de la unidad cúbica de concreto.

Como agregados de las mezclas de mortero o concreto se pueden considerar, todos aquellos materiales que teniendo una resistencia propia suficiente

(resistencia de la partícula), no perturben ni afecten desfavorablemente las propiedades y características de las mezclas y garanticen una adherencia suficiente con la pasta endurecida del cemento Portland. En general, la mayoría son materiales inertes, es decir, que no desarrollan ningún tipo de reacciones con los demás componentes de las mezclas, especialmente con el cemento; sin embargo, existen algunos agregados cuya fracción más fina presenta actividad en virtud de sus propiedades hidráulicas colaborando con el desarrollo de la resistencia mecánica, tales como: las escorias de alto horno de las siderúrgicas, los materiales de origen volcánico en donde hay sílice activo, entre otros (Rivera, 2015).

MINERALES	ROCAS IGNEAS	ROCAS METAMORFICAS
<b>SILICE</b>	Granito	Mármol
Cuarzo	Sienita	Metacuarcita
Ópalo	Diorita	Pizarra
Calcedonia	Gabro	Filita
Tridimita	Pendotita	Esquisto
Cristobalita	Pegmatita	Anfibolita
<b>SILICATOS</b>	Vidrio Volcánico	Hornfelsa
Feldespatos	Obsidiana	Gneiss
Ferromagnesianos	Pumicita	Serpentina
Hornblenda	Tufo	
Augita	Escoria	
Arcillas	Perlita	
Ilitas	Fetsita	
Caolinas	Basalto	
Mortmorillonita	<b>ROCAS SEDIMENTARIAS</b>	
Mica	Conglomerados	
Zeolita	Arenas	
<b>CARBONATOS</b>	Cuarcita	
Calcita	Arenisca	
Dolomita	Piedra Arcillosa	
<b>SULFATOS</b>	Piedra Aluvional	
Yeso	Argillita y Pizarra	
Anhidrita	Carbonatos	
<b>SULFUROS DE HIERRO</b>	Calizas	
Pirita	Dolomitas	
Marcasita	Marga	
Pirotita	Tiza	
<b>OXIDOS DE HIERRO</b>	Horsteno	
Magnetita		
Hematita		
Geotita		
Ilmenita		
Limonita		

Figura N° 17: Rocas y constituyentes minerales en agregados para concreto.

Fuente:

Tópicos de Tecnología de concreto en el Perú – 2010.

Las cualidades de los agregados tienen un resultado revelador en el proceder del concreto en fase frío y curtido. Las esenciales cualidades de los

agregados que atañan las propiedades del concreto son forma y textura, gradación, absorción, mineralogía, resistencia y módulo de elasticidad, dimensión máxima, gravedad específica, firmeza al embate de sulfatos y tenacidad. En la medida en que se establezca la atribución de cada una de estas propiedades en el estilo del concreto, será viable efectuar diseños de mezclas más económicos (León, 2010). Por su tamaño, los agregados se clasifican en:

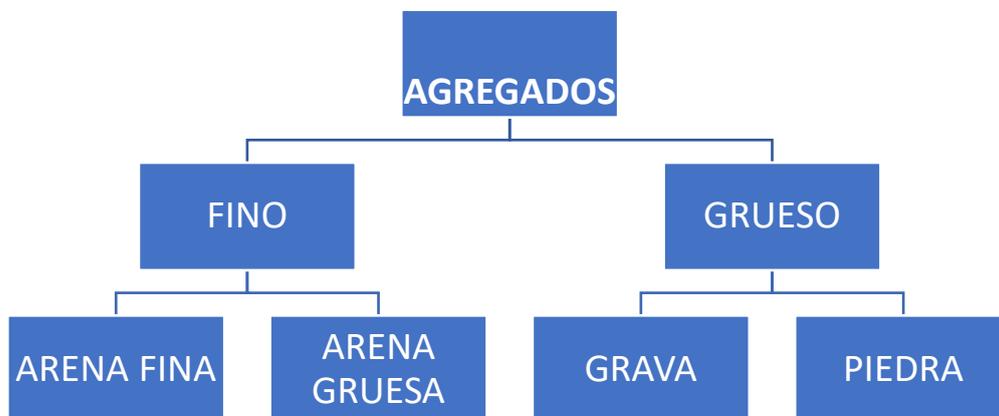


Figura N° 18: Clasificación de los agregados.

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.012 – 2013.

**Agregado fino**, más comúnmente llamado arena, constituye la mayor parte del porcentaje en peso del concreto. Este porcentaje puede llegar a superar el 60% del peso del concreto fraguado y endurecido. Los agregados finos y gruesos ocupan cerca del 60% al 75% del volumen del concreto (70% a 85% de la masa) e influyen vigorosamente en las cualidades tanto en etapa fresca

como endurecido, en las dosificaciones de la mezcla y en la economía del concreto

### Granulometría

El análisis granulométrico es el proceso de dividir una muestra de agregado en partes de igual tamaño de partículas. Su propósito es determinar la distribución por tamaño del agregado. Los factores principales que rigen la granulometría de los agregados son tres: Primero el área de la superficie del agregado, que determina la cantidad de agua y pasta de cemento necesaria para cubrir todas las partículas, así que a menor área de superficie del agregado se requerirá menos pasta y, por tanto menos agua; segundo el volumen relativo ocupado por el agregado, es un requerimiento de tipo económico es que el 49 agregado ocupe un volumen relativo tan grande como sea posible, puesto que es más barato que la pasta de cemento; y tercero la trabajabilidad de la mezcla y su tendencia del concreto a segregarse, que determina si los volúmenes llegan a tener una buena compacidad entre ellas, conociendo que el agregado grueso aporta con su resistencia y su volumen, y el agregado fino actúa como lubricante para la suspensión de los agregados gruesos en la mezcla, aportando en mejorar la consistencia y la trabajabilidad de la mezcla (Mamani, 2017).

La norma NTP 400.011 o la norma ASTM C 33, define como agregado fino al proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el tamiz 9.51 mm (3/8") y queda retenido en el tamiz 0.074 mm (N°200). Según la norma NTP 400.011 o la norma ASTM C 33, el agregado fino deberá cumplir con los siguientes requerimientos: 16 Puede estar

constituido de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas.

Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duro, compacto y resistente. Deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas. El agregado no deberá retener más del 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera. En general, es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los límites de la norma NTP 400.037 o la norma ASTM C 33.

El módulo de fineza del agregado fino se mantendrá dentro del límite de  $\pm 0.2$  del valor asumido para la selección de las proporciones del concreto, siendo recomendable que el valor asumido esté entre 2.30 y 3.10. El agregado fino no deberá indicar presencia de materia orgánica cuando ella es determinada de acuerdo a los requisitos de la norma NTP 400.013 o la norma ASTM C 40.

Tabla 4: Tamices standard ASTM.

<b>Denominación del tamiz (")</b>	<b>Abertura en pulgadas (")</b>	<b>Abertura en milímetros (mm)</b>
3	3.0000	75.0000
1 1/2	1.5000	37.5000
3/4	0.7500	19.0000
3/8	0.3750	9.5000
No 4	0.1870	4.7500
No 8	0.0937	2.3600
No 16	0.0469	1.1800
No 30	0.0234	0.5900
No 50	0.0117	0.2950
No 100	0.0059	0.1475
No 200	0.0029	0.0737

*Nota:* Adaptado de “Tópico de Tecnología de Concreto en el Perú”, de Pasquel, E.,1993, p.

91, Lima, Perú: Colegio de Ingenieros del Perú.

**Agregado grueso**, o grava es uno de los principales componentes del concreto, debido a esto su buena calidad es de suma importancia. Puesto define mucho en las cualidades del diseño de mezcla

Se denomina agregado grueso retenido en el tamiz N°4 (4.75mm) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumplen con los límites establecidos en la norma NTP 400.037 o, alternativamente con la norma ASTM C33. Las partículas deben ser químicamente estables y estar libres de escamas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas (Mamani, 2017).

El análisis granulométrico es el proceso de dividir una muestra de agregado en partes de igual tamaño de partículas. Su propósito es determinar la distribución por tamaño del agregado.

Entonces concluimos que la granulometría es de vital importancia, porque, origina un óptimo contenido de agua y de pasta de cemento en la proporción del diseño de concreto.

Tamaño máximo: De acuerdo a la Norma Técnica Peruana, define al Tamaño Máximo del agregado grueso como aquel que “corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso”.

Tamaño máximo nominal: De acuerdo a la Norma Técnica Peruana, define al Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso como aquel que

“corresponde el menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido”.

La norma NTP 400.011 o la norma ASTM C 33, define como agregado grueso al material retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4). El agregado grueso podrá consistir de grava o piedra partida de origen natural o artificial. El agregado grueso empleado en la preparación de concretos livianos podrá ser natural o artificial. Según La norma NTP 400.011 o la norma ASTM C 33, el agregado grueso deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

- ✓ Deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa.
- ✓ Las partículas deberán ser químicamente estables y deberán estar libres de escamas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.
- ✓ La granulometría seleccionada deberá ser de preferencia continua.
- ✓ La granulometría seleccionada deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto, con una adecuada trabajabilidad y consistencia en función de las condiciones de colocación de la mezcla.
- ✓ La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 ½” y no más del 6% del agregado que pasa la malla de ¼”.
- ✓ Las Normas de Diseño Estructural recomiendan que el tamaño nominal máximo del agregado grueso sea el mayor que pueda ser económicamente disponible, siempre que él sea compatible con las dimensiones y

características de la estructura. Se considera que, en ningún caso el tamaño nominal máximo del agregado no deberá ser mayor de: o Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados; o Un tercio del peralte de las losas.

✓ El agregado grueso empleado en concreto para pavimentos, en estructuras sometidas a procesos de erosión, abrasión o cavitación, no deberá tener una pérdida mayor del 50% en el ensayo de abrasión realizado de acuerdo a la norma NTP 400.019 y norma NTP 400.020, o la norma ASTM C 131.

✓ El lavado de las partículas de agregado grueso se deberá hacer con agua preferentemente potable. De no ser así, el agua empleada deberá estar libre de sales, materia orgánica, o sólidos en suspensión.

✓ Volviendo a la granulometría, en general el agregado grueso debe estar gradado dentro de los límites especificados en la norma NTP 400.037 o la norma ASTM C 33.

**Cemento**, se denomina cemento a un conglomerante hidráulico que, mezclado con agregados pétreos (árido grueso o grava, más árido fino o arena) y agua, crea una mezcla uniforme, maleable y plástica que fragua y se endurece al reaccionar con el agua, adquiriendo consistencia pétreo, denominado concreto (SIICEX, 2010)

El cemento Natural, de fraguado y endurecimiento rápidos, se obtiene únicamente con la ebullición a temperatura moderada (1.000 a 1.200 grados centígrados) de una cal arcillosa de constitución reglamentaria, sustraída de bancos homogéneos; continuación por un machacamiento muy fina. Está mezclado principalmente de silicatos, aluminatos y sulfoaluminatos cálcicos, y mínimas cantidades de cal, magnesio, sulfatos sódico, potásico

y cálcico y trazas de otros participantes. (VICAT, 2010).

Tipos de cemento:

Tipo I: De uso general, para concreto de uso normal en todo tipo de construcciones, en condiciones normales.

Tipo II: Posee una moderada resistencia a los sulfatos, para uso en exposición a suelos y aguas subterráneas que tienen un bajo contenido de sulfatos.

Tipo III: Posee una alta resistencia inicial, utilizado en condiciones en que se requiere resistencia a edades tempranas y en lugares fríos.

Tipo IV: Bajo calor de Hidratación, se usa cuando el calor durante el proceso de hidratación debe ser mínimo, como en construcción de presas donde se colocan grandes volúmenes de concreto.

Tipo V: Alta resistencia a sulfatos, se usa en un concreto que estará en contacto con altas concentraciones de sulfatos, como tuberías de aguas residuales, obras expuestas al agua del mar, al ambiente marino o a suelos y aguas con alto contenido de sulfatos.

<b>CEMENTOS PORTLAND: TIPOS Y APLICACIONES</b>	
<b>TIPO I:</b>	De uso general.
<b>TIPO II:</b>	De uso general, específico, cuando se desea: . moderada resistencia a los sulfatos . moderado calor de hidratación.
<b>TIPO III:</b>	Alta resistencia inicial.
<b>TIPO IV:</b>	Bajo calor de hidratación.
<b>TIPO V:</b>	Alta resistencia a los sulfatos.

Figura N° 19: Tipos de Cemento.

Fuente:

Cementos Pacasmayo - 2017

Se define como cementos a los materiales pulverizados que poseen la propiedad de, por adición de una cantidad conveniente de agua, forman una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables. Quedan excluidas de esta definición las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos (Rivva, 2010).

**Contenido de aire** es el volumen de los poros o vacíos de aire o de otro gas en la pasta de cemento, mortero o concreto, excluyendo los poros de impermeables contenidos en las partículas del agregado, usualmente expresado como un porcentaje del volumen total de la pasta, mortero o concreto (NTP 339.047, 2006).

Mediante ensayos se determina la cantidad de aire que puede contener el concreto recién mezclado, excluyendo cualquier cantidad de aire que puedan contener las partículas de los agregados, el control del contenido del aire entrampado es importante, debido a que un incremento relevante del mismo se traduce en una disminución de la resistencia por el aumento de vacíos en el mortero (Valencia, 2013).

Tipo de concreto	Asentamiento	TMN del agregado grueso							
		3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Sin aire incorporado	0" - 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
	3" - 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
	> 5"	243	228	216	202	190	178	160	-
	Contenido de aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Con aire incorporado	0" - 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
	3" - 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
	> 5"	216	205	197	184	174	166	154	-
	Contenido de aire total	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

Figura N° 20: Requerimientos de agua y contenido de aire del concreto.

Fuente:

**Curado** que se define como tiempo de curado al periodo durante el cual el concreto es mantenido en condiciones de humedad y temperatura tales como para lograr a hidratación del cemento en la magnitud que se desea para alcanzar la resistencia deseada (Sánchez y Tapia, 2015).

**Dosificación** es la que establece las proporciones apropiadas de los materiales que componen un concreto a fin de obtener la manejabilidad, resistencia y durabilidad requeridas, o bien para obtener un acabado o una adherencia correcta (Rivva, 2010).

**Probeta** es una muestra de dimensiones previamente definidas, elaborada a partir de acero, hierro forjado, PVC u otro material no absorbente y que no reaccione con el cemento. Antes de usarse los moldes deben ser cubiertos ligeramente con aceite mineral o un agente separador de encofrado no reactivo (Torre, 2010).

**Moldes;** los moldes y las tapas para los especímenes de concreto deberán ser hechos de acero, fierro fundido u otro material no absorbente, no reactivo con el concreto que contiene cemento Portland u otros cementos hidráulicos. Los moldes cumplirán con las dimensiones y tolerancias especificadas en cada norma utilizada. Los moldes mantendrán las dimensiones y forma bajo todas las condiciones de uso. La impermeabilidad de los moldes durante su utilización será juzgada por su capacidad de retener el agua contenida en ellos. Los procedimientos para

ensayos de impermeabilidad se dan en el capítulo sobre Método de ensayo para Elongación, Absorción e Impermeabilidad de la norma ASTM C470/C470M. Un sellante adecuado, como grasa gruesa, plastilina o cera microcristalina, deberá ser utilizado cuando sea necesario prevenir la fuga entre las juntas. Tendrán medios efectivos para sujetar firmemente las placas de base a los moldes. Los moldes reusables deberán estar ligeramente revestidos con aceite mineral o un material desmoldante adecuado no reactivo, antes de su empleo (NTP 339.183, 2013).

**Varillas de compactación;** Podrán emplearse dos tamaños de varilla en función del método de ensayo. Estas serán de acero, de sección circular recta y con el extremo del compactado redondeado a una punta semi-esférica del mismo diámetro que la varilla. Si se prefiere puede redondearse ambos extremos (NTP 339.183, 2013).

Varilla larga: 16 mm (5/8 pulg) de diámetro y aproximadamente 600 mm (24 pulg) de largo.

Varilla corta: 10 mm (3/8 pulg) de diámetro y aproximadamente 300 mm (12 pulg) de largo.

**El Cemento Portland** es el producto que se obtiene por la pulverización del Clinker Portland con la adición de una o más formas de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos siempre que su inclusión no afecte las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionales deben ser pulverizados conjuntamente con el Clinker (Rivera, 2012). Según

la norma ASTM C 150 establece cinco diferentes tipos de cemento, de acuerdo a los usos y necesidades del mercado de la construcción.

Tabla 5: Productos UNACEM.

<b>Productos UNACEM</b>	<b>Características</b>
Cemento Andino – Portland Tipo I	Brinda la más alta resistencia y durabilidad a largo plazo, mejor trabajabilidad y el mejor acabado, constituyendo un cemento Premium de tradición. Es líder del mercado y el más vendido por UNACEM. Cuenta con un respaldo de más de 40 años, lo que la hace la marca más confiable y conocida del mercado, además de brindar la mayor frescura y la mejor disponibilidad. Es el cemento más utilizado por los maestros de obra y auto constructores del país.
Cemento Sol – Portland Tipo I	Cemento hidráulico que contiene puzolana, cuyo principal atributo es la resistencia al salitre. Dirigido a auto constructores y maestros de obra que teniendo la necesidad de construir, buscan un cemento de precio competitivo, que les permita cumplir con su trabajo
Cemento Andino – Portland Tipo IPM	Es un cemento puzolánico, especial para zonas con alto contenido de salitre.
Cemento Andino – Portland Tipo IP	Es un cemento especializado de alta calidad, utilizado principalmente en obras donde se requiere concreto de alta resistencia al ataque de sulfatos.
Cemento Andino Tipo V	Es un cemento puzolánico. Entre sus características están la reducción de la fisuración en el secado y la producción de un concreto más impermeable, que mejora notablemente el almacenamiento de líquidos en los tanques de concreto, canales de irrigación, etc.
Cemento Atlas – Portland Tipo IP	

*Nota:* Adaptado de “Brochure Corporativo”, por Unión Andina de Cementos, Lima, Perú - 2012

**El agua de mezcla** cumple dos funciones muy importantes, permitir la hidratación del cemento y hacer la mezcla manejable. De toda el agua que se emplea en la preparación de un mortero o un concreto, parte hidrata el cemento, el resto no presenta ninguna alteración y con el tiempo se evapora y **el agua de curado** es la cantidad de agua adicional que requiere el

concreto una vez endurecido a fin de que alcance los niveles de resistencia para los cuales fue diseñado (Rivva, E. 2010).

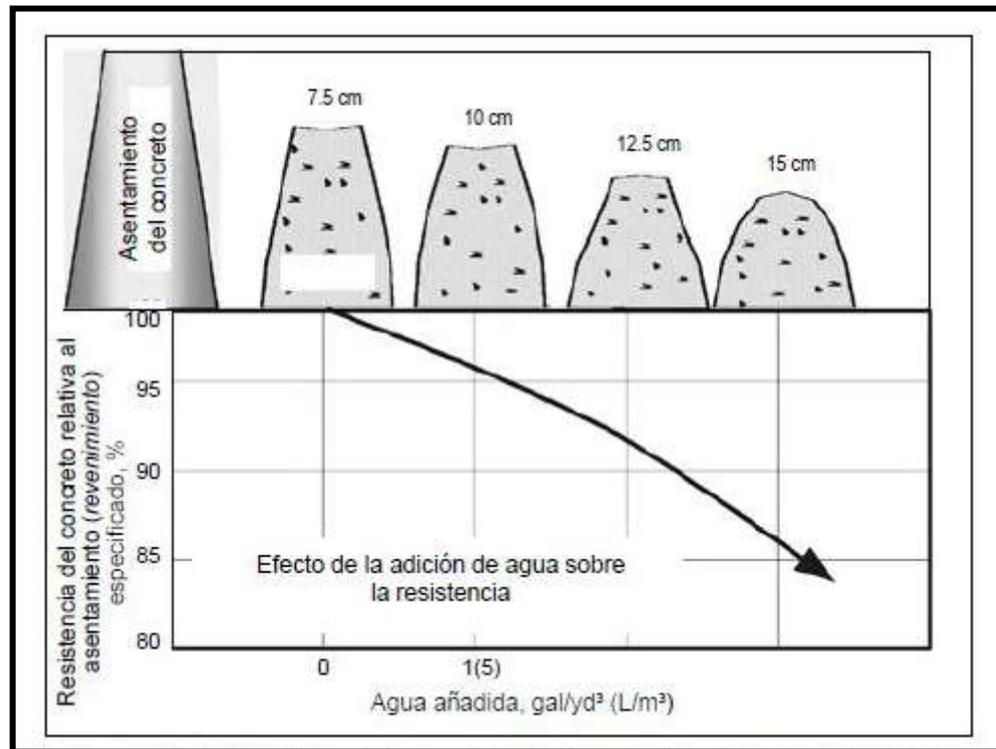


Figura N° 21: Efecto de la adición del agua sobre el asentamiento y la resistencia del concreto.

Fuente: ASTM C94 – 2010.

**Agregados** es el conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011. Constituyen hasta las tres cuartas partes en volumen, de una mezcla típica de concreto; razón por la cual haremos un análisis minucioso y detenido de los agregados utilizados en la zona (Norma Técnica Peruana 400.037). El agregado grueso es aquel cuyo tamaño de partícula es mayor a 4.75mm (malla N° 4), debido a que hay una gran gama de tamaños para los agregados gruesos, cabe recalcar que para la elaboración de concretos de alta resistencia es necesario utilizar solamente un rango de esos valores ya que con ello obtendremos resistencias

adecuadas y el agregado fino es aquel que pasa el tamiz 3/8" (9.51 mm) y es retenido en el número 200 (0.074mm) El contenido del agregado fino normalmente del 35% al 45% por masa o volumen total del agregado (NTP 400.037).

Ramírez, 2016 en su investigación denominada “Estudio de la Utilización de Caucho de Neumáticos en Mezclas Asfálticas en Caliente Mediante proceso Seco” , cuyo objetivo general es, analizar el proceder mecánico de aleaciones asfálticas a las que añadimos caucho granulado fino, Obtuvo como resultados, es evaluar el comportamiento de la integración de caucho de neumáticos en desuso con las aleaciones asfálticas calientes usando la vía seca, es lograr una diferencia de las aleaciones asfálticas con caucho mediante proceso seco, lo que ayudara a integrar normativas para la Dirección de Vialidad, en especial dentro del Manual de Carreteras. Asimismo, concluye que los componentes de caucho obtenidos de los neumáticos desechados, se pueden volver a utilizar de manera segura para la mejora de las propiedades mecánicas fusiones asfálticas usándolo como un agregado 9 (proceso seco) o como un modificador del ligante (proceso húmedo). Al utilizar caucho reciclado se obtienen ganancias ambientales valorizando un desecho toxico (neumáticos) con lo que se logramos solucionar el problema de los neumáticos, reduciendo la contaminación ambiental. Finalmente, recomienda la implantación de plantas recicladoras está retrasada, lo que implica que, económicamente conseguir el caucho sea muy caro, dado que solo se consigue importándolo, se debe instar a los organismos gubernamentales a favorecer dicha implantación apoyando a las

empresas interesadas de todas las formas posibles, incluyendo la instauración de normativa en relación a los proyectos de carreteras que obliguen al uso y empleo del caucho proveniente de neumáticos desechados en la fabricación de mezclas asfálticas, siguiendo la línea de otros países, lo que causará el descenso de los precios finales del caucho reciclado, facilitando su uso en la construcción de carreteras.

**Diseño de mezcla por el método ACI** ha sido desarrollado un procedimiento de diseño de mezclas bastante simple el cual, basándose en tablas que se presentarán en los siguientes pasos de este método, permiten obtener valores de los diferentes materiales que integran la unidad cúbica de concreto (Rivva, 2014).

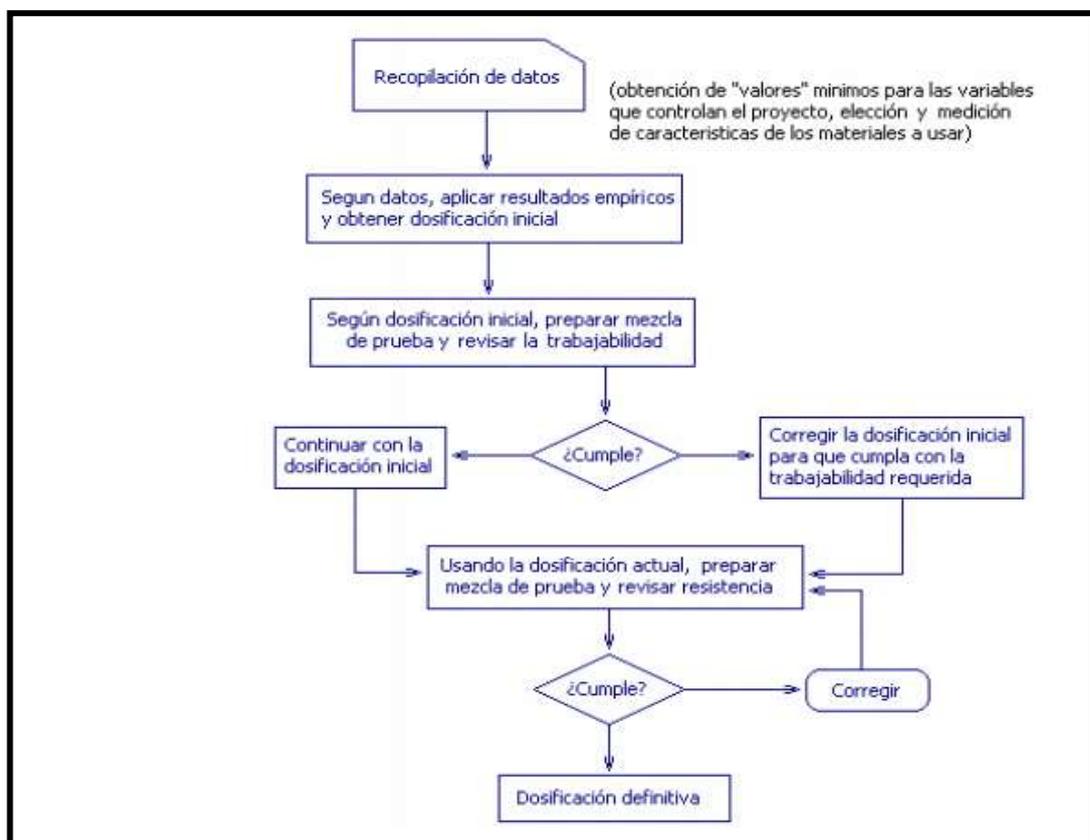


Figura N° 22: Algoritmo para el diseño de mezclas de hormigón por el método ACI 211.11.

Fuente: Dosificación de Mezclas de Hormigón – Giraldo, Orlando (2010).

Independientemente que las características finales del concreto sean indicadas en las especificaciones, las cantidades de materiales por metro cúbico de concreto pueden ser determinadas, cuando se emplea el Método del Comité 211 del ACI siguiendo la secuencia que se indica a continuación:

- Selección de la resistencia promedio a partir de la resistencia a compresión especificada.
- Selección del tamaño máximo nominal del agregado.
- Selección del asentamiento.
- Selección de volumen unitario del agua de diseño.
- Selección del contenido de aire.
- Selección de la relación agua/cemento por resistencia.
- Determinación del Factor cemento.
- Determinación del contenido de agregado grueso.
- Determinación de la suma de los volúmenes absolutos de cemento,

agua de diseño, aire y agregado grueso.

- Determinación del volumen absoluto de agregado fino.
- Determinación del peso seco del agregado fino.
- Determinación de los valores de diseño del cemento, agua, aire, agregado fino y agregado grueso.
- Corrección de los valores de diseño por humedad del agregado.

Tabla 1: Valores de trabajabilidad para diferentes estructuras.

Compactación	Consistencia	Asentamiento (mm)	Fluidez (%)	Tipo de estructura
Vibro compactación	Muy rígida	0-10	10-30	Pavimentos para tránsito pesado, con fuerte vibración. Elementos prefabricados.
Alta vibración	Rígida	20-40	30-50	Pavimentos con máquina terminadora vibratoria. Cimentaciones de hormigón masivo, secciones poco reforzadas y vibradas, muros no reforzados.
Vibración normal	Plástica	50-90	50-70	Muros de contención reforzados, cimentaciones, pavimentos compactados normalmente, losas, vigas y columnas poco reforzadas.
Baja vibración	Fluida	100-150	70-100	Secciones muy reforzadas (vigas, losas, columnas), muros reforzados, hotmigón a colocar en condiciones difíciles.
Sin vibración	Líquida	>150	>100	Hormigón transportado por bombeo, hormigón autonivelante, no se recomienda vibrarlo.

*Nota:* Adaptado de “Dosificación de mezclas de hormigón”, de Giraldo, O., 2010, p. 19, Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

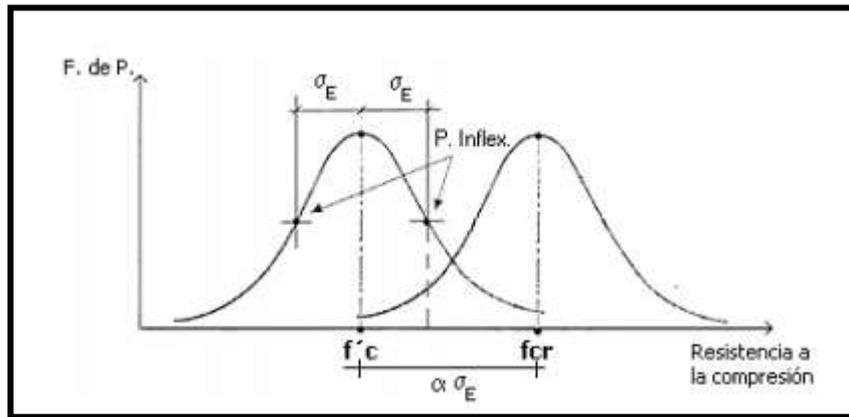


Figura N° 23: Relación entre  $f'c$  y  $f'cr$  en la dosificación del hormigón. Dosificación de Mezclas de Hormigón – Giraldo, Orlando (2010).

Fuente:

## 1.4. Formulación del problema

### 1.4.1. Problema general

- ¿Cómo influye la adición de caucho granulado en 5%, 10% y 15% en la resistencia a compresión y flexión del concreto para la utilización en obras de ingeniería, en Lima 2020?

### 1.4.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la resistencia a compresión del concreto patrón de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con la adición de caucho granulado en porcentajes de 5%, 10% y 15% a edades de 7, 14 y 28 días para la utilización en obras de ingeniería, en Lima 2020?
- ¿Cuál es la resistencia a flexión del concreto patrón de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con la adición de caucho granulado en porcentajes de 5%, 10% y 15% a edades de 7, 14 y 28 días para la utilización en obras de ingeniería, en Lima 2020?
- ¿Cuáles serán los costes de producción del concreto patrón y adicionando caucho granulado para la utilización en obras de ingeniería, en Lima 2020?

## **1.5. Justificación e importancia de la investigación**

### **1.5.1 Justificación científica**

Este trabajo de investigación se justifica porque está en la línea de investigación de diseños de concreto con materiales innovadores, que son la tendencia actual de la innovación tecnológica del concreto en el mundo.

Se logró incrementar la resistencia a la compresión del concreto con adición de caucho granulado, es decir se incrementó esta, sin la utilización de aditivos (concreto patrón, de control), conocimiento que sirve de apoyo para el desarrollo de investigaciones similares ya que no existen antecedentes locales, y en el mercado de Lima existe una gran variedad de posibilidades de proveedores de caucho granulado (Bernal, 2018).

### **1.5.2 Justificación técnica - práctica**

Esta investigación aporta en el conocimiento de la optimización de la propiedad mecánica representativa del concreto, aumentando la resistencia a la compresión a cortas edades, además propicia la intensificación del uso de materiales innovadores, existentes en el mercado del departamento de Lima.

Esta investigación permite a profesionales, instituciones, empresas, investigadores, estudiantes y a la población en general a tomar una decisión adecuada al momento de adquirir concreto, si se requiere optimizar la resistencia a compresión con el uso del caucho granulado. (Bernal, 2018).

Es necesario el estudio de la optimización de la resistencia a compresión del concreto, toda vez que existe en el mercado de Lima; existen diversidad de materiales que pueden agregar propiedades importantes a nuestro concreto.

Pueden ayudar a conseguir este objetivo y no existen investigaciones de este tipo, que incluyan al caucho dentro del diseño de concreto. En razón de ello esta investigación estudió el comportamiento y efecto que producen en la mejora de la resistencia a compresión.

La investigación presentada en este documento de tesis busca incentivar en el Perú y en Lima, la producción industrial y el uso de concretos, elaborados con caucho granulado los cuales otorgan ventajas y cualidades de trabajabilidad y resistencia a compresión de las obras civiles. Y la comercialización de este material es abundante en nuestro país.

### **1.5.3 Justificación institucional y personal**

Mediante esta investigación la Universidad Privada del Norte se proyecta a la comunidad brindando soluciones en el rubro de la construcción, mediante el uso de materiales innovadores para el concreto que mejoren las propiedades de este en su estado fresco y endurecido.

Esta investigación dará continuidad a la investigación que se desarrollará por el alumno proponente a nivel de Post grado de la misma casa universitaria, donde actualmente cursa una maestría de Gerencia de Proyecto y de la Calidad.

### **1.6.Delimitación de la investigación**

La investigación en su fase de campo se realizó en el Laboratorio de Ensayo de Materiales “MatestLab” en el departamento de Lima.

El diseño de mezclas de concreto para la investigación tanto para los grupos de control como para los grupos experimentales se determinó siguiendo el

método ACI para una resistencia a la compresión especificada de 210 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días y cuyos especímenes fueron ensayados a compresión a los 7,14 y 28 días de elaborado, edades consideradas como puntos de control, para verificar el desarrollo progresivo de la resistencia con el tiempo.

