

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN**

**“INFLUENCIA DE LAS PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS
DEL AGREGADO GRUESO EN LA TRABAJABILIDAD Y
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL
CONCRETO $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ”**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO DE
BACHILLER EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA CIVIL**

AUTOR : Est. JHONY ALEXANDER ALARCON GARCIA

ASESOR : Ing. WILMER ROJAS PINTADO

JAÉN – PERÚ, FEBRERO, 2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN**

**“INFLUENCIA DE LAS PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS
DEL AGREGADO GRUESO EN LA TRABAJABILIDAD Y
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL
CONCRETO $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ”**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO DE
BACHILLER EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA CIVIL**

AUTOR : Est. JHONY ALEXANDER ALARCON GARCIA

ASESOR : Ing. WILMER ROJAS PINTADO

JAÉN – PERÚ, FEBRERO, 2020



ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 25 de febrero del año 2020; siendo las 17:30 horas, se reunieron los **Miembros del Jurado Evaluador:**

Presidente **Dr. MANUEL EMILIO MILLA PINO**
Secretario **Mg. ZADITH NANCY GARRIDO CAMPAÑA**
Vocal **Mg. BILLY ALEXIS CAYATOPA CALDERÓN**

Para evaluar la Sustentación del **INFORME FINAL DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**; titulado: **INFLUENCIA DE LAS PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO $f'c=280$ kg/cm²**, presentado por el Estudiante **JHONY ALEXANDER ALARCON GARCIA** de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, los **Miembros del Jurado Evaluador acuerdan:**

() Aprobar () Desaprobar () Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

Excelente	18, 19, 20	(18)
Muy bueno	16, 17	()
Bueno	14, 15	()
Regular	13	()
Desaprobado	12 o menos	()

Siendo las 18:25 horas del mismo día, los Miembros del Jurado Evaluador concluyen el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Mg. ZADITH NANCY GARRIDO CAMPAÑA
Secretario Jurado Evaluador

Dr. MANUEL EMILIO MILLA PINO
Presidente Jurado Evaluador

Mg. BILLY ALEXIS CAYATOPA CALDERÓN
Vocal Jurado Evaluador

ÍNDICE

ÍNDICE	I
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE ANEXOS	XI
RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIII
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Formulación del problema	2
1.2. Justificación de la investigación.....	2
1.3. Formulación de la hipótesis	3
1.4. Antecedentes de la investigación	3
1.5. Bases teóricas	5
1.5.1. El Concreto.....	5
1.5.2. Componentes del Concreto.....	5
1.5.2.1. <i>Cemento.</i>	5
1.5.2.2. <i>Agua para Concreto</i>	6
1.5.2.3. <i>Agregados.</i>	6
1.5.3. Propiedades del concreto en estado fresco.	9
1.5.3.1. <i>Trabajabilidad.</i>	9
1.5.4. Propiedades del concreto en estado endurecido.	10
1.5.4.1. <i>Resistencia</i>	10
1.5.5. Partículas chatas o alargadas	12
1.5.6.1. <i>Concreto fresco</i>	12
1.5.6.2. <i>Concreto endurecido</i>	13
II. OBJETIVOS	14
2.1. General.....	14

2.2.	Específicos	14
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1.	Ubicación del proyecto	15
3.2.	Materiales	16
3.3.	Métodos.....	16
3.4.	Variables	17
3.4.1.	Variable Dependiente	17
3.4.2.	Variable independiente	17
3.5.	Diseño de la investigación	17
3.5.1.	Según su enfoque.....	17
3.5.2.	Según su alcance.....	17
3.5.3.	Según su diseño	17
3.5.4.	Línea de investigación.....	17
3.5.5.	Diseño experimental.....	18
3.6.	Instrumentos de recolección de datos	18
3.7.	Desarrollo de la investigación.....	19
3.7.1.	Evaluación y selección del agregado grueso de las plantas procesadoras de agregado.....	20
3.7.1.1.	Plantas procesadoras de agregado grueso	21
3.7.1.2.	Extracción y preparación de muestras	24
3.7.1.3.	Reducción de las muestras a tamaño de ensayo.....	24
3.7.1.4.	Análisis granulométrico	25
3.7.1.5.	Partículas chatas y alargadas del agregado grueso	26
3.7.2.	Selección de los materiales para la elaboración del concreto.....	27
3.7.2.1.	Cemento	27
3.7.2.2.	Agua.....	28
3.7.2.3.	Partículas chatas y alargadas del agregado grueso	28
3.7.2.4.	Agregado Fino	28

3.7.2.5.	Agregado grueso	29
3.7.3.	Ensayos para determinar las características físicas de los agregados.....	29
3.7.3.1.	Extracción y preparación de muestras	29
3.7.3.2.	Reducción de las muestras de agregados a tamaño de ensayo.....	29
3.7.3.3.	Contenido de humedad	30
3.7.3.4.	Cantidad de material fino que pasa el tamiz N° 200.....	31
3.7.3.5.	Análisis granulométrico de los agregados	33
3.7.3.6.	Peso específico y absorción del agregado fino	36
3.7.3.7.	Peso específico y absorción del agregado grueso.	37
3.7.3.8.	Peso unitario de los agregados.....	39
3.7.4.	Diseño de mezcla.....	41
3.7.4.1.	Determinación de la resistencia promedio o resistencia requerida (f'_{cr})...	41
3.7.4.2.	Selección del asentamiento (slump).....	42
3.7.4.3.	Selección del tamaño máximo nominal del agregado.....	42
3.7.4.4.	Estimación del agua de mezcla.....	42
3.7.4.5.	Estimación del aire atrapado	43
3.7.4.6.	Elección de la relación agua cemento	44
3.7.4.7.	Cálculo de la cantidad de cemento.....	44
3.7.4.8.	Cálculo del volumen de agregado grueso	45
3.7.4.9.	Determinación de volúmenes absolutos.....	46
3.7.4.10.	Cálculo del volumen de agregado fino	46
3.7.4.11.	Valores de diseño.....	47
3.7.4.12.	Corrección de materiales por humedad.....	47
3.7.5.	Proceso de incorporación de partículas chatas y alargadas del agregado grueso	49
3.7.6.	Elaboración del concreto.	50
3.7.6.1.	Materiales.....	50
3.7.6.2.	Equipos	50
3.7.6.3.	Metodología.....	50

3.7.7.	Ensayos en concreto fresco	51
3.7.7.1.	Asentamiento del concreto (slump)	52
3.7.7.2.	Peso unitario y rendimiento.	53
3.7.7.3.	Contenido de aire en el concreto fresco método de presión.	54
3.7.8.	Ensayos en concreto endurecido.....	54
3.7.8.1.	Elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio.....	54
3.7.8.2.	Resistencia a la compresión del concreto en especímenes cilíndricos.....	55
3.7.8.3.	Resistencia a la flexión del concreto en especímenes prismáticos	57
IV.	RESULTADOS.....	59
4.1.	Evaluación y selección del agregado grueso de las plantas procesadoras	59
4.2.	Características físicas de los agregados	60
4.2.1.	Granulometría.....	60
4.2.2.	Peso específico y absorción.....	62
4.2.3.	Peso unitario	63
4.2.4.	Contenido de humedad	64
4.3.	Resultados del diseño de mezcla.....	65
4.4.	Ensayos de concreto en estado fresco	65
4.4.1.	Ensayos de asentamiento, contenido de aire y peso unitario.....	66
4.5.	Ensayos de concreto en estado endurecido	67
4.5.1.	Ensayo de resistencia a la compresión	67
4.5.2.	Ensayo de resistencia a la flexión.....	68
4.6.	Análisis estadístico.....	69
4.6.1.	Resultados analizados en concreto fresco	69
4.6.2.	Resultados analizados en concreto endurecido	70
4.6.2.1.	Análisis de la resistencia a la compresión de dosificaciones	70
4.6.2.2.	Análisis de la resistencia a la flexión de dosificaciones	71
V.	DISCUSIÓN	73
5.1.	De las partículas chatas y alargadas del agregado grueso.....	73

5.2.	De los componentes del concreto.....	73
5.3.	Del diseño de mezclas.....	74
5.4.	De los ensayos de concreto en estado fresco.....	74
5.4.1.	Ensayo de asentamiento del concreto (Slump).....	74
5.4.2.	Ensayo de contenido de aire	75
5.4.3.	Ensayo de peso unitario.....	75
5.5.	De los ensayos de concreto en estado endurecido.....	75
5.5.1.	Ensayo de resistencia a la compresión del concreto.....	75
5.5.2.	Ensayo de resistencia a la flexión del concreto	76
5.6.	Discusión respecto a los antecedentes.....	76
5.7.	Del análisis estadístico	78
5.7.1.	Análisis estadístico de la resistencia a la compresión	79
5.7.2.	Análisis estadístico de la resistencia a la flexión.....	81
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	85
6.1.	CONCLUSIONES	85
6.2.	RECOMENDACIONES	86
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
	DEDICATORIA.....	89
	AGRADECIMIENTO.....	90
	ANEXOS.....	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de cemento portland	5
Tabla 2. Requisitos para el agua de mezclado.....	6
Tabla 3. Granulométricos para el agregado fino.	7
Tabla 4. Requisitos granulométricos del agregado grueso.....	8
Tabla 5. Clases de mezclas según su asentamiento.....	9
Tabla 6. Valores recomendados de resistencia del concreto según rango de tráfico.....	12
Tabla 7. Métodos de ensayos utilizados y normativa correspondiente.	16
Tabla 8. Cantidad de ensayos por dosificación.	18
Tabla 9. Localización de plantas procesadoras de agregado grueso.	20
Tabla 10. Composición química del Cemento Pacasmayo Tipo ICo.....	27
Tabla 11. Propiedades Físicas del Cemento Pacasmayo Tipo ICo.....	27
Tabla 12. Resumen de las propiedades físicas de los componentes del concreto.	41
Tabla 13. Valores de asentamiento para diferentes tipos de obra	42
Tabla 14. Volumen unitario de agua.	43
Tabla 15. Contenido de aire atrapado	43
Tabla 16. Relación Agua/Cemento por Resistencia	44
Tabla 17. Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.....	45
Tabla 18. Resumen de cantidad de materiales secos	47
Tabla 19. Resumen de cantidad de materiales corregidos por humedad.....	48
Tabla 20. Porcentaje de partículas chatas y alargadas del agregado grueso.....	59
Tabla 21. Análisis granulométrico del agregado fino.....	60
Tabla 22. Análisis granulométrico del agregado grueso.	61
Tabla 23. Peso específico y absorción del agregado fino.....	62
Tabla 24. Peso específico y absorción del agregado grueso.....	62
Tabla 25. Peso unitario suelto del agregado fino.	63
Tabla 26. Peso unitario compactado del agregado fino.....	63
Tabla 27. Peso unitario suelto del agregado grueso.	63
Tabla 28. Peso unitario compactado del agregado grueso.....	64
Tabla 29. Contenido de humedad del agregado fino	64
Tabla 30. Contenido de humedad del agregado grueso.....	64

Tabla 31. Materiales de diseño húmedos utilizado para concretos adicionados con diferentes porcentajes de partículas chatas y alargadas del agregado grueso.....	65
Tabla 32. Materiales de diseño corregidos por humedad adicionados con diferentes porcentajes de partículas chatas y alargadas del agregado grueso	65
Tabla 33. Ensayos de asentamiento, contenido de aire y peso unitario.....	66
Tabla 34. Resistencia a la compresión promedio a los 28 días del concreto adicionado con partículas chatas y alargadas del agregado grueso.	67
Tabla 35. Resistencia a la flexión promedio a los 28 días del concreto adicionado con partículas chatas y alargadas del agregado grueso.	68
Tabla 36. Análisis estadístico del asentamiento (slump).....	69
Tabla 37. Análisis estadístico del contenido de aire.....	70
Tabla 38. Análisis estadístico del peso unitario	70
Tabla 39. Análisis de medias de especímenes cilíndricos a los 28 días.	70
Tabla 40. Análisis de medias de especímenes prismáticos a los 28 días.....	71
Tabla 41. Supuestos de normalidad e igualdad de varianza.	79
Tabla 42. Análisis de Varianza.....	80
Tabla 43. Análisis de la diferencia de medias	80
Tabla 44. Supuestos de normalidad e igualdad de varianza.	82
Tabla 45. Análisis de Varianza.....	83
Tabla 46. Análisis de la diferencia de medias	83
Tabla 47. Análisis de Varianza (ANOVA).....	136
Tabla 48. Comparaciones por parejas de Tukey.....	137
Tabla 49. Análisis de Varianza (ANOVA).....	138
Tabla 50. Comparaciones por parejas de Tukey.....	138

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de los patrones de tipos de fracturas según NTP 339.034.....	11
Figura 2. Ubicación del proyecto.	15
Figura 3. Desarrollo de la investigación.....	19
Figura 4. Localización de las plantas procesadoras de agregado grueso.....	20
Figura 5. Planta procesadora Rodríguez.....	21
Figura 6. Planta procesadora Lamparan	22
Figura 7. Planta procesadora Santa Rosa.....	22
Figura 8. Planta procesadora Olano.....	23
Figura 9. Planta procesadora Tamborapa	24
Figura 10. Procedimiento de reducción de muestras de agregados a tamaño de ensayo. ..	24
Figura 11. Cuarteo del agregado grueso	25
Figura 12. Procedimiento para análisis granulométrico - Agregado Grueso.	25
Figura 13. Procedimiento para análisis granulométrico	26
Figura 14. Procedimiento para selección de partículas chatas y alargadas del A. Grueso. 26	
Figura 15. Calibrador proporcional y selección de partículas chatas y alargadas A.G.	26
Figura 16. Selección de partículas chatas y alargadas del A. Grueso.	28
Figura 17. Canteras de agregado fino (A. gruesa).....	28
Figura 18. Canteras de agregado grueso (P. Chancada).....	29
Figura 19. Procedimiento de reducción de muestras de agregados a tamaño de ensayo. ..	30
Figura 20. Cuarteo del agregado fino y del agregado grueso.	30
Figura 21. Procedimiento para contenido de humedad.	30
Figura 22. Muestras de agregados para determinar el contenido de humedad.....	31
Figura 23. Procedimiento para cantidad de material fino que pasa el tamiz N° 200.	32
Figura 24. Lavado del agregado fino y grueso por la malla N° 200.	32
Figura 25. Procedimiento para análisis granulométrico - Agregado Fino.....	33
Figura 26. Análisis granulométrico del agregado fino.	33
Figura 27. Procedimiento para análisis granulométrico - Agregado Grueso.	34
Figura 28. Análisis granulométrico del agregado grueso.....	34
Figura 29. Procedimiento para peso específico y absorción del agregado fino.	36
Figura 30. Peso específico y absorción del agregado fino.	36
Figura 31. Procedimiento para peso específico y absorción del agregado grueso.	37

Figura 32. Peso específico y absorción del agregado grueso.	37
Figura 33. Procedimiento para peso unitario suelto de los agregados.....	39
Figura 34. Peso unitario suelto del agregado fino.	39
Figura 35. Peso unitario suelto del agregado grueso.	39
Figura 36. Procedimiento para peso unitario compactado de los agregados.....	40
Figura 37. Peso unitario compactado del agregado fino	40
Figura 38. Peso unitario compactado del agregado grueso	40
Figura 39. Procedimiento para la adición de partículas chatas y alargadas	49
Figura 40. Proceso de elaboración de concreto.	51
Figura 41. Procedimiento para determinar el asentamiento (slump).....	52
Figura 42. Asentamiento del concreto (slump)	52
Figura 43. Procedimiento para peso unitario y rendimiento del concreto.....	53
Figura 44. Peso unitario y rendimiento del concreto.....	53
Figura 45. Procedimiento para determinar el contenido de aire atrapado del concreto.	54
Figura 46. Contenido de aire del concreto.....	54
Figura 47. Procedimiento de elaboración y curado de especímenes de concreto.....	55
Figura 48. Elaboración y curado de especímenes.....	55
Figura 49. Procedimiento para evaluar la resistencia a la compresión de concreto.	56
Figura 50. Resistencia a la compresión del concreto.....	56
Figura 51. Procedimiento para evaluar la resistencia a la flexión de concreto.	57
Figura 52. Resistencia a la flexión del concreto.....	57
Figura 53. Porcentaje de partículas chatas y alargadas del agregado grueso por planta procesadora.....	59
Figura 54. Curva granulométrica del agregado fino.....	60
Figura 55. Curva granulométrica del agregado grueso.....	61
Figura 56. Variación del asentamiento (Slump).....	66
Figura 57. Variación del contenido de aire.	66
Figura 58. Variación del peso unitario.	67
Figura 59. Resistencia a la compresión.	68
Figura 60. Resistencia a la flexión.....	69
Figura 61. Diagrama de cajas y bigotes de resistencia a la compresión.....	71
Figura 62. Diagrama de regresión simple de resistencia a la compresión.....	71
Figura 63. Diagrama de cajas y bigotes de resistencia a la flexión	72

Figura 64. Diagrama de regresión simple de resistencia a la flexión	72
Figura 65. Prueba de normalidad.....	136
Figura 66. Prueba de igualdad de varianzas.	136
Figura 67. Prueba de normalidad.....	137
Figura 68. Prueba de igualdad de varianzas.	137

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1.....	92
ANEXO 2.....	98
ANEXO 3.....	107
ANEXO 4.....	109
ANEXO 5.....	115
ANEXO 6.....	117
ANEXO 7.....	122
ANEXO 8.....	127
ANEXO 9.....	135

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se evaluó la influencia que tienen las partículas chatas y alargadas del agregado grueso en la trabajabilidad y resistencia a la compresión y flexión del concreto. Se partió de las “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción – 2013” del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) en la sección 438.02 donde considera 15% como máximo para la elaboración de pavimentos de concreto rígido.

Para ello se comenzó con la selección y estudio de los agregados, luego se diseñó un concreto con una resistencia de 280 kg/cm²; seguidamente en laboratorio se procedió a elaborar el concreto variando los porcentajes en peso de partículas chatas y alargadas (10%, 15%, 20% y 25%); en el estado fresco del concreto se evaluó la trabajabilidad del concreto con el ensayo del slump y se procedió a la elaboración de especímenes cilíndricos y prismáticos, luego se hizo el curado en agua fría, finalmente se realizó los ensayos de resistencia a la compresión y flexión a los 28 días.

Los resultados obtenidos permiten observar que a mayor adición de partículas chatas y alargadas del agregado grueso el concreto tiende a reducir su trabajabilidad; así mismo la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión tiende a reducirse, sin embargo, precisar que dicha afección en la resistencia a la compresión se da partir del 20% de partículas chatas y alargadas del agregado grueso.

Palabras clave: Concreto, Partículas chatas y alargadas, Trabajabilidad, Resistencia a Compresión, Resistencia a Flexión.

ABSTRACT

In this research work, the influence of flat and elongated particles of coarse aggregate on the workability and resistance a compression and flexion of concrete was evaluated. It was based on the “General Technical Specifications for Construction - 2013” of the Ministry of Transportation and Communications (MTC) in section 438.02 where it considers a maximum of 15% for the production of rigid concrete pavements.

For this, the selection and study of the aggregates began, then a concrete with a resistance of 280 kg / cm² was designed; then in the laboratory the concrete was processed by varying the percentages by weight of flat and elongated particles (10%, 15%, 20% and 25%); in the fresh state of the concrete, the workability of the concrete was evaluated with the slump test and cylindrical and prismatic specimens were prepared, then cold water curing was done, finally the compression and flexural strength tests were performed at 28 days.

The results obtained allow us to observe that the greater the addition of flat and elongated particles of the coarse aggregate, the concrete tends to reduce its workability; Likewise, the compressive strength and the flexural strength tend to be reduced, however, it is necessary to specify that said effect on the compressive strength occurs from 20% of flat and elongated particles of the coarse aggregate.

Keywords: Concrete, Flat and elongated particles, Workability, Compressive Strength, Flexural Strength.

I. INTRODUCCIÓN

El concreto es uno de los materiales de más uso en la construcción a nivel regional y mundial, siendo preponderante el estudio de los materiales que la componen como el cemento, agua, agregado fino, agregado grueso; los agregados ocupan entre el 65 a 70 % del total de la mezcla del concreto, por ello sus propiedades tienen incidencia en las características del concreto en estado fresco y endurecido, siendo el agregado grueso el que proporciona el esqueleto estructural por ende sus propiedades son determinantes en su resistencia final.

Dentro del agregado grueso existen una diversidad de características que tienen influencia directa en la calidad del concreto como son las partículas chatas y alargadas que según la bibliografía revisada influyen en la trabajabilidad en estado fresco y reducen la resistencia a la compresión y flexión en estado endurecido, tal es el caso de las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción – 2013” del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) en la sección 438.02 donde considera 15% como máximo para la elaboración de pavimentos de concreto rígido

Sin embargo, León y Ramírez (2010) indica que las partículas alargadas disminuyen el asentamiento del concreto y por lo tanto reducen su trabajabilidad, resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad de las mezclas con igual dosificación, pero con agregados con diferentes contenidos de partículas alargadas no presentan diferencias significativas, por lo tanto, la forma no representa un factor que influya en las propiedades mecánicas del concreto. (p.238)

La presente investigación se realizó con el propósito de evaluar como varia la trabajabilidad, resistencia a la compresión y flexión del concreto; esto mediante la fabricación de concretos $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, a los que se les reemplazo partículas chatas y alargadas del agregado grueso a diferentes porcentajes (10%, 15%, 20% y 25%) en peso del agregado grueso; para evaluar luego el comportamiento del concreto en estado fresco y estado endurecido.

Los resultados de este trabajo de investigación serán útiles puesto que puede concientizar a las entidades relacionadas a la industria de la construcción y directamente a la población sobre la influencia de las partículas chatas y alargadas del agregado grueso en la trabajabilidad y resistencia del concreto.

1.1. Formulación del problema

Los agregados ocupan la mayor parte del total de la mezcla del concreto por ello las características y propiedades, tienen gran incidencia en las características del concreto. La forma y la textura superficial de las partículas individuales de cualquier tipo de agregado tienen influencia en estado fresco en la trabajabilidad y estado endurecido en la resistencia.

En la actualidad en nuestro país la única referencia que se tiene sobre el porcentaje máximo de partículas chatas y alargadas del agregado grueso que se debe utilizar en la elaboración de concreto lo establece el Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción - 2013” del MTC en la sección 438.02 donde considera 15% como máximo para pavimento de concreto rígido; siendo las normas técnicas MTC E - 223 o NTP 400.040 las que fijan los procedimientos para determinar el porcentaje de partículas chatas y alargadas del agregado grueso, sin embargo, no especifican los porcentajes máximo permisible para la elaboración de concreto.

Frente a este contexto surge la siguiente interrogante, ¿Cómo afecta el porcentaje de partículas chatas y alargadas del agregado grueso a la trabajabilidad y la resistencia a la compresión y flexión del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$?

1.2. Justificación de la investigación

En el Perú existe poca información respecto a cómo el porcentaje de partículas chatas y alargadas del agregado grueso afecta las propiedades del concreto, siendo la única institución el MTC en el EG-2013 que considera un porcentaje máximo permisible de 15 %, para el diseño de pavimentos de concreto rígido; mientras que en otros proyectos no se toma en cuenta esta importante característica del agregado grueso que tienen implicancia directa en la trabajabilidad y resistencia del concreto.

El trabajo de investigación mostrará resultados de los ensayos que se efectuarán al concreto elaborado con diferentes porcentajes de partículas chatas y alargadas del agregado grueso, revelando su incidencia en la trabajabilidad (estado fresco) y resistencia (estado endurecido) del concreto, el cual ayudarán a tomar algunos criterios en la elaboración de concreto.

1.3. Formulación de la hipótesis

El 15% de partículas chatas y alargadas del agregado grueso especificado por la normatividad MTC como máximo permisible en concretos para pavimentos rígidos tienden a comportarse inversamente proporcional a la trabajabilidad y resistencia a la compresión y flexión del concreto $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$.

1.4. Antecedentes de la investigación

La forma de los agregados siempre ha sido una de las características geométricas más importante que determinan la calidad del concreto.

La forma y textura de los agregados, varían de una zona a otra e incluso en el mismo lugar de donde se extraen. Es por ello, recomienda que todo dato debe tomarse con cautela y no dar por hecho que todos los agregados que presentan formas similares se comportarán igual. (Alvarado, 2010, p.170)

Scanferla (2010) sugiere que la forma y la textura superficial de las partículas de un agregado influyen en las propiedades del concreto fresco más que las del concreto endurecido. Las partículas con textura áspera, angulares o elongadas requieren más agua para producir un concreto trabajable que agregados lisos, redondeados y compactos. (p.2)

Uribe (como se citó en Chan, Solís y Moreno, 2003) menciona que la forma de los agregados tiene incidencia sobre la trabajabilidad del concreto fresco. Existen 4 tipos, que son: equidimensional o esféricas, prismática, tabular o elíptica, e irregular, de todas estas la que mayor problema puede ocasionar para la trabajabilidad es aquella de tipo tubular que además esta alargada; estas piezas pueden provocar disminución en la trabajabilidad ya que muy fácilmente pueden orientarse preferencial en un solo plano, de manera que el agua y el espacio poroso pueden acumularse debajo de ellas. (p.42)

Scanferla (2010) recomienda que las partículas planas y elongadas se deben evitar o, por lo menos, limitar a cerca del 15% de la masa total del agregado. Este requisito es igualmente importante para el agregado grueso y para el agregado fino triturado, pues el agregado fino obtenido por la trituración de la roca frecuentemente contiene partículas planas y elongadas. Estas partículas de agregado requieren un aumento del agua de mezcla y, por lo tanto, pueden afectar la resistencia del concreto, principalmente a flexión, si no se ajusta la relación agua-cemento. (p.2)

Las partículas con una alta proporción de área de superficie con respecto al volumen son de particular interés, ya que disminuyen la manejabilidad de la mezcla. Las partículas alargadas y las escamosas son de este tipo. Las últimas pueden afectar negativamente la durabilidad del concreto, pues tienden a orientar en un plano, en cuya parte inferior se forman más huecos de aire y agua. Un exceso de más de 15 a 20% de partículas alargadas o escamosas en la masa del agregado grueso es, por lo general, indeseable, aunque no se han establecido límites reconocidos. (Neville,1998, p.41)

León y Ramírez (2010) afirman que la morfología de los agregados influye en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, con una mayor influencia en la manejabilidad que en las propiedades mecánicas. Las partículas alargadas disminuyen el asentamiento del concreto y por lo tanto reducen su trabajabilidad, resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad de las mezclas con igual dosificación, pero con agregados con diferentes contenidos de partículas alargadas no presentan diferencias significativas, por lo tanto, la forma no representa un factor que influya en las propiedades mecánicas del concreto. (p.238)

Kaplan (como se citó en León y Ramírez, 2010) la forma y la textura de los agregados además de afectar significativamente la trabajabilidad del concreto en estado fresco, tienen un efecto en la resistencia y la durabilidad de concreto endurecido. Las partículas rugosas tienden a generar mayores resistencias que las partículas lisas, especialmente en la resistencia a la flexión. (p.219)

En pavimentos un alto porcentaje de partículas chatas y alargadas podría causar problemas al colocar el hormigón, ya que puede dar lugar a vacíos y consolidación incompleta, lo que a la larga puede resultar en desprendimientos. La forma del agregado grueso, su angularidad y textura superficial tienen un efecto significativo sobre la resistencia de la unión entre las partículas del agregado y la pasta del cemento. (Menéndez, 2016, p.142)

1.5. Bases teóricas

1.5.1. El Concreto.

El concreto es un producto artificial compuesto que consiste de un medio ligante denominado pasta, dentro del cual se encuentran embebidas partículas de un medio ligero llamado agregado. La pasta es el resultado de la combinación química del material cementante como el agua, es la fase continua del concreto dado que siempre está unida con algo de ella misma a través de todo el conjunto de este. El agregado es la fase discontinua del concreto dado que sus diversas partículas no se encuentran unidas o en contacto unas con otras, sino que se encuentran separadas por espesores diferentes de la pasta endurecida. (Rivva, 2014a, p.11)

1.5.2. Componentes del Concreto.

1.5.2.1. Cemento.

Material cuya conformación puede variar de acuerdo a las necesidades de un proyecto. “Se define como cementos a los materiales pulverizados que poseen la propiedad de, por adición de una cantidad conveniente de agua, formar una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como el aire y formar compuestos estables” (Rivva, 2014a, p.20).

Tabla 1. *Tipos de cemento portland*

Tipo	Descripción de uso y requerimiento de propiedades especiales
I	Uso general que no requiere de propiedades especiales
IA	Uso general, similar al tipo I y que requiere aire incorporado
II	Uso general que requiere moderada resistencia a sulfatos
IIA	Uso general que requiere aire incorporado y moderada resistencia a los sulfatos
III	Uso que requiere desarrollar alta resistencia inicial (ARI)
IV	Uso que requiere bajo calor de hidratación y desarrollo de la resistencia en una tasa más lenta
V	Uso que requiere alta resistencia a los sulfatos

Fuente: Harmsen (2017).

1.5.2.2. Agua para Concreto.

Harmsen (2017) menciona que “La función principal del agua en el concreto es hidratar el cemento, pero también mejorara la trabajabilidad de la mezcla. El agua de mezcla incluye toda agua proveniente de los procesos de construcción”. (p.64).

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE, 2009) en la Norma E.060 considera que el agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá ser, de preferencia, potable y, en caso de no serlo, debe ser agua limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceites, sales, materia orgánica y otras sustancias que pueden ser dañinas al concreto. (p.454)

Tabla 2. *Requisitos para el agua de mezclado.*

Concentración máxima en el agua de mezcla combinada, ppm	Limite	Métodos de ensayo
Cloruro como Cl-, ppm		
- En concreto pretensado, tableros de puentes, o designados de otra manera.	500	NTP 339.076
- Otros concretos reforzados en ambientes húmedos o que contengan aluminio embebido o metales diversos o con formas metálicas galvanizadas permanentes.	1000	NTP 339.076
Solubles Sulfatos como SO ₄ , ppm	3000	NTP 339.074
Álcalis como (Na ₂ O + 0,658 K ₂ O), ppm	600	ASTM C 114
Sólidos totales por masa, ppm	50000	ASTM C 1603

Fuente: NTP 339.088.

1.5.2.3. Agregados.

Abanto (2009) indica que son materiales inertes que se combinan con los aglomerantes (cemento, cal, etc.) y el agua formando los concretos y morteros. La importancia radica en que constituyen alrededor del 75% en volumen, de una mezcla típica de concreto; es importante que los agregados tengan buena resistencia y que su superficie esté libre de impurezas como barro, limo y materia orgánica, que puedan debilitar el enlace con la pasta de cemento. (p. 23)

1.5.2.3.1. Agregado fino.

El agregado fino consistirá en arena natural, arena manufacturada, o una combinación de ambas; definiéndose como aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, el cual pasa la malla de 3/8" y cumple con los límites establecidos en las Normas NTP 400.037 o ASTM C33. El agregado fino estará compuesto de partículas limpias, de un perfil preferentemente angular, duro compacto y resistente; libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, materia orgánica, palos, sales u otras sustancias dañinas. (Rivva, 2014a, p.73)

Tabla 3. *Granulométricos para el agregado fino.*

Tamiz	Porcentaje que pasa
9,5 mm (3/8")	100
4,75 mm (N° 4)	95 – 100
2,36 mm (N° 8)	80 – 100
1,18 mm (N° 16)	50 – 85
600 µm (N° 30)	25 – 60
300 µm (N° 50)	05 – 30
150 µm (N° 100)	0 – 10

Fuente: NTP 400.037 Especificaciones normalizadas para agregados en concreto.

