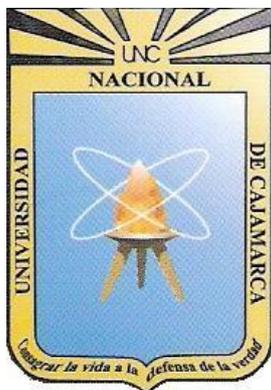


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“INFLUENCIA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS EN
LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE
F’C = 210 KG/CM².”**

TESIS

Para Optar El Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

Presentado por el Bachiller:

RAICO HUATAY, ISMAEL EDUARDO

ASESOR:

Ing. MARCO WILDER HOYOS SAUCEDO

CAJAMARCA – PERÚ

2019

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios; por darme la vida y por enseñarme que su amor es incondicional puro y verdadero.

A mi familia: Agradezco a mi madre, por creer en mí y por el gran esfuerzo que le ha implicado brindarme una educación, por apoyarme a seguir adelante y conseguir todas mis metas; A mi hermano y hermanas, porque fueron ellos, quienes con su ejemplo me enseñaron a lograr alcanzar las metas trazadas; agradezco de una manera muy especial a Jeovana Tello Tarrillo que me permitió ser parte de su vida y por estar a mi lado en todo momento; a mi padre, por seguir guiando mi camino; a mi tío y abuelita, porque siempre estuvieron a mi lado preocupándose por mi bienestar.

A mi asesor; al Ingeniero Marco Wilder Hoyos Saucedo, por el apoyo, tiempo y orientación brindada a lo largo del desarrollo de la presente tesis.

*Quisiera agradecer también de manera muy especial a la **Universidad Nacional de Cajamarca** y a todos los docentes que han tenido parte en mi formación académica.*

DEDICATORIA.

AL UNICO DÍOS.

Porque es Él quien me regaló la vida y me lleno de su Amor.

A MI MADRE.

Graciela Huatay Casas, por sus consejos, por su dedicación, su cariño y apoyo en mi vida de formación profesional, por el desvelo que ha tenido por mí, por ser ejemplo de madre luchadora, por estar ahí cuando más la necesité, por su amor y apoyo incondicional en los momentos difíciles.

A MI PADRE.

Julio por preocuparse siempre por mí, por saber cómo aconsejarme siempre, por tener las palabras exactas cuando más lo necesitaba.

A MIS HERMANOS.

Oscar, Noemí y Lourdes porque gracias a sus ideas y alegrías han sido mi inspiración para afrontar retos.

A MI TIO.

A mi tío Neptalí, gracias tío porque siempre te esforzaste para apoyarnos y por darme un gran ejemplo de cómo amar a Dios.

A mi abuelita Clemencia, por siempre estar a mi lado aconsejándome que a una madre nunca se deja sola.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	I
DEDICATORIA.....	II
ÍNDICE DE TABLAS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	VIII
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
I. CAPÍTULO: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Formulación del problema	3
1.3. Justificación de la investigación	3
1.4. Hipótesis General.....	3
1.5. Variables	3
1.5.1. Variable Independiente.....	3
1.5.2. Variable Dependiente	3
1.6. Alcances y delimitación de la investigación.....	3
1.6.1. Alcance	3
1.6.2. Delimitaciones	4
1.7. Objetivos.....	4
1.7.1. Objetivo General.....	4
1.7.2. Objetivos Específicos	4
II. CAPÍTULO: MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Antecedentes teóricos:	5
2.1.1. Antecedentes Nacionales	5
2.1.2. Antecedentes Locales:	6
2.2. Bases teóricas.....	7

2.2.1.	Concreto.	7
2.2.2.	Principales Propiedades del concreto.	7
2.2.3.	Materiales constitutivos del concreto.	9
2.2.4.	Diseño de mezclas	20
2.3.	Definición de términos básicos:.....	21
III. CAPÍTULO: MATERIALES Y MÉTODOS.....		23
3.1.	Ubicación geográfica de la investigación	23
3.2.	Ubicación temporal de la investigación	23
3.3.	Metodología de investigación	24
3.3.1.	Ubicación de las canteras estudiadas.....	24
3.3.2.	Obtención de muestras del agregado y traslado al laboratorio.....	25
3.3.3.	Reducción de muestras de agregados a tamaño de ensayos	26
3.3.4.	Procedimientos para la determinación de las características de los componentes del concreto	26
3.3.5.	Procedimiento para el Diseño de mezcla.....	28
3.3.6.	Procedimiento para la elaboración de especímenes	40
3.4.	Población de investigación	43
3.5.	Muestra de investigación	44
3.6.	Unidad de análisis	44
3.7.	Unidad de observación.....	44
3.8.	Análisis e interpretación de resultados	44
IV. CAPÍTULO: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.		45
4.1.	Resultado de las características físicas y mecánicas de los agregados.	45
4.2.	Contrastación de la hipótesis	50
V. CAPÍTULO: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		51
5.1.	Conclusiones	51
5.2.	Recomendaciones	52

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	52
ANEXOS:.....	54
Anexo N° 01: Ensayos de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados.	54
Anexo N° 02: Selección de Las proporciones del concreto.	80
Anexo N° 03: Ensayo de resistencia a la compresión del concreto.....	107
Anexo N° 04: Determinación del módulo de elasticidad de los especímenes ensayados.	116
Anexo N° 05: Panel fotográfico.	133
Anexo N° 06: Ficha técnica del cemento portland tipo I.	137

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valores máximos permisibles de las sustancias existentes en el agua a utilizarse en la preparación del concreto.....	10
Tabla 2: Granulometría del agregado fino.....	12
Tabla 3: Requisitos granulométricos ASTM C33 para agregado grueso en % pasante acumulativo en peso para cada malla estándar (abertura cuadrada).....	13
Tabla 4: Valor de los diámetros medios de los tamices utilizados.	15
Tabla 5: Especificaciones de la máquina de los ángeles.....	17
Tabla 6: Gradación del agregado grueso para el ensayo de abrasión.	17
Tabla 7: Tamaño de muestra.	18
Tabla 8: Resistencia promedio.....	29
Tabla 9: Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción.....	30
Tabla 10: Volumen unitario de agua.	31
Tabla 11: Contenido de aire atrapado.....	32
Tabla 12: Relación a/c por resistencia.	33
Tabla 13: Módulo de fineza de la combinación de agregados.	35
Tabla 14: Tolerancia permisible para tiempo de ensayo.....	42
Tabla 15: Características físicas y mecánicas del agregado fino “cantera Otuzco”. ..	45
Tabla 16: Características físicas y mecánicas de la canto rodado “cantera Otuzco”. ..	46
Tabla 17: Características físicas y mecánicas del agregado fino “cantera La Victoria”.	47

Tabla 18: Características físicas y mecánicas de la piedra chancada “cantera La Victoria”.....	48
Tabla 19: Contenido de humedad del agregado fino “cantera Otuzco”	54
Tabla 20: Análisis granulométrico del canto rodado “cantera Otuzco” ensayo 1.	55
Tabla 21: Análisis granulométrico del canto rodado “cantera Otuzco” ensayo 2	55
Tabla 22: Análisis granulométrico del canto rodado “cantera Otuzco” ensayo 3	56
Tabla 23: Análisis granulométrico del agregado fino “cantera Otuzco” ensayo 1	58
Tabla 24: Análisis granulométrico del agregado fino “cantera Otuzco” ensayo 2	58
Tabla 25: Análisis granulométrico del agregado fino “cantera Otuzco” ensayo 3	59
Tabla 26: Resistencia a la abrasión del canto rodado “cantera Otuzco” ensayo 1	61
Tabla 27: Resistencia a la abrasión del canto rodado “cantera Otuzco” ensayo 2	61
Tabla 28: Resistencia a la abrasión del canto rodado “cantera Otuzco” ensayo 3	61
Tabla 29: Material fino del agregado fino “cantera Otuzco” ensayo 1	62
Tabla 30 : Material fino del agregado fino “cantera Otuzco” ensayo 2	62
Tabla 31: Material fino del agregado fino “cantera Otuzco” ensayo 3	62
Tabla 32: Material fino del canto rodado “cantera Otuzco” ensayo 1.....	62
Tabla 33: Material fino del canto rodado “cantera Otuzco” ensayo 2.....	62
Tabla 34: Material fino del canto rodado “cantera Otuzco” ensayo 3.....	63
Tabla 35: Gravedad específica y absorción del agregado fino “cantera Otuzco”	63
Tabla 36: Gravedad específica y absorción del canto rodado de la “cantera Otuzco”	63
Tabla 37: Factor de calibración (f) del canto rodado	64
Tabla 38: Factor de calibración (f) del agregado fino.....	64
Tabla 39: Peso específico del agua.....	64
Tabla 40: Peso unitario suelto del agregado fino “cantera Otuzco”.....	65
Tabla 41: Peso unitario compactado del agregado fino “cantera Otuzco”	65
Tabla 42: Peso unitario suelto del canto rodado “cantera Otuzco”	65
Tabla 43: Peso unitario compactado del canto rodado “cantera Otuzco”	66
Tabla 44: Contenido de humedad del agregado fino “cantera la Victoria”	66
Tabla 45: Contenido de humedad de la piedra chancada “cantera la Victoria”	66
Tabla 46: Análisis granulométrico de la piedra chancada “cantera la Victoria” ensayo 1.	67
Tabla 47: Análisis granulométrico de la piedra chancada “cantera la Victoria” ensayo 2.	67

Tabla 48: <i>Análisis granulométrico de la piedra chancada “cantera la Victoria” ensayo 3.</i>	68
Tabla 49: <i>Análisis granulométrico del agregado fino “cantera la Victoria” ensayo 1</i>	70
Tabla 50: <i>Análisis granulométrico del agregado fino “cantera la Victoria” ensayo 2</i>	70
Tabla 51: <i>Análisis granulométrico del agregado fino “cantera la Victoria” ensayo 3</i>	71
Tabla 52: <i>Resistencia a la abrasión de la piedra chancada “cantera la Victoria” ensayo 1</i>	73
Tabla 53: <i>Resistencia a la abrasión de la piedra chancada “cantera la Victoria” ensayo 2</i>	73
Tabla 54: <i>Resistencia a la abrasión de la piedra chancada “cantera la Victoria” ensayo 3</i>	73
Tabla 55: <i>Material fino del agregado fino “cantera la Victoria” ensayo 1</i>	74
Tabla 56: <i>Material fino del agregado fino “cantera la Victoria” ensayo 2</i>	74
Tabla 57: <i>Material fino del agregado fino “cantera la Victoria” ensayo 3</i>	74
Tabla 58: <i>Material fino de la piedra chancada “cantera la Victoria” ensayo 1</i>	74
Tabla 59: <i>Material fino de la piedra chancada “cantera la Victoria” ensayo 2</i>	74
Tabla 60: <i>Material fino de la piedra chancada “cantera la Victoria” ensayo 3</i>	75
Tabla 61: <i>Gravedad específica y absorción del agregado fino “cantera la Victoria”.</i>	75
Tabla 62: <i>Gravedad específica y absorción de la piedra chancada “cantera la Victoria”</i>	75
Tabla 63: <i>Peso unitario suelto del agregado fino “cantera la Victoria”</i>	76
Tabla 64: <i>Peso unitario compactado del agregado fino “cantera la Victoria”</i>	76
Tabla 65: <i>Peso unitario suelto de la piedra chancada “cantera la Victoria”</i>	76
Tabla 66: <i>Peso unitario compactado de la piedra chancada “cantera la Victoria”</i>	77
Tabla 67: <i>Propiedades del agregado combinado en la proporción 40/60</i>	77
Tabla 68: <i>Propiedades del agregado combinado en la proporción 50/50</i>	78
Tabla 69: <i>Propiedades del agregado combinado en la proporción 60/40</i>	79
Tabla 70: <i>Resistencia a la compresión del agregado combinado – Proporción 60/40. ensayada a los 7 días.</i>	107
Tabla 71: <i>Resistencia a la compresión del agregado combinado – Proporción 60/40. ensayada a los 14 días.</i>	108
Tabla 72: <i>Resistencia a la compresión del agregado combinado – Proporción 60/40. ensayada a los 28 días.</i>	109

Tabla 73: Resistencia a la compresión del agregado combinado – Proporción 50/50. ensayada a los 7 días.....	110
Tabla 74: Resistencia a la compresión del agregado combinado – Proporción 50/50. ensayada a los 14 días.....	111
Tabla 75: Resistencia a la compresión del agregado combinado – Proporción 50/50. ensayada a los 28 días.....	112
Tabla 76: Resistencia a la compresión del agregado combinado – Proporción 60/40. ensayada a los 7 días.....	113
Tabla 77: Resistencia a la compresión del agregado combinado – Proporción 60/40. ensayada a los 14 días.....	114
Tabla 78: Resistencia a la compresión del agregado combinado – Proporción 60/40. ensayada a los 28 días.....	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto. 7	
Figura 2: Curva Esfuerzo-Deformación para el concreto.(Módulo de elasticidad).....	8
Figura 3: Ubicación geográfica del lugar donde se desarrolló la investigación.....	23
Figura 4: Ubicación geográfica de la cantera Otuzco.....	24
Figura 5: Ubicación geográfica de la cantera La Victoria.....	25
Figura 6: Curva de resistencia a la compresión en función del tiempo.....	42
Figura 7: Tipos de falla de los cilindros de concreto.....	43

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1: Curva Resistencia a la compresión vs. Tiempo del concreto elaborado con agregados de la cantera Otuzco y la cantera La Victoria.	49
Gráfico N° 2: Curva Resistencia a la compresión vs. Tiempo, del concreto elaborado con la combinación de agregados de la cantera Otuzco y la cantera La Victoria.	50
Gráfico N° 3: Curva granulométrica del canto rodado de la cantera Otuzco.....	57
Gráfico N° 4: Curva granulométrica del agregado fino de la cantera Otuzco.....	60
Gráfico N° 5: Curva granulométrica de la piedra chancada de la cantera la Victoria.	69
Gráfico N° 6: Curva granulométrica del agregado fino de la cantera la Victoria.	72

Gráfico N° 7: Módulo de elasticidad y deformación de los especímenes elaborados con agregado combinado – Proporción 40/60. ensayada a los 7 días, Muestra- 01.	116
Gráfico N° 8: Módulo de elasticidad y deformación de los especímenes elaborados con agregado combinado – Proporción 40/60. ensayada a los 7 días, Muestra- 02.	117
Gráfico N° 9: Módulo de elasticidad y deformación de los especímenes elaborados con agregado combinado – Proporción 50/50. ensayada a los 7 días, Muestra- 02.	118
Gráfico N° 10: Módulo de elasticidad y deformación de los especímenes elaborados con agregado combinado – Proporción 50/50. ensayada a los 7 días, Muestra- 09.	119
Gráfico N° 11: Módulo de elasticidad y deformación de los especímenes elaborados con agregado combinado – Proporción 60/40. ensayada a los 7 días, Muestra- 01.	120
Gráfico N° 12: Módulo de elasticidad y deformación de los especímenes elaborados con agregado combinado – Proporción 60/40. ensayada a los 7 días, Muestra- 10.	121
Gráfico N° 13: Módulo de elasticidad y deformación de los especímenes elaborados con agregado combinado – Proporción 40/60. ensayada a los 14 días, Muestra- 01.	122
Gráfico N° 14: Módulo de elasticidad y deformación de los especímenes elaborados con agregado combinado – Proporción 40/60. ensayada a los 14 días, Muestra- 10.	123
Gráfico N° 15: Módulo de elasticidad y deformación de los especímenes elaborados con agregado combinado – Proporción 50/50. ensayada a los 14 días, Muestra- 1.	124
Gráfico N° 16: Módulo de elasticidad y deformación de los especímenes elaborados con agregado combinado – Proporción 60/40. ensayada a los 14 días, Muestra- 01.	125
Gráfico N° 17: Módulo de elasticidad y deformación de los especímenes elaborados con agregado combinado – Proporción 60/40. ensayada a los 14 días, Muestra- 03.	126
Gráfico N° 18: Módulo de elasticidad y deformación de los especímenes elaborados con agregado combinado – Proporción 40/60. ensayada a los 28 días, Muestra- 03.	127
Gráfico N° 19: Módulo de elasticidad y deformación de los especímenes elaborados con agregado combinado – Proporción 40/60. ensayada a los 28 días, Muestra- 08.	128
Gráfico N° 20: Módulo de elasticidad y deformación de los especímenes elaborados con agregado combinado – Proporción 50/50. ensayada a los 28 días, Muestra- 01.	129
Gráfico N° 21: Módulo de elasticidad y deformación de los especímenes elaborados con agregado combinado – Proporción 50/50. ensayada a los 28 días, Muestra- 02.	130
Gráfico N° 22: Módulo de elasticidad y deformación de los especímenes elaborados con agregado combinado – Proporción 60/40. ensayada a los 28 días, Muestra- 08.	131
Gráfico N° 23: Módulo de elasticidad y deformación de los especímenes elaborados con agregado combinado – Proporción 60/40. ensayada a los 28 días, Muestra- 09.	132

RESUMEN

El concreto es uno de los materiales más utilizados en la industria de la construcción, sus cualidades dependen de sus elementos y procesos de fabricación. El agregado grueso es uno de los componentes del concreto que más porcentaje de intervención tiene en las mezclas, por tanto, no es de extrañarse que su forma y textura influyen en gran medida en la consistencia del concreto en estado fresco y en la resistencia a la compresión en su estado endurecido. El estudio realizado de esta investigación, tuvo como objetivo determinar la influencia de la combinación de agregados en la resistencia a la compresión del concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$; a través del estudio de las características físicas y mecánicas de los agregados, realizando el diseño de mezclas con el método del módulo de finura de combinación de agregados, se preparó probetas de concreto con un diseño de mezclas de 210 kg/cm^2 , de las cuales 30 se realizaron con agregado grueso de perfil redondeado (canto rodado), 30 con agregado grueso de perfil angular (piedra chancada) y 90 con la combinación de agregados (piedra chancada y canto rodado), que al determinar las cargas máximas a compresión a los 28 días de realizado las probetas, nos dio como resultado que la resistencia a la compresión del concreto elaborado con agregados de perfil redondeado es menor que el concreto elaborado con agregados de perfil angular en 10.68%. Concluyendo que la mayor resistencia a la compresión del concreto elaborado con la combinación de agregados, se obtiene utilizando 60% de canto rodado y 40% piedra chancada aumentando su $f'c = 13.56\%$ a los 28 días.

Palabras Claves: Concreto, Combinación de agregados, Resistencia a la compresión, Cantera, Dosificación.

ABSTRACT

Concrete is one of the most used materials in the construction industry, its qualities depend on its elements and manufacturing processes. The coarse aggregate is one of the components of the concrete that more percentage of intervention has in the mixtures, therefore, it is not surprising that its shape and texture greatly influence the consistency of the fresh concrete and the resistance to compression in its hardened state. The objective of this study was to determine the influence of the combination of aggregates on the concrete compression strength of $f'_c = 210 \text{ kg / cm}^2$; Through the study of the physical and mechanical characteristics of the aggregates, by designing mixtures with the fineness module method of combination of aggregates, concrete specimens were prepared with a mix design of 210 kg / cm^2 , of which 30 were made with thick aggregate of rounded profile (boulder), 30 with thick aggregate of angular profile (crushed stone) and 90 with the combination of aggregates (crushed stone and boulder), which when determining the maximum compressive loads to the 28 days after the specimens were made, the result was that the compressive strength of the concrete made with rounded profile aggregates is lower than the concrete produced with aggregates with an angular profile of 10.68%. Concluding that the greater resistance to compression of concrete made with the combination of aggregates, is obtained using 60% of boulder and 40% crushed stone increasing its $f'_c = 13.56\%$ after 28 days.

Key words: Concrete, Aggregate combination, Compressive strength, Quarry, Dosing

I. CAPÍTULO: INTRODUCCIÓN.

En el concreto el agregado grueso es un componente muy importante en los diseños de mezclas pues, este material nos ayudará a tener las resistencias requeridas a la compresión en las obras de ingeniería civil, si bien es cierto que los ingenieros civiles recomiendan el uso de agregados gruesos de perfil angular por la mejor adherencia que tendrán con los otros componentes que conforman la mezcla de concreto sin embargo, la geografía accidentada de nuestro Perú, hace que muchas veces que el uso de agregados gruesos procesados y el traslado a pie de obra podrían encarecer los costos de ejecución de los proyectos.

Por lo que los ingenieros civiles recomiendan mirar al canto rodado como una alternativa para el buen diseño de mezclas ya que este canto rodado o piedra de perfil redondeado también tiene cualidades muy interesantes que podrían ser beneficiosas para una mezcla de concreto por ejemplo, la durabilidad ya que estas piedras fueron talladas por la propia naturaleza y la dureza de estas será más alta que las piedras chancadas o trituradas de forma artificial, además si tenemos los tamaños adecuados de los cantos rodados podríamos tener mayor trabajabilidad frente a la piedra de perfil angular, muchos métodos de diseño de mezcla consideran el perfil del agregado grueso sea anguloso o redondeado para conseguir resistencias a la compresión requeridas en las obras de ingeniería civil, por lo tanto si tenemos la granulometría adecuada de nuestro agregados gruesos sean angulosos o redondeados estos podrían ser usados por los ingenieros civiles en las obras de concreto sin temor, ya que existen muchas zonas del país que se encuentran alejadas aún, creando sobrecostos en las obras al desechar los agregados gruesos de perfil redondeado siendo estos también de buen uso en la ingeniería civil para conseguir concretos durables y de la resistencia requerida en los proyectos de ingeniería. (Burgos Ascoy, 2019)

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En el mundo hoy en día constantemente se busca mejorar las propiedades del concreto, siendo muy importante las canteras de donde se obtendrán los agregados; los agregados representan alrededor del 80% en peso de los componentes del concreto.

De la consideración anterior, se desprende la importancia que tiene la selección de una buena cantera en base a la calidad del agregado, partiendo del interés de hacer siempre un concreto homogéneo, resistente, duradero y económico.

En nuestro país contamos con una variedad de canteras para la obtención de agregados de buena calidad, pero existe la dificultad en lugares donde los agregados no cumplen con las especificaciones técnicas requeridas, como es el caso de la ciudad de Cajamarca donde los agregados de las canteras para elaborar un concreto son agregados de baja calidad, baja resistencia a la abrasión, alto contenido de finos, etc. y muchas veces se combina agregados de diferentes canteras de forma empírica sin ningún estudio que indique las proporciones adecuadas a utilizar.

Debido al crecimiento continuo y acelerado de la ciudad de Cajamarca se ve la proliferación de canteras y el uso masivo de agregados sin control de calidad y lo que se pretende es subsanar estas deficiencias a través de la combinación de agregados observando la influencia que tiene combinar piedra chancada y canto rodado en la elaboración de concreto.

El canto rodado es un agregado natural originado por la desintegración de fragmentos de roca, por su transporte a través del agua de ríos, en si podemos decir que las partículas de roca son resistentes por la erosión que resistieron.

El cambio, la piedra chancada se origina de los cantos rodados con la cualidad de ser artificial, son angulares y son graduadas de acuerdo al tamaño requerido en obra.

Comparando estos dos agregados, podemos decir que con el canto rodado obtenemos una buena resistencia y mejor trabajabilidad por que las partículas se deslizaran muy fácilmente llegando a esquinas y lugares difíciles para el concreto, en cambio con la piedra chancada obtenemos una excelente resistencia por sus aristas, porque entre las partículas habrá un mejor comportamiento frente a la compresión ya que estas presentan esquinas que hacen que sea difícil el deslizamiento entre partículas e impidiendo que se pueda llegar a quebrar el concreto, pero la desventaja de la piedra chancada es su trabajabilidad pero esto se puede solucionar disminuyendo el tamaño de la piedra.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo influye la combinación de agregado grueso de perfil angular (piedra chancada) y perfil redondeado (canto rodado) en la resistencia a la compresión del concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$?

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

- La importancia de obtener un concreto homogéneo, resistente, duradero y económico en las obras de construcción civil, es la razón principal del enfoque de este estudio, el cual permitió determinar que la elaboración de concreto con la combinación de agregado grueso piedra chancada y canto rodado, aumenta la resistencia a la compresión del concreto.
- Este estudio facilitará a la población, empresas constructoras, comunidad universitaria, entidades públicas y privadas de la ciudad de Cajamarca para la utilización de agregado grueso de perfil angular (piedra chancada) y de perfil redondeado (canto rodado), en la elaboración de un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

1.4. HIPÓTESIS GENERAL

La combinación de agregados con mayor porcentaje de piedra chancada que canto rodado, aumenta la resistencia a la compresión del concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en un 15 %.

1.5. VARIABLES

1.5.1. Variable Independiente

- ✓ Combinación de agregados.

1.5.2. Variable Dependiente

- ✓ Resistencia a la compresión del concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

1.6. ALCANCES Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. Alcance:

La investigación se efectuó a nivel teórico y experimental. limitándose, únicamente en determinar la influencia de combinar piedra chancada y canto rodado en la

elaboración de concreto, la evolución de la resistencia a diferentes edades (7, 14 y 28 días) elaborándose 50 especímenes por edad haciendo un total de 150 especímenes. Con la finalidad de ver su comportamiento si es favorable o desfavorable, para finalmente sacar conclusiones que permitan hacer un uso adecuado de la combinación de agregados en la elaboración de concretos.

1.6.2. Delimitaciones

- Se utilizó los agregados de la cantera Otuzco (agregado fino y canto rodado) y los agregados de la cantera La Victoria (agregado fino y piedra chancada), por lo que los resultados que se obtuvieron están limitados únicamente a sus propiedades.
- los materiales constitutivos del concreto como el cemento y el agua que se utilizaron en la elaboración de las mezclas de concreto, no se les realizaron ensayos de laboratorio. Se trabajó con los datos brindados por los fabricantes, mostrados en la ficha técnica de éstos.
- Los resultados obtenidos están limitados a la utilización del cemento portland tipo I de Pacasmayo y a un concreto de $f'c = 210\text{kg/cm}^2$.
- La determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados, la elaboración y prueba a compresión de los especímenes de concreto, fueron realizados en el Laboratorio de Ensayo de Materiales “Carlos Esparza Días” de la Universidad Nacional de Cajamarca.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. Objetivo General

- Determinar la influencia de la combinación de agregados de la cantera Otuzco y la cantera La Victoria en la resistencia a la compresión del concreto de $f'c=210\text{kg/cm}^2$.

1.7.2. Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la cantera Otuzco y la cantera La Victoria.
- Determinar la resistencia a la compresión del concreto elaborado con agregado de la cantera Otuzco y del concreto elaborado con agregado de la cantera La Victoria.

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas del agregado combinado de dos canteras en las proporciones 40% / 60%, 50%/50% y 60/40%.
- Determinar la resistencia a la compresión del concreto elaborado con la combinación de agregados de la cantera Otuzco y agregados de la cantera La Victoria en las proporciones 40% / 60%, 50%/50% y 60/40%.

II. CAPÍTULO: MARCO TEÓRICO.

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS:

2.1.1. Antecedentes Nacionales

Fasanando Pérez, J & Guzmán Tomanguillo, B (2016), *Diseño de concretos 175 kg/cm², 210 kg/cm² y 280kg/cm² con agregado grueso de Boloneria del rio Huallaga y agregado fino del rio Paranaपुरa*, (Tesis Universidad Nacional de San Martin, Perú).

La investigación consistió en diseñar concretos de resistencias; 175 kg/cm², 210 kg/cm² y 280 kg/cm², basadas en la combinación de agregados de dos ríos diferentes, agregado fino y el agregado grueso en la proporción del 40% y 60% respectivamente, utilizado el método de diseño del A.C.I, método que cual fuera la resistencia deseada, en tanto se mantengan constantes el tamaño máximo nominal del agregado grueso y el módulo de finura de la agregado fino, el contenido de agregado grueso será el mismo independientemente del contenido de pasta.

Concluyendo que la calidad de los agregados estudiados, presentan ciertas falencias para elaborar un buen concreto, y que la dosis optima se obtiene al incrementar la relación A/C en un 1.25% de la relación patrón que se obtuvo del método ACI, (de 0.42 a 0.55).

Laredo Genovez, R & Zavaleta Espinoza, J (2016), *Resistencia a la compresión y el asentamiento de un concreto modificado cuando se reemplaza el contenido de agregado fino y agregado grueso por hormigón de la cantera san Antonio*. (Tesis, Universidad Nacional de Trujillo, Perú).

Esta investigación explica cómo influye el reemplazo de agregado fino y agregado grueso de la cantera San Martin por hormigón de la cantera San Antonio sobre la resistencia del concreto, utilizando el método ACI para la selección de las proporciones de diseño.

Según los resultados obtenidos concluye que la dosificación para obtener un concreto modificado de alta resistencia a la compresión y mejor asentamiento es cuando se reemplaza el 10% de agregado grueso por hormigón grueso y el 30% del agregado fino. Obteniendo una resistencia máxima de 292.53 kg/cm^2 y un asentamiento de 5 pulg.

Gonzales García, J (2003), *Las mezclas de concretos y sus resultados en la ciudad de Tarapoto utilizando el método global y módulo de finura*. (Tesis, Universidad Nacional de Ingeniería, Perú).

Esta investigación tuvo como objetivo diseñar concretos en base a la combinación de agregados de dos canteras de Río, reemplazando la piedra de mala calidad de la cantera del Río Cumbaza con piedra de buena calidad de la cantera del Río Huallaga, utilizando el método del agregado global y módulo de finura, ya que este método incide en la optimización de la granulometría del agregado global.

Según los resultados obtenidos la granulometría más adecuada de la arena de Río Cumbaza con la piedra de Río Huallaga, teniendo en cuenta las propiedades en estado fresco y endurecido se obtiene para un módulo de finura global = 5.48 (37% de arena y 63% de piedra); con una relación A/C experimental en peso de 0.49 alcanza una resistencia a la compresión a los 28 días de edad 300 kg/cm^2 .

2.1.2. Antecedentes Locales:

Brito Camacho, O (2013), *Estudio de la combinación de los agregados de las canteras el Gavilán y Otuzco en la elaboración de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$* . (Tesis de titulación, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú).