Se utilizó caucho granulado de la empresa Líder Grass, y cemento tipo I, de la marca Sol; fueron tomados en cuenta considerando que es una de las marcas de mayor uso en Lima.

La adición de caucho granulado para los grupos experimentales fue de 5.00%, 10.00% y 15.00% del peso del cemento; proporción tomada de acuerdo con las hojas técnicas de estos.

La delimitación del problema es “el recorte” que se hace del tema a investigar, dentro de los límites de espacio, tiempo y temática que caracteriza el objeto del conocimiento. Con frecuencia se acompaña de un marco contextual, que en el caso de la residencia profesional o tesis de grado es la caracterización tecnológica de la empresa. Va seguido de un “diagnóstico” que describe el problema, apoyándose en información objetiva y pertinente, de un pronóstico o identificación de la situación futura al sostenerse la situación actual, y la presentación de alternativas para superar la situación actual (control al pronóstico) (Vargas, 2011).

### **1.7.Limitaciones**

Para la obtención de datos y desarrollo de esta investigación no se presentó limitación alguna.

### **1.8.Objetivos**

### **1.8.1. Objetivo general**

Determinar la influencia de la adición de caucho granulado en la resistencia a compresión y flexión del concreto para la utilización en obras de ingeniería, en Lima 2020.

### **1.8.2. Objetivos específicos**

**O.E.1** Determinar la resistencia a compresión del concreto patrón  $f^c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con la adición de caucho granulado en porcentajes de 5%, 10% y 15% a edades de 7, 14 y 28 días para la utilización en obras de ingeniería, en Lima 2020.

**O.E.2** Determinar la resistencia a la flexión del concreto patrón  $f^c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con la adición de caucho granulado en porcentajes de 5%, 10% y 15% a la edad de 28 días para la utilización en obras de ingeniería, en Lima 2020.

**O.E.3** Evaluar los costos de producción del concreto patrón y adicionando caucho granulado para la utilización en obras de ingeniería, en Lima 2020.

## **1.9. Hipótesis**

### **1.9.1. Hipótesis general**

- La adición de caucho granulado en el concreto patrón de calidad  $f^c= 210$  kg/cm<sup>2</sup> tiene una influencia significativa positiva en su resistencia a compresión y flexión para la utilización en obras de ingeniería, en Lima 2020.

### **1.9.2. Hipótesis Específicas**

- La adición de caucho granulado incrementa potencialmente en la resistencia a la compresión con respecto al concreto patrón a

los 7, 14 y 28 días para la utilización en obras de ingeniería, en Lima 2020.

- La adición de caucho granulado incrementa potencialmente en la resistencia a la flexión con respecto al concreto patrón a los 28 días para la utilización en obras de ingeniería, en Lima 2020.
- El costo del concreto con adición a caucho granulado aumenta en un 6% con respecto al concreto patrón, para la utilización en obras de ingeniería, en Lima 2020.

## **CAPÍTULO II. METODOLOGÍA**

### **2.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación aplicada tiene con fin principal resolver un problema en un periodo de tiempo corto. Dirigida a la aplicación inmediata de acciones concretas para enfrentar el problema. Por tanto, se dirige a la acción inminente y no al desarrollo de la teoría y sus resultados, mediante actividades precisas para enfrentar el problema (Chávez, 2010).

La investigación aplicada se encuentra muy relacionada con la investigación básica, puesto que depende de los resultados y avances de esta última, de modo que toda investigación empírica lo que le interesa al investigador son las consecuencias prácticas, fuente a través de la cual se

observa directamente la realidad (Fernández, 2018).

**2.1.1. Por el propósito:** Investigación aplicada (práctica).

**2.1.2. Según el diseño de investigación:** Es experimental ya que se puede controlar y limitar la cantidad de caucho granulado que se empleará como componente en la composición de las probetas de concreto convencional en la ciudad de Lima.

**2.2. Diseño de investigación:** Experimental.

**2.3. Variables**

**2.3.1. Variables**

**Dependiente:** Resistencia a la compresión y flexión.

La resistencia a la compresión y flexión va a depender directamente de la adición de caucho granulado al diseño de mezcla patrón en los porcentajes establecidos en esta investigación.

El procedimiento de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas en el centro del tramo, el cual consiste en aplicar una carga en el centro de la luz de la viga hasta que ocurra su falla para determinar la resistencia a la flexión; y por ende, el módulo de rotura, de acuerdo al rango de velocidades que se estipula (NTP 339.079, 2012).

El estudio del comportamiento bajo carga axial pura es de suma importancia para poder entender varios aspectos del funcionamiento de las estructuras de concreto reforzado, y porque el valor de la resistencia hallada en laboratorio se utiliza para calcular la resistencia de elementos sujetos a carga axial combinada con otras acciones (Sotil y Zegarra, 2015).

**Independiente:** Adición de caucho granulado.

La adición de caucho granulado es el material que variará y será la causa del incremento de la resistencia a la compresión de las probetas a ensayar.

### 2.3.2. Clasificación de Variables

**Variable dependiente:** Cuantitativa continua.

Es cuantitativa continua porque entre dos valores determinados existen infinitas posibilidades de valores.

**Variable independiente:** Cuantitativa continua.

Es cuantitativa continua porque entre dos valores determinados existen infinitas posibilidades de valores.

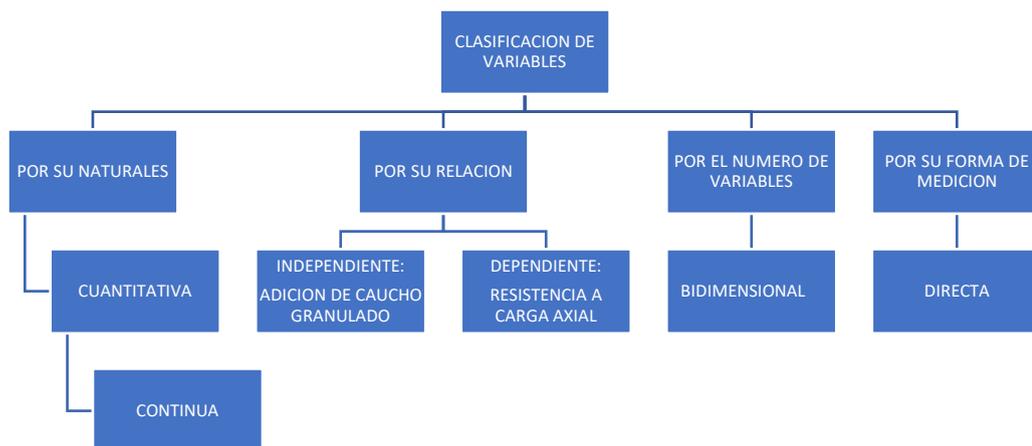


Figura N° 24: Clasificación de variables.

Fuente: Metodología de la Investigación – 2014.

## 2.4. Matriz de consistencia metodológica

Tabla 8: Matriz metodológica.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	ÍNDICE
¿Cómo influye la adición de caucho granulado en la resistencia a compresión y flexión del concreto en Lima 2020?	Determinar la influencia de la adición de caucho granulado en la resistencia a compresión y flexión del concreto en Lima 2020.				
	Determinar la resistencia a compresión del concreto patrón con la adición de caucho granulado en porcentajes de 5%, 10% y 15% en Lima 2020.		V.D. : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN.	RESISTENCIA.	KG/CM2
	Determinar la resistencia a flexión del concreto patrón con la adición de caucho granulado en porcentajes de 5%, 10% y 15% en Lima 2020.	La adición de caucho granulado en el concreto patrón con calidad $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ tiene una influencia significativa positiva en su resistencia a compresión y flexión.			

	V.I. : ADICIÓN GRANULADO.	PESO DEL CAUCHO GRANULADO POR M3.	KG
Evaluar los costes de producción del concreto patrón y adicionando caucho granulado, Lima 2020.			

---

INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO GRANULADO EN 5%, 10% Y 15% EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO PARA LA UTILIZACIÓN EN OBRAS DE INGENIERÍA , LIMA 2020.

## 2.5 Operacionalización / categorización de los componentes de la hipótesis.

Tabla 9: Operacionalización.

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN				
		DEFINICIÓN OPERACIONAL DE LAS VARIABLES		
HIPÓTESIS	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE VARIABLES	INDICADORES	FUENTE O INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN
La adición de caucho granulado en el concreto patrón de calidad $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> tiene una influencia significativa positiva en su resistencia a compresión y flexión.	<b>Variable dependiente</b> Resistencia a la compresión y flexión.	El estudio del comportamiento bajo carga axial y flexión pura es de suma importancia para poder entender varios aspectos del funcionamiento de las estructuras de concreto reforzado, y porque el valor de la resistencia a carga axial y flexión se utiliza para calcular la resistencia de elementos sujetos a carga combinada con otras acciones (Sotil y Zegarra, 2015).	Resistencia (KG/CM <sup>2</sup> ).	Máquina Universal de ensayo a compresión axial de especímenes de concreto.  Procesamiento de datos.
	<b>Variable independiente</b> Adición de caucho granulado.	El caucho reciclado tiene su aplicación en numerosos usos, como pavimentos deportivos, pistas de atletismo y tenis, pavimentos de seguridad, aislamiento acústico y mezclas con derivados del betún para mejorar las condiciones del firme (Donaire, 2010)	Peso del caucho (KG).	Balanza analítica.

## 2.6 Población y muestra (materiales, instrumentos y métodos)

**Unidad de estudio:** Es el concreto en la ciudad de Lima.

**Población:** Es todo el concreto que se puedan trabajar con la adición de caucho granulado en la ciudad de Lima 2020.

**Muestra:** No probabilístico por juicio de experto. Se elaboraron y ensayaron 36 unidades de probetas de concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  para ensayo a compresión y 8 probetas para ensayo a flexión según ATM C78, añadiendo caucho granulado en porcentajes de 5%, 10% y 15%, debido a que en la NTP 339.183; donde especifica que en la elaboración y curado de especímenes de concreto se requiere por lo menos 3 testigos por cada dosificación a los 7, 14 y 28 días de curado. Sin embargo, según la norma ACI 318, se explica que si los ensayos no son efectuados a los 28 días debe indicarse en los planos o especificaciones del diseño.

Tabla 10: Resumen detallado de la población a ensayo a compresión.

Días de ensayo de rotura de Especímenes	7 días	14 días	28 días
Concreto $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$	3	3	3
Concreto $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ con 5% de caucho granulado	3	3	3
Concreto $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ con 10% de caucho granulado	3	3	3
Concreto $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ con 15% de caucho granulado	3	3	3

Ensayos a compresión que se realizarán en total para la verificación de propiedades.

Tabla 11: Resumen detallado de la población para flexión

Días de ensayo de rotura de Especímenes	28 días
Concreto $f'c=210\text{Kg/cm}^2$	2
Concreto $f'c=210\text{ Kg/cm}^2$ con 5% de caucho granulado	2
Concreto $f'c=210\text{Kg/cm}^2$ con 10% de caucho granulado	2
Concreto $f'c=210\text{Kg/cm}^2$ con 15% de caucho granulado	2

Ensayos a flexión que se realizarán en total para la verificación de propiedades.

Tabla 12: Resumen de probetas sin y con los porcentajes de caucho granulado.

DÍAS DE ENSAYO	7, 14 y 28 días
	Concreto convencional con $f'c= 210\text{ kg/cm}^2$ y
<b>ESPECÍMENES</b>	concreto con la adición de 5%, 10% y 15% de caucho granulado.
<b>NUMERO DE ESPECÍMENES</b>	3 Probetas por espécimen
<b>TOTAL</b>	44 probetas

Cuadro de ensayos a compresión y flexión que se realizarán en total para la verificación de propiedades.

#### a. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

**Técnica:** Se utilizó la Observación. Esta técnica es habitual en las investigaciones ya que nos permite ver de manera más detallada lo que está pasando en un determinado espacio y tiempo. Por medio de esta técnica observamos y analizamos las características físico mecánicas del concreto y sus elementos, como también del caucho granulado. Utilizaremos los equipos como la máquina universal para ensayos a compresión. Todo esto para poder realizar los diseños de mezclas usando el método ACI. Usamos cámaras, hojas de apuntes y guías de observación para el desarrollo de esta técnica. Una vez

ya realizado el diseño de la muestra patrón y las muestras con los diferentes porcentajes de caucho granulado, se procede a ensayarlos a los 7, 14 y 28 días de curado realizando la observación directa el monitoreo de los ensayos realizados. Todos estos datos serán validados por el personal capacitado y profesional del Laboratorio MatestLab.




### ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD DEL AGREGADO FINO

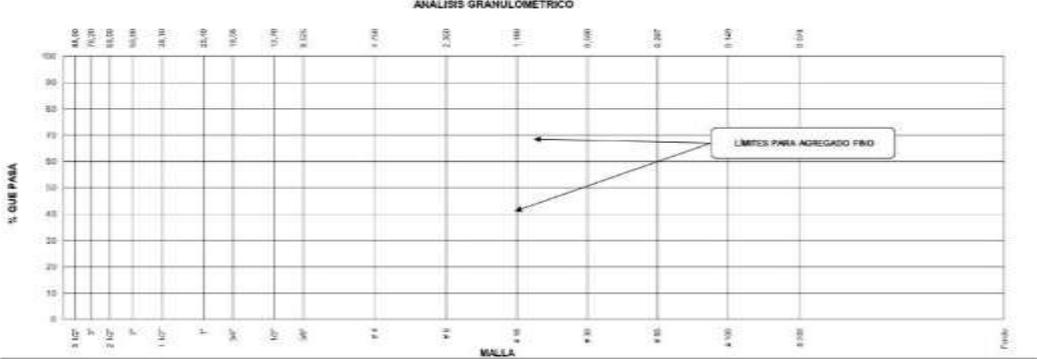
**PROYECTO:** \_\_\_\_\_ **REGISTRO N°:** \_\_\_\_\_  
**SOLICITANTE:** \_\_\_\_\_ **REALIZADO POR:** \_\_\_\_\_  
**CÓDIGO DE PROYECTO:** \_\_\_\_\_ **REVISADO POR:** \_\_\_\_\_  
**UBICACIÓN DE PROYECTO:** \_\_\_\_\_ **FECHA DE VACIADO:** \_\_\_\_\_  
**FECHA DE EMISIÓN:** \_\_\_\_\_ **TURNO:** \_\_\_\_\_

**Código de Muestra:** \_\_\_\_\_  
**Lote:** \_\_\_\_\_  
**N° de Muestra:** \_\_\_\_\_  
**Progresiva:** \_\_\_\_\_

AGREGADO FINO ASTM C33 - ARENA GRUESA						
Diámetro	Peso (kg)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum.	ASTM 3.00 (L*)	ASTM 1.50 (L*)
4"	125.00 mm					
3 1/2"	89.00 mm					
3"	76.20 mm					
2 1/2"	63.50 mm					
2"	50.80 mm					
1 1/2"	38.10 mm					
1"	25.40 mm					
3/4"	19.00 mm					
1/2"	12.50 mm					
3/8"	9.50 mm					
#4	4.75 mm					
#8	2.36 mm					
#16	1.18 mm					
#30	0.60 mm					
#50	0.30 mm					
#100	0.15 mm					
#200	0.075 mm					
Fondo	0.00 mm					

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
P. Espec. de Masa Seca (kg/m³)	
P. Espec. de Masa S&S (kg/m³)	
P. Espec. de Masa Aparente (kg/m³)	
P. Unitario Compuesto (kg/m³)	
P. Unitario Falso (kg/m³)	
Absorción (%)	
Contenido de Humedad (%)	
Módulo de Elasticidad	
% < Malla #200 (0.75 mm)	

#### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



MATESTLAB SAC		
REALIZADO POR:	VERIFICADO POR:	AUTORIZADO POR:
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:

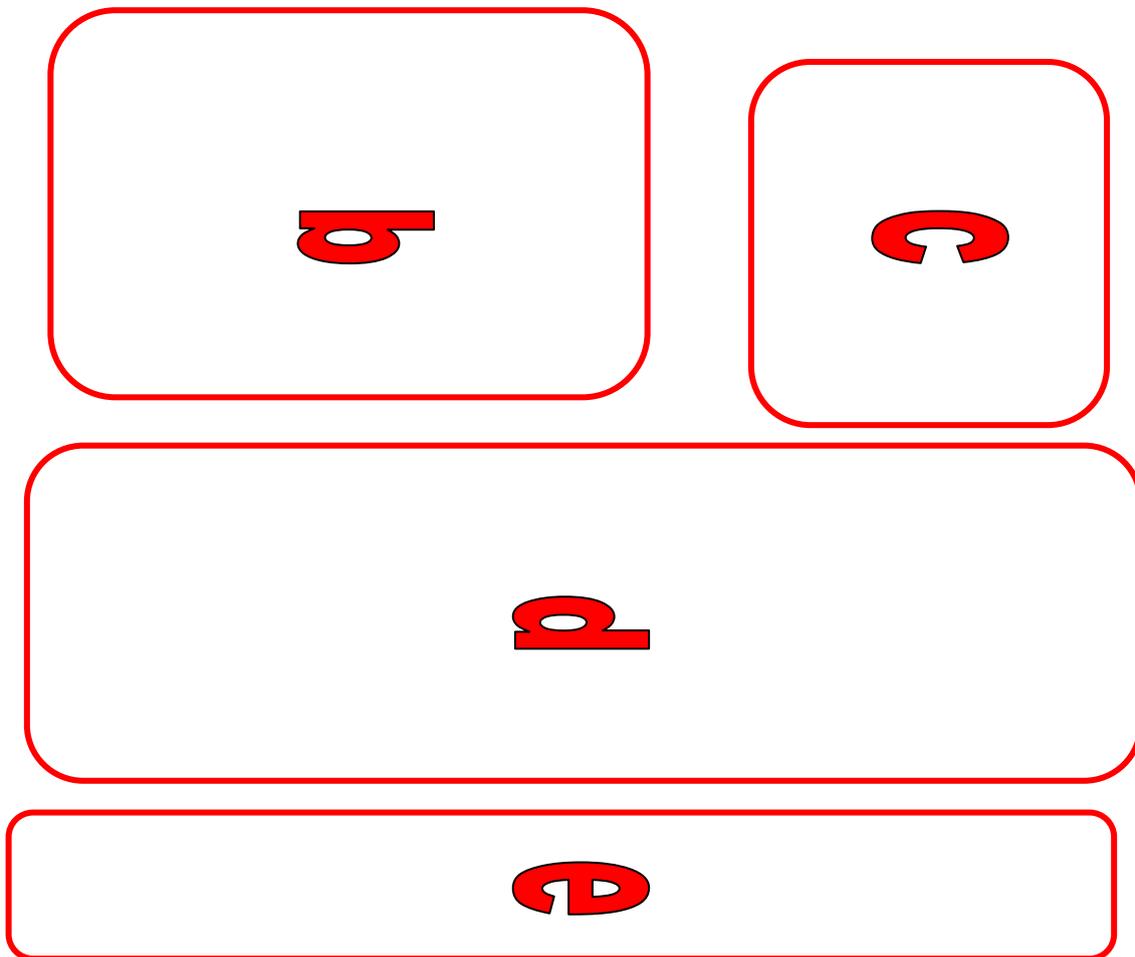


Figura N° 25: Protocolos y/o guía de observación del laboratorio MatestLab

Fuente: Laboratorio de Materiales y Concreto MatestLab

En la sección “a” del protocolo adjuntado , se puede observar los datos generales, como el título de la investigación y/o proyecto, Tesista, código de proyecto, ubicación de proyecto, fecha de emisión del proyecto, Técnico laboratorista, fecha de revisión y ejecución del ensayo, características del material. En la parte “b” se puede encontrar los datos que serán obtenidos de la ejecución de la actividad de tamizados entre sus diferentes diámetros (pesos en kilogramos). En la parte “c” se puede observar los datos obtenidos de cálculos de las propiedades físico – mecánicas de los

agregados (grueso y fino); los cuales, nos servirán para poder realizar el diseño de mezclas. En la parte “d” se puede apreciar la gráfica de la Curva Granulométrica; la cual, se realiza a partir de los tamizajes en las diferentes mallas. En la parte “e” que es la parte final del protocolo, se encuentran las observaciones que se va a tener en la realización del ensayo y la validación mediante rúbrica de los interesados que en este caso son del Técnico Laboratorista, Ingeniero Civil Colegiado y habilitado y la Gerente General del Laboratorio MatestLab. La investigación va a generar nuevo conocimiento sobre el empleo del caucho granulado y sus influencias en las propiedades al adicionarlo en nuestras mezclas de concreto.

**Instrumento:** Será la Guía de observación, como las fichas de observación o también conocidas como protocolos (Anexo 01), donde se tomaron datos y las observaciones necesarias de cada ensayo realizado, la toma de datos fue inmediata en el laboratorio de MatestLab.

**Análisis de datos:** Se utilizó el software SPSS, realizando primero la prueba de normalidad para sacar una prueba paramétrica ANOVA. Posteriormente hallar los resultados respectivos.

Tabla 13: Resumen de técnicas en instrumentos de recolección y análisis de datos.

Variable Dependiente	Recolección de Datos			Análisis de
	Fuente	Técnica	Instrumento	Datos
Resistencia a carga axial	Experimento	Observación	Protocolos	-Gráficas de esfuerzo-deformación
			SPSS	-Comparación de resultados
<b>Compresión del concreto</b>				

Técnicas utilizadas para la recolección de datos en general.

## b. Procedimiento

Para la realización de la siguiente investigación se realizaron procedimientos de recolección de datos, análisis de ellos y finalmente el cálculo y procesamientos de datos. Esto se ve respectivamente en lo siguiente:



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 26: Procesos a realizar para la obtención del concreto convencional y con caucho granulado.



Figura N° 27: Procedimientos de Recolección de Datos.  
Fuente: NTP 400.021 – 2008.

**A. Obtención del material agregado fino y grueso**, la obtención de estos materiales se realizó de manera manual, se extrajo de la cantera San Martín de Porras en Ate – Lima.

El agregado a considerar para la elaboración de los ensayos del concreto patrón y con caucho granulado en las diferentes dosificaciones, se extrajo de la cantera “San Martín de Porras”, posteriormente se realizaron los ensayos del agregado de acuerdo a los protocolos establecidos por el laboratorio de concreto de MatestLab, estos ensayos son descritos en páginas posteriores. El agregado ha sido obtenido en la ciudad de Lima, provincia de Lima, departamento de Lima. Para llegar existe una única vía de acceso que es la vía Monteverde – Ate.



Figura N° 28: Ubicación de la cantera.  
Fuente: Google maps – 2020.

Tabla 14: Vías de acceso.

Provincia	Ruta	Distancia (km)	Tiempo (min)
Lima	Carretera Monteverde - Ate	35	25

Accesos y distancia a la cantera San Martín de Porras.

## B. Obtención del Cemento Sol Tipo I

Es un Cemento Tipo I, para este caso se compró cemento Sol tipo I, obtenido de la molienda conjunta de Clinker y yeso. Cuenta con la fecha y hora de envasado en la bolsa en beneficio de los consumidores, ya que permite una mayor precisión en la trazabilidad.

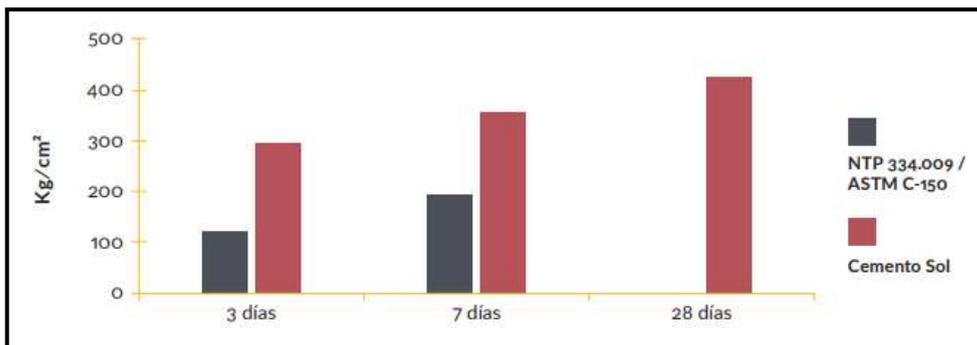


Figura N° 29: Comparación resistencias NTP 334.009 / ASTM C-150 vs. Cemento Sol.

Fuente: UNACEM – 2010.

Parámetro	Unidad	Cemento Sol Tipo I	Requisitos 334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	6.62	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.08	Máximo 0.80
Superficie específica	cm <sup>2</sup> /g	3361	Máximo 2600
Densidad	g/ml	3.12	No Específica
<b>Resistencia a la Compresión</b>			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm <sup>2</sup>	296	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm <sup>2</sup>	357	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm <sup>2</sup>	427	No específica
<b>Tiempo de Fraguado</b>			
Fraguado Vicat inicial	min	127	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	305	Máximo 375
<b>Composición Química</b>			
MgO	%	2.93	Máximo 6.0
SO <sub>3</sub>	%	3.08	Máximo 3.5
Pérdida al fuego	%	2.25	Máximo 3.0
Residuo insoluble	%	0.68	Máximo 1.5
<b>Fases Mineralógicas</b>			
C <sub>2</sub> S	%	13.15	No específica
C <sub>3</sub> S	%	53.60	No específica
C <sub>3</sub> A	%	9.66	No específica
C <sub>4</sub> AF	%	9.34	No específica

Figura N° 30: Propiedades Físicas y Químicas.

Fuente: UNACEM – 2010.

**C. Obtención de caucho granulado**, esto se realizó en la ciudad de Lima, distrito Los Olivos. Nuestro proveedor fue Líder Grass.

**D. Determinación de las propiedades físico-mecánicas de los agregados y ensayos respectivos**, guiándonos de las normas MTC y NTP específicos para cada ensayo, también de las guías de laboratorio que se mostraran en las siguientes descripciones:

- Tratamiento del caucho para que no absorba agua de la mezcla (NTP 400.021).
- Contenido de humedad (MTC 108/ASTM D2216 / NTP 339.127).
- Análisis granulométrico del agregado fino y grueso (N.T.P. 400.012: 2001 / MTC E204 - ASTM C 136-96).
- Peso Específico de Masa, Peso Específico de Masa Saturada

Superficialmente Seca y Absorción (NTP 400.012, ASTM C136)

- Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200 (MTC E202 – ASTM C117 – NTP 400.018).
  - Peso unitario suelto y compacto de los agregados (MTC E 203 – ASTM C29 – NTP 400.017).
  - Gravedad específica y absorción de agregado fino (MTC E 205 / ASTM C128 / NTP 400.022).
  - Peso específico y absorción de agregados gruesos (MTC E206 –ASTM C127 – NTP 400.021)
  - Diseño de mezcla mediante el método ACI.
  - Resistencia a la compresión de testigos cilíndricos (MTC E704 – ASTM C39 – NTP 339.034).
  - ASTM C78 Método normalizado para ensayo a flexión.
- **Tratamiento del caucho para que no absorba agua de la mezcla (NTP 400.021).**

Se procede, según el apartado 8.1 de Procedimientos, a lavar de manera manual con agua el caucho granulado para eliminar el polvillo entre las caras de las partículas de caucho. Inmediatamente se procede a sumergir el agregado en agua a una temperatura ambiente por un periodo de 24 horas  $\pm$  4 horas.

Fotografía N° 5: Saturación de caucho granulado por 24 horas según NTP 400.021.



- **Análisis granulométrico del agregado fino y grueso (N.T.P. 400.012 – ASTM C 136).**

**a.- Granulometría del agregado grueso**

Se determinó que el tamaño máximo nominal del agregado es de 1" y tomando como referencia la figura N°27, nos indicó que el peso aproximado para realizar el ensayo es de 12 kg como mínimo.

<b>Tamaño Máx. de las Partículas (mm)</b>	<b>Peso Aprox. de la Muestra (kg)</b>
9.51 (3/8")	2
12.70 (1/2")	4
19.00 (3/4")	8
25.40 (1")	12
37.50 (1 1/2")	16
50.00 (2")	20
63.00 (2 1/2")	25
75.00 (3")	45
90.00 (3 1/2")	70

Figura N° 27: Peso para muestras de granulometría agregado grueso.  
Fuente: NTP 400 . 012 – 2001.

Se pesó una muestra superior a 12 kg y luego se colocó a la estufa a una temperatura de 110 °C hasta que se consiguió un peso constante. Se colocó la muestra en la malla superior del juego de tamices, dispuestos en forma decreciente, según abertura, se procedió al tamizado en forma manual. Se realizaron diversos movimientos de vaivén durante un minuto por cada tamiz de modo que si no pasaba más se daba por concluido y el material retenido se retiraba para ser pesado.

#### **b.- Granulometría del agregado fino**

Se realizó este ensayo con un peso superior a 500 gramos, luego se colocó a la estufa a una temperatura de 110 °C hasta que se consiguió un peso constante. Colocamos la muestra en la malla superior del juego de tamices, dispuestos en forma decreciente, según abertura, se procedió al tamizado en forma manual. Se realizaron diversos movimientos de vaivén durante un minuto por cada tamiz, de modo que si no pasaba más se daba por concluido y el material retenido se retiraba para ser pesado.

- **Peso específico de masa, peso específico de masa saturada superficialmente seca y absorción (NTP 400.012 – ASTM C 136)**

#### **a.- Agregado fino**

Se colocó aproximadamente 1 kg. de agregado fino, del agregado que se deseó ensayar por el método de cuarteo, en un envase adecuado después de secarlo a peso constante a una temperatura de 100 °C, se cubrió la muestra con agua y se dejó en reposo durante 24 horas. Se extendió sobre una superficie plana expuesta a una corriente suave de aire tibio y se removió

con frecuencia para conseguir un secado uniforme. Esta operación se realizó hasta que los granos no se adhirieron entre sí. Luego se colocó el agregado fino en forma suelta en el molde cónico, se procedió a golpear la superficie suavemente 25 veces con la varilla de metal y se levantó el molde verticalmente y se derrumbó al quitar el molde. Se introdujo en la probeta de un 1000 ml. una muestra del material preparado como se indicó anteriormente. Se llenó de agua hasta alcanzar la marca de 1000 cm<sup>3</sup> a una temperatura de 20°C. Enseguida se llevó a la bomba de vacíos para eliminar las burbujas de aire durante 30 minutos y se determinó el peso total de agua introducida en el frasco. Luego se procedió a sacar el material de la probeta, se secó hasta peso constante a una temperatura de 100 °C luego de enfriarse a temperatura ambiente se procedió a pesarlo. Con los datos obtenidos durante este proceso, se determinó el peso específico de masa, peso específico de masa saturada superficialmente seca y absorción.

#### **b.- Agregado grueso**

Mediante el método de cuarteo, se seleccionó aproximadamente 5 kg del agregado grueso, rechazando todo el material que pase el tamiz N °04. Luego de haber lavado el agregado para eliminar el polvo y otras impurezas superficiales de las partículas, se secó la muestra hasta peso constante a una temperatura de 100 °C y luego se sumergió en agua durante 24 horas. Se sacó la muestra del agua y se hizo rodar sobre un paño grande absorbente, hasta que se hizo desaparecer toda la película de agua visible. Se obtuvo el peso de la muestra bajo la condición de saturación con la superficie seca. Se determinó todos los pesos. Luego de pesar se colocó la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y se determinó su peso en agua; luego se procedió a secar la muestra a peso constante a una temperatura de 100 °C

se dejó enfriar y se pesó. Con los datos obtenidos durante este proceso, se determinó el peso específico de masa, peso específico de masa saturada superficialmente seca y absorción.

- **Peso unitario compactado (NTP 400.017 – ASTM C 39)**

Con el método de ensayo, que se realizó a continuación, se determinó el peso unitario del agregado fino y agregado grueso; por separado. El recipiente se calibró determinando con exactitud el peso del agua requerida para llenarlo. Para la determinación del peso unitario, la muestra estuvo completamente mezclada y seca a temperatura ambiente. Se llenó el recipiente hasta la tercera parte y se niveló la superficie con la mano, se apisonó la muestra con la barra compactadora mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie. Luego se llenó hasta 2/3 partes del recipiente y se compactó nuevamente con 25 golpes como antes. Finalmente se llenó la medida hasta rebosar golpeándola 25 veces con la barra compactadora. Se enrasó el recipiente utilizando la barra como regla y desechando el material sobrante. Para terminar el ensayo se determinó el peso neto del agregado en el recipiente. Finalmente se obtuvo el peso unitario compactado del agregado multiplicando dicho peso por el factor  $f$  (el cual se determina dividiendo  $1000 \text{ kg/m}^3$  entre el peso que llena el agua el recipiente).

- **Peso unitario suelto (NTP 400.017 – ASTM C 39)**

Se llenó el recipiente con una pala hasta rebosar, dejando caer el agregado desde una altura no mayor a 5 cm. por encima del borde superior del recipiente. Se determinó el peso neto del agregado en el recipiente. Finalmente se obtuvo el peso unitario compactado del agregado

multiplicando dicho peso por el factor (f).

- **Diseño de mezcla (ACI 211) – Procedimiento realizado para realizar el Objetivo específico 01.**

Vásquez, 2013, en su tesis titulada: “Obtención del mejor método para elaborar el diseño de mezclas de concreto, al comparar los métodos ACI FULLER, WALKER y Módulo de fineza de la combinación de los agregados, para una resistencia a la compresión  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  (a los 28 días)”, que tuvo como objetivo principal determinar cuál es el mejor método para la elaboración de diseño de mezclas de concreto para una resistencia a la compresión de  $210 \text{ kg/cm}^2$ ; con agregados de la cantera Huayrapongo, llegó a la conclusión de que experimentalmente el promedio de la resistencia última que más se aproxima a la resistencia de diseño de  $210 \text{ kg/cm}^2$ ; fue el método A.C.I.