1.5.2.3.2. Agregado grueso.

El agregado grueso es el material retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4) y que cumple con los límites establecidos en la norma NTP 400.037. El agregado grueso podrá consistir de partículas de roca partida, grava natural o triturada, concreto triturado, o una combinación de ello. El agregado grueso estará conformado por fragmentos cuyo perfil será preferentemente angular o semiangular, limpios, duros, resistentes, de textura rugosa, y libres de material escamoso, materia orgánica, partículas blandas, tierra, polvo, limo, humos, incrustaciones superficiales, sales u otras sustancias dañinas. (Rivva, 2014a, p.75)

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE, 2009) en la Norma E.060 considera que el agregado grueso podrá consistir de grava natural o triturada. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular o semiangular, duras, compactas, resistentes y de textura preferentemente rugosa; deberá estar libre de partículas escamosas, materia orgánica u otras sustancias dañinas. (p.454)

Tabla 4. *Requisitos granulométricos del agregado grueso.*

Huso	Tamaño Máximo Nominal	Porcentaje que pasa por tamices normalizados													
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3 1/2 pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2 1/2 pulg)	50 mm (2 pulg)	37.5 mm (1 1/2 pulg)	25.0 mm (1 pulg)	19.0 mm (3/4 pulg)	12.5 mm (1/2 pulg)	9.5 mm (3/8 pulg)	4.75 mm N° 4	2.36 mm N° 8	1.18 mm N° 16	300 µm N° 50
1	90 mm a 37.5 mm (3 1/2 pulg a 1/2 pulg)	100	90 a 100	----	26 a 60	----	0 a 15	----	0 a 15	----	----	----	----	----	
2	63 mm a 37.5 mm (3 1/2 pulg a 1 1/2 pulg)	----	----	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	----	0 a 5	----	----	----	----	----	
3	50 mm a 25.0 mm (2 pulg a 1 pulg)	----	----	----	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	----	0 a 15	----	----	----	----	
357	50 mm a 4.75 mm (2 pulg a N° 4)	----	----	----	100	95 a 100	----	35 a 70	----	10 a 30	----	0 a 5	----	----	
4	37.5 mm a 19.0 mm (1 1/2 pulg a 1/4 pulg)	----	----	----	----	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	----	0 a 5	----	----	----	
467	37.5 mm a 4.75 mm (1 1/2 pulg a N° 4)	----	----	----	----	100	95 a 100	----	35 a 70	----	10 a 30	0 a 5	----	----	
5	25.0 mm a 9.5 mm (1 pulg a 1/2 pulg)	----	----	----	----	----	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	----	----	----	
56	25.0 mm a 9.5 mm (1 pulg a 3/8 pulg)	----	----	----	----	----	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	----	----	
57	25.0 mm a 4.75 mm (1 pulg a N° 4)	----	----	----	----	----	100	95 a 100	----	25 a 60	----	0 a 10	0 a 5	----	
6	19.0 mm a 9.5 mm (3/4 pulg a 3/8 pulg)	----	----	----	----	----	----	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	----	----	
67	19.0 mm a 4.75 mm (3/4 a N° 4)	----	----	----	----	----	----	100	90 a 100	----	20 a 55	0 a 10	0 a 5	----	
7	12.5 mm a 4.75 mm (1/2 pulg a N° 4)	----	----	----	----	----	----	----	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	----	
8	9.5 mm a 2.36 mm (3/8 pulg a N° 8)	----	----	----	----	----	----	----	----	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	
8.9	9.5 mm a 1.18 mm (3/8 pulg a N° 16)	----	----	----	----	----	----	----	----	100	90 a 100	25 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4.75 mm a 1.18 mm (N° 4 a N° 16)	----	----	----	----	----	----	----	----	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5	

Fuente: NTP 4000.037 Especificaciones normalizadas para agregados en concreto.

1.5.3. Propiedades del concreto en estado fresco.

Las propiedades del concreto fresco son importantes porque afectan la calidad, la apariencia de la estructura terminada y su costo. Los materiales para el concreto deben elegirse no solo para obtener la resistencia necesaria sino también para producir concreto fresco que pueda transportarse, colocarse, consolidarse y terminarse con facilidad. Dentro de las propiedades en estado fresco tenemos: trabajabilidad, consistencia, flujo, contenido de aire, tiempo de fraguado, exudación, etc. (Rivva, 2014b, p.30)

1.5.3.1. *Trabajabilidad.*

Esta propiedad es de amplia aplicación a todo tipo de concreto sea en obra como laboratorio. “La trabajabilidad de un concreto fresco es aquella propiedad que determina la facilidad y homogeneidad con las cuales puede ser mezclado, colocado, compactado y acabado además está en función de las propiedades reológicas del concreto” (Rivva, 2014c, p.131). En nuestro país la trabajabilidad se evalúa mediante el ensayo de asentamiento de concreto o “Slump” conforme a las normas NTP 339.035 o MTCE – 705.

La trabajabilidad del concreto es un término amplio que describe cuán fácil se puede mezclar, colocar, consolidar y terminar el hormigón recién mezclado con una mínima pérdida de homogeneidad. La capacidad de trabajo es una propiedad que afecta directamente a la fuerza, la calidad, la apariencia, e incluso el costo de la mano de obra para las operaciones de colocación y acabado. En el concreto endurecido su resistencia y sobre todo su durabilidad, dependen directamente de una buena preparación, de un desencofrado perfecto y de una compactación adecuada, operaciones éstas que pueden llevarse a cabo de modo correcto sólo si la trabajabilidad es adecuada. (Neville,1998)

Tabla 5. *Clases de mezclas según su asentamiento.*

Consistencia	Slump	Trabajabilidad	M. Compactación
Seca	0" - 2"	Poco trabajable	Vibración normal
Plástica	3" - 4"	Trabajable	Vibración ligera, Chuseado
Fluida	>5"	Muy trabajable	Chuseado

Fuente: Abanto (2009)

1.5.4. Propiedades del concreto en estado endurecido.

Las propiedades del concreto endurecido están asociadas a la resistencia, en muchos casos, es en función del valor de ella que se les cuantifica o cualifica, siendo esta la que generalmente se emplea para el rechazo o aceptación del mismo; también hay otras propiedades como: durabilidad, permeabilidad o resistencia al desgaste que pueden ser importantes dependiendo de las características y la ubicación de la obra. (Rivva, 2014b, p.33)

1.5.4.1. Resistencia

Estrada y Páez (2014) señala que la resistencia del concreto endurecido es la propiedad más importante para cumplir con la exigencia estructural, por lo que usualmente es considerada como la propiedad más valiosa del concreto; sin embargo, no debemos olvidar que en muchas ocasiones otras características como la durabilidad y la permeabilidad, resultan ser más importantes. Se trata de una propiedad muy importante, pues proporciona una visión general de la calidad del concreto al estar directamente relacionada con la estructura de la pasta de cemento hidratada. (p.71)

Estrada y Páez (2014) indica que el concreto es un material que resiste a las solicitaciones de compresión, tracción y flexión; la resistencia que presenta frente a los esfuerzos de compresión es la más elevada de todas, siendo unas diez veces superior a la de tracción, y es la que más interés presenta en su determinación, dado que en la mayor parte de las aplicaciones del concreto se hace uso de esa capacidad resistente y a que, por otra parte, la resistencia a compresión es un índice muy fácil de determinar. Las especificaciones del concreto exigen una resistencia a la compresión determinada a los 28 días, obteniéndose está a través del ensayo a compresión. (p.71)

1.5.4.1.1. Resistencia a la compresión.

Abanto (2009) define que la resistencia a la compresión del concreto es la carga máxima para una unidad de área soportada por una muestra, antes de la falla por compresión (agrietamiento, rotura); se emplea por la facilidad en la realización de los ensayos y el hecho de que las propiedades del concreto mejoran al incrementarse esta resistencia. La resistencia a la compresión de un concreto debe ser alcanzado a los 28 días, después de vaciado y realizado el curado respectivo. (p.50)

Este parámetro es obtenido a través del ensayo de cilindros de 6" o 4" (15 cm o 10 cm) de diámetro y 12" o 8" (30 cm o 20 cm) de altura; el espécimen debe permanecer en el molde 24 horas después del vaciado y posteriormente debe ser curado bajo agua hasta el momento del ensayo, una vez ensayadas debe verificarse el tipo de fractura (Harmsen, 2017, p.112).

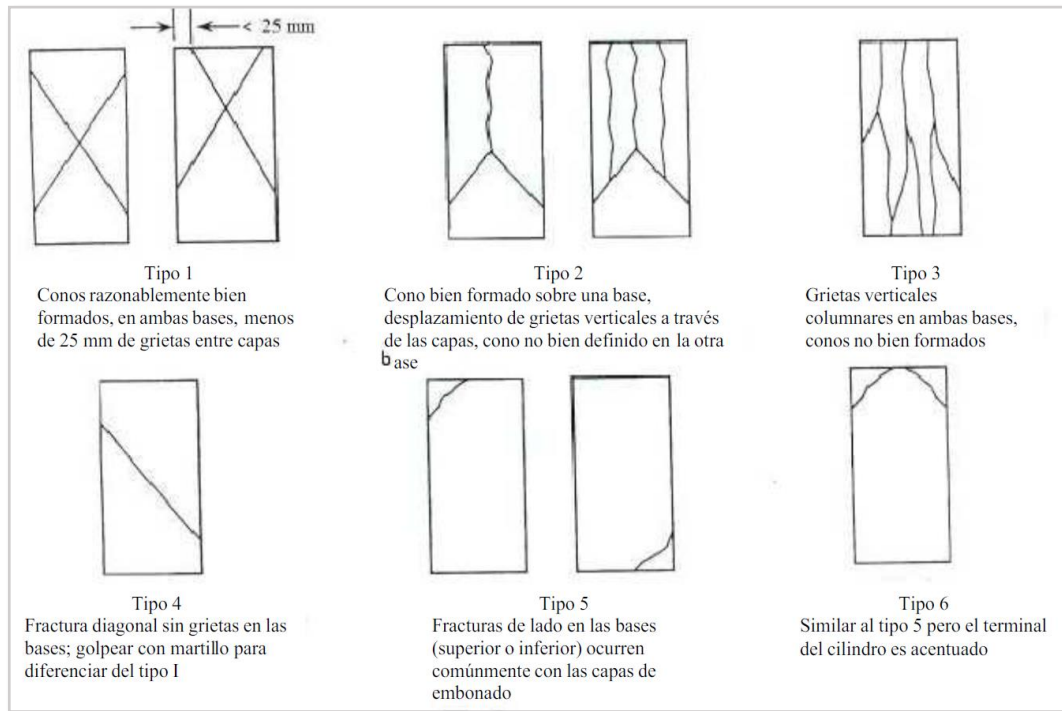


Figura 1. Esquema de los patrones de tipos de fracturas según NTP 339.034

1.5.4.1.2. Resistencia a la flexión del concreto.

Es usada principalmente en el diseño de pavimentos mediante ensayo de vigas. “La resistencia a la flexión también llamada módulo de ruptura es un parámetro de diseño especificado para pavimentos rígidos, importante para determinar la resistencia al agrietamiento del concreto debido a la contracción, cambios de la temperatura y las cargas” (Menéndez, 2016, p.292).

Masías (2018) indica que la resistencia a la flexión podría considerarse una medida indirecta de la resistencia a la tracción del concreto. 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 es determinada mediante los métodos de ensayo NTP 339.078 y NTP 339.079. (p.18)

La resistencia del concreto a la tracción es mucho menor que su resistencia a la compresión constituyendo aproximadamente entre un 8% a 15% de ésta. Para la determinación de este parámetro no se suele usar ensayos directos debido a las dificultades que se presentan sobre todo por los efectos secundarios que generan los dispositivos de carga. Para estimarlo se ha diseñado dos métodos indirectos. El primero, llamado prueba brasilera o split-test consiste en cargar lateralmente el cilindro estándar, a lo largo de uno de sus diámetros hasta que se rompa. El segundo método consiste en evaluar la resistencia a la tracción a través de pruebas de flexión. Para este ensayo se usa una viga con sección transversal cuadrada de 6" (15 cm) de lado y una longitud mínima de 3 veces su sección transversal, la cual se carga en los tercios de la luz entre apoyos (Harmsen, 2017, p.114).

Tabla 6. *Valores recomendados de resistencia del concreto según rango de tráfico*

Rango de tráfico pesado expresado en EE	Resistencia mínima a la flexotracción del concreto (Mr)	Resistencia mínima equivalente a la compresión del concreto (f'c)
≤5'000.000 EE	40 kg/cm ²	280 kg/cm ²
<5'000.000 EE	42 kg/cm ²	300 kg/cm ²
≤15'000.000 EE	45 kg/cm ²	350 kg/cm ²
<15'000.000 EE		

Fuente: MTC (2014); manual de carretas: sección suelos y pavimentos

1.5.5. Partículas chatas o alargadas

Según la NTP 400.040 son aquellas partículas que tienen una relación de ancho a espesor o largo a ancho, mayor que un valor especificado. (p.2)

1.5.6. Influencia de la forma del agregado en el concreto

1.5.6.1. Concreto fresco

Shilstone (como se citó en León y Ramírez, 2010) indica que la forma de las partículas afecta la trabajabilidad y colocación del concreto en estado fresco. Las partículas con una superficie específica menor como las redondeada requieren menos pasta de cemento para alcanzar la misma trabajabilidad que una mezcla de concreto producida con agregados de mayor superficie específica como aquellos que contienen partículas elongadas y aplanadas. (p.218)

Legg (como se citó en León y Ramírez, 2010) menciona que las partículas con formas geométricas aplanadas, alargadas, angulares y rugosas al acomodarse tienen un alto contenido de vacíos, que hacen que la mezcla requiera de más arena para proporcionar un concreto manejable. Cuando esto sucede, la finura de la mezcla de agregados es mayor, es decir que tiene una superficie específica mayor, y por ende el requerimiento de pasta incrementa. (p.218)

1.5.6.2. Concreto endurecido.

Alexander (como se citó en León y Ramírez, 2010) “Estableció que la forma y la textura de los agregados tienen un efecto directo en la resistencia influenciando las concentraciones de esfuerzo en el material compuesto y el grado de microfisuras y fisuras antes y después de la falla” (p.219).

Kaplan (como se citó en León y Ramírez, 2010) la forma y la textura de los agregados además de afectar significativamente la trabajabilidad del concreto en estado fresco, tienen un efecto en la resistencia y la durabilidad de concreto endurecido. Las partículas rugosas tienden a generar mayores resistencias que las partículas lisas, especialmente en la resistencia a la flexión. (p.219)

Shilstone (como se citó en León y Ramírez, 2010) menciona que la influencia de la forma de los agregados en la resistencia del concreto es controversial. A pesar de que se ha observado que concretos fabricados con agregados con diferentes formas y un contenido de cemento dado pueden alcanzar niveles de resistencia similares, algunos autores aseguran que los concretos producidos con agregados de forma redondeada y cúbica tienden a producir mayores resistencias que agregados con formas alargadas y aplanadas. (p.219)

II. OBJETIVOS

2.1. General

Evaluar la influencia de las partículas chatas y alargadas del agregado grueso en la trabajabilidad y resistencia a la compresión y flexión del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$.

2.2. Específicos

- Seleccionar el agregado grueso de las plantas procesadoras de agregados.
- Analizar y determinar la trabajabilidad del concreto en estado fresco de las batchadas de laboratorio con porcentajes de 10%, 15%, 20% y 25% de partículas chatas y alargadas de agregado grueso.
- Analizar y determinar la resistencia a la compresión y flexión de los especímenes de concreto elaborados con porcentajes de 10%, 15%, 20% y 25% de partículas chatas y alargadas de agregado grueso.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del proyecto

La presente investigación se desarrolló en la Universidad Nacional de Jaén, localizada en el distrito de Jaén, provincia de Jaén, región de Cajamarca, con coordenadas UTM: 9368691 Norte, 742787 Este y a una altitud promedio de 729 m.s.n.m. La selección del agregado grueso de las plantas procesadoras de agregado se determinó dentro de 3 zonas: Pucara, Jaén y Tamborapa, todas pertenecientes a la provincia de jaén, región Cajamarca.

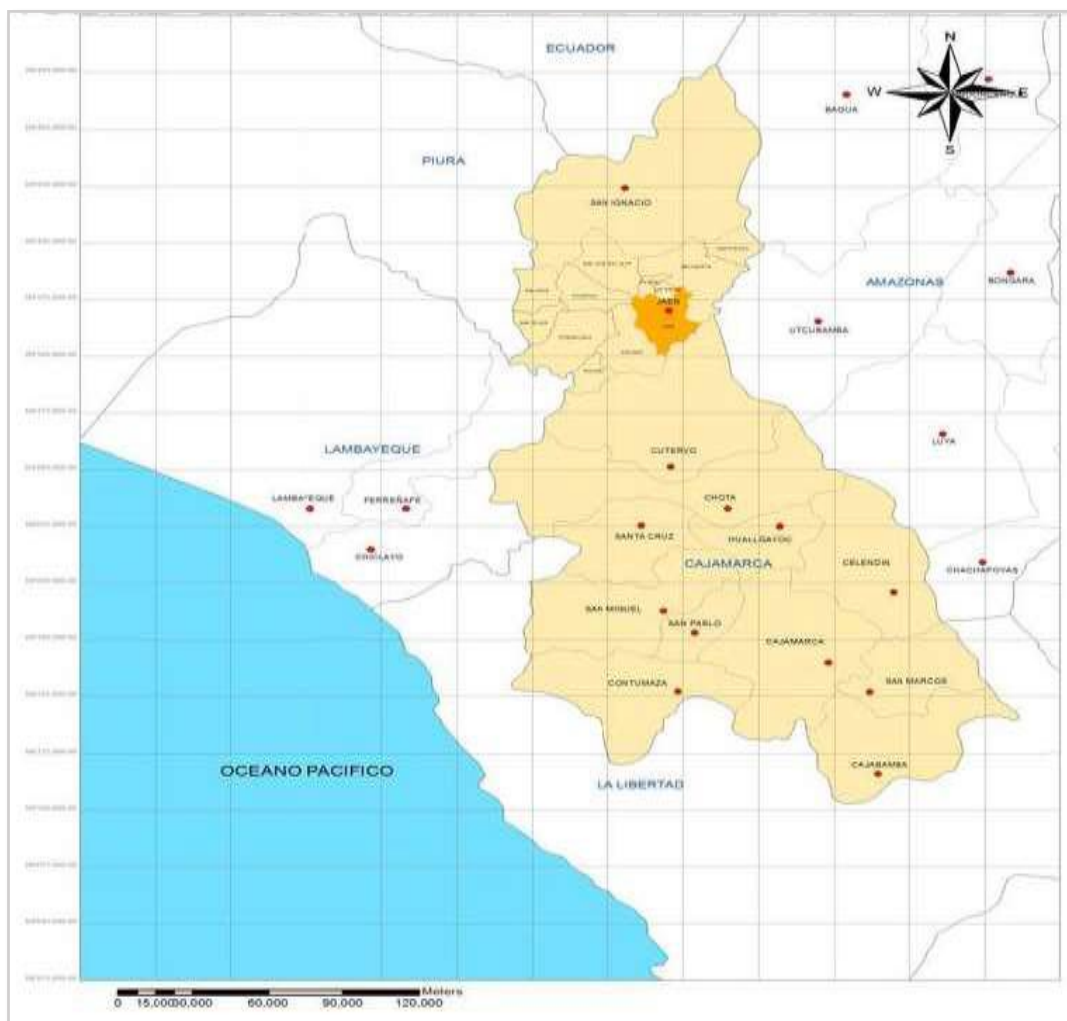


Figura 2. Ubicación del proyecto.

3.2. Materiales

- Agregado grueso.
- Agregado fino.
- Partículas chatas y alargadas del agregado grueso.
- Cemento Portland EXTRAFORTE (ICo) de la marca Pacasmayo.
- Agua potable.

3.3. Métodos

Para la ejecución del proyecto de investigación se utilizaron métodos estandarizados en el muestreo de materiales, así como para los ensayos de laboratorio, para determinar las propiedades físicas de los agregados, y las propiedades físicas y mecánicas del concreto en estado fresco y endurecido con diferentes porcentajes de partículas chatas y alargadas del agregado grueso.

Tabla 7. *Métodos de ensayos utilizados y normativa correspondiente.*

Ensayo		Refer. Normativa	
1.	Muestreo para materiales de construcción	NTP	400.010
2.	Partículas chatas y alargadas en agregados	NTP	400.040
3.	Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200	NTP	400.018
4.	Peso unitario de los agregados	NTP	400.017
5.	Análisis Granulométrico del agregado fino, grueso	NTP	400.012
6.	Especificaciones para agregado en concreto	NTP	400.037
7.	Gravedad específica y absorción del agregado grueso	NTP	400.021
8.	Gravedad específica y absorción del agregado fino	NTP	400.022
9.	Contenido de humedad	NTP	339.185
10.	Elaboración y curado de especímenes de concreto	NTP	339.183
11.	Asentamiento del concreto (SLUMP)	NTP	339.035
12.	Peso unitario y Rendimiento del concreto fresco	NTP	339.046
13.	Contenido de aire en el concreto fresco	NTP	339.083
14.	Resistencia a la compresión de testigos cilíndricos	NTP	339.034
15.	Resistencia a la flexión del concreto en vigas	NTP	339.078

3.4. Variables

3.4.1. Variable independiente

- Porcentaje de partículas chatas y alargadas del agregado grueso.

3.4.2. Variable dependiente

- Trabajabilidad.
- Resistencia a la compresión.
- Resistencia a la flexión.

3.5. Diseño de la investigación

3.5.1. Según su enfoque

Es cuantitativo dado que se basa en la utilización de los números para analizar, investigar y comprobar tanto información como datos numéricos, utilizando métodos estadísticos.

3.5.2. Según su alcance

Es explicativo, porque va revelar las causas de un fenómeno, en este trabajo se determinará la influencia que tienen las partículas chatas y alargadas del agregado grueso en la trabajabilidad y resistencia tanto a la compresión como flexión del concreto.

3.5.3. Según su diseño

Es un diseño Experimental; ya que se manipulará la variable independiente (partículas chatas y alargadas del agregado grueso) para poder apreciar los efectos en las variables dependientes (trabajabilidad y resistencia) en la elaboración del concreto

3.5.4. Línea de investigación

Materiales de Construcción.

3.5.5. Diseño experimental

El diseño experimental que corresponde fue la prueba de comparación de muestras independientes: Análisis de varianza (prueba F), bajo un esquema de diseño completamente al azar (DCA), con adiciones (concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ con adición de partículas chatas y alargadas del agregado grueso al: 10%, 15%, 20% y 25% en peso del agregado grueso) realizando 5 muestras por adición por cada tipo de espécimen para una edad de 28 días, haciendo un total 40 unidades experimentales para la evaluación de la trabajabilidad y resistencia a la compresión y flexión.

Se ha considerado una resistencia del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ en cumplimiento al numeral 5.1.1 del Reglamento Nacional de Edificaciones en la Norma E.060 (concreto armado) en su capítulo 5 (calidad del concreto, mezclado y colocación) requerida para ser un concreto estructural. De igual manera se ha considerado la evaluación del concreto a una edad de 28 días en cumplimiento al numeral 5.1.3 del Reglamento Nacional de Edificaciones en la Norma E.060 (concreto armado) en su Capítulo 5 (calidad del concreto, mezclado y colocación) donde especifica que los ensayos a compresión del concreto deben realizarse a los 28 días.

Tabla 8. *Cantidad de ensayos por dosificación.*

Nombre del ensayo	Número de ensayos de concretos elaborados con partículas chatas y alargadas del agregado grueso				
	Adición				Total
	10 %	15 %	20 %	25 %	
Trabajabilidad	1	1	1	1	4
Resistencia a la compresión	5	5	5	5	20
Resistencia a la flexión	5	5	5	5	20

3.6. Instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de los datos se recurrió a la utilización de formatos elaborados acorde con el tipo de ensayo y normativa correspondiente con el propósito de llevar un adecuado y correcto registro de los mismos para su posterior procesamiento, análisis y discusión.

3.7. Desarrollo de la investigación

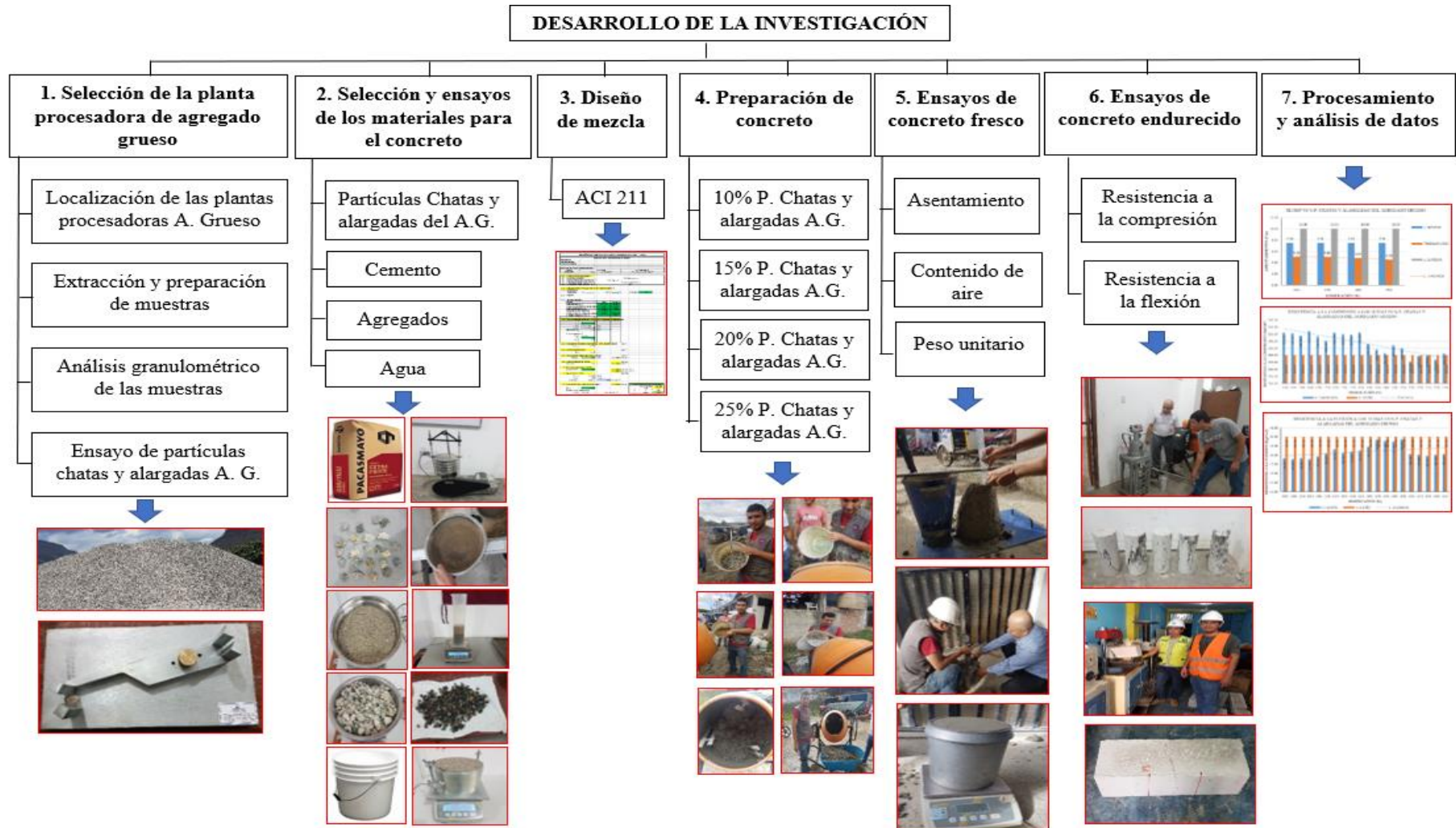


Figura 3. Desarrollo de la investigación.

3.7.1. Evaluación y selección del agregado grueso de las plantas procesadoras de agregado

Se tomó la decisión de seleccionar 3 lugares (Jaén, Pucará y Tamborapa) evaluando un total de 5 plantas procesadoras de agregado grueso las cuales a su vez obtienen la materia prima de diferentes canteras (ríos) que a continuación se detallaran:

Tabla 9. Localización de plantas procesadoras de agregado grueso.

P. Procesadora	Ubicación	Cantera	Coordenadas	
			Este	Norte
Rodríguez	Pucará	R. Chotano	17M 71 4357	9330 417
Lamparan	Pucará	R. Chotano	17M 71 1935	9329 583
Santa Rosa	Jaén	R. Amojú	17M 74 9836	9374 521
Olano	Jaén	R. Chamaya	17M 74 8276	9355 642
Tamborapa	A. Tamborapa	R. Tabaconas	17M 742 978	9383 806

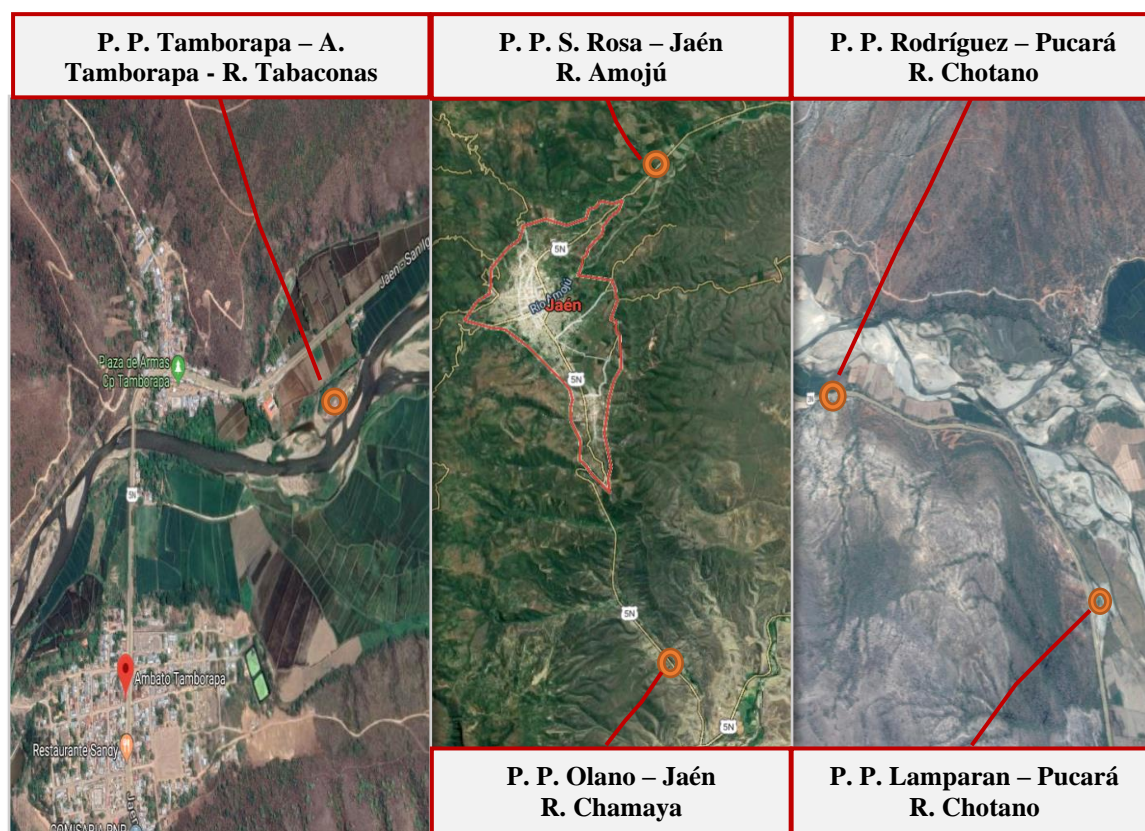


Figura 4. Localización de las plantas procesadoras de agregado grueso.

3.7.1.1. Plantas procesadoras de agregado grueso

a) Planta procesadora Rodríguez

Se realizó la visita a la planta procesadora, ubicado en el Distrito de Pucará, lugar donde se constató la elaboración de agregado grueso (piedra chancada) de varias dimensiones comerciales.

➤ Datos generales

- Nombre: P. Procesadora Rodríguez
- Tipo de Material: Agregado grueso ½”
- Cantera: Rio Chotano



Figura 5. Planta procesadora Rodríguez

b) Planta procesadora Lamparan

Se realizó la visita a la planta procesadora, ubicado en el distrito de Pucará, lugar donde se constató la elaboración de agregado grueso (piedra chancada) de varias dimensiones comerciales y también la obtención de agregado fino.

➤ Datos generales

- Nombre: Planta procesadora Lamparan
- Tipo de Material: Agregado grueso ½”
- Cantera: Rio Chotano



Figura 6. Planta procesadora Lamparan

c) Planta procesadora Santa Rosa

Se realizó la visita a la planta procesadora, ubicado en el distrito de Jaén, lugar donde se constató la elaboración de agregado grueso (piedra chancada) de varias dimensiones comerciales y también la obtención de agregado fino.

➤ **Datos generales**

- Nombre: Planta procesadora Santa Rosa
- Tipo de Material: Agregado grueso ½”
- Cantera: Rio Amojú



Figura 7. Planta procesadora Santa Rosa

d) Planta procesadora Olano

Se realizó la visita a la planta procesadora, ubicado en el distrito de jaén, lugar donde se constató la elaboración de agregado grueso (piedra chancada) de varias dimensiones comerciales y también la obtención de agregado fino.

➤ Datos generales

- Nombre: Planta procesadora Olano
- Tipo de Material: Agregado grueso ½”
- Cantera: Rio Chamaya



Figura 8. Planta procesadora Olano

e) Planta procesadora Tamborapa

Se realizó la visita a la planta procesadora, ubicado en el Centro Poblado A. Tamborapa, Distrito de Bellavista, lugar donde se constató la elaboración de agregado grueso (piedra chancada) de varias dimensiones comerciales.

➤ Datos generales

- Nombre: Planta procesadora Tamborapa
- Tipo de Material: Agregado grueso ½”
- Cantera: Rio Tabaconas



Figura 9. Planta procesadora Tamborapa

3.7.1.2. Extracción y preparación de muestras

Normativa: NTP 400.010

Se realiza con el propósito de obtener muestras que denoten la naturaleza y condiciones del material al cual representan. La investigación preliminar y el muestreo de potenciales canteras de agregados, ocupan un lugar muy importante porque ella determina la conveniencia de su utilización

3.7.1.3. Reducción de las muestras a tamaño de ensayo

Normativa: NTP 400.043

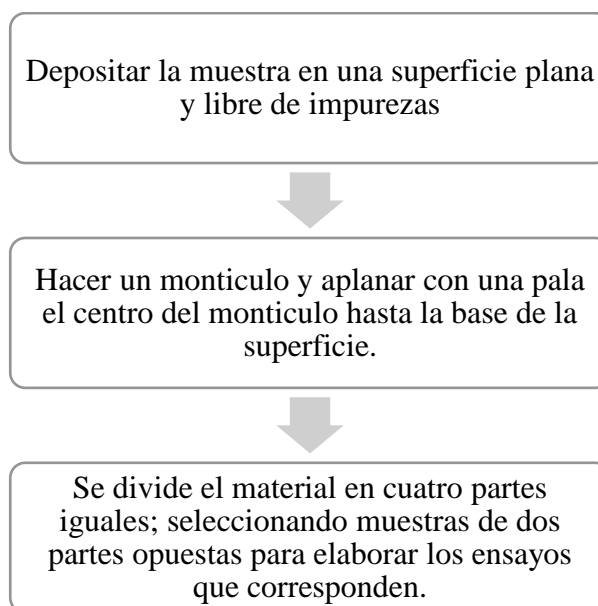


Figura 10. Procedimiento de reducción de muestras de agregados a tamaño de ensayo.