La investigación consistió en elaborar un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, combinando el agregado de la cantera el Gavilán y Otuzco, empleando el método del módulo de finura de la combinación de agregados.

Determinando que la combinación óptima de agregados para la elaboración de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con la siguiente proporción en volumen húmedo de 1: 2.39: 3.30/ 25.9 lts/bolsa, utilizando para el agregado fino y agregado grueso el 50% de agregados de la cantera Gavilán y 50% de agregados de la cantera Otuzco. Con 7 bolsas de cemento Pacasmayo Tipo I por m^3 .

2.2. BASES TEÓRICAS.

2.2.1. Concreto.

El concreto es una mezcla de cemento portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia (Rivva López, 2013, pág. 29).

Aditivos	0.1% a 0.2%
Aire	1% a 3%
Cemento	7% a 15%
Agua	15% a 22%
Agregados	60% a 75%

Figura 1: Proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto.

Fuente: (Pasquel Carbajal, 1998)

2.2.2. Principales Propiedades del concreto.

2.2.2.1. En estado fresco.

2.2.2.1.1. Trabajabilidad:

Facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante estas operaciones (Rivva López, 2013, pág. 37)

2.2.2.1.2. Consistencia:

Propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma; entendiéndose con ello que cuanto más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación (Rivva López, 2013, pág. 40).

2.2.2.1.3. Peso unitario:

Es el peso varillado expresado en kg por metro cubico, de una manera representativa del concreto, se emplea principalmente para: Determinar o comprobar el rendimiento de la mezcla. Determinar el contenido de materiales (cemento, agua y agregado) por metro

cubico de concreto, así como el contenido de aire. Formándose una idea de la calidad del concreto y de su grado de compactación. (Manual de la construcción, 2013)

2.2.2.2. En estado endurecido:

2.2.2.2.1. Resistencia a la compresión.

La resistencia del concreto es definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Dado que el concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de su calidad. (Rivva López, 2013, pág. 42)

2.2.2.2.2. Módulo de elasticidad.

Es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformaciones permanentes (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 142).

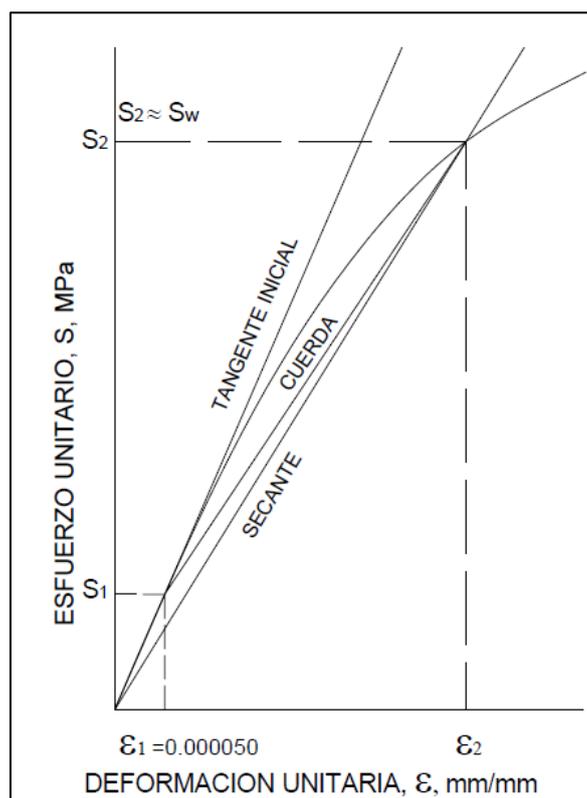


Figura 2: Curva Esfuerzo-Deformación para el concreto.(Módulo de elasticidad)

Fuente: (Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006)

2.2.3. Materiales constitutivos del concreto.

Gran parte de las características de las mezclas de concreto, tanto en estado plástico como en estado endurecido, dependen de las características y propiedades de los agregados, las cuales deben ser estudiadas para obtener concretos de buena calidad y económicos. (Rivera López, pág. 42)

2.2.3.1. Cemento

Material pulverizado que posee la propiedad que, por adición de una cantidad conveniente de agua, forma una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables (Rivva López, 2000, pág. 30).

Si el cemento posee una finura excesiva, su retracción y calor de hidratación serán muy altos, se vuelve más susceptible a la meteorización y disminuye su resistencia a las aguas agresivas (Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006, pág. 12).

Una calidad normal de cemento fragua inicialmente a los 40 – 50 minutos o a los 30 minutos para los cementos de mayor grado de finura, considerándose normal un tiempo de fraguado inicial entre 4 y 7 horas (Rivva López, 2000, pág. 78).

2.2.3.2. Agua.

El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 339.088 y ser de preferencia, potable (Rivva López, 2013, pág. 29).

2.2.3.2.1. Agua de mezcla.

El agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones principales:

- a. Reaccionar con el cemento para hidratarlo.
- b. Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.
- c. Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

Por lo tanto, la cantidad de agua que interviene en la mezcla de concreto es normalmente por razones de trabajabilidad, mayor de la necesaria para la hidratación del cemento. (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 59)

2.2.3.2.2. Agua para curado.

En general, los mismos requisitos que se exigen para el agua de mezcla deben ser cumplidos por las aguas para curado, y por otro lado en las obras es usual emplear la misma fuente de suministro de agua tanto para la preparación como para el curado del concreto (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 65).

Tabla 1: Valores máximos permisibles de las sustancias existentes en el agua a utilizarse en la preparación del concreto.

DESCRIPCIÓN	VALOR MÁXIMO PERMISIBLE
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles totales	1500 ppm
pH	Mayor de 7
Sólidos en suspensión (limos o arcillas)	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Fuente: (Rivva López, 2013)

2.2.3.3. Aire

Se sabe que toda mezcla de concreto hay aire presente. Este puede estar en dos formas como aire atrapado o como aire incorporado (Rivva López, 2013, pág. 85).

2.2.3.4. Agregado.

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial, cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la norma NTP 400.011. Los agregados son la fase discontinua del concreto (Rivva López, 2000, pág. 16).

Las tres principales funciones del agregado en el concreto son:

- ✓ Proporcionar un relleno adecuado a la pasta, reduciendo el contenido de esta por unidad de volumen y por lo tanto reduciendo el costo de la unidad cubica de concreto.

- ✓ Proporcionar una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas, de desgaste, o de interperismo, que puedan actuar sobre el concreto.
- ✓ Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado; o de calentamiento de la pasta. (Rivva López, 2000, pág. 17)

2.2.3.4.1. **Agregado fino.**

Se define como agregado fino a aquel, proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa al tamiz (3/8'') y queda retenido en el tamiz N°200. El más usual de los agregados finos es la arena, definida como el producto resultante de la desintegración natural de las rocas. (Rivva López, 2000, pág. 17)

2.2.3.4.2. **Agregado grueso**

Se define como agregado grueso a aquel que queda retenido en el tamiz N° 4 y es proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas. El agregado grueso suele clasificarse en grava y piedra triturada o chancada. La grava es el agregado grueso proveniente de la desintegración y abrasión natural de materiales pétreos. Se le encuentra mayormente generalmente en canteras y lechos de ríos depositado en forma natural. La piedra chancada, o piedra triturada, es el agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas y gravas. (Rivva López, 2000, pág. 17)

2.2.3.4.3. **Características físicas y mecánicas de los agregados**

a) Forma y textura superficial

La forma y textura de la superficie de los agregados ejerce gran influencia en las propiedades del concreto fresco y endurecido. Una textura más áspera da por resultado una mayor fuerza de adherencia entre las partículas y la matriz de cemento. (Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006, pág. 33)

La presencia de partículas alargadas o laminadas en cantidades mayores del 10% o el 15% del peso del agregado grueso suele consideras inconveniente (Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006, pág. 33).

En términos meramente descriptivos, la forma de los agregados se define en:

1. Angular: Poca evidencia de desgaste en caras y bordes.

2. Subangular: Evidencia de algo de desgaste en caras y bordes.
3. Subredondeada: Considerable desgaste en caras y bordes.
4. Redondeada: Bordos casi eliminados.
5. Muy redondeada: Sin caras ni bordes (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 87).

b) Granulometría de los agregados

La granulometría es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado tal como se determina por análisis de tamices (ASTM C136). y se expresa como el porcentaje en peso de cada tamaño con respecto al peso total (Manual de la construcción, 2013, pág. 137).

La norma ASTM – C33 y la NTP 400.037 establece los límites granulométricos, donde deben estar comprendidos el agregado fino y el agregado grueso a fin de ser aptos para la elaboración de concretos.

Tabla 2: Granulometría del agregado fino.

TAMIZ	GRUPO C (arena gruesa)	GRUPO M (arena intermedia)	GRUPO F (arena fina)
3/8"	100	100	100
Nº 4	95 – 100	85 – 100	89 – 100
Nº 8	80 – 100	65 – 100	80 – 100
Nº 16	50 – 85	45 – 100	70 – 100
Nº 30	25 – 60	25 – 80	55 – 100
Nº 50	10 – 30	5 – 48	5 – 70
Nº 100	2 – 10	0 – 12	0 – 12

Fuente: (Rivva López, 2013)

Tabla 3: Requisitos granulométricos ASTM C33 para agregado grueso en % pasante acumulativo en peso para cada malla estándar (abertura cuadrada).

Malla	Número de identificación de granulometría ASTM C33														
	1	2	3	357	4	457	5	56	57	6	67	7	8	89	9 ^A
	3½" a 1½"	2½" a 1½"	2" a 1"	2" a #4	1½" a 3/4"	1½" a # 4	1 a 1/2"	1" a 3/8"	1" a #4	3/4" a 3/8"	3/4" a #4	1/2" a #4	3/8" a #8	3/8" a #16	#4 a #16
4"	100														
3 ½"	90 a 100														
3"	---	100													
2 ½"	25 a 60	90 a 100	100	100											
2"	---	35 a 70	90 a 100	95 a 100	100	100									
1 ½"	0 a 15	0 a 15	35 a 70	---	90 a 100	95 a 100	100	100	100						
1"	---	---	0 a 15	35 a 70	20 a 55	---	90 a 100	90 a 100	95 a 100	100	100				
¾"	0 a 5	0 a 5	---	---	0 a 15	35 a 70	20 a 55	40 a 85	---	90 a 100	90 a 100	100			
½"			0 a 5	10 a 30	---	---	0 a 10	10 a 40	25 a 60	20 a 55	---	90 a 100	100	100	
3/8"				---	0 a 5	10 a 30	0 a 5	0 a 15	---	0 a 15	20 a 55	40 a 70	85 a 100	90 a 100	100
# 4				0 a 5		0 a 5		0 a 5	0 a 10	0 a 5	0 a 10	0 a 15	10 a 30	20 a 55	85 a 100
# 8									0 a 5		0 a 5	0 a 5	0 a 10	5 a 30	10 a 40
# 16													0 a 5	0 a 10	0 a 10
# 50														0 a 5	0 a 5

^A Tamaño número 9 se define en terminología C125 como un agregado fino. Se incluye como un agregado grueso cuando se combina con un material número 8 para crear un tamaño número 89, que es un agregado grueso definido por terminología C125.

Fuente: (Rivva López, 2013)

- **Módulo de finura**

Es el tamaño promedio ponderado del agregado, que se define como la suma de los porcentajes retenidos acumulados en la serie estándar: 3", 1 ½", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y esta cantidad se divide entre 100 (Manual de la construcción, 2013, pág. 137).

La norma técnica peruana establece que la arena debe tener un módulo de finura no menor que 2.3 ni mayor que 3.1. (NTP 400.012, 2001)

- **Superficie específica**

Se define como superficie específica de una partícula de agregado al área superficial de la misma. Se expresa en cm²/g. Cuanto mayor es la superficie específica mayor el área superficial a ser cubierta con pasta y menor el diámetro de las partículas. (Rivva López, 2000, pág. 168)

La consistencia del concreto disminuye conforme la superficie específica se incrementa. Por tanto, no es posible variar la superficie específica del agregado sin variar la consistencia. (Rivva López, 2000, pág. 169)

Para obtener la superficie específica se divide, para cada uno de los tamices, el valor del porcentaje retenido parcial entre el valor de diámetro medio. La superficie específica del conjunto se determina por la ecuación:

$$SUPERFICIE ESPECÍFICA = \frac{0.06 S}{G}, cm^2/g$$

Donde:

S = suma de la superficie específica de cada tamiz.

G = gravedad específica de masa del agregado.

El valor de la superficie específica del agregado será igual a la suma de la superficie específica de cada tamiz. (Rivva López, 2000, pág. 170)

Tabla 4: Valor de los diámetros medios de los tamices utilizados.

TAMIZ	ABERTURA (cm)	DIÁMETRO MEDIO (cm)
3"	7.62	---
2"	5.08	6.35
1 ½"	3.81	4.44
1"	2.54	3.17
¾"	1.90	2.22
½"	1.27	1.58
⅜"	0.95	1.11
N° 4	0.48	0.714
N° 8	0.238	0.357
N° 16	0.119	0.179
N° 30	0.059	0.089
N° 50	0.0297	0.044
N° 100	0.0149	0.022
N° 200	0.0074	0.011
N° 400	0.0037	0.0056

Fuente: (Rivva López, 2000)

- **Tamaño máximo**

Tamaño de la abertura del tamiz que deja pasar todo el agregado (Manual de la construcción, 2013, pág. 137).

- **Tamaño nominal máximo**

Tamaño de la abertura del tamiz que produce el primer retenido del agregado (Manual de la construcción, 2013, pág. 137).

c) Material más fino que pasa el tamiz N° 200

El suelo fino (material que pasa el tamiz N° 200) puede estar presente como polvo o puede estar recubriendo las partículas del agregado, aun cuando delgadas capas de limo o arcilla cubran las partículas, puede haber peligro porque debilitan la adherencia entre la pasta de cemento y las partículas del agregado, perjudicando la resistencia y la durabilidad de las mezclas. Si están presentes algunos tipos de limos y arcillas en cantidades excesivas, el agua necesaria en la mezcla puede aumentar considerablemente. (Rivera López, pág. 68) Se acostumbra limitarlos entre el 3% al 5%, aunque valores superiores hasta del orden del 7% no necesariamente causarán un efecto pernicioso notable que no pueda contrarrestarse mejorando el diseño de mezclas, bajando la relación a/c y/u optimizando granulometría (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 105).

d) Abrasión

El agregado grueso empleado en concreto para estructuras sometidas a procesos de erosión, abrasión o cavitación, no deberá tener una pérdida mayor del 50% en el ensayo de abrasión realizado acorde a normas NTP 400.019, o ASTM C 131 (Manual de la construcción, 2013, pág. 137).

La prueba, según la **norma ASTM C131**, consiste en colocar una muestra del material con la carga abrasiva dentro de la máquina de los ángeles y poner a girar un cierto número de revoluciones (la carga abrasiva y el número de revoluciones depende de la granulometría del material, de acuerdo a la normatividad respectiva); luego se retira el material de la máquina, se lava sobre el tamiz No. 12, el material retenido se pone a secar hasta masa constante y se halla su masa. (Rivera López, pág. 67)

$$\text{Porcentaje de desgaste} = \frac{Pa - Pb}{Pa} \times 100$$

Donde:

Pa = Masa de la muestra seca antes del ensayo (g).

Pb = Masa de la muestra seca retenida en el tamiz N° 12 (g).

Tabla 5: Especificaciones de la máquina de los ángeles.

Tamiz ASTM		Pesos de los Tamaños indicados en (g.)			
		Gradación			
Pasa	Retenido en	A	B	C	D
1 1/2"	1"	1250 ± 25			
1"	3/4"	1250 ± 25			
3/4"	1/2"	1250 ± 10	2500 ± 10		
1/2"	3/8"	1250 ± 10	2500 ± 10		
3/8"	1 1/4"			2500 ± 10	
1 1/4"	N° 4			2500 ± 10	
N° 4	N° 8				5000 ± 10
Totales		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Fuente: (Asociación de productores de cemento, 2013)

Tabla 6: Gradación del agregado grueso para el ensayo de abrasión.

Gradación	N° de esferas	Peso de carga (g)
A	12	5000±25
B	11	4584±25
C	8	3330±20
D	6	2500±15

Fuente: (Lezama Leiva, 1996)

e) Peso específico

Es la división el peso de la sustancia entre el volumen que esta ocupa. En sistema internacional; newton por metro cubico (N/m^3). Es un indicador de calidad: los valores elevados corresponden a materiales de buen comportamiento, mientras que para bajos valores generalmente corresponde a agregados absorbentes y débiles. (Manual de la construcción, 2013, pág. 137)

f) Absorción

Es la cantidad de agua absorbida por el agregado sumergido en el agua durante 24 horas. Se expresa como un porcentaje del peso del material seco (S), que es capaz de absorber, de modo que se encuentre el material saturado superficialmente seco (SSS). (Manual de la construcción, 2013, pág. 137)

Tabla 7: Tamaño de muestra.

Tamaño Máximo Nominal, mm (pulg.)	Masa mínima de ensayo, kg (lb)
12.5 (1/2) o menos	2 (4.4)
19.0 (3/4)	3 (6.6)
25.0 (1)	4 (8.8)
37.5 (1 ½)	5 (11)
50 (2)	8 (18)
63 (2 ½)	12 (26)
75 (3)	18 (40)
90 (3 ½)	25 (55)
100 (4)	40 (88)
125 (5)	75 (165)

Fuente: (NTP400.021, 2001)

Según la norma ASTM C127/NTP 400.021, peso específico y absorción del agregado grueso, establece:

$$\text{Peso específico bruto (SSS)} = \frac{B}{(B - C)}$$

Donde:

B = peso del agregado SSS en el aire, en g.

C = peso del agregado SSS en el agua, en g.

$$\text{Absorción, \%} = \frac{(B - A)}{A} \times 100$$

Dónde:

A = peso en el aire del agregado secado al horno, en g.

Según la norma ASTM C128/NTP 400.022, peso específico de la masa y absorción del agregado fino, establece:

$$\text{Peso específico de la masa SSS} = \frac{500}{B + 500 - C}$$
$$\text{Peso específico de la masa seca} = \frac{A}{B + 500 - C}$$

Donde:

A = peso de la muestra seca, en g.

B = peso del picnómetro lleno de agua, en g.

C = peso del picnómetro con el espécimen y agua, en g.

500 = peso del agregado fino sss, en g.

$$\text{Porcentaje de absorción, \%} = \frac{(500 - A)}{A} \times 100$$

Dónde: A = peso en el aire del material secado al horno, en g.

500 = peso del agregado fino sss, en g.

g) Contenido de humedad

Es la cantidad total de agua que un agregado tiene y se determina por la diferencia entre su peso (A) y su peso seco (B): (Rivva López, 1992, pág. 124)

Según la norma ASTM C566, sobre contenido total de humedad del agregado por medio de secado, establece:

$$w = \frac{(A - B)}{B} \times 100$$

Donde:

A = peso de la muestra húmeda original, g.

B = peso de la muestra seca, g.

h) Peso unitario

Se denomina peso volumétrico o peso unitario del agregado, ya sea suelto o compactado, el peso que alcanza un determinado volumen unitario. Este valor es requerido cuando se trata de agregados ligeros o pesados y en el caso de dosificarse el concreto por volumen. El peso unitario varía con el contenido de humedad. (Rivva López, 2000, pág. 152)

2.2.4. Diseño de mezclas

2.2.4.1. Generalidades

Dosificar una mezcla de concreto es determinar la combinación más práctica y económica de los agregados disponibles, cemento, agua, y en ciertos casos aditivos, con el fin de producir una mezcla con el grado requerido de manejabilidad, que al endurecer a la velocidad apropiada adquiera las características de resistencia y durabilidad necesarias para el tipo de construcción en que habrá de utilizarse. (Rivera López, pág. 170)

2.2.4.2. Consideraciones

Las proporciones de la mezcla de concreto, deben ser seleccionadas para proporcionar la manejabilidad, resistencia y durabilidad necesarias para el trabajo especificado que se está realizando. (Abanto Castillo, 1993, pág. 60)

2.2.4.3. Metodología del diseño de mezcla

Para la realización del diseño de mezcla y las proporciones del concreto se eligió el método del módulo de fineza de la combinación de los agregados.

Se ha creído conveniente utilizar el método del módulo de fineza de la combinación de agregados, ya que este método toma en cuenta tanto el módulo de fineza del agregado fino y del agregado grueso, para determinar la cantidad de dichos agregados en la mezcla de concreto. (Rivva López, 2013, pág. 161)

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS:

A. Agregado

Elementos inertes que son aglomerados por la pasta de cemento para formar una estructura resistente (Manual de la construcción, 2013, pág. 137).

B. Concreto

El concreto es una mezcla de cemento portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia (Abanto Castillo, 1993, pág. 11).

C. Dosificación

Dosificar una mezcla de concreto es determinar la combinación más práctica y económica de los agregados disponibles (Rivera López, pág. 170).

D. Exudación

Es el ascenso de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie como consecuencia de la sedimentación de los sólidos. Este fenómeno se presenta momentos después de que el concreto ha sido colocado en el encofrado. (Abanto Castillo, 1993, pág. 109)

E. Falso Fraguado

Fenómeno que se produce durante y después del mezclado y que se caracteriza con un espesamiento de la pasta o mortero sin desprendimiento apreciable de calor. Un mezclado prolongado restituye al material su plasticidad (Rivva López, 2000, pág. 125).

F. Tamaño máximo

Tamaño de la abertura del tamiz que deja pasar todo el agregado (Manual de la construcción, 2013, pág. 137).

G. Tamaño nominal máximo

Tamaño de la abertura del tamiz que produce el primer retenido del agregado (Manual de la construcción, 2013, pág. 137).

H. Trabajabilidad

Facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante estas operaciones. (Quiroz Crespo & Salamanca Osuna, 2006, pág. 110).

I. Resistencia a la Compresión

Máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Dado que el concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos a la compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de su calidad. (Rivva López, 2000, pág. 116).

J. Vacíos

Es el espacio entre partículas en una masa de agregado no ocupado por la materia sólida del mineral. (Sánchez Sabogal, 2005, pág. 3).

III. CAPÍTULO: MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación se realizó en el laboratorio de Ensayo de Materiales “Carlos Esparza Díaz” de la Facultad de Ingeniería, ubicado en el Edificio 1C de la Universidad Nacional de Cajamarca, (UNC), en la Avenida Atahualpa N° 1050 en el distrito, provincia y departamento de Cajamarca, Perú. Con coordenadas UTM: 9206975 N, 776618 E y una altitud de 2687 msnm.

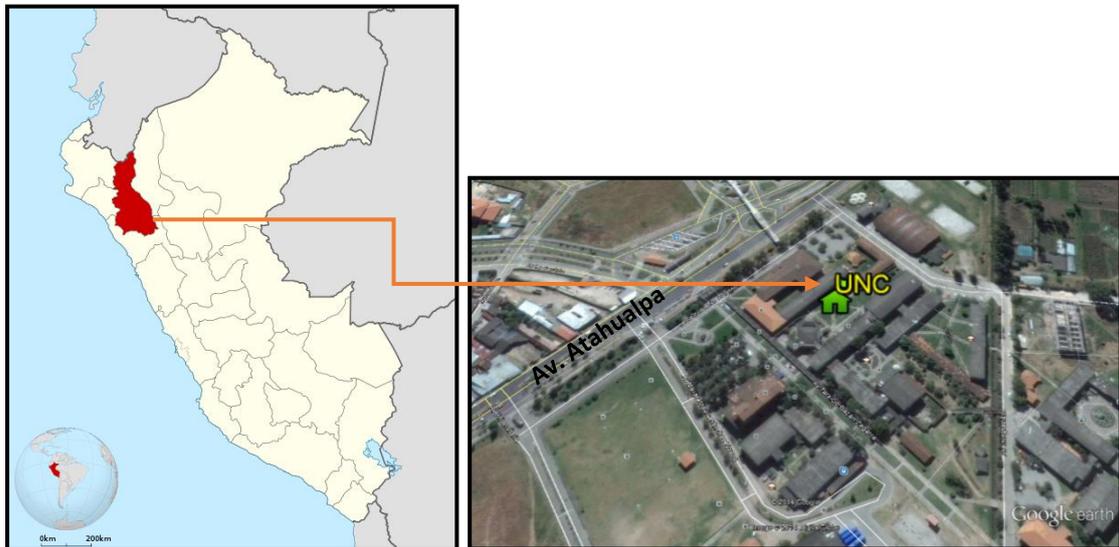


Figura 3:Ubicación geográfica del lugar donde se desarrolló la investigación.

Fuente: Google Earth (2018)

3.2. UBICACIÓN TEMPORAL DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio se desarrolló en el lapso comprendido entre los meses de noviembre del 2017 y abril de 2018.

3.3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.3.1. Ubicación de las canteras estudiadas.

Cantera “Otuzco”: El agregado fino y grueso fueron extraídos del río chonta, del sector Otuzco, a 10 km al noreste de la ciudad de Cajamarca en las Coordenadas UTM: 9211872N y 781476E.

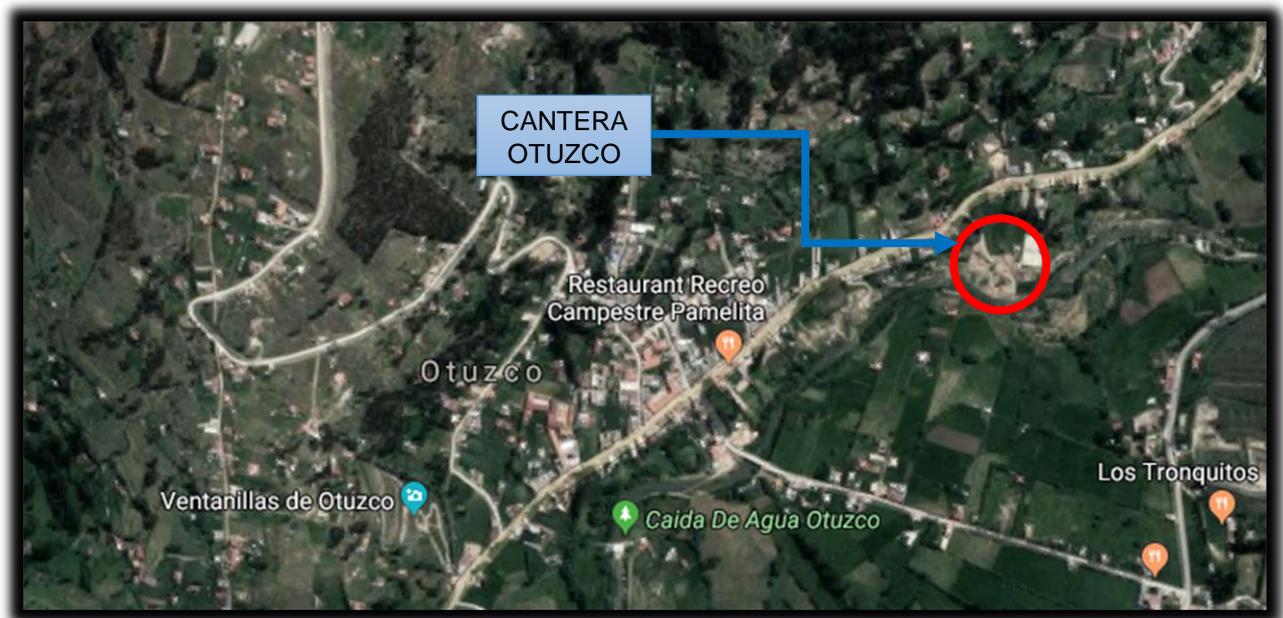


Figura 4: Ubicación geográfica de la cantera Otuzco.

Fuente: Google Earth (2018)

Cantera “La Victoria”: El agregado fino y grueso fueron extraídos del río Cajamarquino, para ser procesada en la planta de chancado “La Victoria”, ubicado en el km 6 al sureste de la ciudad de Cajamarca en las Coordenadas UTM: 9205018N y 779854E.

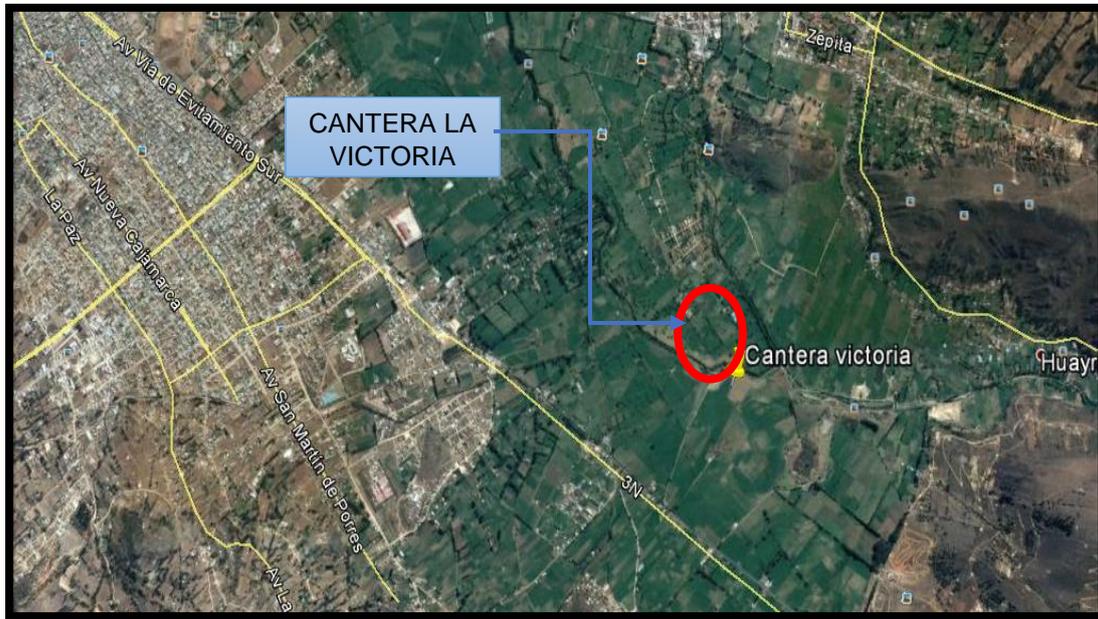


Figura 5: Ubicación geográfica de la cantera La Victoria.