La American Concrete Institute (ACI) es una autoridad líder y de recursos a nivel mundial para el desarrollo y la distribución de las normas basadas en el consenso, los recursos técnicos, programas educativos, y probada experiencia para los individuos y organizaciones que participan en el diseño de hormigón, construcción y materiales, que comparten un compromiso con la búsqueda de la mejor utilización del hormigón (IMCC, 2018).

a.- Con los datos obtenidos por laboratorio de las propiedades de nuestros materiales (agregados) y las especificaciones técnicas del material ligante que utilizaremos se procede a diseñar la mezcla por el método más convencional regido normativamente; Método ACI 211.

b.- Se procede hallar la resistencia promedio requerida ( $f'_{cr}$ ). Para nuestro caso aplicaremos el siguiente criterio: Cuando no se tiene registro de resistencias de probetas de obras anteriores.

$F'_c$	$F'_{cr}$
Menos de 210	$F'_c + 70$
210 - 350	$F'_c + 84$
>350	$F'_c + 98$

Figura N° 31: Cuadro para resistencia requerida.

Fuente: Civil engineering – 2010.

En nuestro caso, nuestra resistencia a la compresión diseño es de 210 kg/cm<sup>2</sup>, ;la cual, está dentro de la segunda categoría (210-350). Donde nos indica que para hallar la resistencia a la compresión requerida es igual a la resistencia de diseño más 84.

c.- Se procede hallar el contenido de aire de aire atrapado.

Tamaño Máximo Nominal del Agregado grueso.	Aire atrapado
3/8 "	3.0 %
1/2 "	2.5 %
3/4 "	2.0 %
1 "	1.5 %
1 1/2 "	1.0 %
2 "	0.5 %
3 "	0.3 %
4 "	0.2 %

Figura N° 29: Cuadro para resistencia requerida.

Fuente: Civil engineering – 2010.

Para nuestro caso, nuestro tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 3/4", según ensayos. Por tabla nuestro aire atrapado es de 2.0%.

d.- Se procede hallar el contenido de agua. Como datos tenemos nuestro asentamiento para mayor trabajabilidad de 3” a 4” y un tamaño máximo nominal del agregado grueso. Para nuestro caso nos corresponde 205 litros.

**TABLA 01**  
**VOLUMEN UNITARIO DE AGUA**

Agua en l/m<sup>3</sup>, para los tamaños máx. nominales de agregado grueso y consistencia indicada.

Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-----
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-----

tabla confeccionada por el comité 211 del ACI.

Figura N° 32: Volumen unitario de agua.  
Fuente: Civil engineering – 2010.

e.- Se procede hallar la relación agua – cemento. Tenemos como dato nuestra resistencia de la compresión requerida. Por la tabla (Figura N°31) interpolamos los datos de los límites para obtener la relación de

agua

**TABLA 05**  
**RELACION AGUA/CEMENTO POR RESISTENCIA**

F <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	Relación agua/cemento en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	
450	0.38	

tabla confeccionada por el comité 211 del ACI.

cemento real.

Figura N° 33: Relación agua – cemento.

Fuente: Civil engineering – 2010.

f.- El contenido de cemento se halla con la relación de agua – cemento hallada párrafo arriba, y lo convertimos en unidades de bolsas de 42.5 kg.

g.- Se procede a hallar el volumen de agregado grueso mediante tabla (Figura N°32). Con los datos de tamaño máximo nominal del agregado grueso (3/4”) y el modulo de fineza del agregado fino. El valor hallado se multiplica por el peso unitario compactado, hallado en laboratorio.

h.- Ya tenemos los datos de aire incorporado, agua, cemento y agregado grueso. Procedemos hallar el peso del agregado fino. Procedemos a hallar los volúmenes absolutos. Todos los datos hallados hasta el momento, los convertiremos a volúmenes. Por último, realizamos la sumatoria total de volúmenes obtenidos. Recordemos que estamos diseñando para un metro cúbico de concreto, por lo que le restamos la sumatoria y la diferencia será volumen del agregado fino.

<b>TABLA 04</b>				
<b>PESO DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO</b>				
Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino. ( b / b <sub>o</sub> )				
Tamaño máximo nominal del agregado grueso.	2.40	2.60	2.80	3.00
3 / 8 "	0.50	0.48	0.46	0.44
1 / 2 "	0.59	0.57	0.55	0.53
3 / 4 "	0.66	0.64	0.62	0.60
1 "	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1 / 2 "	0.76	0.74	0.72	0.70
2 "	0.78	0.76	0.74	0.72
3 "	0.81	0.79	0.77	0.75
6 "	0.87	0.85	0.83	0.81

Tabla confeccionada por el comité 211 del ACI

Figura N° 34: Peso del agregado grueso por unidad de volumen de concreto.  
Fuente: Civil engineering – 2010.

h.- Procedemos hallar el peso del agregado fino multiplicándolo por su peso específico.

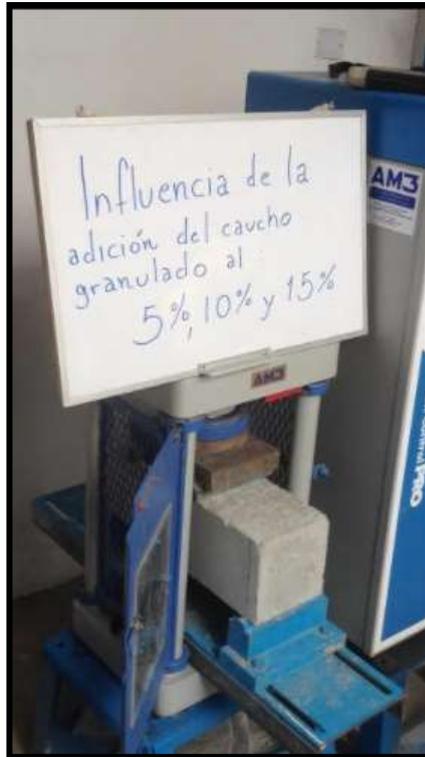
i.- Con todo este procedimiento obtuvimos la presentación del diseño en estado seco.

j.- Por consiguiente, realizamos la corrección por humedad de los agregados, incluyendo el aporte del agua fino y grueso.

k.- Y hallamos el agua efectiva. Ahora que ya tenemos las masas en kilogramos de los áridos y el material ligante, se procede a hallar el peso del caucho granulado al 5%, 10% y 15% con respecto al peso del cemento. Hallando los pesos de todos los materiales procedemos a llevarlo a proporciones de volúmenes en obra.

- **Método de ensayo estándar a los 28 días para Resistencia a la flexión del concreto (ASTM C78)– Procedimiento realizado para realizar el Objetivo específico 02.**

Fotografía N° 6: Ensayo normalizado para flexión ASTM C78.



Este estándar internacional fue desarrollado de conformidad con principios de estandarización reconocidos a nivel internacional y establecidos en la Decisión sobre Principios para el Desarrollo de Estándares, Guías y Recomendaciones Internacionales (Decision on Principles for the Development of International Standards, Guides and Recommendations) publicada por el Comité de Acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio (Technical Barriers to Trade, TBT) de la Organización Mundial del Comercio (ASTM, 2015).

a.- Este método normado tiene como alcance determinar la resistencia a flexión del concreto mediante el uso de una viga simple con carga a los tercios claros.

b.- Los ensayos de flexión de especímenes curados húmedos, deberán ser

hechos tan pronto como sea práctico después de removerlos de su almacenamiento húmedo. Secar la superficie da como resultado una reducción en la medida de la resistencia a flexión.

c.- En especímenes moldeados, gírelo con respecto a su posición como fue moldeado y centrarlo en los bloques de soporte. En especímenes aserrados, la posición será tal que la cara de tensión corresponda al fondo o superficie del espécimen como se cortó del material madre. Centre el sistema de carga en relación a la fuerza aplicada y coloque los bloques de aplicación de carga en contacto con la superficie del espécimen en el tercio medio y aplique una carga entre 3 y 6% de la carga última estimada.

d.- Usando medidores de espesor de 0.004 plg (0.10 mm) y 0.015 plg (0.38 mm), determine si alguna hendidura entre el espécimen y la carga aplicada o los bloques de soporte es mayor o menor que cada uno de los medidores, sobre una longitud de 1 plg (25mm) o más.

e.- Pulir, cabecear o usar empaques de neopreno, en la superficie en contacto con el espécimen para eliminar alguna hendidura en exceso de 0.004 plg (0.10 mm) de ancho.

f.- Cargar el espécimen continuamente y sin golpe. La carga deberá ser aplicada a una razón constante hasta el punto de rotura. Aplique la carga a una razón que incremente continuamente los esfuerzos en la fibra extrema entre 125 y 175 psi/min (0.86 y 1.21MPa/min), hasta que ocurra la fractura.

g.- Si la fractura ocurre en la superficie de tensión por fuera del tercio medio de la longitud entre apoyos, pero a una distancia no mayor que el 5% de luz libre, se calcula el módulo de ruptura de la siguiente forma: multiplicar la fuerza máxima por la luz libre, el producto dividirlo entre

la sección, teniendo en cuenta que la altura estará elevada al cuadrado.

- **Análisis de precios unitarios del concreto convencional y con la adición de caucho granulado para evaluar sus costes – Procedimiento realizado para realizar el Objetivo específico 03.**

La evaluación de costos es una de las etapas más preponderantes en la administración de los proyectos, ya que establece la cuantía a heredar por dicho proyecto. Para conseguir este valor se deben cristalizar los cálculos respectivos para forjar el total de la obra, obteniendo Costos Directos e Indirectos que intervienen en este proceso (Cayo, 2015).

Se analizó los precios unitarios por 1 m<sup>3</sup> de concreto convencional y adicionando caucho granulado, en un cuadro de Excel. Los precios del cemento son de conocimiento común. La cantera San Martín nos donó el agregado grueso y fino, pero para este análisis se tomó los precios de estándares a la fecha. El caucho granulado fue comprado en la empresa Líder Grass. Me brindó un presupuesto y/o proforma la cual adjunto (Figura N° 33).

"AÑO DEL DIALOGO Y RECONCILIACIÓN NACIONAL"



**LÍDER GRASS PERÚ**

www.lidergrassperu.com  
ventas@lidergrassperu.com

VENTA, INSTALACION,  
MANTENIMIENTO DE GRASS  
SINTÉTICO, MALLAS NYLON  
PERIMETRALES

**PRESUPUESTO Nº 3490**

**CAUCHO GRANULADO**

DATOS DEL CLIENTE	
NOMBRE/EMPRESA	MARCO GARCÍA
RUC	
TELEFONO	924 629 227
EMAIL	
CIUDAD	
CANTIDAD	10,00 Kg
FECHA	15/01/2020
ATENCION	ANTONIO GALVEZ
TIPO DE CAMBIO	
UNID. MONETARIA	SOLES



**CAUCHO GRANULADO**

ITEM	PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANT.	P. UNIT. (S/)	P. TOTAL (S/)
1	CAUCHO GRANULADO	granulometría, 1,5 mm a 2,5 mm	Kg	20,00	0,50	10,00
<b>Los precios incluyen IGV</b>					<b>TOTAL</b>	<b>10,00</b>

VÁLIDO POR: 15 DÍAS

ENVIOS A CUALQUIER LUGAR DEL PERÚ

**LÍDER GRASS PERÚ E.I.R.L.**

Cta. Corriente BCP soles

191-2197640-0-82

Código Interbancario:

002-191-002197640082-56



Jr. Jorge Chávez Nº 977 - Dpto. 808 - condominio "UNICO" - BREÑA - LIMA  
992 605 729 - 948 198 133 - 991 002 616

Figura N° 35: Presupuesto Líder Grass de caucho granulado.

Fuente: Líder Grass – 2020.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

En este presente capítulo se muestran los principales resultados a los ensayos realizados en el laboratorio de tecnología del concreto **MATESTLAB SAC** para el agregado grueso, agregado fino, también los resultados del concreto en las edades de 7, 14 y 28 días.

#### 3.1. Resultados de las características físico-mecánicas de los agregados de la cantera SAN MARTIN DE PORRAS SAC.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en los diferentes ensayos para hallar las propiedades de los agregados que utilice en esta investigación.

##### 3.1.1. Caracterización del Agregado Fino

En las siguientes tablas se presenta el resumen de ensayos realizados al agregado fino.

Tabla 15: Caracterización del agregado fino.

<i>Ensayo</i>	<i>Valor</i>	<i>Unidad</i>
<i>% &lt; Malla N° 200</i>	<i>2.37</i>	<i>-</i>
<i>Peso Específico Seco</i>	<i>2560.00</i>	<i>Kg/m<sup>3</sup></i>
<i>Peso Específico (sss)</i>	<i>2610.00</i>	<i>Kg/m<sup>3</sup></i>
<i>Peso Específico Aparente</i>	<i>2705.00</i>	<i>Kg/m<sup>3</sup></i>
<i>Absorción</i>	<i>1.79</i>	<i>%</i>

<b>Peso Unitario Suelto</b>	1555.00	Kg/m <sup>3</sup>
<b>Peso Unitario Compactado</b>	1830.00	Kg/m <sup>3</sup>
<b>Contenido de Humedad</b>	3.30	%
<b>Módulo de Fineza</b>	3.03	-

Característica física – mecánicas del agregado fino.

Se realiza ensayos de: porcentaje que pasa por el huso N° 200 para determinar la cantidad de limos y finos dentro de mi agregado fino, todo esto realizado en el laboratorio de MatestLab apoyándonos directamente de la NTP 400.018. Consecuentemente se procede a los ensayos de laboratorio para poder obtener y hallar el peso específico seco, saturado, aparente, peso unitario suelto y unitario según NTP 400.012 y 400.017, respectivamente. También, se procede a realizar los ensayos contenido de humedad NTP 339.127.

Cabe mencionar que estos ensayos en laboratorio son de suma importancia; ya que de estas mismas depende el éxito de nuestro diseño de mezclas. También, indicar que se está utilizando los mismos agregados y el mismo material ligante para los diseños del *Objetivo 1* y *Objetivo 2*.

**Tabla 16: Análisis Granulométrico del Agregado Fino.**

<b>AGREGADO FINO ASTM C33 - ARENA GRUESA</b>							
<b>Malla</b>		<b>Peso Ret. (gr)</b>	<b>Peso Ret. (%)</b>	<b>Peso Ret. Acum. (%)</b>	<b>% Pasa Acum.</b>	<b>ASTM "LIM SUP"</b>	<b>ASTM "LIM INF"</b>
4"	101.60 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3 1/2"	88.90 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3"	76.20 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2 1/2"	63.50 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2"	50.80 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1 1/2"	38.10 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1"	25.40 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19.05 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1/2"	12.70 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00

3/8"	9.53 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
# 4	4.75 mm	13.6	2.12	2.12	97.88	95.00	100.00
# 8	2.36 mm	98.1	15.29	17.40	82.60	80.00	100.00
# 16	1.18 mm	147.1	22.92	40.32	59.68	50.00	85.00
# 30	0.59 mm	160.0	24.93	65.25	34.75	25.00	60.00
# 50	0.30 mm	108.4	16.89	82.14	17.86	5.00	30.00
# 100	0.15 mm	87.2	13.59	95.73	4.27	0.00	10.00
# 200	0.07 mm	0.0	0.00	95.73	4.27	0.00	5.00
Fondo	0.01 mm	27.4	4.27	100.00	0.00	0.00	0.00

Detalle granulométrico del tamizado del agregado fino.

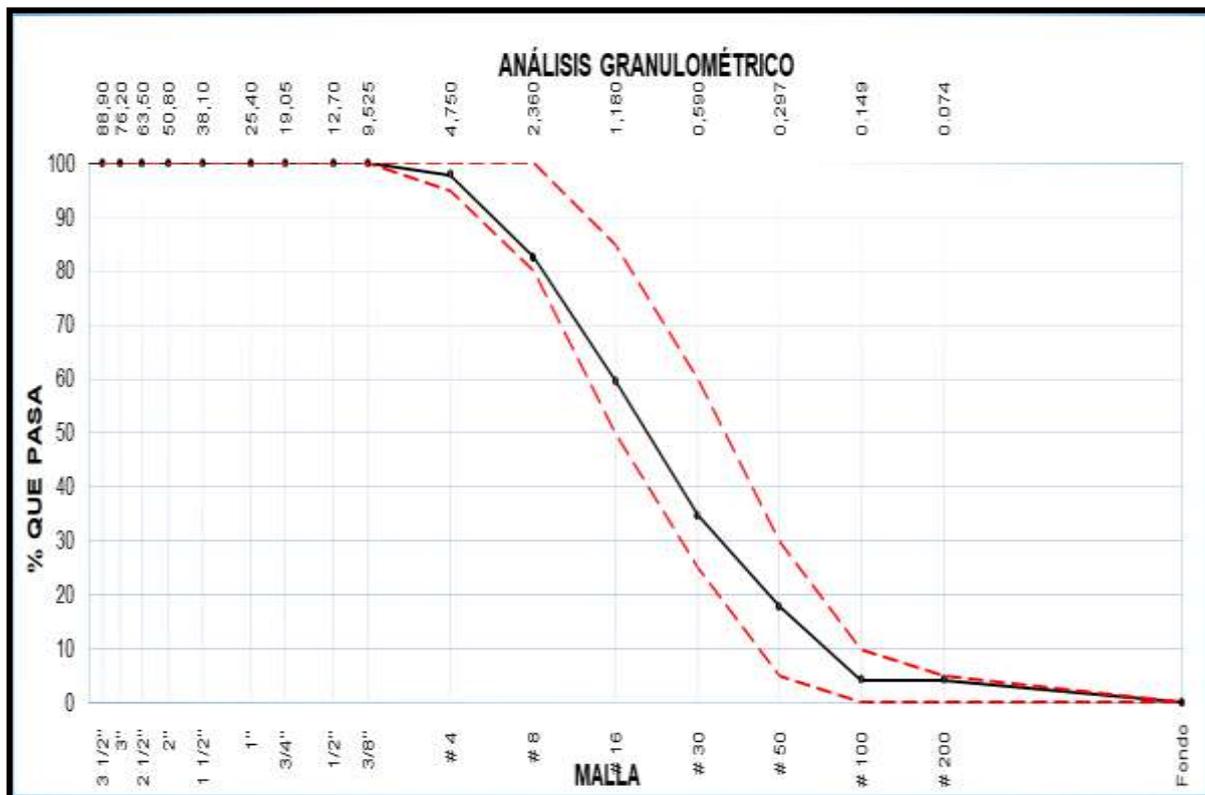


Figura N° 36: Curva Granulométrica del agregado fino.

Fuente: Autor de Tesis.

En la siguiente tabla (tabla N°14) y figura (figura N° 27), se presenta el resumen del análisis granulométrico y la curva granulométrica correspondiente al agregado fino, teniendo como base y referencia a la Norma Técnica Peruana 400.012. El procedimiento de este ensayo se basa particularmente en cernir mediante tamices normados. En el acápite anterior describo detalladamente el

procesamiento y ensayo de la misma.

### 3.1.2. Caracterización del Agregado Grueso

En las siguientes tablas se presenta el resumen de ensayos realizados al agregado fino.

Tabla 17: Caracterización del agregado grueso.

<i>Ensayo</i>	<i>Valor</i>	<i>Unidad</i>
<i>% &lt; Malla N° 200</i>	<i>0.43</i>	<i>-</i>
<i>Peso Específico Seco</i>	<i>2783.30</i>	<i>Kg/m<sup>3</sup></i>
<i>Peso Específico (sss)</i>	<i>2809.40</i>	<i>Kg/m<sup>3</sup></i>
<i>Peso Específico Aparente</i>	<i>2825.50</i>	<i>Kg/m<sup>3</sup></i>
<i>Absorción</i>	<i>0.53</i>	<i>%</i>
<i>Tamaño Máximo</i>	<i>1</i>	<i>“</i>
<i>Tamaño Máximo Nominal</i>	<i>3/4</i>	<i>“</i>
<i>Peso Unitario Suelto</i>	<i>1506.00</i>	<i>Kg/m<sup>3</sup></i>
<i>Peso Unitario Compactado</i>	<i>1670.00</i>	<i>Kg/m<sup>3</sup></i>
<i>Contenido de Humedad</i>	<i>2.10</i>	<i>%</i>
<i>Módulo de Fineza</i>	<i>6.67</i>	<i>-</i>

Característica física – mecánicas del agregado grueso.

Se realiza ensayos de: porcentaje que pasa por el huso N° 200 de mi agregado grueso, todo esto realizado en el laboratorio de MatestLab apoyándonos directamente de la NTP 400.018. Consecuentemente se procede a los ensayos de laboratorio para poder obtener y hallar el peso específico seco, saturado, aparente, peso unitario suelto y unitario según NTP 400.012 y 400.017, respectivamente. También, se procede a realizar los ensayos contenido de humedad NTP 339.127.

Cabe mencionar que estos ensayos en laboratorio son de suma importancia; ya que de estas mismas depende el éxito de nuestro diseño de mezclas. También, indicar que se está utilizando los mismos agregados y el mismo material ligante para los diseños del *Objetivo 1 y Objetivo 2*.

Tabla 18: Análisis Granulométrico del Agregado Grueso.

<b>AGREGADO GRUESO ASTM C33 HUSO # 67</b>							
<b>Malla</b>		<b>Peso Ret.</b>	<b>Peso Ret.</b>	<b>Peso Ret.</b>	<b>% Pasa</b>	<b>ASTM</b>	<b>ASTM</b>
		<b>(gr)</b>	<b>(%)</b>	<b>Acum.</b>	<b>Acum.</b>	<b>"LIM</b>	<b>"LIM</b>
				<b>(%)</b>		<b>SUP"</b>	<b>INF"</b>
4"	101.60 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	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19.05 mm	55.2	1.02	1.02	98.98	90.00	100.00
1/2"	12.70 mm	2173.2	40.33	41.36	58.64	50.00	79.00
3/8"	9.53 mm	1537.3	28.53	69.89	30.11	20.00	55.00
# 4	4.75 mm	1583.2	29.38	99.27	0.73	0.00	10.00
# 8	2.36 mm		0.00	99.27	0.73	0.00	5.00
# 16	1.18 mm		0.00	99.27	0.73	0.00	0.00
# 30	0.59 mm		0.00	99.27	0.73	0.00	0.00
# 50	0.30 mm		0.00	99.27	0.73	0.00	0.00
# 100	0.15 mm		0.00	99.27	0.73	0.00	0.00
# 200	0.07 mm		0.00	99.27	0.73	0.00	0.00
Fondo	0.01 mm	39.1	0.73	100.00	0.00	0.00	0.00

Detalle granulométrico del tamizado del agregado grueso.

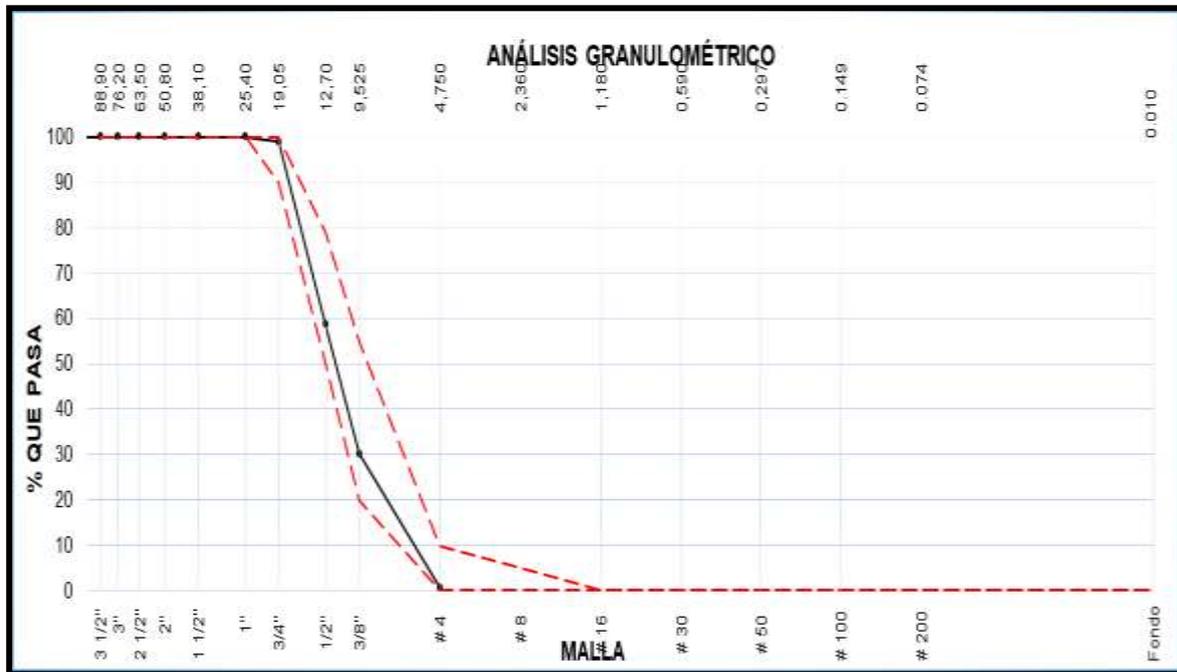


Figura N° 37: Curva Granulométrica del agregado grueso.

Fuente: Autor de Tesis.

En la siguiente tabla (tabla N°16) y figura (figura N° 28), se presenta el resumen del análisis granulométrico y la curva granulométrica correspondiente al agregado grueso, teniendo como base y referencia a la Norma Técnica Peruana 400.012. El procedimiento de este ensayo se basa particularmente en cernir mediante tamices normados. En el acápite anterior describo detalladamente el procesamiento y ensayo de la misma.

### 3.2. Diseño de mezcla según ACI

#### 3.2.1. Datos según tablas de Diseño de Mezclas – Método ACI 211

Tabla 19: Diseño de mezcla - Método ACI.

#### **DATOS POR TABLAS DE ACI 211**

<i>Resistencia a la compresión requerida (kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>294.00</i>
<i>Relación de a/c (adimensional)</i>	<i>0.56</i>
<i>Volumen de Agua (litros)</i>	<i>205.00</i>

<i>Cantidad de Aire Atrapado (%)</i>	<i>0.02</i>
<i>Cantidad de cemento (kg)</i>	<i>366.07</i>
<i>Factor cemento (bolsas)</i>	<i>8.61</i>

---

Datos de tabla para Diseño de mezclas Método ACI

El comité ACI 211 ha desarrollado un procedimiento de diseño de mezclas bastante el simple; el cual, basándose en algunas tablas elaboradas mediante ensayos de los agregados, nos permiten obtener valores de los diferentes materiales que integran la unidad cúbica del concreto.

### 3.2.2 *Volumen de Agregados*

Tabla 20: Diseño de mezcla - Método ACI .

<i>INSUMO</i>	<i>PESO ESPECÍFICO</i>	<i>VOLUMEN ABSOLUTO</i>
<i>Cemento SOL Tipo 1</i>	<i>3150 kg/m<sup>3</sup></i>	<i>0.1162 m<sup>3</sup></i>
<i>Agua</i>	<i>1000 kg/m<sup>3</sup></i>	<i>0.2050 m<sup>3</sup></i>
<i>Aire</i>	<i>---</i>	<i>0.0200 m<sup>3</sup></i>
<i>Agregado grueso</i>	<i>2783 kg/m<sup>3</sup></i>	<i>---</i>
<i>Agregado fino</i>	<i>2560 kg/m<sup>3</sup></i>	<i>---</i>

Pesos y volúmenes de los materiales para la mezcla.

Se procede a hallar el volumen de agregado grueso mediante tabla (Figura N°32). Con los datos de tamaño máximo nominal del agregado grueso (3/4") y el módulo de fineza del agregado fino. El valor hallado se multiplica por el peso unitario compactado, hallado en laboratorio.

Ya tenemos los datos de aire incorporado, agua, cemento y agregado grueso. Procedemos hallar el peso del agregado fino. Procedemos a hallar los volúmenes absolutos. Todos los datos hallados hasta el momento, los convertiremos a volúmenes. Por último, realizamos la sumatoria total de volúmenes obtenidos.(ACI 211, 2010).

Tabla 21: Diseño de mezcla - Método ACI .

<b>TABLA DE VOLÚMENES DE MEZCLA PARA 1 M3</b>	
<i>Volumen de pasta (m3)</i>	<i>0.3412</i>
<i>Volumen de agregados (m3)</i>	<i>0.6588</i>

Volúmenes para 1m<sup>3</sup>.

Recordemos que estamos diseñando para un metro cúbico de concreto, por lo que le restamos la sumatoria y la diferencia será volumen del agregado fino (ACI 211, 2010).

### 3.2.3 Proporción de agregados secos y húmedos

Tabla 22: Diseño de mezcla - Método ACI .

<b>AGREGADOS CON CORRECCION POR HUMEDAD</b>	
<b>Agregado</b>	<b>kg</b>
<i>Agregado grueso</i>	<i>1023</i>
<i>Agregado fino</i>	<i>790</i>

Pesos de los agregados corregidos por humedad.

Por consiguiente, realizamos la corrección por humedad de los agregados, incluyendo el aporte del agua fino y grueso.

Y hallamos el agua efectiva. Ahora que ya tenemos las masas en kilogramos de los áridos y el material ligante, se procede a hallar el peso del caucho granulado al 5%, 10% y 15% con respecto al peso del cemento. Hallando los pesos de todos los materiales procedemos a llevarlo a proporciones de volúmenes en obra.

### 3.2.4 Proporción de volúmenes

Tabla 23: Diseño de mezcla - Método ACI .

<b>VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA PATRON : 0.03 m<sup>3</sup></b>	
<b>MATERIAL</b>	<b>PESO EN KG</b>
<i>Cemento SOL Tipo 1</i>	<i>10.98 kg</i>
<i>Agua</i>	<i>5.33 L</i>

<i>Agregado grueso</i>	<i>30.69 kg</i>
<i>Agregado fino</i>	<i>23.70 kg</i>
<i>Slump Obtenido</i>	<i>3"</i>

Pesos de los materiales para la mezcla patrón.

Se procede a realizar un proporcionamiento para el diseño patrón (Objetivo Específico 01) de materiales según ACI 211, de acuerdo a la tabla N°20 para un volumen de 0.03 m<sup>3</sup>. Esto se por la capacidad de nuestra maquinaria (trompo mezclador de 13 HP).

Tabla 24: Diseño de mezcla - Método ACI .

<b><i>VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA CAUCHO 5% : 0.03 m<sup>3</sup></i></b>	
<b><i>MATERIAL</i></b>	<b><i>PESO EN KG</i></b>
<i>Cemento SOL Tipo 1</i>	<i>10.98 kg</i>
<i>Agua</i>	<i>5.33 L</i>
<i>Agregado grueso</i>	<i>30.69 kg</i>
<i>Agregado fino</i>	<i>23.70 kg</i>
<i>Slump Obtenido</i>	<i>3"</i>
<i>Caucho 5%</i>	<i>0.55 kg</i>

Pesos de los materiales para la mezcla con 5% de caucho granulado.

Se procede a realizar un proporcionamiento para el diseño con 5% de caucho granulado (Objetivo Específico 01) de materiales según ACI 211, de acuerdo a la tabla N°20 para un volumen de 0.03 m<sup>3</sup>. Esto se por la capacidad de nuestra maquinaria (trompo mezclador de 13 HP).

Tabla 25: Diseño de mezcla - Método ACI .

<b><i>VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA CAUCHO 10% : 0.03 m<sup>3</sup></i></b>	
<b><i>MATERIAL</i></b>	<b><i>PESO EN KG</i></b>

<i>Cemento SOL Tipo 1</i>	<i>10.98 kg</i>
<i>Agua</i>	<i>5.33 L</i>
<i>Agregado grueso</i>	<i>30.69 kg</i>
<i>Agregado fino</i>	<i>23.70 kg</i>
<i>Slump Obtenido</i>	<i>3"</i>
<i>Caucho 10%</i>	<i>1.10 kg</i>

Pesos de los materiales para la mezcla con 10% de caucho granulado.

Se procede a realizar un proporcionamiento para el diseño con 10% de caucho granulado (Objetivo Específico 01) de materiales según ACI 211, de acuerdo a la tabla N°20 para un volumen de 0.03 m<sup>3</sup>. Esto se por la capacidad de nuestra maquinaria (trompo mezclador de 13 HP).

Tabla 26: Diseño de mezcla - Método ACI .

<b><i>VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA CAUCHO 15% : 0.03 m<sup>3</sup></i></b>	
<b><i>MATERIAL</i></b>	<b><i>PESO EN KG</i></b>
<i>Cemento SOL Tipo 1</i>	<i>10.98 kg</i>
<i>Agua</i>	<i>5.33 L</i>
<i>Agregado grueso</i>	<i>30.69 kg</i>
<i>Agregado fino</i>	<i>23.70 kg</i>
<i>Slump Obtenido</i>	<i>3"</i>
<i>Caucho 15%</i>	<i>1.65 kg</i>

Pesos de los materiales para la mezcla con 15% de caucho granulado.

Se procede a realizar un proporcionamiento para el diseño con 15% de caucho granulado (Objetivo Específico 01) de materiales según ACI 211, de acuerdo a la tabla N°20 para un volumen de 0.03 m<sup>3</sup>. Esto se por la capacidad de nuestra maquinaria (trompo mezclador de 13 HP).