Figura 11. Cuarteo del agregado grueso

3.7.1.4. Análisis granulométrico

Normativa: NTP 400.012

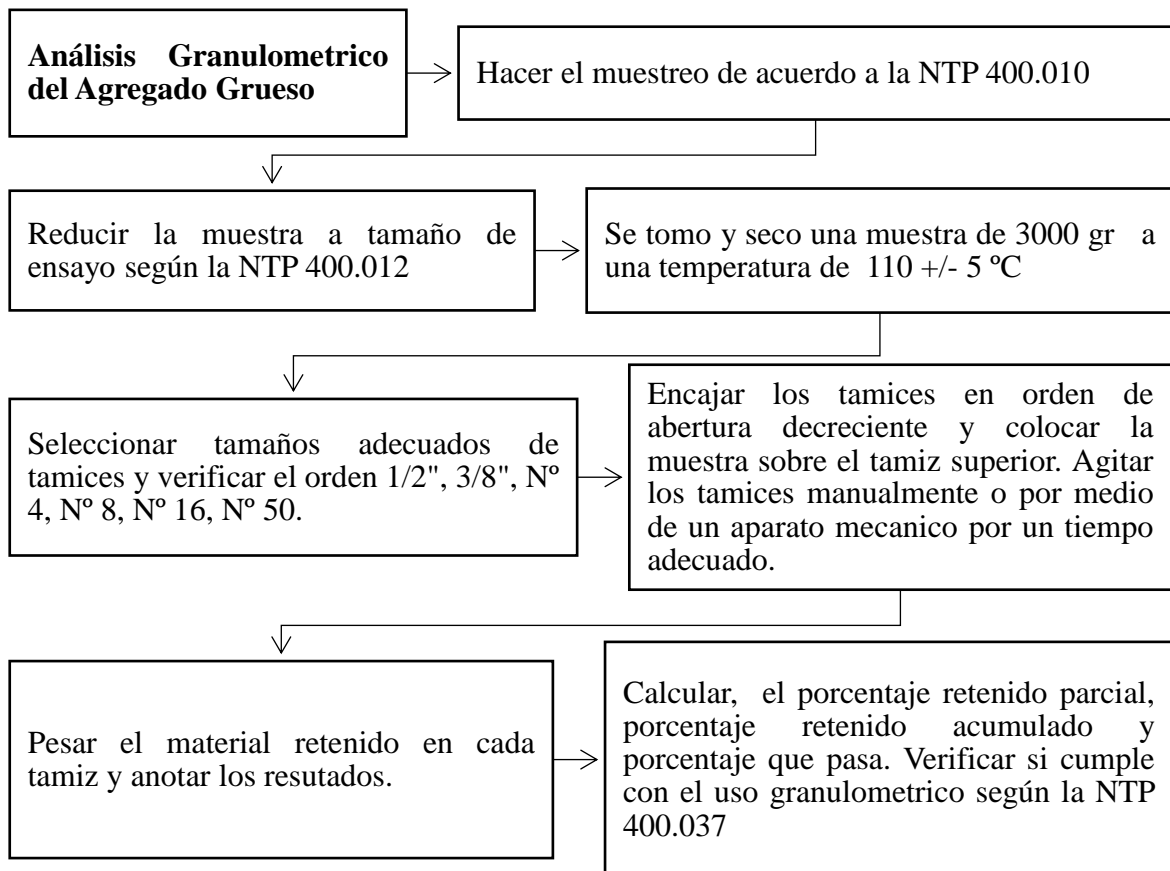


Figura 12. Procedimiento para análisis granulométrico - Agregado Grueso.



Figura 13. Procedimiento para análisis granulométrico

3.7.1.5. Partículas chatas y alargadas del agregado grueso

Normativa: NTP 400.040

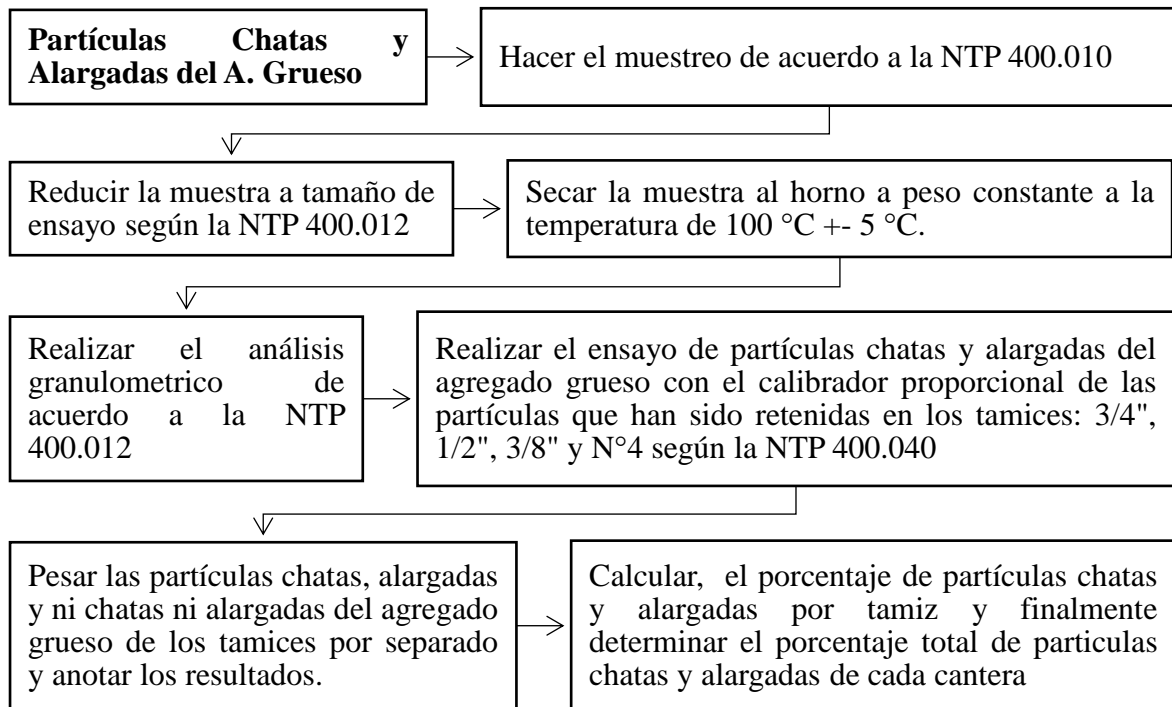


Figura 14. Procedimiento para selección de partículas chatas y alargadas del A. Grueso



Figura 15. Calibrador proporcional y selección de partículas chatas y alargadas A.G.

3.7.2. Selección de los materiales para la elaboración del concreto

3.7.2.1. Cemento

El cemento utilizado fue el cemento portland EXTRAFORTE Tipo ICo suministrado por la empresa Pacasmayo.

Tabla 10. *Composición química del Cemento Pacasmayo Tipo ICo*

Composición química		CPSAA	Requisito NTP 334.009/ ASTM C150
MgO	%	2.3	Máximo 6.0
SO3	%	2.4	Máximo 4.0

Fuente: Cementos Pacasmayo.

Tabla 11. *Propiedades Físicas del Cemento Pacasmayo Tipo ICo*

Propiedades físicas		CPSAA	Requisito NTP 334.009/ ASTM C150
Contenido de Aire	%	5	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.06	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm^2/g	5440	NO ESPECIFICA
Retenido M325	%	3.6	NO ESPECIFICA
Densidad	g/mL	2.96	NO ESPECIFICA
Resistencia Compresión:			
Resistencia Compresión a 3 días	MPa	20.2	Máximo 13.0
	(Kg/cm^2)	(206)	(Mínimo 133)
Resistencia Compresión a 7 días	MPa	25.9	Mínimo 20.0
	(Kg/cm^2)	(264)	(Mínimo 204)
Resistencia Compresión a 28 días (*)	MPa	32.9	Mínimo 25.0
	(Kg/cm^2)	(335)	(Mínimo 255)
Tiempo de Fraguado Vicat:			
Fraguado Inicial	min	124	Mínimo 45
Fraguado Final	min	254	Máximo 420

Fuente: Cementos Pacasmayo.

3.7.2.2. Agua

El agua que ha de ser empleada en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de la NTP 339.088 y ser de preferencia, potable. Para el presente proyecto se ha utilizado agua potable de la EPS Marañón.

3.7.2.3. Partículas chatas y alargadas del agregado grueso

Estas partículas fueron obtenidas de la selección y evaluación del agregado grueso de las plantas procesadoras de agregado que tuvo más partículas chatas y alargadas, para ello se adquirieron cuatro cubos de material que posteriormente con la ayuda del calibrador proporcional de partículas chatas y alargadas se obtuvo el material suficiente para elaborar los especímenes de concreto que posteriormente fueron evaluados.



Figura 16. Selección de partículas chatas y alargadas del A. Grueso.

3.7.2.4. Agregado Fino

El agregado fino utilizado se obtuvo de la planta procesadora “Olano”, ubicada en la carretera Jaén - Chamaya, distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca. Coordenadas UTM según Datum WGS-84: NORTE: 9355642 y ESTE: 748276



Figura 17. Canteras de agregado fino (A. gruesa).

3.7.2.5. Agregado grueso

El agregado grueso utilizado se obtuvo de la planta procesadora “Olano” que fue la que obtuvo mayor cantidad de partículas chatas y alargadas, ubicada en la carretera Jaén - Chamaya, distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca. Se consideró conveniente trabajar con piedra de 1/2". Coordenadas UTM según Datum WGS-84: NORTE: 9355642 y ESTE: 748276



Figura 18. Canteras de agregado grueso (P. Chancada)

3.7.3. Ensayos para determinar las características físicas de los agregados

3.7.3.1. Extracción y preparación de muestras

Normativa: NTP 400.010

Se realiza con el propósito de obtener muestras que denoten la naturaleza y condiciones del material al cual representan. La investigación preliminar y el muestreo de potenciales canteras de agregados, ocupan un lugar muy importante porque ella determina la conveniencia de su utilización. Para la presente investigación se realizó el muestreo de depósitos donde los agregados se encuentran formando rumas.

3.7.3.2. Reducción de las muestras de agregados a tamaño de ensayo

Normativa: NTP 400.043

Procedimiento: El procedimiento es el mismo para el agregado fino y agregado grueso.

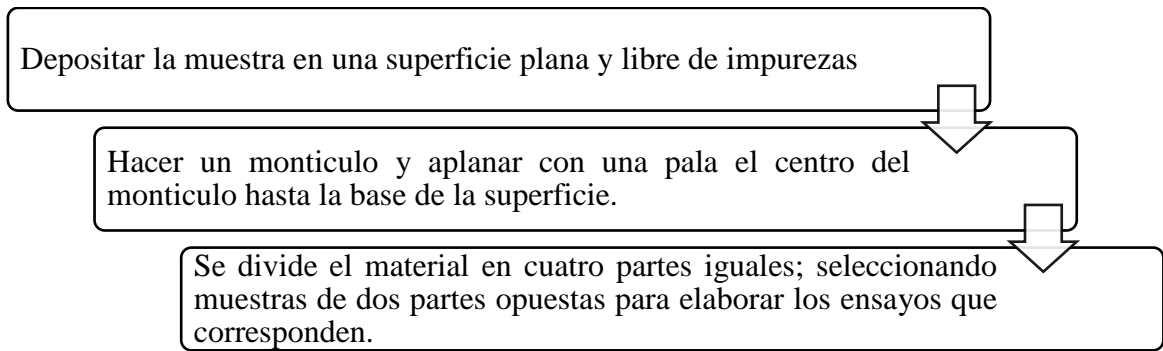


Figura 19. Procedimiento de reducción de muestras de agregados a tamaño de ensayo.



Figura 20. Cuarteo del agregado fino y del agregado grueso.

3.7.3.3. Contenido de humedad

Normativa: NTP 339.185

Los agregados generalmente se encuentran húmedos y varían con el estado del tiempo, razón por la cual se debe determinar frecuentemente el contenido de humedad, para luego corregir las proporciones de una mezcla.

Procedimiento: El procedimiento es el mismo para el agregado fino y agregado grueso.

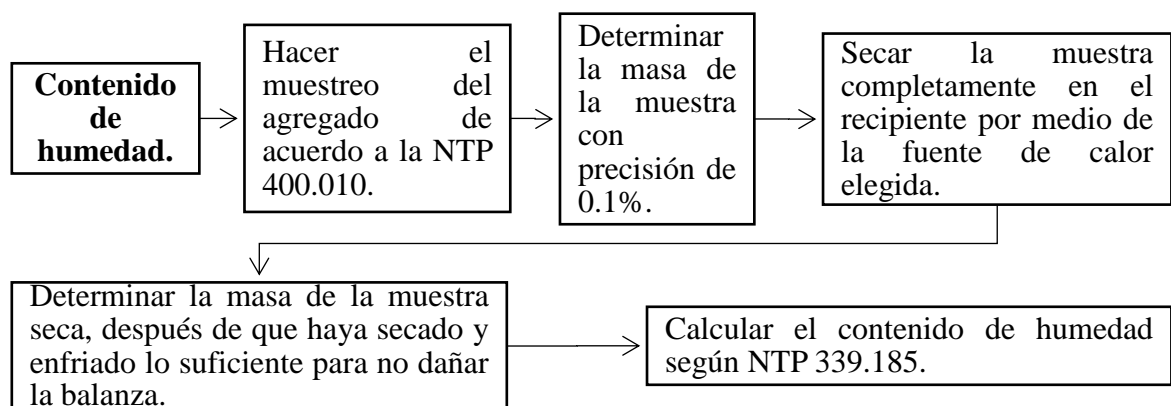


Figura 21. Procedimiento para contenido de humedad.



Figura 22. Muestras de agregados para determinar el contenido de humedad.

Cálculos:

$$P = \frac{100(W - D)}{D}$$

Donde:

- P = Contenido total de humedad total evaporable de la muestra en porcentaje.
- W = Masa de la muestra húmeda original en gramos.
- D = Masa de la muestra seca en gramos.

3.7.3.4. Cantidad de material fino que pasa el tamiz N° 200

Normativa: NTP 339.132

Procedimiento: El procedimiento es el mismo para el agregado fino y agregado grueso. La cantidad de la muestra fue de 1000 gr para el agregado fino y 3000 gr para el agregado grueso. Realizado el procedimiento con las muestras se procede a realizar sus respectivos análisis granulométricos.

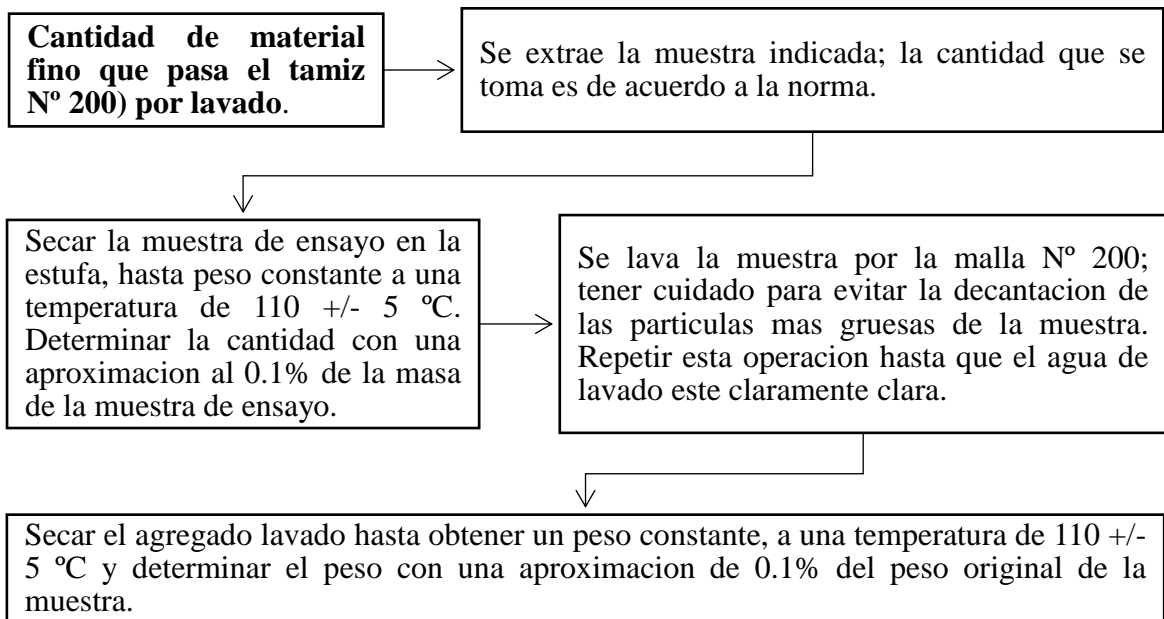


Figura 23. Procedimiento para cantidad de material fino que pasa el tamiz N° 200.



Figura 24. Lavado del agregado fino y grueso por la malla N° 200.

Cálculos:

$$A = \frac{(masa\ seca\ de\ la\ muestra\ original - masa\ seca\ de\ la\ muestra\ lavada) * 100}{masa\ seca\ de\ la\ muestra\ original}$$

Donde:

- A = Porcentaje del material fino que pasa el tamiz N° 200

3.7.3.5. Análisis granulométrico de los agregados

Normativa: NTP 400.012

Procedimiento para el agregado fino:

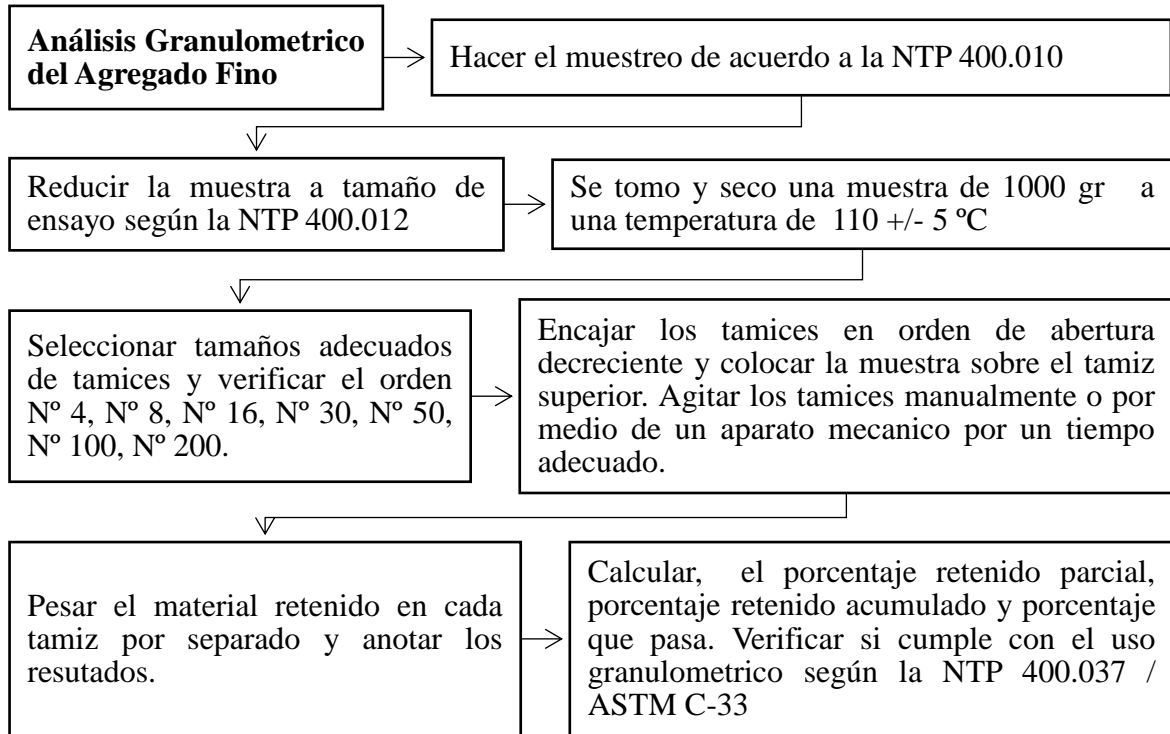


Figura 25. Procedimiento para análisis granulométrico - Agregado Fino.



Figura 26. Análisis granulométrico del agregado fino.

Procedimiento para el agregado grueso:

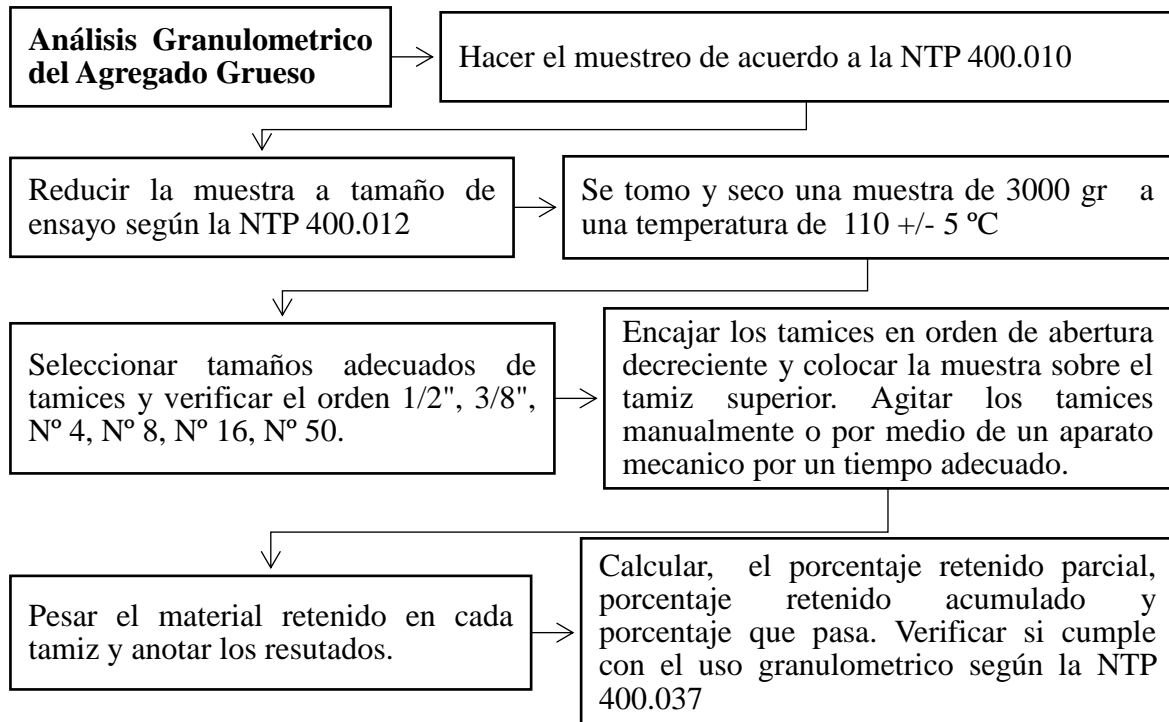


Figura 27. Procedimiento para análisis granulométrico - Agregado Grueso.



Figura 28. Análisis granulométrico del agregado grueso.

Cálculos:

a) Módulo de fineza

El módulo de fineza es un índice de la finura del agregado, que se obtiene a partir del análisis granulométrico sumando los porcentajes retenidos acumulados de material en cada uno de los tamices especificados: (3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100) y dividido por 100.

El módulo de fineza para el agregado fino se calculó así:

$$MFaf = \frac{\sum \% \text{ acumulados } (N^{\circ}4, N^{\circ} 8, N^{\circ} 16, N^{\circ}30, N^{\circ} 50, N^{\circ} 100)}{100}$$

Donde:

- MFaf = Modulo de fineza del agregado fino

El módulo de fineza para el agregado grueso se calculó así:

$$MFag = \frac{\sum \% \text{ acumulados } (3/8", N^{\circ}4, N^{\circ} 8, N^{\circ} 16, N^{\circ} 30, N^{\circ} 50, N^{\circ} 100)}{100}$$

Donde:

- MFag = Modulo de fineza del agregado grueso

b) Tamaño máximo

De acuerdo a la NTP 400.037 el tamaño máximo del agregado es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso.

c) Tamaño máximo nominal

De acuerdo a la NTP 400.037 es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido entre 5% y 10%.

d) Huso del agregado grueso

De acuerdo al análisis granulométrico el cual determina la gradación del agregado a través de los porcentajes retenidos por cada tamiz. se pudo determinar que el agregado grueso cumple con el huso 6.

3.7.3.6. Peso específico y absorción del agregado fino

Normativa: NTP 400.022

Procedimiento:

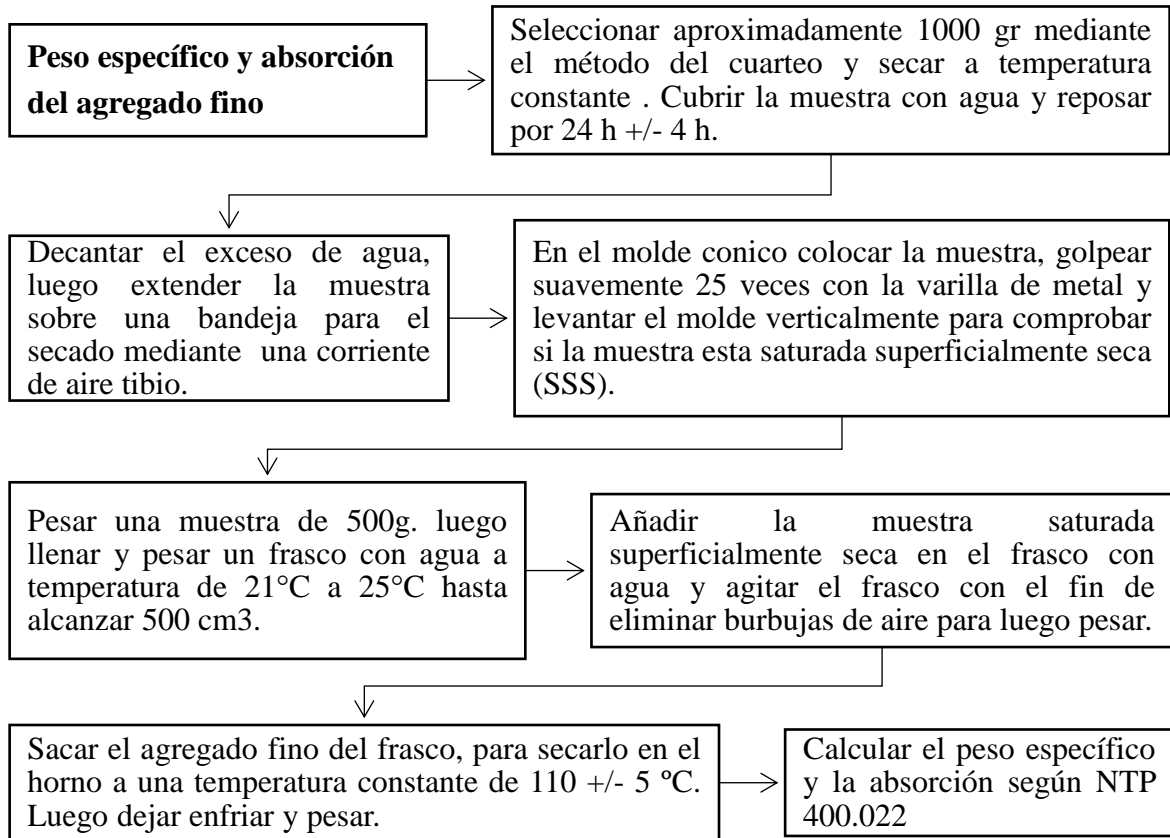


Figura 29. Procedimiento para peso específico y absorción del agregado fino.



Figura 30. Peso específico y absorción del agregado fino.

3.7.3.7. Peso específico y absorción del agregado grueso.

Normativa: NTP 400.021

Procedimiento:

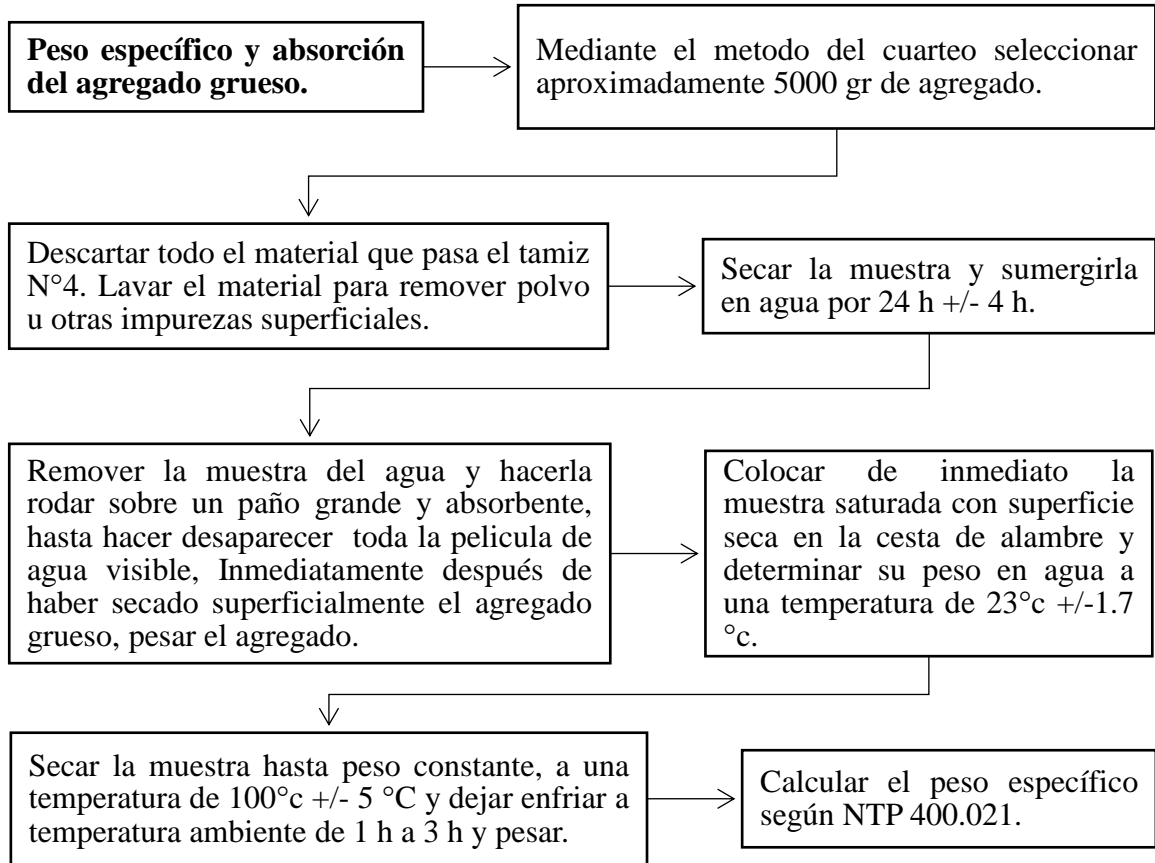


Figura 31. Procedimiento para peso específico y absorción del agregado grueso.



Figura 32. Peso específico y absorción del agregado grueso.

Cálculos para el agregado fino:

- Peso específico de masa (Pem) = $\frac{A}{(B+S-C)}$
- Peso específico de masa saturado con superficie seca (PeSSS) = $\frac{S}{(B+S-C)}$
- Peso específico aparente (Pea) = $\frac{A}{(B+A-C)}$
- Absorción % (Ab) = $100 * \frac{(S-A)}{A}$

Donde:

- A = Masa de la muestra seca al horno en gramos.
- B = Masa del picnómetro llenado de agua hasta la marca de calibración en gramos.
- C = Masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración en gramos.
- S = Masa de la muestra de saturado superficialmente seca en gramos.

Cálculos para el agregado grueso:

- Peso específico de masa (Pem) = $\frac{A}{B-C}$
- Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS) = $\frac{B}{(B-C)}$
- Peso específico aparente (Pea) = $\frac{A}{(A-C)}$
- Absorción (Ab) = $100 * \frac{(B-A)}{A}$

Donde:

- A = Peso de la muestra seca en el aire en gramos.
- B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire en gramos.
- C = Peso en el agua de la muestra saturada.

3.7.3.8. Peso unitario de los agregados.

Normativa: NTP 400.017

Procedimiento: El procedimiento para determinar el peso unitario suelto y compactado es el mismo para el agregado fino y agregado grueso.