Fuente: Google Earth (2018)

3.3.2. Obtención de muestras del agregado y traslado al laboratorio

Para la obtención de piedra chancada, canto rodado y del agregado fino de estudio se realizó los procedimientos descrito en la Norma ASTM D75 - “Practica Estándar para Muestreo de Agregados” en concordancia con la NTP 400.010 – 2011, donde describe que para la obtención de agregados almacenados en pilas se debe seguir los siguientes pasos:

- **Para el agregado grueso:** tomas la muestra en tres lugares de la parte superior, del punto medio y del fondo de la pila.
- **Para el agregado fino:** es necesario tomar la muestra que se encuentra bajo el material superficial, en tres lugares aleatorios.

3.3.3. Reducción de muestras de agregados a tamaño de ensayos

Las muestras de agregados fueron reducidas a tamaños adecuados para ser ensayadas utilizando para ello lo descrito en la Norma NTP 400.043 en concordancia con la Norma ASTM C 702.

3.3.4. Procedimientos para la determinación de las características de los componentes del concreto

DESCRIPCIÓN	NTP	ASTM
CEMENTOS		
▪ Especificación de norma para el cemento portland.....	334.009	C 150
AGREGADOS		
▪ Práctica de norma para el muestreo de agregados.....	400.010	D 75
▪ Práctica normalizada para la reducción de muestras de agregados para el tamaño de ensayo.....	400.043	C 702
▪ Método de ensayo para determinar el contenido de humedad evaporable total del agregado por secado.....	339.185	C 566
▪ Método de ensayo para el análisis granulométrico de los agregados fino y grueso.....	400.012	C 136
▪ Método de ensayo para determinar la densidad, densidad relativa (Gravedad específica) y la absorción de los agregados gruesos.....	400.021	C 127
▪ Método de ensayo para determinar la densidad, densidad relativa (Gravedad específica) y la absorción de los agregados finos.....	400.022	C 128
▪ Método de ensayo para determinar la resistencia a la abrasión y al impacto del agregado grueso de pequeño tamaño en la máquina de Los Ángeles....	400.019	C 131
▪ Método de ensayo para determinar, a través de lavado, los materiales más finos que el tamiz 75- μ m (No. 200) en agregados minerales.....	400.018	C 117
▪ Método de ensayo para determinar el peso volumétrico (Densidad Suelta, Peso Unitario, Masa Unitaria, Peso Específico) y vacíos en el agregado...	400.017	C 29

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Terminología de norma relacionada con el concreto y con los agregados para concreto..... ▪ Especificación de norma para agregados para concreto..... 	<p>400.011</p> <p>400.037</p>	<p>C 125</p> <p>C 33</p>
AGUA		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Agua para morteros y hormigones de cementos Portland. Requisitos..... ▪ Toma de muestras de agua para la preparación y curado de morteros y concretos de cemento Portland..... 	<p>339.088</p> <p>339.070</p>	<p>----</p> <p>----</p>
ADITIVOS		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Especificación de norma para aditivos químicos para concreto..... 	<p>339.086</p>	<p>C 494</p>
CONCRETO		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Método de ensayo para determinar la temperatura del concreto de cemento portland fresco..... ▪ Práctica normalizada para el uso de almohadillas no adherentes en la determinación de la resistencia a compresión de cilindros de concreto endurecido..... ▪ Práctica normalizada para el cabeceo de cilindros de concreto..... ▪ Método de ensayo para determinar la densidad (Peso unitario), rendimiento y contenido de aire (gravimétrico) del concreto..... ▪ Método de ensayo para determinar el revenimiento (asentamiento) del concreto de cemento portland..... ▪ Práctica normalizada para el muestreo del concreto fresco..... ▪ Práctica normalizada para la producción y el curado de especímenes de concreto en laboratorio..... ▪ Práctica normalizada para producción y curado de especímenes de ensayo de concreto en el campo..... ▪ Método de ensayo para determinar la resistencia a compresión de cilindros de concreto..... ▪ Método estándar de prueba para Módulo Estático de Elasticidad y la Proporción de Poisson de concreto en compresión..... 	<p>339.184</p> <p>339.216</p> <p>339.057</p> <p>339.046</p> <p>339.035</p> <p>339.036</p> <p>339.183</p> <p>339.033</p> <p>339.034</p> <p>----</p>	<p>C1064</p> <p>C1231</p> <p>C 617</p> <p>C 138</p> <p>C 143</p> <p>C 172</p> <p>C 192</p> <p>C 31</p> <p>C 39</p> <p>C 469</p>

▪ Especificación estándar para concreto premezclado.....	----	C 94
▪ Especificación estándar para moldes cilíndricos para preparación de concreto.....	----	C 470
▪ Práctica estándar para verificaciones de fuerza en máquinas de ensayo de compresión (calibración).....	----	E 4

3.3.5. Procedimiento para el Diseño de mezcla

Se realizó el diseño de mezclas por el método del módulo de fineza de la combinación de agregados, para un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, utilizando cemento Pacasmayo Tipo I, propiedades encontradas de los agregados de la cantera Otuzco y la cantera La Victoria y agua potable de la ciudad universitaria (UNC). En primer lugar, se realizó el diseño de mezcla, posteriormente se elaboró una mezcla para el ajuste de las proporciones. Teniendo las proporciones de la mezcla ya corregida se diseñó una mezcla patrón, asimismo se realizó mezclas para las combinaciones de agregados de las canteras Otuzco y La Victoria.

Los pasos para obtener el proporcionamiento de los componentes del concreto (Diseño) según el método antes mencionado es:

1. Selección de $f'c$ promedio ($f'cr, f'cp$)

$f'c$... Resistencia en compresión especificada del concreto, indicada en los planos y especificaciones de obra. Se expresa en kg/cm^2 .

$f'cr$... Resistencia en compresión promedio requerida, utilizada para la selección de las proporciones de los materiales que intervienen en la unidad cúbica de concreto. (Rivva López, 2013, pág. 15)

• Cálculo de la resistencia promedio:

Partiendo del hecho que siempre existe dispersión, aún cuando se tenga un control riguroso tipo laboratorio, debe tenerse en cuenta en la dosificación de una mezcla las diferentes dispersiones que se tendrán en obra según se tenga un control riguroso o no, y por tanto se recomienda diseñar para valores más altos de $f'c$ especificado. Se

puede considerar la resistencia promedio con que uno debe diseñar una mezcla, teniendo en cuenta lo siguiente: (Lezama Leiva, 1996, pág. 55)

Tabla 8: Resistencia promedio.

CONDICIÓN DE LA EJECUCIÓN EN OBRA	RELACIÓN APROXIMADA: f'_{cr} / f'_c
Exelentes.	1.15
Intermedias.	1.20 a 1.25
Corriente.	1.35 a 1.60

Fuente: (Lezama Leiva, 1996)

2. Selección del tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso

Según la Norma Técnica E 0.60 del RNE (pág. 17), el tamaño máximo nominal del agregado grueso no deberá ser mayor de:

- Un quinto de la menor dimensión entre las caras del encofrado, o
- Un tercio del peralte de la losa;
- Tres cuartos del menor espacio libre entre barras de refuerzo individuales o en paquetes o tendones o ductos de preesfuerzo.

Estas limitaciones pueden ser obviadas si, a criterio del inspector, la trabajabilidad y los procedimientos de compactación permiten colocar el concreto sin formación de vacíos o cangrejas. (Rivva López, 2013, pág. 74)

3. Selección del asentamiento

El asentamiento a emplearse en obra será aquel indicado en las especificaciones. Si no lo indica, se seguirá uno de los siguientes criterios:

- Se dosificará para una consistencia plástica, con un asentamiento entre 3" y 4" si la consolidación es por vibración; y de 5" o menos si la compactación es por varillado.
- Seleccionando el valor más conveniente de la siguiente tabla: (Rivva López, 2013, pág. 76)

Tabla 9: Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción.

Tipo de Construcción	Asentamiento	
	Máximo	Mínimo
• Zapatas y muros de cimentación armados.	3"	1"
• Cimentaciones simples, cajones y subestructuras de muros.	3"	1"
• Vigas y muros armados.		
• Columnas de edificios.	4"	1"
• Losas y pavimentos.	4"	1"
• Concreto ciclópeo.	3"	1"
	2"	1"

El asentamiento puede aumentarse en 1" si se emplea un método de consolidación diferente a la vibración (varillado o picado).

Fuente: (Rivva López, 2013)

Podrá aceptarse en obra una tolerancia hasta de 25 mm, sobre el valor seleccionado para una muestra individual, siempre que el promedio de 5 muestras consecutivas no exceda del límite indicado (Rivva López, 2013, pág. 76).

4. Selección del volumen unitario de agua

No presentándose generalmente el agregado en estado seco (tal como se toman para el diseño), la cantidad de agua seleccionada deberá posteriormente ser corregida en función de la humedad y absorción de los mismos. Igualmente, la temperatura ambiente, así como la humedad relativa, pueden influir en la cantidad de agua a ser empleada. (Rivva López, 2013, pág. 79)

El empleo de las siguiente Tabla permite seleccionar el volumen unitario de agua, para agregados al estado seco (Rivva López, 2013, pág. 79).

Tabla 10: Volumen unitario de agua.

Asentamiento	Agua, en lts/m ³ , para los TMN de agregado grueso y consistencia indicados.							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concretos sin aire incorporado.								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	203	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	...

- Esta Tabla ha sido confeccionada por el Comité 211 del ACI.
- Los valores de esta Tabla se emplearán en la determinación del factor cemento en mezclas preliminares de prueba. Son valores máximos y corresponden a agregado grueso de perfil angular y granulometría comprendida dentro de los límites de la Norma ASTM C 33.

Si el valor del TMN es mayor de 1 1/2", el asentamiento se determinará después de retirar, por cernido húmedo, las partículas mayores de 1 1/2".

Fuente: (Rivva López, 2013)

5. Selección del contenido de aire

Podemos distinguir entre aire atrapado o aire natural y aire incorporado. Se denomina aire total a la suma de los volúmenes de los dos anteriores (Rivva López, 2013, pág. 85).

Tabla 11: 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: (Rivva López, 2013)

6. Selección de la relación Agua/Cemento (a/c)

La relación a/c de diseño, que es el valor a ser seleccionado de las Tablas, se refiere a la cantidad de agua que interviene en la mezcla cuando el agregado está en condición de saturado superficialmente seco (SSS), es decir que no toma ni aporta agua. Mientras que la relación a/c afectiva se refiere a la cantidad de agua de la mezcla cuando se tiene en consideración la condición real de humedad del agregado. (Rivva López, 2013, pág. 91)

- **Selección de la relación a/c por resistencia:**

Tabla 12: Relación a/c por resistencia.

f'_{cr} (28 días)	Relación a/c 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	...

- Esta Tabla es una adaptación de la confeccionada por el Comité 211 del ACI.
- La resistencia corresponde a ensayos en probetas cilíndricas de estándar de 15 cm × 30 cm, preparadas y curadas de acuerdo a la norma ASTM C31.
- La relación a/c se basa en TMN comprendidos entre 3/4" y 1". La resistencia producida por una relación a/c dada deberá incrementarse conforme el TMN disminuye.

Fuente: (Rivva López, 2013)

- **Selección de la relación a/c por durabilidad:**

En aquellos casos que deba seleccionarse la relación a/c por resistencia y durabilidad, se utilizará en la selección de las proporciones el menor de los dos valores, aun cuando con ello se obtengan resistencias en compresión mayores que la resistencia promedio seleccionada. (Rivva López, 2013, pág. 99)

Cuando los agregados tengan alto contenido de cloruros, deberán ser lavados antes de su utilización (Rivva López, 2013, pág. 103).

Selección final y ajuste de la relación a/c:

- ✓ La relación a/c de diseño finalmente seleccionada deberá ser corregida a relación a/c efectiva teniendo en consideración la condición de humedad del agregado en obra.
- ✓ La relación a/c elegida será cuidadosamente controlada en obra, dentro de un límite de ± 0.02 .

7. Cálculo del contenido de cemento

$$\text{Factor cemento (en kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Agua de mezclado(kg/m}^3\text{)}}{\text{Relación } \frac{a}{c} \text{ (para } f'_{cp}\text{)}}$$

(Rivva López, 2013, pág. 109)

8. Selección del agregado por el método del módulo de fineza de la combinación de agregados.

La selección de las proporciones de los agregados fino y grueso tiene por finalidad obtener una mezcla en la que, con un mínimo contenido de pasta, se puedan obtener las propiedades deseadas en el concreto (Rivva López, 2013, pág. 111).

Si llamamos módulo de fineza de la combinación de agregados a m_c , módulo de fineza del A. Fino a m_f y módulo de fineza del A. grueso a m_g , tenemos:

$$m_c = r_f m_f + r_g m_g$$

Para:

$$r_f = \frac{\text{Volumen absoluto del A. fino}}{\text{Vol. absoluto de los agregados}}$$

$$r_g = \frac{\text{Volumen absoluto del A. grueso}}{\text{Vol. absoluto de los agregados}}$$

$$\text{Y: } r_f + r_g = 1$$

Donde:

$$\text{Vol. Abs. A. fino} = \frac{\text{Peso seco del A. fino}}{\text{Peso específico de masa del A. fino}}$$

$$\text{Vol. Abs. A. grueso} = \frac{\text{Peso seco del A. grueso}}{\text{Peso específico de masa del A. grueso}}$$

Nota: Si se conoce m_f , m_g , m_c ; entonces: (Rivva López, 2013, pág. 118)

$$r_f = \frac{m_g - m_c}{m_g - m_f}$$

Tabla 13: Módulo de fineza de la combinación de agregados.

Tamaño máximo de agregado grueso	Módulo de fineza de la combinación de agregados (m_c) que da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en sacos/metro cúbico indicados.				
	5	6	7	8	9
3/8"	3.88	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.38	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.88	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.18	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.48	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.78	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.08	6.16	6.24	6.31	6.39

* Los valores de la Tabla están referidos a agregado grueso de perfil angular y adecuadamente graduado, con un contenido de vacíos del orden del 35%. Los valores indicados deben incrementarse o disminuirse en 0.1 por cada 5% de disminución o incremento en el porcentaje de vacíos.

** Los valores de la Tabla pueden dar mezclas ligeramente sobrearenosas para pavimentos o estructuras ciclópeas. Para condiciones de colocación favorables pueden ser incrementados en 0.2.

Fuente: (Rivva López, 2013)

9. Ajustes por humedad del agregado

El agua de mezclado incorporada a la mezcladora deberá ser algebraicamente reducida en un volumen igual a la humedad superficial o humedad libre aportada por los agregados. La condición seca, es una condición teórica para la cual se calcula los contenidos de agregados fino y grueso antes de corregir la mezcla por humedad del agregado. (Rivva López, 2013, pág. 125)

$$✓ \text{ Aporte de agua} = \left[\frac{\text{Humedad Superficial}}{(\text{expresada en decimal})} \right] \times \text{peso seco}$$

$$✓ \text{ Aporte de agua} = \frac{\% w - \% a}{100} \times S$$

$$✓ \text{ Peso del agregado grueso húmedo (kg)} = \left[\frac{\text{Peso del agregado}}{\text{grueso seco (kg)}} \right] \times W_g \%$$

$$✓ \text{ Peso del agregado fino húmedo (kg)} = \left[\frac{\text{Peso del agregado}}{\text{fino seco (kg)}} \right] \times W_f \%$$

$$✓ \text{ Agua en agregado grueso} = \left[\frac{\text{Peso del agregado}}{\text{grueso seco (kg)}} \right] \times (W_g \% - a_g \%) = X \text{ (kg)}$$

$$✓ \text{ Agua en agregado fino} = \left[\frac{\text{Peso del agregado}}{\text{fino seco (kg)}} \right] \times (W_f \% - a_f \%) = Y \text{ (kg)}$$

$$✓ \text{ Agua neta o efectiva} = \text{Agua de diseño (kg)} - (X + Y). \text{ (Rivva López, 2013, pág. 126)}$$

10. Selección de las proporciones del concreto

La estimación de las cantidades de materiales requeridas para preparar una unidad cubica de concreto implica una secuencia cuyo cumplimiento permite, en función de las características de los materiales, preparar la mezcla adecuada para el trabajo que se va a efectuar. (Rivva López, 2013, pág. 132)

11. Conversiones y rendimientos

✓ Conversión de dosificaciones en peso a volumen

- a) Se parte de la dosificación en peso, ya corregida por humedad del agregado (valores de obra).
- b) Conocer el contenido de humedad y el peso suelto seco de los agregados.
- c) Determinación de la cantidad de materiales por tanda, a partir de la dosificación en peso, en base a un saco de cemento; multiplicando la dosificación por 42.5.
- d) Determinamos los pesos unitarios húmedos, multiplicando el peso unitario suelto seco por el contenido de humedad del mismo.
- e) Determinar el peso por pie^3 del agregado, sabiendo que $1 \text{ m}^3 \approx 35 \text{ pie}^3$, dividiendo el peso unitario suelto húmedo entre 35.

Para pasar a dosificación en volumen de obra, bastará dividir los pesos de cada uno de los materiales en la tanda de un saco entre los pesos por pie^3 , para obtener el número de pie^3 necesarios para preparar una tanda de un saco. (Rivva López, 2013, pág. 210)

✓ Conversión de dosificaciones en volumen a peso

- a) Se parte de la dosificación en volumen, ya corregida por humedad del agregado (valores de obra).
- b) Conocer el contenido de humedad y el peso suelto seco de los agregados.
- c) Determinamos los pesos unitarios húmedos, multiplicando el peso unitario suelto seco por el contenido de humedad del mismo.
- d) Determinar el peso por pie^3 del agregado, sabiendo que $1 \text{ m}^3 \approx 35 \text{ pie}^3$, dividiendo el peso unitario suelto húmedo entre 35.
- e) Determinación de la cantidad de materiales por tanda, a partir de la dosificación en volumen, en base a un saco de cemento; multiplicando la dosificación por los pesos por pie^3 de los materiales.

Para pasar a dosificación en peso equivalente de obra, bastará dividir los pesos de cada uno de los materiales en la tanda de un saco entre 42.5 (peso de un saco de cemento). (Rivva López, 2013, pág. 212)

12. Ajuste de proporciones

Finalizando el diseño de una mezcla de concreto, las proporciones calculadas para una unidad de cubica de concreto deberán ser comprobadas por medio de mezclas de prueba preparadas en el laboratorio y ensayadas de acuerdo a los requerimientos de la Norma ASTM C192 o por medio de tandas preparadas bajo condiciones de obra. (Rivva López, 2013, pág. 237)

Procedimiento:

a. Tanda de ensayo

Se prepara una tanda de ensayo en laboratorio. En la cual se verificará y obtendrá las condiciones anteriores, siendo necesario corregir algunas cantidades en los materiales, por ejemplo, aumentar el agua (agua añadida).

b. Peso de la tanda (kg)

La tanda, para un volumen determinado de concreto y con la corrección en el agua efectuada, consistirá en la sumatoria de los pesos de los materiales (cemento, agregados húmedos, más agua añadida) para el volumen determinado de la tanda que se dan al multiplicar los pesos por m³ de obra por el volumen determinado.

c. Rendimiento de la tanda de ensayo

$$\text{Rendimiento de tanda de ensayo} = \frac{\text{Peso de la tanda}}{PU_{\text{concreto}}}$$

d. Agua de mezclado por tanda (lt/td)

Se debe determinar la nueva cantidad de agua de mezclado por tanda; sumando al agua añadida en la tanda anterior (agua adicional) el aporte de humedad de los agregados (peso de diseño del agregado por el volumen determinado de concreto por la humedad superficial del mismo).

e. Agua de mezclado requerida (lt/m³)

$$\text{Agua de mezclado requerida} = \frac{\text{Agua de mezclado por tanda}}{\text{Rendimiento de tanda de ensayo}}$$

f. Corrección en el agua de mezclado (lt/m³)

En este caso, la cantidad de agua de mezclado requerida por m³ de concreto (nueva agua de mezclado) deberá ser incrementada en 2 litros por cada incremento de 1 cm, hasta obtener el asentamiento deseado.

g. Nuevo contenido de cemento (kg/m³)

$$\text{Nuevo contenido de cemento} = \frac{\text{Nueva agua de mezclado}}{\text{Relación a/c de diseño}}$$

h. Contenido de agregado grueso (kg/m³)

Estará en función de la trabajabilidad, si esta es satisfactoria la cantidad de agregado grueso por m³ de concreto deberá mantenerse igual que en las mezclas de prueba. Por lo tanto:

$$AG \text{ húmedo} = \frac{\text{Peso en tanda}}{\text{Rendimiento de tanda de ensayo}}$$

$$AG \text{ seco} = \frac{AG \text{ húmedo}}{\left(1 + \frac{\text{Contenido de humedad}}{100}\right)}$$

Si se diera el caso en que el concreto fuera encontrado sobrearenoso, la cantidad de agregado grueso por unidad de volumen deberá ser incrementada en 10%; o viceversa.

i. Contenido de agregado fino, por el método de los pesos (kg/m³)

Con el nuevo peso unitario del concreto fresco medido en laboratorio (P.U. concreto). El peso de AF requiere conocer primero el contenido de agregado grueso en el estado de SSS:

$$AG_{SSS} = AG \text{ seco} \times \left(1 + \frac{\text{Absorción}}{100}\right)$$

Luego:

$$AF_{SSS} = PU_{concreto} - (\text{Nuevo cemento} + \text{Agua corregida} + AG_{SSS})$$

$$AF \text{ seco} = \frac{AF_{SSS}}{\left(1 + \frac{\text{Absorción}}{100}\right)}$$

j. Contenido de agregado fino, por el método de volúmenes absolutos (kg/m³)

En primer lugar, se calcula el volumen absoluto de los diversos materiales integrantes de la mezcla, sin considerar el aire, y se suman (suma de volúmenes absolutos):

$$\text{Cemento} = \frac{\text{Peso en tanda}}{\text{Peso específico}} \times 1000$$

$$\text{Agua} = \frac{\text{Agua de mezclado por tanda}}{\text{Peso específico}} \times 1000$$

$$AF \text{ seco} = \frac{(\text{Peso de diseño original} \times \text{Volumen determinado})}{\text{Peso específico}} \times 1000$$

$$AG \text{ seco} = \frac{(\text{Peso de diseño original} \times \text{Volumen determinado})}{\text{Peso específico}} \times 1000$$

Luego:

$$\text{Aire atrapado} = \text{Rend. de tanda de ensayo} - \text{Suma de volúmenes abs.}$$

Dicho procedimiento para la determinación del contenido de aire, está establecido por la norma ASTM C138 (Método gravimétrico).

Establecidas ya las proporciones ajustadas o corregidas de todos los componentes de la unidad cúbica de concreto, excepto el agregado fino (AF); tenemos:

$$\text{Vol. abs. AF seco} = 1 - \left[\sum \text{Vol. abs. (cem, agua, aire, AGseco)} \right]$$

$$AF \text{ seco} = \text{Vol. abs. AF seco} \times \text{Peso específico} \times 1000$$

k. Nuevos pesos secos de la tanda para 1 m³ de concreto

De acuerdo a los ajustes efectuados, dichos valores deberán ser corregidos por condición de humedad de agregado a fin de obtener los nuevos valores de obra.

3.3.6. Procedimiento para la elaboración de especímenes

3.3.6.1. Materiales

- Moldes cilíndricos de 152.5mm ± 2.5mm de diámetro por 305 mm ± 6 mm de altura (6"x12")
- Base de molde, maquinada
- Barra compactadora de acero liso, de 16mm (5/8) de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud, la barra será terminada en forma de semiesfera.
- Cuchara para el muestreo y plancha de albañil.
- Aceite.
- Los moldes deben ser de material impermeable, no absorbente y no reactivo con el cemento. (Asociación de productores de cemento, 2013, pág. 4)

3.3.6.2. Elaboración de los especímenes

Para hacer especímenes cilíndricos de 15 cm × 30 cm de acuerdo con la Norma ASTM C192/NTP 339.183 (en el laboratorio), el concreto debe ser muestreado tal como se describe en ASTM C172. El moldeo de los especímenes se debe comenzar en los primeros 15 minutos después de que la muestra ha sido compuesta, de la siguiente manera: (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 1999, pág. 190)

1. Llene el molde uniformemente en aproximadamente tres capas iguales con un cucharón o una cuchara (dos capas si se va a vibrar).
2. Varille cada capa 25 veces (los concretos con revenimiento de 2.5 cm o menos deben ser vibrados). Golpee ligeramente los lados después de cada varillado para cerrar los vacíos dejados por la varilla, y enrace la parte superior con una varilla o con una llana metálica o de madera.
3. Cubra el molde con vidrio, una placa metálica, una película de polietileno, o con una arpillera mojada, para evitar la rápida evaporación. Evite el contacto de los moldes de los cilindros hechos con cartón revestido con la arpillera mojada.

Todos los moldes se llenarán uniformemente, es decir, se colocará y compactará la primera capa en todos ellos, después la segunda capa en todos, etc. La tercera capa contendrá un exceso de concreto. (Aragón Masís & Solano Jiménez, 2006, pág. 31)

3.3.6.3. Resistencia a la compresión de los especímenes

Para el ensayo de compresión deben sumergirse en agua los cilindros por 24±4 horas inmediatamente antes de la rotura para asegurar una condición uniforme de humedad; o deben ensayarse tan pronto como sea posible, en estado húmedo; se llevan a la máquina de ensayo y se aplica carga a una velocidad constante (1.4 a 3.5 kg/cm²/s) hasta que el cilindro falle. (Rivera López, pág. 130)

La resistencia a la compresión se calcula así: (Rivera López, pág. 131)

$$RC = \frac{P}{A}$$

Donde:

P = Carga máxima aplicada en kg.

A = Área de la sección transversal en cm².

RC= Resistencia a la compresión del cilindro en kg/cm², con aproximación a 1 kg/cm².

$$10 \text{ kg/cm}^2 \approx 1 \text{ MPa}$$

Una práctica usual consiste en hacer una optimización preliminar antes de que las probetas de control tengan 28 días de edad (normalmente a 7 días), ya que es muy frecuente el tener la necesidad de contar con diseños aprobados a la brevedad. (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 210)

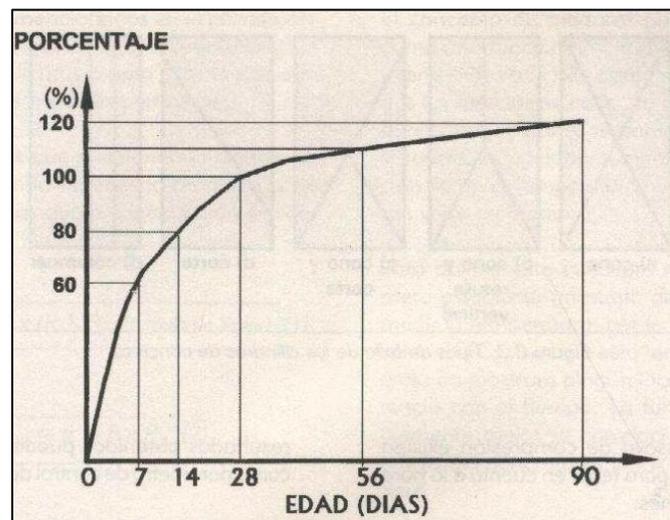


Figura 6: Curva de resistencia a la compresión en función del tiempo.

Fuente: (Sánchez de Guzmán, 1997)

Tabla 14: Tolerancia permisible para tiempo de ensayo.

Edad de prueba	Tiempo de ensayo
24 h	± 0.5 h o 2.1%
3 días	2 h o 2.8%
7 días	6 h o 3.6%
28 días	20 h o 3.0%
90 días	2 días o 2.2%

Fuente: (ASTM.C.39, 2003)

Tipos de falla (fractura) presentados en los ensayos a compresión

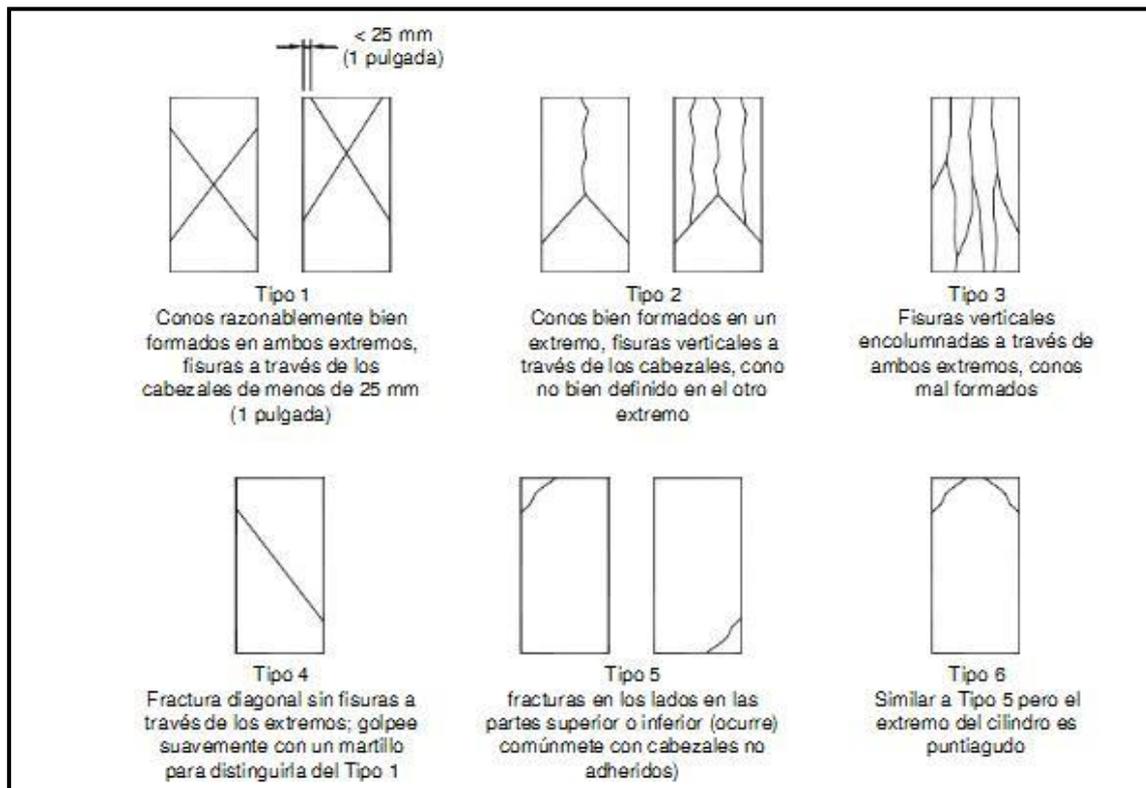


Figura 7: Tipos de falla de los cilindros de concreto.