### 3.3. Resultados para el Objetivo Específico N° 1 - Resistencia a la Compresión

Tabla 27: Ensayo a la compresión axial, y tipo de fallas del concreto endurecido a los 7 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CONCRETO ENDURECIDO ASTM C39 – A LOS 7 DÍAS TIPOS DE FALLAS							
IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDA D	DIÁMETRO	ALTURA	FUERZA MÁXIMA	TIPO DE FALLA
P 01 DISEÑO PATRON f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	4/03/2020	7	10.1	20	13528	4
P 02 DISEÑO PATRON f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	4/03/2020	7	10.1	20	13831	3
P 03 DISEÑO PATRON f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	4/03/2020	7	10.1	20	13951	5
P 01 DISEÑO 5% CAUCHO GRANULADO f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	4/03/2020	7	10.1	20	14105	4
P 02 DISEÑO 5% CAUCHO GRANULADO f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	4/03/2020	7	10.1	20	14231	4
P03 DISEÑO 5% CAUCHO GRANULADO f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	4/03/2020	7	10.1	20	14406	3
P 01 DISEÑO 10% CAUCHO GRANULADO f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	4/03/2020	7	10.1	20	12845	4
P 02 DISEÑO 10% CAUCHO GRANULADO f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	4/03/2020	7	10.1	20	12792	3
P 03 DISEÑO 10% CAUCHO GRANULADO f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	4/03/2020	7	10.1	20	12836	3
P 01 DISEÑO 15% CAUCHO GRANULADO f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	4/03/2020	7	10.1	20	11792	5
P 02 DISEÑO 15% CAUCHO GRANULADO f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	4/03/2020	7	10.1	20	11928	3

P 03 DISEÑO 15% CAUCHO GRANULADO $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	26/02/2020	4/03/2020	7	10.1	20	<b>11964</b>	5
--	------------	-----------	---	------	----	--------------	---

---

Fuerza máxima ejercida al testigo y tipos de fallas a los 7 días.

El ensayo a los 7 días, a compresión axial de los especímenes de diseño de concreto patrón, diseño con 5% de caucho granulado, 10% de caucho granulado y 15% de caucho granulado fue desarrollado en el laboratorio de MatestLab rigiéndonos a la Normativa Técnica Peruana 339.034, utilizando la máquina universal de compresión axial. Por la Normativa Técnica Peruana 339.183, realizamos 3 probetas por especímenes. La fuerza máxima 14406 kgf del espécimen P03 Caucho granulado al 5%. Y el tipo de falla más común es el de tipo 3.

Tabla 28: Resistencia a la compresión según ASTM C39 a los 7 días.

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO ASTM C39 – A LOS 7 DIAS</b>						
<b>IDENTIFICACIÓN</b>	<b>FECHA DE VACIADO</b>	<b>FECHA DE ROTURA</b>	<b>EDAD</b>	<b>RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO</b>	<b>ESFUERZO</b>	<b>% F'c</b>
P 01 DISEÑO PATRON f'c = 210 kg/cm2	26/02/2020	4/03/2020	7 días	1.98	<b>169 kg/cm2</b>	80.4
P 02 DISEÑO PATRON f'c = 210 kg/cm2	26/02/2020	4/03/2020	7 días	1.98	<b>173 kg/cm2</b>	82.2
P 03 DISEÑO PATRON f'c = 210 kg/cm2	26/02/2020	4/03/2020	7 días	1.98	<b>174 kg/cm2</b>	82.9
P 01 DISEÑO 5% CAUCHO GRANULADO f'c = 210 kg/cm2	26/02/2020	4/03/2020	7 días	1.98	<b>176 kg/cm2</b>	83.8
P 02 DISEÑO 5% CAUCHO GRANULADO f'c = 210 kg/cm2	26/02/2020	4/03/2020	7 días	1.98	<b>178 kg/cm2</b>	84.6
P 03 DISEÑO 5% CAUCHO GRANULADO f'c = 210 kg/cm2	26/02/2020	4/03/2020	7 días	1.98	<b>180 kg/cm2</b>	85.6
P 01 DISEÑO 10% CAUCHO GRANULADO f'c = 210 kg/cm2	26/02/2020	4/03/2020	7 días	1.98	<b>160 kg/cm2</b>	76.3
P 02 DISEÑO 10% CAUCHO GRANULADO f'c = 210 kg/cm2	26/02/2020	4/03/2020	7 días	1.98	<b>160 kg/cm2</b>	76.0
P 03 DISEÑO 10% CAUCHO GRANULADO f'c = 210 kg/cm2	26/02/2020	4/03/2020	7 días	1.98	<b>160 kg/cm2</b>	76.3
P 01 DISEÑO 15% CAUCHO GRANULADO f'c = 210 kg/cm2	26/02/2020	4/03/2020	7 días	1.98	<b>147 kg/cm2</b>	70.1
P 02 DISEÑO 15% CAUCHO GRANULADO f'c = 210 kg/cm2	26/02/2020	4/03/2020	7 días	1.98	<b>149 kg/cm2</b>	70.9
P 03 DISEÑO 15% CAUCHO GRANULADO f'c = 210 kg/cm2	26/02/2020	4/03/2020	7 días	1.98	<b>149 kg/cm2</b>	71.1

Esfuerzos en los testigos ensayados del diseño patrón, caucho 5%, caucho 10% y caucho al 15% a los 7 días.

El ensayo a los 7 días, a compresión axial de los especímenes de diseño de concreto patrón, diseño con 5% de caucho granulado, 10% de caucho granulado y 15% de caucho granulado fue desarrollado en el laboratorio de MatestLab rigiéndonos a la Normativa Técnica Peruana

339.034, utilizando la máquina universal de compresión axial. Por la Normativa Técnica Peruana 339.183, realizamos 3 probetas por especímenes. La resistencia máxima fue de 180 kg/cm<sup>2</sup> del espécimen P03 Caucho granulado al 5%. Y el tipo de falla más común es el de tipo 3.

Tabla 29: Ensayo a la compresión axial, y tipo de fallas del concreto endurecido a los 14 días.

<b>ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CONCRETO ENDURECIDO ASTM C39 – A LOS 14 DÍAS TIPOS DE FALLAS</b>							
IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIAD O	FECHA DE ROTUR A	EDA D	DIÁMETR O	ALTUR A	FUERZ A MÁXIM A	TIPO DE FALLA
P 04 DISEÑO PATRON f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	11/03/2020	14	10.1	20	<b>15207</b>	3
P 05 DISEÑO PATRON f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	11/03/2020	14	10.1	20	<b>15345</b>	3
P 06 DISEÑO PATRON f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	11/03/2020	14	10.1	20	<b>15407</b>	4
P 04 DISEÑO 5% CAUCHO GRANULADO f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	11/03/2020	14	10.1	20	<b>15923</b>	4
P 05 DISEÑO 5% CAUCHO GRANULADO f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	11/03/2020	14	10.1	20	<b>15728</b>	4
P 06 DISEÑO 5% CAUCHO GRANULADO f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	11/03/2020	14	10.1	20	<b>15934</b>	4
P 04 DISEÑO 10% CAUCHO GRANULADO f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	11/03/2020	14	10.1	20	<b>14297</b>	4
P 05 DISEÑO 10% CAUCHO GRANULADO f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	11/03/2020	14	10.1	20	<b>14806</b>	3
P 06 DISEÑO 10% CAUCHO GRANULADO f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	11/03/2020	14	10.1	20	<b>14907</b>	3
P 04 DISEÑO 15% CAUCHO GRANULADO f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	11/03/2020	14	10.1	20	<b>13987</b>	4
P 05 DISEÑO 15% CAUCHO GRANULADO f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	11/03/2020	14	10.1	20	<b>13937</b>	3
P 06 DISEÑO 15% CAUCHO GRANULADO f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	11/03/2020	14	10.1	20	<b>13857</b>	5

Fuerza máxima ejercida al testigo y tipos de fallas a los 14 días.

El ensayo a los 14 días, a compresión axial de los especímenes de diseño de concreto patrón, diseño con 5% de caucho granulado, 10% de caucho granulado y 15% de caucho granulado fue desarrollado en el laboratorio de MatestLab rigiéndonos a la Normativa Técnica Peruana 339.034, utilizando la máquina universal de compresión axial. Por la Normativa Técnica Peruana 339.183, realizamos 3 probetas por especímenes. La fuerza máxima 15934 kgf del espécimen P03 Caucho granulado al 5%. Y el tipo de falla más común es el de tipo 4.

Tabla 30: Ensayo a la compresión axial, y tipo de fallas del concreto endurecido a los 14 días.

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO ASTM C39 – A LOS 14 DÍAS</b>						
<b>IDENTIFICACIÓN</b>	<b>FECHA DE VACIADO</b>	<b>FECHA DE ROTURA</b>	<b>EDAD</b>	<b>RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO</b>	<b>ESFUERZO</b>	<b>% F'c</b>
P 04 DISEÑO PATRON f'c = 210 kg/cm2	26/02/2020	11/03/2020	14 días	1.98	<b>190 kg/cm2</b>	90.4
P 05 DISEÑO PATRON f'c = 210 kg/cm2	26/02/2020	11/03/2020	14 días	1.98	<b>192 kg/cm2</b>	91.2
P 06 DISEÑO PATRON f'c = 210 kg/cm2	26/02/2020	11/03/2020	14 días	1.98	<b>192 kg/cm2</b>	91.6
P 04 DISEÑO 5% CAUCHO GRANULADO f'c = 210 kg/cm2	26/02/2020	11/03/2020	14 días	1.98	<b>199 kg/cm2</b>	94.6
P 05 DISEÑO 5% CAUCHO GRANULADO f'c = 210 kg/cm2	26/02/2020	11/03/2020	14 días	1.98	<b>196 kg/cm2</b>	93.5
P 06 DISEÑO 5% CAUCHO GRANULADO f'c = 210 kg/cm2	26/02/2020	11/03/2020	14 días	1.98	<b>199 kg/cm2</b>	94.7
P 04 DISEÑO 10% CAUCHO GRANULADO f'c = 210 kg/cm2	26/02/2020	11/03/2020	14 días	1.98	<b>178 kg/cm2</b>	85.0

P 05 DISEÑO 10% CAUCHO GRANULADO $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	26/02/2020	11/03/2020	14 días	1.98	<b>185 kg/cm<sup>2</sup></b>	88.0
P 06 DISEÑO 10% CAUCHO GRANULADO $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	26/02/2020	11/03/2020	14 días	1.98	<b>186 kg/cm<sup>2</sup></b>	88.6
P 04 DISEÑO 15% CAUCHO GRANULADO $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	26/02/2020	11/03/2020	14 días	1.98	<b>175 kg/cm<sup>2</sup></b>	83.1
P 05 DISEÑO 15% CAUCHO GRANULADO $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	26/02/2020	11/03/2020	14 días	1.98	<b>174 kg/cm<sup>2</sup></b>	82.8
P 06 DISEÑO 15% CAUCHO GRANULADO $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	26/02/2020	11/03/2020	14 días	1.98	<b>173 kg/cm<sup>2</sup></b>	82.4

Esfuerzos en los testigos ensayados del diseño patrón, caucho 5%, caucho 10% y caucho al 15% a los 14 días.

El ensayo a los 14 días, a compresión axial de los especímenes de diseño de concreto patrón, diseño con 5% de caucho granulado, 10% de caucho granulado y 15% de caucho granulado fue desarrollado en el laboratorio de MatestLab rigiéndonos a la Normativa Técnica Peruana 339.034, utilizando la máquina universal de compresión axial. Por la Normativa Técnica Peruana 339.183, realizamos 3 probetas por especímenes. La resistencia máxima fue de 199 kg/cm<sup>2</sup> del espécimen P03 Caucho granulado al 5%. Y el tipo de falla más común es el de tipo 3.

Tabla 31: Ensayo a la compresión axial, y tipo de fallas del concreto endurecido a los 28 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CONCRETO ENDURECIDO ASTM C39 – A LOS 28 DIAS TIPOS DE FALLAS							
IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDA D	DIÁMETRO	ALTURA	FUERZA MÁXIMA	TIPO DE FALLA
P 07 DISEÑO PATRON $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	26/02/2020	25/03/2020	28	10.1	20	<b>19207</b>	3
P 08 DISEÑO PATRON $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	26/02/2020	25/03/2020	28	10.1	20	<b>19405</b>	4
P 09 DISEÑO PATRON $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	26/02/2020	25/03/2020	28	10.1	20	<b>19108</b>	4

P 07 DISEÑO 5% CAUCHO GRANULADO f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	25/03/2020 0	28	10.1	20	<b>18945</b>	4
P 08 DISEÑO 5% CAUCHO GRANULADO f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	25/03/2020 0	28	10.1	20	<b>18729</b>	3
P 09 DISEÑO 5% CAUCHO GRANULADO f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	25/03/2020 0	28	10.1	20	<b>18924</b>	4
P07 DISEÑO 10% CAUCHO GRANULADO f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	25/03/2020 0	28	10.1	20	<b>16102</b>	4
P 08 DISEÑO 10% CAUCHO GRANULADO f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	25/03/2020 0	28	10.1	20	<b>16058</b>	3
P 09 DISEÑO 10% CAUCHO GRANULADO f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	25/03/2020 0	28	10.1	20	<b>16097</b>	4
P 07 DISEÑO 15% CAUCHO GRANULADO f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	25/03/2020 0	28	10.1	20	<b>15987</b>	4
P 08 DISEÑO 15% CAUCHO GRANULADO f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	25/03/2020 0	28	10.1	20	<b>15739</b>	3
P 09 DISEÑO 15% CAUCHO GRANULADO f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	25/03/2020 0	28	10.1	20	<b>15834</b>	4

Fuerza máxima ejercida al testigo y tipos de fallas a los 28 días.

El ensayo a los 28 días, a compresión axial de los especímenes de diseño de concreto patrón, diseño con 5% de caucho granulado, 10% de caucho granulado y 15% de caucho granulado fue desarrollado en el laboratorio de MatestLab rigiéndonos a la Normativa Técnica Peruana 339.034, utilizando la máquina universal de compresión axial. Por la Normativa Técnica Peruana 339.183, realizamos 3 probetas por especímenes. La fuerza máxima 19405 kgf del espécimen P08 .Y el tipo de falla más común es el de tipo 4.

Tabla 32: Resistencia a la compresión según ASTM C39 a los 28 días.

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO ASTM C39 – A LOS 28 DIAS</b>							Ensayo a la
<b>IDENTIFICACIÓN</b>	<b>FECHA DE VACIADO</b>	<b>FECHA DE ROTURA</b>	<b>EDAD</b>	<b>RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO</b>	<b>ESFUERZO</b>	<b>% F'c</b>	
P 07 DISEÑO PATRON f'c = 210 kg/cm2	26/02/2020	25/03/2020	28 días	1.98	<b>240 kg/cm2</b>	114.2	
P 08 DISEÑO PATRON f'c = 210 kg/cm2	26/02/2020	25/03/2020	28 días	1.98	<b>242 kg/cm2</b>	115.3	
P 09 DISEÑO PATRON f'c = 210 kg/cm2	26/02/2020	25/03/2020	28 días	1.98	<b>238 kg/cm2</b>	113.6	
P 07 DISEÑO 5% CAUCHO GRANULADO f'c = 210 kg/cm2	26/02/2020	25/03/2020	28 días	1.98	<b>236 kg/cm2</b>	112.6	
P 08 DISEÑO 5% CAUCHO GRANULADO f'c = 210 kg/cm2	26/02/2020	25/03/2020	28 días	1.98	<b>234 kg/cm2</b>	111.3	
P 09 DISEÑO 5% CAUCHO GRANULADO f'c = 210 kg/cm2	26/02/2020	25/03/2020	28 días	1.98	<b>236 kg/cm2</b>	112.5	
P 07 DISEÑO 10% CAUCHO GRANULADO f'c = 210 kg/cm2	26/02/2020	25/03/2020	28 días	1.98	<b>201 kg/cm2</b>	95.7	
P 08 DISEÑO 10% CAUCHO GRANULADO f'c = 210 kg/cm2	26/02/2020	25/03/2020	28 días	1.98	<b>200 kg/cm2</b>	95.4	
P 09 DISEÑO 10% CAUCHO GRANULADO f'c = 210 kg/cm2	26/02/2020	25/03/2020	28 días	1.98	<b>201 kg/cm2</b>	95.7	
P 07 DISEÑO 15% CAUCHO GRANULADO f'c = 210 kg/cm2	26/02/2020	25/03/2020	28 días	1.98	<b>200 kg/cm2</b>	95.0	
P 08 DISEÑO 15% CAUCHO GRANULADO f'c = 210 kg/cm2	26/02/2020	25/03/2020	28 días	1.98	<b>196 kg/cm2</b>	93.5	
P 09 DISEÑO 15% CAUCHO GRANULADO f'c = 210 kg/cm2	26/02/2020	25/03/2020	28 días	1.98	<b>198 kg/cm2</b>	94.1	

Resistencia a la flexión del concreto endurecido a los 28 días.

El ensayo a los 28 días, a compresión axial de los especímenes de diseño de concreto patrón, diseño con 5% de caucho granulado, 10% de caucho granulado y 15% de caucho

granulado fue desarrollado en el laboratorio de MatestLab rigiéndonos a la Normativa Técnica Peruana 339.034, utilizando la máquina universal de compresión axial. Por la Normativa Técnica Peruana 339.183, realizamos 3 probetas por especímenes. La fuerza máxima 242 kg/cm<sup>2</sup> del espécimen P08 .Y el tipo de falla más común es el de tipo 4.

## Resultados para el Objetivo Específico N° 2 - Resistencia a la flexión

Tabla 33: Esfuerzos en los testigos ensayados del diseño patrón, caucho 5%, caucho 10% y caucho al 15% a los 28 días.

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78						
IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
Concreto Patrón	26/02/2020	25/03/2020	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	25 kg/cm <sup>2</sup>
Concreto Patrón	26/02/2020	25/03/2020	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	25 kg/cm <sup>2</sup>
Concreto 5 % Caucho Granulado	26/02/2020	25/03/2020	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	26 kg/cm <sup>2</sup>
Concreto 5 % Caucho Granulado	26/02/2020	25/03/2020	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	26 kg/cm <sup>2</sup>
Concreto 10 % Caucho Granulado	26/02/2020	25/03/2020	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	26 kg/cm <sup>2</sup>
Concreto 10 % Caucho Granulado	26/02/2020	25/03/2020	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	26 kg/cm <sup>2</sup>
Concreto 15 % Caucho Granulado	26/02/2020	25/03/2020	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	24 kg/cm <sup>2</sup>
Concreto 15 % Caucho Granulado	26/02/2020	25/03/2020	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	23 kg/cm <sup>2</sup>

Ensayo a la flexión de los diseños patrón, 5% de caucho granulado, 10% de caucho granulado y 15% de caucho granulado.

El ensayo a los 28 días, a flexión de los especímenes de diseño de concreto patrón, diseño con 5% de caucho granulado, 10% de caucho granulado y 15% de caucho granulado fue desarrollado en el laboratorio de MatestLab rigiéndonos a la Normativa ASTM C78. De acuerdo esta norma, nos indica realizar 2 probetas por especímenes. El módulo de rotura mayor es de 26 kg/cm<sup>2</sup> del espécimen de concreto con caucho con 5%

y 10% .

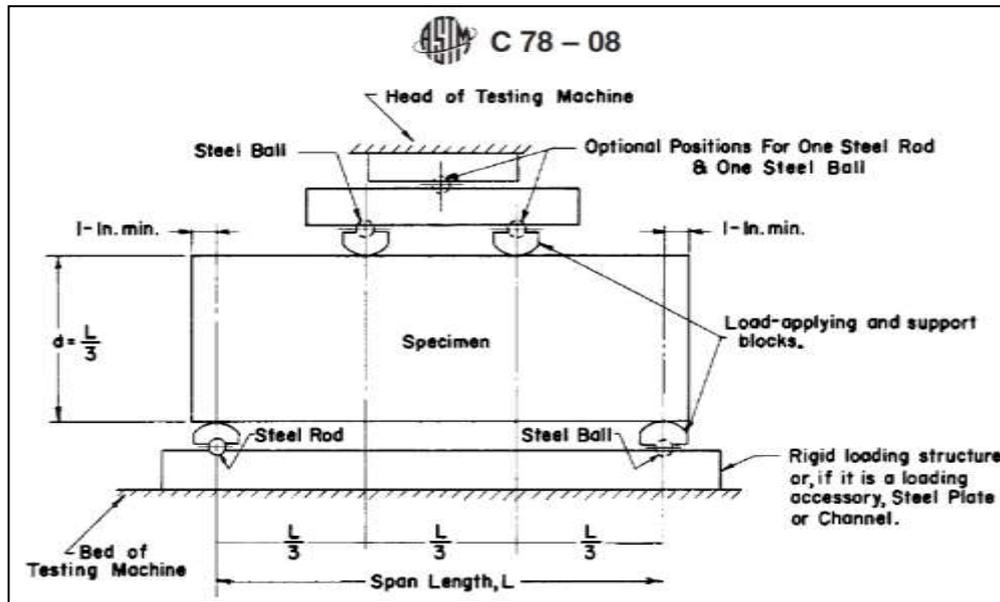


Figura N° 38: Método de ensayo ASTM C78.

Fuente: ASTM C78 – 2009.

### Resultados para el Objetivo Específico N° 3 – Análisis de precios unitarios para evaluar costes del concreto convencional y añadiendo caucho.

El análisis de precios unitarios elaborado en el software Microsoft Excel, nos arroja que el añadir caucho granulado a la mezcla, incrementa el coste en un rango de 2% a un 5%. Siendo valores despreciables y no impactantes. El coste del caucho granulado es de 0.50 nuevos soles el kilogramo.

Tabla 34: Variación costos en porcentajes con respecto al concreto patrón.

Análisis de Comparativo de Precios Unitarios por metro cúbico					
Descripción	Und	Cantidad	P.P.		Variación
Patrón	m3	1.00	S/	518.99	0%
5%	m3	1.00	S/	528.16	2%
10%	m3	1.00	S/	537.33	4%
15%	m3	1.00	S/	546.49	5%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35: Análisis de precios unitarios del concreto convencional y añadiendo caucho granulado.

Análisis de Precios Unitarios por metro cúbico	
Bach. García Vásquez Marco Antonio	Pág. 138

	Descripción	Und	Cantidad	P.U.	P.P.	Total
Diseño patrón	Cemento	kg	366	S/	0.52	S/ 190.32
	Agregado grueso	kg	1023	S/	0.19	S/ 194.37
	Agregado fino	kg	790	S/	0.17	S/ 134.30
Concreto c/n 5%	Cemento	kg	366	S/	0.52	S/ 190.32
	Agregado grueso	kg	1023	S/	0.19	S/ 194.37
	Agregado fino	kg	790	S/	0.17	S/ 134.30
	Caucho granulado 5%	kg	18.33	S/	0.50	S/ 9.17
Concreto c/n 10%	Cemento	kg	366	S/	0.52	S/ 190.32
	Agregado grueso	kg	1023	S/	0.19	S/ 194.37
	Agregado fino	kg	790	S/	0.17	S/ 134.30
	Caucho granulado 10%	kg	36.67	S/	0.50	S/ 18.34
Concreto c/n 15%	Cemento	kg	366	S/	0.52	S/ 190.32
	Agregado grueso	kg	1023	S/	0.19	S/ 194.37
	Agregado fino	kg	790	S/	0.17	S/ 134.30
	Caucho granulado 15%	kg	55	S/	0.50	S/ 27.50

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4. Análisis Estadísticos de resultados

Con el propósito de determinar cuál diseño evaluado resulta mejor para la resistencia del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  se evaluó los datos sobre el esfuerzo en  $\text{kg/cm}^2$  en el día 7, en el día 14, y en el día 28, después de la fecha de vaciado. Con respecto a esos días se midió en primer lugar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. Según esta prueba verificaremos si existe distribución normal en las cantidades de  $\text{kg/cm}^2$  analizados y entonces se utiliza la prueba de Anova; pero si al menos uno de los diseños presenta cantidades de  $\text{kg/cm}^2$  no normales entonces se utiliza la prueba de Kruskal-Wallis. Luego de ello se realizó la prueba Post-Hoc.

#### 3.4.1 Análisis de los diseños a los 7 días

### 3.4.1.1 Prueba de normalidad

#### Hipótesis

H1. No existe normalidad en las cantidades de kg/cm<sup>2</sup> del diseño analizado.

H0. Existe normalidad en las cantidades de kg/cm<sup>2</sup> del diseño analizado.

#### Nivel de significancia

0,05

#### Regla para decidir

Si Sig. <0,05 se rechaza H0

Si Sig. >0,05 no se rechaza H0

#### Estadístico

Tabla 36: Pruebas de normalidad de los diseños a los 7 días.

DISEÑO	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Patrón	0,893	3	0,363
ESFUERZO 5% de Caucho Granulado	1,000	3	1,000
(kg/cm <sup>2</sup> ) 10% de Caucho Granulado	1,000	3	1,000
15% de Caucho Granulado	0,750	3	0,000

Verificación de normalidad entre los tratamientos a los 7 días.

#### Decisión

La significancia indicó que existe normalidad en las cantidades de kg/cm<sup>2</sup> de cada diseño analizado, excepto el diseño con 15% de caucho granulado de manera que se utiliza la prueba de Kruskal-Wallis para evaluar si existe variación significativa entre los diseños empleados en cuanto al esfuerzo a los 7 días de medición.

### 3.4.1.2 Prueba de Kruskal-Wallis

#### Hipótesis

H1. Existe variación significativa entre los diseños empleados en cuanto al esfuerzo a los 7 días de medición.

H0. No existe variación significativa entre los diseños empleados en cuanto al esfuerzo a los 7 días de medición.

**Nivel de significancia**

0,05

**Regla para decidir**

Si Sig. <0,05 se rechaza H0

Si Sig. >0,05 no se rechaza H0

**Estadístico**

Tabla 37: Prueba de Kruskal-Wallis de los diseños a los 7 días.

	<b>ESFUERZO (kg/(cm<sup>2</sup>))</b>
H de Kruskal-Wallis	10,569
gl	3
Sig. asintótica	0,014

Verificación de existencia de variación significativa entre los tratamientos a 7 días.

**Decisión**

La significancia fue 0,014; de manera que se rechaza la hipótesis nula y se infiere que existe variación significativa entre los diseños empleados en cuanto al esfuerzo a los 7 días de medición. Por ello se debe analizar mediante una prueba Post-Hoc para analizar entre cuales diseños se da las diferencias significativas.

**3.4.1.3 Prueba de Post Hoc**

Tabla 38: Prueba Post-Hoc de Dunn-Bonferroni de los diseños a los 7 días.

<b>Sample 1-Sample 2</b>	<b>Estadístico de prueba</b>	<b>Desv. Error</b>	<b>Desv. Estadístico de prueba</b>	<b>Sig.</b>	<b>Sig. ajustada<sup>a</sup></b>
15% de Caucho Granulado-10% de Caucho Granulado	3,000	2,918	1,028	0,304	1,000
15% de Caucho Granulado-Patrón	6,000	2,918	2,056	0,040	0,239
15% de Caucho Granulado-5% de Caucho Granulado	9,000	2,918	3,084	0,002	0,012
10% de Caucho Granulado-Patrón	3,000	2,918	1,028	0,304	1,000
10% de Caucho Granulado-5% de Caucho Granulado	6,000	2,918	2,056	0,040	0,239
Patrón-5% de Caucho Granulado	-3,000	2,918	-1,028	0,304	1,000

Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son iguales. Se visualizan las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es de ,05.  
a. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección Bonferroni para varias pruebas.

### Interpretación

La prueba de Dunn-Bonferroni indica que existen diferencias significativas solamente entre el diseño de 15% de caucho granulado y el diseño de 5% de caucho granulado. En las demás comparaciones a un nivel de significancia de 0,05 no existen diferencias significativas.

Tabla 39: Rangos promedios de acuerdo a la prueba Post-Hoc de Dunn-Bonferroni a los 7 días.

<b>DISEÑO</b>	<b>N</b>	<b>Rango promedio</b>	<b>Rango promedio</b>
15% de Caucho Granulado	3	2,00	
10% de Caucho Granulado	3	5,00	5,00
Patrón	3	8,00	8,00
5% de Caucho Granulado	3		11,00

Se observa que existe diferente significancia entre los tratamientos de diseño con caucho al 15% y el diseño patrón a los 7 días.

### Interpretación

En la tabla de rangos promedios de cada diseño a los 7 días, se aprecia que el rango de 5% de caucho granulado es el mejor significativamente con respecto al rango del diseño de 15% de caucho granulado, pero igualmente significativo que el diseño de 10% de caucho granulado y el patrón.

### 3.4.1.4 Análisis descriptivo de las medianas de los diseños a los 7 días

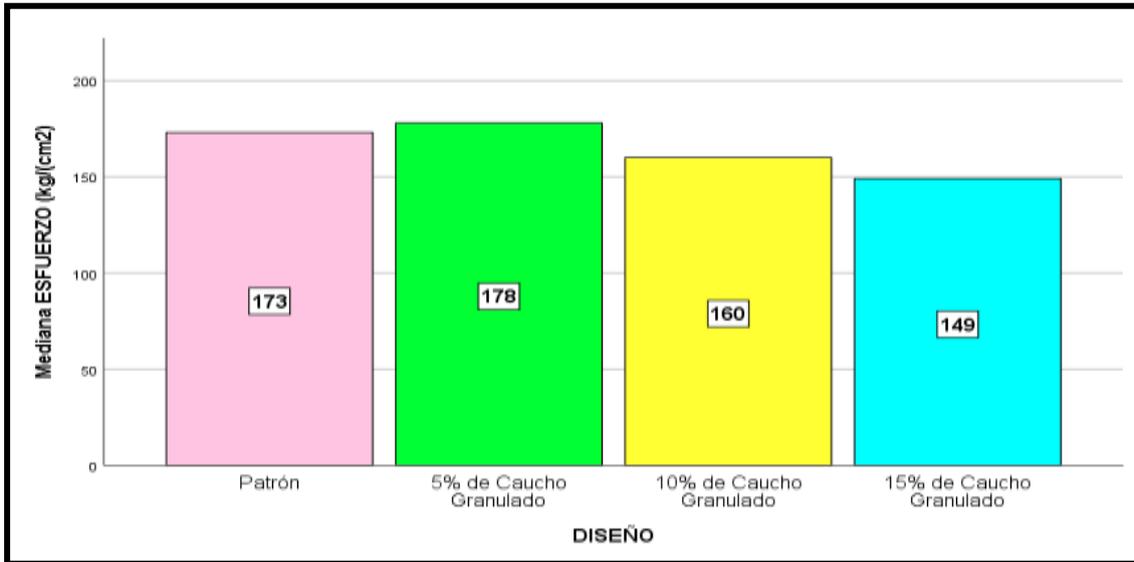


Figura N° 39: Comparación descriptiva de las medianas de los diseños a los 7 días.

Fuente: SPSS v25 – 2019.

#### Interpretación

Mediante el análisis descriptivo se observa que la mediana 178 kg/cm<sup>2</sup> del diseño de 5% de caucho granulado es la mayor mediana. Le continúa la mediana 173 kg/cm<sup>2</sup> del patrón. Luego se encuentra la mediana 160 kg/cm<sup>2</sup> del diseño de 10% de caucho granulado; y finalmente en menor medida se encuentra la mediana de 149 kg/cm<sup>2</sup> del diseño de 15% de caucho granulado.

### 3.4.2 Análisis de los diseños a los 14 días

#### 3.4.2.1 Prueba de normalidad

##### Hipótesis

H1. No existe normalidad en las cantidades de kg/cm<sup>2</sup> del diseño analizado.

H0. Existe normalidad en las cantidades de kg/cm<sup>2</sup> del diseño analizado.

##### Nivel de significancia

0,05

### Regla para decidir

Si Sig.  $<0,05$  se rechaza  $H_0$

Si Sig.  $>0,05$  no se rechaza  $H_0$

### Estadístico

Tabla 40: Pruebas de normalidad de los diseños a los 14 días.

	DISEÑO	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
	Patrón	0,750	3	0,000
ESFUERZO (kg/(cm <sup>2</sup> ))	5% de Caucho Granulado	0,750	3	0,000
	10% de Caucho Granulado	0,842	3	0,220
	15% de Caucho Granulado	1,000	3	1,000

Verificación de normalidad entre los tratamientos a los 14 días.

### Decisión

La significancia indicó que no existe normalidad en las cantidades de kg/cm<sup>2</sup> del diseño patrón, y del diseño de 5% de caucho granulado. Por su parte, hay normalidad en el diseño de 10% de caucho granulado, y el diseño de 15% de caucho granulado. De manera que se utiliza la prueba de Kruskal-Wallis para evaluar si existe variación significativa entre los diseños empleados en cuanto al esfuerzo a los 14 días de medición.

### 3.4.2.2 Prueba de Kruskal-Wallis

#### Hipótesis

$H_1$ . Existe variación significativa entre los diseños empleados en cuanto al esfuerzo a los 14 días de medición.

$H_0$ . No existe variación significativa entre los diseños empleados en cuanto al esfuerzo a los 14 días de medición.

#### Nivel de significancia

0,05

#### Regla para decidir

Si Sig.  $<0,05$  se rechaza  $H_0$

Si Sig.  $>0,05$  no se rechaza  $H_0$

## Estadístico

Tabla 41: Prueba de Kruskal-Wallis de los diseños a los 14 días.

	<b>ESFUERZO (kg/(cm<sup>2</sup>))</b>
H de Kruskal-Wallis	10,458
gl	3
Sig. asintótica	0,015

Verificación de existencia de variación significativa entre los tratamientos a 14 días.

## Decisión

La significancia fue 0,015; de manera que se rechaza la hipótesis nula y se infiere que existe variación significativa entre los diseños empleados en cuanto al esfuerzo a los 14 días de medición. Por ello se debe analizar mediante una prueba Post-Hoc para analizar entre cuales diseños se da las diferencias significativas.