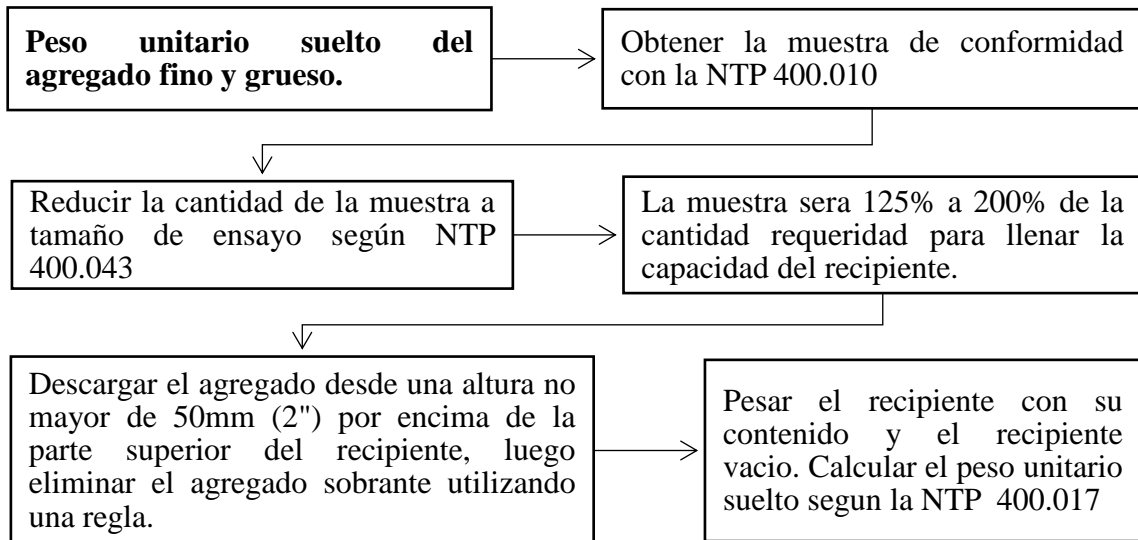


Figura 33. Procedimiento para peso unitario suelto de los agregados.



Figura 34. Peso unitario suelto del agregado fino.



Figura 35. Peso unitario suelto del agregado grueso.

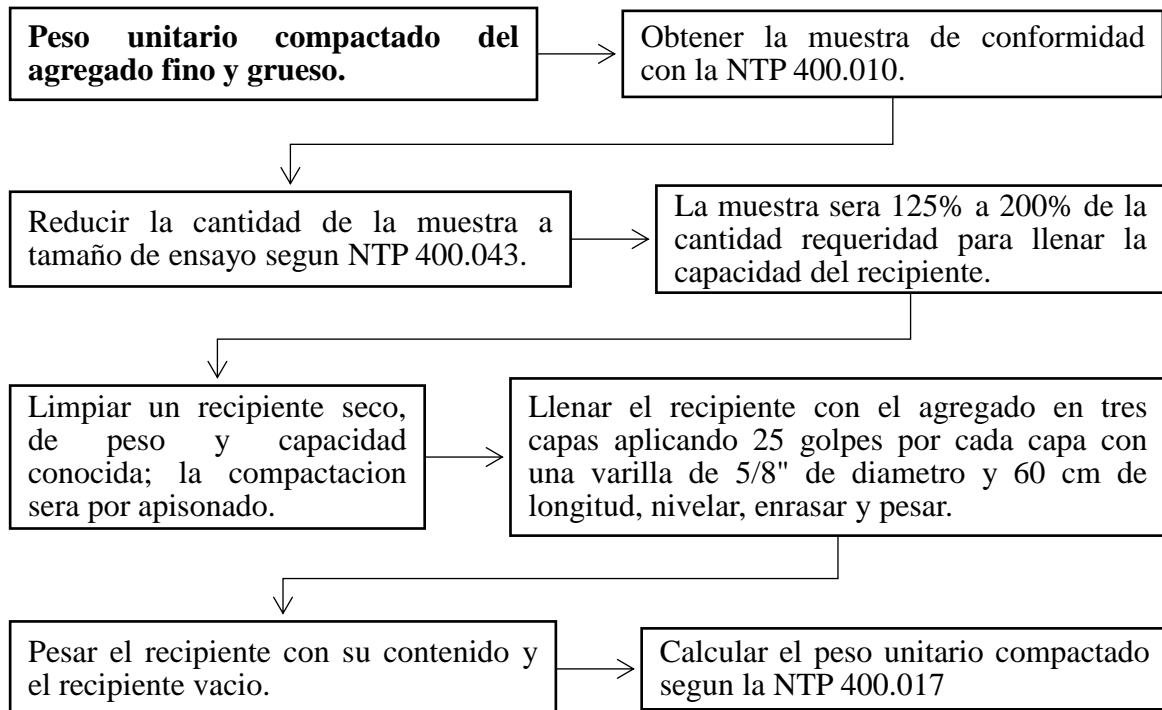


Figura 36. Procedimiento para peso unitario compactado de los agregados.



Figura 37. Peso unitario compactado del agregado fino



Figura 38. Peso unitario compactado del agregado grueso

Cálculo para determinar el peso unitario suelto y compactado de los agregados:

$$P. U. S = \frac{(masa\ del\ recipiente\ con\ agregado) - (masa\ del\ recipiente\ vacio)}{volumen\ del\ recipiente}$$

$$P. U. C = \frac{(masa\ del\ recipiente\ con\ agregado) - (masa\ del\ recipiente\ vacio)}{volumen\ del\ recipiente}$$

3.7.4. Diseño de mezcla

Una vez realizado los ensayos correspondientes de los agregados y haber obtenido sus características, se procede a hacer el diseño de mezclas considerando las siguientes características de los materiales:

Tabla 12. *Resumen de las propiedades físicas de los componentes del concreto.*

Propiedades	Componentes del concreto			
	Agregado grueso	Agregado fino	Cemento	Agua
Tamaño Máximo Nominal	3/4"			
Módulo de Fineza	6.97	2.56		
Humedad (%)	0.39	2.19		
Peso específico (gr/cm ³)	2.670	2.500	3.100	1.000
Absorción (%)	1.04	1.48		
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1397.21	1605.41		
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1546.40	1739.31		

El proceso de diseño de mezcla utilizado en la presente investigación se basa en la resistencia buscada para el concreto que se diseña, en él se fija la relación agua/cemento, tal que se asegure la durabilidad y la resistencia del concreto. Se tuvo como referencia el método de diseño de concreto propuesto el sistema del American Concrete Institute (ACI 211.1-91) es, sin lugar a dudas, el método de dosificación más utilizado en todo el mundo, siendo adecuado para cualquier obra realizada con concreto. Se lo realiza con tablas, las cuales se basan en ensayos realizados en laboratorios, para así encontrar la dosificación más adecuada en función a la resistencia esperada.

A continuación, se detalla el método a seguir:

3.7.4.1. Determinación de la resistencia promedio o resistencia requerida (f'_{cr}).

Teniendo en cuenta que la mezcla a utilizar es aplicada con fines de investigación se optó por considerar el $f'_{c} = 280 \text{ Kg/cm}^2$ igual que el f'_{cr} , ya que este factor se emplea para asegurar que el concreto alcance la resistencia requerida en obra.

3.7.4.2. Selección del asentamiento (slump)

Cuando este no se especifica el informe del ACI incluye una tabla en la que se recomiendan diferentes valores de slump de acuerdo con el tipo de construcción que se requiera. Los valores son aplicables cuando se emplea el vibrado para compactar el concreto, en caso contrario dichos valores pueden ser incrementados en dos y medio centímetros.

Tabla 13. *Valores de asentamiento para diferentes tipos de obra*

Características	Asentamiento	
	Máximo	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación Armados	3"	1"
Cimentaciones simples, cajones, y subestructuras de muros	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas de edificios	4"	1"
Losas y pavimentos	3"	1"
Concreto Ciclópeo	2"	1"

Fuente: ACI C211.1

Se trabajó para un slump de 3" a 4" por ser aplicable en la elaboración de concretos estructurales.

3.7.4.3. Selección del tamaño máximo nominal del agregado

De la tabla 12, obtenemos que el tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 3/4", dato que fue obtenido del análisis granulométrico.

3.7.4.4. Estimación del agua de mezcla

La estimación de la cantidad de agua de mezclado está en función del asentamiento de la mezcla, el tamaño máximo nominal del agregado grueso y si el concreto será con aire incorporado o sin aire incorporado, para este diseño se consideró un concreto sin aire incorporado por lo tanto la cantidad de agua es de 205 l/m³ y se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 14. *Volumen unitario de agua.*

Asentamiento	Agua, en l/m ³ , para los tamaños máx. nominales del agregado							
	grueso y consistencia indicados							
	(3/8")	(1/2")	(3/4")	(1")	(1 1/2")	(2")	(3")	(6")
Concretos sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	...
Concretos 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	...

Fuente: ACI C211.1

3.7.4.5. Estimación del aire atrapado

El aire atrapado se puede estimar teniendo en cuenta el tamaño máximo nominal y haciendo uso de la siguiente tabla.

Tabla 15. *Contenido de aire atrapado*

Tamaño máximo Nominal	Aire atrapado
3/8"	3,0%
1/2"	2,5%
3/4"	2,0%
1"	1,5%
1 1/2"	1,0%
2"	0,5%
3"	0,3%
6"	0,2%

Fuente: ACI C211.1

Para el caso del trabajo de investigación considerando el tamaño máximo nominal del agregado grueso de 3/4" el aire atrapado es del dos por ciento (2%).

3.7.4.6. Elección de la relación agua cemento

El ACI proporciona una tabla con los valores de la relación agua/cemento de acuerdo con la resistencia a la compresión, a los 28 días que se requiera. Para esta investigación se consideró una resistencia de $f'_{cr} = 280 \text{ Kg/cm}^2$ y sin aire incorporado por lo tanto la relación agua cemento se obtiene de la siguiente tabla.

Tabla 16. *Relación Agua/Cemento por Resistencia*

f'c (28 días)	Relación agua-cemento de diseño en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto 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	...

Fuente: ACI C211.1

Como se observa en la tabla el f'_{cr} se encuentra entre los valores de 250 y 300 por lo que procedemos a interpolar.

250	0.62
280	X
300	0.55

- Al desarrollar la interpolación se obtiene que el valor de $X = 0.578$

3.7.4.7. Cálculo de la cantidad de cemento

Una vez obtenida la relación agua cemento (a/c) y conocida la cantidad de agua se puede obtener la cantidad de cemento en kilogramos (kg) para un metro cúbico (1 m^3) haciendo la siguiente ecuación.

$$\frac{a}{c} = 0.578$$

$$c = \frac{205}{0.578}$$

$$c = 354.67$$

- Por lo tanto, la cantidad de cemento es de 354,67 kg/m³.

3.7.4.8. Cálculo del volumen de agregado grueso

Para el octavo paso del procedimiento el ACI maneja una tabla con el volumen del agregado grueso por volumen unitario de concreto, los valores dependen del tamaño máximo nominal de la piedra y del módulo de finura de la arena.

Tabla 17. *Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto*

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen del agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino (b/b ₀)			
	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

Fuente: ACI C211.1

Para encontrar el coeficiente (b/b₀) como se observa en la tabla para un Tamaño Máximo Nominal 3/4" del agregado grueso se tiene que interpolar con los valores de 2.40 y 2.60 ya que el módulo de fineza del agregado fino es 2.56, se procede a interpolar de la siguiente manera.

2.40	0.66
2.56	X
2.60	0.64

- Al desarrollar la interpolación se obtiene que el valor de $X = 0.644$

Una vez obtenido el coeficiente (b/b_0) y conocido el peso compactado del agregado grueso (1546.40 kg/m^3) se puede obtener la cantidad de agregado grueso con la siguiente ecuación.

$$A. \text{ Grueso} = 0.644 * 1546.40$$

$$A. \text{ Grueso} = 996.61$$

- Por lo tanto, la cantidad de agregado grueso es de 996.61 Kg/m^3 .

3.7.4.9. Determinación de volúmenes absolutos

Se obtiene al dividir el peso calculado en el diseño entre el peso específico de masa, tener en consideración las unidades.

- Volumen del cemento $\frac{354.67}{3.15*1000} = 0.133 \text{ m}^3$
- Volumen del agua $\frac{205}{1*1000} = 0.205 \text{ m}^3$
- Volumen del aire $\frac{2.0}{100} = 0.020 \text{ m}^3$
- Volumen de agregado grueso $\frac{996.61}{2.67*1000} = 0.377 \text{ m}^3$

➤ Volumen total: $0.133 + 0.205 + 0.020 + 0.377 = 0.715 \text{ m}^3$

3.7.4.10. Cálculo del volumen de agregado fino

Hasta el paso anterior se tienen estimados todos los componentes del concreto, excepto el agregado fino, cuya cantidad se calcula por diferencia.

$$A. Fino = 1 - 0.715$$

$$A. Fino = 0.285 m^3$$

- Por lo tanto, el volumen del agregado fino es de 0.295 m³.

Una vez obtenido el volumen del agregado fino y conocido el peso específico de masa (2.50 gr/cm³) se puede obtener la cantidad de agregado fino con la siguiente ecuación.

$$A. Fino = 0.285 m^3 * 2.50 \frac{gr}{cm^3} * 1000$$

$$A. Fino = 713.20 kg/m^3$$

- Por lo tanto, la cantidad de agregado fino es de 713.20 kg/m³.

3.7.4.11. Valores de diseño

Ahora resumiremos los valores obtenidos de los materiales:

Tabla 18. *Resumen de cantidad de materiales secos*

Materiales de diseño secos para 1 m³	
Cemento	354.67 kg
Agua de diseño	205.00 kg
Agregado fino seco	713.15 kg
Agregado grueso seco	996.61 kg

3.7.4.12. Corrección de materiales por humedad.

Los materiales se corrigieron por humedad antes de iniciar la elaboración de la mezcla.

$$AGH = AGS * \left(1 + \frac{W\%}{100}\right), AFH = AFS * \left(1 + \frac{W\%}{100}\right)$$

$$Agua Efectiva = Agua de Diseño - (X + Y)$$

$$X = AGS * \left(\frac{W\% - Abs}{100} \right)$$

$$Y = AFS * \left(\frac{W\% - Abs}{100} \right)$$

Siendo:

- AGH = agregado grueso húmedo
- AFH = agregado fino húmedo
- AGS = agregado grueso seco
- AFS = agregado fino seco
- W% = contenido de humedad del agregado (fino o grueso) según el caso
- Abs. = absorción del agregado (fino o grueso) según el caso

Para fines del diseño de mezcla se realizó el ensayo de humedad de los agregados determinándose que el porcentaje de humedad del agregado fino fue de 2.19 % mientras que para el agregado grueso fue de 0.39 %.

Al realizar los cálculos correspondientes de la corrección de humedad de los agregados se obtienen los resultados mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 19. *Resumen de cantidad de materiales corregidos por humedad*

Materiales de diseño corregidos por humedad 1 m³	
Cemento	354.70 kg
Agua de diseño	206.42 kg
Agregado fino húmedo	728.79 kg
Agregado grueso húmedo	1000.51 kg

3.7.5. Proceso de adición de partículas chatas y alargadas del agregado grueso

Para realizar el proceso de adición de 10%, 15%, 20% y 25% se parte del ensayo de partículas chatas y alargadas del agregado grueso y del diseño de mezclas, en específico sobre el peso del agregado grueso, al cual se realizó la extracción y posteriormente la adición de manera proporcional al porcentaje en peso individual determinados en los tamices de 3/4", 1/2", 3/8" y N°4. A continuación detallaremos el procedimiento.

Procedimiento:

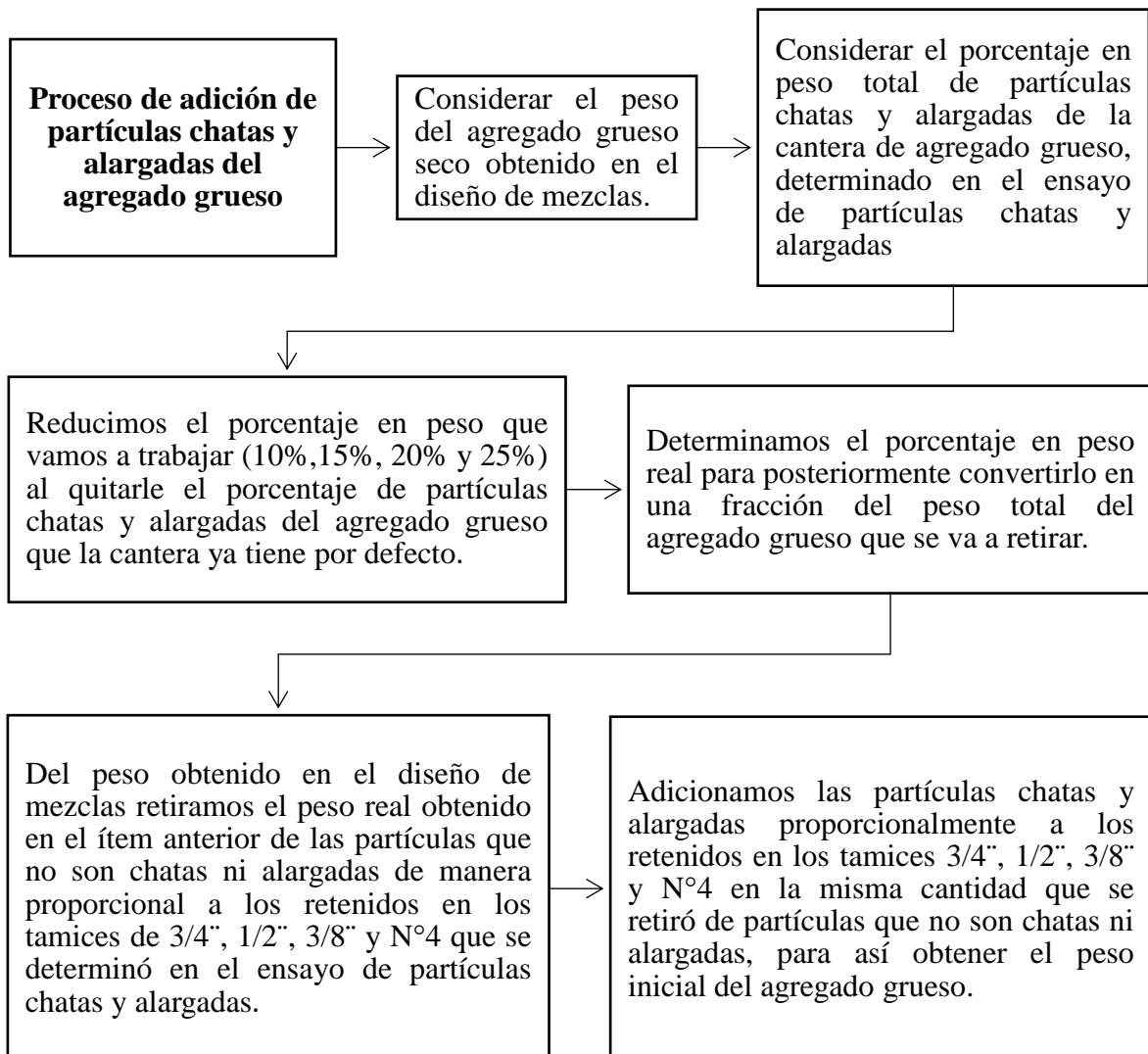


Figura 39. Procedimiento para la adición de partículas chatas y alargadas

3.7.6. Elaboración del concreto.

3.7.6.1. Materiales

- Cemento portland tipo I
- Agua potable
- Agregado grueso cantera “Olano”
- Agregado fino cantera “Olano”
- Partículas chatas y alargadas del agregado grueso.

3.7.6.2. Equipos

- Balanza con capacidad de 30 kg con precisión 1 gr
- Probeta graduada de 1 000 cm³
- Cono de Abrams
- Olla Washington
- Mezcladora de 180 kg
- Recipientes para pesar los materiales
- Una carretilla buggy.
- Cuchara para el muestreo
- Barilla apisonador
- Wincha
- Martillo de goma

3.7.6.3. Metodología

Se procedió a elaborar el concreto con la adición de partículas chatas y alargadas en porcentajes de 10%, 15%, 20% y 25% en peso del agregado grueso, de la siguiente manera:

- a) Tener preparado todos los componentes que conformaran el concreto; tales como: Cemento, agregados, partículas chatas y alargadas del agregado grueso, agua. La cantidad estará sujeta a la tanda a preparar.

- b) Humedecer las paletas y el cuerpo del trompo con el fin de facilitar el mezclado, pero no debe contener agua en demasía al momento de iniciar el proceso.
- c) Tener el trompo apagado y en posición de abastecimiento, luego añadir el agregado grueso con las partículas chatas y alargadas más el 60% del total del agua de mezclado.
- d) Prender el trompo y mezclar por un lapso de un minuto y seguidamente adicionar el agregado fino.
- e) Luego agregar el cemento y adicionar el 40% del agua restante por el canto del trompo con el fin de que el agua comience a lavar las paletas y el cuerpo del trompo.
- f) Mezclar por un lapso de 3 minutos, luego apagar y dejar reposar por 3 minutos pasado ese tiempo prender y mezclar por 2 minutos y finalmente vaciar en la carretilla.



Figura 40. Proceso de elaboración de concreto.

3.7.7. Ensayos en concreto fresco

Se llevó a cabo una serie de ensayos para el concreto con el propósito de evaluar parámetros como peso unitario, contenido de aire y trabajabilidad (slump).

3.7.7.1. Asentamiento del concreto (slump)

Normativa: NTP 339.035

Procedimiento:

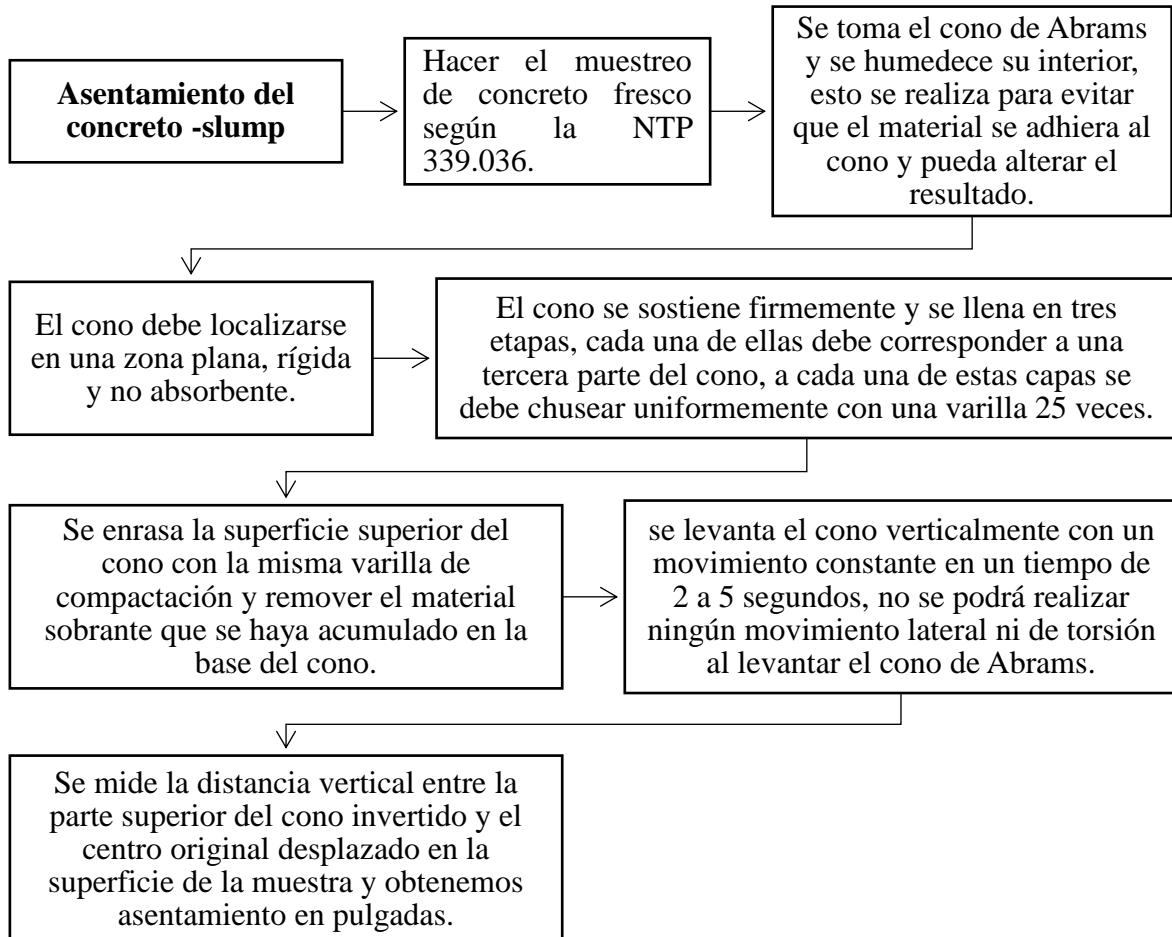


Figura 41. Procedimiento para determinar el asentamiento (slump).



Figura 42. Asentamiento del concreto (slump)

3.7.7.2. Peso unitario y rendimiento.

Normativa: NTP 339.046

Procedimiento:

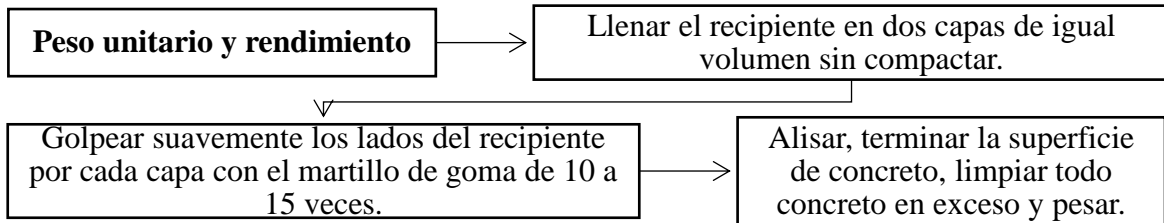


Figura 43. Procedimiento para peso unitario y rendimiento del concreto.



Figura 44. Peso unitario y rendimiento del concreto.

Cálculos:

Para determinar el peso unitario del concreto fresco se procede de la siguiente manera:

$$W = \frac{Mc - Mm}{Vm}$$

Donde:

- W = Peso unitario del concreto fresco en kg/m^3 .
- Mc = Masa del molde lleno de concreto en kilogramos.
- Mm = Masa del molde vacío en kilogramos.
- Vm = Volumen del molde en m^3 .

3.7.7.3. Contenido de aire en el concreto fresco método de presión.

Normativa: NTP 339.083

Procedimiento:

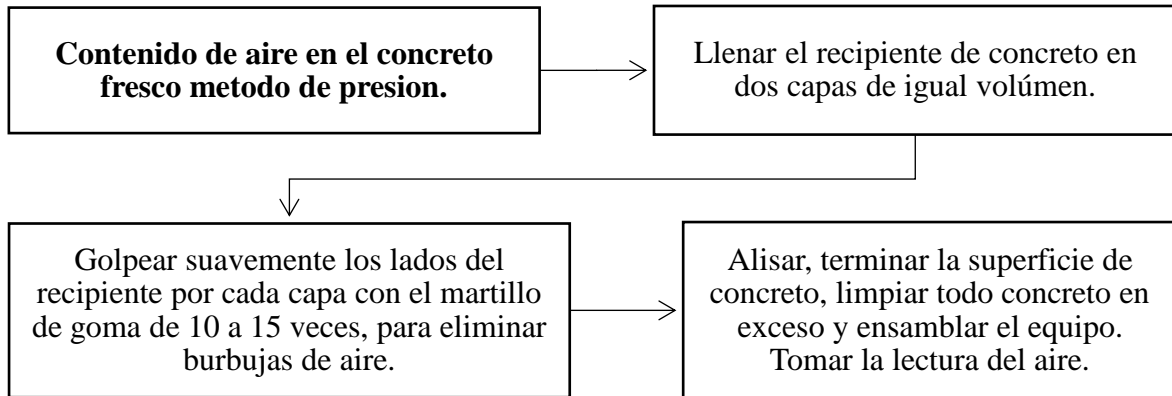


Figura 45. Procedimiento para determinar el contenido de aire atrapado del concreto.



Figura 46. Contenido de aire del concreto.

3.7.8. Ensayos en concreto endurecido

3.7.8.1. Elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

Normativa: NTP 339.183

Procedimiento:

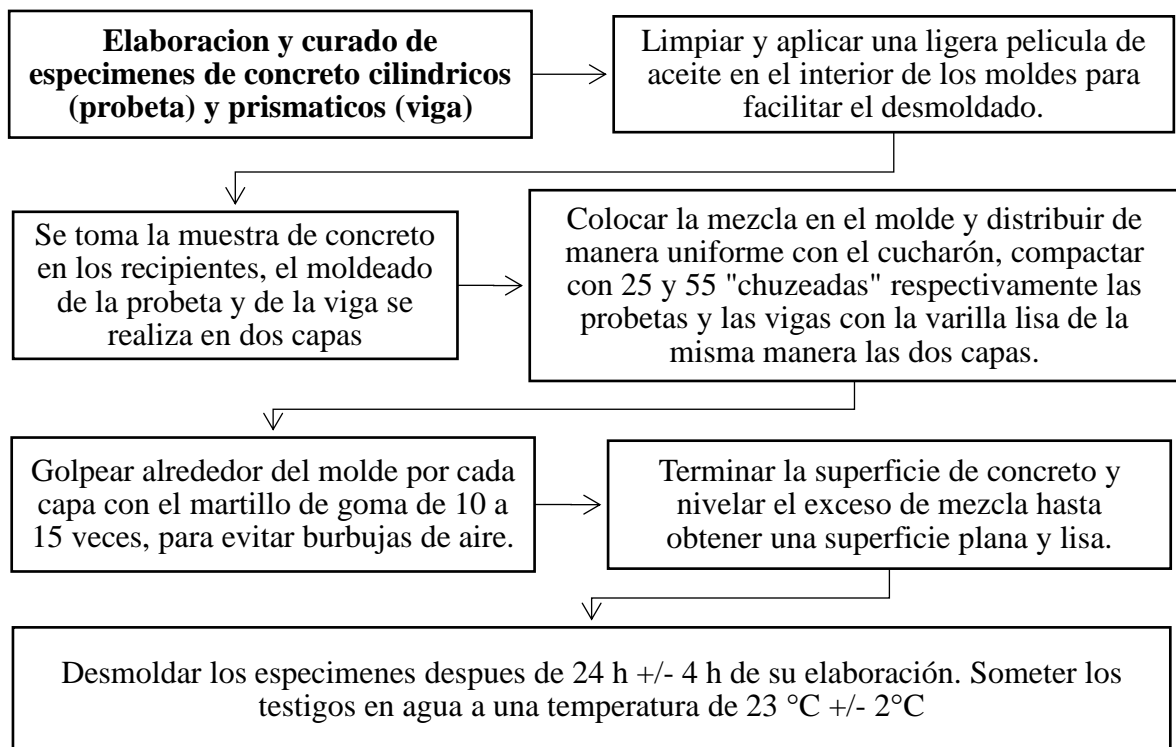


Figura 47. Procedimiento de elaboración y curado de especímenes de concreto.



Figura 48. Elaboración y curado de especímenes.

3.7.8.2. Resistencia a la compresión del concreto en especímenes cilíndricos

Normativa: NTP 339.034

Procedimiento:

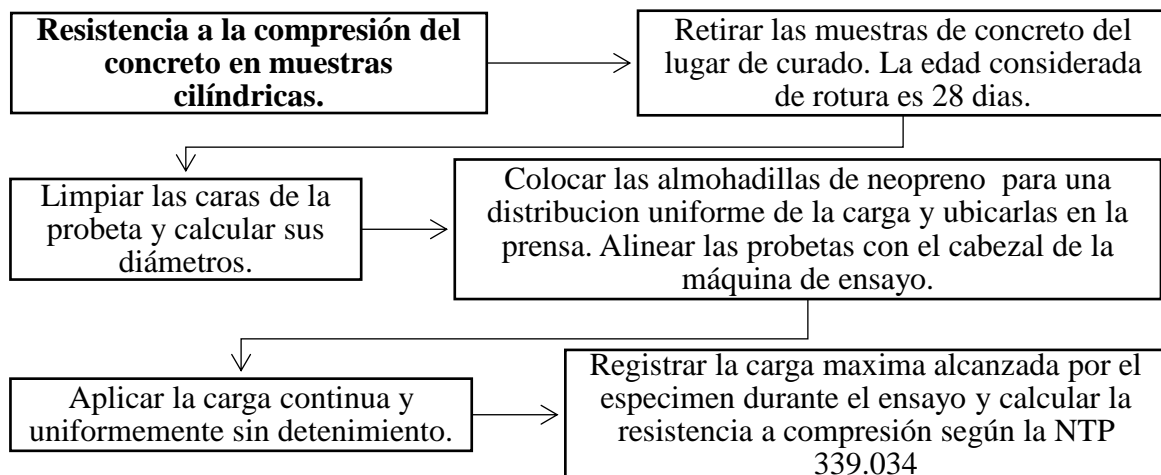


Figura 49. Procedimiento para evaluar la resistencia a la compresión de concreto.



Figura 50. Resistencia a la compresión del concreto.

Cálculos:

Los especímenes de concreto sometidos al ensayo de resistencia las compresiones tuvieron las dimensiones de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura. La resistencia a la compresión vendría hacer la carga máxima alcanzada por el espécimen durante el ensayo entre el área promedio de la sección.

$$f'c = \frac{Pmax}{A}$$

Donde:

- Pmax = Carga máxima alcanzada por el espécimen (kg).
- A = Área de la sección del espécimen (cm²).