Fuente: (Sánchez de Guzmán, 1997)

3.4. POBLACIÓN DE INVESTIGACIÓN

Todas las mezclas de concreto de $f'c=210\text{kg/cm}^2$, elaboradas con y sin la combinación de agregados.

3.5. MUESTRA DE INVESTIGACIÓN

Se considera como muestra a las probetas de ensayo.

Muestras de concreto a ensayar para un $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$				
Ensayo	7 días	14 días	28 días	Total
Mezcla Patrón con Agregados de la cantera Otuzco (arena y canto rodado)	10 testigos	10 testigos	10 testigos	30 testigos para un $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$
Mezcla Patrón con Agregados de la cantera La Victoria (arena y piedra chancada)	10 testigos	10 testigos	10 testigos	30 testigos para un $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$
Diseño 1 con proporción 40% / 60% (Agregados cantera Otuzco/Agregados cantera La Victoria)	10 testigos	10 testigos	10 testigos	30 testigos para un $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$
Diseño 2 con proporción 50% / 50% (Agregados cantera Otuzco/Agregados cantera La Victoria)	10 testigos	10 testigos	10 testigos	30 testigos para un $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$
Diseño 3 con proporción 60% / 40% (Agregados cantera Otuzco/Agregados cantera La Victoria)	10 testigos	10 testigos	10 testigos	30 testigos para un $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$
Total	50 testigos a ensayar para 7 días	50 testigos a ensayar para 14 días	50 testigos a ensayar para 28 días	150 testigos para un $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$

3.6. UNIDAD DE ANÁLISIS

Espécimen (probeta) de concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, con la combinación de agregados.

3.7. UNIDAD DE OBSERVACIÓN

Resistencia a la compresión de cada Espécimen de concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, con la combinación de agregados.

3.8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El análisis de datos se realizó interpretando los gráficos, cuadros y tablas obtenidas luego de procesar los datos obtenidos en el Laboratorio de Ensayos de Materiales.

Los resultados de este estudio se representaron haciendo uso de tablas, gráficos y cuadros; los cuales fueron interpretados en función de los objetivos e hipótesis planteada. Para lo cual se empleó el uso de Microsoft office Excel 2016 con el que se obtuvo resultados de estos métodos y gráficos representativos.

IV. CAPÍTULO. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

4.1. RESULTADO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS.

Tabla 15: Características físicas y mecánicas del agregado fino “cantera Otuzco”.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
FORMA	SUB-ANGULAR
TEXTURA	ÁSPERA
MÓDULO DE FINURA	2.83
SUPERFICIE ESPECÍFICA (cm ² /gr)	36.01
TAMAÑO MÁXIMO (")	-
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL (")	-
PESO ESPECÍFICO (g/cm ³)	2.59
% HUMEDAD	6.38
% ABSORCIÓN	1.01
% MATERIAL < # 200 (× LAVADO)	4.26
% ABRASIÓN	-
OTROS:	
COEF. DE UNIFORMIDAD (Cu) :	5.83
COEF. DE CURVATURA (Cc) :	0.84
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m ³) :	1555
PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m ³) :	1723

Interpretación: En los resultados de la tabla N° 15, se aprecia que el módulo de finura del agregado ensayado es de 2.83, valor permisible por la Norma NTP 400.012 (2.3 a 3.1); respecto al material que pasa la malla N° 200, cumple el parámetro permisible según Norma NTP 400.018, máximo 7% para agregado fino chancado; el coeficiente de uniformidad (Cu) = 5.83 y el coeficiente de curvatura (Cc) = 0.84, para agregado fino debe cumplir que: $Cu < 6$ y $1 < Cc < 3$, estos valores no cumplen con lo especificado indicando que el agregado ensayado es un agregado que no está bien gradado. se observa también que la superficie específica es de 36.01 cuyo valor es alto, esto indica una mayor área superficial a ser cubierta por la pasta y mayor agua de mezclado. Por lo tanto, el agregado ensayado es un agregado apto para diseño de un concreto.

Tabla 16: Características físicas y mecánicas de la canto rodado “cantera Otuzco”.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
FORMA	REDONDEADA
TEXTURA	LISA
MÓDULO DE FINEZA	6.82
SUPERFICIE ESPECÍFICA (cm ² /gr)	1.98
TAMAÑO MÁXIMO (")	3/4"
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL (")	1/2"
PESO ESPECÍFICO (g/cm ³)	2.61
% HUMEDAD	1.02
% ABSORCIÓN	0.97
% MATERIAL < # 200 (× LAVADO)	0.21
% ABRASIÓN	33.21
OTROS:	
COEF. DE UNIFORMIDAD (Cu) :	1.457
COEF. DE CURVATURA (Cc) :	0.917
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m ³) :	1349
PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m ³) :	1520

Interpretación: En los resultados de la tabla N° 16, respecto al material que pasa la malla N° 200, cumple el parámetro permisible según Norma NTP 400.018, máximo 1% para agregado grueso; según Norma NTP 400.019 la resistencia a la abrasión del agregado grueso para concreto es de 50% de desgaste, valor mayor a 33.2%, indicando que el agregado ensayado es resistente al desgaste, además se aprecia que el agregado ensayado tiene una forma redondeada y textura lisa, cuyas características indican que facilitarían la trabajabilidad del concreto. Por lo tanto, el agregado ensayado es un agregado apto para diseño de un concreto.

Tabla 17: Características físicas y mecánicas del agregado fino “cantera La Victoria”.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
FORMA	SUB-ANGULAR
TEXTURA	ÁSPERA
MÓDULO DE FINEZA	2.73
SUPERFICIE ESPECÍFICA (cm ² /gr)	35.66
TAMAÑO MÁXIMO (")	-
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL (")	-
PESO ESPECÍFICO (g/cm ³)	2.60
% HUMEDAD	2.26
% ABSORCIÓN	1.05
% MATERIAL < # 200 (× LAVADO)	3.41
% ABRASIÓN	-
OTROS:	
COEF. DE UNIFORMIDAD (Cu) :	4.613
COEF. DE CURVATURA (Cc) :	1.245
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m ³) :	1557
PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m ³) :	1748

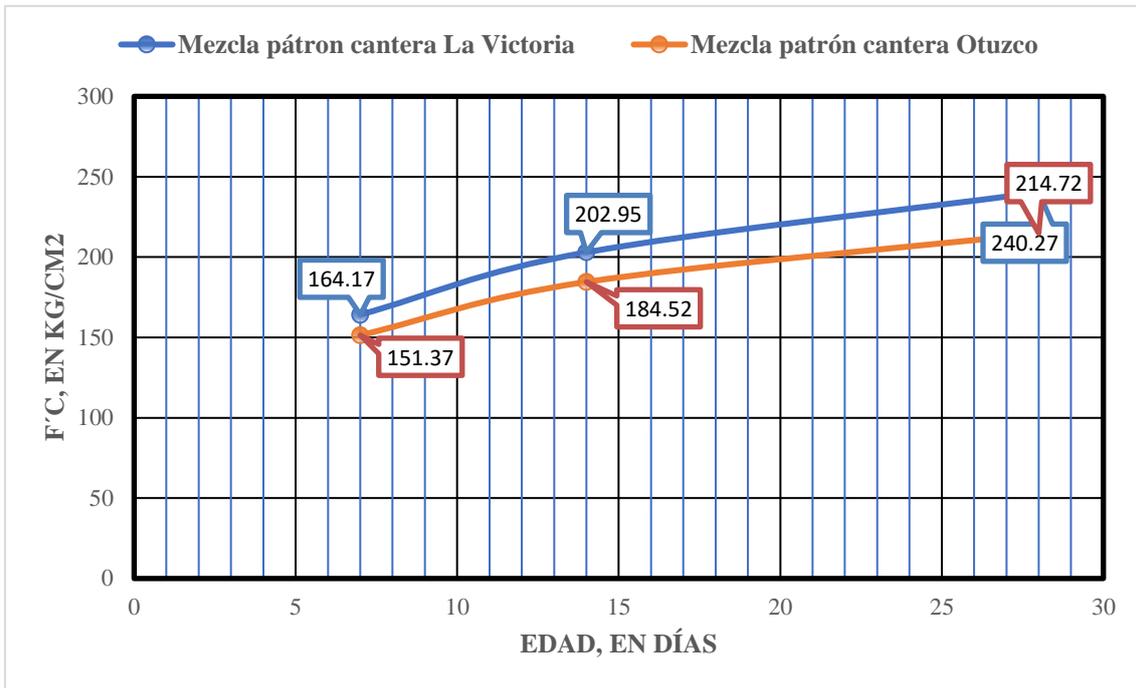
Interpretación: En los resultados de la tabla N° 17, se aprecia que el módulo de finura del agregado ensayado es de 2.73, valor permisible por la Norma NTP 400.012 (2.3 a 3.1); respecto al material que pasa la malla N° 200, cumple el parámetro permisible según Norma NTP 400.018, máximo 7% para agregado fino chancado; el coeficiente de uniformidad (Cu) = 4.613 y el coeficiente de curvatura (Cc) = 1.245, para agregado fino debe cumplir que: $Cu < 6$ y $1 < Cc < 3$, estos valores no cumplen con lo especificado indicando que el agregado ensayado es un agregado que no está bien gradado. se observa también que la superficie específica es de 35.66 cuyo valor es alto, esto indica una mayor área superficial a ser cubierta por la pasta y mayor agua de mezclado. Por lo tanto, el agregado ensayado es un agregado apto para diseño de un concreto.

Tabla 18: Características físicas y mecánicas de la piedra chancada “cantera La Victoria”.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
FORMA	ANGULAR
TEXTURA	RUGOSA
MÓDULO DE FINEZA	6.98
SUPERFICIE ESPECÍFICA (cm ² /gr)	1.78
TAMAÑO MÁXIMO (")	3/4"
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL (")	1/2"
PESO ESPECÍFICO (g/cm ³)	2.62
% HUMEDAD	0.33
% ABSORCIÓN	1.04
% MATERIAL < # 200 (× LAVADO)	0.53
% ABRASIÓN	28.72
OTROS:	
COEF. DE UNIFORMIDAD (Cu) :	1.668
COEF. DE CURVATURA (Cc) :	0.967
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m ³) :	1327
PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m ³) :	1523

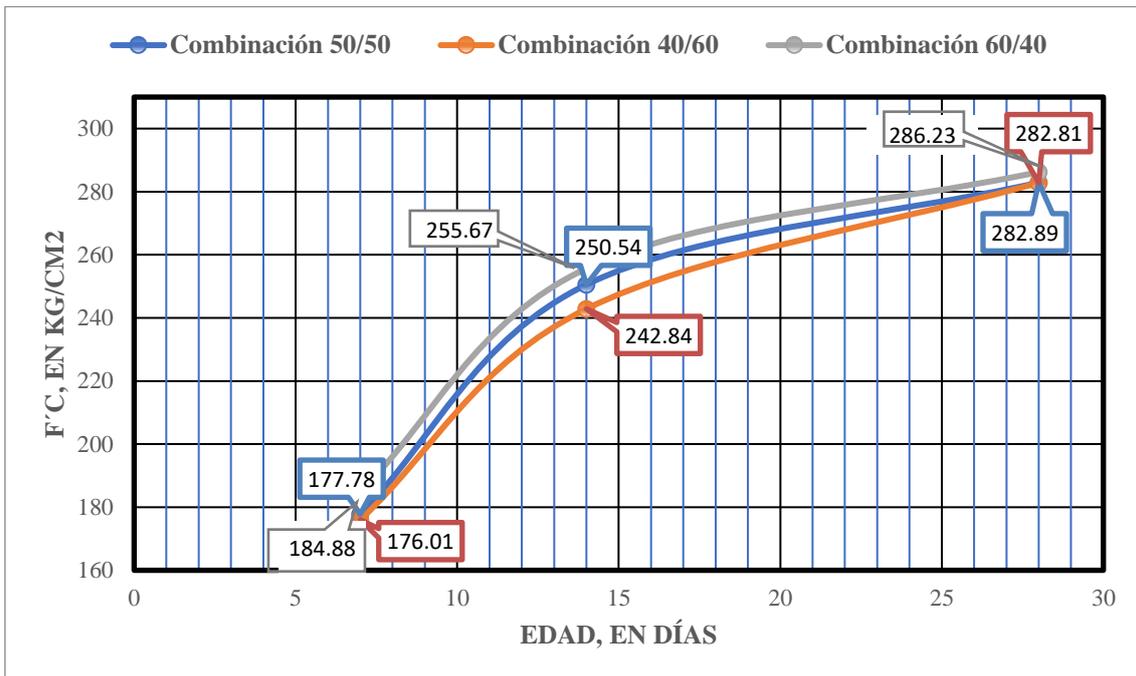
Interpretación: En los resultados de la tabla N° 18, respecto al material que pasa la malla N° 200, cumple el parámetro permisible según Norma NTP 400.018, máximo 1% para agregado grueso; según Norma NTP 400.019 la resistencia a la abrasión del agregado grueso para concreto es de 50% de desgaste, valor mayor a 28.72%, indicando que el agregado ensayado es resistente al desgaste, además se aprecia que el agregado ensayado tiene una forma angular y textura rugosa, cuyas características indican que facilitarían la adherencia con la pasta del concreto. Por lo tanto, el agregado ensayado es un agregado apto para diseño de un concreto.

Gráfico N° 1: Curva: Resistencia a la compresión vs. Edad del concreto elaborado con agregados de la cantera Otuzco y la cantera La Victoria.



Discusión: En los resultados del gráfico N° 1, respecto al concreto elaborado con agregados de la cantera La Victoria (arena y piedra chancada)), desarrolla una mayor resistencia a la compresión que el concreto elaborado con agregados de la cantera Otuzco (arena y canto rodado) a los 7 días en 12.80kg/cm², a los 14 días en 18.43 kg/cm² y 28 días de edad en 25.55kg/cm². finalmente, el concreto elaborado con arena y piedra chancada (agregados de la cantera La Victoria) da una mayor resistencia a la compresión del concreto.

Gráfico N° 2: Curva: Resistencia a la compresión vs. Edad, del concreto elaborado con la combinación de agregados de la cantera Otuzco y la cantera La Victoria.



Discusión: En los resultados del gráfico N° 2, la mayor resistencia a la compresión del concreto a los 28 días, elaborado con combinación de agregados de la cantera Otuzco (arena y canto rodado) y la cantera La Victoria (arena y piedra chancada) es la combinación 60/40 respectivamente, siendo esta 286.23 kg/cm².

4.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Hipótesis general

“La combinación de agregados con mayor porcentaje de piedra chancada que canto rodado, aumenta la resistencia a la compresión del concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en un 15 %”.

La combinación de agregados que da una mayor resistencia del concreto, se obtiene utilizando el 60% de agregado de la cantera Otuzco (arena y canto rodado) y 40% de agregado de la cantera la Victoria (arena y piedra chancada) en un 13.58%.

Esto es debido a que al combinar canto rodado con piedra chancada se mejora la gradación del agregado, dando mayor trabajabilidad y adherencia del agregado combinado a la pasta del concreto.

V. CAPÍTULO. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- ✓ Se determinó que la combinación de agregados que da una mayor resistencia a la compresión del concreto, se obtiene utilizando el 60% de agregado de la cantera Otuzco y 40% de agregado de la cantera Victoria, para un concreto de $f'c = 210\text{kg/m}^2$, aumentando su $f'c$ en 13.56% a los 28 días.
- ✓ Los agregados de las canteras Otuzco y la Victoria son aptos para elaborar concretos debido a que el contenido de finos que pasan la malla N° 200 de la cantera Otuzco es de 0.21% y de la cantera la Victoria es de 0.45%, ambos valores menores al 5% que establece la norma NTP 400.037, además los valores del módulo de finura del agregado fino de ambas canteras están comprendidos entre los valores establecidos por la norma NTP 334.04 y la resistencia a la abrasión del canto rodado de 33.21% y de la piedra chancada de 28.72%, valores menores al límite del 50% que establece las normas NTP 400.019 y NTP 400.020.
- ✓ La resistencia a la compresión del concreto elaborado con agregados de la cantera Otuzco es menor que el concreto elaborado con agregados de la cantera la Victoria en 10.63% a los 28 días, 9.08% a los 14 días y 7.79% a los 7 días. Esto es debido al perfil angular que tiene el agregado grueso de la cantera la Victoria (piedra chancada), aportando mayor adherencia del agregado con la pasta del concreto.
- ✓ El agregado combinado es apto para la elaboración de concreto, debido a que las características físicas y mecánicas son acorde a la norma NTP 400.037 en concordancia con la norma ASTM C33.
- ✓ La mayor resistencia a la compresión del concreto elaborado con la combinación de agregados, es la combinación con mayor cantidad de canto rodado que piedra chancada. Esto es debido a que el canto rodado mejora la mayor trabajabilidad y adherencia del agregado combinado a la pasta del concreto.

5.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar futuras investigaciones utilizando la combinación de agregados gruesos de perfil angular y perfil redondeado en proporciones 70% / 30%, 80% / 20% y 90% / 10% a fin de determinar su influencia en la resistencia a la compresión del concreto.
- ✓ Realizar futuras investigaciones haciendo un análisis de costos unitarios completo comparando la elaboración de un concreto con piedra chancada, canto rodado y con la combinación de estos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ✓ Abanto, F. 1993. Tecnología del Concreto (Teoría y Problemas). Lima: San Marcos.
- ✓ Aragón, S. & Solano, J. 2006. Manual de consejos prácticos sobre el concreto. San José, Costa Rica: ICCYC.
- ✓ Asociación de productores de cemento. 2013. Lima.
- ✓ ASTM C-39. 2003. CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a compresión de cilindros del concreto.
- ✓ Brito Camacho, O. 2013. Estudio de la combinación de los agregados de las Canteras el Gavilán y Otuzco en la elaboración de un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$. Tesis Ing. Civil. Cajamarca, UNC. 124 p.
- ✓ Burgos Ascoy, DM. 2019. Estudio comparativo de la resistencia de compresión y durabilidad del concreto usando agregado grueso de perfil redondeado y agregado grueso de perfil angular. Tesis Ing. Agr. Trujillo, UNT. 86 p.
- ✓ Fasando Perez, JE. & Guzman Tomaguillo, BF. 2006. Diseño de concretos 175kg/cm^2 , 210kg/cm^2 y 280kg/cm^2 con agregado grueso de Bolonería del Río Huallaga y agregado fino del Río Parapapura. Tesis Ing. Civil. San Martín, UNSM. 133 p.

- ✓ Gonzales García, JL. 2003. Las mezclas de concretos y sus resultados en la ciudad de Tarapoto utilizando el método global y módulo de finura. Tesis Ing. Civil. Lima, UNI. 388 p.
- ✓ Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. 1999. Manual para supervisar obras de concreto ACI311. México: IMCYC.
- ✓ Laredo Gomez, RR & Zavaleta Espinoza, JH. 2016. Resistencia a la compresión y el asentamiento de un concreto modificado cuando se reemplaza el contenido de agregado fino y agregado grueso por hormigón de la cantera san Antonio. Tesis Ing. de Materiales. Trujillo, UNT. 100 p.
- ✓ Lezama, JL. 1996. Tecnología del concreto. Cajamarca.
- ✓ Manual de la construcción. 2013. Lima.
- ✓ NTP 400.012. 2001. AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado. Lima.
- ✓ NTP 400.021. 2001. AGREGADOS. Método de ensayo para determinar densidad, gravedad específica y absorción de los agregados gruesos. Lima.
- ✓ Pasquel, E. 1998. Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú. Lima: CIP.
- ✓ Quiroz, MV. & Salamanca, LE. 2006. Apoyo Didáctico para la Enseñanza y Aprendizaje en la Asignatura de "Tecnología del Hormigón". Cochabamba, Bolivia: UMSS.
- ✓ Rivera, GA. s.f. Concreto Simple. Universidad del Cauca, Colombia.
- ✓ Rivva, E. 1992. Tecnología del Concreto: Diseño de Mezclas. Lima: UNI.
- ✓ Rivva, E. 2000. Naturaleza y Materiales del Concreto. Lima: ACI.
- ✓ Rivva, E. 2013. Tecnología del concreto: Diseño de Mezclas. Lima: UNI.
- ✓ Sánchez de Guzmán, D. 1997. Tecnología y Propiedades. Colombia: Asocreto.
- ✓ Sánchez, F. 2005. Glosario de Ingeniería de Pavimentos. Universidad del Cauca. Colombia.

ANEXOS:

ANEXO N° 01: ENSAYOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS.

Tabla 19: Contenido de humedad del agregado fino “cantera Otuzco”

Contenido de humedad de los agregados ASTM C566 / NTP 339.185			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO DE RECIPIENTE (g)	72.00	72.00	134.00
PESO M. HÚM.+RECIP. (g)	721.00	723.00	770.00
PESO M. SECA.+RECIP. (g)	682.00	684.00	732.00
PESO DEL AGUA (g)	39.00	39.00	38.00
PESO M. SECA (g)	610.00	612.00	598.00
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6.39	6.37	6.36
PROMEDIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD (%) =			6.38

Tabla 20: Contenido de humedad del canto rodado “cantera Otuzco”

Contenido de humedad de los agregados ASTM C566 / NTP 339.185			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO DE RECIPIENTE (g)	103.00	123.00	163.00
PESO M. HÚM.+RECIP. (g)	2200.00	2300.00	2501.50
PESO M. SECA.+RECIP. (g)	2179.00	2278.00	2478.00
PESO DEL AGUA (g)	21.00	22.00	23.50
PESO M. SECA (g)	2076.00	2155.00	2315.00
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1.01	1.02	1.02
PROMEDIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD (%) =			1.02

Tabla 20: Análisis granulométrico del canto rodado “cantera Otuzco” ensayo 1.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
ASTM C136 / NTP 400.012					
Peso Inicial (g) = 3973.90					
Malla (")	Malla (mm)	Ret. Parcial	% Ret. Parc.	% Ret. Acum.	% Que Pasa
2"	50.00	0.0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.0	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.0	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	2094.0	52.69	52.69	47.31
3/8"	9.51	1307.9	32.91	85.61	14.39
N° 4	4.76	568.5	14.31	99.91	0.09
Cazoleta	---	3.5	0.09	100.00	0.00
Módulo de finura (mg) =			6.86		
Tamaño máximo nominal (TMN) =			1/2"		

Tabla 21: Análisis granulométrico del canto rodado “cantera Otuzco” ensayo 2

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
ASTM C136 / NTP 400.012					
Peso Inicial (g) = 3992.70					
Malla (")	Malla (mm)	Ret. Parcial	% Ret. Parc.	% Ret. Acum.	% Que Pasa
2"	50.00	0.0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.0	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.0	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	1825.0	45.71	45.71	54.29
3/8"	9.51	1390.0	34.81	80.52	19.48
N° 4	4.76	775.0	19.41	99.93	0.07
Cazoleta	---	2.7	0.07	100.00	0.00
Módulo de finura (mg) =			6.80		
Tamaño máximo nominal (TMN) =			1/2"		

Tabla 22: Análisis granulométrico del canto rodado “cantera Otuzco” ensayo 3

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
ASTM C136 / NTP 400.012					
Peso Inicial (g) =			3763.5		
Malla (")	Malla (mm)	Ret. Parcial	% Ret. Parc.	% Ret. Acum.	% Que Pasa
2"	50.00	0.0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.0	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.0	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	1640.0	43.58	43.58	56.42
3/8"	9.51	1365.0	36.27	79.85	20.15
N° 4	4.76	755.0	20.06	99.91	0.09
Cazoleta	---	3.5	0.09	100.00	0.00
Módulo de finura (mg) =			6.80		
Tamaño máximo nominal (TMN) =			1/2"		

Gráfico N° 3: Curva granulométrica del canto rodado de la cantera Otuzco.

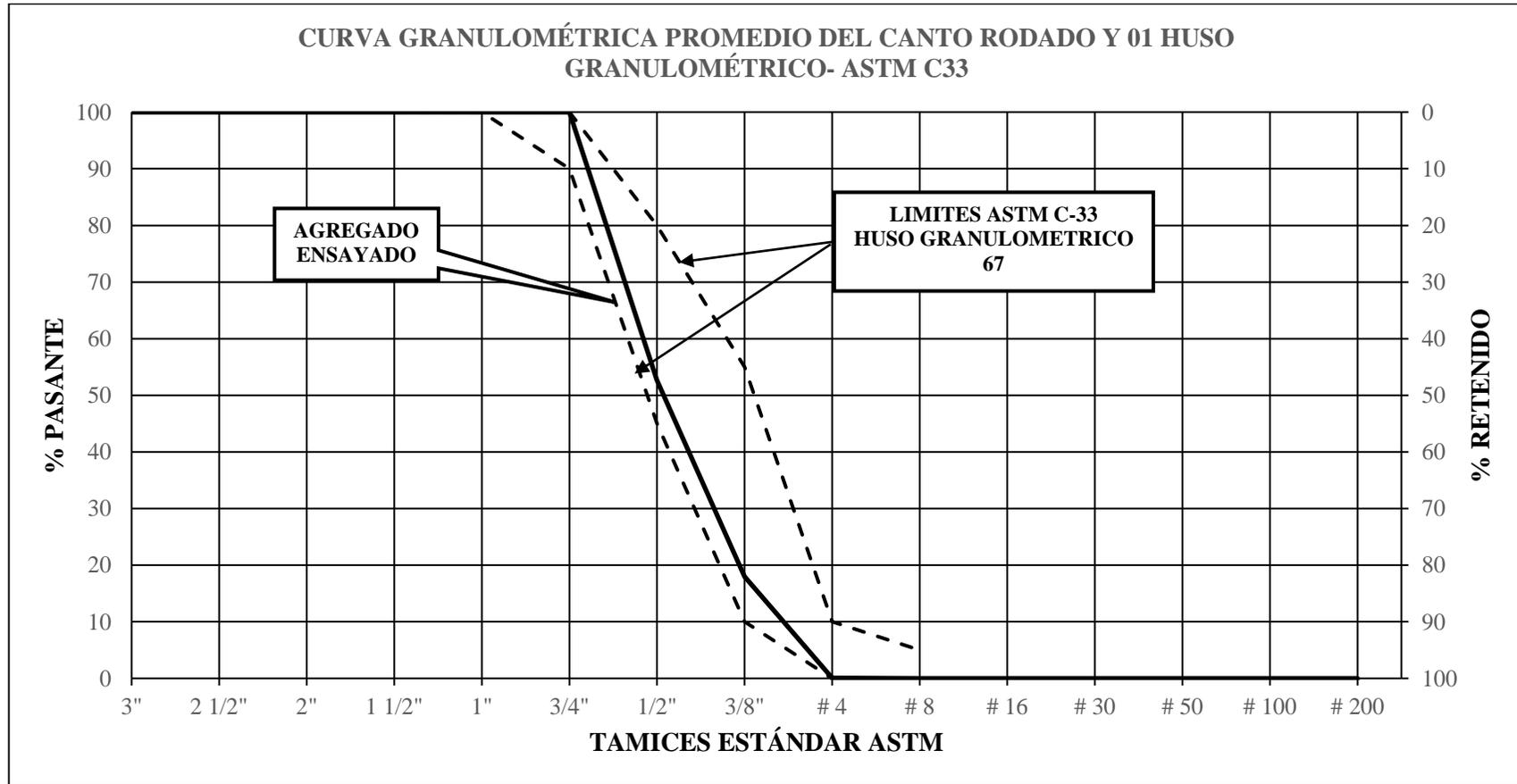


Tabla 23: Análisis granulométrico del agregado fino “cantera Otuzco” ensayo 1

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
ASTM C136 / NTP 400.012					
Peso Inicial (g) = 701.0					
Malla (")	Malla (mm)	Ret. Parcial	% Ret. Parc.	% Ret. Acum.	% Que Pasa
3/8"	9.500	0.0	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.760	21.0	3.00	3.00	97.00
N° 8	2.360	96.0	13.69	16.69	83.31
N° 16	1.180	135.0	19.26	35.95	64.05
N° 30	0.600	149.0	21.26	57.20	42.80
N° 50	0.300	126.0	17.97	75.18	24.82
N° 100	0.150	120.0	17.12	92.30	7.70
N° 200	0.075	21.0	3.00	95.29	4.71
Cazoleta	---	33.0	4.71	100.00	0.00
Módulo de finura (mf) =			2.80		

Tabla 24: Análisis granulométrico del agregado fino “cantera Otuzco” ensayo 2

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
ASTM C136 / NTP 400.012					
Peso Inicial (g) = 701.0					
Malla (")	Malla (mm)	Ret. Parcial	% Ret. Parc.	% Ret. Acum.	% Que Pasa
3/8"	9.500	0.0	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.760	21.0	3.00	3.00	97.00
N° 8	2.360	96.0	13.69	16.69	83.31
N° 16	1.180	135.0	19.26	35.95	64.05
N° 30	0.600	149.0	21.26	57.20	42.80
N° 50	0.300	126.0	17.97	75.18	24.82
N° 100	0.150	120.0	17.12	92.30	7.70
N° 200	0.075	21.0	3.00	95.29	4.71
Cazoleta	---	33.0	4.71	100.00	0.00
Módulo de finura (mf) =			2.80		

Tabla 25: Análisis granulométrico del agregado fino “cantera Otuzco” ensayo 3

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
ASTM C136 / NTP 400.012					
Peso Inicial (g) = 705.0					
Malla (")	Malla (mm)	Ret. Parcial	% Ret. Parc.	% Ret. Acum.	% Que Pasa
3/8"	9.500	0.0	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.760	23.0	3.26	3.26	96.74
N° 8	2.360	103.0	14.61	17.87	82.13
N° 16	1.180	132.0	18.72	36.60	63.40
N° 30	0.600	147.0	20.85	57.45	42.55
N° 50	0.300	135.0	19.15	76.60	23.40
N° 100	0.150	110.0	15.60	92.20	7.80
N° 200	0.075	25.0	3.55	95.74	4.26
Cazoleta	---	30.0	4.26	100.00	0.00
Módulo de finura (mf) =			2.84		

Gráfico N° 4: Curva granulométrica del agregado fino de la cantera Otuzco.