### 3.4.2.3 Prueba de Post Hoc

Tabla 42: Prueba Post-Hoc de Dunn-Bonferroni de los diseños a los 14 días.

<b>Sample 1-Sample 2</b>	<b>Estadístico de prueba</b>	<b>Desv. Error</b>	<b>Desv. Estadístico de prueba</b>	<b>Sig.</b>	<b>Sig. ajustada<sup>a</sup></b>
15% de Caucho Granulado-10% de Caucho Granulado	3,000	2,934	1,023	0,306	1,000
15% de Caucho Granulado-Patrón	6,000	2,934	2,045	0,041	0,245
15% de Caucho Granulado-5% de Caucho Granulado	9,000	2,934	3,068	0,002	0,013
10% de Caucho Granulado-Patrón	3,000	2,934	1,023	0,306	1,000
10% de Caucho Granulado-5% de Caucho Granulado	6,000	2,934	2,045	0,041	0,245
Patrón-5% de Caucho Granulado	-3,000	2,934	-1,023	0,306	1,000

Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son iguales. Se visualizan las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es de ,05.

a. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección Bonferroni para varias pruebas.

## Interpretación

La prueba de Dunn-Bonferroni indica que existen diferencias significativas solamente entre el diseño de 15% de caucho granulado y el diseño de 5% de caucho granulado. En las demás comparaciones a un nivel de significancia de 0,05 no existen diferencias significativas.

Tabla 43: Rangos promedios de acuerdo a la prueba Post-Hoc de Dunn-Bonferroni a los 14 días.

DISEÑO	N	Rango promedio	Rango promedio
15% de Caucho Granulado	3	2,00	
10% de Caucho Granulado	3	5,00	5,00
Patrón	3	8,00	8,00
5% de Caucho Granulado	3		11,00

Se observa que existe diferente significancia entre los tratamientos de diseño con caucho al 15% y al 5% a los 14 días.

### Interpretación

En la tabla de rangos promedios de cada diseño a los 14 días, se aprecia que el rango de 5% de caucho granulado es el mejor significativamente con respecto al rango del diseño de 15% de caucho granulado, pero igualmente significativo que el diseño de 10% de caucho granulado y el patrón.

#### 3.4.2.4 Análisis descriptivo de las medianas de los diseños a los 14 días

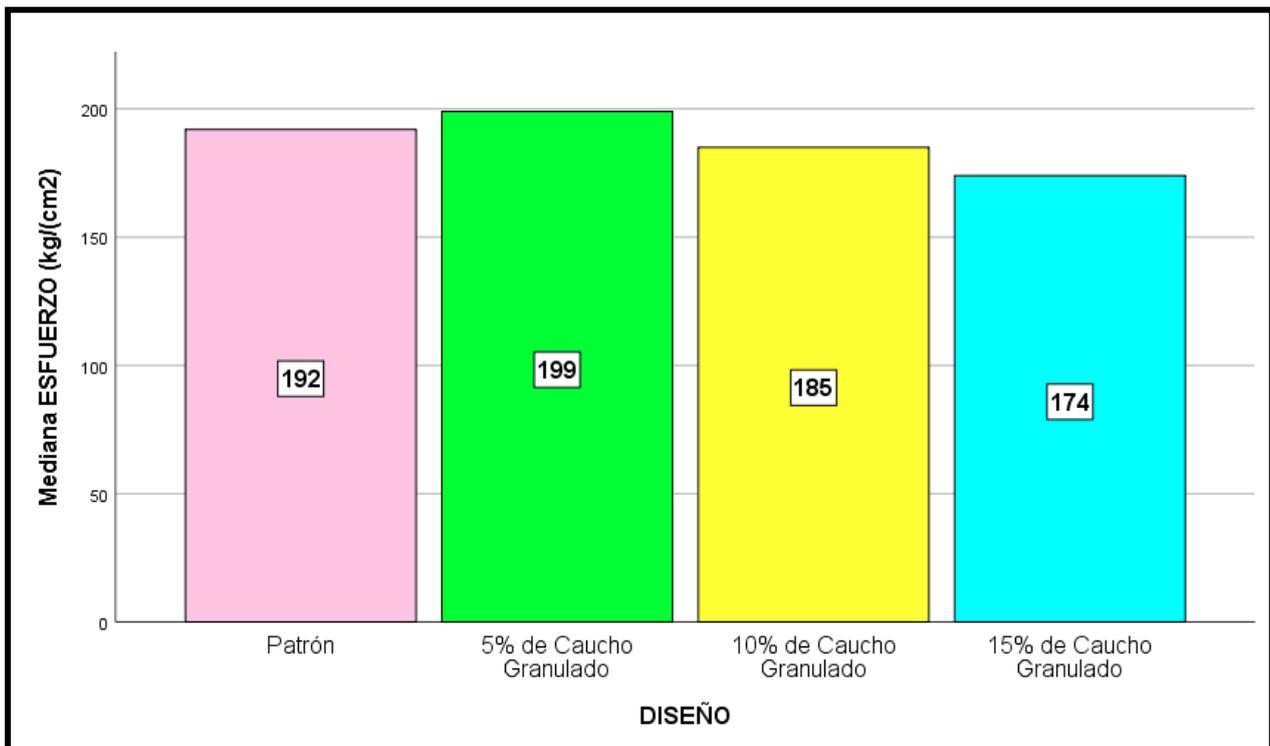


Figura N° 40: : Comparación descriptiva de las medianas de los diseños a los 14 días.

Fuente: SPSS V25 – 2019.

Mediante el análisis descriptivo se observa que la mediana 199 kg/cm<sup>2</sup> del diseño de 5% de caucho granulado es la mayor mediana. Le continúa la mediana 192 kg/cm<sup>2</sup> del patrón. Luego se encuentra la mediana 185 kg/cm<sup>2</sup> del diseño de 10% de caucho granulado; y finalmente en menor medida se encuentra la mediana de 174 kg/cm<sup>2</sup> del diseño de 15% de caucho granulado.

### 3.4.3 Análisis de los diseños a los 28 días

#### 3.4.3.1 Prueba de normalidad

##### Hipótesis

H1. No existe normalidad en las cantidades de kg/cm<sup>2</sup> del diseño analizado.

H1. Existe normalidad en las cantidades de kg/cm<sup>2</sup> del diseño analizado.

##### Nivel de significancia

0,05

##### Regla para decidir

Si Sig. <0,05 se rechaza H0

Si Sig. >0,05 no se rechaza H0

##### Estadístico

Tabla 44: Prueba de Kruskal-Wallis de los diseños a los 28 días.

DISEÑO	Shapiro-Wilk	
	Estadístico	Sig.
Bach. García Vásquez Marco Antonio		
Pág. 147		

		Patrón	1,000	3	1,000
ESFUERZO (kg/(cm <sup>2</sup> ))	5% de Caucho Granulado	0,750	3	0,000	
	10% de Caucho Granulado	0,750	3	0,000	
	15% de Caucho Granulado	1,000	3	1,000	

Verificación de normalidad entre los tratamientos a los 28 días.

### Decisión

La significancia indicó que no existe normalidad en las cantidades de kg/cm<sup>2</sup> del diseño de 5% de caucho granulado y del diseño de 10% de caucho granulado. Por su parte, hay normalidad en el patrón, y el diseño de 15% de caucho granulado. De manera que se utiliza la prueba de Kruskal-Wallis para evaluar si existe variación significativa entre los diseños empleados en cuanto al esfuerzo a los 28 días de medición.

#### 3.4.3.2 Prueba de Kruskal-Wallis

##### Hipótesis

H1. Existe variación significativa entre los diseños empleados en cuanto al esfuerzo a los 28 días de medición.

H0. No existe variación significativa entre los diseños empleados en cuanto al esfuerzo a los 28 días de medición.

##### Nivel de significancia

0,05

##### Regla para decidir

Si Sig. <0,05 se rechaza H0

Si Sig. >0,05 no se rechaza H0

##### Estadístico

Tabla 45: Prueba de Kruskal-Wallis de los diseños a los 28 días.

	ESFUERZO (kg/(cm <sup>2</sup> ))
H de Kruskal-Wallis	10,274
gl	3
Sig. asintótica	0,016

Verificación de existencia de variación significativa entre los tratamientos a 28 días.

## Decisión

La significancia fue 0,016; de manera que se rechaza la hipótesis nula y se infiere que existe variación significativa entre los diseños empleados en cuanto al esfuerzo a los 28 días de medición. Por ello se debe analizar mediante una prueba Post-Hoc para analizar entre cuales diseños se da las diferencias significativas.

### 3.4.3.3 Prueba de Post Hoc

Tabla 46: Prueba Post-Hoc de Dunn-Bonferroni de los diseños a los 28 días.

Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada <sup>a</sup>
15% de Caucho Granulado-10% de Caucho Granulado	2,667	2,928	0,911	0,363	1,000
15% de Caucho Granulado-5% de Caucho Granulado	5,833	2,928	1,992	0,046	0,278
15% de Caucho Granulado-Patrón	8,833	2,928	3,016	0,003	0,015
10% de Caucho Granulado-5% de Caucho Granulado	3,167	2,928	1,081	0,280	1,000
10% de Caucho Granulado-Patrón	6,167	2,928	2,106	0,035	0,211
5% de Caucho Granulado-Patrón	3,000	2,928	1,024	0,306	1,000

Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son iguales.

Se visualizan las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es de ,05.

a. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección Bonferroni para varias pruebas.

## Interpretación

La prueba de Dunn-Bonferroni indica que existen diferencias significativas solamente entre el diseño de 15% de caucho granulado y el diseño patrón. En las demás comparaciones a un nivel de significancia de 0,05 no existen diferencias significativas.

Tabla 47: Rangos promedios de acuerdo a la prueba Post-Hoc de Dunn-Bonferroni a los 28 días.

DISEÑO	N	Rango promedio	Rango promedio
ESFUERZO (kg/(cm <sup>2</sup> ))	15% de Caucho Granulado	3	2,17
	10% de Caucho Granulado	3	4,83
	5% de Caucho Granulado	3	8,00
	Patrón	3	11,00

Se observa que existe diferente significancia entre los tratamientos de diseño con caucho al 15% y el diseño patrón a los 28 días.

### 3.4.3.4 Análisis descriptivo de las medianas de los diseños a los 28 días

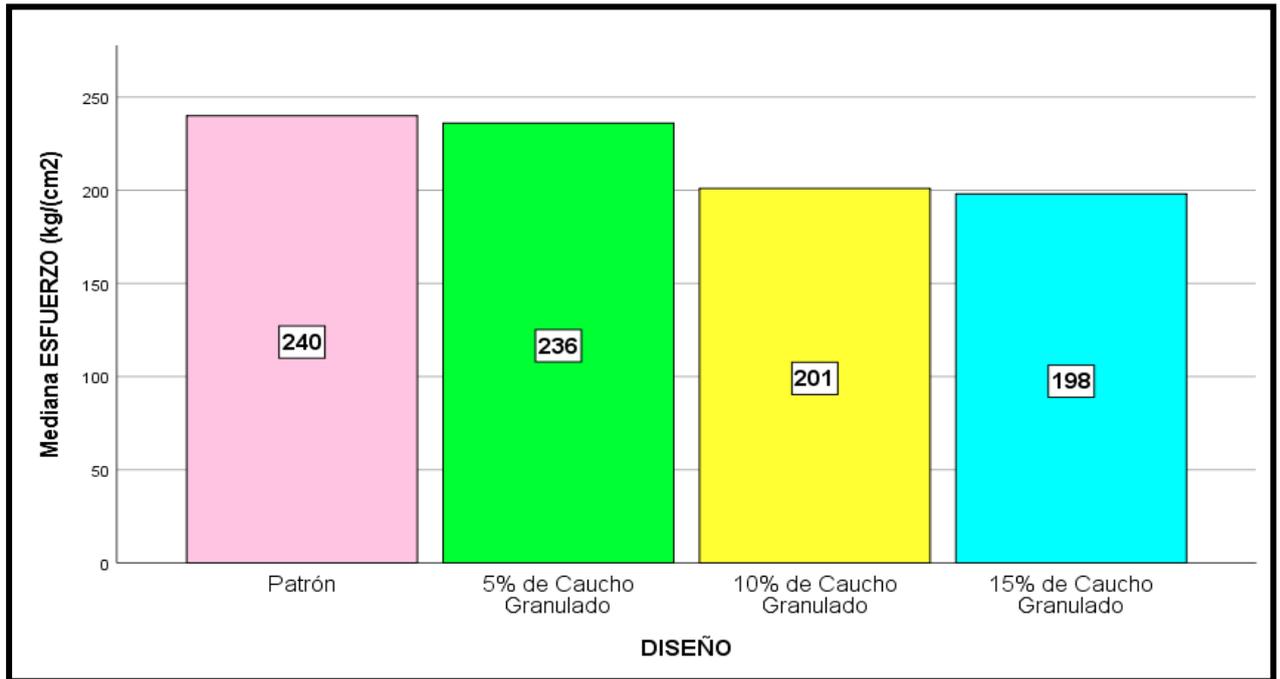


Figura N° 41: : Comparación descriptiva de las medianas de los diseños a los 28 días.  
Fuente: SPSS V25 – 2019.

### Interpretación

Por medio del análisis descriptivo se observa que la mediana 240 kg/cm<sup>2</sup> del patrón es la mayor mediana. Le continúa la mediana 236 kg/cm<sup>2</sup> del diseño de 5% de caucho granulado. Luego se encuentra la mediana 201 kg/cm<sup>2</sup> del diseño de 10% de caucho granulado; y por último en menor medida se encuentra la mediana de 198 kg/cm<sup>2</sup> del diseño de 15% de caucho granulado.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

#### 4.1.1 Discusión con los Resultados

- ❖ La resistencia a compresión del concreto patrón con adición de caucho granulado a los 7 días, son las siguientes:

5%, 10% y 15% de caucho granulado: 178 kg/cm<sup>2</sup>, 160 kg/cm<sup>2</sup> y 148 kg/cm<sup>2</sup>.

- ❖ La resistencia a compresión del concreto patrón con adición de caucho granulado a los 14 días, son las siguientes:

5%, 10% y 15% de caucho granulado: 198 kg/cm<sup>2</sup>, 183 kg/cm<sup>2</sup> y 174 kg/cm<sup>2</sup>.

- ❖ La resistencia a compresión del concreto patrón con adición de caucho granulado a los 28 días, son las siguientes:

5%, 10% y 15% de caucho granulado: 235 kg/cm<sup>2</sup>, 201 kg/cm<sup>2</sup> y 198 kg/cm<sup>2</sup>.

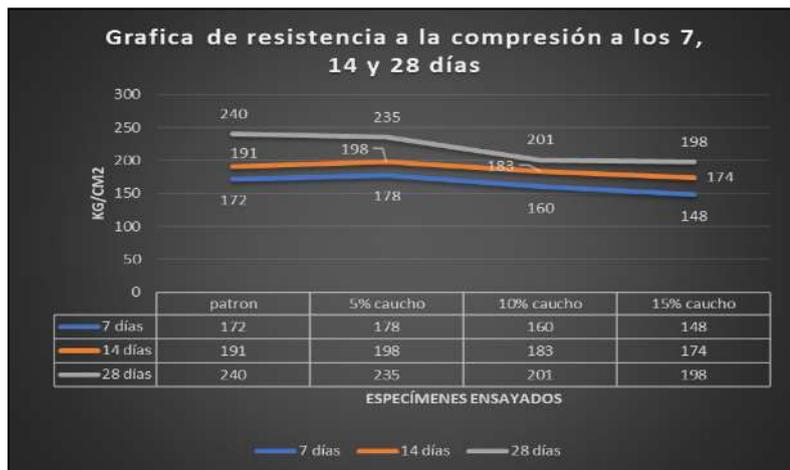


Figura N° 42: Gráfica de resistencias a la compresión a los 7, 14 y 28 días.

- ❖ La resistencia a flexión del concreto patrón con adición de caucho granulado a los 28 días, son las siguientes:

Patrón, 5%, 10% y 15% de caucho granulado: 25 kg/cm<sup>2</sup>, 26 kg/cm<sup>2</sup>, 26 kg/cm<sup>2</sup> y 24 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.



Figura N° 43: Gráfica de resistencias a la flexión a 28 días.

- ❖ La variación de costes por metro cúbico de concreto con respecto al patrón son las siguientes:
  - Con adición del 5% de caucho granulado, un aumento en coste del 2%, con el 10% de caucho granulado un aumento del 4% y con el 15% un aumento del 5 %.

#### 4.1.2 Discusión sobre los resultados con los antecedentes de esta investigación de tesis.

- ❖ Según Pérez, 2017, en su tesis para obtener el título de ingeniero civil titulada: “Estudio para caracterizar una mezcla de concreto con caucho reciclado en un 5% en peso comparado con una mezcla de concreto tradicional de 210 kg/cm<sup>2</sup>”, obtuvo una resistencia máxima a la compresión con caucho granulado a los 7 días de 175 kg/cm<sup>2</sup> y la probeta del concreto patrón una resistencia a la compresión de 172 kg/cm<sup>2</sup>.

En la presente tesis se puede observar que al incorporar 5% de caucho granulado con respecto al peso del cemento, se obtuvo un resultado de 178 kg/cm<sup>2</sup>, teniendo un incremento del 3%

❖ Ramírez, 2014, en su tesis para obtener el título de ingeniero civil con el tema: “Adición de Granulado de caucho reciclado como adición para concreto estructural para vivienda de albañilería confinada”, obtuvo un incremento del 2% en la resistencia a la flexión con caucho triturado al 10% del peso de la mezcla.

En la presente tesis se puede observar que al incorporar 5% y 10% de caucho granulado con respecto al peso del cemento, a los 28 días se obtuvo un incremento del 4% .

❖ Chávarri, 2020, en su tesis: “Propuesta de concreto eco – sostenible con la adición de caucho reciclado para la construcción de pavimentos urbanos en la ciudad de Lima”, obtuvo como resultado al adicionar entre 10% y 20% de caucho reciclado a su concreto patrón un incremento promedio de 2.3% de su coste inicial.

En la presente tesis se obtuvo un incremento del coste inicial sobre el concreto patrón, añadiendo caucho granulado al 5%, 10% y 15% de un 2%, 4% y 5% respectivamente.

#### **4.2 Recomendaciones para investigaciones futuras**

- Para futuras investigaciones científicas se recomienda evaluar distintas dosificaciones o adiciones de caucho granulado en rangos porcentuales de 3% y 5% con respecto a la cantidad en peso del cemento según su Diseño de Mezcla ACI, puesto que vemos que con la adición de 5% de caucho granulado observamos incrementos de resistencia a la compresión a edades tempranas (7 y 14 días). También, evaluar dosificaciones de caucho granulado en rangos porcentuales de 5 y 10%; puesto que, vemos que influye positivamente en la resistencia a la flexión del espécimen. Esto con el fin de reforzar los conocimientos y optimizar recursos como materiales.
- Se recomienda para próximas investigaciones, considerar para las mezclas de concreto con caucho granulado en porcentajes menores al 5%, ensayos a edades de diseño

mayores a los 28 días, ya que la resistencia sufre incrementos de acuerdo aumente el tiempo. Esto para observar y comparar si la resistencia a carga axial aumenta o decae en los ensayos posteriores.

- Para próximas investigaciones se propone utilizar caucho granulado en distintas dosificaciones y evaluar específicamente sus propiedades como permeabilidad, módulo de elasticidad, densidad, durabilidad y así tener más conocimiento de su comportamiento.
- Se recomienda el uso de caucho granulado en una dosificación del 5% con respecto al peso del cemento para concretos donde se necesiten alcanzar resistencias a la compresión mayores al del concreto patrón. Puesto que según la investigación y los ensayos, el concreto con caucho granulado al 5% en edades de 7 y 14 días presentan un aumento de 3% y 4% respectivamente en comparación al concreto patrón.
- Se recomienda el uso de caucho granulado en una dosificación del 5% y 10% con respecto al peso del cemento para concretos donde se necesiten alcanzar resistencias a la flexión mayores al del concreto patrón. Puesto que según la investigación y los ensayos, el concreto con caucho granulado al 5% y 10% en edades de 28 días presentan un aumento de 4% en comparación al concreto patrón.
- Es preciso proponer el estudio de concretos con la adición de otros tipos de materiales, así como las fibras de propileno o fibras naturales , para comprobar sus beneficios que están llevan y enriquecer las investigaciones futuras. Así, brindar alternativas de materiales económicas para contrarrestar el uso insumos de baja calidad.

### 4.3 Conclusiones

1. Se logró determinar demostrar parcialmente la hipótesis general que dice: “La adición de caucho granulado en el concreto patrón de calidad  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  tiene una

influencia significativa positiva en su resistencia a compresión y flexión para la utilización en obras de ingeniería, en Lima 2020”, pues tiene solo un incremento en la resistencia a la compresión a los 7 y 14 días de un 4% , con 5% de caucho granulado.

2. Se determinó la resistencia a la flexión con adición a caucho granulado. En el ensayo a la flexión, los resultados a los 28 días fueron de un incremento del 4% en los especímenes del 5% y 10% de caucho granulado.
3. Se obtuvo un incremento de costo inferior al planteado en la hipótesis del 6% sobre el costo del concreto patrón. Teniendo un aumento de solo del 2%, 4% y 5% del precio inicial añadiendo 5%, 10% y 15% de caucho granulado respectivamente a la mezcla, siendo viable su uso.
4. Las probetas de concreto con 5%, 10% y 15% con caucho granulado ensayadas a la compresión a la edad de 28 días presentan valores de  $f'_c = 236 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'_c = 201 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'_c = 198 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente.
5. Para analizar la variación de la resistencia entre el concreto convencional y el concreto con caucho en dosificaciones de 5%, 10% y 15% se realizó la prueba de Kruskal-Wallis la cual indica que si existe diferencias significativas entre tratamientos ensayados a los 7 días, 14 días y 28 días.

## REFERENCIAS

Anaya, D. E. (2018). *Validación del proceso productivo del caucho en base a ensayos de dureza.*

Lima: PUCP.

AutoBild. (2020 de Julio de 06). *AutoBild*. Obtenido de <https://www.autobild.es/reportajes/el-caucho-neumatico>

Becerra, D. V. (2011). *Análisis de un proceso de reciclaje que permita utilizar llantas desechadas como materia prima.* Colombia: Universidad Piloto de Colombia.

Calderón, G. K. (2019). *Diseño de bloques de concreto utilizando el caucho sintético en muros de albañilería.* Chulucanas: Universidad Cesar Vallejo.

Carhuas, E. S. (2020). *Análisis del aprovechamiento de neumáticos reciclados usados como aditivo en el asfalto.* Arequipa: Universidad Católica San Pablo.

Chumbes, F. L. (2018). *Diseño de mezcla del concreto para la elaboración de adoquines con material reciclado de neumáticos en la provincia de Huancavelica.* Huancavelica: Universidad

Nacional de Huancavelica.

Collado, C. F. (2014). *Metodología de la Investigación*. El oso panda Edición sexta.

Condorhuanca, T. R. (2016). *Análisis comparativo de la resistencia a la compresión de un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, elaborado con agregado hormigón y agregado clasificado* . Cusco: Universidad Andina del Cusco.

Cueva, L. C. (2020). *Propuesta de concreto eco - sostenible con la adición de caucho reciclado para la construcción de pavimentos urbanos en la Ciudad de Lima*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Espada, J. B. (2017). *Desarrollo de nuevas formulaciones de látex de caucho*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

Farfán, M. (2018). Caucho reciclado en la resistencia a la compresión y flexión de concreto modificado con aditivo plastificante. *Ingeniería de la Construcción*, 1.

Flexicon. (2015). *El caucho granulado*. Obtenido de <https://www.flexicon.es/Materiales-Manejados/Caucho-Granulado.html>

Fustamante, C. M. (2018). *Efecto de la ubicación del puente de adherencia en la resistencia a flexión de vigas simplemente armadas*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.

Garzón, R. P. (2015). *Comportamiento mecánico de una mezcla de concreto reciclado usando neumáticos triturados como reemplazo del 10% y 30% del volumen del agregado fino para un concreto con fines de uso estructural*. Colombia: Universidad Católica de Colombia.

Global Rubber Corporation. (2012). *Historia del caucho*. Obtenido de <https://globalrubbercorporation.com/blog/119-historia-del-caucho>

Gonzáles, Á. M. (2019). *Aplicación del caucho reciclado como solución constructiva ecológica*.

Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Gonzales, J. G. (2017). *Utilización de granulados de caucho reciclado como adición para concreto reciclado como adición para concreto permeable para uso en estacionamiento vehicular*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

Hernández, B. J. (2011). *Estudio comparativo de la resistencia a la compresión en mezclas de concreto elaboradas con materiales de reciclaje: plástico y llantas*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

INACAL. (2011). *Norma Técnica Peruana 400.017. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados*. Lima, Perú.

INACAL. (2011). *NTP 400.010 AGREGADOS Extracción y preparación de las muestras*. Lima, Perú.

INACAL. (2013). *Norma Técnica Peruana 339.185. AGREGADOS Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. Lima, Perú.

INACAL. (2013). *Norma Técnica Peruana 400.012. AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. Lima, Perú.

INACAL. (2013). *Norma Técnica Peruana 400.021. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso*. Lima, Perú.

INACAL. (2013). *Norma Técnica Peruana 400.022. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado*

*fino. Lima, Perú.*

INACAL. (2014). *Norma Técnica Peruana 400.022. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Lima, Perú.*

INACAL. (2015). *Norma Técnica Peruana 339.034. CONCRETO Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Lima, Perú.*

INACAL. (2016). *Norma Técnica Peruana 334.009. CEMENTOS. Cementos Portland. Lima, Perú.*

INACAL. (2017). *Instituto Nacional de Estadística e Informática. Lima, Perú.*

ISLA CALDERON, F. (2014). *Modelo para hormigones reforzados con fibras de acero. San miguel de Tucuman.*

Jiménez, I. S. (2016). *Bloques de concreto con material reciclable de caucho para obras de edificación. Cusco: Universidad Nacional de San Antonio de Abad del Cusco.*

León, M. P. (2010). *Caracterización morfológica de agregados para concreto mediante el análisis de imágenes. Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.*

LOPEZ, L. G. (2003). *El Concreto y otros Materiales para la Construcción. Colombia: Manizales.*

LUIS, G. P. (2016). *Estudio del concreto elaborado en los vaciados de techos de vivienda en lima y evaluación de alternativa de mejora mediante el empleo de aditivo superplastificante. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Facultad de Ciencias e Ingeniería.*

Magallanes, C. (2014). *Experiencias en el tratamiento de neumáticos fuera de uso en*

Iberoamérica. Lima: Congreso de la Nación.

MAMLOUK, M. (s.f.). *Materiales para ingeniería civil. España*. España: Pearson educación.

MARTINEZ, A. R. (2014). *Estudio del sector cementero a nivel mundial y nacional, con particularización de una empresa cementera situada en la Comunidad Valenciana*. Valencia, España.

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 334.009. (2016). *Cemento Pórtland, Requisitos*. Lima, Perú: 1era edición.

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339.034. (2013). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas*. Lima, Perú: 1era edición.

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339.035. (2011). *Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland*. Lima, Perú: 1era edición.

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339.088. (2014). *Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos*. Lima, Perú: 1era Edición.

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339.185. (2013). *Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. Lima, Perú: 1era edición.

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 400.011. (2008.),. (2008). *Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos)*. Lima, Perú: 1era edición.

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 400.012. (2013). *Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. Lima, Perú: 1era edición.

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 400.017. (2011). *Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los*

*agregados*. Lima, Perú: 1era Edición.

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 400.018. (2013). *Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75  $\mu\text{m}$  (Nº200) por lavado en agregados*. Lima, Perú: 1era edición.

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 400.019. (2013). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación de los agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de los ángeles*. Lima, Perú: 1era edición.

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 400.021. (2011). *Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso*. Lima, Perú: 1era edición.

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 400.022. (2011). *Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino*. Lima, Perú: 1era edición.

NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 400.037. (2014). *Especificaciones normalizadas para agregados en concreto*. Lia, Perú: 1era edición.

Oyola, C. P. (2017). *Estudio para caracterizar una mezcla de concreto con caucho reciclado en un 5% en peso comparado con una mezcla de concreto tradicional de 3500 psi*. Colombia: Universidad Católica de Colombia.

Pomaleque, J. (2016). *Viabilidad de la creación de una empresa recicladora y trituradora de llantas en desuso para su comercialización en el mercado peruano*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Revuelta, O. L. (2016). *Planta de tratamiento de neumáticos*. Cantabira: Universidad de Cantabira.

Rivera, J. E. (2016). *Estudio de propiedades físico mecánicas y de durabilidad del hormigón*

*con caucho*. España: Escola de Camins.

Rojas, Y. G. (2015). *Sustitución de los áridos por fibras de caucho de neumáticos reciclados en la elaboración de concreto estructural*. Chimbote: Universal Nacional del Santa.

Salamea, Á. C. (2014). *Caracterización del caucho reciclado proveniente del scrap y de neumáticos fuera de uso para su potencial aplicación como materia prima*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.

SALVATIERRA, E. H. (2001). *Concreto de Alta Resistencia usando aditivo Superplastificante, Microsílice y Nanosílice con cemento Portland tipo I*. Lima, Perú: Tesis de Grado. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima.

Salvatierra, J. (2014). *Desarrollo de un aglomerado asfáltico con polvo, en la ciudad de Huanta*. Ayacucho: Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.

SERRANO, C. V. (2016). *Estudio del sector cementero a nivel mundial y nacional, con particularización de una empresa cementera situada en la Comunidad Valenciana*. Lima, Perú: Urbana.

Tituaña, J. L. (2015). *Implementación de un sistema de análisis de precios unitarios para la reconstrucción de obras civiles, gestión de presupuestos y planillaje*. Sangolavi: Universidad de las Fuerzas Armadas.

TORRES, O. (2014). *Valoración de propiedades mecánicas y de durabilidad de concreto adicionado con residuos de llantas de caucho*. Bogotá: Tesis Escualing.

TUPA, O. (2018). *Concreto estructural liviano con escoria y ceniza volcánicas del distrito de Yura*. Arequipa: Tesis, Universidad Nacional de San Agustín.

Valero, I. (2015). *Influencias de las fibras de polipropileno en la fisuración asociadas a la*

*retracción plástica en pavimentos de concreto*. Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.

VENEGAS, L. (2016). *Evaluación del comportamiento del grano de caucho de llanta reciclada en la producción de concreto para la empresa ARGOS*. Bogotá: Fundación Universidad de América.

Vera, V. C. (2015). *Estudio de factibilidad de creación de una empresa recicladora de neumáticos desechados para la producción de caucho modificador*. Ecuador: Universal de Guayaquil.

Abanto Castillo, F. (2009). *Tecnología del concreto*. Lima: Editorial San Marcos.

ACI 237R-07. (2007). *Self- Consolidating Concrete*. U.S.A.

ACI 318S-08 (2008). *Requisitos de Reglamentos para Concreto Estructural y Comentario*. Michigan, U.S.A.

ACI Committee. (2002). *Measurement of properties of Fiber Reinforced Concrete*

Delgado Arana, R. Diseño de mezcla. Recuperado el 04 de diciembre del 2017, obtenido de <http://www.es.scribd.com/doc/57033127/DISENO-DE-MEZCLA>.

Enfedaque Díaz, A. (2008). Resistencia a impacto de morteros de cemento reforzados con caucho (GRC). (Tesis doctoral).Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.

Ensayo de la Columna de Segregación. (2010). Perú: Indecopi.

Folleto de la firma Vetrotex España S.A. Recuperado el 04 de diciembre del 2017.

Folleto de la empresa Gavatex. Recuperado el 04 de diciembre del 2017.

Folleto de la empresa Aparell S.A. Recuperado el 04 de diciembre del 2017.

Instituto mexicano del cemento y del concreto (1989). Agregados para concreto. México D.F.,

México.

Lezama Leiva, J. (1996). Tecnología del concreto. Cajamarca.82p.

## ANEXOS

## **ANEXO N° 01: PROTOCOLOS DE ENSAYOS**





MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO

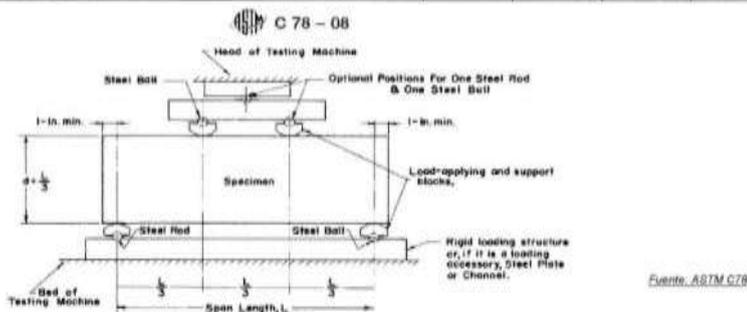
PROYECTO :		REGISTRO N°:
SOLICITANTE :		REALIZADO POR :
CÓDIGO DE PROYECTO :		REVISADO POR :
UBICACIÓN DE PROYECTO :		FECHA DE ENSAYO :
FECHA DE EMISIÓN :		TURNO :

---

Tipo de muestra  
Presentación  
F<sup>c</sup> de diseño

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDU ROT



- OBSERVACIONES:
- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de MATESTLAB S.A.C.
  - \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo,

MATESTLAB S.A.C.			
TECNICO-LEM	D	JEFE-LEM	D
Nombre y Firma	M	Nombre y Firma	M
  <b>MATESTLAB S.A.C.</b> Laboratorio de Ensayo de Materiales	A	 <b>MATESTLAB S.A.C.</b> RUC: 20604738572 <b>NICOLLE CUMPA BARRETO</b> GERENTE GENERAL	A
HENRY W. SANTIAGO FLORES INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 205740 MATESTLAB S.A.C.			