3.7.8.3. Resistencia a la flexión del concreto en especímenes prismáticos

Normativa: NTP 339.078

Procedimiento:

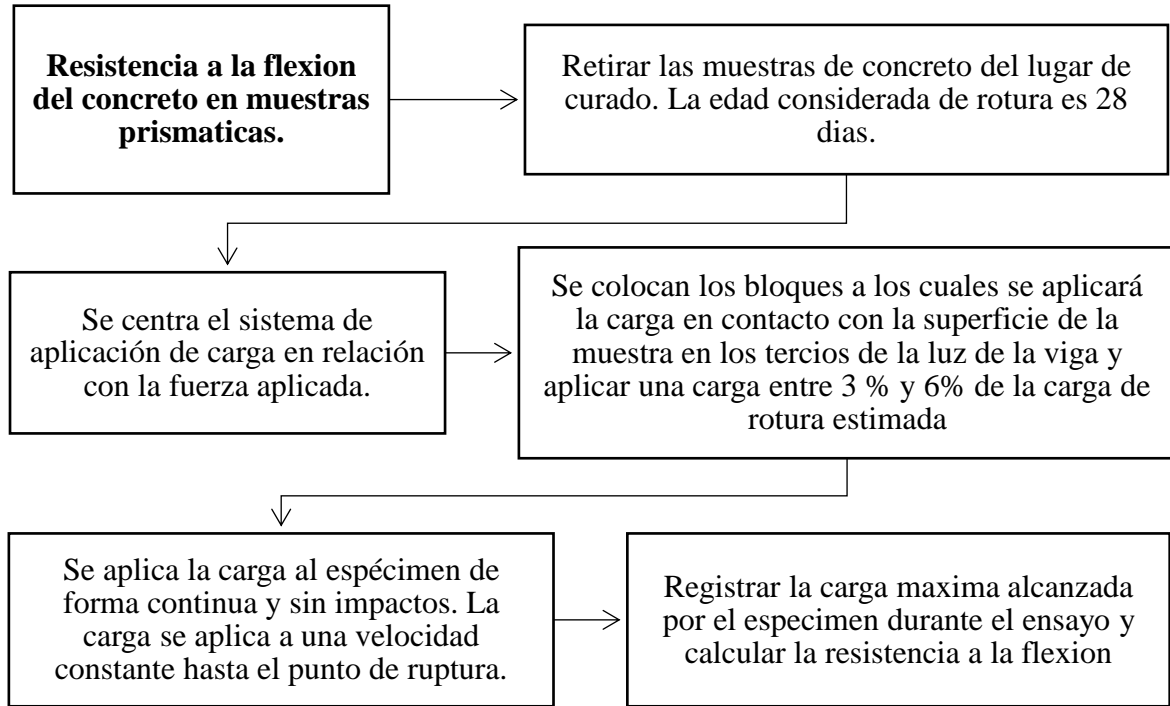


Figura 51. Procedimiento para evaluar la resistencia a la flexión de concreto.



Figura 52. Resistencia a la flexión del concreto.

Cálculos:

- Si la falla ocurre dentro del tercio medio de la luz, el módulo de rotura se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$Mr = \frac{PL}{bh^2}$$

Donde:

- Mr: es el módulo de rotura, en MPa.
 - P: Es la carga máxima de rotura indicada por la máquina de ensayo, en N
 - L: Es la luz libre entre apoyos, en mm
 - b: Es el ancho promedio de la viga en la sección de falla, en mm
 - h: Es la altura promedio de la viga en la sección de falla, en mm.
- Si la falla ocurre fuera del tercio medio y a una distancia de este no mayor del 5 % de la luz libre, el módulo de rotura se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$Mr = \frac{3Pa}{bh^2}$$

Donde:

- a: Es la distancia promedio entre la línea de falla y el apoyo más cercano, medida a lo largo de la línea central de la superficie inferior de la viga, en mm.
- 9.3 Si la falla ocurre fuera del tercio medio y a una distancia de este mayor del 5 % de la luz libre, se rechaza el ensayo.

IV. RESULTADOS

4.1. Evaluación y selección del agregado grueso de las plantas procesadoras

Tabla 20. *Porcentaje de partículas chatas y alargadas del agregado grueso.*

Porcentaje de partículas chatas y alargadas del agregado grueso					
Tamiz	Porcentaje por planta procesadora (%)				
	Rodríguez	Lamparan	S. Rosa	Olano	Tamborapa
3/4"	0.32	0.67	0.44	0.33	0.28
1/2"	2.92	2.71	3.29	3.12	2.08
3/8"	0.31	0.42	0.73	0.97	1.23
N°4	0.06	0.09	0.43	0.80	0.41
Total	3.61	3.89	4.89	5.21	3.99

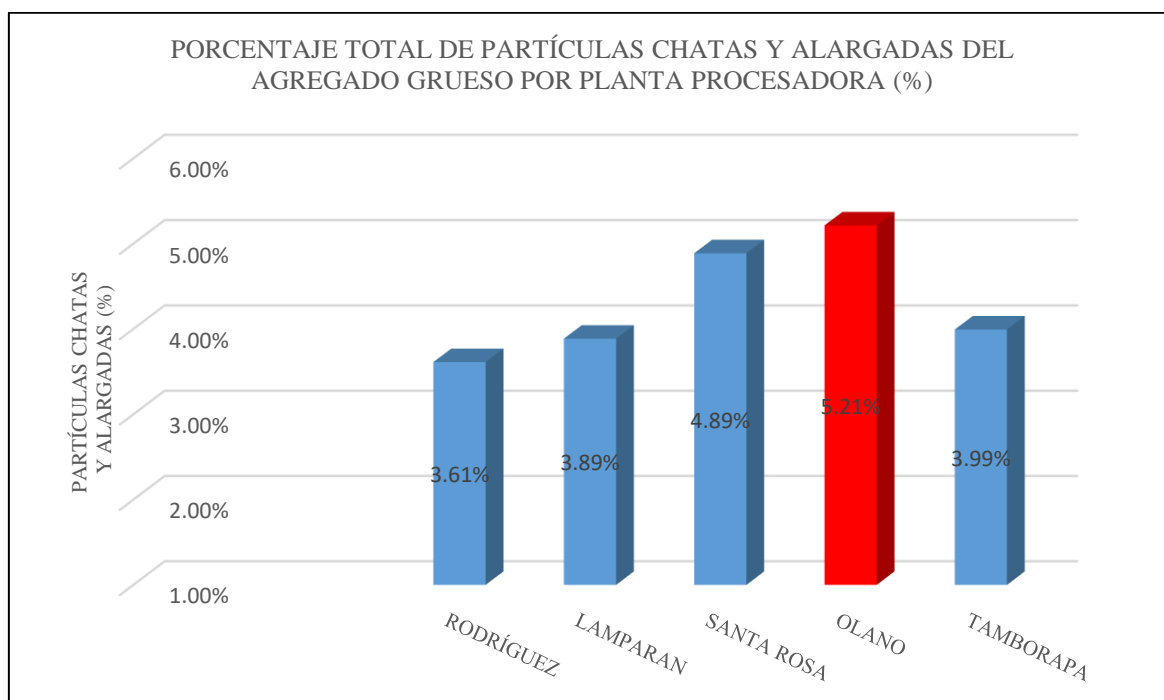


Figura 53. *Porcentaje de partículas chatas y alargadas del agregado grueso por planta procesadora*

4.2. Características físicas de los agregados

4.2.1. Granulometría.

Tabla 21. *Análisis granulométrico del agregado fino.*

Análisis granulométrico del agregado fino (NTP 400.012)						
Peso inicial seco (gr)						2433.10
Peso final seco, después de lavado (gr)						2371.50
Material fino que pasa el tamiz N° 200 (%)						2.53
N°	Tamiz Abertura (mm)	Peso Ret. Parcial (gr)	% Ret. Parcial.	% Ret. Acum.	% que pasa	Limite NTP. 400.037
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100	100
N°4	4.76	109.70	4.51	4.51	95.49	95-100
N°8	2.38	208.70	8.58	13.09	86.91	80-100
N°16	1.19	368.20	15.13	28.22	71.78	50-85
N°30	0.59	420.20	17.27	45.49	54.51	25-60
N°50	0.30	604.80	24.86	70.35	29.65	10-30
N°100	0.15	572.50	23.53	93.88	6.12	2-10
N°200	0.07	83.20	3.42	97.30	2.70	-
Cazoleta	.-	65.80	2.70	100.00	0.00	
Total		2433.10				
Módulo de fineza (mf)		2.56				

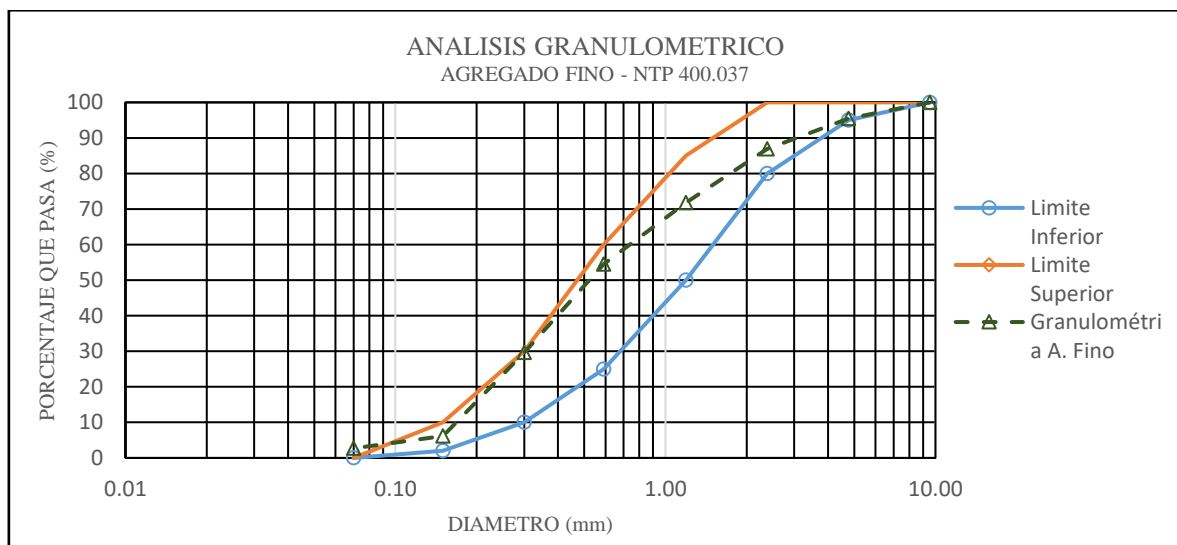


Figura 54. *Curva granulométrica del agregado fino.*

Tabla 22. Análisis granulométrico del agregado grueso.

Análisis granulométrico del agregado grueso (NTP 400.012)						
Peso inicial seco (gr)		5334.50				
Peso final seco, después de lavado (gr)		5307.70				
Material fino que pasa el tamiz N°200 (%)		0.50				
N°	Tamiz Abertura (mm)	Peso Ret. Parcial (gr)	% Ret. Parcial.	% Ret. Acum.	% que pasa	NTP. 400.037 Huso 06
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	100
3/4"	19.05	476.90	8.94	8.94	91.06	90 - 100
1/2"	12.70	3444.40	64.57	73.51	26.49	20 - 55
3/8"	9.53	997.10	18.69	92.20	7.80	0 - 15
N°04	4.76	381.60	7.15	99.35	0.65	0 - 5
N°08	2.38	0	0.00	99.35	0.65	-
N°16	1.19	0	0.00	99.35	0.65	-
N°50	0.30	0	0.00	99.35	0.65	-
Cazoleta	--	34.50	0.65	100.00	0.00	
Total		5334.50				
Módulo de fineza (mf)		6.97				
Tamaño máximo		1"				
Tamaño máximo nominal		3/4"				

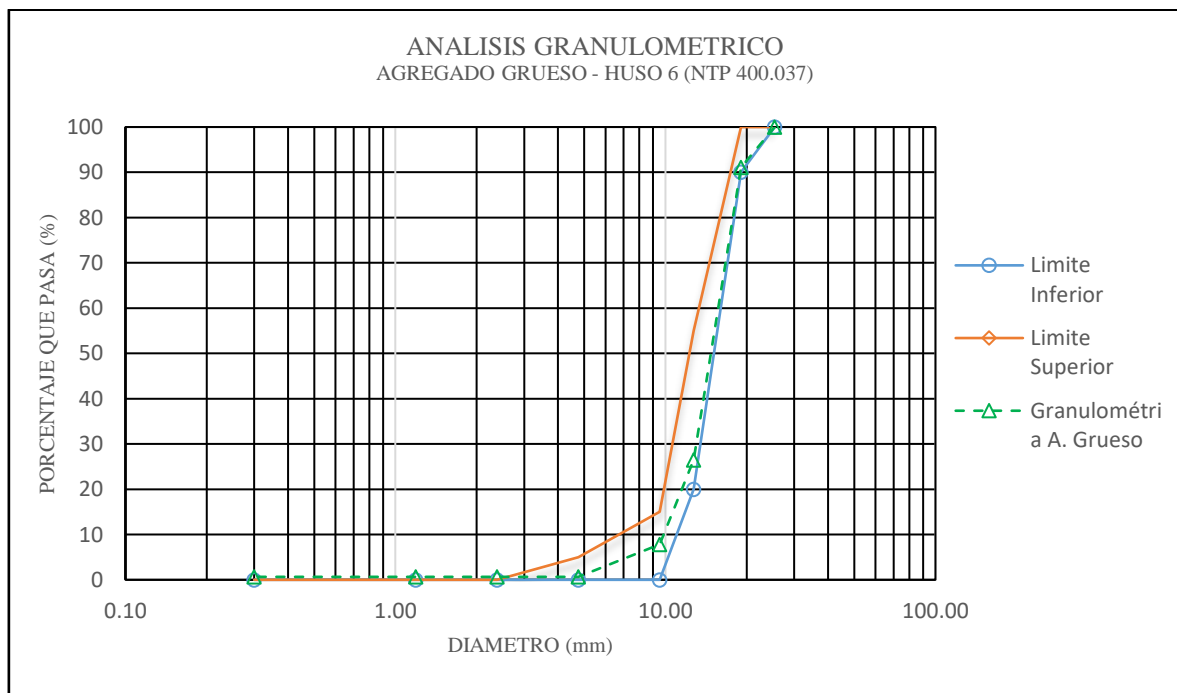


Figura 55. Curva granulométrica del agregado grueso.

4.2.2. Peso específico y absorción

Los resultados obtenidos después de haber realizado los ensayos teniendo como referencia la NTP 400.022 para el agregado fino y la NTP 400.021 para el agregado grueso se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 23. *Peso específico y absorción del agregado fino.*

Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino (NTP 400.022)	
Peso en el aire de la muestra seca al horno (gr)	492.70
Peso del picnómetro llenado de agua hasta la marca de calibración (gr)	701.50
Peso del picnómetro lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración (gr)	1004.40
Peso de la muestra de saturado superficialmente seca (gr)	500.00
Cálculos	
Peso específico de masa (gr/cm^3)	2.50
Peso específico de masa saturado superficialmente seca (gr/cm^3)	2.54
Peso específico aparente (gr/cm^3)	2.60
Absorción (%)	1.48

Tabla 24. *Peso específico y absorción del agregado grueso.*

Peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso (NTP 400.021)	
Peso en el aire de la muestra seca al horno (gr)	2973.60
Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (gr)	3004.60
Peso sumergido en agua de la muestra saturada (gr)	1879.40
Cálculos	
Peso específico de masa (gr/cm^3)	2.64
Peso específico de masa saturado superficialmente seca (gr/cm^3)	2.67
Peso específico aparente (gr/cm^3)	2.72
Absorción (%)	1.04

4.2.3. Peso unitario

Los resultados obtenidos después de haber realizado los ensayos teniendo como referencia la NTP 400.017, se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 25. *Peso unitario suelto del agregado fino.*

Peso unitario suelto del agregado fino (NTP 400.017)			
N° Muestra	1	2	3
Peso del recipiente (gr.)	6310.80	6310.80	6310.80
Volumen del recipiente (cm ³)	2086.78	2086.78	2086.78
Peso del recipiente + material (gr.)	9737.30	9737.80	9728.10
Peso del material (gr.)	3426.50	3427.00	3417.30
Peso unitario seco suelto (kg/m ³)	1606.77	1607.01	1602.46
Peso unitario seco suelto promedio (kg/m ³)			1605.41

Tabla 26. *Peso unitario compactado del agregado fino.*

Peso unitario compactado del agregado fino (NTP 400.017)			
N° Muestra	1	2	3
Peso del recipiente (gr.)	6310.80	6310.80	6310.80
Volumen del recipiente (cm ³)	2086.78	2086.78	2086.78
Peso del recipiente + material (gr.)	10008.90	10021.10	10029.80
Peso del material (gr.)	3698.10	3710.30	3719.00
Peso unitario seco compactado (kg/m ³)	1734.13	1739.85	1743.93
Peso unitario seco compactado promedio (kg/m ³)			1739.31

Tabla 27. *Peso unitario suelto del agregado grueso.*

Peso unitario suelto del agregado grueso (NTP 400.017)			
N° Muestra	1	2	3
Peso del recipiente (gr.)	6310.80	6310.80	6310.80
Volumen del recipiente (cm ³)	2086.78	2086.78	2086.78
Peso del recipiente + material (gr.)	9266.30	9230.00	9217.30
Peso del material (gr.)	2955.50	2919.20	2906.50
Peso unitario seco suelto (kg/m ³)	1410.79	1393.46	1387.40
Peso unitario seco suelto promedio (kg/m ³)			1397.21

Tabla 28. *Peso unitario compactado del agregado grueso.*

Peso unitario compactado del agregado grueso (NTP 400.017)			
N° Muestra	1	2	3
Peso del recipiente (gr.)	6310.80	6310.80	6310.80
Volumen del recipiente (cm ³)	2086.78	2086.78	2086.78
Peso del recipiente + material (gr.)	9575.50	9538.20	9537.50
Peso del material (gr.)	3264.70	3227.40	3226.70
Peso unitario seco compactado (kg/m ³)	1558.38	1540.58	1540.24
Peso unitario seco compactado promedio (kg/m ³)			1546.40

4.2.4. Contenido de humedad

El contenido de humedad de los materiales se obtuvo previo a la elaboración de cada adición de concreto, dichos valores se presentan a continuación.

Tabla 29. *Contenido de humedad del agregado fino*

Contenido de humedad del agregado fino				
Descripción	Adición			
	10 %	15 %	20 %	25 %
Peso de muestra húmeda (gr)	1197.70	1107.60	1015.30	1068.80
Peso de muestra seca (gr)	1149.00	1065.40	986.70	1045.20
Contenido de humedad (%)	4.24	3.96	2.90	2.26

Tabla 30. *Contenido de humedad del agregado grueso*

Contenido de humedad del agregado grueso				
Descripción	Adición			
	10 %	15 %	20 %	25 %
Peso de muestra húmeda (gr)	2183.40	2135.70	2058.00	2006.10
Peso de muestra seca (gr)	2154.90	2113.50	2043.60	2000.20
Contenido de humedad (%)	1.32	1.05	0.70	0.29

4.3. Resultados del diseño de mezcla

Tomamos la tabla del acápite 3.7.5.12. que viene a ser la cantidad de materiales húmedos para la elaboración de 1 m³ de concreto, esta tabla será válida para todas las adiciones ya que el diseño de mezcla no varía, mientras que la cantidad de materiales corregidos por humedad serán distintas debido a que cada adición fue preparada en diferentes días, en cada uno de estos se determinó el contenido de humedad del agregado para realizar la respectiva corrección.

Tabla 31. *Materiales de diseño húmedos utilizado para concretos adicionados con diferentes porcentajes de partículas chatas y alargadas del agregado grueso*

Materiales de diseño húmedo para 1 m³	
Cemento (kg)	354.70
Agua de diseño (l)	206.42
Agregado fino seco(kg)	728.79
Agregado grueso seco (kg)	1000.51

Tabla 32. *Materiales de diseño corregidos por humedad adicionados con diferentes porcentajes de partículas chatas y alargadas del agregado grueso*

Materiales de diseño corregidos por humedad para 1 m³ de concreto				
Material	Adición			
	10 %	15 %	20 %	25 %
Cemento (kg)	354.67	354.67	354.67	354.67
Agua de diseño (l)	182.56	187.25	198.30	206.95
Agregado fino seco (kg)	743.39	741.40	733.84	729.27
Agregado grueso seco (kg)	1009.77	1007.08	1003.59	999.51

4.4. Ensayos de concreto en estado fresco

En este apartado se muestran los resultados de los ensayos realizados en el concreto en estado fresco; a su vez se muestra gráficas independientes para evaluar el comportamiento que presentan los distintos concretos adicionados con diferentes porcentajes de partículas chatas y alargadas del agregado grueso.

4.4.1. Ensayos de asentamiento, contenido de aire y peso unitario

Tabla 33. Ensayos de asentamiento, contenido de aire y peso unitario.

Ensayos realizados al concreto en estado fresco			
Adición	Ensayo		
	Asentamiento (cm)	C. Aire (%)	P. Unitario (kg/m ³)
10 %	5.00	1.60	2332.00
15 %	5.00	1.80	2330.00
20 %	4.80	1.90	2326.00
25 %	4.50	1.95	2314.00

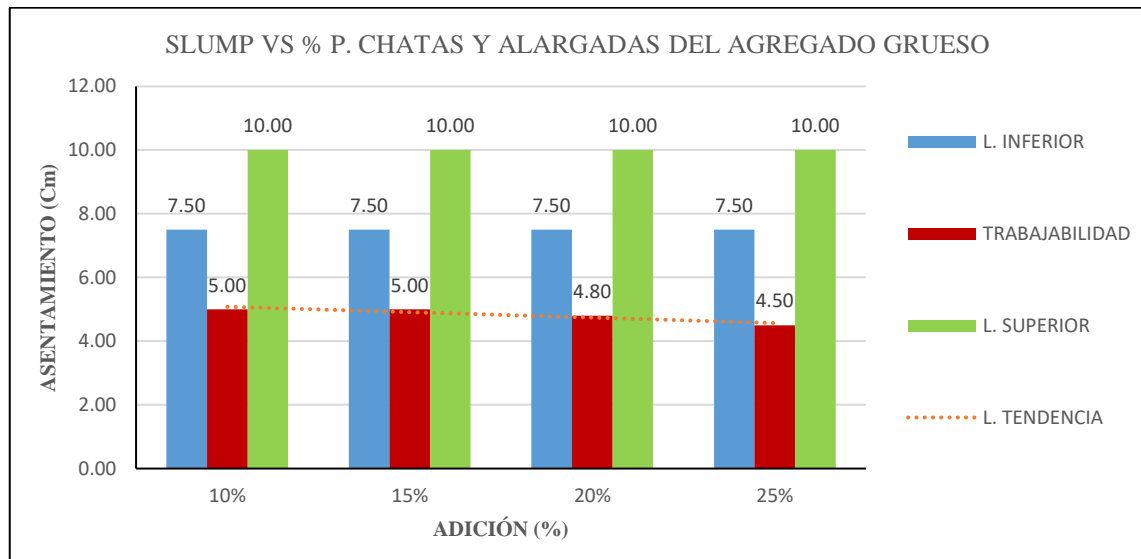


Figura 56. Variación del asentamiento (Slump).

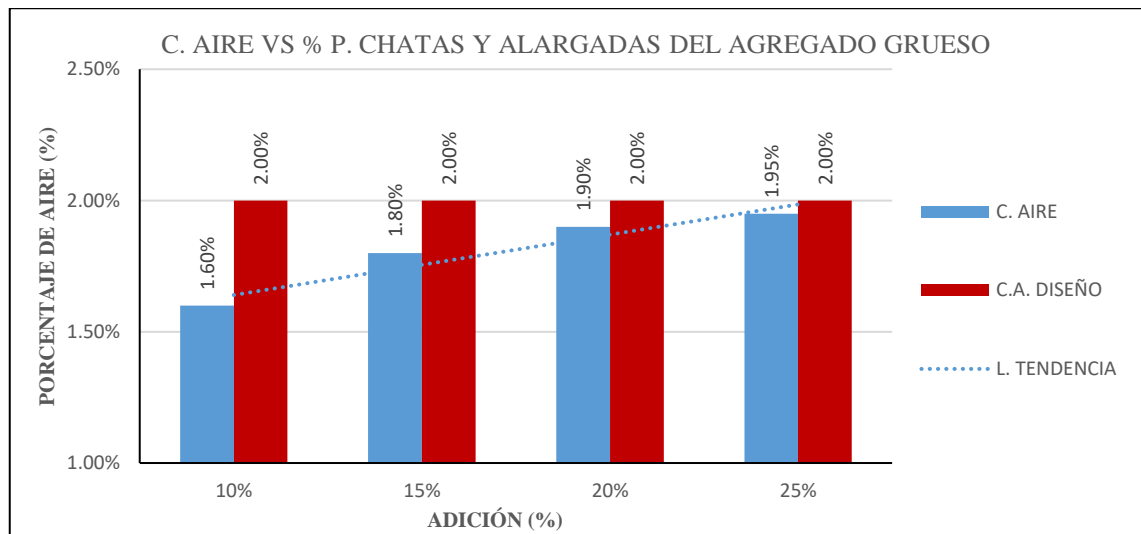


Figura 57. Variación del contenido de aire.

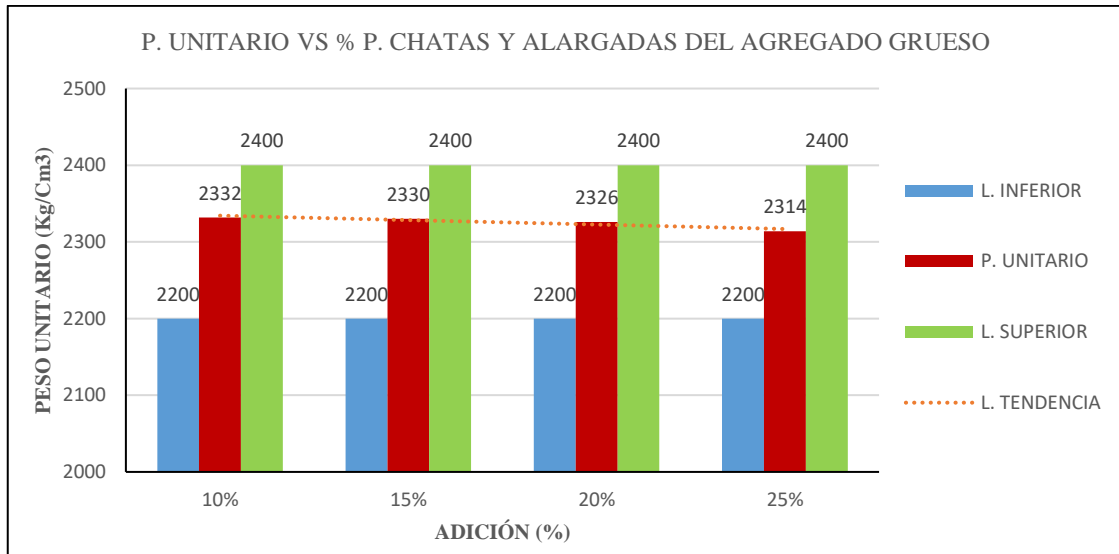


Figura 58. Variación del peso unitario.

4.5. Ensayos de concreto en estado endurecido

4.5.1. Ensayo de resistencia a la compresión

Para la evaluación de la resistencia a la compresión se ensayaron un total de 20 especímenes cilíndricos de concreto, 5 por cada adición de partículas chatas y alargadas del agregado grueso. Se muestra los resultados de la resistencia promedio con su respectiva gráfica, para poder analizar el comportamiento que sufre el concreto a medida que se va variando la adición.

Tabla 34. Resistencia a la compresión promedio a los 28 días del concreto adicionado con partículas chatas y alargadas del agregado grueso.

Evaluación de la resistencia a la compresión a los 28 días (kg/cm ²)				
Especímen	Adición			
	10 %	15 %	20 %	25 %
1	311.62	300.49	296.25	271.00
2	310.97	311.71	288.13	278.70
3	307.86	309.81	282.76	279.64
4	314.27	309.20	294.38	273.54
5	306.82	312.60	289.76	282.35
Promedio	310.31	308.76	290.26	277.05

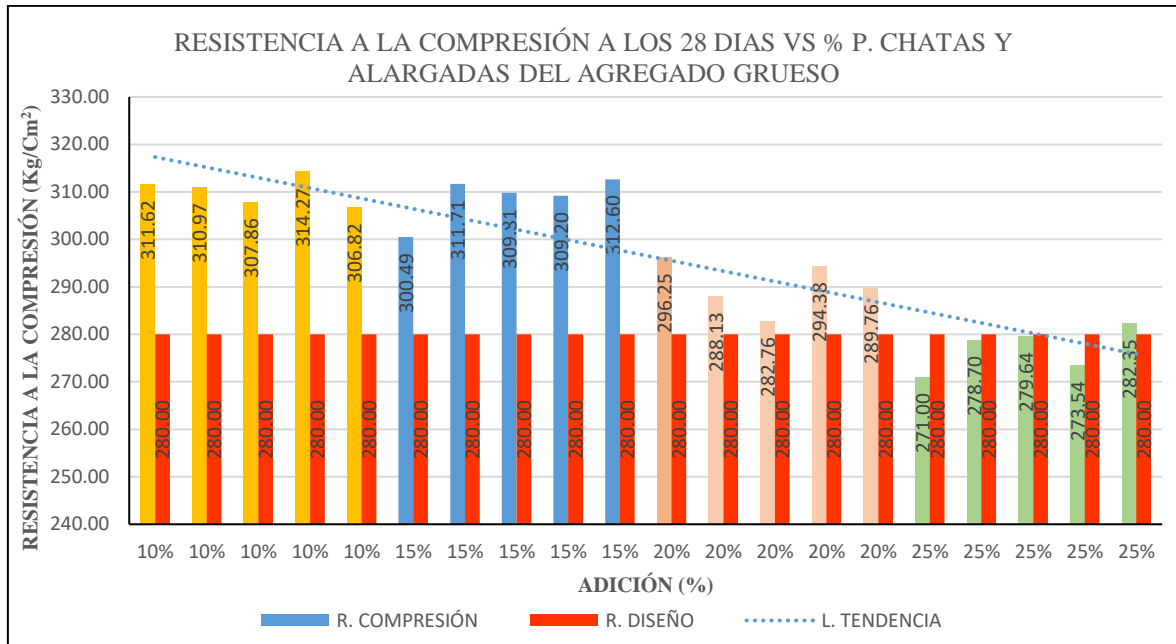


Figura 59. Resistencia a la compresión.

4.5.2. Ensayo de resistencia a la flexión

Para la evaluación de la resistencia a la flexión se ensayaron un total de 20 especímenes prismáticos (vigas) de concreto, 5 por cada adición de partículas chatas y alargadas del agregado grueso. Se muestra los resultados de la resistencia promedio con su respectiva gráfica, para poder analizar el comportamiento que sufre el concreto a medida que se va variando la adición.

Tabla 35. Resistencia a la flexión promedio a los 28 días del concreto adicionado con partículas chatas y alargadas del agregado grueso.

Evaluación de la resistencia a la flexión a los 28 días (kg/cm ²)				
Especímen	Adición			
	10 %	15 %	20 %	25 %
1	28.16	30.87	34.50	30.48
2	27.70	33.11	38.50	30.08
3	28.17	30.99	37.68	29.48
4	27.66	31.80	37.11	30.24
5	29.25	32.61	38.65	30.50
Promedio	28.19	31.88	37.29	30.16

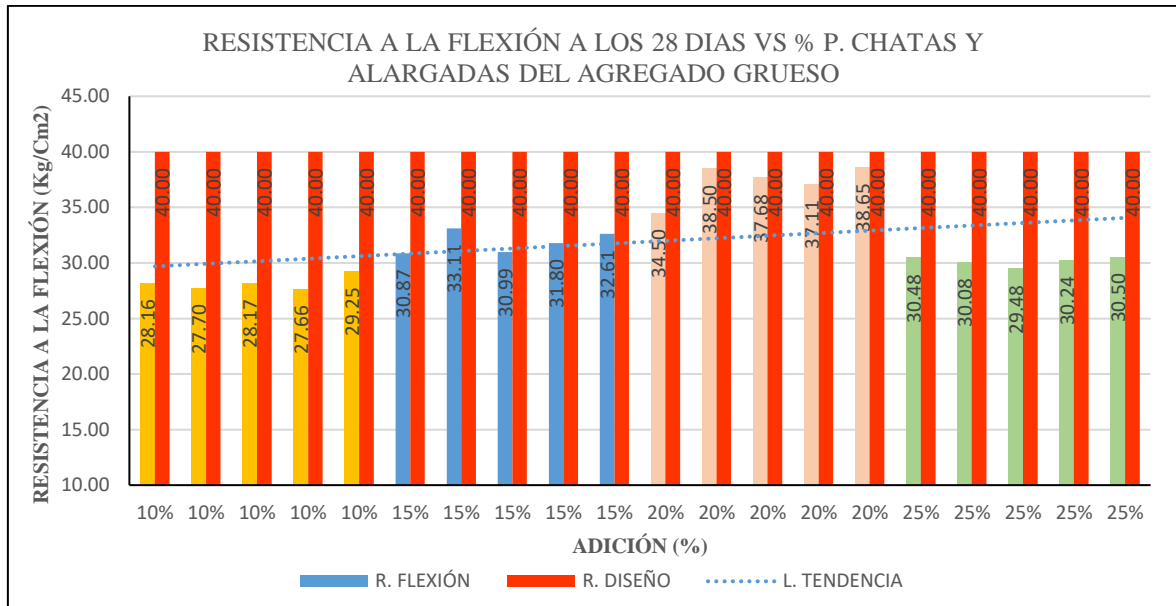


Figura 60. Resistencia a la flexión

4.6. Análisis estadístico

Se realizó con el propósito de ver si los datos obtenidos de los ensayos en el concreto son estadísticamente significativos de forma que si se vuelve hacer el estudio con características parecidas se deberían encontrar resultados que se asemejen a los encontrados. Se trabajó con un nivel de significancia de 0.05% y un nivel de confianza del 95%. El software utilizado por el análisis de datos fue el Minitab y Statistix.