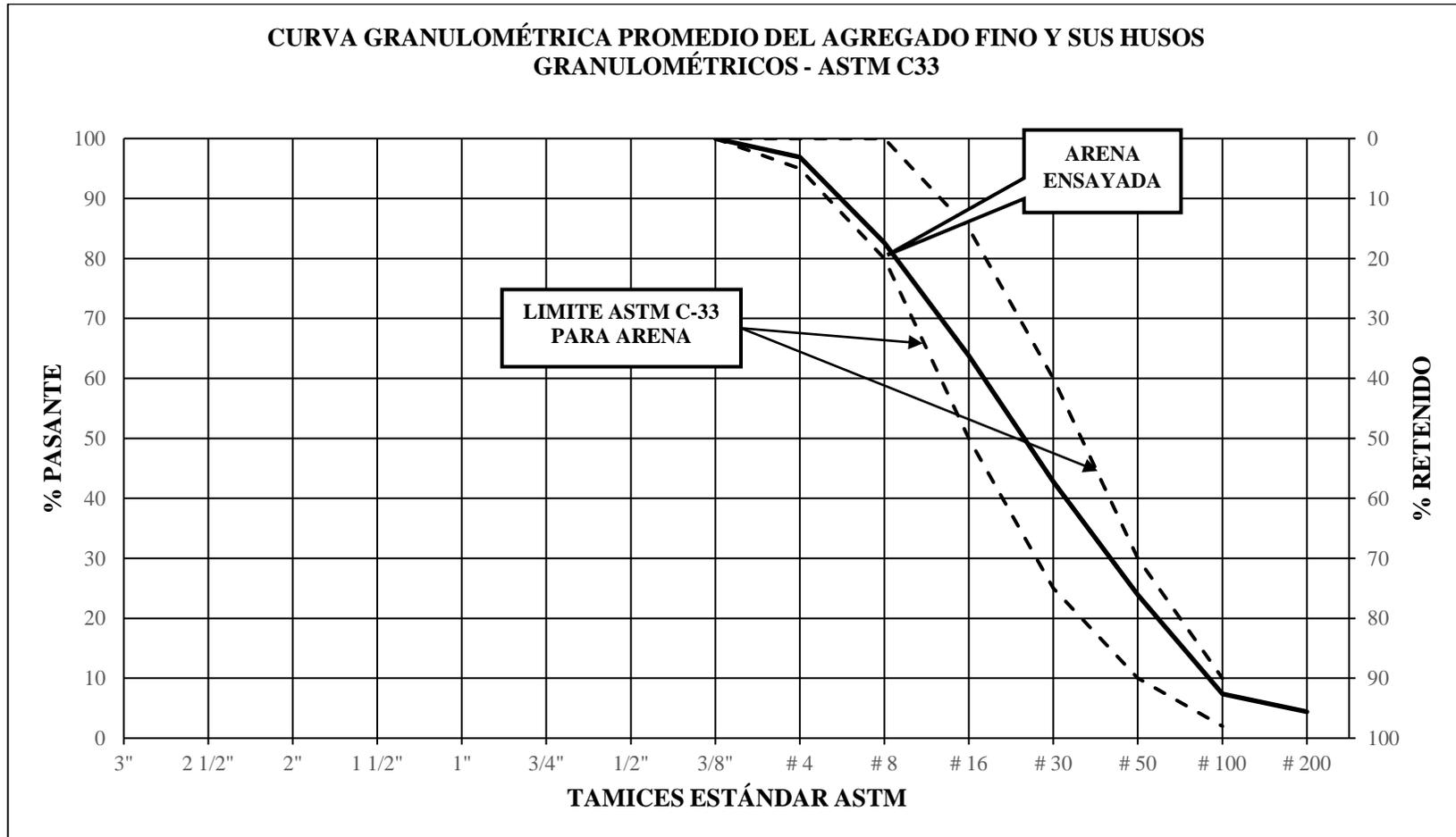


Tabla 26: Resistencia a la abrasión del canto rodado “cantera Otuzco” ensayo 1

Resistencia a la Abrasión de los agregados Máquina de los Ángeles ASTM C131 / NTP 400.019					
IDENT. DE MUESTRA	TIPO GRANULOM.	NÚMERO ESFERAS	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	% DE DESGASTE
TMN = 1/2"	"B"	11	5000.0	3340.00	33.20
PESOS (g) :	PASA	RETENIDO			
	3/4"	1/2"	2500.0		
	1/2"	3/8"	2500.0		

Tabla 27: Resistencia a la abrasión del canto rodado “cantera Otuzco” ensayo 2

Resistencia a la Abrasión de los agregados Máquina de los Ángeles ASTM C131 / NTP 400.019					
IDENT. DE MUESTRA	TIPO GRANULOM.	NÚMERO ESFERAS	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	% DE DESGASTE
TMN = 1/2"	"B"	11	5000.0	3337.00	33.26
PESOS (g) :	PASA	RETENIDO			
	3/4"	1/2"	2500.0		
	1/2"	3/8"	2500.0		

Tabla 28: Resistencia a la abrasión del canto rodado “cantera Otuzco” ensayo 3

Resistencia a la Abrasión de los agregados Máquina de los Ángeles ASTM C131 / NTP 400.019					
IDENT. DE MUESTRA	TIPO GRANULOM.	NÚMERO ESFERAS	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	% DE DESGASTE
TMN = 1/2"	"B"	11	5000.0	3341.00	33.18
PESOS (g) :	PASA	RETENIDO			
	3/4"	1/2"	2500.0		
	1/2"	3/8"	2500.0		
Nota: Se utilizará 11 esferas y 500 revoluciones, en función del método.					

Tabla 29: Material fino del agregado fino “cantera Otuzco” ensayo 1

Material fino contenido en los agregados ASTM C117 / NTP 400.018			
IDENT. DE MUESTRA	PESO INICIAL SECO (g)	PESO FINAL SECO Lavado × malla #200 (g)	% DE FINOS
Arena	510.0	488.1	4.29

Tabla 30 : Material fino del agregado fino “cantera Otuzco” ensayo 2

Material fino contenido en los agregados ASTM C117 / NTP 400.018			
IDENT. DE MUESTRA	PESO INICIAL SECO (g)	PESO FINAL SECO Lavado × malla #200 (g)	% DE FINOS
Arena	510.0	488.4	4.23

Tabla 31: Material fino del agregado fino “cantera Otuzco” ensayo 3

Material fino contenido en los agregados ASTM C117 / NTP 400.018			
IDENT. DE MUESTRA	PESO INICIAL SECO (g)	PESO FINAL SECO Lavado × malla #200 (g)	% DE FINOS
Arena	510.0	488.3	4.25

Tabla 32: Material fino del canto rodado “cantera Otuzco” ensayo 1

Material fino contenido en los agregados ASTM C117 / NTP 400.018			
IDENT. DE MUESTRA	PESO INICIAL SECO (g)	PESO FINAL SECO Lavado × malla #200 (g)	% DE FINOS
Canto rodado	2000.0	1996.0	0.20

Tabla 33: Material fino del canto rodado “cantera Otuzco” ensayo 2

Material fino contenido en los agregados ASTM C117 / NTP 400.018			
IDENT. DE MUESTRA	PESO INICIAL SECO (g)	PESO FINAL SECO Lavado × malla #200 (g)	% DE FINOS
Canto rodado	2100.0	2095.8	0.20

Tabla 34: Material fino del canto rodado “cantera Otuzco” ensayo 3

Material fino contenido en los agregados ASTM C117 / NTP 400.018			
IDENT. DE MUESTRA	PESO INICIAL SECO (g)	PESO FINAL SECO Lavado × malla #200 (g)	% DE FINOS
Canto rodado	2150.0	2145.0	0.23

Tabla 35: Gravedad específica y absorción del agregado fino “cantera Otuzco”

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN ASTM C128 / NTP 400.022								
N° DE ENSAYO	PESOS (g)				ABS. (%)	PESOS ESPECÍFICOS		
	Sat-Sup-Sec	Fiola + Agua	Fiola + Agua + Arena	Seco		MASA	SAT-SUP-SEC	APARENTE
1	500.0	645.0	953.0	496.0	0.81	2.58	2.60	2.64
2	500.0	645.0	954.0	494.0	1.21	2.59	2.62	2.67
3	500.0	645.0	954.0	495.0	1.01	2.59	2.62	2.66
PROMEDIOS =					1.01	2.59	2.61	2.66
Observaciones: El volumen de la fiola utilizada es de 500 cm ³ .								

Tabla 36: Gravedad específica y absorción del canto rodado de la “cantera Otuzco”

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN ASTM C127 / NTP 400.021							
N° DE ENSAYO	PESOS (g)			ABS. (%)	PESOS ESPECÍFICOS		
	Sat-Sup-Sec	Sumergido	Seco		MASA	SAT-SUP-SEC	APARENTE
1	4888.0	3040.0	4846.0	0.87	2.622	2.645	2.683
2	4588.0	2841.0	4542.0	1.01	2.600	2.626	2.670
3	4573.0	2835.0	4527.0	1.02	2.605	2.631	2.676
PROMEDIOS =				0.97	2.61	2.63	2.68

Tabla 37: Factor de calibración (f) del canto rodado .

FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE (f) ASTM C29 / NTP 400.017	
PESO DEL RECIPIENTE (g)	4195.0
PESO DE LA PLACA DE VIDRIO (g)	1050.0
PESO RECIP. + PLACA DE VIDRIO + AGUA (g)	14985.0
PESO DEL AGUA CONTENIDA EN RECIP. (g)	9740.0
TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	16.7
PESO UNITARIO DEL AGUA (kg/m ³)	998.00
FACTOR DE CALIBRACIÓN (1/m ³)	0.10246

Tabla 38: Factor de calibración (f) del agregado fino.

FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE (f) ASTM C29 / NTP 400.017	
PESO DEL RECIPIENTE (g)	3870.0
PESO DE LA PLACA DE VIDRIO (g)	1050.0
PESO RECIP. + PLACA DE VIDRIO + AGUA (g)	7880.0
PESO DEL AGUA CONTENIDA EN RECIP. (g)	2960.0
TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	16.7
PESO UNITARIO DEL AGUA (kg/m ³)	998.00
FACTOR DE CALIBRACIÓN (1/m ³)	0.33716

Tabla 39: Peso específico del agua

CÁLCULO DEL PESO ESPECÍFICO DEL AGUA	
PESO DE LA FIOLA +AGUA (g)	644.00
PESO DE LA FIOLA (g)	145.00
PESO DEL AGUA (g)	499.00
VOLUMEN DE LA FIOLA (cm ³)	500.00
PESO ESPECÍFICO W/V (g/cm ³)	0.9980
P.e (kg/m ³)	998.00

Tabla 40: Peso unitario suelto del agregado fino “cantera Otuzco”

Peso unitario de los agregados ASTM C29 / NTP 400.017			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO DE RECIPIENTE (g)	3870	3870	3870
PESO DE RECIP. + MATERIAL (g)	8485	8479	8484
PESO DEL MATERIAL (g)	4615	4609	4614
FACTOR (f)	0.337	0.337	0.337
PESO UNIT. SUELTO (kg/m ³)	1556	1554	1556
PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO (kg/m ³) =			1555

Tabla 41: Peso unitario compactado del agregado fino “cantera Otuzco”

Peso unitario de los agregados ASTM C29 / NTP 400.017			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO DE RECIPIENTE (g)	3870	3870	3870
PESO DE RECIP. + MATERIAL (g)	8978	8980	8985
PESO DEL MATERIAL (g)	5108	5110	5115
FACTOR (f)	0.337	0.337	0.337
PESO UNIT. COMPACT. (kg/m ³)	1722	1723	1725
PESO UNITARIO COMPACTADO PROMEDIO (kg/m ³) =			1723

Tabla 42: Peso unitario suelto del canto rodado “cantera Otuzco”

Peso unitario de los agregados ASTM C29 / NTP 400.017			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO DE RECIPIENTE (g)	4195	4195	4195
PESO DE RECIP. + MATERIAL (g)	17348	17356	17373
PESO DEL MATERIAL (g)	13153	13161	13178
FACTOR (f)	0.102	0.102	0.102
PESO UNIT. SUELTO (kg/m ³)	1348	1349	1350
PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO (kg/m ³) =			1349

Tabla 43: Peso unitario compactado del canto rodado “cantera Otuzco”

Peso unitario de los agregados ASTM C29 / NTP 400.017			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO DE RECIPIENTE (g)	4195	4195	4195
PESO DE RECIP. + MATERIAL (g)	19025	19031	19045
PESO DEL MATERIAL (g)	14830	14836	14850
FACTOR (f)	0.102	0.102	0.102
PESO UNIT. COMPACT. (kg/m ³)	1520	1520	1522
PESO UNITARIO COMPACTADO PROMEDIO (kg/m ³) =			1520

Tabla 44: Contenido de humedad del agregado fino “cantera Victoria”

Contenido de humedad de los agregados ASTM C566 / NTP 339.185			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO DE RECIPIENTE (g)	68.00	80.00	134.00
PESO M. HÚM.+RECIP. (g)	473.00	535.00	542.00
PESO M. SECA.+RECIP. (g)	464.00	525.00	533.00
PESO DEL AGUA (g)	9.00	10.00	9.00
PESO M. SECA (g)	396.00	445.00	399.00
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	2.27	2.25	2.26
PROMEDIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD (%) =			2.26

Tabla 45: Contenido de humedad de la piedra chancada “cantera la Victoria”

Contenido de humedad de los agregados ASTM C566 / NTP 339.185			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO DE RECIPIENTE (g)	103.00	103.00	103.00
PESO M. HÚM.+RECIP. (g)	2198.00	2189.00	2322.00
PESO M. SECA.+RECIP. (g)	2191.00	2182.00	2315.00
PESO DEL AGUA (g)	7.00	7.00	7.00
PESO M. SECA (g)	2088.00	2079.00	2212.00
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.34	0.34	0.32
PROMEDIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD (%) =			0.33

Tabla 46: Análisis granulométrico de la piedra chancada “cantera la Victoria” ensayo 1.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
ASTM C136 / NTP 400.012					
Peso Inicial (g) = 3845					
Malla (")	Malla (mm)	Ret. Parcial	% Ret. Parc.	% Ret. Acum.	% Que Pasa
2"	50.00	0.0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.0	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	312.0	8.11	8.11	91.89
1/2"	12.70	1987.0	51.67	59.79	40.21
3/8"	9.51	1121.0	29.15	88.94	11.06
N° 4	4.76	421.0	10.95	99.89	0.11
Cazoleta	---	4.2	0.11	100.00	0.00
Módulo de finura (mg) =			6.97		
Tamaño máximo nominal (TMN) =			1/2"		

Tabla 47: Análisis granulométrico de la piedra chancada “cantera la Victoria” ensayo 2.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
ASTM C136 / NTP 400.012					
Peso Inicial (g) = 3824					
Malla (")	Malla (mm)	Ret. Parcial	% Ret. Parc.	% Ret. Acum.	% Que Pasa
2"	50.00	0.0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.0	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	316.0	8.26	8.26	91.74
1/2"	12.70	1981.0	51.81	60.07	39.93
3/8"	9.51	1111.0	29.06	89.13	10.87
N° 4	4.76	412.0	10.78	99.91	0.09
Cazoleta	---	3.6	0.09	100.00	0.00
Módulo de finura (mg) =			6.97		
Tamaño máximo nominal (TMN) =			1/2"		

Tabla 48: Análisis granulométrico de la piedra chancada “cantera la Victoria” ensayo 3.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
ASTM C136 / NTP 400.012					
Peso Inicial (g) = 3908					
Malla (")	Malla (mm)	Ret. Parcial	% Ret. Parc.	% Ret. Acum.	% Que Pasa
2"	50.00	0.0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.0	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	321.0	8.21	8.21	91.79
1/2"	12.70	1966.0	50.31	58.52	41.48
3/8"	9.51	1201.0	30.73	89.26	10.74
N° 4	4.76	416.0	10.65	99.90	0.10
Cazoleta	---	3.9	0.10	100.00	0.00
Módulo de finura (mg) =			6.97		
Tamaño máximo nominal (TMN) =			1/2"		

Gráfico N° 5: Curva granulométrica de la piedra chancada de la cantera la Victoria.

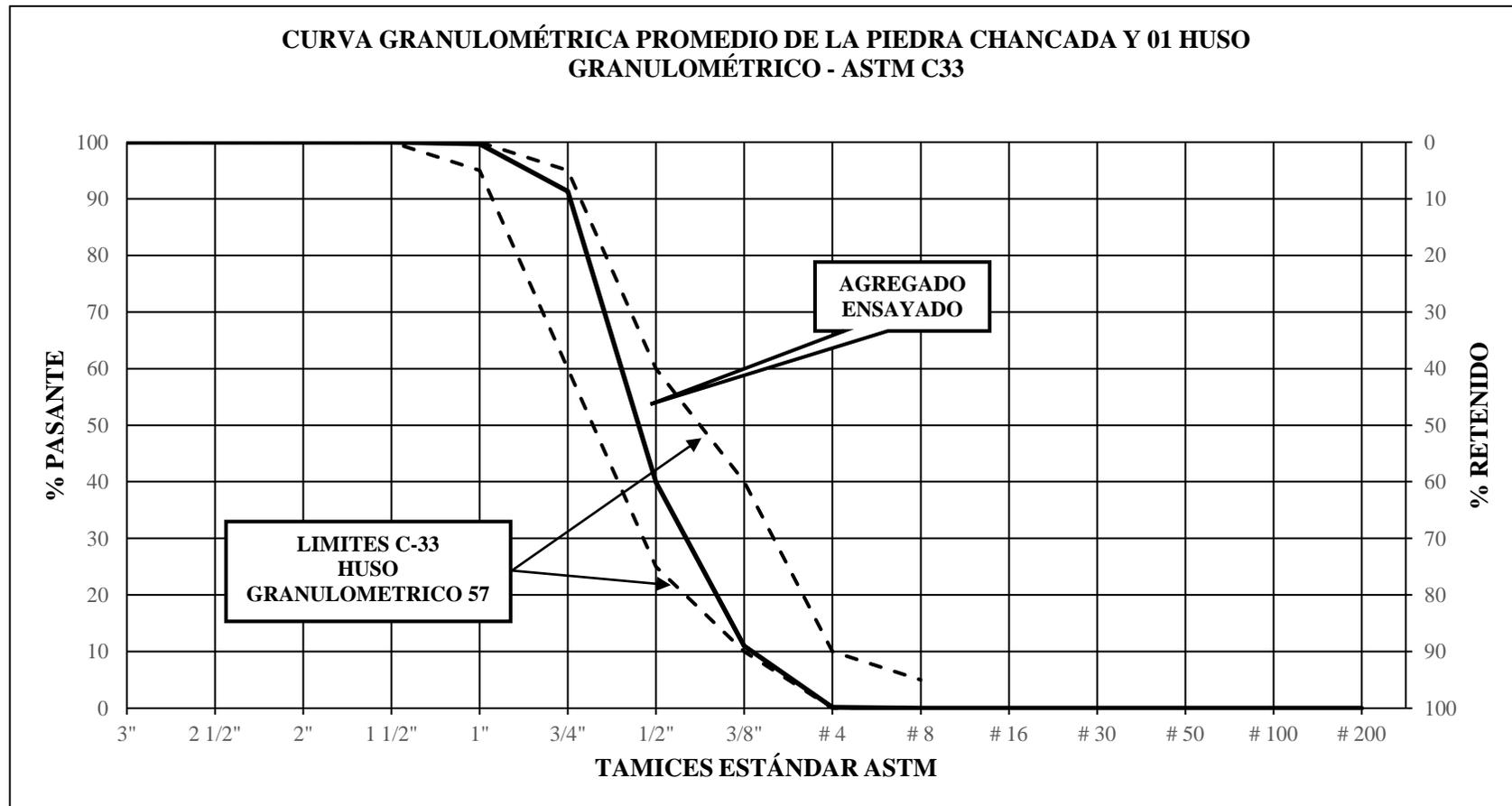


Tabla 49: Análisis granulométrico del agregado fino “cantera la Victoria” ensayo 1

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
ASTM C136 / NTP 400.012					
Peso Inicial (g) = 728					
Malla (")	Malla (mm)	Ret. Parcial	% Ret. Parc.	% Ret. Acum.	% Que Pasa
3/8"	9.500	0.0	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.760	16.0	2.20	2.20	97.80
N° 8	2.360	98.0	13.46	15.66	84.34
N° 16	1.180	141.0	19.37	35.03	64.97
N° 30	0.600	152.0	20.88	55.91	44.09
N° 50	0.300	129.0	17.72	73.63	26.37
N° 100	0.150	126.0	17.31	90.93	9.07
N° 200	0.075	25.0	3.43	94.37	5.63
Cazoleta	---	41.0	5.63	100.00	0.00
Módulo de finura (mf) =			2.73		

Tabla 50: Análisis granulométrico del agregado fino “cantera la Victoria” ensayo 2

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
ASTM C136 / NTP 400.012					
Peso Inicial (g) = 693					
Malla (")	Malla (mm)	Ret. Parcial	% Ret. Parc.	% Ret. Acum.	% Que Pasa
3/8"	9.500	0.0	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.760	12.0	1.73	1.73	98.27
N° 8	2.360	98.0	14.14	15.87	84.13
N° 16	1.180	134.0	19.34	35.21	64.79
N° 30	0.600	143.0	20.63	55.84	44.16
N° 50	0.300	132.0	19.05	74.89	25.11
N° 100	0.150	108.0	15.58	90.48	9.52
N° 200	0.075	26.0	3.75	94.23	5.77
Cazoleta	---	40.0	5.77	100.00	0.00
Módulo de finura (mf) =			2.74		

Tabla 51: Análisis granulométrico del agregado fino “cantera la Victoria” ensayo 3

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
ASTM C136 / NTP 400.012					
Peso Inicial (g) = 720					
Malla (")	Malla (mm)	Ret. Parcial	% Ret. Parc.	% Ret. Acum.	% Que Pasa
3/8"	9.500	0.0	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.760	14.0	1.92	1.92	98.08
N° 8	2.360	96.0	13.19	15.11	84.89
N° 16	1.180	141.0	19.37	34.48	65.52
N° 30	0.600	150.0	20.60	55.08	44.92
N° 50	0.300	129.0	17.72	72.80	27.20
N° 100	0.150	126.0	17.31	90.11	9.89
N° 200	0.075	24.0	3.30	93.41	6.59
Cazoleta	---	40.0	5.49	98.90	1.10
Módulo de finura (mf) =			2.70		

Gráfico N° 6: Curva granulométrica del agregado fino de la cantera la Victoria.

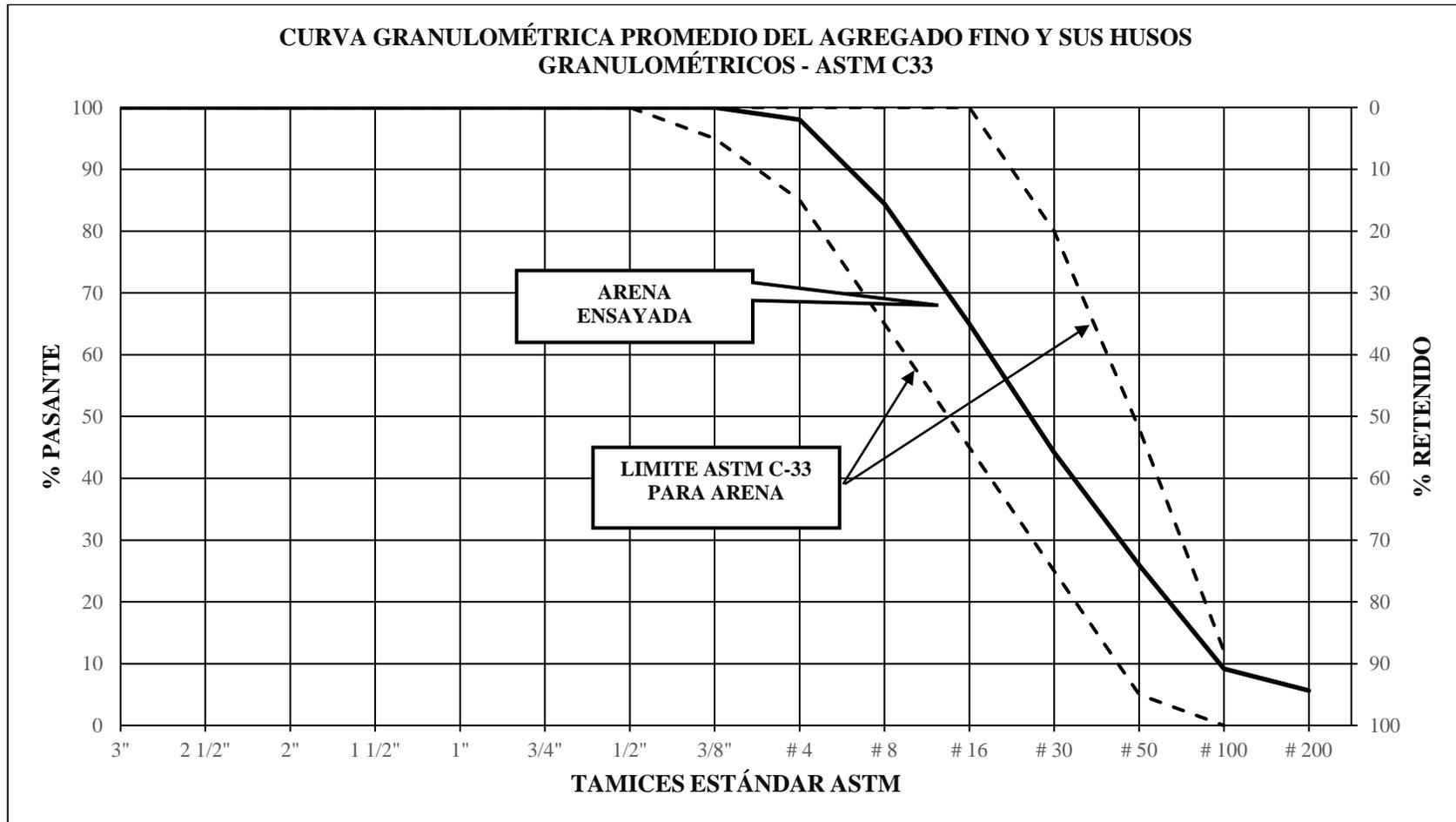


Tabla 52: Resistencia a la abrasión de la piedra chancada “cantera la Victoria” ensayo 1

Resistencia a la Abrasión de los agregados Máquina de los Ángeles ASTM C131 / NTP 400.019					
IDENT. DE MUESTRA	TIPO GRANULOM.	NÚMERO ESFERAS	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	% DE DESGASTE
TMN = 1/2"	"B"	11	5000.0	3559.00	28.82
PESOS (g) :					
	PASA	RETENIDO			
	3/4"	1/2"	2500.0		
	1/2"	3/8"	2500.0		

Tabla 53: Resistencia a la abrasión de la piedra chancada “cantera la Victoria” ensayo 2

Resistencia a la Abrasión de los agregados Máquina de los Ángeles ASTM C131 / NTP 400.019					
IDENT. DE MUESTRA	TIPO GRANULOM.	NÚMERO ESFERAS	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	% DE DESGASTE
TMN = 1/2"	"B"	11	5000.0	3562.00	28.76
PESOS (g) :					
	PASA	RETENIDO			
	3/4"	1/2"	2500.0		
	1/2"	3/8"	2500.0		

Tabla 54: Resistencia a la abrasión de la piedra chancada “cantera la Victoria” ensayo 3

Resistencia a la Abrasión de los agregados Máquina de los Ángeles ASTM C131 / NTP 400.019					
IDENT. DE MUESTRA	TIPO GRANULOM.	NÚMERO ESFERAS	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	% DE DESGASTE
TMN = 1/2"	"B"	11	5000.0	3571.00	28.58
PESOS (g) :					
	PASA	RETENIDO			
	3/4"	1/2"	2500.0		
	1/2"	3/8"	2500.0		
Observaciones:					
Se utilizará 11 esferas y 500 revoluciones, en función del método.					