FORMATO VALIDADO



**DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO  
MÉTODO DEL ACI 211**

PROYECTO	_____	REGISTRO N°:	_____
SOLICITANTE	_____	REALIZADO POR:	_____
CÓDIGO DE PROYECTO	_____	REVISADO POR:	_____
UBICACIÓN DE PROYECTO	_____	FECHA DE VACIADO:	_____
FECHA DE EMISIÓN	_____	TURNO:	_____

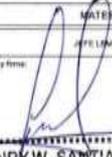
Agregado	_____	F'c de diseño:	_____
Procedencia	_____	Asentamiento:	_____
Cemento	_____	Código de mezcla:	_____

- |  |  |
|--|--|
| 1. RELACIÓN AGUA CEMENTO<br>R a/c = _____            | 5. PORCENTAJE DE CAUCHO GRANULADO<br>Porcentaje de caucho: _____ |
| 2. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA<br>Agua = _____ |  |
| 3. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO<br>Aire = _____         |  |
| 4. DATOS DE LABORATORIO                              |  |

INSUMO	PESO ESPECIFICO						
0.000							
Agua							
Aire							
		HUMEDAD	ABS	MF	PUS	PUC	TMN
Agregado grueso							
Agregado fino							

- OBSERVACIONES:
- \* Muestras provistas e identificadas por el solicitante
  - \* Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de MATESTLAB SAC

EQUIPO UTILIZADO			
EQUIPO	CÓDIGO	F. CALIBRACIÓN	N° CERT. CALIBRACIÓN
Balanza digital Ohaus 6000g x 0.1g	ING-132	23/01/2020	CDR-A18-329
Balanza digital Ohaus 15000g x 1g	ING-138	23/01/2020	CDR-A18-330
Balanza digital Sartorius 2500g x 0.01g	ING-139	24/01/2020	CDR-A18-342
Horno digital Termocup 196L 0° a 300°C	ING-098	24/01/2020	CDR-A18-343

MATESTLAB S.A.C.			
TECNICO LEM Nombre y firma: _____  MATESTLAB S.A.C. Laboratorio de Ensayo de Materiales	JEFE LEM Nombre y firma: _____  HENRY W. SANTIAGO FLORES INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 205749 MATESTLAB S.A.C.	COD. LEM Nombre y firma: _____  MATESTLAB S.A.C. RUC: 20604738572 NICOLLE CUMPA BARRETO GERENTE GENERAL	

FORMATO VALIDADO



DISÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO  
MÉTODO DEL ACI 211

PROYECTO	REGISTRO N°
SOLICITANTE	REALIZADO POR :
CÓDIGO DE PROYECTO	REVISADO POR :
UBICACIÓN DE PROYECTO	FECHA DE VACIADO :
FECHA DE EMISIÓN	TURNO :
Agregado	F'c de diseño:
Procedencia	Asentamiento:
Cemento	Código de mezcla:

1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA F'cr =	5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO Cemento =
2. RELACIÓN AGUA CEMENTO R/a/c =	6. FACTOR CEMENTO Bolsas x m³ =
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA Agua =	7. CÁLCULO DE CAUCHO GRANULADO kg x m³
4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO Aire =	

9. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS

INGLUMO	PESO ESPECIFICO	VOLUMEN ABSOLUTO					
0 kg/m³							
Agua							
Aire							
			HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FREZA	P.U. SUELTO	TM
Agregado grueso							
Agregado fino							

Volumen de pasta  
Volumen de agregados

10. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS Agregado grueso Agregado fino	13. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA 0.03 m³ Cemento Agua Agregado grueso Agregado fino Slump Obtenido Cauche granulado
11. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD Agregado grueso Agregado fino	
12. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD Agua	14. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA CEM A.F. A.G. AGUA

OBSERVACIONES:  
 \* Muestras provistas e identificadas por el solicitante  
 \* Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de MATESTLAB S.A.C.

TECNICO LEM		MATESTLAB S.A.C.		GERENTE LEM	
Nombre y Firma	D	Nombre y Firma	D	Nombre y Firma	D
MATESTLAB S.A.C. Laboratorio de Ensayo de Materiales		HENRY W. SANTIAGO FLOREZ INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 205749 MATESTLAB S.A.C.		MATESTLAB S.A.C. RUC: 20604738672 NICOLLE CUMPA BARRE GERENTE GENERAL	

FORMATO VALIDADO



ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD DEL AGREGADO FINO

PROYECTO: \_\_\_\_\_ REGISTRO N°: \_\_\_\_\_

SOLICITANTE: \_\_\_\_\_ REALIZADO POR: \_\_\_\_\_

CÓDIGO DE PROYECTO: \_\_\_\_\_ REVISADO POR: \_\_\_\_\_

UBICACIÓN DE PROYECTO: \_\_\_\_\_ FECHA DE VACIADO: \_\_\_\_\_

FECHA DE EMISIÓN: \_\_\_\_\_ TURNO: \_\_\_\_\_

Código de Muestra: \_\_\_\_\_

Life: \_\_\_\_\_

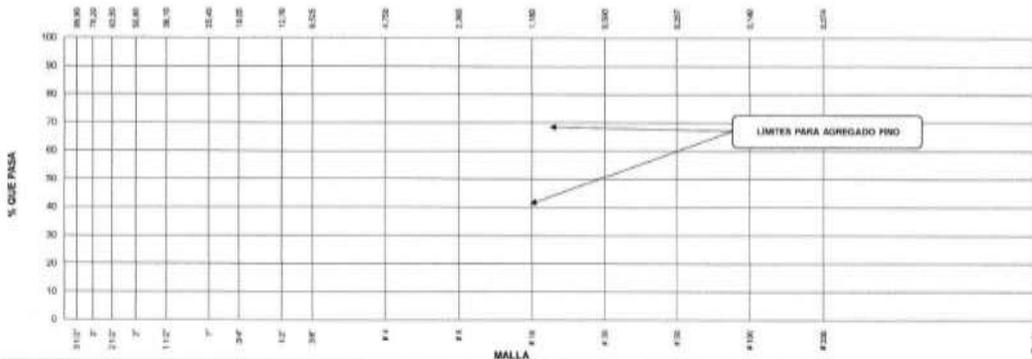
N° de Muestra: \_\_\_\_\_

Progresiva: \_\_\_\_\_

AGREGADO FINO ASTM C33 - ARENA GRUESA						
Malla	Peso Ret. (g)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum.	ASTM "UM SUP"	ASTM "UM INF"
4"	101.60 mm					
3 1/2"	89.30 mm					
3"	76.20 mm					
2 1/2"	63.50 mm					
2"	50.80 mm					
1 1/2"	38.10 mm					
1"	25.40 mm					
3/4"	19.05 mm					
1/2"	12.70 mm					
3/8"	9.53 mm					
# 4	4.75 mm					
# 8	2.36 mm					
# 16	1.18 mm					
# 30	0.60 mm					
# 50	0.30 mm					
# 100	0.15 mm					
# 200	0.075 mm					
Fineza	0.075 mm					

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
P. Especif. de Masa Seca (kg/m³)	
P. Especif. de Masa Húmeda (kg/m³)	
P. Especif. de Masa Aparente (kg/m³)	
P. Unitario Compactado (kg/m³)	
P. Unitario Suelto (kg/m³)	
Absorción (%)	
Contenido de Humedad (%)	
Módulo de Finos	
% < Malla N° 200 (0.75 mm)	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



MATESTLAB S.A.C.		
REALIZADO POR	VERIFICADO POR	AUTORIZADO POR
Nombre y firma: _____  MATESTLAB S.A.C. Laboratorio de Ensayos de Materiales	Nombre y firma: _____  HENRY W. SANTIAGO FLORES INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 205749 MATESTLAB S.A.C.	Nombre y firma: _____  MATESTLAB S.A.C. RUC: 20604738572 NICOLLE CUMPA BARRILETO GERENTE GENERAL

FORMATO VALIDADO



**ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD DEL AGREGADO FINO**

PROYECTO: \_\_\_\_\_ REGISTRO N°: \_\_\_\_\_

SOLICITANTE: \_\_\_\_\_ REALIZADO POR: \_\_\_\_\_

CÓDIGO DE PROYECTO: \_\_\_\_\_ REVISADO POR: \_\_\_\_\_

UBICACIÓN DE PROYECTO: \_\_\_\_\_ FECHA DE VACIADO: \_\_\_\_\_

FECHA DE EMISIÓN: \_\_\_\_\_ TURNO: \_\_\_\_\_

---

Código de Muestra: \_\_\_\_\_

Lote: \_\_\_\_\_

N° de Muestra: \_\_\_\_\_

Progresiva: \_\_\_\_\_

---

AGREGADO FINO ASTM C33 - ARENA GRUESA						
Malla	Peso Ret (g)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Paso Acum.	ASTM "UM S&P"	ASTM "LBM 98"
4"	121.60 mm					
3 1/2"	89.10 mm					
3"	76.20 mm					
2 1/2"	63.50 mm					
2"	50.80 mm					
1 1/2"	38.10 mm					
1"	25.40 mm					
3/4"	19.05 mm					
1/2"	12.70 mm					
3/8"	9.53 mm					
#4	4.75 mm					
#8	2.36 mm					
#16	1.18 mm					
#30	0.60 mm					
#50	0.30 mm					
#100	0.15 mm					
#200	0.075 mm					
Fondo	0.01 mm					

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
P. Especif. de Masa Seco (kg/m <sup>3</sup> )	
P. Especif. de Masa SSS (kg/m <sup>3</sup> )	
P. Especif. de Masa Aparente (kg/m <sup>3</sup> )	
P. Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	
P. Unitario Suavizado (kg/m <sup>3</sup> )	
Absorción (%)	
Contenido de Humedad (%)	
Módulo de Elasticidad	
% < 75µm (P. 200)	

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

**MATESTLAB SAC**

REALIZADO POR	VERIFICADO POR	AUTORIZADO POR
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:

Figura N° 3: Protocolo de Ensayo de control de calidad del Agregado fino y grueso.

Fuente: Laboratorio de materiales y concreto MatestLab.





**DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO  
MÉTODO DEL ACI 211**

PROYECTO: \_\_\_\_\_ REGISTRO N°: \_\_\_\_\_

SOLICITANTE: \_\_\_\_\_ REALIZADO POR: \_\_\_\_\_

CÓDIGO DE PROYECTO: \_\_\_\_\_ REVISADO POR: \_\_\_\_\_

UBICACIÓN DE PROYECTO: \_\_\_\_\_ FECHA DE VACIADO: \_\_\_\_\_

FECHA DE EMISIÓN: \_\_\_\_\_ TURNO: \_\_\_\_\_

---

Agregado: \_\_\_\_\_ F' c de diseño: \_\_\_\_\_

Procedencia: \_\_\_\_\_ Asentamiento: \_\_\_\_\_

Cemento: \_\_\_\_\_ Código de mezcla: \_\_\_\_\_

---

1. RELACIÓN AGUA CEMENTO: R/a/c = \_\_\_\_\_

2. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA: Agua = \_\_\_\_\_

3. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO: Aire = \_\_\_\_\_

4. DATOS DE LABORATORIO

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	HUMEDAD	ABS.	MF	PUS	PUC	TMN
0 006							
Agua							
Aire							
Agregado grueso							
Agregado fino							

5. PORCENTAJE DE CAUCHO GRANULADO: Porcentaje de caucho = \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES:

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

EQUIPO UTILIZADO			
EQUIPO	CÓDIGO	F. CALIBRACIÓN	N° CERT. CALIBRACIÓN
Balanza digital Ohaus 6000g ± 0.1g	ING-132	23/01/2020	CDR-A18-329
Balanza digital Ohaus 15000g ± 1g	ING-138	23/01/2020	CDR-A18-330
Balanza digital Sartorius 2000g ± 0.01g	ING-139	24/01/2020	CDR-A18-342
Horno digital Thermocup 196L 0° a 320°C	ING-098	24/01/2020	CDR-A18-343

MATESTLAB SAC					
TECNOLOGÍA	D.	JEFE LEA	D.	CIC-LEA	D.
Firma y Sello	M	Firma y Sello	M	Firma y Sello	M
	A		A		A

Figura N° 4: Protocolo de Diseño de mezclas de concreto según ACI 211.

Fuente: Laboratorio de materiales y concreto MatestLab.



Fuente: Laboratorio de materiales y concreto MatestLab.



Fuente: Laboratorio de materiales y concreto MatestLab.



**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO**

PROYECTO : \_\_\_\_\_ REGISTRO N°: \_\_\_\_\_

SOLICITANTE : \_\_\_\_\_ REALIZADO POR : \_\_\_\_\_

CODIGO DE PROYECTO : \_\_\_\_\_ REVISADO POR : \_\_\_\_\_

UBICACION DE PROYECTO : \_\_\_\_\_ FECHA DE ENSAYO : \_\_\_\_\_

FECHA DE EMISIÓN : \_\_\_\_\_ TURNO : \_\_\_\_\_

Tipo de muestra : \_\_\_\_\_

Presentación : \_\_\_\_\_

Fc de diseño : \_\_\_\_\_

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78**

IDENTIFICACION	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	ALTURA	ANCHO	FUERZA MAXIMA	UBICACION DE FALLA

OBSERVACIONES:

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de MATESTLAB SAC.
- \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.

EQUIPO UTILIZADO			
EQUIPO	CÓDIGO	F. CALIBRACIÓN	N° CERT. CALIBRACIÓN
Balanza digital Ohaus 6000g x 0.1g	ING-132	23/01/2020	CDR-A20-329
Balanza digital Ohaus 15000g x 1g	ING-138	23/01/2020	CDR-A20-330
Balanza digital Sartorius 2500g x 0.01g	ING-139	24/01/2020	CDR-A20-342
Horno digital Termocup 198L 0° a 300°C	ING-098	24/01/2020	CDR-A20-343

MATESTLAB SAC					
SECRETARÍA		JEFE LEM		COD-LEM	
Nombre y firma	D:	Nombre y firma	D:	Nombre y firma	D:
	M:		M:		M:
	A:		A:		A:

Figura N° 7: : Protocolo de Ensayo para la resistencia a la flexión del concreto endurecido.

Fuente: Laboratorio de materiales y concreto MatestLab.



MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO

PROYECTO : \_\_\_\_\_ REGISTRO N°: \_\_\_\_\_

SOLICITANTE : \_\_\_\_\_ REALIZADO POR : \_\_\_\_\_

CÓDIGO DE PROYECTO : \_\_\_\_\_ REVISADO POR : \_\_\_\_\_

UBICACIÓN DE PROYECTO : \_\_\_\_\_ FECHA DE ENSAYO : \_\_\_\_\_

FECHA DE EMISIÓN : \_\_\_\_\_ TURNO : \_\_\_\_\_

---

Tipo de muestra \_\_\_\_\_

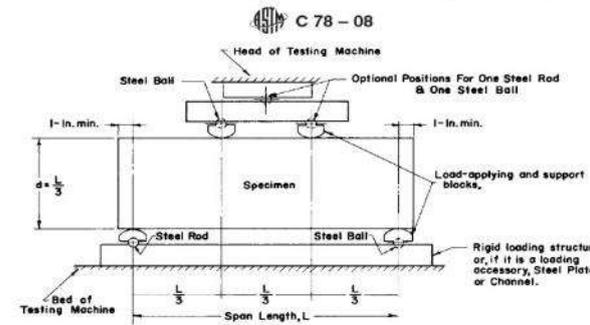
Presentación \_\_\_\_\_

F/c de diseño \_\_\_\_\_

---

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDU ROT



Fuente: ASTM C78

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de MATESTLAB SAC.
- \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.

MATESTLAB SAC					
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:	CQC - LEM:	
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	
	A:		A:		

Figura N° 8: Protocolo de Ensayo a la flexión según ASTM C78.

Fuente: Laboratorio de materiales y concreto MatestLab.

**ANEXO N° 02: CERTIFICADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS EN  
LABORATORIO.**



**MATESTLAB S.A.C.**  
Laboratorio de Ensayo de Materiales

ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD DEL AGREGADO FINO

PROYECTO: INFLUENCIA DE LA ADICION DE CAUCHO GRANULADO EN LA RESISTENCIA A CARGA AXIAL DEL CONCRETO LIMA 2020. REGISTRO N°: 2020-T57-010

SOLICITANTE: MARCO ANTONIO GARCIA VASQUEZ REALIZADO POR: J. Escobedo

CODIGO DE PROYECTO: Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB S.A.C. REVISADO POR: H Flores

FECHA DE EMISION: 24/01/2020 FECHA DE VACIADO: 24/01/2020

FECHA DE EMISION: 24/01/2020 TURNO: Dia

Código de Muestra: M1

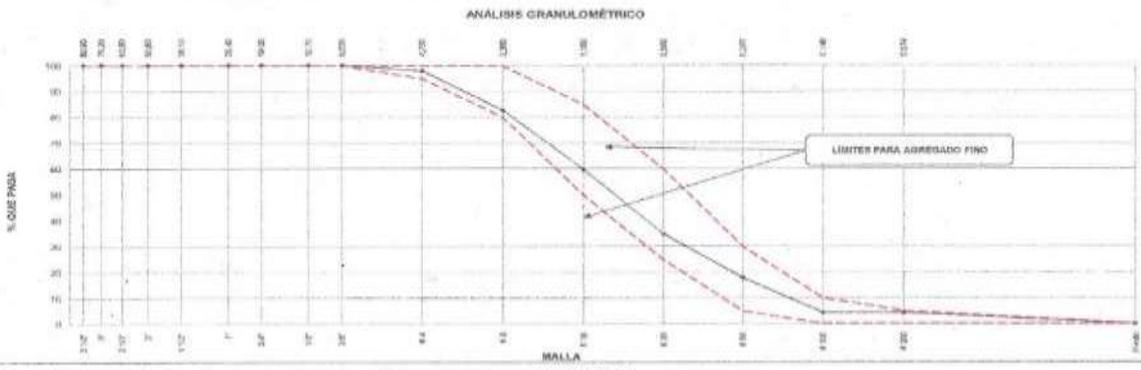
Lote: ---

N° de Muestra: ---

Progresiva: ---

AGREGADO FINO ASTM C33 - ARENA BRUERA						
Malla	Peso Ret. (g)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Fino Acum.	ASTM 3.00 "3/16" SUP"	ASTM 7.50 "3/4"
#4	121.80 (g)	0.2	0.00	0.00	100.00	100.00
#10	98.80 (g)	0.2	0.00	0.00	100.00	100.00
#20	75.20 (g)	0.2	0.00	0.00	100.00	100.00
#40	53.90 (g)	0.3	0.00	0.00	100.00	100.00
#60	38.10 (g)	0.2	0.00	0.00	100.00	100.00
#80	25.40 (g)	0.2	0.00	0.00	100.00	100.00
#100	10.00 (g)	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
#150	12.10 (g)	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
#200	9.50 (g)	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
#250	4.75 (g)	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
#300	2.30 (g)	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
#350	1.15 (g)	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
#425	0.75 (g)	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
#600	0.25 (g)	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
#800	0.15 (g)	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
#1000	0.05 (g)	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
Financ	0.01 (g)	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00

CARACTERISTICAS FISICAS	
P. Densidad de Masa Seca (kg/m³)	2061.000
P. Densidad de Masa (kg/m³)	2610.000
P. Densidad de Masa Aparente (kg/m³)	2126.000
P. Límite Compaction (kg/m³)	1490
P. Límite Suave (kg/m³)	1555
Plasticidad (%)	1.78
Contenido de Humedad (%)	3.30
Módulo de Fracción	3.00
% + Malla N° 200 (0.75 mm)	2.57



MATESTLAB S.A.C.

REALIZADO POR: Nombre y Firma: 	VERIFICADO POR: Nombre y Firma: 	AUTORIZADO POR: Nombre y Firma: 
---------------------------------------	--	--

**HENRY W. SANTIAGO FLORES**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 205749  
MATESTLAB S.A.C.

**MATESTLAB S.A.C.**  
RUC: 20604738572  
**NICOLLE CUMPA BARRETO**  
GERENTE GENERAL

Figura N° 9: Ensayo de control de calidad de arena gruesa.

Fuente: Laboratorio de materiales y concreto MatestLab.

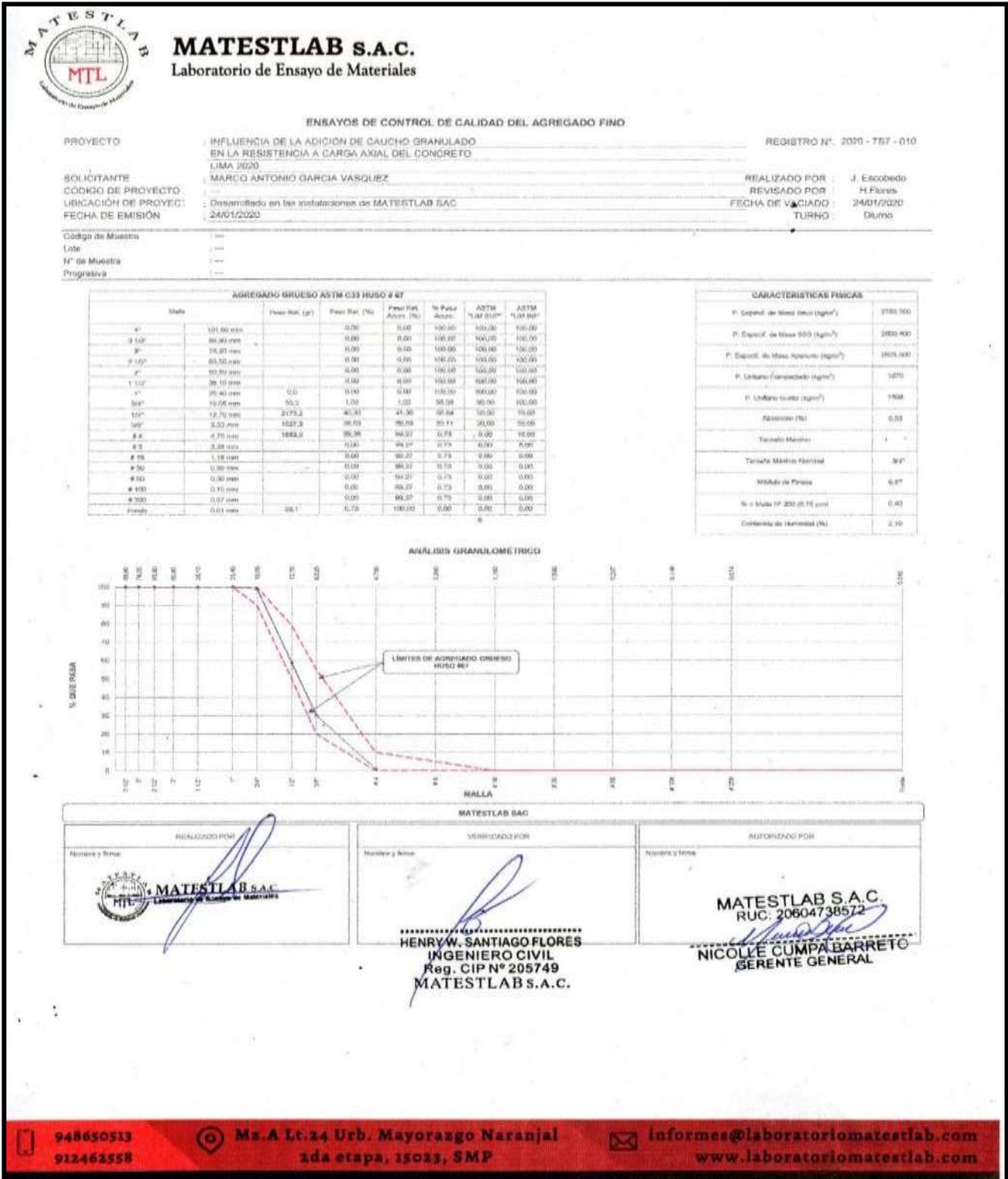


Figura N° 10: : Ensayo de control de calidad de piedra chancada.

Fuente: Laboratorio de materiales y concreto MatestLab.



**MATESTLAB S.A.C.**  
Laboratorio de Ensayo de Materiales

**DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO  
MÉTODO DEL ACI 211**

PROYECTO	INFLUENCIA DE LA ADICION DE CAUCHO GRANULADO EN LA RESISTENCIA A CARGA AXIAL DEL CONCRETO	REGISTRO N°	2020 - TS7 - 011
SOLICITANTE	MARCO ANTONIO GARCIA VASQUEZ	REALIZADO POR	J. Escobedo
DÓNDE DE PROYECTO	---	REVISADO POR	H. Flores
UBICACION DE PROYECTO	Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB S.A.C.	FECHA DE VÁLIDO	26/02/2020
FECHA DE EMISIÓN	26/02/2020	TURNO	Diurno

Agregado	Ag. Grueso / Ag. Fino	F'c de diseño	210 kg/cm <sup>2</sup>
Procedencia	CANTERA SAN MARTIN DE PORRES	Acertamiento	3" - 4"
Comercio	Cemento SCL Tipo 1	Código de marca	PATRON

1. RELACION AGUA CEMENTO  
R/a.c = 0,56
2. DETERMINACION DEL VOLUMEN DE AGUA  
Agua = 205 L
3. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO  
Aire = 2,0%
4. DATOS DE LABORATORIO

INSUMO	PESO ESPECIFICO						
Cemento SCL Tipo 1	3150 kg/m <sup>3</sup>						
Agua	1000 kg/m <sup>3</sup>						
AJE	---						
		HUMEDAD	ABS	MF	PLUS	PUC	TMN
Agregado grueso	2788 kg/m <sup>3</sup>	2,10%	0,53%	6,67	1506	1670	344
Agregado fino	2560 kg/m <sup>3</sup>	3,30%	1,78%	9,30	1555	1630	

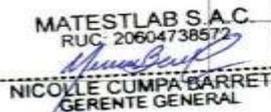
**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras privadas e identificadas por el solicitante
- \* Prohíbese la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de MATESTLAB S.A.C.

EQUIPO UTILIZADO			
EQUIPO	CODIGO	F. CALIBRACION	N° CERT. CALIBRACION
Balanza digital Ohaus 5000g ± 0.1g	ING-132	23/01/2020	CDR-A18-370
Balanza digital Ohaus 10000g ± 1g	ING-138	23/01/2020	CDR-A18-330
Balanza digital Sietorius 2500g ± 0.01g	ING-129	24/01/2020	CDR-A18-342
Horno digital Tambourci 196.0° ± 100°C	ING-098	24/01/2020	CDR-A18-343



**HENRY W. SANTIAGO FLORES**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 205749  
MATESTLAB S.A.C.



**NICOLE CUMPA BARRETO**  
GERENTE GENERAL

948650513  
912462558

Mz. A Lt. 24 Urb. Mayorazgo Naranjal  
2da etapa, 15033, SMP

informes@laboratoriomatestlab.com  
www.laboratoriomatestlab.com

Figura N° 11: Diseño de mezclas de concreto ACI C211.



**MATESTLAB S.A.C.**  
Laboratorio de Ensayo de Materiales

**DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO**  
MÉTODO DEL AGI 211

---

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LA ADICION DE CAUCHO GRANULADO EN LA RESISTENCIA A CARGA AXIAL DEL CONCRETO LIMA 2008.

**SOLICITANTE:** MARCO ANTONIO GARCIA VASQUEZ

**CÓDIGO DEL PROYECTO:** ---

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:** Diseñado en las instalaciones de MATESTLAB S.A.C.

**FECHA DE EMISIÓN:** 28/02/2020

**REGISTRO N°:** 2020 - TS7 - 011

**REALIZADO POR:** J. Escobedo

**REVISADO POR:** H. Flores

**FECHA DE VACIADO:** 28/02/2020

**TURNO:** Diurno

---

**Agregado:** Ag. Grueso / Ag. Fino

**Procedencia:** CANTERA SAN MARTIN DE PORRES

**Cemento:** Cemento SOL Tipo 1

**F'c de diseño:** 210 kg/cm<sup>2</sup>

**Asentamiento:** 3" - 4"

**Código de mezcla:** PATROM

---

**1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA**  
F'c = 204

**2. RELACIÓN AGUA CEMENTO**  
R a/c = 0,36

**3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA**  
Agua = 205 L

**4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO**  
Aire = 2,0%

**5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO**  
Cemento = 306 kg

**6. FACTOR CEMENTO**  
Bolsas a m<sup>3</sup> = 6,6 Bolsas

---

**9. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS**

INGREDIENTE	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO
Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m <sup>3</sup>	0,160 m <sup>3</sup>
Agua	1000 kg/m <sup>3</sup>	0,205 m <sup>3</sup>
Aire	---	0,020 m <sup>3</sup>
Agregado grueso	2752 kg/m <sup>3</sup>	---
Agregado fino	2550 kg/m <sup>3</sup>	---
Volumen de pasta		0,3412 m <sup>3</sup>
Volumen de agregados		0,6588 m <sup>3</sup>

AGREGADO	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MOD. FINEZA	P.U. QUELTO	TM
Agregado grueso	2,10%	0,52%	6,67	1998	3/4
Agregado fino	3,32%	1,79%	3,30	1055	---

---

**10. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS**

Agregado grueso = 0,3600 m<sup>3</sup> = 1002 kg

Agregado fino = 0,2988 m<sup>3</sup> = 755 kg

**11. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD**

Agregado grueso = 1003 kg

Agregado fino = 780 kg

**12. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD**

Agua = 170 L

**10. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA** 0,03 m<sup>3</sup>

Cemento SOL Tipo 1 = 10,99 kg

Agua = 5,20 L

Agregado grueso = 30,89 kg

Agregado fino = 23,70 kg

Slump Obtenido = 4"

**14. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA**

CEN. A.F. A.C. AGUA

1 : 2,2 : 2,79 : 20,9 L / bolsa

---

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras provistas e identificadas por el solicitante
- \* Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de MATESTLAB S.A.C.



**MATESTLAB S.A.C.**  
Laboratorio de Ensayo de Materiales

**HENRY W. SANTIAGO FLORES**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 205749  
**MATESTLAB S.A.C.**



**MATESTLAB S.A.C.**  
RUC: 20604738572

**NICOLLE CUMPA BARRETO**  
GERENTE GENERAL

---

948650513  
912462558

Mz. A Lt. 24 Urb. Mayorazgo Naranjal  
1da etapa, 15023, SMP

informes@laboratoriomatestlab.com  
www.laboratoriomatestlab.com

Fuente: Laboratorio de materiales y concreto MatestLab.

Figura N° 12: : Diseño de mezclas de concreto Patrón ACI C211.

Fuente Laboratorio de materiales y concreto MatestLab.



## MATESTLAB S.A.C.

Laboratorio de Ensayo de Materiales

**DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO  
MÉTODO DEL ACI 211**

PROYECTO: INFLUENCIA DE LA ADICION DE CAUCHO GRANULADO EN LA RESISTENCIA A CARGA AXIAL DEL CONCRETO LIMA 2020.

SOLICITANTE: MARCO ANTONIO GARCIA VASQUEZ

CÓDIGO DE PROYECTO: ---

UBICACION DE PROYECTO: Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB S.A.C.

FECHA DE EMISION: 26/02/2020

REGISTRO N°: 2020 - T37 - 012

REALIZADO POR: J. Escobedo

REVISADO POR: H. Flores

FECHA DE VAGADO: 26/02/2020

TURNO: Diurno

Agregado	Ag. Grueso / Ag. Fino	F% de diseño:	210 kg/m <sup>2</sup>
Procedencia	CANTERA SAN MARTIN DE PORRAS	Achantamiento	3" - 4"
Cemento	Cemento SOL Tipo 1	Diseño de mezcla	5%

1. RELACION AGUA CEMENTO: R a/c = 0,56

5. PORCENTAJE DE CAUCHO GRANULADO: Porcentaje de caucho = 5,0%

2. DETERMINACION DEL VOLUMEN DE AGUA: Agua = 205 l.

3. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO: Aire = 2,0%

4. DATOS DE LABORATORIO

INSUMO	PESO ESPECIFICO						
Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m <sup>3</sup>						
Agua	1000 kg/m <sup>3</sup>						
Aire							
		HUMEDAD	AGS	MF	FUS	PUC	TMH
Agregado grueso	2783 kg/m <sup>3</sup>	3,10%	0,53%	6,67	1500	1070	34
Agregado fino	2560 kg/m <sup>3</sup>	3,30%	1,79%	3,30	1555	1830	

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras provistas e identificadas por el solicitante
- \* Prohíbese la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de MATESTLAB S.A.C.

EQUIPO UTILIZADO			
EQUIPO	CODIGO	F. CALIBRACION	N° CERT. CALIBRACION
Balanza digital Ohaus 4000g x 0.1g	ING-132	23/01/2020	CDR-A18-329
Balanza digital Ohaus 15000g x 1g	ING-130	23/01/2020	CDR-A18-330
Balanza digital Sartorius 2500g x 0.01g	ING-135	24/01/2020	CDR-A18-342
Horno digital Termocup 10BL 0° a 300°C	ING-098	24/01/2020	CDR-A18-343

MATESTLAB S.A.C.					
TECNICO LEM		JEFE LEM		DOC. LEM	
Nombres y Firma	U	Nombres y Firma	U	Nombres y Firma	U
 <b>HENRY W. SANTIAGO FLORES</b> INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 205749 MATESTLAB S.A.C.		 <b>NICOLKE CUMPA BARRETO</b> GERENTE GENERAL		<b>MATESTLAB S.A.C.</b> RUC: 20604738572	

948650513  
912462558

Mz. A Lt. 24 Urb. Mayorazgo Naranjal  
3da etapa, 15023, SMP

informes@laboratoriomatestlab.com  
www.laboratoriomatestlab.com

Figura N° 13: : Diseño de mezclas de concreto 5% de caucho ACI C211.