4.6.1. Resultados analizados en concreto fresco

Para el análisis de datos obtenidos en concreto fresco de todos los ensayos, se han realizado pruebas a cada adición de partículas chatas y alargadas del agregado grueso; mostrándose a continuación los resultados obtenidos, que en todos los casos podemos deducir que son los resultados confiables para dar las conclusiones respectivas.

Tabla 36. Análisis estadístico del asentamiento (slump)

Resultados estadísticos del asentamiento (slump)					
Adición	10%	15%	20%	25%	Media
Asentamiento (cm)	5.00	5.00	4.80	4.50	4.83

Tabla 37. *Análisis estadístico del contenido de aire*

Resultados estadísticos del contenido de aire					
Adición	10 %	15 %	20 %	25 %	Media
C. Aire (%)	1.60	1.80	1.90	1.95	1.81

Tabla 38. *Análisis estadístico del peso unitario*

Resultados estadísticos del peso unitario					
Adición	10 %	15 %	20 %	25 %	Media
P. Unitario (kg/m ³)	2332.00	2330.00	2326.00	2314.00	2325.50

4.6.2. Resultados analizados en concreto endurecido

Para el análisis de datos obtenidos en concreto endurecido, se han realizado 40 especímenes; 20 cilíndricos (probetas) y 20 prismáticos (vigas) ambos ensayados a los 28 días; mostrándose a continuación los resultados obtenidos, que en todos los casos podemos deducir que son los resultados confiables para dar las conclusiones respectivas.

4.6.2.1. Análisis de la resistencia a la compresión de adiciones

Tabla 39. *Análisis de medias de especímenes cilíndricos a los 28 días.*

Adición	N	Media	Grupo	Desv. Est.	IC de 95%	Coef. de variación
10 %	5	310.31	a	3.00	(306.58; 314.03)	0.97%
15 %	5	308.76	a	4.82	(302.77; 314.75)	1.56%
20 %	5	290.26	b	5.34	(283.63; 296.88)	1.84%
25 %	5	277.05	c	4.65	(271.27; 282.82)	1.68%

Desviación Estándar agrupada = 4.164

Se agrupó la información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Las medias que no comparten el mismo grupo son significativamente diferentes.

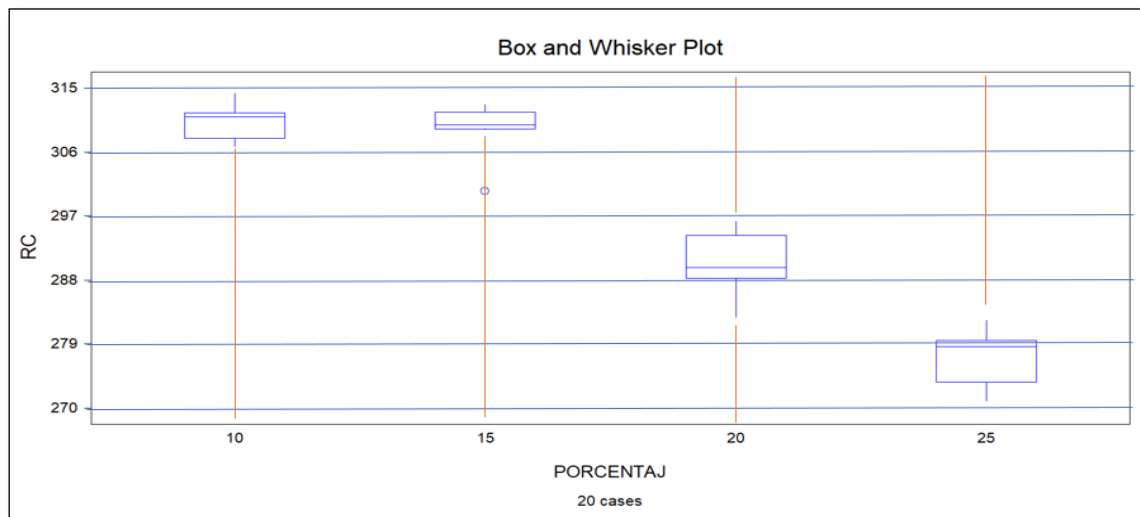


Figura 61. Gráfico de cajas y bigotes de resistencia a la compresión

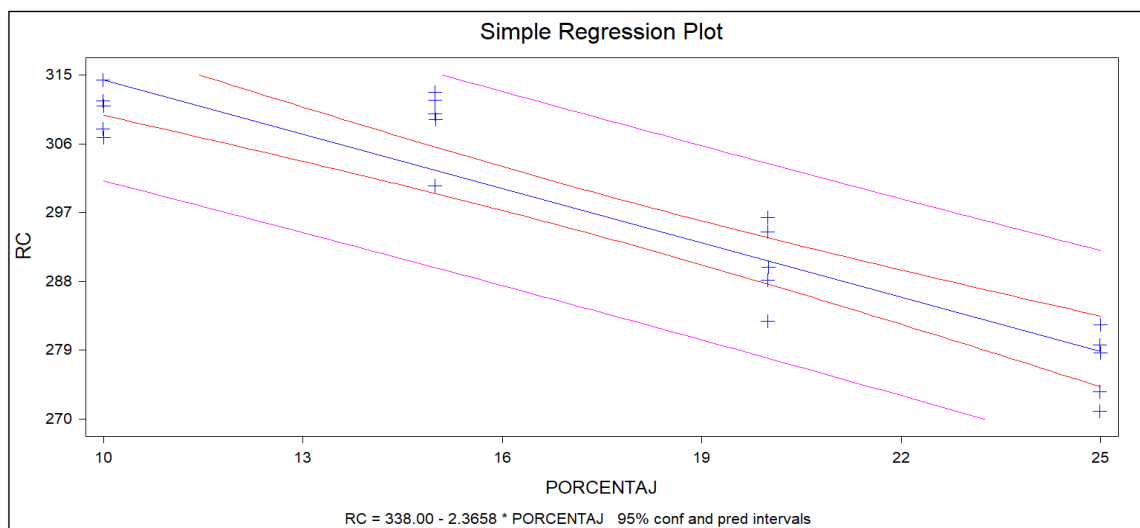


Figura 62. Análisis de regresión simple de resistencia a la compresión

4.6.2.2. Análisis de la resistencia a la flexión de adiciones

Tabla 40. Análisis de medias de especímenes prismáticos a los 28 días.

Adición	N	Media	Grupo	Desv. Est.	IC de 95%	Coef. de variación
10 %	5	28.188	c	0.641	(27.392; 28.984)	2.27%
15 %	5	31.876	b	0.983	(30.656; 33.096)	3.08%
20 %	5	37.288	a	1.679	(35.203; 39.373)	4.50%
25 %	5	30.156	b	0.416	(29.639; 30.673)	1.38%

Desviación Estándar agrupada = 0.9593

Se agrupó la información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Las medias que no comparten el mismo grupo son significativamente diferentes.

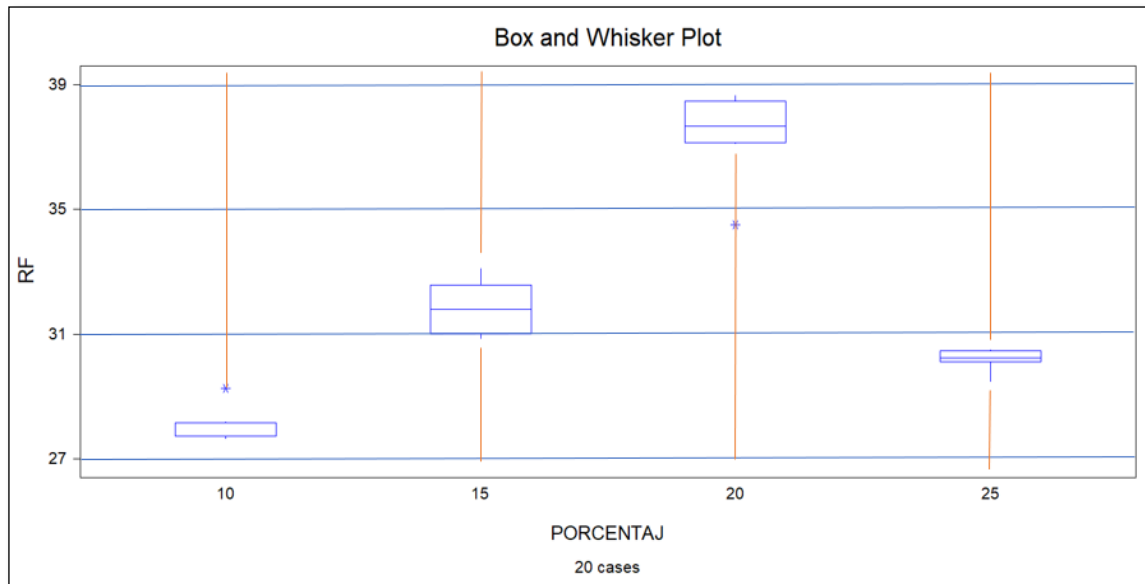


Figura 63. Gráfico de cajas y bigotes de resistencia a la flexión

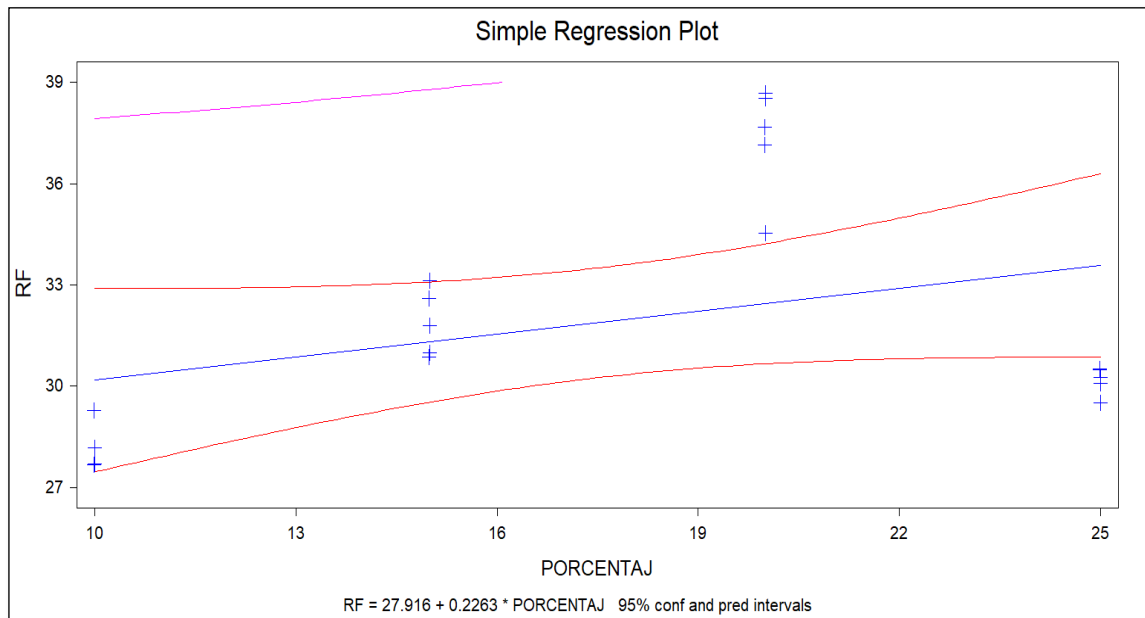


Figura 64. Análisis de regresión simple de resistencia a la flexión

V. DISCUSIÓN

5.1. De las partículas chatas y alargadas del agregado grueso.

Al determinar los porcentajes de partículas chatas y alargadas en el agregado grueso conforme a la NTP 400.040 se obtuvo de menor a mayor porcentaje: Rodríguez (3.61 %), Lamparan (3.89 %), Tamborapa (3.99 %). S. Rosa (4.89 %) y Olano (5.21 %)

Las partículas chatas y alargadas del agregado grueso utilizada como adición para la elaboración de las mezclas de concreto fueron obtenidas de la planta procesadora de agregados “Olano” ubicada en la ciudad de Jaén, la cual cuenta con 5.21% de partículas chatas y alargadas.

5.2. De los componentes del concreto.

La granulometría de los agregados se ajusta a los requerimientos que estipula la NTP 400.037, el agregado grueso se encuentra dentro del huso granulométrico N° 6, con T.M.N de 3/4" y $mf = 6,97$ y el agregado fino un $mf = 2,56$.

En el agregado fino se determinó un peso específico de 2.50 gr/cm^3 y absorción de 1.48 %, conforme a la NTP 400.022.

En el agregado grueso se determinó un peso específico de 2.64 gr/cm^3 y absorción de 1.04 %, conforme a la NTP 400.021.

En el agregado fino y grueso el contenido de humedad varía con las condiciones climáticas del tiempo por lo cual se debe determinar previo a cada preparación del concreto; conforme a la NTP 399.185.

El peso unitario suelto y compactado de los agregados se realizó de acuerdo a la NTP 400.017. En el agregado fino se tuvo un peso unitario compactado de 1739.31 kg/m³ y un peso unitario suelto de 1605.41 kg/m³; mientras que para el agregado grueso se tuvo un peso unitario compactado de 1546.40 kg/m³ y un peso unitario suelto de 1397.21 kg/m³.

La densidad o peso específico del cemento portland tipo Ico que se utilizó como componente de la mezcla fue de 2.96 gr/cm³ de acuerdo a las especificaciones técnica proporcionada por cementos Pacasmayo.

5.3. Del diseño de mezclas

Se realizó por el método de diseño de concreto propuesto por el sistema del American Concrete Institute (ACI 211) considerando una resistencia $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ igual a la resistencia promedio $f'cr$, ya que es una investigación comparativa no es necesario tener un margen de seguridad; por lo tanto, la elección de agua material cementante (a/c) = 0,587; la dosificación de materiales en peso húmedo para un 1m³ de concreto es: cemento 1: A. fino 2: A. grueso 3 y 25 l/bolsa, la cantidad de material por metro cubico es: cemento 354.7 kg, agregado fino 728.79 kg, agregado grueso 1000.51 kg y agua 206 l.

5.4. De los ensayos de concreto en estado fresco

5.4.1. Ensayo de asentamiento del concreto (Slump)

El ensayo de asentamiento se realizó de acuerdo a la NTP 339.035; teniendo como asentamiento de diseño 7.5 cm a 10 cm; se tuvo como resultados para cada porcentaje de adición de partículas chatas y alargadas del agregado grueso:

- De 5.0 cm con la adición del 10%.
- De 5.0 cm con la adición del 15%.
- De 4.8 cm con la adición del 20%.
- De 4.5 cm con la adición del 25%.

5.4.2. Ensayo de contenido de aire

El ensayo de contenido de aire se realizó con el método de presión (Olla de Washington), de acuerdo a la NTP 339.035; se tuvo como resultados: 1.60%, 1.80%, 1.90% y 1.95% para las adiciones de 10%, 15%, 20% y 25% de partículas chatas y alargadas respectivamente; teniendo como contenido de aire de diseño 2.00%, por lo tanto, no se observa afectación respecto del contenido de aire de diseño, así mismo denota incremento a medida que aumenta el porcentaje de adición de partículas chatas y alargadas del agregado grueso.

5.4.3. Ensayo de peso unitario

El ensayo de peso unitario del concreto fresco se realizó de acuerdo a la NTP 339.035; se tuvo como resultados: 2332 kg/m³, 2330 kg/m³, 2326 kg/m³ y 2314 kg/m³ con la adición de 10%, 15%, 20% y 25% de partículas chatas y alargadas respectivamente; teniendo como peso unitario para un concreto convencional 2200 kg/m³ – 2400 kg/m³, por lo tanto, se observa que los valores obtenidos se encuentran dentro del límite establecido, así mismo, se denota una reducción de 3% a 4% respecto al límite superior del peso unitario a medida que aumenta el porcentaje de adición de partículas chatas y alargadas del agregado grueso.

5.5. De los ensayos de concreto en estado endurecido

5.5.1. Ensayo de resistencia a la compresión del concreto

El ensayo de resistencia a la compresión se realizó de acuerdo a la NTP 339.034; teniendo como resistencia de diseño $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, los especímenes fueron ensayados a los 28 días, se tuvo como resultados para cada porcentaje de adición de partículas chatas y alargadas del agregado grueso.

- De 314.27 kg/cm² a 306.82 kg/cm² con la adición del 10%.
- De 312.60 kg/cm² a 309.20 kg/cm² con la adición del 15%.
- De 296.25 kg/cm² a 282.76 kg/cm² con la adición del 20%.
- De 282.35 kg/cm² a 271.00 kg/cm² con la adición del 25%.

5.5.2. Ensayo de resistencia a la flexión del concreto

El ensayo de resistencia a la flexión se realizó de acuerdo a la NTP 339.078; teniendo como resistencia de diseño módulo de rotura $M_r = 40 \text{ kg/cm}^2$, los especímenes fueron ensayados a los 28 días, se tuvo como resultados para cada porcentaje de adición de partículas chatas y alargadas del agregado grueso.

- De 27.66 kg/cm^2 a 29.25 kg/cm^2 con la adición del 10%.
- De 30.87 kg/cm^2 a 32.61 kg/cm^2 con la adición del 15%.
- De 34.50 kg/cm^2 a 38.65 kg/cm^2 con la adición del 20%.
- De 30.50 kg/cm^2 a 29.48 kg/cm^2 con la adición del 25%.

5.6. Discusión respecto a los antecedentes

En cuanto a influencia de las partículas chatas y alargadas del agregado grueso en la trabajabilidad del concreto podemos mencionar los siguientes antecedentes:

- Scanferla (2010) sugiere que la forma y la textura superficial de las partículas de un agregado influyen en las propiedades del concreto fresco más que las del concreto endurecido.
- Uribe (como se citó en Chan, Solís y Moreno, 2003) menciona que la forma de los agregados tiene incidencia sobre la trabajabilidad del concreto fresco debido a que muy fácilmente pueden orientarse en un solo plano.
- Neville (1998) menciona que las partículas con una alta proporción de área de superficie con respecto al volumen son de particular interés, ya que disminuyen la manejabilidad de la mezcla.
- León y Ramírez (2010) afirman que la morfología de los agregados influye en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, con una mayor influencia en la manejabilidad que en las propiedades mecánicas.
- Kaplan (como se citó en León y Ramírez, 2010) la forma y la textura de los agregados afectan significativamente la trabajabilidad del concreto en estado fresco.

Los autores citados solo mencionan que las partículas chatas y alargadas del agregado grueso afectan la trabajabilidad del concreto, sin embargo, no cuantifican esta afectación.

En esta investigación se comparó en cuanto difiere la trabajabilidad del concreto en estado fresco, teniendo como asentamiento de diseño 7.5 cm a 10 cm; de forma global la trabajabilidad disminuye de 5.0 cm a 4.8 cm al adicionar del 10% al 25% de partículas chatas y alargadas del agregado grueso. Estos resultados obtenidos permiten observar una afectación de entre el 33% a 55% de la trabajabilidad de diseño, esta disminución se produce a medida que aumenta el porcentaje de adición de partículas chatas y alargadas del agregado grueso, quedando la incertidumbre del efecto para porcentajes menores a 10% de partículas chatas y alargadas del agregado grueso. Lo que permite corroborar el efecto negativo que tienen las partículas chatas y alargadas del agregado grueso en la trabajabilidad del concreto en estado fresco.

En referencia a la influencia de las partículas chatas y alargadas del agregado grueso en la resistencia del concreto podemos mencionar los siguientes antecedentes:

- Scanferla (2010) sugiere que estas deben limitarse a cerca del 15% de la masa total del agregado. Estas partículas de agregado pueden afectar la resistencia del concreto, principalmente a flexión, si no se ajusta la relación agua-cemento.
- Neville (1998) menciona que un exceso de más de 15% a 20% de partículas alargadas o escamosas en la masa del agregado grueso es, por lo general, indeseable, aunque no se han establecido límites reconocidos.
- León y Ramírez (2010) afirman que la morfología de los agregados influye en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, con una mayor influencia en la manejabilidad que en las propiedades mecánicas.
- Kaplan (como se citó en León y Ramírez, 2010) la forma y la textura de los agregados, tienen un efecto en la resistencia y la durabilidad de concreto endurecido.
- Menéndez (2016) la forma del agregado grueso, su angulosidad y textura superficial tienen un efecto significativo sobre la resistencia de la unión entre las partículas del agregado y la pasta del cemento.

Los autores citados solo mencionan que las partículas chatas y alargadas del agregado grueso afectan la resistencia del concreto, sin embargo, no cuantifican esta afectación. En esta investigación se comparó en cuanto difieren la resistencia a la compresión y flexión del concreto en estado endurecido ensayados a los 28 días, teniendo como resistencia de diseño a la compresión de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ y resistencia de diseño a la flexión de $Mr = 40 \text{ kg/cm}^2$.

De forma global la resistencia a la compresión varía de 314.27 kg/cm^2 a 271.00 kg/cm^2 a medida que se incrementa la adición de partículas chatas y alargadas del agregado grueso (PCHA). Estos resultados obtenidos permiten observar la disminución progresiva de la resistencia, sin embargo, hasta la adición del 20% se mantiene por encima de la resistencia de diseño, y para el 25% se produce una reducción entre 0.13% a 3.21% respecto a la resistencia de diseño.

De forma global la resistencia a la flexión varía de 27.66 kg/cm^2 a 38.65 kg/cm^2 hasta la adición de 20% y disminuye hasta 29.48 kg/cm^2 para la adición de 25%. Estos resultados obtenidos permiten observar el aumento progresivo de la resistencia, sin embargo, estos valores se encuentran por debajo de la resistencia de diseño afectando de entre el 7% a 30%. Además, nos permite observar que para la adición del 20% la resistencia a la flexión aumenta, y para el 25% se produce una reducción de la resistencia.

No obstante las especificaciones técnicas y bibliografía recomiendan que para asegurar la resistencia del concreto se debe utilizar agregados con contenidos de partículas chatas y alargadas menores al 15 % la investigación ha permitido determinar que se puede utilizar agregados con hasta 25% sin que se afecte la resistencia a la compresión de diseño, sin embargo en el caso de la resistencia a la flexión esta se ve disminuida significativamente al incrementar contenidos de partículas chatas y alargadas mayores al 10%.

5.7. Del análisis estadístico

Se ha realizado con la finalidad de obtener la confiabilidad de los resultados obtenidos en ensayos de concreto, para que nos conduzcan a establecer conclusiones válidas de acuerdo a los objetivos trazados en esta investigación.

5.7.1. Para la resistencia a la compresión

A. Verificación del supuesto de normalidad

Para verificar si las variables de estudio se comportan o siguen una distribución normal se utilizó la prueba de Ryan-Joiner, siguiendo los siguientes criterios.

- P - valor $\geq \alpha$ Aceptar H_0 = Los datos siguen una distribución normal.
- P - valor $< \alpha$ Aceptar H_1 = Los datos no siguen una distribución normal.

B. Verificación del supuesto de la igualdad de varianzas

Para verificar si las varianzas de las variables de estudio son iguales o al menos una es diferente se utilizó la prueba de Bartlett, siguiendo los siguientes criterios.

- P - valor $\geq \alpha$ Aceptar H_0 = Las varianzas son iguales.
- P - valor $< \alpha$ Aceptar H_1 = Las varianzas son diferentes.

Tabla 41. Supuestos de normalidad e igualdad de varianzas.

Normalidad – Igualdad de Varianzas				
Resistencia a la compresión a los 28 días				
Normalidad	Prueba de Ryan-Joiner	P - Valor = 0.100	>	$\alpha = 0.05$
Igualdad de Varianzas	Prueba de Bartlett	P - Valor = 0.752	>	$\alpha = 0.05$

Por lo tanto, respecto al supuesto de normalidad al ser mayor el “P – valor” que el nivel de significancia $\alpha = 0.05$ se acepta la hipótesis nula y se concluye que los datos de la variable resistencia a la compresión provienen de una distribución normal. Respecto al supuesto de igualdad de varianzas al ser mayor el “P – valor” que el nivel de significancia $\alpha = 0.05$ se acepta la hipótesis nula y se concluye que las varianzas de la variable resistencia son iguales.

C. Análisis de varianza (ANOVA)

Para verificar si existen diferencias significativas entre las medias de la resistencia a la compresión respecto a las diferentes adiciones se siguió los siguientes criterios.

- P - valor $\leq \alpha$ Aceptar H1 = Existe diferencias significativas entre las medias de la resistencia a la compresión.
- P - valor $> \alpha$ Aceptar Ho = No existe diferencias significativas entre las medias de la resistencia a la compresión.

Tabla 42. Análisis de Varianza.

Parámetro	Análisis de Variancia	
	F	P - Valor
Resistencia a la compresión a los 28 días	61.37	0.000

Se observa que el “P – valor” es menor que el nivel de significancia $\alpha = 0.05$, lo que indica que hay diferencia altamente significativa en las medias de la resistencia a la compresión entre las adiciones a un nivel de confianza del 95%. Por lo que se concluye que las adiciones si tiene efectos significativos en la resistencia a la compresión.

D. Análisis POST ANVA

Para verificar que las medias difieren entre sí y ver cuál de las adiciones es el mejor se recurrió a la prueba de Tukey, la cual agrupa las medias y las compara.

Tabla 43. Análisis de la diferencia de medias

Post Anva		
Resistencia a la compresión a los 28 días		
Tukey	Adición 10%	310.306
	Adición 15%	308.762
	Adición 20%	290.256
	Adición 25%	277.046

Se concluye que la adición del 10% y 15% nos da como resultado mayor resistencia a la compresión.

E. Gráfico de cajas y bigotes

Se apreció que los especímenes elaborados con porcentajes de 10% y 15% de partículas chatas y alargadas del agregado grueso alcanzan mayor resistencia a la compresión; sin embargo, hasta la adición del 20% la resistencia se mantiene sobre la resistencia de diseño, a partir del cual se observa una ligera afectación. Además, permite observar que los valores de resistencia a la compresión con la adición de 20% y 25 % presentan mayor variabilidad con respecto a los del 10% y 15% debido a la dispersión de sus valores.

F. Análisis de regresión lineal

Nos indica que existe una tendencia de los valores a un comportamiento inversamente proporcional entre el porcentaje y la resistencia a la compresión, es decir, a mayor porcentaje menor resistencia a la compresión y viceversa a menor porcentaje mayor resistencia a la compresión. Además, la ecuación nos permitir de alguna u otra manera hacer una predicción o ver el comportamiento decreciente de la resistencia a la compresión respecto al porcentaje de chatas y alargadas.

5.7.2. Para la resistencia a la flexión

A. Verificación del supuesto de normalidad

Para verificar si las variables de estudio se comportan o siguen una distribución normal se utilizó la prueba de Ryan-Joiner, siguiendo los siguientes criterios.

- P - valor $\geq \alpha$ Aceptar H_0 = Los datos siguen una distribución normal.
- P - valor $< \alpha$ Aceptar H_1 = Los datos no siguen una distribución normal.

B. Verificación del supuesto de la igualdad de varianzas

Para verificar si las varianzas de las variables de estudio son iguales o al menos una es diferente se utilizó la prueba de Bartlett, siguiendo los siguientes criterios.

- P - valor $\geq \alpha$ Aceptar H_0 = Las varianzas son iguales.
- P - valor $< \alpha$ Aceptar H_1 = Las varianzas son diferentes.

Tabla 44. Supuestos de normalidad e igualdad de varianzas.

Normalidad – Igualdad de Varianzas				
Resistencia a la flexión a los 28 días				
Normalidad	Prueba de Ryan-Joiner	P - Valor = 0.058	>	$\alpha = 0.05$
Igualdad de Varianzas	Prueba de Bartlett	P - Valor = 0.065	>	$\alpha = 0.05$

Por lo tanto, respecto al supuesto de normalidad al ser mayor el “P – valor” que el nivel de significancia $\alpha = 0.05$ se acepta la hipótesis nula y se concluye que los datos de la variable resistencia a la compresión provienen de una distribución normal. Respecto al supuesto de igualdad de varianzas al ser mayor el “P – valor” que el nivel de significancia $\alpha = 0.05$ se acepta la hipótesis nula y se concluye que las varianzas de la variable resistencia son iguales.

C. Análisis de varianza (ANOVA)

Para verificar si existen diferencias significativas entre las medias de la resistencia a la compresión respecto a las diferentes adiciones se siguió los siguientes criterios.

- P - valor $\leq \alpha$ Aceptar H_1 = Existe diferencias significativas entre las medias de la resistencia a la compresión.
- P - valor $> \alpha$ Aceptar H_0 = No existe diferencias significativas entre las medias de la resistencia a la compresión.

Tabla 45. Análisis de Varianza.

Parámetro	Análisis de Variancia	
	F	P - Valor
Resistencia a la flexión a los 28 días	69.92	0.000

Se observa que el “P – valor” es menor que el nivel de significancia $\alpha = 0.05$, lo que indica que hay diferencia altamente significativa en las medias de la resistencia a la flexión entre las adiciones a un nivel de confianza del 95%. Por lo que se concluye que las adiciones si tiene efectos significativos en la resistencia a la flexión.

D. Análisis POST ANVA

Para verificar que las medias difieren entre sí y ver cuál de las adiciones es el mejor se recurrió a la prueba de Tukey, la cual agrupa las medias y las compara.

Tabla 46. Análisis de la diferencia de medias

Post Anva		
Resistencia a la compresión a los 28 días		
Tukey	Adición 20%	37.288
	Adición 15%	31.876
	Adición 25%	30.156
	Adición 10%	28.188

Se concluye que la adición del 20% nos da como resultado mayor resistencia a la flexión.

E. Gráfico de cajas y bigotes

Se apreció que los especímenes elaborados con porcentajes de 20% de partículas chatas y alargadas del agregado grueso alcanzo mayor resistencia a la flexión; sin embargo, todos los valores se mantienen debajo de la resistencia de diseño; también permite observar que la resistencia a la flexión aumenta hasta la adición del 20 % a partir del cual se observa una afectación. Además, los valores de resistencia a la flexión con la adición de 15% y 20% presentan mayor variabilidad con respecto a los del 10% y 25% debido a la dispersión de sus valores.

F. Análisis de regresión lineal

Nos indica que existe una tendencia de los valores a un comportamiento directamente proporcional entre el porcentaje y la resistencia a la flexión, es decir, a mayor porcentaje mayor resistencia a la flexión y viceversa a menor porcentaje menor resistencia a la flexión; sin embargo, esta tendencia solo se mantiene hasta la adición del 20 % a partir del cual se observa una afectación. Además, la ecuación nos permitir de alguna u otra manera hacer una predicción o ver el comportamiento creciente de la resistencia a la flexión solo hasta el 20% a partir del cual decrece respecto al porcentaje de chatas y alargadas.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- En la selección del agregado mediante el ensayo de partículas chatas y alargadas del agregado grueso se obtuvo resultados de 3.61% (Rodríguez), 3.89% (Lamparan), 4.89% (S. Rosa), 5.21% (Olano) y 3.99% (Tamborapa); observándose que el agregado grueso de la Planta Procesadora Olano presenta mayor porcentaje de partículas chatas y alargadas.
- La trabajabilidad del concreto fresco presenta un comportamiento inversamente proporcional a medida que se incrementa el porcentaje de partículas chatas y alargadas del agregado grueso, sin embargo, los resultados son menores que el asentamiento de diseño (7.5 cm a 10 cm), lo que nos indica una afectación de entre el 33% a 55% de la trabajabilidad.
- La resistencia a la compresión presenta un comportamiento inversamente proporcional al porcentaje de partículas chatas y alargadas del agregado grueso, sin embargo, hasta una adición del 20% las resistencias se encuentran por encima de la resistencia de diseño (280 kg/cm^2), a partir del cual se observa una reducción del 1.05%.
- La resistencia a la flexión presenta un comportamiento directamente proporcional hasta una adición del 20%, a partir del cual se observa una reducción, sin embargo, todas las resistencias determinadas se encuentran por debajo de la resistencia de diseño (40 kg/cm^2) afectando de entre el 7% a 30%.