Tabla 55: Material fino del agregado fino “cantera la Victoria” ensayo 1

Material fino contenido en los agregados ASTM C117 / NTP 400.018			
IDENT. DE MUESTRA	PESO INICIAL SECO (g)	PESO FINAL SECO Lavado × malla #200 (g)	% DE FINOS
Arena	500.0	483.0	3.40

Tabla 56: Material fino del agregado fino “cantera la Victoria” ensayo 2

Material fino contenido en los agregados ASTM C117 / NTP 400.018			
IDENT. DE MUESTRA	PESO INICIAL SECO (g)	PESO FINAL SECO Lavado × malla #200 (g)	% DE FINOS
Arena	500.0	482.9	3.41

Tabla 57: Material fino del agregado fino “cantera la Victoria” ensayo 3

Material fino contenido en los agregados ASTM C117 / NTP 400.018			
IDENT. DE MUESTRA	PESO INICIAL SECO (g)	PESO FINAL SECO Lavado × malla #200 (g)	% DE FINOS
Arena	500.0	482.9	3.41

Tabla 58: Material fino de la piedra chancada “cantera la Victoria” ensayo 1

Material fino contenido en los agregados ASTM C117 / NTP 400.018			
IDENT. DE MUESTRA	PESO INICIAL SECO (g)	PESO FINAL SECO Lavado × malla #200 (g)	% DE FINOS
Piedra	2000.0	1990.0	0.50

Tabla 59: Material fino de la piedra chancada “cantera la Victoria” ensayo 2

Material fino contenido en los agregados ASTM C117 / NTP 400.018			
IDENT. DE MUESTRA	PESO INICIAL SECO (g)	PESO FINAL SECO Lavado × malla #200 (g)	% DE FINOS
Piedra	2000.0	1989.0	0.55

Tabla 60: Material fino de la piedra chancada “cantera la Victoria” ensayo 3

Material fino contenido en los agregados ASTM C117 / NTP 400.018			
IDENT. DE MUESTRA	PESO INICIAL SECO (g)	PESO FINAL SECO Lavado × malla #200 (g)	% DE FINOS
Piedra	2000.0	1989.0	0.55

Tabla 61: Gravedad específica y absorción del agregado fino “cantera la Victoria”

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN ASTM C128 / NTP 400.022								
N° DE ENSAYO	PESOS (g)				ABS. (%)	PESOS ESPECÍFICOS		
	Sat-Sup-Sec	Fiola + Agua	Fiola + Agua + Arena	Seco		MASA	SAT-SUP-SEC	APARENTE
1	500.0	642.0	951.0	494.8	1.05	2.59	2.62	2.66
2	500.0	643.0	954.0	494.9	1.03	2.62	2.65	2.69
3	500.0	643.0	953.0	494.7	1.07	2.60	2.63	2.68
PROMEDIOS =					1.05	2.60	2.63	2.68
Observaciones: El volumen de la fiola utilizada es de 500 cm ³ .								

Tabla 62: Gravedad específica y absorción de la piedra chancada “cantera la Victoria”

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN ASTM C127 / NTP 400.021							
N° DE ENSAYO	PESOS (g)			ABS. (%)	PESOS ESPECÍFICOS		
	Sat-Sup-Sec	Sumergido	Seco		MASA	SAT-SUP-SEC	APARENTE
1	5232.0	3254.0	5181.0	0.98	2.62	2.65	2.69
2	5297.0	3297.0	5243.0	1.03	2.62	2.65	2.69
3	5308.0	3296.0	5250.0	1.10	2.61	2.64	2.69
PROMEDIOS =				1.04	2.62	2.64	2.69

Tabla 63: Peso unitario suelto del agregado fino “cantera la Victoria”

Peso unitario de los agregados			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO DE RECIPIENTE (g)	3870	3870	3870
PESO DE RECIP. + MATERIAL (g)	8472	8485	8506
PESO DEL MATERIAL (g)	4602	4615	4636
FACTOR (f)	0.337	0.337	0.337
PESO UNIT. SUELTO (kg/m ³)	1552	1556	1563
PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO (kg/m ³) =			1557

Tabla 64: Peso unitario compactado del agregado fino “cantera la Victoria”

Peso unitario de los agregados			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO DE RECIPIENTE (g)	3870	3870	3870
PESO DE RECIP. + MATERIAL (g)	9055	9060	9050
PESO DEL MATERIAL (g)	5185	5190	5180
FACTOR (f)	0.337	0.337	0.337
PESO UNIT. COMPACT. (kg/m ³)	1748	1750	1747
PESO UNITARIO COMPACTADO PROMEDIO (kg/m ³) =			1748

Tabla 65: Peso unitario suelto de la piedra chancada “cantera la Victoria”

Peso unitario de los agregados ASTM C29 / NTP 400.017			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO DE RECIPIENTE (g)	4195	4195	4195
PESO DE RECIP. + MATERIAL (g)	17145	17151	17155
PESO DEL MATERIAL (g)	12950	12956	12960
FACTOR (f)	0.102	0.102	0.102
PESO UNIT. SUELTO (kg/m ³)	1327	1328	1328
PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO (kg/m ³) =			1327

Tabla 66: Peso unitario compactado de la piedra chancada “cantera la Victoria”

Peso unitario de los agregados ASTM C29 / NTP 400.017			
ENSAYO N°	1	2	3
PESO DE RECIPIENTE (g)	4195	4195	4195
PESO DE RECIP. + MATERIAL (g)	19035	19055	19076
PESO DEL MATERIAL (g)	14840	14860	14881
FACTOR (f)	0.102	0.102	0.102
PESO UNIT. COMPACT. (kg/m ³)	1521	1523	1525
PESO UNITARIO COMPACTADO PROMEDIO (kg/m ³) =			1523

Tabla 67: Propiedades del agregado combinado en la proporción 40/60

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS	COMBINACIÓN DE AGREGADOS EN LA PROPORCIÓN 40% DE AGREGADOS DE LA CANTERA "OTUZCO" Y 60% DE AGREGADOS DE LA CANTERA "LA VICTORIA"	
	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO COMBINADO
MÓDULO DE FINURA:	2.77	6.92
PESO ESPECÍFICO DE MASA	2.60 gr/cm ³	2.62 gr/cm ³
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	2.62 gr/cm ³	2.64 gr/cm ³
PESO ESPECÍFICO NOMINAL O APARENTE	2.67 gr/cm ³	2.69 gr/cm ³
ABSORCIÓN	1.03 %	1.01 %
CONTENIDO DE HUMEDAD	3.91 %	0.61 %
PESO UNITARIO SECO SUELTO	1556 kg/m ³	1336 kg/m ³
PESO UNITARIO SECO COMPACTADO	1738 kg/m ³	1522 kg/m ³
RESISTENCIA A LA ABRASIÓN		30.52 %
PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ # 200	3.58 %	0.40 %
PERFIL		Redondeado - Angular
TAMAÑO MÁXIMO		1/2"

Tabla 68: Propiedades del agregado combinado en la proporción 50/50

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS	COMBINACIÓN DE AGREGADOS EN LA PROPORCIÓN 50% DE AGREGADOS DE LA CANTERA "OTUZCO" Y 50% DE AGREGADOS DE LA CANTERA "LA VICTORIA"	
	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO COMBINADO
MÓDULO DE FINURA:	2.78	6.90
PESO ESPECÍFICO DE MASA	2.60 gr/cm ³	2.62 gr/cm ³
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	2.62 gr/cm ³	2.64 gr/cm ³
PESO ESPECÍFICO NOMINAL O APARENTE	2.67 gr/cm ³	2.69 gr/cm ³
ABSORCIÓN	1.03 %	1.01 %
CONTENIDO DE HUMEDAD	4.32 %	0.68 %
PESO UNITARIO SECO SUELTO	1556 kg/m ³	1338 kg/m ³
PESO UNITARIO SECO COMPACTADO	1736 kg/m ³	1522 kg/m ³
RESISTENCIA A LA ABRASIÓN		30.97 %
PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ # 200	3.70 %	0.37 %
PERFIL		Redondeado - Angular
TAMAÑO MÁXIMO		1/2"

Tabla 69: Propiedades del agregado combinado en la proporción 60/40

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS	COMBINACIÓN DE AGREGADOS EN LA PROPORCIÓN 60% DE AGREGADOS DE LA CANTERA "OTUZCO" Y 40% DE AGREGADOS DE LA CANTERA "LA VICTORIA"	
	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO COMBINADO
MÓDULO DE FINURA:	2.79	6.88
PESO ESPECÍFICO DE MASA	2.59 gr/cm ³	2.61 gr/cm ³
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	2.62 gr/cm ³	2.63 gr/cm ³
PESO ESPECÍFICO NOMINAL O APARENTE	2.67 gr/cm ³	2.68 gr/cm ³
ABSORCIÓN	1.03 %	1.00 %
CONTENIDO DE HUMEDAD	4.73 %	0.74 %
PESO UNITARIO SECO SUELTO	1556 kg/m ³	1340 kg/m ³
PESO UNITARIO SECO COMPACTADO	1733 kg/m ³	1521 kg/m ³
RESISTENCIA A LA ABRASIÓN		31.41 %
PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ # 200	3.81 %	0.34 %
PERFIL		Redondeado - Angular
TAMAÑO MÁXIMO		1/2"

ANEXO N° 02: SELECCIÓN DE LAS PROPORCIONES DEL CONCRETO.

1. DISEÑO DE LA MEZCLA PATRÓN CON AGREGADOS DE LA CANTERA "OTUZCO".

Método del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados (M. - MFCA)

1 - ESPECIFICACIONES

Consideraciones estructurales: $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (28 días)
Slump = 3 " - 4 "

2 - MATERIALES

Cemento: Portland Tipo I - Pacasmayo
 $P_e = 3.1 \text{ g/cm}^3$

Agua: Potable

Agregado fino:

<i>Peso unitario suelto seco (kg/m³)</i>	1555
<i>Peso unitario compactado seco (kg/m³)</i>	1723
<i>Peso específico de masa (g/cm³)</i>	2.59
<i>Contenido de humedad (%)</i>	6.38
<i>Absorción (%)</i>	1.01
<i>Módulo de finura</i>	2.83

Agregado grueso:

<i>Perfil</i>	redondeado
<i>Peso unitario suelto seco (kg/m³)</i>	1349
<i>Peso unitario compactado seco (kg/m³)</i>	1520
<i>Peso específico de masa (g/cm³)</i>	2.61
<i>Contenido de humedad (%)</i>	1.02
<i>Absorción (%)</i>	0.97
<i>Módulo de finura</i>	6.82
<i>Tamaño máximo nominal (Pulg.)</i>	1/2

3 - RESISTENCIA PROMEDIO

$f'cr = 252 \text{ kg/cm}^2$

4 - TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO

TMN = 1/2 "

5 - SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

SLUMP = 3 " a 4 "

6 - CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO

Aire atrapado = 2 %

- 7 - VOLUMEN UNITARIO DE AGUA
 Volumen de agua = 197 litros
- 8 - RELACIÓN a/c POR RESISTENCIA
 a/c por resistencia = 0.62
- 9 - RELACIÓN a/c POR DURABILIDAD
 a/c por durabilidad = 0.50
- 10 - RELACIÓN a/c SELECCIONADA
 a/c de diseño = 0.50
- 11 - FACTOR CEMENTO
 FC = 394.0 kg/m³
 FC = 9.3 bolsas
- 12 - VOLUMEN ABSOLUTO DE LA PASTA
 Cemento = 0.127 m³
 Agua de diseño = 0.197 m³
 Aire atrapado = 0.020 m³
 Volumen Absoluto de la Pasta = 0.344 m³
- 13 - VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO
 Volumen Absoluto de los agregados = 0.656 m³
- 14 - MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS
 $m_c = 4.71$
- 15 - CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE AGREGADO FINO
 $r_f = 52.8 \%$
- 16 - CÁLCULO DE LOS VOLÚMENES ABSOLUTOS DE LOS AGREGADOS
 Volumen Absoluto del agregado fino = 0.347 m³
 Volumen Absoluto del agregado grueso = 0.309 m³
 =
- 17 - PESOS SECOS DE LOS AGREGADOS
 Peso seco del agregado fino = 897.7 kg/m³
 Peso seco del agregado grueso = 807.3 kg/m³
- 18 - VALORES DE DISEÑO
 Cemento = 394.0 kg/m³
 Agua de diseño = 197.0 l/m³
 Agregado fino seco = 897.7 kg/m³
 Agregado grueso seco = 807.3 kg/m³

19 - CORRECCIÓN POR HUMEDAD DEL AGREGADO

Peso húmedo del agregado fino = 954.9 kg/m³

Peso húmedo del agregado grueso = 815.6 kg/m³

HUMEDAD SUPERFICIAL DEL AGREGADO

Del agregado fino = 5.37 %

Del agregado grueso = 0.05 %

APORTE DE HUMEDAD DEL AGREGADO

Del agregado fino = 51.3 l/m³

Del agregado grueso = 0.4 l/m³

Aporte de humedad del agregado = 51.7 l/m³

AGUA EFECTIVA A SER UTILIZADA EN OBRA

Agua efectiva = 145.3 l/m³

20 - PESOS DE LOS MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento = 394.0 kg/m³

Agua efectiva = 145.3 l/m³

Agregado fino húmedo = 954.9 kg/m³

Agregado grueso húmedo = 815.6 kg/m³

21 - PROPORCIÓN EN PESO

De diseño = 1 : 2.28 : 2.05 / 21.25 l/bolsa

De obra = 1 : 2.42 : 2.07 / 15.67 l/bolsa

Relación a/c de diseño = 0.50

Relación a/c efectiva = 0.37

22 - PROPORCIÓN EN VOLUMEN

PUS del Af, húmedo = 1654 kg/m³

PUS del Ag, húmedo = 1363 kg/m³

PUS del Af, húmedo = 47.3 kg/pie³

PUS del Ag, húmedo = 38.9 kg/pie³

Cemento = 42.5 kg/pie³

De obra = 1 : 2.18 : 2.26 / 15.67 l/bolsa

23 - PESOS POR TANDA DE UNA BOLSA DE CEMENTO

Cemento = 42.5 kg/bolsa

Agua efectiva = 15.7 l/bolsa

Agregado fino húmedo = 102.9 kg/bolsa

Agregado grueso húmedo = 88.0 kg/bolsa

24 - PESOS DE LOS MATERIALES POR TANDA ESPECIFICADA

Volumen de tanda = 0.020 m³

Cemento = 7.9 kg/tanda

Agua efectiva = 2.9 l/tanda

Agregado fino húmedo = 19.1 kg/tanda
Agregado grueso húmedo = 16.3 kg/tanda

2. AJUSTE DE LAS PROPORCIONES PARA LA MEZCLA DE CONCRETO.

✓ Ajuste de la relación a/c por la ley de powers.

1 - DATOS DE LABORATORIO

f'c a los 7 días (70% de f'c) = 156 kg/cm²

f'c a los 28 días (S) = 222.86 kg/cm²

2 - CÁLCULO DE REL. GEL / ESPACIO (x)

x = 0.45409829

3 - GRADO DE HIDRATACIÓN DEL CEMENTO (α)

α = 0.56067921

4 - NUEVA RELACIÓN a/c PARA f'c ESPECIFICADO

f'c especificado (S) = 210 kg/cm²

x = 0.44519210

Nueva Rel. a/c = 0.64

3. NUEVO DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN CANTERA OTUZCO

✓ Ajuste de las proporciones para la mezcla de concreto por el método de los pesos y los volúmenes absolutos.

1 - TANDA DE ENSAYO

Volumen de C° preparado: 0.020 m³

PU del C° fresco: 2322 kg/m³

Asentamiento: Slump = 3.0 "

Agua añadida: 3.1 l/tanda

Aspecto de la mezcla: Satisfactoria

Trabajabilidad: Satisfactoria

2 - PESOS DE LA TANDA

Cemento = 6.2 kg/tanda

Agua añadida = 3.1 l/tanda

Agregado fino húmedo = 21.3 kg/tanda

Agregado grueso húmedo = 15.6 kg/tanda

Peso por tanda = 46.2 kg/tanda

3 - RENDIMIENTO DE LA TANDA DE ENSAYO

Rendimiento = 0.020 m³

4 - AGUA DE MEZCLADO POR TANDA

HUMEDAD SUPERFICIAL DEL AGREGADO

Del agregado fino = 5.37 %

Del agregado grueso = 0.05 %

APORTE DE HUMEDAD DEL AGREGADO

Del agregado fino = 1.1 l/tanda

Del agregado grueso = 0.0 l/tanda

Aporte de humedad del agregado = 1.1 l/tanda

AGUA DE MEZCLADO POR TANDA

Agua de mezclado por tanda = 4.2 l/tanda

5 - AGUA DE MEZCLADO REQUERIDA

Agua de mezclado = 210.1 l/m³

6 - CORRECCIÓN EN EL AGUA DE MEZCLADO

Asentamiento obtenido = 7.62 cm

Asentamiento requerido = 9.91 cm

Incremento o disminución (-) de agua = 4.6 litros

Nueva agua de mezclado = 214.7 litros

7 - NUEVA RELACIÓN a/c

Relación a/c de diseño = 0.64

Nuevo contenido de cemento = 337.5 kg/m³

CORRECCIÓN POR EL MÉTODO DE LOS PESOS

8 - CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO

Aspecto de la mezcla: Sobrearenosa

Relación b/bo = 0.55

Agregado grueso seco = 926.3 kg/m³

Agregado grueso húmedo = 935.7 kg/m³

Agregado grueso SSS = 935.3 kg/m³

9 - CONTENIDO DE AGREGADO FINO

Nuevo PU del C° fresco = 2321.7 kg/m³

Agregado fino SSS = 834.2 kg/m³

Agregado fino seco = 825.9 kg/m³

10 - NUEVOS PESOS SECOS DE LA TANDA

Cemento = 337.5 kg/m³
Agua de diseño = 214.7 l/m³
Agregado fino seco = 825.9 kg/m³
Agregado grueso seco = 926.3 kg/m³

CORRECCIÓN POR EL MÉTODO DE LOS VOLÚMENES ABSOLUTOS

11 - VOLÚMENES ABSOLUTOS CON MATERIALES DE DISEÑO

Cemento = 0.0020 m³
Agua de diseño = 0.0042 m³
Agregado fino seco = 0.0077 m³
Agregado grueso seco = 0.0059 m³
Suma de volúmenes absolutos = 0.0198 m³
Aire atrapado = 0.35 %

12 - VOLÚMENES ABSOLUTOS CON MATERIALES DE DISEÑO AJUSTADOS

Cemento = 0.1089 m³
Agua de diseño = 0.2147 m³
Aire atrapado = 0.004 m³
Agregado grueso seco = 0.3549 m³
Suma de volúmenes absolutos = 0.6820 m³
Volumen absoluto de A. fino seco = 0.3180 m³
Peso seco del A. fino = 823.7 kg/m³

13 - NUEVOS PESOS SECOS DE LA TANDA

Cemento = 337.5 kg/m³
Agua de diseño = 214.7 kg/m³
Agregado fino seco = 823.7 kg/m³
Agregado grueso seco = 926.3 kg/m³

4. DISEÑO DE LA MEZCLA PATRÓN CON AGREGADOS DE LA CANTERA “LA VICTORIA”.

Método del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados (M. - MFCA)

1 - ESPECIFICACIONES

Consideraciones estructurales: $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (28 días)
Slump = 3 " - 4 "

2 - MATERIALES

Cemento: Portland Tipo I - Pacasmayo
 $Pe = 3.1 \text{ g/cm}^3$

Agua: UNC – Cajamarca

Agregado fino:

<i>Peso unitario suelto seco (kg/m³)</i>	1557
<i>Peso unitario compactado seco (kg/m³)</i>	1748
<i>Peso específico de masa (g/cm³)</i>	2.60
<i>Contenido de humedad (%)</i>	2.26
<i>Absorción (%)</i>	1.05
<i>Módulo de finura</i>	2.73

Agregado grueso:

<i>Perfil</i>	Angular
<i>Peso unitario suelto seco (kg/m³)</i>	1327
<i>Peso unitario compactado seco (kg/m³)</i>	1523
<i>Peso específico de masa (g/cm³)</i>	2.62
<i>Contenido de humedad (%)</i>	0.33
<i>Absorción (%)</i>	1.04
<i>Módulo de finura</i>	6.98
<i>Tamaño máximo nominal (Pulg.)</i>	1/2

3 - RESISTENCIA PROMEDIO

$f'cr = 252 \text{ kg/cm}^2$

4 - TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO

TMN = 1/2 "

5 - SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

SLUMP = 3 " a 4 "

6 - CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO

Aire atrapado = 2 %

- 7 - VOLUMEN UNITARIO DE AGUA
 Volumen de agua = 216 litros
- 8 - RELACIÓN a/c POR RESISTENCIA
 a/c por resistencia = 0.62
- 9 - RELACIÓN a/c POR DURABILIDAD
 a/c por durabilidad = 0.50
- 10 - RELACIÓN a/c SELECCIONADA
 a/c de diseño = 0.50
- 11 - FACTOR CEMENTO
 FC = 432.0 kg/m³
 FC = 10.2 bolsas
- 12 - VOLUMEN ABSOLUTO DE LA PASTA
 Cemento = 0.139 m³
 Agua de diseño = 0.216 m³
 Aire atrapado = 0.020 m³
 Volumen Absoluto de la Pasta = 0.375 m³
- 13 - VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO
 Volumen Absoluto de los agregados = 0.625 m³
- 14 - MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS
 $m_c = 4.78$
- 15 - CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE AGREGADO FINO
 $r_f = 51.7 \%$
- 16 - CÁLCULO DE LOS VOLÚMENES ABSOLUTOS DE LOS AGREGADOS
 Volumen Absoluto del agregado fino = 0.323 m³
 Volumen Absoluto del agregado grueso = 0.302 m³
 =
- 17 - PESOS SECOS DE LOS AGREGADOS
 Peso seco del agregado fino = 839.5 kg/m³
 Peso seco del agregado grueso = 790.6 kg/m³
- 18 - VALORES DE DISEÑO
 Cemento = 432.0 kg/m³
 Agua de diseño = 216.0 l/m³

Agregado fino seco = 839.5 kg/m³
Agregado grueso seco = 790.6 kg/m³

19 - CORRECCIÓN POR HUMEDAD DEL AGREGADO

Peso húmedo del agregado fino = 858.5 kg/m³
Peso húmedo del agregado grueso = 793.2 kg/m³

HUMEDAD SUPERFICIAL DEL AGREGADO

Del agregado fino = 1.21 %
Del agregado grueso = -0.71 %

APORTE DE HUMEDAD DEL AGREGADO

Del agregado fino = 10.4 l/m³
Del agregado grueso = -5.6 l/m³
Aporte de humedad del agregado = 4.8 l/m³

AGUA EFECTIVA A SER UTILIZADA EN OBRA

Agua efectiva = 211.2 l/m³

20 - PESOS DE LOS MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento = 432.0 kg/m³
Agua efectiva = 211.2 l/m³
Agregado fino húmedo = 858.5 kg/m³
Agregado grueso húmedo = 793.2 kg/m³

21 - PROPORCIÓN EN PESO

De diseño = 1 : 1.94 : 1.83 / 21.25 l/bolsa
De obra = 1 : 1.99 : 1.84 / 20.78 l/bolsa
Relación a/c de diseño = 0.50
Relación a/c efectiva = 0.49

22 - PROPORCIÓN EN VOLUMEN

PUS del Af, húmedo = 1592 kg/m³
PUS del Ag, húmedo = 1331 kg/m³
PUS del Af, húmedo = 45.5 kg/pie³
PUS del Ag, húmedo = 38.0 kg/pie³
Cemento = 42.5 kg/pie³
De obra = 1 : 1.86 : 2.06 / 20.78 l/bolsa

23 - PESOS POR TANDA DE UNA BOLSA DE CEMENTO

Cemento = 42.5 kg/bolsa
Agua efectiva = 20.8 l/bolsa
Agregado fino húmedo = 84.6 kg/bolsa
Agregado grueso húmedo = 78.2 kg/bolsa

24 - PESOS DE LOS MATERIALES POR TANDA ESPECIFICADA

Volumen de tanda =	0.020 m ³
Cemento =	8.6 kg/tanda
Agua efectiva =	4.2 l/tanda
Agregado fino húmedo =	17.2 kg/tanda
Agregado grueso húmedo =	15.9 kg/tanda

5. AJUSTE DE LAS PROPORCIONES PARA LA MEZCLA DE CONCRETO.

✓ Ajuste de la relación a/c por la ley de powers.

1 - DATOS DE LABORATORIO

f'c a los 7 días (70% de f'c) =	175 kg/cm ²
f'c a los 28 días (S) =	250.00 kg/cm ²

2 - CÁLCULO DE REL. GEL / ESPACIO (x)

$$x = 0.47183232$$

3 - GRADO DE HIDRATACIÓN DEL CEMENTO (α)

$$\alpha = 0.58921367$$

4 - NUEVA RELACIÓN a/c PARA f'c ESPECIFICADO

f'c especificado (S) =	210 kg/cm ²
x =	0.44519210
Nueva Rel. a/c =	0.67

6. NUEVO DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN CANTERA LA VICTORIA

✓ Ajuste de las proporciones para la mezcla de concreto por el método de los pesos y los volúmenes absolutos.

1 - TANDA DE ENSAYO

Volumen de C° preparado:	0.020 m ³
PU del C° fresco:	2325.0 kg/m ³
Asentamiento:	Slump = 3.6 "
Agua añadida:	4.1 l/tanda
Aspecto de la mezcla:	Satisfactoria
Trabajabilidad:	Satisfactoria

2 - PESOS DE LA TANDA

Cemento = 6.5 kg/tanda
Agua añadida = 4.1 l/tanda
Agregado fino húmedo = 19.8 kg/tanda
Agregado grueso húmedo = 15.1 kg/tanda
Peso por tanda = 45.5 kg/tanda

3 - RENDIMIENTO DE LA TANDA DE ENSAYO

Rendimiento = 0.020 m³

4 - AGUA DE MEZCLADO POR TANDA

HUMEDAD SUPERFICIAL DEL AGREGADO

Del agregado fino = 1.21 %
Del agregado grueso = -0.71 %

APORTE DE HUMEDAD DEL AGREGADO

Del agregado fino = 0.2 l/tanda
Del agregado grueso = -0.1 l/tanda
Aporte de humedad del agregado = 0.1 l/tanda

AGUA DE MEZCLADO POR TANDA

Agua de mezclado por tanda = 4.2 l/tanda

5 - AGUA DE MEZCLADO REQUERIDA

Agua de mezclado = 216.1 l/m³

6 - CORRECCIÓN EN EL AGUA DE MEZCLADO

Asentamiento obtenido = 9.14 cm
Asentamiento requerido = 9.91 cm
Incremento o disminución (-) de agua = 1.5 litros
Nueva agua de mezclado = 217.7 litros

7 - NUEVA RELACIÓN a/c

Relación a/c de diseño = 0.67
Nuevo contenido de cemento = 325.7 kg/m³

CORRECCIÓN POR EL MÉTODO DE LOS PESOS

8 - CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO

Aspecto de la mezcla: Satisfactoria
Relación b/bo = 0.00
Agregado grueso seco = 770.4 kg/m³
Agregado grueso húmedo = 772.9 kg/m³
Agregado grueso SSS = 778.4 kg/m³

9 - CONTENIDO DE AGREGADO FINO

Nuevo PU del C° fresco = 2325.0 kg/m³
Agregado fino SSS = 1003.3 kg/m³
Agregado fino seco = 992.9 kg/m³

10 - NUEVOS PESOS SECOS DE LA TANDA

Cemento = 325.7 kg/m³
Agua de diseño = 217.7 l/m³
Agregado fino seco = 992.9 kg/m³
Agregado grueso seco = 770.4 kg/m³

CORRECCIÓN POR EL MÉTODO DE LOS VOLÚMENES ABSOLUTOS

11 - VOLÚMENES ABSOLUTOS CON MATERIALES DE DISEÑO

Cemento = 0.0021 m³
Agua de diseño = 0.0042 m³
Agregado fino seco = 0.0074 m³
Agregado grueso seco = 0.0058 m³
Suma de volúmenes absolutos = 0.0195 m³
Aire atrapado = 0.26 %

12 - VOLÚMENES ABSOLUTOS CON MATERIALES DE DISEÑO AJUSTADOS

Cemento = 0.1051 m³
Agua de diseño = 0.2177 m³
Aire atrapado = 0.003 m³
Agregado grueso seco = 0.2940 m³
Suma de volúmenes absolutos = 0.6194 m³
Volumen absoluto de A. fino seco = 0.3806 m³
Peso seco del A. fino = 989.7 kg/m³

13 - NUEVOS PESOS SECOS DE LA TANDA

Cemento = 325.7 kg/m³
Agua de diseño = 217.7 kg/m³
Agregado fino seco = 989.7 kg/m³
Agregado grueso seco = 770.4 kg/m³

7. DISEÑO DE MEZCLA PARA LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS: 40% DE AGREGADOS DE LA CANTERA OTUZCO Y 60% DE AGREGADOS DE LA CANTERA LA VICTORIA.

- ✓ Selección de las proporciones de mezcla por el método del módulo de finura de la combinación de agregados.