Fuente: Laboratorio de materiales y concreto MatestLab.

**MATESTLAB S.A.C.**  
Laboratorio de Ensayo de Materiales

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO  
METODO DEL AGI 211

---

PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ADICION DE CAUCHO GRANULADO EN LA RESISTENCIA A CARGA AXIAL DEL CONCRETO  
LIMA 2020  
SOLICITANTE : MARCO ANTONIO GARCIA VASQUEZ  
CÓDIGO DE PROYECTO :  
UBICACIÓN DE PROYECTO : Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB SAC  
FECHA DE EMISIÓN : 26/02/2020

Agregado : Ag. Grueso / Ag. Fino  
Procedencia : CANTERA SAN MARTIN DE PORRAS  
Cuarmento : Cemento SOL Tipo 1

REGISTRO N° : 2020 - TS7 - 012

REALIZADO POR : J. Escobedo  
REVISADO POR : H. Flores  
FECHA DE VACIADO : 26/02/2020  
TURNO : Diurno

F<sub>cr</sub> de diseño : 210 kg/cm<sup>2</sup>  
Asentamiento : 3" - 4"  
Código de mezcla : 5%

---

1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA  
F<sub>cr</sub> = 254

2. RELACIÓN AGUA CEMENTO  
R<sub>ác</sub> = 0,58

3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA  
Agua = 295 L

4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO  
Aire = 2,0%

5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO  
Cemento = 366 kg

6. FACTOR CEMENTO  
Bolsas x m<sup>3</sup> = 8,6 Bolsas

7. CÁLCULO DE CAUCHO GRANULADO  
18,55 kg x m<sup>3</sup> = 5,0% / Cto.

---

9. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS

INSUMO	PESO ESPECIFICO	VOLUMEN ABSOLUTO
Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m <sup>3</sup>	0,1162 m <sup>3</sup>
Agua	1000 kg/m <sup>3</sup>	0,2956 m <sup>3</sup>
Aire	---	0,0200 m <sup>3</sup>
Volumen de pasta		
		0,3412 m <sup>3</sup>
Volumen de agregados		
		0,8588 m <sup>3</sup>

AGREGADO	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P 1/2 SUELTOS	TM
Agregado grueso	2,10%	0,53%	6,67	1568	3/4
Agregado fino	0,30%	1,79%	3,39	1655	

---

10. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS

Agregado grueso = 0,2606 m<sup>3</sup> = 1002 kg  
Agregado fino = 0,2968 m<sup>3</sup> = 765 kg

11. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD

Agregado grueso 1021 kg  
Agregado fino 790 kg

12. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD

Agua 178 L

13. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA 0,09 m<sup>3</sup>

Cemento SOL Tipo 1 10,94 kg  
Agua 5,33 l.  
Agregado grueso 30,68 kg  
Agregado fino 23,70 kg  
Stamp Obtenido 3"  
Cauche granulada 0,55 kg

14. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA

CAUCHO CEM A.F. A.G. AGUA  
0,05 F 2,2 2,79 20,6 L / bolsa

---

OBSERVACIONES:  
\* Muestras provistas e identificadas por el solicitante.  
\* Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de MATESTLAB SAC

MATESTLAB SAC

TECNOLOGO	OP	JEFE DE LAB	D
 <b>HENRY W. SANTIAGO FLORES</b> INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 205749 MATESTLAB S.A.C.			

MATESTLAB S.A.C.  
RUC: 20604738572

**NICOLLE CUMPA BARRETO**  
 GERENTE GENERAL

---

948650513  
912462558

Mz. A Lt. 24 Urb. Mayorazgo Naranjal  
2da etapa, 15023, SMP

informes@laboratoriomatestlab.com  
www.laboratoriomatestlab.com

Figura N° 14: : Diseño de mezclas de concreto 5% de caucho.

Fuente: Laboratorio de materiales y concreto MatestLab.



## MATESTLAB S.A.C.

Laboratorio de Ensayo de Materiales

**DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO**  
MÉTODO DEL ACI 311

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LA ADICION DE CAUCHO GRANULADO EN LA RESISTENCIA A CARGA AXIAL DEL CONCRETO  
LIMA 2020

**SOLICITANTE:** MARCO ANTONIO GARCIA VASQUEZ

**CÓDIGO DE PROYECTO:** ---

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:** Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB SAG

**FECHA DE EMISIÓN:** 20/02/2020

**REGISTRO N°:** 2020 - 152 - 013

**REALIZADO POR:** J. Escobedo

**REVISADO POR:** H. Flores

**FECHA DE VACIADO:** 20/02/2020

**TURNO:** Diurno

**Agregado:** Ag. Grueso / Ag. Fino F<sub>c</sub> de diseño: 210 kg/cm<sup>2</sup>

**Procedencia:** CANTERA SAN MARTIN DE PORRAS Asentamiento: 3" - 4"

**Cemento:** Cemento SOL Tipo 1 Código de mezcla: 10%

**1. RELACIÓN AGUA CEMENTO:** R/A C = 0,56

**2. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA:** Agua = 205 l

**3. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO:** Aire = 2,0%

**4. DATOS DE LABORATORIO:**

INSUMO	PESO ESPECIFICO						
Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m <sup>3</sup>						
Agua	1000 kg/m <sup>3</sup>						
Aire	---						
		HUMEDAD	ABS	MF	PUS	PUC	TMR
Agregado grueso	2703 kg/m <sup>3</sup>	2,10%	0,53%	6,67	1500	1070	3M
Agregado fino	2580 kg/m <sup>3</sup>	3,30%	1,79%	3,30	1555	1030	

**5. PORCENTAJE DE CAUCHO GRANULADO:** Porcentaje de caucho = 10,0%

**OBSERVACIONES:**

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

EQUIPO UTILIZADO				
EQUIPO	CÓDIGO	F. CALIBRACIÓN	N° CERT. CALIBRACION	
Balanza digital Ohaus 6000g x 0.1g	ING-102	22/01/2020	CDR-A18-328	
Balanza digital Ohaus 15000g x 1g	ING-138	23/01/2020	CDR-A18-330	
Balanza digital Sartorius 2500g x 0.01g	ING-139	24/01/2020	CDR-A18-342	
Horno digital Termostap 105L 0° a 300°C	ING-098	24/01/2020	CDR-A18-343	

MATESTLAB SAG					
TECNÓLOGO		JEFE DE LAB		DOC. GEN	
Nombre y Apellido	SE	Nombre y Apellido	SE	Nombre y Apellido	SE
	A		A		A
<b>MATESTLAB S.A.C.</b> Laboratorio de Ensayo de Materiales		<b>HENRY W. SANTIAGO FLORES</b> INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 205749 MATESTLAB S.A.C.		<b>MATESTLAB S.A.C.</b> RUC: 20604738572 <b>NICOLLE CUMPA BARRETO</b> GERENTE GENERAL	

948650513  
912462558

Mz. A Lt. 24 Urb. Mayorazgo Naranjal  
2da etapa, 15023, SMP

informes@laboratoriomatestlab.com  
www.laboratoriomatestlab.com

Figura N° 15: : Diseño de mezclas de concreto 10% de caucho.

Fuente: Laboratorio de materiales y concreto MatestLab.



## MATESTLAB S.A.C.

Laboratorio de Ensayo de Materiales

DISÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO  
MÉTODO DEL ACI 211

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO GRANULADO EN LA RESISTENCIA A CARGA AXIAL DEL CONCRETO  
LIMA 2020  
SOLICITANTE: MARCO ANTONIO GARCIA VÁSQUEZ  
UBICACIÓN DE PROYECTO: Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB S.A.C.  
FECHA DE EMISIÓN: 26/02/2020

**REGISTRO N°:** 2020 - T57 - 013  
**REALIZADO POR:** J. Escobedo  
**REVISADO POR:** H. Flores  
**FECHA DE VACIADO:** 26/02/2020  
**TURNO:** Día  
**F'c de diseño:** 210 kg/cm<sup>2</sup>  
**Absorbimiento:** 3° - 4°  
**Código de mezcla:** 10%

---

**1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA:**  
F'cr = 254

**2. RELACIÓN AGUA CEMENTO:**  
R a/c = 0.00

**3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA:**  
Agua = 205 L

**4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO:**  
Aire = 2.0%

**5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO:**  
Cemento = 366 kg

**6. FACTOR CEMENTO:**  
Bolsas x m<sup>3</sup> = 8.6 Bolsas

**7. CÁLCULO DE CAUCHO GRANULADO:**  
38.61 kg x m<sup>3</sup> = 10.7% / Ole

---

**9. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS**

INGREDIENTE	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO
Cemento SOL Tipo I	3100 kg/m <sup>3</sup>	0.1162 m <sup>3</sup>
Agua	1000 kg/m <sup>3</sup>	0.2050 m <sup>3</sup>
Aire	---	0.0200 m <sup>3</sup>
-----		
Agregado grueso	2780 kg/m <sup>3</sup>	---
Agregado fino	2500 kg/m <sup>3</sup>	---
Volumen de pasta		0.3412 m <sup>3</sup>
Volumen de agregados		0.6288 m <sup>3</sup>

	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MOD. PINEZA	P.U. SUJETO	T.M.
Agregado grueso	2.10%	0.53%	0.27	1500	3/4
Agregado fino	3.30%	1.79%	3.30	1555	---

---

**10. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS**

Agregado grueso = 0.3500 m<sup>3</sup> = 1052 kg

Agregado fino = 0.2988 m<sup>3</sup> = 745 kg

**11. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD**

Agregado grueso = 1023 kg

Agregado fino = 790 kg

**12. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR AMENCIÓN Y HUMEDAD**

Agua = 173 L

**13. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA:** 0.63 m<sup>3</sup>

Cemento SOL Tipo I = 10.58 kg

Agua = 5.33 L

Agregado grueso = 30.69 kg

Agregado fino = 23.70 kg

Slump Obtenido = 4.5"

Caucho granulado = 1.10 kg

**14. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA:**

CAUCHO CEM A.F. A.G. AGUA

0.1 1 2.2 2.79 = 30.6 L / Bolsa

---

**OBSERVACIONES:**

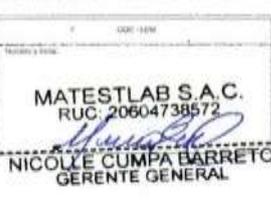
- Muestras provistas e identificadas por el solicitante
- Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de MATESTLAB S.A.C.



**MATESTLAB S.A.C.**  
Laboratorio de Ensayo de Materiales



**HENRY W. SANTIAGO FLORES**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 205749  
MATESTLAB S.A.C.



**MATESTLAB S.A.C.**  
RUC: 20604738572  
**NICOLÉ CUMPA BARRETO**  
GERENTE GENERAL

948650513  
912462558
Mx. A Lt. 24 Urb. Mayorazgo Naranjal  
ada etapa, 15023, SMP
informes@laboratoriomatestlab.com  
www.laboratoriomatestlab.com

Figura N° 16: Diseño de mezclas de concreto 10% de caucho ACI C211.

Fuente: Laboratorio de materiales y concreto MatestLab.



**MATESTLAB s.a.c.**  
Laboratorio de Ensayo de Materiales

**DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO**  
MÉTODO DEL ACI 311

REGISTRO N°: 2020 - TS7 - 014

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LA ADICION DE CAUCHO GRANULADO EN LA RESISTENCIA A CARGA AXIAL DEL CONCRETO  
LIMA 2020.  
MARCO ANTONIO GARCIA VASQUEZ

**SOLICITANTE:** Marco Antonio García Vásquez

**CÓDIGO DE PROYECTO:** ---

**UBICACIÓN DE PROYECTO:** Desempleado en las instalaciones de MATESTLAB S.A.C.

**FECHA DE EMISIÓN:** 26/02/2020

**REALIZADO POR:** J. Escobedo

**REVISADO POR:** H. Flores

**FECHA DE VACIADO:** 26/02/2020

**TURNO:** Diurno

**Agregado:** Ag. Grueso / Ag. Fino

**Proporción:** CANTERA SAN MARTIN DE PORRIAS

**Cemento:** Cemento SOL Tipo 1

**Peso de diseño:** 210 kg/m<sup>3</sup>

**Aparamiento:** 3" - 4"

**Código de mezcla:** 15%

**1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA:** F'cr = 294

**2. RELACIÓN AGUA CEMENTO:** R'at = 0.36

**3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA:** Agua = 366 L

**4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO:** Aire = 2.0%

**5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO:** Cemento = 366 kg

**6. FACTOR CEMENTO:** Bolsas c/m<sup>3</sup> = 8.6 Bolsas

**7. CÁLCULO DE CAUCHO GRANULADO:** 54.91 kg x m<sup>3</sup> = 15.0% / 136

**8. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS**

AGREGADO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO
Cemento SOL Tipo 1	3100 kg/m <sup>3</sup>	0.1187 m <sup>3</sup>
Agua	1000 kg/m <sup>3</sup>	0.3650 m <sup>3</sup>
Aire	---	0.0200 m <sup>3</sup>
<b>Agregado grueso</b>	<b>2788 kg/m<sup>3</sup></b>	<b>---</b>
<b>Agregado fino</b>	<b>2650 kg/m<sup>3</sup></b>	<b>---</b>
Volumen de pasta		0.3412 m <sup>3</sup>
Volumen de agregados		0.6888 m <sup>3</sup>

AGREGADO	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FREZA	P.U. DEBILTO	TM
Agregado grueso	2.10%	0.52%	0.97	1506	34
Agregado fino	3.50%	1.75%	3.30	1656	34

**9. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS**

Agregado grueso = 0.5800 m<sup>3</sup> = 1002 kg

Agregado fino = 0.2988 m<sup>3</sup> = 795 kg

**10. VOLUMEN DE TANCA DE PILESA:** 0.05 m<sup>3</sup>

Cemento SOL Tipo 1: 10.99 kg

Agua: 5.33 L

Agregado grueso: 90.69 kg

Agregado fino: 23.78 kg

Slump Controlado: 2.11"

Caucho granulado: 1.05 kg

**11. PESO HUMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD:**

Agregado grueso: 1020 kg

Agregado fino: 790 kg

**12. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD:**

Agua: 178 L

**13. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE CENSA:**

CAUCHO : CEM : A.F. : A.G. : AGUA

0.15 : 1 : 2.2 : 2.78 : 20.6 L / bolsa

**OBSERVACIONES:**

\* Muestras provistas e identificadas por el solicitante

\* Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de MATESTLAB S.A.C.

MATESTLAB S.A.C.			
REVISADO POR	DISEÑADO POR	DIBUJADO POR	C.O.O. LEM
 <b>HENRY W. SANTIAGO FLORES</b> INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 205749 MATESTLAB S.A.C.	 <b>NICOLLE CUMPA BARRETO</b> GERENTE GENERAL		

948650513 | 912462558 | Mz. A Lt. 24 Urb. Mayorazgo Naranjal | 1da etapa, 15023, SMP | informes@laboratoriomatestlab.com | www.laboratoriomatestlab.com

Figura N° 17: Diseño de mezclas de concreto 15% de caucho ACI C211.



**MATESTLAB S.A.C.**  
Laboratorio de Ensayo de Materiales

**DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO**  
MÉTODO DEL A.C.I. 311

REGISTRO N°: 2020-TST-014

---

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LA ADICION DE CAUCHO GRANULADO EN LA RESISTENCIA A CARGA AXIAL DEL CONCRETO LIMA 2023.

**SOLICITANTE:** MARCO ANTONIO GARCIA VASQUEZ

**CÓDIGO DE PROYECTO:** ---

**UBICACION DE PROYECTO:** Desempleado en las instalaciones de MATESTLAB S.A.C.

**FECHA DE EMISION:** 26/02/2020

**REALIZADO POR:** J. Escobedo

**REVISADO POR:** H. Flores

**FECHA DE VACIADO:** 26/02/2020

**TURNO:** Diurno

**F'c de diseño:** 210 kg/cm<sup>2</sup>

**Asentamiento:** 3" - 4"

**Código de mezcla:** 15%

---

**1. RESISTENCIA A LA COMPRESION REQUERIDA**  
F'cr = 294

**2. RELACION AGUA CEMENTO**  
R'ac = 0.58

**3. DETERMINACION DEL VOLUMEN DE AGUA**  
Agua = 266 L

**4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO**  
Aire = 2.0%

**5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO**  
Cemento = 366 kg

**6. FACTOR CEMENTO**  
Bolsas x m<sup>3</sup> = 6.6 Bolsas

**7. CÁLCULO DE CAUCHO GRANULADO**  
54.91 kg x m<sup>3</sup> = 16.0% / CM

---

**8. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS**

AGREGADO	PESO ESPECIFICO	VOLUMEN ABSOLUTO
Cemento SOL Tipo 1	2150 kg/m <sup>3</sup>	0.1167 m <sup>3</sup>
Agua	1000 kg/m <sup>3</sup>	0.2660 m <sup>3</sup>
Aire	---	0.0390 m <sup>3</sup>
Volumen de pasta		
Volumen de agregados		

	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MOD. FREZA	P.U. DUELTRO	TM
Agregado grueso	2.10%	0.53%	3.07	1506	34
Agregado fino	3.50%	1.78%	3.30	1656	---

**10. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS**

Agregado grueso = 0.3600 m<sup>3</sup> = 1002 kg

Agregado fino = 0.2988 m<sup>3</sup> = 765 kg

**11. PESO HUMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCION POR HUMEDAD**

Agregado grueso 1025 kg

Agregado fino 790 kg

**12. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD**

Agua 178 L

**13. VOLUMEN DE TANCA DE PRUEBA** 0.03 m<sup>3</sup>

Cemento SOL Tipo 1 10.99 kg

Agua 5.33 L

Agregado grueso 90.69 kg

Agregado fino 75.78 kg

Grupa Cemento 2.10%

Caucho granulada 1.65 kg

**14. PROPORCION EN VOLUMEN DE CIERA**

CAUCHO CEM A.P. A.G. AGUA

0.16 1 2.2 2.78 22.4 L / bolsa

---

**OBSERVACIONES:**

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante
- Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de MATESTLAB S.A.C.

MATESTLAB S.A.C.  
Laboratorio de Ensayo de Materiales

HENRY W. SANTIAGO FLORES  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 205749  
MATESTLAB S.A.C.

MATESTLAB S.A.C.  
RUC: 20604738572

NICOLLE CUMPA-BARRETO  
GERENTE GENERAL

---

948650513  
912462358

Mz. A Lt. 24 Urb. Mayorazgo Naranjal  
1da etapa, 15023, SMP

informes@laboratoriomatestlab.com  
www.laboratoriomatestlab.com

Fuente: Laboratorio de materiales y concreto MatestLab.

Figura N° 18: Diseño de mezclas de concreto 15% de caucho.

Fuente: Laboratorio de materiales y concreto MatestLab.

**MATESTLAB S.A.C.**  
 Laboratorio de Ensayo de Materiales

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PRUEBAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN

PROYECTO	INFLUENCIA DE LA ADICION DE CAUCHO GRANULADO EN LA RESISTENCIA A CARGA AXIAL DEL CONCRETO	REGISTRO N°	2020 - 187 - 016
SOLICITANTE	MARCO ANTONIO GARCIA VASQUEZ	REALIZADO POR	J. Escobedo
CÓDIGO DE PROYEC	---	REVISADO POR	H. Flores
UBICACION DE PROY	Resistencia en los materiales de MATESTLAB SPC	FECHA DE ENSAYO	04/03/2020
FECHA DE EMISION	04/03/2020	TURNO	Diurno

Tipo de muestra	Concreto endurecido
Presentación	Espejimientos cilíndricos 4" x 8"
Peso de muestra	210 kg/cm <sup>2</sup>

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO ASTM C39

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	RELACION ALTURA / DIAMETRO	ESFUERZO	% Fc
PROBETA N° 01 DISEÑO PATRON Fc = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	04/03/2020	7 días	1,00	188 kg/cm <sup>2</sup>	89,4
PROBETA N° 02 DISEÑO PATRON Fc = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	04/03/2020	7 días	1,00	173 kg/cm <sup>2</sup>	80,2
PROBETA N° 03 DISEÑO PATRON Fc = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	04/03/2020	7 días	1,00	174 kg/cm <sup>2</sup>	82,8
PROBETA N° 01 DISEÑO 9% CAUCHO GRANULADO Fc = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	04/03/2020	7 días	1,00	176 kg/cm <sup>2</sup>	83,8
PROBETA N° 02 DISEÑO 9% CAUCHO GRANULADO Fc = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	04/03/2020	7 días	1,00	178 kg/cm <sup>2</sup>	84,8
PROBETA N° 03 DISEÑO 9% CAUCHO GRANULADO Fc = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	04/03/2020	7 días	1,00	180 kg/cm <sup>2</sup>	85,6
PROBETA N° 01 DISEÑO 10% CAUCHO GRANULADO Fc = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	04/03/2020	7 días	1,00	180 kg/cm <sup>2</sup>	85,3
PROBETA N° 02 DISEÑO 10% CAUCHO GRANULADO Fc = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	04/03/2020	7 días	1,00	160 kg/cm <sup>2</sup>	75,0
PROBETA N° 03 DISEÑO 10% CAUCHO GRANULADO Fc = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	04/03/2020	7 días	1,00	160 kg/cm <sup>2</sup>	75,0
PROBETA N° 01 DISEÑO 15% CAUCHO GRANULADO Fc = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	04/03/2020	7 días	1,00	147 kg/cm <sup>2</sup>	70,1
PROBETA N° 02 DISEÑO 15% CAUCHO GRANULADO Fc = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	04/03/2020	7 días	1,00	148 kg/cm <sup>2</sup>	70,9
PROBETA N° 03 DISEÑO 15% CAUCHO GRANULADO Fc = 210 kg/cm <sup>2</sup>	26/02/2020	04/03/2020	7 días	1,00	148 kg/cm <sup>2</sup>	71,1

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 Table 8.2

Ratio	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor	0.95	0.90	0.85	0.80

Use interpolation to determine correction factors for L/D ratios between those given in the table.

Espec. ASTM C39

L/D Ratio	Coefficient of Variation <sup>a</sup>	Acceptable Range <sup>b</sup> of Individual Cylinder Strengths	
		2 cylinders	3 cylinders
4 to 10 in. (100 to 250 mm) Laboratory conditions	0.4%	6.4%	7.6%
4 to 10 in. (100 to 250 mm) Laboratory conditions	0.9%	6.5%	8.0%
4 to 10 in. (100 to 250 mm) Laboratory conditions	0.2%	9.0%	10.9%

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de MATESTLAB S.A.C.
- \* Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzos.

**HENRY W. SANTIAGO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 205749  
 MATESTLAB S.A.C.

**NICOLE CUMPA BARRETO**  
 GERENTE GENERAL

948650513    M2-A Lt. 24 Urb. Mayorazgo Naranjal    informes@laboratoriomatestlab.com

912462558    1da etapa, 15023, SMP    www.laboratoriomatestlab.com

Figura N° 19: Ensayo a la compresión a 7 días.



**MATESTLAB S.A.C.**  
Laboratorio de Ensayo de Materiales

Método de Prueba Estándar para la Resistencia a la Compresión de Probetas Cilíndricas de Hormigón

PROYECTO: INFLUENCIA DE LA ADICION DE CAUCHO GRANULADO EN LA RESISTENCIA A CARGA AXIAL DEL CONCRETO LIMA 2020

SOLICITANTE: MARCO ANTONIO GARCIA VASQUEZ

UBICACION DE PROYECTO: Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB S.A.C.

FECHA DE EMISION: 04/03/2020

Tipo de muestra: Concreto endurecido

Presentación: Especimenes cilíndricos 4" x 8"

Fc de diseño: 210 kg/cm2

REGISTRO N°: 2020-TST-019

REALIZADO POR: J. Escobedo

REVISADO POR: H. Flores

FECHA DE ENSAYO: 04/03/2020

TURNO: Diurno

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION EN CONCRETO ENURECIDO ASTM C39

IDENTIFICACION	FECHA DE VAGADO	FECHA DE MOTURA	EDAD	DIAMETRO	ALTURA	FUERZA MEDIDA	TIPO DE FALLA
PROBETA N° 21 DISEÑO 10% CAUCHO GRANULADO Fc = 210 kg/cm2	20/02/2020	04/03/2020	7	10.1	39	13226	4
PROBETA N° 02 DISEÑO PATRON Fc = 210 kg/cm2	20/02/2020	04/03/2020	7	10.1	20	13821	3
PROBETA N° 03 DISEÑO PATRON Fc = 210 kg/cm2	20/02/2020	04/03/2020	7	10.1	20	13951	5
PROBETA N° 01 DISEÑO 5% CAUCHO GRANULADO Fc = 210 kg/cm2	20/02/2020	04/03/2020	7	10.1	30	14182	4
PROBETA N° 10 DISEÑO 2% CAUCHO GRANULADO Fc = 210 kg/cm2	20/02/2020	04/03/2020	7	10.1	30	14231	4
PROBETA N° 05 DISEÑO 1% CAUCHO GRANULADO Fc = 210 kg/cm2	20/02/2020	04/03/2020	7	10.1	20	14400	3
PROBETA N° 04 DISEÑO 10% CAUCHO GRANULADO Fc = 210 kg/cm2	20/02/2020	04/03/2020	7	10.1	30	13845	4
PROBETA N° 07 DISEÑO 10% CAUCHO GRANULADO Fc = 210 kg/cm2	20/02/2020	04/03/2020	7	10.1	20	12702	3
PROBETA N° 08 DISEÑO 10% CAUCHO GRANULADO Fc = 210 kg/cm2	20/02/2020	04/03/2020	7	10.1	20	12876	3
PROBETA N° 09 DISEÑO 1% CAUCHO GRANULADO Fc = 210 kg/cm2	20/02/2020	04/03/2020	7	10.1	30	11762	5
PROBETA N° 06 DISEÑO 10% CAUCHO GRANULADO Fc = 210 kg/cm2	20/02/2020	04/03/2020	7	10.1	30	11828	3
PROBETA N° 08 DISEÑO 10% CAUCHO GRANULADO Fc = 210 kg/cm2	20/02/2020	04/03/2020	7	10.1	30	11954	5

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra su calibración y fecha con el personal técnico de MATESTLAB S.A.C.
- \* Los resultados cumplen con la relación mínima requerida por lo que no hay necesidad de ajustes

EQUIPO UTILIZADO			
EQUIPO	CÓDIGO	F. CALIBRACION	N° CERT. CALIBRACION
Balanza digital Ohaus 5000g x 0.1g	ING-132	25/01/2020	CDR-A20-529
Balanza digital Ohaus 15000g x 1g	ING-138	25/01/2020	CDR-A20-530
Balanza digital Ohaus 2500g x 0.01g	ING-136	24/01/2020	CDR-A20-542
Termo digital Tencor 195L 3" a 300°C	ING-098	24/01/2020	CDR-A20-543



**MATESTLAB S.A.C.**  
Laboratorio de Ensayo de Materiales

.....  
**HENRY W. SANTIAGO FLORES**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 205749  
MATESTLAB S.A.C.

**MATESTLAB S.A.C.**  
RUC: 20604738572

.....  
**NICOLLE CUMPA BARRETO**  
GERENTE GENERAL

948650513  
912462558

Mz. A Lt. 34 Urb. Mayorazgo Naranjal  
3da etapa, 15023, SMP

informes@laboratoriomatestlab.com  
www.laboratoriomatestlab.com

Fuente: Laboratorio de materiales y concreto MatestLab.

Figura N° 20: Ensayo estándar a la compresión a 7 días.

Fuente: Laboratorio de materiales y concreto MatestLab.

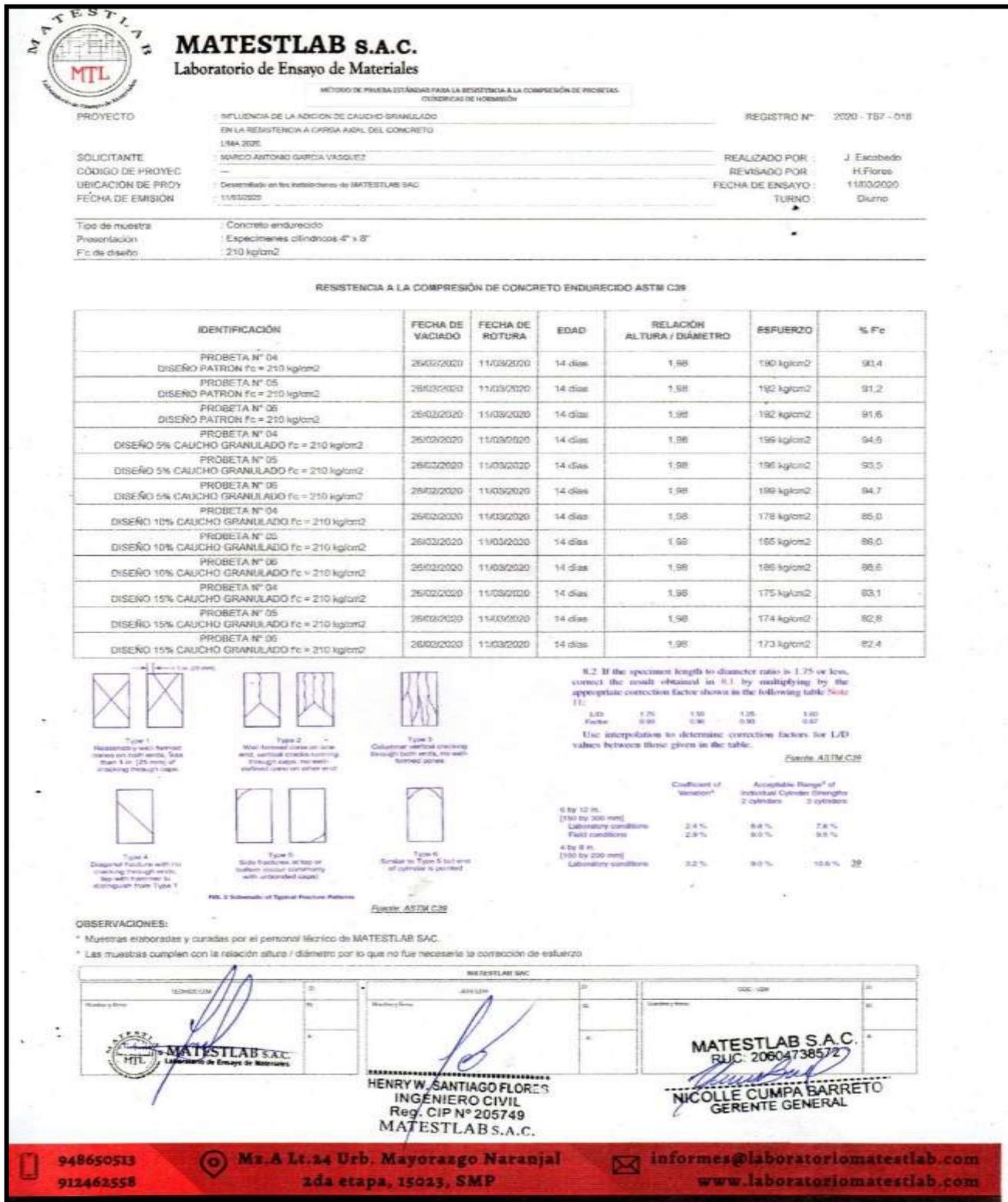


Figura N° 21: Ensayo a la compresión a 14 días.

Fuente: Laboratorio de materiales y concreto MatestLab.

**MATESTLAB S.A.C.**  
Laboratorio de Ensayo de Materiales

METODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PRUEBAS CILINDRICAS DE HORMIGÓN

PROYECTO: INFLUENCIA DE LA ADICION DE CAUCHO GRANULADO EN LA RESISTENCIA A CARGA AXIAL DEL CONCRETO

EDIFICANTE: MARCO ANTONIO GARCIA VÁSQUEZ

CÓDIGO DE PROYECTO: ---

UBICACIÓN DE PROYECTO: ---

FECHA DE EMISIÓN: 11/03/2020

REGISTRO N°: 2020 - TCT - 818

REALIZADO POR: J. Escobedo

REVISADO POR: H. Flores

FECHA DE ENSAYO: 11/03/2020

TURNO: ---

Tipo de muestra: Control estándar

Presentación: Especificaciones estándares 4" x 8"

Fu de diseño: 145 kg/cm<sup>2</sup>

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CONCRETO ENCLAVADO ASTM C81

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VENCIMIENTO	FECHA DE DICTAMEN	EDAD	DIÁMETRO	ALTIMA	FUERZA MÁXIMA	TIPO DE FALLA
PROBETA N° 04 DISEÑO 145 kg/cm <sup>2</sup> F <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	10/03/2020	11/03/2020	14	15.1	30	10307	3
PROBETA N° 05 DISEÑO 145 kg/cm <sup>2</sup> F <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	10/03/2020	11/03/2020	14	15.1	30	10286	3
PROBETA N° 06 DISEÑO 145 kg/cm <sup>2</sup> F <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	10/03/2020	11/03/2020	14	15.1	30	10207	4
PROBETA N° 04 DISEÑO 145 kg/cm <sup>2</sup> F <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	10/03/2020	11/03/2020	14	15.1	30	10307	4
PROBETA N° 05 DISEÑO 145 kg/cm <sup>2</sup> F <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	10/03/2020	11/03/2020	14	15.1	30	10226	4
PROBETA N° 06 DISEÑO 145 kg/cm <sup>2</sup> F <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	10/03/2020	11/03/2020	14	15.1	30	10204	4
PROBETA N° 04 DISEÑO 145 kg/cm <sup>2</sup> F <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	10/03/2020	11/03/2020	14	15.1	30	10207	4
PROBETA N° 05 DISEÑO 145 kg/cm <sup>2</sup> F <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	10/03/2020	11/03/2020	14	15.1	30	10206	3
PROBETA N° 06 DISEÑO 145 kg/cm <sup>2</sup> F <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	10/03/2020	11/03/2020	14	15.1	30	10207	3
PROBETA N° 04 DISEÑO 145 kg/cm <sup>2</sup> F <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	10/03/2020	11/03/2020	14	15.1	30	10207	4
PROBETA N° 05 DISEÑO 145 kg/cm <sup>2</sup> F <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	10/03/2020	11/03/2020	14	15.1	30	10207	3
PROBETA N° 06 DISEÑO 145 kg/cm <sup>2</sup> F <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	10/03/2020	11/03/2020	14	15.1	30	10207	3

OBSERVACIONES

\* Muestras fabricadas y curadas por el personal técnico de MATESTLAB S.A.C.