6.2. RECOMENDACIONES

- Para asegurar la trabajabilidad de diseño se debe utilizar agregados que contengan cantidades inferiores al 10% de partículas chatas y alargadas.
- Para recuperar la trabajabilidad del concreto con porcentajes mayores del 10% de partículas chatas y alargadas en estado fresco y obtener resistencias a la compresión superior a la de diseño se debe incorporar un aditivo plastificante.
- En el caso de concretos para pavimentos debido a que trabajan a flexo tracción se recomienda el uso agregados que contengan cantidades inferiores al 10% de partículas chatas y alargadas.
- Profundizar la investigación con mayor variedad de adición de partículas chatas y alargadas del agregado grueso, en la trabajabilidad con incidencia en adiciones menores al 10%, para resistencia a la compresión con valores intermedios al 20% y 25%. y para la resistencia a la flexión con valores intermedios al 15% y 20%.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto F. (2009). *Tecnología del Concreto: Teoría y Problemas*. Lima, Perú: San Marcos.
- Alvarado, N. (2010). *Influencia de la morfología de pétreos: volcánicos, triturados y cantos rodados; correlacionando matemáticamente los módulos de elasticidad, estático y dinámico, en cilindros de concreto de 10 cm x 20 cm*. (Tesis de pregrado). Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México.
- Chan, J., Solís, R., y Moreno, E. (2003). Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto. *Ingeniería*, 7(2), 39-46. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46770203>
- Estrada, C. y Páez, R. (2014). *Influencia de la morfología de los agregados en la resistencia del concreto*. (Tesis de pregrado). Universidad Veracruzana, Coatzacoalcos, Veracruz, México.
- Harmsen, T. E. (2017). *Diseño de estructuras de concreto armado*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- León M., y Ramírez F. (2010). Caracterización morfológica de agregados para concreto mediante el análisis de imágenes. *Ingeniería de construcción*, 25(2), 215-240. Recuperado de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ric/v25n2/art03.pdf>
- Masías, K. A. (2018). *Resistencia a la flexión y tracción en el concreto usando ladrillo triturado como agregado grueso*. (Tesis de pregrado). Universidad de Piura, Lima, Perú.
- Menéndez, J. R. (2016). *Ingeniería de Pavimentos: Materiales*. Lima, Perú: ICG.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para construcción*. Recuperado de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html

Neville A., y Brooks J. (1998). *Tecnología del concreto*. Ciudad de México, México: Trillas.

Norma Técnica Peruana (NTP 400.040). *Partículas chatas o alargadas del agregado grueso*.

Reglamento Nacional de Edificaciones. (2009). *Norma E.060: Concreto armado*. Recuperado de <http://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/titulo03edificaciones.html>

Rivva, E. (2014a). *Concreto: Materiales para el Concreto*. Lima, Perú: ICG.

Rivva, E. (2014b). *Concreto: Diseño de Mezclas*. Lima, Perú: ICG.

Rivva, E. (2014c). *Concreto: Supervisión del Concreto en Obra*. Lima, Perú: ICG.

Scanferla, L. (2010). *Evaluación de los agregados localmente disponibles para ser empleados en hormigones de pavimentos*. (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires, Argentina.

DEDICATORIA

A mis **PADRES:**

URIAS ALARCON TAPIA y a mi madre ROSA E. GARCIA GIL, que solo saben brindar amor incondicional, por ser los pilares fundamentales de mi vida y no dejarme desfallecer en los momentos en los que me creí perdido, por ese luchar y sacrificio desmedido y ese anhelo de verme siempre triunfante, por ese ejemplo de vida del cual siempre estaré orgulloso, sin ellos nada de esto sería realidad. Les estaré eternamente agradecido.

A mis **HERMANOS:**

MIGUEL A. ALARCON GARCIA, KATHERINE M. ALARCON GARCIA Y KATHIA M. ALARCON GARCIA por todo el apoyo desinteresado brindado durante mi formación.

A mi DIOS por sus bendiciones y las fuerzas para seguir adelante ante las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

AGRADECIMIENTO

A **Dios** gracias por cada día en el que nos permitió despertar no solo con vida, sino que nos permitió continuar con salud, fuerzas y empeño para ver esta meta cumplida.

Al ingeniero **Wilmer Rojas Pintado** por la asesoría y el tiempo brindado, por el compartir desinteresado de sus conocimientos y experiencias para enriquecer el presente trabajo, alentarnos en todo momento y estar pendientes en cada paso que dábamos para cumplir nuestro objetivo.

Al magister **Billy A. Cayatopa Calderón** por su asesoría y tiempo brindado durante el curso de seminario de investigación científica.

Al doctor **Manuel Emilio Milla Pino** y al ingeniero **Fernando del Águila** por su aporte en la realización de este trabajo con lo que respecta al análisis estadístico.

A nuestra casa superior de estudios, la **Universidad Nacional de Jaén** por habernos acogido en sus aulas, habernos formado profesionalmente y por el apoyo brindado para ver materializado esta meta.

A todos nuestros amigos que de manera directa e indirecta se vieron inmiscuidos en esta labor y nos permitieron realizarla.

ANEXOS

ANEXO 1.

***ENSAYOS DE PARTÍCULAS
CHATAS Y ALARGADAS
DEL AGREGADO GRUESO***



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN



LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:	INFLUENCIA DE LAS PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA DEL CONCRETO $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$
ENSAYO:	PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADOS
NORMA:	MTC E223 / NTP 400.040 / ASTM D - 4791
CANTERA:	P. PROCESADORA - RODRÍGUEZ - PUCARÁ (R. CHOTANO)
UBICACIÓN:	JAÉN - CAJAMARCA
FECHA DE ENSAYO:	02-Set-19
TIPO DE AGREGADO:	AGREGADO GRUESO
RESPONSABLE:	JHONY ALEXANDER ALARCON GARCIA

PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADOS - AGREGADO GRUESO						
PESO INICIAL SECO (gr):		5150.50				
TAMIZ		A	B	C	D	E
Nº	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PESO RETENIDO (gr)	PESO DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (gr)	PORCENTAJE DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)	
					CHATAS Y ALARGADAS ((C/B)*100)	INDIVIDUAL ((A/100)*D)
3/4"	19.05	44.33	2283.24	16.60	0.73	0.32
1/2"	12.70	46.87	2414.02	150.42	6.23	2.92
3/8"	9.53	6.66	343.16	15.75	4.59	0.31
Nº04	4.76	2.14	110.08	3.30	3.00	0.06
PORCENTAJE TOTAL DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO (%):						3.61

Est. Jhony Alexander Alarcon Garcia TESISTA	Ing. Wilmer Rojas Pintado ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN



LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:	INFLUENCIA DE LAS PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA DEL CONCRETO $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$
ENSAYO:	PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADOS
NORMA:	MTC E223 / NTP 400.040 / ASTM D - 4791
CANTERA:	P. PROCESADORA - LAMPARAN - PUCARÁ (R. CHOTANO)
UBICACIÓN:	JAÉN - CAJAMARCA
FECHA DE ENSAYO:	03-Set-19
TIPO DE AGREGADO:	AGREGADO GRUESO
RESPONSABLE:	JHONY ALEXANDER ALARCON GARCIA

PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADOS - AGREGADO GRUESO						
PESO INICIAL SECO (gr):		5174.39				
TAMIZ		A	B	C	D	E
Nº	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PESO RETENIDO (gr)	PESO DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (gr)	PORCENTAJE DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)	
					CHATAS Y ALARGADAS ((C/B)*100)	INDIVIDUAL ((A/100)*D)
3/4"	19.05	46.74	2418.49	34.62	1.43	0.67
1/2"	12.70	45.61	2359.87	139.97	5.93	2.71
3/8"	9.53	6.51	336.61	21.80	6.48	0.42
Nº04	4.76	1.15	59.42	4.71	7.93	0.09
PORCENTAJE TOTAL DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO (%):						3.89

Est. Jhony Alexander Alarcon Garcia TESISTA	Ing. Wilmer Rojas Pintado ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN



LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:	INFLUENCIA DE LAS PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA DEL CONCRETO $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$
ENSAYO:	PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADOS
NORMA:	MTC E223 / NTP 400.040 / ASTM D - 4791
CANTERA:	P. PROCESADORA - SANTA ROSA - JAÉN (R. AMOJÚ)
UBICACIÓN:	JAÉN - CAJAMARCA
FECHA DE ENSAYO:	04-Set-19
TIPO DE AGREGADO:	AGREGADO GRUESO
RESPONSABLE:	JHONY ALEXANDER ALARCON GARCIA

PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADOS - AGREGADO GRUESO						
PESO INICIAL SECO (gr):		5119.64				
TAMIZ		A	B	C	D	E
Nº	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PESO RETENIDO (gr)	PESO DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (gr)	PORCENTAJE DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)	
					CHATAS Y ALARGADAS ((C/B)*100)	INDIVIDUAL ((A/100)*D)
3/4"	19.05	20.15	1031.54	22.31	2.16	0.44
1/2"	12.70	60.21	3082.79	168.32	5.46	3.29
3/8"	9.53	15.24	780.20	37.50	4.81	0.73
Nº04	4.76	4.40	225.11	22.14	9.84	0.43
PORCENTAJE TOTAL DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO (%):						4.89

Est. Jhony Alexander Alarcon Garcia TESISTA	Ing. Wilmer Rojas Pintado ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN



LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:	INFLUENCIA DE LAS PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA DEL CONCRETO $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$
ENSAYO:	PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADOS
NORMA:	MTC E223 / NTP 400.040 / ASTM D - 4791
CANTERA:	P. PROCESADORA - OLANO - JAÉN (R. CHAMAYA)
UBICACIÓN:	JAÉN - CAJAMARCA
FECHA DE ENSAYO:	05-Set-19
TIPO DE AGREGADO:	AGREGADO GRUESO
RESPONSABLE:	JHONY ALEXANDER ALARCON GARCIA

PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADOS - AGREGADO GRUESO						
PESO INICIAL SECO (gr):		5085.89				
TAMIZ		A	B	C	D	E
Nº	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PESO RETENIDO (gr)	PESO DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (gr)	PORCENTAJE DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)	
					CHATAS Y ALARGADAS ((C/B)*100)	INDIVIDUAL ((A/100)*D)
3/4"	19.05	10.39	528.51	16.78	3.17	0.33
1/2"	12.70	52.42	2666.21	158.62	5.95	3.12
3/8"	9.53	23.64	1202.51	49.23	4.09	0.97
Nº04	4.76	13.54	688.66	40.57	5.89	0.80
PORCENTAJE TOTAL DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO (%):						5.21

Est. Jhony Alexander Alarcon Garcia TESISTA	Ing. Wilmer Rojas Pintado ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN



LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:	INFLUENCIA DE LAS PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA DEL CONCRETO $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$
ENSAYO:	PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADOS
NORMA:	MTC E223 / NTP 400.040 / ASTM D - 4791
CANTERA:	P. PROCESADORA - TAMBORAPA - A. TAMBORAPA (R. TABACONAS)
UBICACIÓN:	JAÉN - CAJAMARCA
FECHA DE ENSAYO:	06-Set-19
TIPO DE AGREGADO:	AGREGADO GRUESO
RESPONSABLE:	JHONY ALEXANDER ALARCON GARCIA

PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADOS - AGREGADO GRUESO						
PESO INICIAL SECO (gr):		5103.88				
TAMIZ		A	B	C	D	E
Nº	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PESO RETENIDO (gr)	PESO DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (gr)	PORCENTAJE DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)	
					CHATAS Y ALARGADAS ((C/B)*100)	INDIVIDUAL ((A/100)*D)
3/4"	19.05	26.66	1360.64	14.10	1.04	0.28
1/2"	12.70	62.30	3179.80	106.12	3.34	2.08
3/8"	9.53	8.41	429.49	62.66	14.59	1.23
Nº04	4.76	2.62	133.95	20.96	15.65	0.41
PORCENTAJE TOTAL DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO (%):						3.99

Est. Jhony Alexander Alarcon Garcia TESISTA	Ing. Wilmer Rojas Pintado ASESOR

ANEXO 2.
ENSAYOS DE AGREGADOS
PARA CONCRETO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN



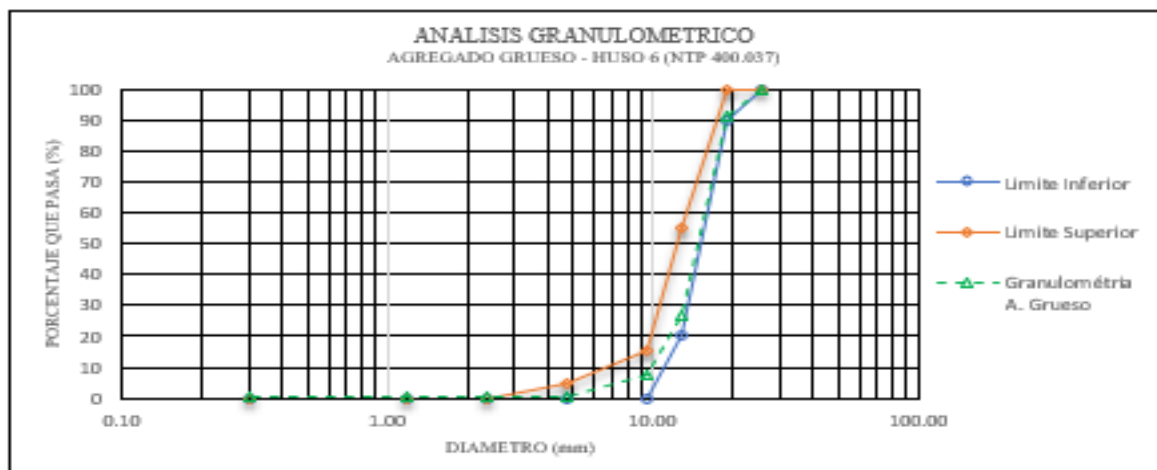
LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:	INFLUENCIA DE LAS PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA DEL CONCRETO $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - AGREGADO GRUESO
NORMA:	MTC E204 / NTP 400.012 / ASTM C - 136
CANTERA:	OLANO
UBICACIÓN:	JAÉN - CAJAMARCA
FECHA DE ENSAYO:	16-Oct-19
TIPO DE AGREGADO:	AGREGADO GRUESO (PIEDRA CALIBRADA DE 1/2")
RESPONSABLE:	JHONY ALEXANDER ALARCON GARCIA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - AGREGADO GRUESO

PESO INICIAL SECO (gr):		5334.50					
PESO FINAL SECO, DESPUES DE LAVADO (gr):		5307.70					
MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N°200 (%):		0.50%					
N°	TAMIZ ABERTUR A (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RET. ACUM. (%)	% QUE PASA (%)	NTP. 400.037 (HUSO 06)	
						LIMITE INF.	LIMITE SUP.
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19.05	476.90	8.94	8.94	91.06	90.00	100.00
1/2"	12.70	3444.40	64.57	73.51	26.49	20.00	55.00
3/8"	9.53	997.10	18.69	92.20	7.80	0.00	15.00
N°04	4.76	381.60	7.15	99.35	0.65	0.00	5.00
N°08	2.38	0.00	0.00	99.35	0.65	-	-
N°16	1.19	0.00	0.00	99.35	0.65	-	-
N°50	0.30	0.00	0.00	99.35	0.65	-	-
CAZOLETA	--	34.50	0.65	100.00	0.00	-	-
TOTAL		5334.50					
MÓDULO DE FINEZA DE LA PIEDRA EN ESTUDIO (MF):					6.97		
TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO GRUESO:					1"		
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO:					3/4"		

OBSERVACIONES: GRANULOMETRICOS ESTIPULADOS EN LA NTP 400.037 - HUSO GRANULOMETRICO 6 - ESPECIFICACIONES NORMALIZADAS PARA AGREGADOS EN CONCRETOS



Est. Jhony Alexander Alarcon Garcia TESISTA	Ing. Wilmer Rojas Pintado ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN



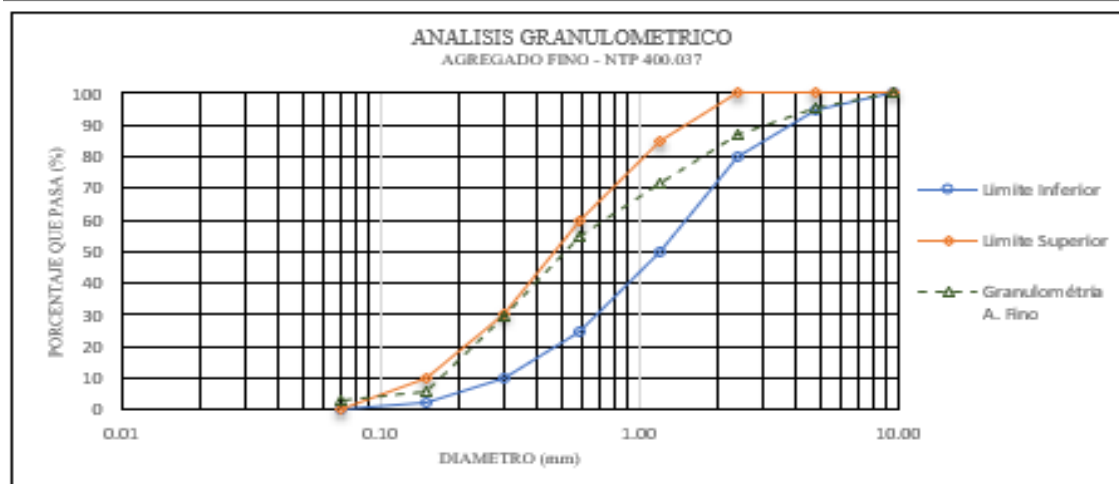
LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:	INFLUENCIA DE LAS PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA DEL CONCRETO $f'_{c} = 280 \text{ kg/cm}^2$
ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - AGREGADO FINO
NORMA:	MTC E204 / NTP 400.012 / ASTM C - 136
CANTERA:	OLANO
UBICACIÓN:	JAÉN - CAJAMARCA
FECHA DE ENSAYO	16-Oct-19
TIPO DE AGREGAD	AGREGADO FINO
RESPONSABLE:	JHONY ALEXANDER ALARCON GARCIA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - AGREGADO FINO

PESO INICIAL SECO (gr):		2433.10					
PESO FINAL SECO, DESPUES DE LAVADO (gr):		2371.50					
MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N°200 (%):		2.53%					
N°	TAMIZ ABERTUR A (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RET. ACUM. (%)	% QUE PASA (%)	NTP. 400.037	
						LIMITE INF.	LIMITE SUP.
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
N°4	4.76	109.70	4.51	4.51	95.49	95.00	100.00
N°8	2.38	208.70	8.58	13.09	86.91	80.00	100.00
N°16	1.19	368.20	15.13	28.22	71.78	50.00	85.00
N°30	0.59	420.20	17.27	45.49	54.51	25.00	60.00
N°50	0.30	604.80	24.86	70.35	29.65	10.00	30.00
N°100	0.15	572.50	23.53	93.88	6.12	2.00	10.00
N°200	0.07	83.20	3.42	97.30	2.70	-	-
CAZOLETA	--	65.80	2.70	100.00	0.00	-	-
TOTAL		2433.10					
MÓDULO DE FINEZA DE LA ARENA EN ESTUDIO (MF):					2.56		

OBSERVACIONES: GRANULOMETRICOS ESTIPULADOS EN LA NTP 400.037 ESPECIFICACIONES NORMALIZADAS PARA AGREGADOS EN CONCRETOS



Est. Jhony Alexander Alarcon Garcia TESISTA	Ing. Wilmer Rojas Pintado ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN



LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:	INFLUENCIA DE LAS PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA DEL CONCRETO $f'c = 280$ kg/cm ²
ENSAYO:	PESO ESPECIFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN - AGREGADO GRUESO
NORMA:	MTC E206 / NTP 400.021 / ASTM C - 127
CANTERA:	OLANO
UBICACIÓN:	JAÉN - CAJAMARCA
FECHA DE ENSAYO:	17-Oct-19
TIPO DE AGREGADO:	AGREGADO GRUESO
RESPONSABLE:	JHONY ALEXANDER ALARCON GARCIA

PESO ESPECIFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN - AGREGADO GRUESO	
(A) PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECA AL HORNO (gr):	2973.60
(B) PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (gr):	3004.60
(C) PESO SUMERGIDO EN AGUA DE LA MUESTRA SATURADA (gr):	1879.40
CALCULOS	
(A/B-C) PESO ESPECÍFICO DE MASA (gr/cm ³):	2.64
(B/B-C) PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA (gr/cm ³):	2.67
(A/A-C) PESO ESPECÍFICO APARENTE (gr/cm ³):	2.72
(100*(B-A)/A) ABSORCIÓN (%):	1.04

Est. Jhony Alexander Alarcon Garcia TESISTA	Ing. Wilmer Rojas Pintado ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN



LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:	INFLUENCIA DE LAS PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA DEL CONCRETO $f'c = 280$ kg/cm ²
ENSAYO:	PESO ESPECIFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN - AGREGADO FINO
NORMA:	MTC E205 / NTP 400.022 / ASTM C - 128
CANTERA:	OLANO
UBICACIÓN:	JAÉN - CAJAMARCA
FECHA DE ENSAYO:	17-Oct-19
TIPO DE AGREGADO:	AGREGADO FINO
RESPONSABLE:	JHONY ALEXANDER ALARCON GARCIA

PESO ESPECIFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN - AGREGADO FINO	
(A) PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECA AL HORNO (gr):	492.70
(B) PESO DEL PICNÓMETRO LLENADO DE AGUA HASTA LA MARCA DE CALIBRACIÓN (gr):	701.50
(C) PESO DEL PICNÓMETRO LLENO DE LA MUESTRA Y EL AGUA HASTA LA MARCA DE CALIBRACIÓN (gr):	1004.40
(D) PESO DE LA MUESTRA DE SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA (gr):	500.00
CALCULOS	
(A/B+D-C) PESO ESPECÍFICO DE MASA (gr/cm ³):	2.50
(D/B+D-C) PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA (gr/cm ³):	2.54
(A/B+A-C) PESO ESPECÍFICO APARENTE (gr/cm ³):	2.60
(100*(D-A)/A) ABSORCIÓN (%):	1.48

Est. Jhony Alexander Alarcon Garcia TESISTA	Ing. Wilmer Rojas Pintado ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN



LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:	INFLUENCIA DE LAS PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA DEL CONCRETO $f'c = 280$ kg/cm ²
ENSAYO:	PESO UNITARIO - AGREGADO GRUESO
NORMA:	MTC E203 / NTP 400.017 / ASTM C - 29
CANTERA:	OLANO
UBICACIÓN:	JAÉN - CAJAMARCA
FECHA DE ENSAYO:	19-Oct-19
TIPO DE AGREGADO:	AGREGADO GRUESO
RESPONSABLE:	JHONY ALEXANDER ALARCON GARCIA

PESO UNITARIO SUELTO - AGREGADO GRUESO

MUESTRA	1	2	3
PESO DEL RECIPIENTE (gr)	6310.80	6310.80	6310.80
VOLUMEN DEL RECIPIENTE (cm ³)	2086.78	2086.78	2086.78
PESO DEL RECIPIENTE + MATERIAL (gr)	9266.30	9230.00	9217.30
PESO DEL MATERIAL (gr)	2955.50	2919.20	2906.50
PESO UNITARIO SECO SUELTO (kg/m ³)	1410.79	1393.46	1387.40
PESO UNITARIO SECO SUELTO PROMEDIO (kg/m ³)	-	-	1397.21

PESO UNITARIO COMPACTADO - AGREGADO GRUESO

MUESTRA	1	2	3
PESO DEL RECIPIENTE (gr)	6310.80	6310.80	6310.80
VOLUMEN DEL RECIPIENTE (cm ³)	2086.78	2086.78	2086.78
PESO DEL RECIPIENTE + MATERIAL (gr)	9575.50	9538.20	9537.50
PESO DEL MATERIAL (gr)	3264.70	3227.40	3226.70
PESO UNITARIO SECO COMPACTADO (kg/m ³)	1558.38	1540.58	1540.24
PESO UNITARIO SECO COMPACTADO PROMEDIO (kg/m ³)	-	-	1546.40

Est. Jhony Alexander Alarcon Garcia TESISTA	Ing. Wilmer Rojas Pintado ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN



LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:	INFLUENCIA DE LAS PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA DEL CONCRETO $f'c = 280$ kg/cm ²
ENSAYO:	PESO UNITARIO - AGREGADO FINO
NORMA:	MTC E203 / NTP 400.017 / ASTM C - 29
CANTERA:	OLANO
UBICACIÓN:	JAÉN - CAJAMARCA
FECHA DE ENSAYO:	20-Oct-19
TIPO DE AGREGADO:	AGREGADO FINO
RESPONSABLE:	JHONY ALEXANDER ALARCON GARCIA

PESO UNITARIO SUELTO - AGREGADO FINO

MUESTRA	1	2	3
PESO DEL RECIPIENTE (gr)	6310.80	6310.80	6310.80
VOLUMEN DEL RECIPIENTE (cm ³)	2086.78	2086.78	2086.78
PESO DEL RECIPIENTE + MATERIAL (gr)	9737.30	9737.80	9728.10
PESO DEL MATERIAL (gr)	3426.50	3427.00	3417.30
PESO UNITARIO SECO SUELTO (kg/m ³)	1606.77	1607.01	1602.46
PESO UNITARIO SECO SUELTO PROMEDIO (kg/m ³)	-	-	1605.41

PESO UNITARIO COMPACTADO - AGREGADO FINO

MUESTRA	1	2	3
PESO DEL RECIPIENTE (gr)	6310.80	6310.80	6310.80
VOLUMEN DEL RECIPIENTE (cm ³)	2086.78	2086.78	2086.78
PESO DEL RECIPIENTE + MATERIAL (gr)	10008.90	10021.10	10029.80
PESO DEL MATERIAL (gr)	3698.10	3710.30	3719.00
PESO UNITARIO SECO COMPACTADO (kg/m ³)	1734.13	1739.85	1743.93
PESO UNITARIO SECO COMPACTADO PROMEDIO (kg/m ³)	-	-	1739.31

Est. Jhony Alexander Alarcon Garcia TESISTA	Ing. Wilmer Rojas Pintado ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN



LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:	INFLUENCIA DE LAS PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA DEL CONCRETO $f'c = 280$ kg/cm ²
ENSAYO:	CONTENIDO DE HUMEDAD - AGREGADO GRUESO
NORMA:	NTP 339.185 / ASTM C - 566
CANTERA:	OLANO
UBICACIÓN:	JAÉN - CAJAMARCA
FECHA DE ENSAYO:	21-Oct-19
TIPO DE AGREGADO:	AGREGADO GRUESO
RESPONSABLE:	JHONY ALEXANDER ALARCON GARCIA

CONTENIDO DE HUMEDAD - AGREGADO GRUESO				
DESCRIPCIÓN	DOSIFICACIÓN			
	10%	15%	20%	25%
(A) PESO DE MUESTRA HÚMEDA (gr)	2183.40	2135.70	2058.00	2006.10
(B) PESO DE MUESTRA SECA (gr)	2154.90	2113.50	2043.60	2000.20
CALCULOS				
(A-B) PESO DEL AGUA (gr)	28.50	22.20	14.40	5.90
$((A-B/B)*100)$ CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1.32	1.05	0.70	0.29

Est. Jhony Alexander Alarcon Garcia TESISTA	Ing. Wilmer Rojas Pintado ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN



LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:	INFLUENCIA DE LAS PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA DEL CONCRETO $f'c = 280$ kg/cm ²
ENSAYO:	CONTENIDO DE HUMEDAD - AGREGADO FINO
NORMA:	NTP 339.185 / ASTM C - 566
CANTERA:	OLANO
UBICACIÓN:	JAÉN - CAJAMARCA
FECHA DE ENSAYO:	21-Oct-19
TIPO DE AGREGADO:	AGREGADO FINO
RESPONSABLE:	JHONY ALEXANDER ALARCON GARCIA

CONTENIDO DE HUMEDAD - AGREGADO FINO				
DESCRIPCIÓN	DOSIFICACIÓN			
	10%	15%	20%	25%
(A) PESO DE MUESTRA HÚMEDA (gr)	1197.70	1107.60	1015.30	1068.80
(B) PESO DE MUESTRA SECA (gr)	1149.00	1065.40	986.70	1045.20
CALCULOS				
(A-B) PESO DEL AGUA (gr)	48.70	42.20	28.60	23.60
$((A-B)/B)*100$ CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.24	3.96	2.90	2.26

Est. Jhony Alexander Alarcon Garcia TESISTA	Ing. Wilmer Rojas Pintado ASESOR

ANEXO 3.

ESPECIFICACIONES

TÉCNICAS DEL CEMENTO



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.

Calle La Colonia Nro.150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono 317 - 6000



G-CC-F-04
Versión 03

CEMENTO EXTRAFORTE

Cemento Portland Compuesto Tipo IC0

Conforme a la NTP 334.090

Pacasmayo, 20 de Setiembre del 2017

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.090
MgO	%	2.3	Máximo 6.0
SO3	%	2.4	Máximo 4.0

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.090
Contenido de Aire	%	5	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.06	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	5440	NO ESPECÍFICA
Retenido M325	%	3.6	NO ESPECÍFICA
Densidad	g/mL	2.96	NO ESPECÍFICA

Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm ²)	20.2 (206)	Mínimo 13.0 (Mínimo 133)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm ²)	25.9 (264)	Mínimo 20.0 (Mínimo 204)
Resistencia Compresión a 28días	MPa (Kg/cm ²)	32.9 (335)	Mínimo 25.0 (Mínimo 255)

Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	124	Mínimo 45
Fraguado Final	min	254	Máximo 420

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-08-2017 al 31-08-2017.
La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Julio 2017.

Ing. Gabriel G. Mansilla Fiestas
Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por :

Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.

ANEXO 4.
ESPECIFICACIONES
TÉCNICAS DE LOS
EQUIPOS



REGISTRO DE VERIFICACION DE EQUIPOS MOLDE PARA BRIQUETAS DE CONCRETO 4" x 8"	INF: 021-19 MPCP4
--	-------------------

Solicitante : ALARCON GARCIA JHONY ALEXANDER
Equipo : Molde Plástico para briquetas de Concreto 4" x 8" Fecha : 03.09.2019
Marca : ORION Fecha Prox. Verificación : Enero-2020
Cantidad : 35 und
Equipo de Verificación usado : * Calibrador de 0 a 300 mm prec. 0.01 mm Mitutoyo / Japan
Mod. CD-12" CP.N/S 1002520 (Calibrado) F-0845-2019 -INACAL

Norma de Ensayo : AASHTO M-205-94

Diam. Interior Medido

101.5	101.5	101.5	101.5
-------	-------	-------	-------

 Diam. Promedio

101.5

 mm
Diametro Especificado 101.6 +/- 1.5875 mm (4" +/- 1/16 in)

Altura Medido

203.1	203.1	203.1	203.1
-------	-------	-------	-------

 Altura Promedio

203.1

 mm
Altura Especificado 203.2 +/- 1.5875 mm (8" +/- 1/16" in)

Acción Recomendada

Reparación y/o dar de baja NO
Equipo Operativo SI

Comentarios:

EQUIPO ACEPTABLE PARA SER USADO

RCP LABORATORIOS E.I.R.L.
Luis Taboada
Ing. Luis Taboada Palacios
JEFE DE LABORATORIO
CIP 56551

CERTIFICADO DE CONFORMIDAD 010-19 PCA

Solicitante : ALARCON GARCIA JHONY ALEXANDER
Equipo : Calibrador de Partículas Chatas y Alargadas
Fecha : 03.09.2019
Cantidad : 01 Und.
Equipo de Verificación usado : * Calibrador de 0 a 300 mm prec. 0.01 mm Mitutoyo / Japan
Mod. CD-12" CP, N/S 1002520 (Calibrado)-F-0845-2019-INACAL
Norma de Ensayo : ASTM D-4791

Modelo : CPCA-01
Tipo : Conc
Relación : 1:2, 1:3, 1:4, 1:5

Acción Recomendada

Reparación y/o dar de baja : NO
Equipo Operativo : SI

EQUIPO ACEPTABLE PARA SER USADO

RCP LABORATORIOS E.I.R.L.
Ing. Luis Taboada Polacios
JEFE DE LABORATORIO
CIP: 56651

GARANTIA DE 12 MESES POR DEFECTOS DE FABRICACIÓN



PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS- MATERIALES- CONCRETOS- ASFALTO- ROCAS- FISICA- QUIMICA
RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF -43 - 2019

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	017-2019	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	GEOCON VIAL INGENIEROS CONSULTORES	
3. Dirección	CAL. CAPITAN PORCEL NRO 212 SEC. SAN CAMILO JAEN - CAJAMARCA	
4. Equipo	PRENSA DE FLEXION Y COMPRESION	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.
Capacidad	300 kN	
Marca	A y A INSTRUMENT	
Modelo	STYE-300	
Número de Serie	110724	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.
Clase	III	
Procedencia	CHINA	
Identificación	NO INDICA	
Indicador	DIGITAL	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Marca	MC	
Modelo	LM-02	
Número de Serie	NO INDICA	
División de Escala / Resolución	0.01 kN	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
5. Fecha de Calibración	2019-07-01	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2019-07-03

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES



913028621 - 913028622
913028623 - 913028624
ventas@perutest.com.pe
www.perutest.com.pe

Jr. La Madrid S/N Mz E lote 14 urb Los Olivos
San Martín de Porres - Lima
SUCURSAL: Sinchi Roca 1320-la Victoria - Chiclayo

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF -43 - 2019

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticas. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.
CAL. CAPITAN PORCEL NRO 212 SEC. SAN CAMILO JAEN - CAJAMARCA

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	26.0 °C	26.0 °C
Humedad Relativa	73 % HR	73 % HR

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Carga Código: PF-001 Capacidad: 150,000 kg.f	INF-LE 091 -18

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF -43 - 2019

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

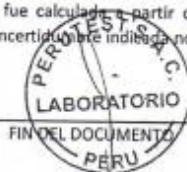
Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
%	F_i (kN)	F_1 (kgf)	F_2 (kgf)	F_3 (kgf)	$F_{Promedio}$ (kgf)
10	30	3705.0	3705.0	3705.0	3705.0
20	60	6290.0	6290.0	6290.0	6290.0
30	90	9350.0	9350.0	9350.0	9350.0
40	120	12400.0	12400.0	12400.0	12400.0
50	150	15460.0	15460.0	15460.0	15460.0
60	180	18500.0	18500.0	18500.0	18500.0
70	210	21500.0	21500.0	21500.0	21500.0
80	240	24630.0	24630.0	24630.0	24630.0
90	270	27650.0	27650.0	27650.0	27650.0
100	300	30860.0	30860.0	30860.0	30860.0
Retorno a Cero		0.0	0.0	0.0	0.0

Indicación del Equipo F_i (kN)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud a (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa α (%)	
30	-17.43	0.00	---	0.03	0.41
60	-2.73	0.00	---	0.02	0.41
90	-1.85	0.00	---	0.01	0.41
120	-1.32	0.00	---	0.01	0.41
150	-1.06	0.00	---	0.01	0.41
180	-0.78	0.00	---	0.01	0.41
210	-0.40	0.00	---	0.00	0.41
240	-0.64	0.00	---	0.00	0.41
270	-0.43	0.00	---	0.00	0.41
300	-0.87	0.00	---	0.00	0.41

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f_0)	0.00 %
---	--------

12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.