1.- DATOS

Resistencia a compresión = 210.00 kg/cm²

Características de los materiales:

Tipo de cemento = Cemento Pacasmayo Tipo I

Peso específico del cemento = 3.10 gr/cm³

Agua Potable

<u>Agregados : Características</u>	<u>A. FINO</u>	<u>A. GRUESO</u>
Peso específico de Masa =	2.60 gr/cm ³	2.62 gr/cm ³
Peso unitario seco suelto=	1556 gr/cm ³	1336 gr/cm ³
Peso unitario seco compactado=	1738 gr/cm ³	1522 gr/cm ³
Peso específico superficialmente seco=	2.62 gr/cm ³	2.64 gr/cm ³
Módulo de finura =	2.77	6.92
Contenido de Humedad =	3.91 %	0.61 %
Absorción =	1.03 %	1.01 %
Partículas menores al tamiz # 200 =	3.58 %	0.40 %
Perfil =		Redondeado - Angular
T.M.N =	-----	1/2
Abrasión =	-----	30.52 %

2.- SELECCIÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN PROMEDIO REQUERIDA

Por lo tanto = f'_{cr} = 252.00 kg/cm²

3.- SELECCIÓN DEL TAMAÑO DEL AGREGADO GRUESO

TMN = 1/2

4.- SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

SLUMP 3" a 4" consistencia plástica

5.- SELECCIÓN DEL VOLUMEN UNITARIO DEL AGUA DE MEZCLADO

Agua de mezcla = 208.4 lt

Contenido de

aire atrapado =

2 %

Según el TMN y el slump elegido para el diseño

6.- SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C

6.1 - POR RESISTENCIA SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C =

0.69

Interpolando

f'_{cr}	A/C
250.00	0.70
252.00	0.69
300.00	0.55

A/C =	0.69
-------	------

6.2 - POR DURABILIDAD SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C =

0.50

6.3 - SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C =

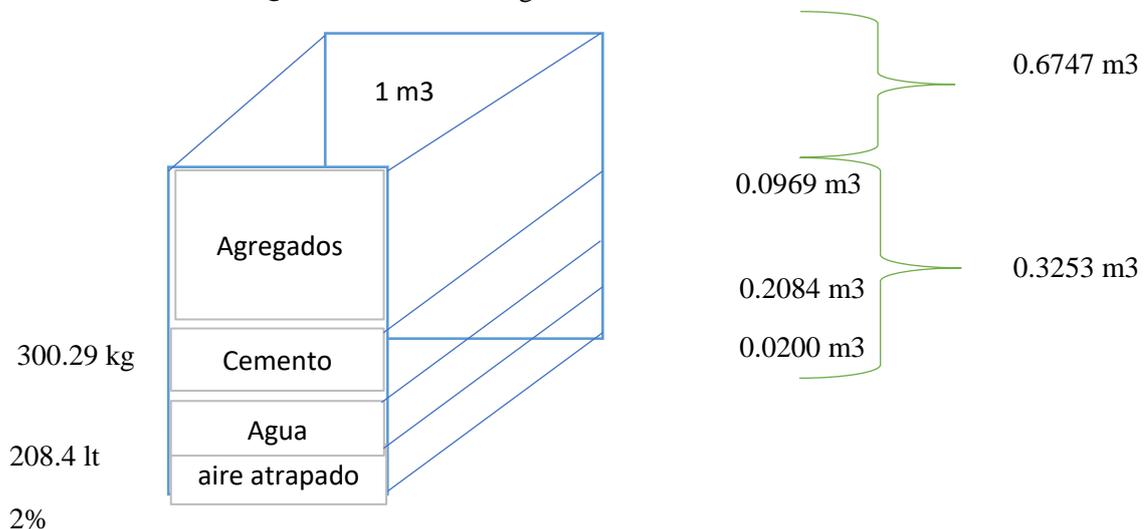
0.69

7.- SELECCIÓN DEL FACTOR CEMENTO

A/C = 0.69

A = 208.40 lt

C = 300.29 Kg



8.- DISEÑO POR MÉTODO DE COMBINACIÓN DE AGREGADOS

Módulo de finura A. Fino (mf) = 2.77

Módulo de finura A. Grueso (mg) = 6.92

Nº Bolsas = Peso cemento (C) /42.5 = 7.07

Interpolando

N° Bolsas	mc
7.00	4.54
7.07	4.54
8.00	4.61

$$mc = 4.54$$

$$\% \text{ Volumen absoluto del agregado fino.} = rf = (mg - mc) / (mg - mf) * 100$$

$$\text{Del 100\% de los agregados} \quad rf = 57.349\%$$

$$rf = 57\%$$

$$\text{Volumen abs. del A. Fino} = 0.3846 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen abs. del A. Grueso} = 0.2901 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso seco del A. Fino} = 998.42 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso seco del A. Grueso} = 758.90 \text{ kg/m}^3$$

9.- CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

9.1.- Peso húmedo del agregado:

$$Ph = Ps (1 + w/100) = 1037.44 \text{ kg/m}^3 \quad : \text{ Peso húmedo del A. Fino}$$

$$763.50 \text{ kg/m}^3 \quad : \text{ Peso húmedo del A. Grueso}$$

9.2.- Humedad superficial:

$$\text{del agregado fino} = W - Abs = 2.87 \% , \quad \text{Aporte de agua} = Ps(W - Abs)$$

$$\text{del agregado grueso} = W - Abs = -0.41 \% \quad 28.65 \text{ lt}$$

$$-3.11 \text{ lt}$$

$$\text{Total} = 25.54 \text{ lt}$$

9.3.- Determinar el agua efectiva

$$\text{Agua efectiva} = \text{Agua mezcla} - (W - abs) / 100 * Psaf - (W - abs) / 100 * Psag$$

W: contenido de humedad del agregado fino ó agregado grueso.

abs: absorción del agregado fino ó agregado grueso.

Psaf : Proporción en peso seco del agregado fino.

Psag : Proporción en peso seco del agregado grueso.

$$Afectiva = 208.4 - (3.91 - 1.03) * 998.42 / 100 - (0.61 - 1.01) * 758.9 / 100$$

$$\begin{aligned} \text{Afectiva} &= 182.79 \text{ lt/ m}^3 \text{ (mezcla)} \\ \text{Nueva relación A/C} &= 0.61 \end{aligned}$$

10.- DETERMINAR LAS PROPORCIONES EN PESO

La proporción en peso de los materiales sin corregir y corregidos por humedad del

agregado son:

$$\begin{aligned} P_p &= \frac{300.29}{300.29} : \frac{P_{af}}{300.29} : \frac{P_{ag}}{300.29} \\ \\ P_p \text{ seco} &= \frac{300.29}{300.29} \quad \frac{998.42}{300.29} \quad \frac{758.90}{300.29} \\ &= 1.00 \quad 3.32 \quad 2.53 / 29.50 \text{lt} \\ \\ P_p \text{ húmedo} &= \frac{300.29}{300.29} \quad \frac{1037.44}{300.29} \quad \frac{758.90}{300.29} \\ \\ P_p &= 1.00 \quad 3.45 \quad 2.53/ 25.93 \text{ lt} \end{aligned}$$

11.- DETERMINAR LAS PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$P_v = (P_p * 42.5) / P_{ush}$$

$$P_{ush} = (P_{uss})(1 + w/100) / 35.32$$

P_v: Proporción en volumen.

P_p: Proporción en peso.

P_{ush}: Peso unitario suelto húmedo.

P_{uss}: Peso unitario seco suelto.

$$P_{ush} = 45.79 \text{ kg/pie}^3 \quad \text{Agregado Fino.}$$

$$P_{ush} = 38.05 \text{ kg/pie}^3 \quad \text{Agregado Grueso.}$$

$$P_v = \frac{42.5 \text{ kg}}{1 \text{ pie}^3} \quad \frac{P_p * 42.5}{P_{ush}} \quad \frac{P_p * 42.5}{P_{ush}}$$

Pv =	1.00	146.83	107.41
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	1.00	45.79	38.05

Pv = 1.00 3.21 2.82 / 25.93lt

12.- CANTIDAD DE MATERIALES POR ESPECÍMEN DE CONCRETO

Volumen de espécimen:	0.00556 m3
Cantidad de cemento:	1.67 kg
Cantidad de A. fino húmedo:	5.77 kg
Cant. de A. grueso húmedo:	4.25 kg
Cantidad de Agua efectiva:	1.02 lt
Peso del espécimen =	12.70 kg

13.- CANTIDAD DE MATERIALES POR TANDA

Volumen de Tanda:	0.0200 m3	40% Otuzco	60% Victoria
Cantidad de cemento:	6.01 kg		
Cantidad de A. fino húmedo:	20.75 kg	8.30 kg	12.45 kg
Cant. de A. grueso húmedo:	15.27 kg	6.11 kg	9.16 kg
Cantidad de Agua efectiva:	3.66 lt		
Peso de la tanda =	45.68 kg		

8. DISEÑO DE MEZCLA PARA LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS: 50% DE AGREGADOS DE LA CANTERA OTUZCO Y 50% DE AGREGADOS DE LA CANTERA LA VICTORIA.

- ✓ Selección de las proporciones de mezcla por el método del módulo de finura de la combinación de agregados.

1.- DATOS

Resistencia a compresión = 210 kg/cm²

Características de los materiales:

Tipo de cemento = Cemento Pacasmayo Tipo I

Peso específico del cemento = 3.10 gr/cm³

Agua Potable

<u>Agregados : Características</u>	<u>A. FINO</u>	<u>A. GRUESO</u>
Peso específico de Masa =	2.60 gr/cm ³	2.62 gr/cm ³
Peso unitario seco suelto=	1556 gr/cm ³	1338 gr/cm ³
Peso unitario seco compactado=	1736 gr/cm ³	1522 gr/cm ³
Peso específico superficialmente seco=	2.62 gr/cm ³	2.64 gr/cm ³
Módulo de finura =	2.78	6.90
Contenido de Humedad =	4.32 %	0.68 %
Absorción =	1.03 %	1.01 %
Partículas menores al tamiz # 200 =	3.70 %	
Perfil =		Angular - Redondeado
T.M.N =	-----	1/2
Abrasión =	-----	30.97 %

2.- SELECCIÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN PROMEDIO REQUERIDA

Por lo tanto = f'_{cr} =	252.00 kg/cm ²
----------------------------	---------------------------

3.- SELECCIÓN DEL TAMAÑO DEL AGREGADO GRUESO

TMN =

4.- SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

SLUMP consistencia plástica

5.- SELECCIÓN DEL VOLUMEN UNITARIO DEL AGUA DE MEZCLADO

Agua de mezcla

Contenido de aire atrapado =

Según el TMN y el slump elegido para el diseño

6.- SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C

6.1 - POR RESISTENCIA SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C= 0.69

Interpolando

f'_{cr}	A/C
250.00	0.70
252.00	0.69
300.00	0.55

A/C =	0.69
-------	------

6.2 - POR DURABILIDAD SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C= 0.50

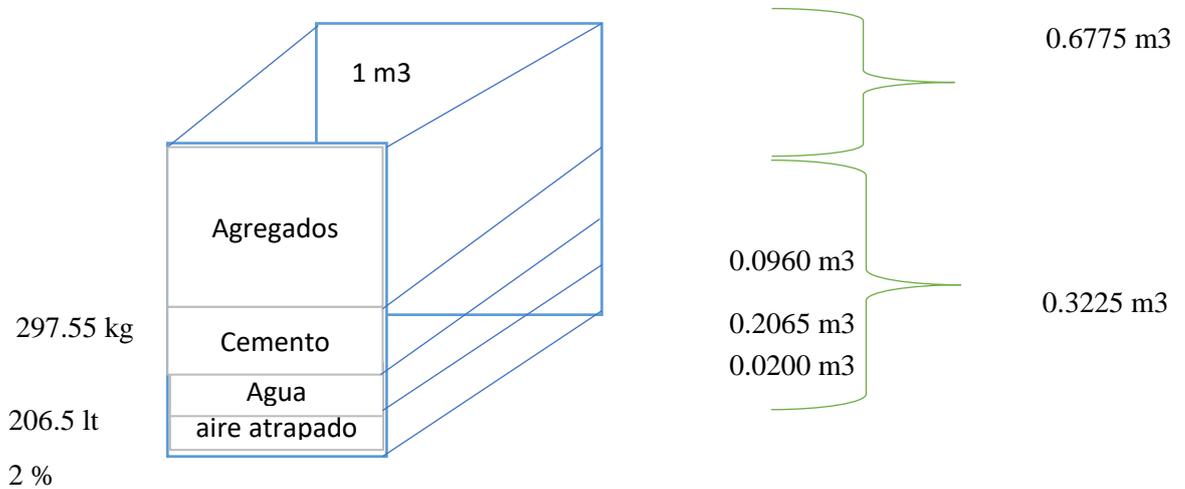
6.3 - SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C = 0.69

7.- SELECCIÓN DEL FACTOR CEMENTO

$$A/C = 0.69$$

$$A = 206.50 \text{ lt}$$

$$C = 297.55 \text{ Kg}$$



8.- DISEÑO POR MÉTODO DE COMBINACIÓN DE AGREGADOS

Módulo de finura A. Fino (mf)= 2.78

Módulo de finura A. Grueso (mg) = 6.90

Nº Bolsas = Peso cemento (C) /42.5 = 7.00

Interpolando

N° Bolsas	mc
7.00	4.54

$$mc = 4.54$$

$$\% \text{ Volumen absoluto del agregado fino.} = rf = (mg - mc) / (mg - mf) * 100$$

$$\text{Del 100\% de los agregados} \quad rf = 57.282 \%$$

$$rf = 57\%$$

$$\text{Volumen abs. del A. Fino} = 0.3862 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen abs. del A. Grueso} = 0.2913 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso seco del A. Fino} = 1002.19 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso seco del A. Grueso} = 761.75 \text{ kg/m}^3$$

9.- CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

9.1.- Peso húmedo del agregado:

$$Ph = Ps (1 + w/100) =$$

$$1045.48 \text{ kg/m}^3 \quad : \text{ Peso húmedo del A. Fino}$$

$$766.89 \text{ kg/m}^3 \quad : \text{ Peso húmedo del A. Grueso}$$

9.2.- Humedad superficial:

$$\text{del agregado fino} = W - Abs = 3.29 \%, \quad \text{Aporte de agua} = Ps(W - Abs)$$

$$\text{del agregado grueso} = W - Abs = -0.33 \% \quad 32.97 \text{ lt}$$

$$-2.51 \text{ lt}$$

9.3.- Determinar el agua efectiva

$$\text{Total} = 30.46 \text{ lt}$$

$$\text{Agua efectiva} = \text{Agua mezcla} - (W - abs) / 100 * Psaf - (W - abs) / 100 * Psag$$

W: contenido de humedad del agregado fino ó agregado grueso.

abs: absorción del agregado fino ó agregado grueso.

Psaf : Proporción en peso seco del agregado fino.

Psag : Proporción en peso seco del agregado grueso.

$$Afectiva = 206.5 - (4.32 - 1.03) * 1002.19 / 100 - (0.68 - 1.01) * 761.75 / 100$$

$$Afectiva = 176.04 \quad \text{lt/ m}^3 \quad (\text{mezcla})$$

$$\text{Nueva relación A/C} = 0.59$$

10.- DETERMINAR LAS PROPORCIONES EN PESO

La proporción en peso de los materiales sin corregir y corregidos por humedad del

agregado son:

$P_p =$	$\frac{297.55}{297.55}$:	$\frac{P_{af}}{297.55}$:	$\frac{P_{ag}}{297.55}$
 $P_p \text{ seco} =$	 $\frac{297.55}{297.55}$	 	 $\frac{1002.19}{297.55}$	 	 $\frac{761.75}{297.55}$
	1.00		3.37		2.56 / 29.50 lt
 $P_p \text{ húmedo} =$	 $\frac{297.55}{297.55}$	 	 $\frac{1045.48}{297.55}$	 	 $\frac{761.75}{297.55}$
	1.00		3.51		2.56 / 25.08 lt

11.- DETERMINAR LAS PROPORCIONES EN VOLUMEN

$P_v = (P_p * 42.5) / P_{ush}$

Pv: Proporción en volumen.

Pp: Proporción en peso.

$P_{ush} = (P_{uss})(1 + w/100) / 35.32$

Push: Peso unitario suelto húmedo.

Puss: Peso unitario seco suelto.

Push = 45.96 kg/pie³ Agregado Fino.

Push = 38.14 kg/pie³ Agregado Grueso.

$$P_v = \frac{42.5 \text{ kg}}{1 \text{ pie}^3} : \frac{P_p * 42.5}{P_{ush}} : \frac{P_p * 42.5}{P_{ush}}$$

Pv =	<u>1.00</u>	<u>149.33</u>	<u>108.80</u>
	1.00	45.96	38.14

Pv =	1.00	3.25	2.85 / 25.08 lt
------	------	------	-----------------

12.- CANTIDAD DE MATERIALES POR ESPECIMEN DE CONCRETO

Volumen de especímen:	0.00556 m ³
Cantidad de cemento:	1.65 kg
Cantidad de A. fino húmedo:	5.81 kg
Cant. de A. grueso húmedo:	4.26 kg
Cantidad de Agua efectiva:	0.98 lt

Peso del especímen = 12.71 kg

13.- CANTIDAD DE MATERIALES POR TANDA

Volumen de Tanda:	0.02000 m ³	50% Otuzco	50% Victoria
Cantidad de cemento:	5.95 kg		
Cantidad de A. fino húmedo:	20.91 kg	10.45 kg	10.45 kg
Cant. de A. grueso húmedo:	15.34 kg	7.67 kg	7.67 kg
Cantidad de Agua efectiva:	3.52 lt		

Peso de la tanda = 45.72 kg

9. DISEÑO DE MEZCLA PARA LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS: 60% DE AGREGADOS DE LA CANTERA OTUZCO Y 40% DE AGREGADOS DE LA CANTERA LA VICTORIA.

- ✓ Selección de las proporciones de mezcla por el método del módulo de finura de la combinación de agregados.

1.- DATOS

Resistencia a compresión = 210.00 kg/cm²

Características de los materiales:

Tipo de cemento = Cemento Pacasmayo Tipo I

Peso específico del cemento = 3.10 gr/cm³

Agua Potable

<u>Agregados : Características</u>	<u>A. FINO</u>	<u>A. GRUESO</u>
Peso específico de Masa =	2.59 gr/cm ³	2.61 gr/cm ³
Peso unitario seco suelto=	1556 gr/cm ³	1340 gr/cm ³
Peso unitario seco compactado=	1733 gr/cm ³	1522 gr/cm ³
Peso específico superficialmente seco=	2.62 gr/cm ³	2.63 gr/cm ³
Módulo de finura =	2.79	6.88
Contenido de Humedad =	4.73 %	0.74 %
Absorción =	1.03 %	1.00 %
Partículas menores al tamiz # 200 =	3.81 %	0.34 %
Perfil =		Redondeado - Angular
T.M.N =	-----	1/2
Abrasión =	-----	31.41 %

2.- SELECCIÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN PROMEDIO REQUERIDA

Por lo tanto = f'_{cr} = 252.00 kg/cm²

3.- SELECCIÓN DEL TAMAÑO DEL AGREGADO GRUESO

TMN = 1/2

4.- SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

SLUMP 3" a 4" consistencia plástica

5.- SELECCIÓN DEL VOLUMEN UNITARIO DEL AGUA DE MEZCLADO

Agua de mezcla 204.6 lt

Contenido de

aire atrapado =

2 %

Según el TMN y el slump elegido para el diseño

6.- SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C

6.1 - POR RESISTENCIA SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C = 0.69

Interpolando

f'cr	A/C
250.00	0.70
252.00	0.69
300.00	0.55

A/C =	0.69
-------	------

6.2 - POR DURABILIDAD SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C = 0.50

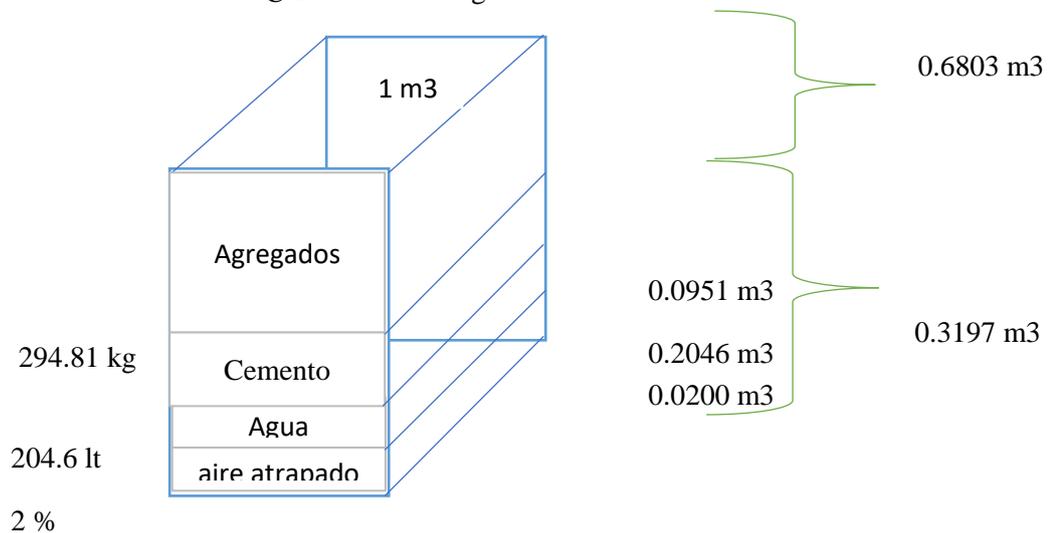
6.3 - SELECCIÓN DE LA RELACIÓN A/C = 0.69

7.- SELECCIÓN DEL FACTOR CEMENTO

A/C = 0.69

A = 204.60 lt

C = 294.81 Kg



8.- DISEÑO POR MÉTODO DE COMBINACIÓN DE AGREGADOS

Módulo de finura A. Fino (mf) = 2.79

Módulo de finura A. Grueso (mg) = 6.88

Nº Bolsas = Peso cemento (C) /42.5 = 6.94

Interpolando

N° Bolsas	mc
6.00	4.46
6.94	4.54
7.00	4.54

$$mc = 4.54$$

$$\% \text{ Volumen absoluto del agregado fino.} = rf = (mg - mc) / (mg - mf) * 100$$

$$\text{Del 100\% de los agregados} \quad rf = 57.213 \%$$

$$rf = 57 \%$$

$$\text{Volumen abs. del A. Fino} = 0.3878 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen abs. del A. Grueso} = 0.2925 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso seco del A. Fino} = 1005.95 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso seco del A. Grueso} = 764.60 \text{ kg/m}^3$$

9.- CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

9.1.- Peso húmedo del agregado:

$$Ph = Ps (1 + w/100) = 1053.55 \text{ kg/m}^3 \quad : \text{ Peso húmedo del A. Fino}$$

$$770.29 \text{ kg/m}^3 \quad : \text{ Peso húmedo del A. Grueso}$$

9.2.- Humedad superficial:

$$\text{del agregado fino} = W - Abs = 3.71 \%, \quad \text{Aporte de agua} = Ps(W - Abs)$$

$$\text{del agregado grueso} = W - Abs = -0.25 \% \quad 37.32 \text{ lt}$$

$$-1.91 \text{ lt}$$

$$9.3.- \text{ Determinar el agua efectiva} \quad \text{Total} = 35.41 \text{ lt}$$

$$\text{Agua efectiva} = \text{Agua mezcla} - (W - abs)/100 * Psaf - (W - abs)/100 * Psag$$

W: contenido de humedad del agregado fino ó agregado grueso.

abs: absorción del agregado fino ó agregado grueso.

Psaf : Proporción en peso seco del agregado fino.

Psag : Proporción en peso seco del agregado grueso.

$$\begin{aligned} \text{Afectiva} &= 204.6 - (4.73 - 1.03) * 1005.95 / 100 - (0.74 - 1) * 764.6 / 100 \\ \text{Afectiva} &= 169.26 \quad \text{lt/ m}^3 \quad (\text{mezcla}) \\ \text{Nueva relación A/C} &= 0.57 \end{aligned}$$

10.- DETERMINAR LAS PROPORCIONES EN PESO

La proporción en peso de los materiales sin corregir y corregidos por humedad del

agregado son:

$$\begin{aligned} \text{Pp} &= \frac{294.81}{294.81} : \frac{\text{Paf}}{294.81} : \frac{\text{Pag}}{294.81} \\ \\ \text{Pp seco} &= \frac{294.81}{294.81} \quad \frac{1005.95}{294.81} \quad \frac{764.60}{294.81} \\ &= 1.00 \quad 3.41 \quad 2.59/29.50\text{lt} \\ \\ \text{Pp húmedo} &= \frac{294.81}{294.81} \quad \frac{1053.55}{294.81} \quad \frac{764.60}{294.81} \\ \\ \text{Pp} &= 1.00 \quad 3.57 \quad 2.59/24.23\text{lt} \end{aligned}$$

11.- DETERMINAR LAS PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$\text{Pv} = (\text{Pp} * 42.5) / \text{Push}$$

$$\text{Push} = (\text{Puss})(1 + w/100) / 35.32$$

Pv: Proporción en volumen.

Pp: Proporción en peso.

Push: Peso unitario suelto húmedo.

Puss: Peso unitario seco suelto.

$$\text{Push} = 46.14 \text{ kg/pie}^3 \quad \text{Agregado Fino.}$$

$$\text{Push} = 38.23 \text{ kg/pie}^3 \quad \text{Agregado Grueso.}$$

$$P_v = \frac{42.5 \text{ kg}}{1 \text{ pie}^3} : \frac{P_p * 42.5}{\text{Push}} : \frac{P_p * 42.5}{\text{Push}}$$

$$P_v = \frac{1.00}{1.00} \quad \frac{151.88}{46.14} \quad \frac{110.23}{38.23}$$

$$P_v = 1.00 \quad 3.29 \quad 2.88 / 24.23 \text{lt}$$

12.- CANTIDAD DE MATERIALES POR ESPECÍMEN DE CONCRETO

Volumen de especímen:	0.00556 m3
Cantidad de cemento:	1.64 kg
Cantidad de A. fino húmedo:	5.86 kg
Cant. de A. grueso húmedo:	4.28 kg
Cantidad de Agua efectiva:	0.94 lt
Peso del especímen =	12.72 kg

13.- CANTIDAD DE MATERIALES POR TANDA

Volumen de Tanda:	0.0200 m3	60% Otuzco	40% Victoria
Cantidad de cemento:	5.90 kg		
Cantidad de A. fino húmedo:	21.07 kg	12.64 kg	8.43 kg
Cant. de A. grueso húmedo:	15.41 kg	9.24 kg	6.16 kg
Cantidad de Agua efectiva:	3.39 lt		
Peso de la tanda =	45.76 kg		

ANEXO N° 03: ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO.

Tabla 70: Resistencia a la compresión del agregado combinado – proporción 60/40. ensayada a los 7 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																			
ASTM C39 / NTP 339.034																			
f'cr REQUERIDA:		252 kg/cm2										MEZCLA:		60/40.					
f'c DE DISEÑO:		210 kg/cm2										EDAD:		7 días					
% f'c ESPERADO:		70%																	
PROBETA									DATOS PROBETA ENDURECIDA						DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN				
	SLUMP (cm)	P-MOL (kg)	P-MOL + C° F (kg)	DIÁM (cm)	ALT (cm)	PESO (kg)	VOL. (m³)	P.U. (kg/m³)	DIÁM (cm)	ALT (cm)	ÁREA (cm²)	VOL. (m³)	PESO (kg)	P.U. (kg/m³)	CARGA ROT. (kg)	TIPO FALLA	f'c-OBT. (kg/cm²)	f'c-OBT. (%)	MODO DE FALLA
M-01	8.40	8.592	21.479	15.220	30.2	12.887	0.0055	2345	15.130	30.2	179.79	0.0054	12.615	2323	30500.0	(6)	169.64	80.78	Frágil
M-02	-	-	-	-	-	-	-	-	15.100	30.2	179.08	0.0054	12.760	2359	31500.0	(5)	175.90	83.76	Dúctil
M-03	8.20	8.619	21.590	15.250	30.3	12.971	0.0055	2344	15.140	30.3	180.03	0.0055	12.730	2334	30000.0	(4)	166.64	79.35	Dúctil
M-04	-	-	-	-	-	-	-	-	15.210	30.2	181.70	0.0055	12.790	2331	31500.0	(2)	173.37	82.55	Dúctil
M-05	-	-	-	-	-	-	-	-	15.100	30.5	179.08	0.0055	12.680	2322	32000.0	(5)	178.69	85.09	Frágil
M-06	8.50	-	-	-	-	-	-	-	15.170	30.0	180.74	0.0054	12.695	2341	32500.0	(5)	179.81	85.63	Frágil
M-07	-	-	-	-	-	-	-	-	15.120	30.2	179.55	0.0054	12.739	2349	33000.0	(4)	183.79	87.52	Dúctil
M-08	-	-	-	-	-	-	-	-	15.220	30.3	181.94	0.0055	12.800	2322	32200.0	(5)	176.99	84.28	Dúctil
M-09	-	-	-	-	-	-	-	-	15.120	30.1	179.55	0.0054	12.670	2344	31700.0	(5)	176.55	84.07	Dúctil
M-10	-	-	-	-	-	-	-	-	15.100	30.4	179.08	0.0054	12.771	2346	32000.0	(6)	178.69	85.09	Frágil
PROMEDIOS	8.37	-	-	-	-	-	-	2345	-	-	-	-	-	2337	-	-	176.01	83.81	60 % Dúctil

Tabla 71: Resistencia a la compresión del agregado combinado – Proporción 60/40, ensayada a los 14 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																			
ASTM C39 / NTP 339.034																			
f'cr REQUERIDA:		252 kg/cm2							MEZCLA:		60/40.								
f'c DE DISEÑO:		210 kg/cm2							EDAD:		14 días								
% f'c ESPERADO:		80%																	
PROBETA									DATOS PROBETA ENDURECIDA						DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN				
	SLUM P (cm)	P-MO L. (kg)	P-MOL . + C°F (kg)	DIÁ M. (cm)	AL T. (cm)	PES O (kg)	VOL. (m³)	P.U. (kg/m³)	DIÁ M. (cm)	AL T. (cm)	ÁRE A (cm²)	VOL. (m³)	PES O (kg)	P.U. (kg/m³)	CARG A ROT. (kg)	TIPO FALL A	f'c-OBT. (kg/cm²)	f'c-OBT. (%)	MODO DE FALLA
M - 01	9.00	7.263	20.119	15.220	30.2	12.856	0.00549447	2340	15.650	30.5	192.36	0.00586703	13.290	2265	44500.0	(5)	231.34	110.16	Frágil
M - 02	-	-	-	-	-	-	-	-	15.140	30.3	180.03	0.00545487	13.032	2389	46500.0	(2)	258.29	123.00	Dúctil
M - 03	-	-	-	-	-	-	-	-	15.100	30.5	179.08	0.00546190	12.823	2348	43500.0	(5)	242.91	115.67	Dúctil
M - 04	-	-	-	-	-	-	-	-	15.250	30.3	182.65	0.00553442	13.040	2356	43000.0	(5)	235.42	112.10	Frágil
M - 05	8.50	8.610	21.597	15.140	30.3	12.987	0.00545487	2381	15.120	30.1	179.55	0.00540456	12.070	2233	44000.0	(6)	245.05	116.69	Dúctil
M - 06	-	-	-	-	-	-	-	-	15.130	30.2	179.79	0.00542969	12.900	2376	44500.0	(5)	247.51	117.86	Frágil
M - 07	-	-	-	-	-	-	-	-	15.140	29.8	180.03	0.00536485	12.700	2367	43500.0	(4)	241.63	115.06	Dúctil
M - 08	-	-	-	-	-	-	-	-	15.310	30.2	184.09	0.00555965	13.065	2350	43000.0	(4)	233.58	111.23	Dúctil
M - 09	-	-	-	-	-	-	-	-	15.120	30.4	179.55	0.00544944	12.890	2365	44000.0	(5)	245.05	116.69	Frágil
M - 10	8.40	8.717	21.760	15.360	30.4	13.043	0.00563308	2315	15.210	30.2	181.70	0.00548726	12.888	2349	45000.0	(6)	247.66	117.94	Frágil
PROMEDIOS	8.63	-	-	-	-	-	-	2345	-	-	-	-	-	2340	-	-	242.84	115.64	50 %Dúctil