\*\* Las muestreas corresponden con los estándares ASTM C 818 donde se le hace referencia la comprensión de unidades.

EQUIPO UTILIZADO			
EQUIPO	CODIGO	F. CALIBRACIÓN	N° CERT. CALIBRADOR
Balanza digital Ohaus 5000g ± 0.1g	860-132	22/01/2020	CCR-420-325
Balanza digital Ohaus 10000g ± 1g	860-138	22/01/2020	CCR-420-330
Balanza digital Sartorius 2500g ± 0.01g	820-135	24/01/2020	CCR-420-342
Termómetro digital TMC 0" a 200°C	860-098	24/01/2020	CCR-420-342

**MATESTLAB S.A.C.**  
Laboratorio de Ensayo de Materiales

**HENRY W. SANTIAGO FLORES**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 205749  
MATESTLAB S.A.C.

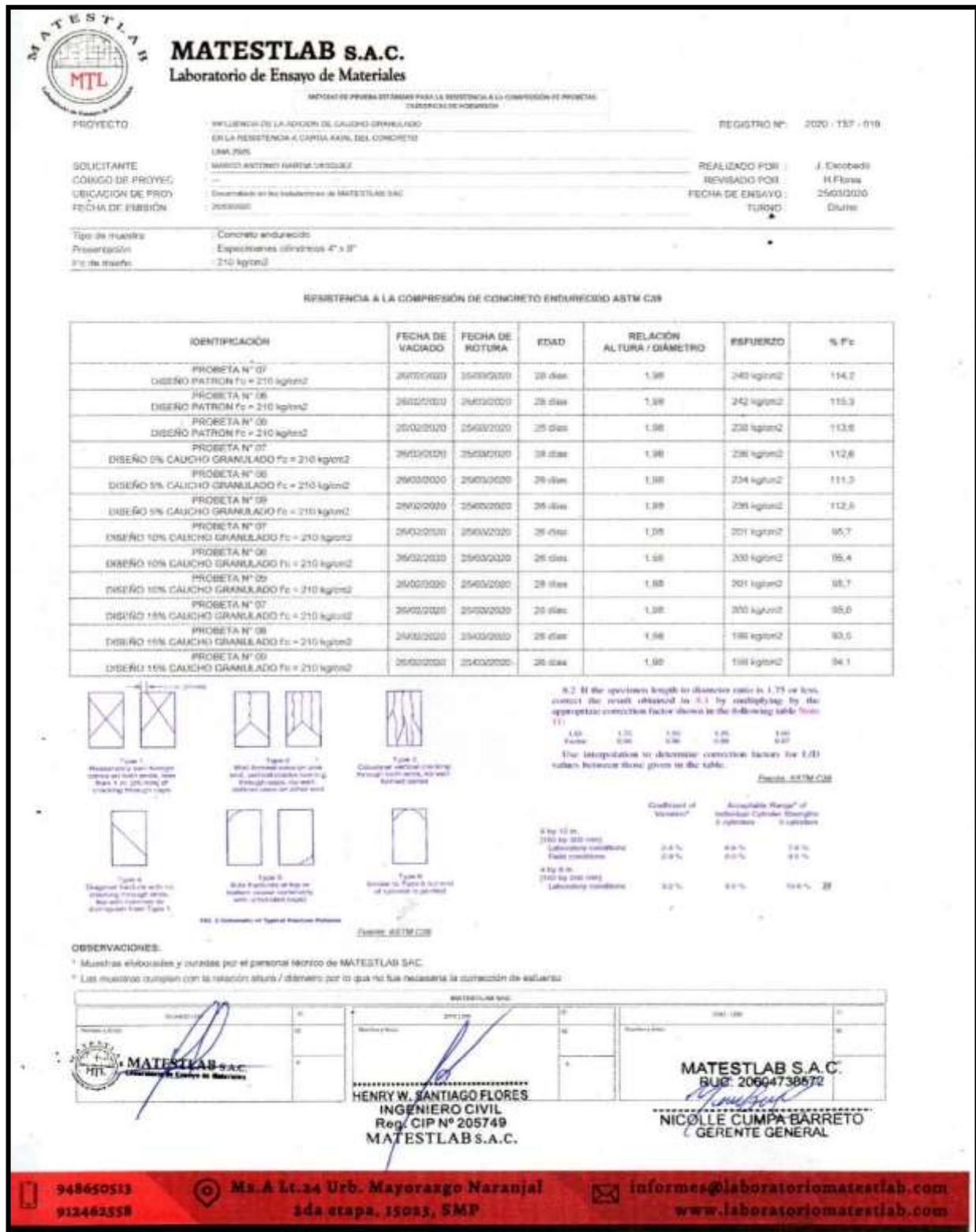
**MATESTLAB S.A.C.**  
RUC: 20604738572  
**NICOLLE CUMPA BARRETO**  
GERENTE GENERAL

948650513  
912462558

Mz. A Lt. 24 Urb. Mayorazgo Naranjal  
2da etapa, 15023, SMP

informes@laboratoriomatestlab.com  
www.laboratoriomatestlab.com

Figura N° 22: Ensayo estándar a la compresión a 14 días.



Fuente: Laboratorio de materiales y concreto MatestLab.

**MATESTLAB S.A.C.**  
Laboratorio de Ensayo de Materiales

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PRUEBAS  
CUBICULARES HORIZONTALES

REGISTRO N°: 2025-107-019

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LA ADICION DE CAUCHO GRANULADO EN LA RESISTENCIA A CARGA AXIAL DEL CONCRETO LÍNEA 3026

**SOLICITANTE:** MARCO ANTONIO GARCIA VÁSQUEZ

**DIRECCIÓN DE PROYECTO:** Detallado en las instalaciones de MATESTLAB S.A.C.

**FECHA DE EMISIÓN:**

**REALIZADO POR:** J. Sánchez Flores

**REVISADO POR:** J. Sánchez Flores

**FECHA DE ENSAYO:** 25/03/2025

**LUGAR:**

**Tipo de muestra:** Cilindro estándar

**Presentación:** Capacitacion cilindros 4" x 2"

**Fecha de envío:** 25/03/2025

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CONCRETO ENFRIADO ASTM C39

IDENTIFICACION	FECHA DE VALORES	FECHA DE RECTIFICA	ESPESES	DIAMETRO	ALTEZA	FUERZA MÁXIMA	TIPO DE FUELLA
PROBETA N° 01 CONCRETO Fc = 210 kg/cm²	25/03/2025	25/03/2025	38	49.1	30	11007	3
PROBETA N° 02 CONCRETO Fc = 210 kg/cm²	25/03/2025	25/03/2025	38	49.1	30	11436	4
PROBETA N° 03 CONCRETO Fc = 210 kg/cm²	25/03/2025	25/03/2025	38	49.1	30	12106	4
PROBETA N° 04 CONCRETO Fc = 210 kg/cm²	25/03/2025	25/03/2025	38	49.1	30	12845	4
PROBETA N° 05 CONCRETO Fc = 210 kg/cm²	25/03/2025	25/03/2025	38	49.1	30	11379	3
PROBETA N° 06 CONCRETO Fc = 210 kg/cm²	25/03/2025	25/03/2025	38	49.1	30	11826	4
PROBETA N° 07 CONCRETO Fc = 210 kg/cm²	25/03/2025	25/03/2025	38	49.1	30	11932	4
PROBETA N° 08 CONCRETO Fc = 210 kg/cm²	25/03/2025	25/03/2025	38	49.1	30	11858	3
PROBETA N° 09 CONCRETO Fc = 210 kg/cm²	25/03/2025	25/03/2025	38	49.1	30	11897	4
PROBETA N° 10 CONCRETO Fc = 210 kg/cm²	25/03/2025	25/03/2025	38	49.1	30	11907	4
PROBETA N° 11 CONCRETO Fc = 210 kg/cm²	25/03/2025	25/03/2025	38	49.1	30	12720	3
PROBETA N° 12 CONCRETO Fc = 210 kg/cm²	25/03/2025	25/03/2025	38	49.1	30	12214	4

**REMARKS:**

\* Muestra obtenida y enviada por el personal técnico de MATESTLAB S.A.C.

\* Las muestras cumplen con la norma ASTM C39 que se fue realizada la calibración de las mismas

EQUIPO UTILIZADO			
EQUIPO	CODIGO	F. CALIBRACION	N° CERT. CALIBRACION
Balanza digital Ohaus R200g x 0.1g	889-132	25/01/2020	CDR-AIS-329
Balanza digital Ohaus 15000g x 1g	889-130	25/01/2020	CDR-AIS-330
Balanza digital Sartorius 2500g x 0.01g	889-133	24/01/2020	CDR-AIS-342
Horno digital Temprotec 180.4" x 300" C	889-136	24/01/2020	CDR-AIS-343

MATESTLAB S.A.C.

**HENRY W. SANTIAGO FLORES**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 205749  
MATESTLAB S.A.C.

MATESTLAB S.A.C.

RUC: 20604738572

**NICOLLE CUMPA BARETO**  
GERENTE GENERAL

948650533  
912462558

Mz.A Lt.24 Urb. Mayorazgo Naranjal  
2da etapa, 15023, SMP

informes@laboratoriomatestlab.com  
www.laboratoriomatestlab.com

Figura N° 24: Ensayo estándar la compresión a 28 días.

Fuente: Laboratorio de materiales y concreto MatestLab.



**MATESTLAB S.A.C.**  
Laboratorio de Ensayo de Materiales

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - C200/25/30

PROYECTO	INFLUENCIA DE LA ADICION DE CAUCHO GRANULADO EN LA RESISTENCIA A CARGA AXIAL DEL CONCRETO LIMA 2020	REGISTRO N°: 2020-157-018
SOLICITANTE	MARCO ANTONIO GARCIA VASQUEZ	REALIZADO POR: J. Escobedo
CÓDIGO DE PROYECTO	---	REVISADO POR: H. Flores
UBICACIÓN DE PROYECTO	Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB SAC	FECHA DE ENVÍO: 25/03/2020
FECHA DE EMISIÓN	25/03/2020	TÍTULO: Diseño

Tipo de muestra: Diseño Plano / Diseño 5% Caucho Granulado / Diseño 10% Caucho Granulado / Diseño 15% Caucho Granulado  
Presentación: Prisma de concreto endurecido  
Fin de diseño: 210 kg/cm<sup>2</sup>

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VENCIDO	FECHA DE ROTURA	EDAD	ALTURA	ANCHO	FUERZA MÁXIMA	UBICACIÓN DE FALLA
Concreto Plano	26/02/2020	26/02/2020	28	14.1	15.1	1890	TERCIO CENTRAL
Concreto Plano	26/02/2020	26/02/2020	28	14.1	15.1	1870	TERCIO CENTRAL
Concreto 5 % Caucho Granulado	26/02/2020	26/02/2020	28	15.1	15.1	1920	TERCIO CENTRAL
Concreto 5 % Caucho Granulado	26/02/2020	26/02/2020	28	15.1	15.1	1810	TERCIO CENTRAL
Concreto 10 % Caucho Granulado	26/02/2020	26/02/2020	28	15.1	15.1	1920	TERCIO CENTRAL
Concreto 10 % Caucho Granulado	26/02/2020	26/02/2020	28	15.1	15.1	1880	TERCIO CENTRAL
Concreto 15 % Caucho Granulado	26/02/2020	26/02/2020	28	15.1	15.1	1940	TERCIO CENTRAL
Concreto 15 % Caucho Granulado	26/02/2020	26/02/2020	28	15.1	15.1	1750	TERCIO CENTRAL

OBSERVACIONES  
\* Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de MATESTLAB SAC.  
\* Las muestras cumplen con los requisitos especificados en la norma de ensayo.

EQUIPO	CÓDIGO	F. CALIBRACION	N° CERT. CALIBRACION
Balanza digital Ohaus 6000g x 0.1g	890-132	25/01/2020	CDR-A20-320
Balanza digital Ohaus 15000g x 1g	895-136	23/01/2020	CDR-A20-330
Balanza digital Sartorius 2500g x 0.01g	890-139	24/01/2020	CDR-A20-342
Horno digital Termostato 19BL 0° a 300°C	895-088	24/01/2020	CDR-A20-343



**MATESTLAB S.A.C.**  
Laboratorio de Ensayo de Materiales



**HENRY W. SANTIAGO FLORES**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 205749  
MATESTLAB S.A.C.



**MATESTLAB S.A.C.**  
RUC: 20604738572

**NICOLLE CUMPA BARRETO**  
GERENTE GENERAL

948650533  
912462558

Mz. A Lt. 24 Urb. Mayorazgo Naranjal  
ada etapa, 15023, SMP

Informes@laboratoriomatestlab.com  
www.laboratoriomatestlab.com

Figura N° 25: Ensayo módulo de rotura.

Fuente: Laboratorio de materiales y concreto MatestLab.



**MATESTLAB s.a.c.**  
Laboratorio de Ensayo de Materiales

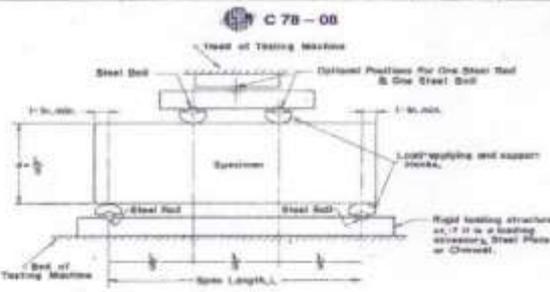
MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO

PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO GRANULADO EN LA RESISTENCIA A CARGA AXIAL DEL CONCRETO	REGISTRO N°:	2020 - TET - 015
SOLICITANTE:	MARCO ANTONIO GARCÍA VÁSQUEZ	REALIZADO POR:	J. Encobedo
CÓDIGO DE PROYECTO:	---	REVISADO POR:	H. Flores
UBICACIÓN DE PROYECTO:	Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB SAC	FECHA DE ENSAYO:	25/03/2020
FECHA DE EMISIÓN:	2020/03/25	TURNO:	Diurno

Tipo de muestra: Diseño Patrón / Diseño 5% Caucho Granulado / Diseño 10% Caucho Granulado / Diseño 15% C.  
Presentación: Plumas de concreto empujado  
P.L. de diseño: 210 kg/cm<sup>2</sup>

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
Concreto Patrón	25/02/2020	25/03/2020	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	25 kg/cm <sup>2</sup>
Concreto Patrón	25/02/2020	25/03/2020	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	25 kg/cm <sup>2</sup>
Concreto 5 % Caucho Granulado	25/02/2020	25/03/2020	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	26 kg/cm <sup>2</sup>
Concreto 5 % Caucho Granulado	25/02/2020	25/03/2020	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	29 kg/cm <sup>2</sup>
Concreto 10 % Caucho Granulado	25/02/2020	25/03/2020	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	26 kg/cm <sup>2</sup>
Concreto 10 % Caucho Granulado	25/02/2020	25/03/2020	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	26 kg/cm <sup>2</sup>
Concreto 15 % Caucho Granulado	25/02/2020	25/03/2020	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	24 kg/cm <sup>2</sup>
Concreto 15 % Caucho Granulado	25/02/2020	25/03/2020	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	23 kg/cm <sup>2</sup>



C 78 - 08  
From ASTM C78

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de MATESTLAB SAC.
- \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.

 <b>HENRY W. SANTIAGO FLORES</b> INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 205749 MATESTLAB S.A.C.	 <b>NICOLLE CUMPA BARRETO</b> GERENTE GENERAL
---	---

948650313  
912462558

Mz. A Lt. 24 Urb. Mayorazgo Naranjal  
1da etapa, 15033, SMP

informes@laboratoriomatestlab.com  
www.laboratoriomatestlab.com

Figura N° 26: Ensayo estándar para determinar el módulo de rotura.

Fuente: Laboratorio de materiales y concreto MatestLab.

### **ANEXO N° 03: DISEÑO MEZCLA MÉTODO ACI**

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO  
MÉTODO DEL ACI 211

PROYECTO	: INFLUENCIA DE LA ADICION DE CAUCHO GRANULADO EN LA RESISTENCIA A CARGA AXIAL DEL CONCRETO LIMA 2020	REGISTRO N°	: 2020 - 187 - 011
SOLICITANTE	: MARCO ANTONIO GARCIA VASQUEZ	REALIZADO POR	: Marco Garcia
CÓDIGO DE PROYECTO	: -	REVISADO POR	: H.Flores
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAS SAC	FECHA DE VACIADO	: 25/02/2020
FECHA DE EMISIÓN	: 26/02/2020	TURNO	: Diurno
Agregado	: Ag. Grueso / Ag. Fino	F'c de diseño	: 210 kg/cm <sup>2</sup>
Procedencia	: AGREGADOS DE FERRETERIA	Asentamiento	: 3" - 4"
Cemento	: Cemento SOL Tipo 1	Código de mezcla	: <b>PATRON</b>

1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA

$F'_{cr} = 294$

2. RELACIÓN AGUA CEMENTO

$R_{ac} = 0.56$

3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA

Agua = 205 L

4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO

Aire = 2.0%

5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO

Cemento = 366 kg

6. FACTOR CEMENTO

Bolsas x m<sup>3</sup> = 8.6 Bolsas

8. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS

INGREDIENTE	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. RHEZA	P.U. SUELTO	TM
Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m <sup>3</sup>	0.1162 m <sup>3</sup>					
Agua	1000 kg/m <sup>3</sup>	0.2050 m <sup>3</sup>					
Aire	—	0.0200 m <sup>3</sup>					
Agregado grueso	2783 kg/m <sup>3</sup>	—	2.10%	0.53%	6.67	1508	34
Agregado fino	2560 kg/m <sup>3</sup>	—	3.30%	1.79%	3.20	1005	
Volumen de pasta		0.3412 m <sup>3</sup>					
Volumen de agregados		0.6386 m <sup>3</sup>					

10. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS

Agregado grueso = 0.3600 m<sup>3</sup> = 1032 kg

Agregado fino = 0.2386 m<sup>3</sup> = 765 kg

11. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD

Agregado grueso 1023 kg

Agregado fino 790 kg

12. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD

Agua 178 L

13. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA 0.05 m<sup>3</sup>

Cemento SOL Tipo 1 18.30 kg

Agua 5.33 L

Agregado grueso 51.60 kg

Agregado fino 38.70 kg

Clump Obtenido 4"

14. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA

CEM - A.F. - A.G. - AGUA

1 : 2.2 : 2.78 : 20.6 L / bolsa



DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO  
MÉTODO DEL ACI 211

PROYECTO	: INFLUENCIA DE LA ADICION DE CAUCHO GRANULADO EN LA RESISTENCIA A CARGA AXIAL DEL CONCRETO LMA 2020.	REGISTRO N°:	2020 - T87 - 012
SOLICITANTE	: MARCO ANTONIO GARCIA VASQUEZ	REALIZADO POR :	Marco García
CÓDIGO DE PROYECTO	: ---	REVISADO POR :	H Flores
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB SAC	FECHA DE VACIADO :	26/02/2020
FECHA DE EMISIÓN	: 26/02/2020	TURNO :	Diurno
Agregado	: Ag. Grueso / Ag. Fino	F'c de diseño:	210 kg/cm2
Procedencia	: AGREGAGOS DE FERRETERIA	Asentamiento:	3" - 4"
Cemento	: Cemento SOL Tipo 1	Código de mezcla:	5%

1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA

$F'_{cr} = 294$

5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO

Cemento = 366 kg

2. RELACIÓN AGUA CEMENTO

$f_{w/c} = 0.56$

6. FACTOR CEMENTO

Bolsas x m<sup>3</sup> = 8.6 Bolsas

3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA

Agua = 205 L

7. CÁLCULO DE CAUCHO GRANULADO

18.30 kg x m<sup>3</sup> = 5.0% / Cto

4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO

Aire = 2.0%

9. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO
Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m <sup>3</sup>	0.1162 m <sup>3</sup>
Agua	1000 kg/m <sup>3</sup>	0.2050 m <sup>3</sup>
Aire	---	0.0200 m <sup>3</sup>

		HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	TM
Agregado grueso	2783 kg/m <sup>3</sup>	---	2.10%	0.53%	6.67	1500
Agregado fino	2560 kg/m <sup>3</sup>	---	3.30%	1.79%	3.30	1555
	Volumen de pasta					
	Volumen de agregados					
		0.3412 m <sup>3</sup>				
		0.6588 m <sup>3</sup>				

10. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS

Agregado grueso = 0.3600 m<sup>3</sup> = 1002 kg

Agregado fino = 0.2988 m<sup>3</sup> = 765 kg

13. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA 0.03 m<sup>3</sup>

Cemento SOL Tipo 1 10.98 kg

Agua 5.33 L

Agregado grueso 30.69 kg

Agregado fino 23.70 kg

Slump Obtenido 3"

Caucho granulado 0.55 kg

11. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD

Agregado grueso 1023 kg

Agregado fino 790 kg

12. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD

Agua 178 L

14. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA

CEM A.F. A.G. AGUA

1 : 2.2 : 2.79 : 20.6 L / bolsa

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO  
MÉTODO DEL ACI 211

PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ADICION DE CAUCHO GRANULADO EN LA RESISTENCIA A CARGA AXIAL DEL CONCRETO  
LMA 2020.  
SOLICITANTE : MARCO ANTONIO GARCIA VASQUEZ  
CÓDIGO DE PROYECTO :  
UBICACIÓN DE PROYECTO : Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB SAC  
FECHA DE EMISIÓN : 28/02/2020

REGISTRO N°: 2020 - T87 - 013  
REALIZADO POR : Marco García  
REVISADO POR : H. Flores  
FECHA DE VACIADO : 26/02/2020  
TURNOS : Diurno

Agregado : Ag. Grueso / Ag. Fino F'c de diseño: 210 kg/cm<sup>2</sup>  
Procedencia : AGREGADOS DE FERRETERIA Asentamiento: 3" - 4"  
Cemento : Cemento SOL Tipo 1 Código de mezcla: 10%

1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA

F'cr = 294

2. RELACIÓN AGUA CEMENTO

R/aic = 0.56

3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA

Agua = 205 L

4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO

Aire = 2.0%

5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO

Cemento = 366 kg

6. FACTOR CEMENTO

Bolsas x m<sup>3</sup> = 8.6 Bolsas

7. CÁLCULO DE CAUCHO GRANULADO

38.61 kg x m<sup>3</sup> = 10.0% / Cto

9. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO
Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m <sup>3</sup>	0.1162 m <sup>3</sup>
Agua	1000 kg/m <sup>3</sup>	0.2050 m <sup>3</sup>
Aire	---	0.0200 m <sup>3</sup>

	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	TM
Agregado grueso	2783 kg/m <sup>3</sup>	---	2.10%	0.53%	6.67
Agregado fino	2560 kg/m <sup>3</sup>	---	3.30%	1.79%	3.30

Volumen de pasta 0.3412 m<sup>3</sup>

Volumen de agregados 0.6588 m<sup>3</sup>

10. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS

Agregado grueso = 0.3600 m<sup>3</sup> = 1002 kg

Agregado fino = 0.2988 m<sup>3</sup> = 765 kg

11. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD

Agregado grueso 1023 kg

Agregado fino 790 kg

12. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD

Agua 178 L

13. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA 0.03 m<sup>3</sup>

Cemento SOL Tipo 1 10.98 kg

Agua 5.33 L

Agregado grueso 30.65 kg

Agregado fino 23.70 kg

Slump Obtenido **4 1/2"**

Caucho granulado 1.10 kg

14. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA

CEM A.F. A.G. AGUA

1 : 2.2 : 2.79 : 20.6 L / bolsa

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO  
MÉTODO DEL ACI 211

PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ADICION DE CAUCHO GRANULADO EN LA RESISTENCIA A CARGA AXIAL DEL CONCRETO  
LMA 2020  
SOLICITANTE : MARCO ANTONIO GARCIA VASQUEZ  
CÓDIGO DE PROYECTO :  
UBICACIÓN DE PROYECTO : Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB SAC  
FECHA DE EMISIÓN : 26/02/2020

REGISTRO N°: 2020 - T87 - 014

REALIZADO POR : Marco García  
REVISADO POR : H. Florea  
FECHA DE VACIADO : 26/02/2020  
TURNO : Diurno

Agregado : Ag. Grueso / Ag. Fino  
Procedencia : AGREGADOS DE FERRETERIA  
Cemento : Cemento SOL Tipo 1

Fc de diseño : 210 kg/cm<sup>2</sup>  
Asentamiento : 3" - 4"  
Código de mezcla : 15%

1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA

$F'_{cr} = 204$

2. RELACIÓN AGUA CEMENTO

$R_{a/c} = 0.56$

3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA

Agua = 205 L

4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO

Aire = 2.0%

5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO

Cemento = 366 kg

6. FACTOR CEMENTO

Bolsas x m<sup>3</sup> = 8.6 Bolsas

7. CÁLCULO DE CAUCHO GRANULADO

54.91 kg x m<sup>3</sup> = 15.0% / Cto.

9. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO
Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m <sup>3</sup>	0.1162 m <sup>3</sup>
Agua	1000 kg/m <sup>3</sup>	0.2050 m <sup>3</sup>
Aire	---	0.0200 m <sup>3</sup>
Agregado grueso	2783 kg/m <sup>3</sup>	---
Agregado fino	2560 kg/m <sup>3</sup>	---

Volumen de pasta : 0.3412 m<sup>3</sup>  
Volumen de agregados : 0.6588 m<sup>3</sup>

	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. PINEZA	P. U. SUELTO	TM
Agregado grueso	2.10%	0.53%	6.67	1506	3/4
Agregado fino	3.30%	1.79%	3.30	1555	

10. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS

Agregado grueso = 0.3800 m<sup>3</sup> = 1002 kg

Agregado fino = 0.2988 m<sup>3</sup> = 765 kg

11. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD

Agregado grueso : 1023 kg

Agregado fino : 790 kg

12. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD

Agua : 178 L

13. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA : 0.03 m<sup>3</sup>

Cemento SOL Tipo 1 : 10.98 kg  
Agua : 5.33 L  
Agregado grueso : 30.69 kg  
Agregado fino : 23.70 kg  
Slump Obtenido : 2 1/2"  
Caucho granulado : 1.65 kg

14. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA

CEM A.F. A.G. AGUA  
1 : 2.2 : 2.79 : 20.6 L / bolsa

## **ANEXO N° 04: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN**



## 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 - LM - 094 - 2019

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

<b>1. Expediente</b>	<b>800-2019</b>	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).
<b>2. Solicitante</b>	<b>INGEOCONTROL S.A.C.</b>	
<b>3. Dirección</b>	MZA. B LOTE. 11 URB. AMPLIACION LOS PORTALES DE CHAVIN 4TA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES	Los resultados son válidos 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.
<b>4. Equipo de medición</b>	<b>BALANZA ELECTRÓNICA</b>	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.
<b>Capacidad Máxima</b>	<b>30000 g</b>	
<b>División de escala (d)</b>	<b>1 g</b>	
<b>Div. de verificación (e)</b>	<b>10 g</b>	
<b>Clase de exactitud</b>	<b>II</b>	
<b>Marca</b>	<b>OHAUS</b>	
<b>Modelo</b>	<b>R21PE30ZH</b>	
<b>Número de Serie</b>	<b>B845372630</b>	
<b>Capacidad mínima</b>	<b>20 g</b>	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
<b>Procedencia</b>	<b>U.S.A.</b>	
<b>Identificación</b>	<b>NO INDICA</b>	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
<b>5. Fecha de Calibración</b>	<b>2019-02-13</b>	

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

Figura N° 27: Protocolo de Ensayo de control de calidad del Agregado fino y grueso.  
Fuente: Laboratorio de materiales y concreto MatestLab.



# 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 Masas*

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### PT - LM - 093 - 2019

Página 1 de 4

---

<b>1. Expediente</b>	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).
<b>2. Solicitante</b>	INGEOCONTROL S.A.C.	
<b>3. Dirección</b>	MZA. B LOTE. 11 URB. AMPLIACION LOS PORTALES DE CHAVIN 4TA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES	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.
<b>4. Equipo de medición</b>	<b>BALANZA ELECTRÓNICA</b>	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.
Capacidad Máxima	600 g	
División de escala (d)	0.01 g	
Div. de verificación (e)	0.1 g	
Clase de exactitud	III	
Marca	OHAUS	
Modelo	SE602F	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Número de Serie	B824637017	
Capacidad mínima	0.2 g	
Procedencia	U.S.A.	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Identificación	NO INDICA	
<b>5. Fecha de Calibración</b>	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

Figura N° 28: : Protocolo de Ensayo de control de calidad del Agregado fino y grueso.  
Fuente: Laboratorio de materiales y concreto MatestLab.



**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-0294(ASRET)K0510  
 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 Tome TECNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JARA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286

CNC-106-2019

Página 1 de 2

Av. Circunvalación s/n Mz. B Lt. 1 Urb. Praderas de Huachipa Lurigancho - Chosica Tel.: (01) 540 7661 e-mail: servicios@celda.com.pe

Figura N° 29: Protocolo de Ensayo de control de calidad del Agregado fino y grueso.  
Fuente: Laboratorio de materiales y concreto MatestLab.



## 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 Temperatura*

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

#### PT - LT - 027 - 2019

Página 1 de 5

<b>1. Expediente</b>	800-2019	<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 válidos 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 u 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>
<b>2. Solicitante</b>	INGEOCONTROL S.A.C.	
<b>3. Dirección</b>	MZA. B LOTE. 11 URB. AMPLIACION LOS PORTALES DE CHAVIN 4TA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES	
<b>4. Equipo</b>	HORNO	
<b>Alcance Máximo</b>	300 °C	
<b>Marca</b>	PERUTEST	
<b>Modelo</b>	PT-H	
<b>Número de Serie</b>	0105	
<b>Procedencia</b>	PERÚ	
<b>Identificación</b>	NO INDICA	
<b>Ubicación</b>	NO INDICA	

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	30 °C a 300 °C	30 °C a 300 °C
División de escala / Resolución	0.1 °C	0.1 °C
Tipo	CONTROLADOR ELECTRONICO	TERMÓMETRO DIGITAL

<b>5. Fecha de Calibración</b>	2019-02-13	
<b>Fecha de Emisión</b>	Jefe del Laboratorio de Metrología	Sello
2019-02-15	 <b>MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES</b>	

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

Figura N° 30: Protocolo de Ensayo de control de calidad del Agregado fino y grueso.  
Fuente: Laboratorio de materiales y concreto MatestLab.

## **ANEXO N° 05: PANEL FOTOGRÁFICO**

Fotografía N° 4: Compra de bolsa de 30 kg de caucho granulado con el Proveedor Líder Grass.



Fotografía N° 5: Equipos para la realización de la mezcla de concreto.



Fotografía N° 6: Agregado grueso y fino trasladado al laboratorio de ensayos.



Fotografía N° 7: Moldes para ensayos de pesos unitario.



Fotografía N° 8: Toma de datos para ensayos de contenido de humedad de agregados.



Fotografía N° 9: Colocación de taras con agregados al horno para toma de datos.



Fotografía N° 10: Toma de datos para peso específico de los agregados.



Fotografía N° 11: Lavado de agregado grueso para toma de datos de peso específico.



Fotografía N° 12: Tamizado de agregados para toma de datos.



Fotografía N° 13: Moldes para ensayos de peso unitario.



Fotografía N° 14: Pesaje de cantidad de agua según diseño.



Fotografía N° 15: Pesaje de cantidad de agregado según diseño.



Fotografía N° 16: Pesaje de cantidad de caucho granulado según diseño.



Fotografía N° 17: Pesaje de cantidad de caucho granulado según diseño.



Fotografía N° 18: Inicio de preparación de mezcla.



Fotografía N° 19: Preparado de moldes para probetas.



Fotografía N° 20: Preparado de moldes para probetas.



Fotografía N° 21: Preparación de mezcla.



Fotografía N° 22: Preparación de la mezcla



Fotografía N° 23: Colocación de caucho granulado a la mezcla en



Fotografía N° 24: Vaciado de mezcla al bugguie.



Fotografía N° 25: Vaciado de mezcla al bugguie.



Fotografía N° 26: Medición de slumg.



Fotografía N° 27: Toma de medición de slump 4”.



Fotografía N° 28: Toma de medición de slump 4”.



Fotografía N° 29: Colocación por capas de la mezcla de concreto en los moldes.



Fotografía N° 30: Colocación de la mezcla de concreto en los moldes.



Fotografía N° 31: Curado de testigos de concretos.



Fotografía N° 32: Testigos listos para proceder a ensayarlo a carga axial.



Fotografía N° 33: Testigo de caucho granulado al 10% listo para ser ensayado a carga axial.



Fotografía N° 34: Ensayo a carga axial probeta al 5% de caucho granulado.



Fotografía N° 35: Falla tipo 5 en probeta de caucho granulado al 5%.



Fotografía N° 36: Falla tipo 5 en probeta de caucho granulado al 10%.



Fotografía N° 37: Display de equipo para ensayos a carga axial.



Fotografía N° 38: Testista con probetas a ensayar a los 28 días.