ANEXO 5.

ENSAYOS DEL

CONCRETO EN ESTADO

FRESCO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN



LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:	INFLUENCIA DE LAS PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA DEL CONCRETO $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$
ENSAYOS:	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (SLUMP) CONTENIDO DE AIRE EN EL CONCRETO FRESCO - METODO DE PRESIÓN PESO UNITARIO Y RENDIMIENTO DEL CONCRETO FRESCO
NORMA:	MTC E703 / NTP 339.035 / ASTM C - 143 MTC E706 / NTP 339.083 / ASTM C - 231 MTC E714 / NTP 339.046 / ASTM C - 138
F^c (kg/cm²)	280
DOSIFICACIÓN:	10%, 15%, 20% Y 25% DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO
UBICACIÓN:	JAÉN - CAJAMARCA
FECHAS DE ENSAYOS:	04/11/2019, 05/11/2019, 06/11/2019 Y 07/11/2019
RESPONSABLE:	JHONY ALEXANDER ALARCON GARCIA

ENSAYOS AL CONCRETO FRESCO DOSIFICADO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO

DOSIFICACIÓN	ENSAYO		
	ASENTAMIENTO (cm)	C. AIRE (%)	P. UNITARIO (kg/m ³)
10%	5.00	1.60	2332.00
15%	5.00	1.80	2330.00
20%	4.80	1.90	2326.00
25%	4.80	1.95	2314.00

Est. Jhony Alexander Alarcon Garcia TESISTA	Ing. Wilmer Rojas Pintado ASESOR

ANEXO 6.
ENSAYO DE RESISTENCIA
A LA COMPRESIÓN DEL
CONCRETO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN



LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:	INFLUENCIA DE LAS PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA DEL CONCRETO $f'c = 280$ kg/cm ²
ENSAYOS:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECIMENES CILINDRICOS
NORMA:	MTC E704 / NTP 339.034 / ASTM C - 39
F' C (kg/cm²)	280
DOSIFICACIÓN:	10% DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO
FECHA DE ELABORACIÓN:	04-Nov-19
FECHA DE ENSAYO:	02-Dic-19
EDAD DEL ESPECIMEN:	28 DIAS
UBICACIÓN:	JAÉN - CAJAMARCA
RESPONSABLE:	JHONY ALEXANDER ALARCON GARCIA

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECIMENES CILINDRICOS (PROBETAS) DOSIFICADOS CON 10% DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO					
Nº ESPECIMEN	CARGA (kg)	DIAMETRO PROMEDIO (cm)	AREA (cm ²)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm ²)
1	25720	10.25	82.54	311.62	310.31
2	26220	10.36	84.32	310.97	
3	26060	10.38	84.65	307.86	
4	26400	10.34	84.00	314.27	
5	25400	10.27	82.78	306.82	

Est. Jhony Alexander Alarcon Garcia TESISTA	Ing. Wilmer Rojas Pintado ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN



LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:	INFLUENCIA DE LAS PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA DEL CONCRETO $f'c = 280$ kg/cm ²
ENSAYOS:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECIMENES CILINDRICOS
NORMA:	MTC E704 / NTP 339.034 / ASTM C - 39
F^oC (kg/cm²)	280
DOSIFICACIÓN:	15% DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO
FECHA DE ELABORACIÓN:	05-Nov-19
FECHA DE ENSAYO:	03-Dic-19
EDAD DEL ESPECIMEN:	28 DIAS
UBICACIÓN:	JAÉN - CAJAMARCA
RESPONSABLE:	JHONY ALEXANDER ALARCON GARCIA

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECIMENES CILINDRICOS (PROBETAS) DOSIFICADOS CON 15% DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO

N° ESPECIMEN	CARGA (kg)	DIAMETRO PROMEDIO (cm)	AREA (cm ²)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm ²)
1	25150	10.32	83.70	300.49	308.76
2	26210	10.35	84.09	311.71	
3	26225	10.38	84.65	309.81	
4	25840	10.32	83.57	309.20	
5	26170	10.32	83.72	312.60	

Est. Jhony Alexander Alarcon Garcia TESISTA	Ing. Wilmer Rojas Pintado ASESOR





UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN



LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:	INFLUENCIA DE LAS PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA DEL CONCRETO $f'c = 280$ kg/cm ²
ENSAYOS:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECIMENES CILINDRICOS
NORMA:	MTC E704 / NTP 339.034 / ASTM C - 39
F^oC (kg/cm²)	280
DOSIFICACIÓN:	20% DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO
FECHA DE ELABORACIÓN:	06-Nov-19
FECHA DE ENSAYO:	04-Dic-19
EDAD DEL ESPECIMEN:	28 DIAS
UBICACIÓN:	JAÉN - CAJAMARCA
RESPONSABLE:	JHONY ALEXANDER ALARCON GARCIA

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECIMENES CILINDRICOS (PROBETAS) DOSIFICADOS CON 20% DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO					
N° ESPECIMEN	CARGA (kg)	DIAMETRO PROMEDIO (cm)	AREA (cm ²)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm ²)
1	25110	10.39	84.76	296.25	290.26
2	24720	10.45	85.79	288.13	
3	23920	10.38	84.60	282.76	
4	24670	10.33	83.80	294.38	
5	24610	10.40	84.93	289.76	

	
Est. Jhony Alexander Alarcon Garcia TESISTA	Ing. Wilmer Rojas Pintado ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN



LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:	INFLUENCIA DE LAS PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA DEL CONCRETO $f'c = 280$ kg/cm ²
ENSAYOS:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECIMENES CILINDRICOS
NORMA:	MTC E704 / NTP 339.034 / ASTM C - 39
F'c (kg/cm²)	280
DOSIFICACIÓN:	25% DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO
FECHA DE ELABORACIÓN:	07-Nov-19
FECHA DE ENSAYO:	05-Dic-19
EDAD DEL ESPECIMEN:	28 DIAS
UBICACIÓN:	JAÉN - CAJAMARCA
RESPONSABLE:	JHONY ALEXANDER ALARCON GARCIA

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECIMENES CILINDRICOS (PROBETAS) DOSIFICADOS CON 25% DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO					
Nº ESPECIMEN	CARGA (kg)	DIAMETRO PROMEDIO (cm)	AREA (cm ²)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm ²)
1	22990	10.39	84.83	271.00	277.05
2	23870	10.44	85.65	278.70	
3	23550	10.36	84.22	279.64	
4	23210	10.39	84.85	273.54	
5	24010	10.41	85.04	282.35	

Est. Jhony Alexander Alarcon Garcia TESISTA	Ing. Wilmer Rojas Pintado ASESOR

ANEXO 7.
ENSAYO DE RESISTENCIA
A LA FLEXIÓN DEL
CONCRETO

	GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.	OFICINA DE GESTION Y CONTROL DE CALIDAD	
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD	SECTOR :	LABORATORIO
	QFF-TC-01	CODIGO:	01-19-TF-RF-01
DATOS DEL PROYECTO		DATOS DEL PERSONAL	
PROYECTO :	INFLUENCIA DE LAS PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA DEL CONCRETO F' C=280 KG/CM2.	GERENTE GENERAL :	ING. LUIS GARRIZO CH.
UBICACION :	DISTRITO: JAÉN, PROVINCIA: JAÉN, REGIÓN: CAJAMARCA.	JEFE DE LABORATORIO :	ING. JACKSON B. HUAMÁN PINEDO
TERCETA :	JHONY ALEXANDER ALARCON GARCIA	ASISTENTE DE LAB :	ING. MARIBEL DÍAZ VARGAS
ASesor :	ING. WILMER ROSAS PINTADO	TECNICO DE LAB :	MARCO JURITA SANTOS


STANDARD TEST METHOD FOR FLEXURAL STRENGTH OF CONCRETE (USING SIMPLE BEAM WITH THIRD - POINTS LOADING) RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCEROS DEL TRAMO A.S.T.M. C 78

PROBETA N°	Fecha de Fabricación	Fecha de Rotura	Edad (días)	IDENTIFICACIÓN	Carga Rotura Kg.	Resistencia a la Compresión F _c (kg/cm ²)	Módulo de Rotura a Flexión Estimado (kg/cm ²)	Dimensiones del Testigo			Módulo de Rotura a Flexión ensayado (kg/cm ²)	Promedio de Módulo de Rotura ensayado (kg/cm ²)	Porcentaje de Módulo de Rotura ensayado (%)
								Ancho (cm)	Alto (cm)	Longitud (cm)			
1	02/11/19	30/11/19	28	CONCRETO CON 10% DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN EL AGREGADO GRUESO	2482.97	280	33.47	15.50	16.00	45.00	28.16	28.19	84.23
2	02/11/19	30/11/19	28	CONCRETO CON 10% DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN EL AGREGADO GRUESO	2395.28	280	33.47	15.20	16.00	45.00	27.70		
3	02/11/19	30/11/19	28	CONCRETO CON 10% DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN EL AGREGADO GRUESO	2500.30	280	33.47	15.60	16.00	45.00	28.17		
4	02/11/19	30/11/19	28	CONCRETO CON 10% DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN EL AGREGADO GRUESO	2409.12	280	33.47	15.50	16.00	45.00	27.86		
5	02/11/19	30/11/19	28	CONCRETO CON 10% DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN EL AGREGADO GRUESO	2496.23	280	33.47	15.00	16.00	45.00	29.25		

OBSERVACIONES:	LAS MUESTRAS DE TESTIGOS DE CONCRETO, HAN SIDO ALARGADOS E IDENTIFICADOS POR EL SOLICITANTE, EL PORCENTAJE PROMEDIO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN, A LOS 28 DÍAS ES 84.23 % DEL MÓDULO DE ROTURA ESPERADO, PARA UN 10% DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN EL AGREGADO GRUESO
-----------------------	--

Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INGEOP). Derechos Reservados 2019 - GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
--


Jackson B. Huamán Pinedo
 INGENIERO CIVIL
 JEFE DE LABORATORIO
 GEOCON VIAL
 INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.


	GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.	OFICINA DE GESTION Y CONTROL DE CALIDAD	
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD	SECTOR :	LABORATORIO
	OFF-TC-01	CODIGO:	01-19-TF-RF-02
DATOS DEL PROYECTO		DATOS DEL PERSONAL	
PROYECTO :	INFLUENCIA DE LAS PARTICULAS FINAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA DEL CONCRETO P C-28 (NORMA)	GERENTE GENERAL :	ING. LUIS GARCIA OH
UBICACION :	DISTRITO JAÉN, PROVINCIA JAÉN, REGION CAJAMARCA	JEFE DE LABORATORIO :	ING. JACKSON B. HUAMÁN PINEDO
TESTEA :	JONNY ALEXANDER ALARCON GARCIA	ASISTENTE DE LAB :	ING. MARCO GALVARRAGA
ANEXO :	ING. WILMER ROMA PINEDO	TECNICO DE LAB :	MARCO ZAVITA SANTOS


STANDARD TEST METHOD FOR FLEXURAL STRENGTH OF CONCRETE (SINGE SIMPLE BEAM WITH THIRD - POINT LOADING)
RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS COMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCEROS DEL TRAMO
A.S.T.M. C 79

PRUEBA	N°	Fecha de Fabricación	Fecha de Surtido	Edad (días)	IDENTIFICACION	Carga Rotura Kg.	Resistencia a Compresión (fc) (kg/cm²)	Módulo de Rotura a Flexión (kg/cm²)	Dimensiones del Testigo			Módulo de Rotura a Flexión (kg/cm²)	Promedio de Módulo de Rotura (kg/cm²)	Porcentaje de Módulo de Rotura (kg/cm²)
									Ancho (cm)	Alto (cm)	Longitud (cm)			
1		02/11/19	01/12/19	28	CONCRETO OSM 15% DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN EL AGREGADO GRUESO	2056.00	280	33.47	15.25	16.00	45.00	30.87	31.88	95.25
2		02/11/19	01/12/19	28	CONCRETO OSM 15% DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN EL AGREGADO GRUESO	2910.22	280	33.47	15.45	16.00	45.00	33.11		
3		02/11/19	01/12/19	28	CONCRETO OSM 15% DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN EL AGREGADO GRUESO	2702.80	280	33.47	15.50	16.00	45.00	30.89		
4		02/11/19	01/12/19	28	CONCRETO OSM 15% DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN EL AGREGADO GRUESO	2707.47	280	33.47	15.30	16.00	45.00	31.80		
5		03/11/19	01/12/19	28	CONCRETO OSM 15% DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN EL AGREGADO GRUESO	2875.55	280	33.47	15.50	16.00	45.00	32.81		

OBSERVACIONES : LAS MUESTRAS DE TESTIGOS DE CONCRETO, HAN SIDO ALCANZADOS E IDENTIFICADOS POR EL SOLICITANTE, EL PORCENTAJE PROMEDIO DE RESISTENCIA A FLEXION A LOS 28 DIAS ES 85.55 % DEL MODULO DE ROTURA ESPERADO PARA UN 15% DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN EL AGREGADO GRUESO

Permitida su Reproducción Total o Parcial (EXCEPCIÓN). Derechos Reservados © - GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.


Jackson B. Huamán Pinedo
INGENIERO CIVIL
JEFE DE LABORATORIO
GEOCON VIAL
INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

	GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.	OFICINA DE GESTIÓN Y CONTROL DE CALIDAD	
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD	SECTOR :	LABORATORIO
	QFF-TC-01	CODIGO:	01-19-TF-RF-03
DATOS DEL PROYECTO		DATOS DEL PERSONAL	
PROYECTO:	INSTALACIÓN DE LAS PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA DEL CONCRETO F C=300 KG/CM2.	JEFE GENERAL:	ING. LUIS GONZALEZ
UBICACIÓN:	DISTRITO JAHU, PROVINCIA JAHU, REGION CAJAMARCA.	JEFE DE LABORATORIO:	ING. JACKSON B. HUAMAN PINEDO
TECNIA:	JHONY ALONSO ALONSO GARCIA	ASISTENTE DE LAB:	ING. MARIBOL DÍAZ NAVARRO
ABSORN:	ING. WILMER ROSAS PINEDO	TECNICO DE LAB:	MARCO JUNTA SANTOS

STANDARD TEST METHOD FOR FLEXURAL STRENGTH OF CONCRETE (SIMPLE BEAM WITH THIRD POINT LOADING)
RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCEROS DEL TALLADO
 A.C.T.M. 0 70

PROBETA N°	Fecha de Fabricación	Fecha de Rotura	Edad (días)	IDENTIFICACIÓN	Carga Rotura Kg.	Resistencia a la Compresión (fc) (kg/cm2)	Módulo de Rotura a Flexión Estimado (kg/cm2)	Dimensiones del Testigo			Módulo de Rotura a flexión ensayado (kg/cm2)	Promedio de Módulo de Rotura ensayado (kg/cm2)	Porcentaje de Módulo de Rotura ensayado (%)
								Ancho (cm)	Alto (cm)	Longitud (cm)			
1	04/11/19	02/12/19	28	CONCRETO CON 20% DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN EL AGREGADO GRUESO	3022.39	280	33.47	15.40	16.00	45.00	34.90	87.29	111.42
2	04/11/19	02/12/19	28	CONCRETO CON 20% DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN EL AGREGADO GRUESO	3394.05	280	33.47	15.50	16.00	45.00	36.90		
3	04/11/19	02/12/19	28	CONCRETO CON 20% DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN EL AGREGADO GRUESO	3299.16	280	33.47	15.25	16.00	45.00	37.88		
4	04/11/19	02/12/19	28	CONCRETO CON 20% DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN EL AGREGADO GRUESO	3240.61	280	33.47	15.35	16.00	45.00	37.11		
5	04/11/19	02/12/19	28	CONCRETO CON 20% DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN EL AGREGADO GRUESO	3352.77	280	33.47	15.25	16.00	45.00	36.65		

CONCLUSIONES: LAS MUESTRAS DE TESTIGOS DE CONCRETO, HAN SIDO ALCANZADOS E IDENTIFICADOS POR EL SOLICITANTE, EL PORCENTAJE PROMEDIO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN, A LOS 28 DIAS ES 111.42 % DEL MÓDULO DE ROTURA ESPERADO; PARA UN 20% DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN EL AGREGADO GRUESO

Prohibida la Reproducción Total o Parcial (INICIO 2019), Derechos Reservados (R) - GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.


Jackson B. Huaman Pinedo
 INGENIERO CIVIL
 JEFE DE LABORATORIO
 GEOCON VIAL
 INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.


	GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.	OFICINA DE GESTION Y CONTROL DE CALIDAD	
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD	SECTOR:	LABORATORIO
	OFF-TC-01	CONDICION:	01-19-TF-RF-04
DATOS DEL PROYECTO		DATOS DEL PERSONAL	
PROYECTO:	REFUERZO DE LAS PARTICULAS FINAS Y ALARGADO DEL AGREGADO GRUESO EN LA TRAMPALINDO Y PISO TERMINO DEL CONCRETO F' C=280 KG/CM2.	GERENTE GENERAL:	ING. LUIS QUISPE
UBICACION:	DISTRITO JALIL, PROVINCIA JALIL, REGION CUSCO.	JEFE DE LABORATORIO:	ING. JACKSON HUAMAN PINEDO
PROYECTISTA:	JHONY ALEXANDER ALVARO BARRON	ASISTENTE DE LAB:	ING. MARCELO CALDERON
ANALISTA:	ING. VILMER EDUARDO PINEDO	TECNICO DE LAB:	ING. WILSON JIMENEZ

STANDARD TEST METHOD FOR FLEXURAL STRENGTH OF CONCRETE USING SIMPLY SUPPORTED BEAM WITH THIRD - POINT LOADING
 REFERENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO DE VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCEROS DEL TRAMO
 A.S.T.M. 678

PRUEBA N°	Fecha de Fabricación	Fecha de Rotura	Edad (días)	IDENTIFICACION	Carga Rotura Kg.	Resistencia a la Compresión (F _c) (kg/cm ²)	Módulo de Rotura a Flexión (kg/cm ²)	Dimensiones del Testigo			Módulo de Rotura a Flexión ensayado (kg/cm ²)	Promedio de Módulos de Rotura ensayado (kg/cm ²)	Porcentaje de Módulos de Rotura ensayado (%)
								Ancho (cm)	Alto (cm)	Longitud (cm)			
1	05/1/19	03/12/19	28	CONCRETO CON 25% DE PARTICULAS FINAS Y ALARGADO EN EL AGREGADO GRUESO	2087.93	286	33.47	15.50	10.00	45.00	30.45	28.16	86.11
2	05/1/19	03/12/19	28	CONCRETO CON 25% DE PARTICULAS FINAS Y ALARGADO EN EL AGREGADO GRUESO	2652.04	286	33.47	15.50	10.00	45.00	30.08		
3	05/1/19	03/12/19	28	CONCRETO CON 25% DE PARTICULAS FINAS Y ALARGADO EN EL AGREGADO GRUESO	2391.05	286	33.47	15.45	10.00	45.00	29.48		
4	05/1/19	03/12/19	28	CONCRETO CON 25% DE PARTICULAS FINAS Y ALARGADO EN EL AGREGADO GRUESO	2549.18	286	33.47	15.40	10.00	45.00	30.24		
5	05/1/19	03/12/19	28	CONCRETO CON 25% DE PARTICULAS FINAS Y ALARGADO EN EL AGREGADO GRUESO	2690.79	286	33.47	15.45	10.00	45.00	30.50		

CONCLUSIONES: LAS MUESTRAS DE CONCRETO, HAN SIDO ADECUADAMENTE IDENTIFICADAS POR EL DISEÑADOR, EL PORCENTAJE PROMEDIO DE RESISTENCIA A FLEXION, A LOS 28 DIAS ES 86.11 % DEL MODULO DE ROTURA ESPERADO PARA UN 25% DE PARTICULAS FINAS Y ALARGADO EN EL AGREGADO GRUESO.

Publicado en Representación Total o Parcial (PROYECTO), Dirección Responsable: ING. GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.


Jackson B. Huamán Pinedo
 INGENIERO CIVIL
 JEFE DE LABORATORIO
 GEOCON VIAL
 INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

ANEXO 8.

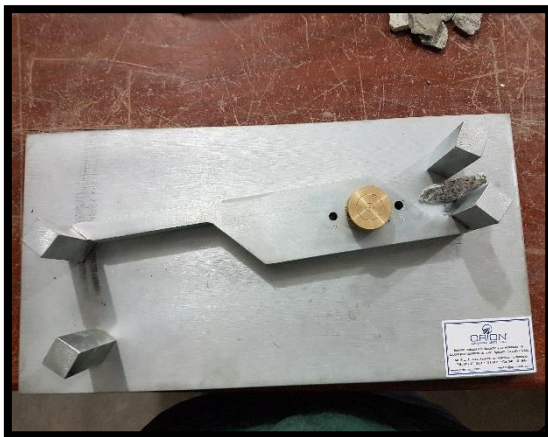
PANEL FOTOGRAFICO

PRODUCCIÓN DE AGREGADO GRUESO DE LAS PLANTAS PROCESADORAS DE AGREGADOS



AGREGADO GRUESO

EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE AGREGADO GRUESO



CALIBRADOR PROPORCIONAL DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS



PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO

ENSAYO DE MATERIALES PARA ELABORACIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLAS



CUARTEO Y GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS



HUMEDAD, PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS



PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS

ELABORACIÓN DEL CONCRETO CON PORCENTAJES 10%, 15%, 20% Y 25% DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DEL AGREGADO GRUESO



AGREGADO GRUESO Y PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS



AGREGADO FINO, CEMENTO Y AGUA



MEZCLADO DE LOS MATERIALES PARA LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO

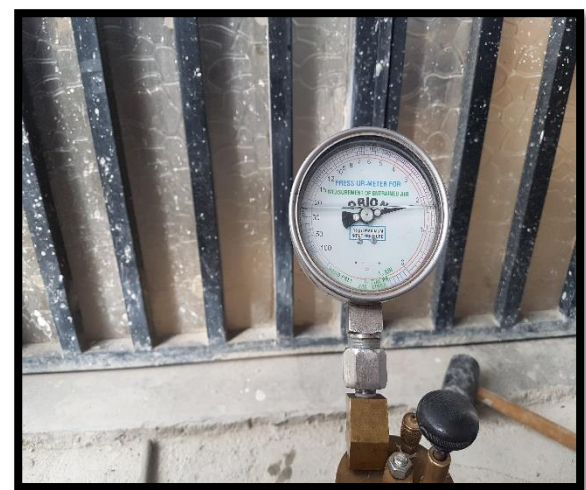
ENSAYOS AL CONCRETO FRESCO ELABORADOS CON P. CHATAS Y ALARGADAS



ENSAYO DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (SLUMP)



ENSAYO DE PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO

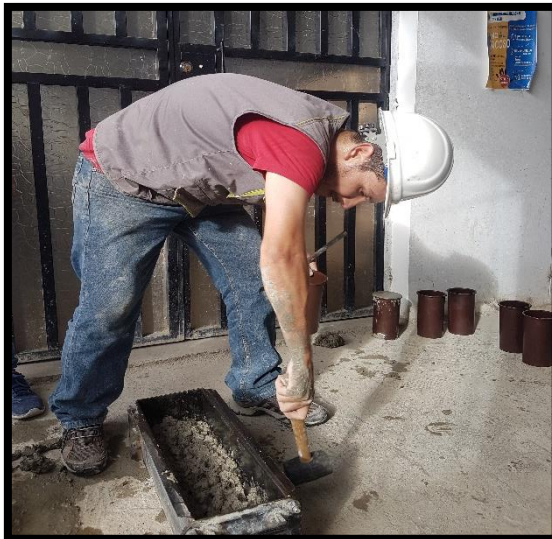


ENSAYO DE CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO

ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES ELABORADOS CON P. CHATAS Y ALARGADAS



ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS (PROBETAS)



ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES PRISMÁTICOS (VIGAS)



CURADO DE ESPECÍMENES

ENSAYOS A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS DE LOS ESPECÍMENES CILÍNDRICOS



MEDICIÓN Y PESADO DE ESPECÍMENES



ROTURA DE ESPECÍMENES



TIPOS DE FALLAS DE LOS ESPECÍMENES

ENSAYOS A FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS DE LOS ESPECÍMENES PRISMÁTICOS



MEDICIÓN Y PESADO DE ESPECÍMENES



ROTURA DE ESPECÍMENES



TIPOS DE FALLAS DE LOS ESPECÍMENES

ANEXO 9.
ANÁLISIS ESTADÍSTICO
EN EL SOFTWARE
MINITAB 18

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS

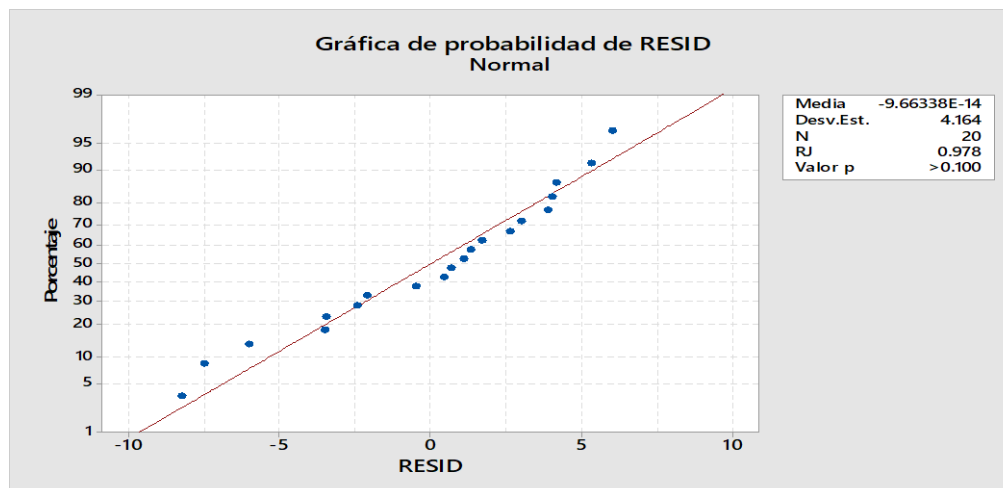


Figura 65. Prueba de normalidad.

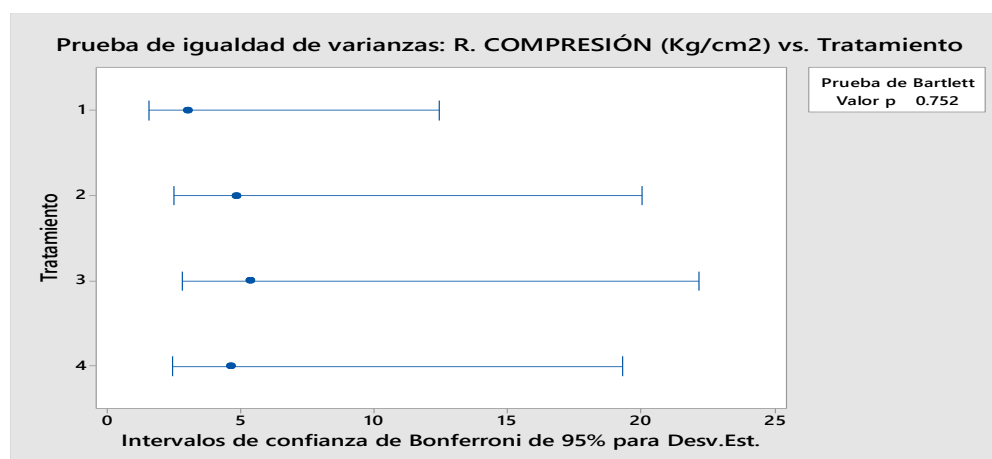


Figura 66. Prueba de igualdad de varianzas.

Tabla 47. *Análisis de Varianza (ANOVA).*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	3	3791.7	1263.92	61.37	0.000
Error	16	329.5	20.59		
Total	19	4121.3			

Fuente: software Minitab 18.

Para un valor $p > 0.000$ se concluye que hay diferencia altamente significativa entre las adiciones, a un nivel de significancia de 0.05.

Tabla 48. Comparaciones por parejas de Tukey.

Adición	N	Media	Agrupación
10% P.CH.AL.	5	310.306	A
15% P.CH.AL.	5	308.762	A
20% P.CH.AL.	5	290.256	B
25% P.CH.AL.	5	277.046	C

Fuente: software Minitab 18.

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Según el método Tukey la adición de 10% y 15% de partículas chatas y alargadas del agregado grueso nos da como resultado mayor resistencia a la comprensión.

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS

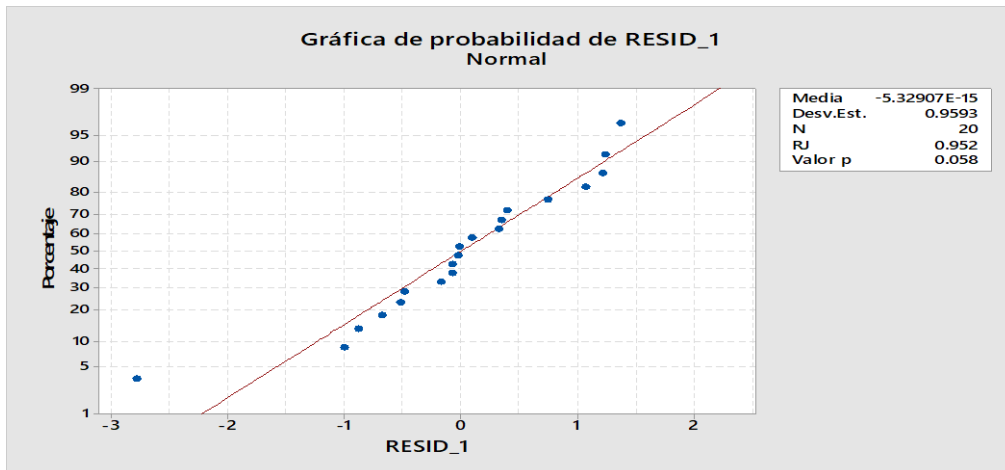


Figura 67. Prueba de normalidad.

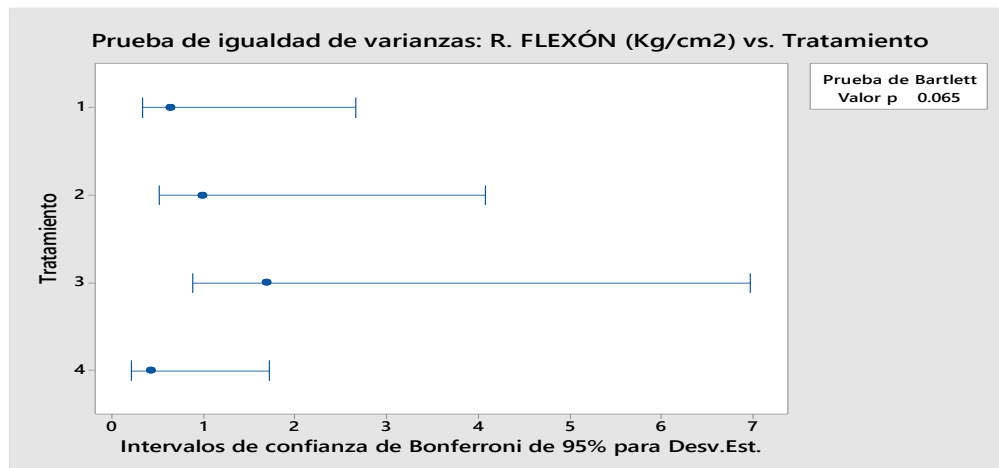


Figura 68. Prueba de igualdad de varianzas.

Tabla 49. *Análisis de Varianza (ANOVA).*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Adición	3	229.25	76.416	69.92	0.000
Error	16	17.49	1.093		
Total	19	246.73			

Fuente: software Minitab 18.

Para un valor $p > 0.000$ se concluye que hay diferencia altamente significativa entre las adiciones, a un nivel de significancia de 0.05.

Tabla 50. *Comparaciones por parejas de Tukey.*

Adición	N	Media	Agrupación
20% P.CH.AL.	5	37.288	A
15% P.CH.AL.	5	31.876	B
25% P.CH.AL.	5	30.156	B
10% P.CH.AL.	5	28.188	C

Fuente: software Minitab 18.

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Según el método Tukey la adición de 20% de partículas chatas y alargadas del agregado grueso nos da como resultado mayor resistencia a la flexión.