Tabla 72: Resistencia a la compresión del agregado combinado – Proporción 60/40. ensayada a los 28 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																			
ASTM C39 / NTP 339.034																			
f'cr REQUERIDA:		252 kg/cm2										MEZCLA:		60/40.					
f'c DE DISEÑO:		210 kg/cm2										EDAD:		28 días					
% f'c ESPERADO:		100%																	
PROBETA									DATOS PROBETA ENDURECIDA						DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN				
	SLUM P (cm)	P-MO L. (kg)	P-MOL .+ C°F (kg)	DIÁ M. (cm)	AL T. (cm)	PES O (kg)	VOL. (m³)	P.U. (kg/m³)	DIÁ M. (cm)	AL T. (cm)	ÁREA (cm²)	VOL. (m³)	PES O (kg)	P.U. (kg/m³)	CARG A ROT. (kg)	TIPO FALL A	f'c-OBT. (kg/cm²)	f'c-OBT. (%)	MODO DE FALLA
M - 01	8.70	8.550	21.800	15.360	30.4	13.250	0.00563308	2352	15.300	30.3	183.85	0.00557077	12.826	2302	53000.0	(5)	288.27	137.27	Dúctil
M - 02	9.00	-	-	-	-	-	-	-	15.140	30.5	180.03	0.00549087	12.926	2354	50500.0	(4)	280.51	133.58	Dúctil
M - 03	-	-	-	-	-	-	-	-	15.130	30.2	179.79	0.00542969	12.780	2354	49800.0	(5)	276.99	131.90	Frágil
M - 04	-	-	-	-	-	-	-	-	15.100	30.3	179.08	0.00542608	12.931	2383	45000.0	(4)	251.29	119.66	Frágil
M - 05	-	-	-	-	-	-	-	-	15.170	29.9	180.74	0.00540421	12.698	2350	50000.0	(2)	276.64	131.73	Frágil
M - 06	-	-	-	-	-	-	-	-	15.230	30.4	182.18	0.00553813	12.899	2329	51500.0	(5)	282.69	134.62	Dúctil
M - 07	-	-	-	-	-	-	-	-	15.120	30.4	179.55	0.00544944	12.690	2329	52300.0	(4)	291.28	138.70	Dúctil
M - 08	-	-	-	-	-	-	-	-	15.200	30.4	181.46	0.00551634	12.910	2340	52000.0	(6)	286.57	136.46	Frágil
M - 09	8.60	7.180	20.140	15.230	30.4	12.960	0.00553813	2340	15.300	30.6	183.85	0.00562593	13.021	2314	52500.0	(5)	285.55	135.98	Frágil
M - 10	-	-	-	-	-	-	-	-	15.140	30.4	180.03	0.00547287	12.992	2374	55500.0	(4)	308.28	146.80	Dúctil
PROMEDI OS	8.77	-	-	-	-	-	-	2346	-	-	-	-	-	2343	-	-	282.81	134.67	50 %Dúctil

Tabla 73: Resistencia a la compresión del agregado combinado – Proporción 50/50. ensayada a los 7 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																			
ASTM C39 / NTP 339.034																			
f'cr REQUERIDA:		252 kg/cm2					MEZCLA:					50/50.							
f'c DE DISEÑO:		210 kg/cm2					EDAD:					7 días							
% f'c ESPERADO:		70%																	
PROBETA									DATOS PROBETA ENDURECIDA						DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN				
	SLUM P (cm)	P-MO L. (kg)	P-MOL .+ C°F (kg)	DIÁ M. (cm)	ALT . (cm)	PES O (kg)	VOL. (m³)	P.U. (kg/m³)	DIÁ M. (cm)	ALT . (cm)	ÁRE A (cm²)	VOL. (m³)	PES O (kg)	P.U. (kg/m³)	CARG A ROT. (kg)	TIPO FALL A	f'c-OBT. (kg/cm²)	f'c-OBT . (%)	MODO DE FALLA
M-01	8.50	7.096	20.050	15.210	30.2	12.954	0.00548726	2361	15.140	30.3	180.03	0.00545487	12.630	2315	30000.0	(5)	166.64	79.35	Frágil
M-02	-	-	-	-	-	-	-	-	15.100	30.5	179.08	0.00546190	12.790	2342	31000.0	(4)	173.11	82.43	Dúctil
M-03	-	-	-	-	-	-	-	-	15.100	30.3	179.08	0.00542608	12.837	2366	32000.0	(6)	178.69	85.09	Frágil
M-04	-	-	-	-	-	-	-	-	15.120	30.4	179.55	0.00544944	12.853	2359	31500.0	(4)	175.44	83.54	Dúctil
M-05	-	-	-	-	-	-	-	-	15.100	29.9	179.08	0.00535445	12.343	2305	31500.0	(5)	175.90	83.76	Dúctil
M-06	-	-	-	-	-	-	-	-	15.230	30.4	182.18	0.00553813	12.895	2328	32000.0	(6)	175.65	83.65	Frágil
M-07	-	-	-	-	-	-	-	-	15.120	30.1	179.55	0.00540456	12.739	2357	32500.0	(4)	181.00	86.19	Dúctil
M-08	-	-	-	-	-	-	-	-	15.140	30.0	180.03	0.00540086	12.426	2301	30500.0	(4)	169.42	80.67	Frágil
M-09	-	-	-	-	-	-	-	-	15.140	29.8	180.03	0.00536485	12.473	2325	32300.0	(5)	179.42	85.44	Frágil
M-10	8.60	7.732	20.290	15.100	30.1	12.558	0.00539027	2330	15.250	30.3	182.65	0.00553442	12.990	2347	31000.0	(3)	169.72	80.82	Frágil
PROMEDI OS	8.55	-	-	-	-	-	-	2345	-	-	-	-	-	2334	-	-	174.50	83.09	40 %Dúctil

Tabla 74: Resistencia a la compresión del agregado combinado – Proporción 50/50. ensayada a los 14 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																			
ASTM C39 / NTP 339.034																			
f'cr REQUERIDA:		252 kg/cm2										MEZCLA:		50/50.					
f'c DE DISEÑO:		210 kg/cm2										EDAD:		14 días					
% f'c ESPERADO:		80%																	
PROBETA									DATOS PROBETA ENDURECIDA						DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN				
	SLUM P (cm)	P-MOL (kg)	P-MOL + C°F (kg)	DIÁ M. (cm)	ALT (cm)	PESO (kg)	VOL. (m³)	P.U. (kg/m³)	DIÁ M. (cm)	ALT (cm)	ÁREA (cm²)	VOL. (m³)	PESO (kg)	P.U. (kg/m³)	CARGA ROT. (kg)	TIPO FALLA	f'c-OBT. (kg/cm²)	f'c-OBT. (%)	MODO DE FALLA
M - 01	8.90	11.620	24.560	15.220	30.3	12.940	0.00551267	2347	15.100	30.5	179.08	0.00546190	12.690	2323	33000.0	(5)	184.28	87.75	Dúctil
M - 02	-	-	-	-	-	-	-	-	15.140	30.3	180.03	0.00545487	12.790	2345	30500.0	(3)	169.42	80.67	Dúctil
M - 03	-	-	-	-	-	-	-	-	15.120	30.1	179.55	0.00540456	12.723	2354	32000.0	(6)	178.22	84.87	Frágil
M - 04	-	-	-	-	-	-	-	-	15.100	29.8	179.08	0.00533654	12.393	2322	31000.0	(6)	173.11	82.43	Dúctil
M - 05	-	-	-	-	-	-	-	-	15.100	30.1	179.08	0.00539027	12.530	2325	31500.0	(6)	175.90	83.76	Dúctil
M - 06	-	-	-	-	-	-	-	-	15.140	30.0	180.03	0.00540086	12.640	2340	32500.0	(6)	180.53	85.97	Frágil
M - 07	-	-	-	-	-	-	-	-	15.360	30.3	185.30	0.00561455	13.165	2345	32000.0	(6)	172.69	82.24	Dúctil
M - 08	-	-	-	-	-	-	-	-	15.210	30.2	181.70	0.00548726	12.890	2349	31000.0	(4)	170.61	81.24	Dúctil
M - 09	-	-	-	-	-	-	-	-	15.130	30.2	179.79	0.00542969	12.780	2354	32000.0	(5)	177.98	84.75	Frágil
M - 10	8.60	11.880	24.700	15.240	30.1	12.820	0.00549068	2335	15.230	30.4	182.18	0.00553813	12.888	2327	31000.0	(6)	170.17	81.03	Frágil
PROMEDIOS	8.75	-	-	-	-	-	-	2341	-	-	-	-	-	2338	-	-	175.29	83.47	60 %Dúctil

Tabla 75: Resistencia a la compresión del agregado combinado – Proporción 50/50. ensayada a los 28 días

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																			
ASTM C39 / NTP 339.034																			
f'cr REQUERIDA:		252 kg/cm2							MEZCLA:		50/50.								
f'c DE DISEÑO:		210 kg/cm2							EDAD:		28 días								
% f'c ESPERADO:		100%																	
PROBETA									DATOS PROBETA ENDURECIDA						DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN				
	SLUM P (cm)	P-MOL . (kg)	P-MOL . + C°F (kg)	DIÁ M. (cm)	AL T. (cm)	PES O (kg)	VOL. (m³)	P.U. (kg/m³)	DIÁ M. (cm)	AL T. (cm)	ÁRE A (cm²)	VOL. (m³)	PES O (kg)	P.U. (kg/m³)	CARG A ROT. (kg)	TIPO FALL A	f'c-OBT. (kg/cm²)	f'c-OBT. (%)	MODO DE FALLA
M - 01	9.00	10.870	24.000	15.350	30.3	13.130	0.00560724	2342	15.200	30.3	181.46	0.00549819	12.804	2329	37500.0	(4)	206.66	98.41	Frágil
M - 02	-	-	-	-	-	-	-	-	15.160	30.2	180.50	0.00545124	12.600	2311	35000.0	(4)	193.90	92.33	Dúctil
M - 03	-	-	-	-	-	-	-	-	15.100	30.5	179.08	0.00546190	12.700	2325	36000.0	(5)	201.03	95.73	Dúctil
M - 04	-	-	-	-	-	-	-	-	15.140	30.3	180.03	0.00545487	13.000	2383	35500.0	(4)	197.19	93.90	Frágil
M - 05	-	-	-	-	-	-	-	-	15.360	30.3	185.30	0.00561455	12.900	2298	37000.0	(4)	199.68	95.08	Frágil
M - 06	-	-	-	-	-	-	-	-	15.250	30.3	182.65	0.00553442	13.000	2349	37000.0	(6)	202.57	96.46	Frágil
M - 07	-	-	-	-	-	-	-	-	15.100	29.8	179.08	0.00533654	12.680	2376	36500.0	(4)	203.82	97.06	Dúctil
M - 08	-	-	-	-	-	-	-	-	15.040	30.0	177.66	0.00532975	12.370	2321	37500.0	(4)	211.08	100.51	Frágil
M - 09	8.70	8.760	21.580	15.140	30.4	12.820	0.00547287	2342	15.100	29.9	179.08	0.00535445	12.440	2323	37000.0	(5)	206.61	98.39	Dúctil
M - 10	-	-	-	-	-	-	-	-	15.600	30.0	191.13	0.00573403	13.618	2375	35000.0	(4)	183.12	87.20	Frágil
PROMEDI OS	8.85	-	-	-	-	-	-	2342	-	-	-	-	-	2339	-	-	200.57	95.51	40 %Dúctil

Tabla 76: Resistencia a la compresión del agregado combinado – Proporción 60/40. ensayada a los 7 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																					
ASTM C39 / NTP 339.034																					
f'cr REQUERIDA:		252 kg/cm2					MEZCLA:					60/40.									
f'c DE DISEÑO:		210 kg/cm2					EDAD:					7 días									
% f'c ESPERADO:		70%																			
PROBETA									DATOS PROBETA ENDURECIDA						DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN						
	SLUM P (cm)	P-MO L. (kg)	P-MOL .+ C°F (kg)	DIÁ M. (cm)	ALT . (cm)	PES O (kg)	VOL. (m³)	P.U. (kg/m³)	DIÁ M. (cm)	ALT . (cm)	ÁRE A (cm²)	VOL. (m³)	PES O (kg)	P.U. (kg/m³)	CARG A ROT. (kg)	TIPO FALL A	f'c-OBT. (kg/cm²)	f'c-OBT . (%)	MODO DE FALLA		
M-01	8.50	7.263	20.170	15.260	30.1	12.907	0.00550510	2345	15.120	30.1	179.55	0.00540456	12.800	2368	33000.0	(4)	183.79	87.52	Frágil		
M-02				-	-	-	-	-	15.250	30.3	182.65	0.00553442	12.860	2324	34000.0	(4)	186.14	88.64	Dúctil		
M-03				-	-	-	-	-	15.120	30.4	179.55	0.00544944	12.600	2312	33000.0	(5)	183.79	87.52	Frágil		
M-04				-	-	-	-	-	15.310	30.2	184.09	0.00555965	12.840	2309	33800.0	(4)	183.60	87.43	Dúctil		
M-05				-	-	-	-	-	15.140	30.0	180.03	0.00540086	12.670	2346	33000.0	(5)	183.30	87.29	Dúctil		
M-06				-	-	-	-	-	15.100	30.5	179.08	0.00546190	12.660	2318	34000.0	(4)	189.86	90.41	Frágil		
M-07				-	-	-	-	-	15.120	30.1	179.55	0.00540456	12.739	2357	33000.0	(4)	183.79	87.52	Dúctil		
M-08				-	-	-	-	-	15.220	30.3	181.94	0.00551267	12.830	2327	33300.0	(5)	183.03	87.16	Dúctil		
M-09				-	-	-	-	-	15.100	30.3	179.08	0.00542608	12.580	2318	32800.0	(4)	183.16	87.22	Dúctil		
M-10	8.30	8.717	21.760	15.300	30.3	13.043	0.00557077	2341	15.050	30.3	177.89	0.00538131	12.558	2334	33500.0	(4)	188.31	89.67	Frágil		
PROMEDI OS	8.40	-	-	-	-	-	-	2343	-	-	-	-	-	2331	-	-	184.88	88.04	60 %Dúctil		

Tabla 77: Resistencia a la compresión del agregado combinado – Proporción 60/40. ensayada a los 14 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																			
ASTM C39 / NTP 339.034																			
f'cr REQUERIDA:		252 kg/cm2										MEZCLA:		60/40.					
f'c DE DISEÑO:		210 kg/cm2										EDAD:		14 días					
% f'c ESPERADO:		80%																	
PROBETA									DATOS PROBETA ENDURECIDA						DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN				
	SLUM P (cm)	P-MO L. (kg)	P-MOL . + C°F (kg)	DIÁ M. (cm)	AL T. (cm)	PES O (kg)	VOL. (m³)	P.U. (kg/m³)	DIÁ M. (cm)	AL T. (cm)	ÁRE A (cm²)	VOL. (m³)	PES O (kg)	P.U. (kg/m³)	CARG A ROT. (kg)	TIPO FALL A	f'c-OBT. (kg/cm²)	f'c-OBT. (%)	MODO DE FALLA
M - 01	8.65	8.624	21.617	15.310	30.2	12.993	0.00555965	2337	15.220	30.3	181.94	0.00551267	13.006	2359	46500.0	(4)	255.58	121.71	Dúctil
M - 02	-	-	-	-	-	-	-	-	15.500	29.6	188.69	0.00558528	12.349	2211	42000.0	(6)	222.59	105.99	Dúctil
M - 03	-	-	-	-	-	-	-	-	15.100	30.1	179.08	0.00539027	12.716	2359	48000.0	(5)	268.04	127.64	Frágil
M - 04	-	-	-	-	-	-	-	-	15.100	30.5	179.08	0.00546190	12.825	2348	47000.0	(5)	262.45	124.98	Frágil
M - 05	-	-	-	-	-	-	-	-	15.140	30.3	180.03	0.00545487	12.720	2332	46800.0	(4)	259.96	123.79	Frágil
M - 06	-	-	-	-	-	-	-	-	15.210	30.2	181.70	0.00548726	12.800	2333	47000.0	(6)	258.67	123.18	Dúctil
M - 07	-	-	-	-	-	-	-	-	15.250	30.3	182.65	0.00553442	13.000	2349	46000.0	(5)	251.84	119.92	Frágil
M - 08	-	-	-	-	-	-	-	-	15.140	30.0	180.03	0.00540086	12.780	2366	46600.0	(4)	258.85	123.26	Dúctil
M - 09	-	-	-	-	-	-	-	-	15.100	29.9	179.08	0.00535445	12.790	2389	46500.0	(5)	259.66	123.65	Frágil
M - 10	8.72	8.598	21.589	15.230	30.4	12.991	0.00553813	2346	15.360	30.3	185.30	0.00561455	12.913	2300	48000.0	(4)	259.04	123.35	Frágil
PROMEDIOS	8.69	-	-	-	-	-	-	2341	-	-	-	-	-	2335	-	-	255.67	121.75	40 %Dúctil

Tabla 78: Resistencia a la compresión del agregado combinado – Proporción 60/40. ensayada a los 28 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN																			
ASTM C39 / NTP 339.034																			
f'cr REQUERIDA: 252 kg/cm2									MEZCLA: 60/40.										
f'c DE DISEÑO: 210 kg/cm2									EDAD: 28 días										
% f'c ESPERADO: 100%																			
PROBETA									DATOS PROBETA ENDURECIDA						DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN				
	SLUM P (cm)	P-MO L. (kg)	P-MOL .+ C°F (kg)	DIÁ M. (cm)	AL T. (cm)	PES O (kg)	VOL. (m³)	P.U. (kg/m³)	DIÁ M. (cm)	AL T. (cm)	ÁRE A (cm²)	VOL. (m³)	PES O (kg)	P.U. (kg/m³)	CARG A ROT. (kg)	TIPO FALL A	f'c-OBT. (kg/cm²)	f'c-OBT. (%)	MODO DE FALLA
M - 01	9.00	8.620	21.79 1	15.36 0	30.3	13.17 1	0.005614 55	2346	15.25 0	30.3	182.6 5	0.005534 42	12.94 4	2339	54000.0	(4)	295.64	140.7 8	Dúctil
M - 02	-	-	-	-	-	-	-	-	15.10 0	30.3	179.0 8	0.005426 08	12.89 7	2377	53000.0	(4)	295.96	140.9 3	Frágil
M - 03	-	-	-	-	-	-	-	-	15.36 0	30.2	185.3 0	0.005596 02	13.00 0	2323	49000.0	(5)	264.44	125.9 2	Dúctil
M - 04	-	-	-	-	-	-	-	-	15.31 0	30.2	184.0 9	0.005559 65	12.93 6	2327	54000.0	(4)	293.33	139.6 8	Frágil
M - 05	-	-	-	-	-	-	-	-	15.14 0	30.3	180.0 3	0.005454 87	12.89 0	2363	52500.0	(4)	291.62	138.8 7	Dúctil
M - 06	-	-	-	-	-	-	-	-	15.16 0	30.4	180.5 0	0.005487 34	12.92 7	2356	52000.0	(4)	288.08	137.1 8	Dúctil
M - 07	-	-	-	-	-	-	-	-	15.24 0	30.4	182.4 1	0.005545 41	12.96 4	2338	55500.0	(5)	304.25	144.8 8	Dúctil
M - 08	-	-	-	-	-	-	-	-	15.48 0	30.2	188.2 1	0.005683 80	12.72 4	2239	47500.0	(4)	252.38	120.1 8	Dúctil
M - 09	9.00	8.613	21.53 0	15.22 0	30.3	12.91 7	0.005512 67	2343	15.10 0	30.3	179.0 8	0.005426 08	12.84 6	2367	55000.0	(4)	307.13	146.2 5	Frágil
M - 10	-	-	-	-	-	-	-	-	15.06 0	30.1	178.1 3	0.005361 75	12.84 2	2395	48000.0	(5)	269.46	128.3 2	Frágil
PROMEDI OS	9.00	-	-	-	-	-	-	2345	-	-	-	-	-	2342	-	-	286.23	136.3 0	60 %Dúctil

**ANEXO N° 04: DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DE
LOS ESPECIMENES ENSAYADOS.**

Gráfico N° 7: Módulo de elasticidad y deformación de los especímenes elaborados con agregado combinado – Proporción 40/60. ensayada a los 7 días, Muestra- 01.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469				
PROBETA:	M-01		MEZCLA:	P - 40/60
EDAD:	7 DÍAS		DIÁMETRO (cm):	15.130
			LONGITUD (mm):	302.0
CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
2.0	0.10	0.33	11.12	14.61
4.0	0.27	0.89	22.25	38.40
6.0	0.40	1.32	33.37	55.70
8.0	0.52	1.72	44.50	70.99
10.0	0.61	2.02	55.62	82.02
12.0	0.62	2.05	66.74	83.23
14.0	0.69	2.28	77.87	91.52
16.0	0.78	2.58	88.99	101.86
18.0	0.85	2.81	100.12	109.64
20.0	0.93	3.08	111.24	118.26
22.0	1.01	3.34	122.36	126.59
24.0	1.08	3.58	133.49	133.64
26.0	1.15	3.81	144.61	140.47
28.0	1.25	4.14	155.74	149.83
30.0	1.38	4.57	166.86	161.32
30.5	1.68	5.56	169.64	184.89
30.0	1.71	5.66	166.86	187.02
EC. DE ESF. CORREGIDA:	$-2.081x^2 + 44.81x$			
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	5.56			
ESF. ROT (kg/cm²):	184.89			
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm²):	203961.13			

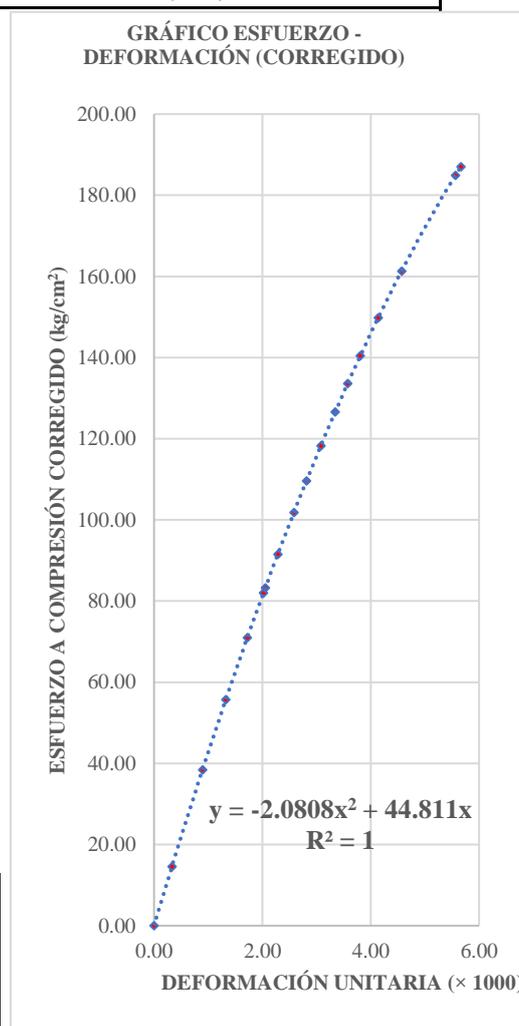


Gráfico N° 8: Módulo de elasticidad y deformación de los especímenes elaborados con agregado combinado – Proporción 40/60. ensayada a los 7 días, Muestra- 02.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO				
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469				
PROBETA:	M-02		MEZCLA:	P - 40/60
EDAD:	7 DÍAS		DIÁMETRO (cm):	15.360
			LONGITUD (mm):	302.0
CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm²)	ESF. CORREG. (kg/cm²)
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
2.0	0.10	0.33	10.79	12.75
4.0	0.29	0.96	21.59	36.31
6.0	0.42	1.39	32.38	51.93
8.0	0.54	1.79	43.17	65.98
10.0	0.57	1.89	53.97	69.44
12.0	0.66	2.19	64.76	79.69
14.0	0.74	2.45	75.55	88.64
16.0	0.82	2.72	86.35	97.43
18.0	0.89	2.95	97.14	105.00
20.0	0.97	3.21	107.93	113.50
22.0	1.05	3.48	118.73	121.85
24.0	1.14	3.77	129.52	131.05
26.0	1.22	4.04	140.31	139.07
28.0	1.33	4.40	151.11	149.85
30.0	1.41	4.67	161.90	157.50
31.5	1.65	5.46	170.00	179.54
30.0	1.73	5.73	161.90	186.57
EC. DE ESF. CORREGIDA:	$-1.1x^2 + 38.87x$			
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	5.46			
ESF. ROT (kg/cm²):	179.54			
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm²):	200986.16			

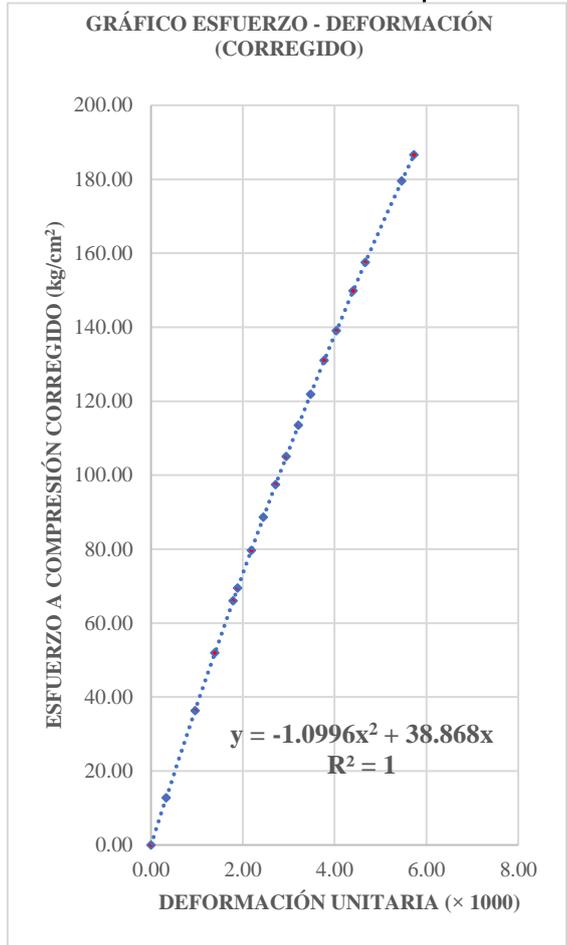
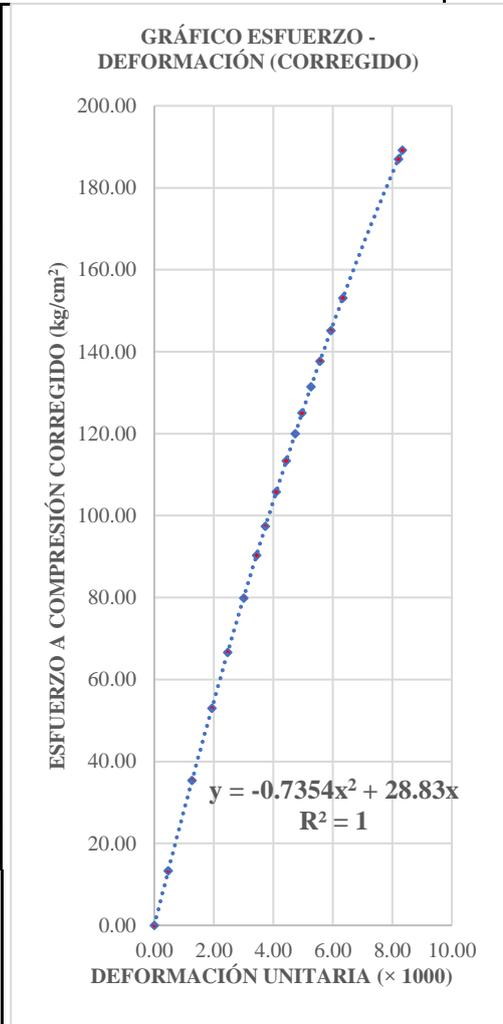


Gráfico N° 9: Módulo de elasticidad y deformación de los especímenes elaborados con agregado combinado – Proporción 50/50. ensayada a los 7 días, Muestra- 02.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469			
PROBETA:	M-02	MEZCLA:	P - 50/50
EDAD:	7 DÍAS	DIÁMETRO (cm):	15.140
		LONGITUD (mm):	300.0

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm ²)	ESF. CORREG. (kg/cm ²)
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
2.0	0.14	0.47	11.11	13.29
4.0	0.38	1.27	22.22	35.34
6.0	0.58	1.93	33.33	52.99
8.0	0.74	2.47	44.44	66.64
10.0	0.90	3.00	55.55	79.87
12.0	1.03	3.43	66.66	90.31
14.0	1.12	3.73	77.77	97.38
16.0	1.23	4.10	88.87	105.84
18.0	1.33	4.43	99.98	113.36
20.0	1.42	4.73	111.09	119.98
22.0	1.49	4.97	122.20	125.05
24.0	1.58	5.27	133.31	131.44
26.0	1.67	5.57	144.42	137.70
28.0	1.78	5.93	155.53	145.17
30.0	1.90	6.33	166.64	153.09
30.5	2.46	8.20	169.42	186.95
30.0	2.50	8.33	166.64	189.18



EC. DE ESF. CORREGIDA:	$-0.735x^2 + 28.83x$
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	8.20
ESF. ROT (kg/cm²):	186.95
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - E1 (kg/cm²):	205096.56

Gráfico N° 10: Módulo de elasticidad y deformación de los especímenes elaborados con agregado combinado – Proporción 50/50, ensayada a los 7 días, Muestra- 09.

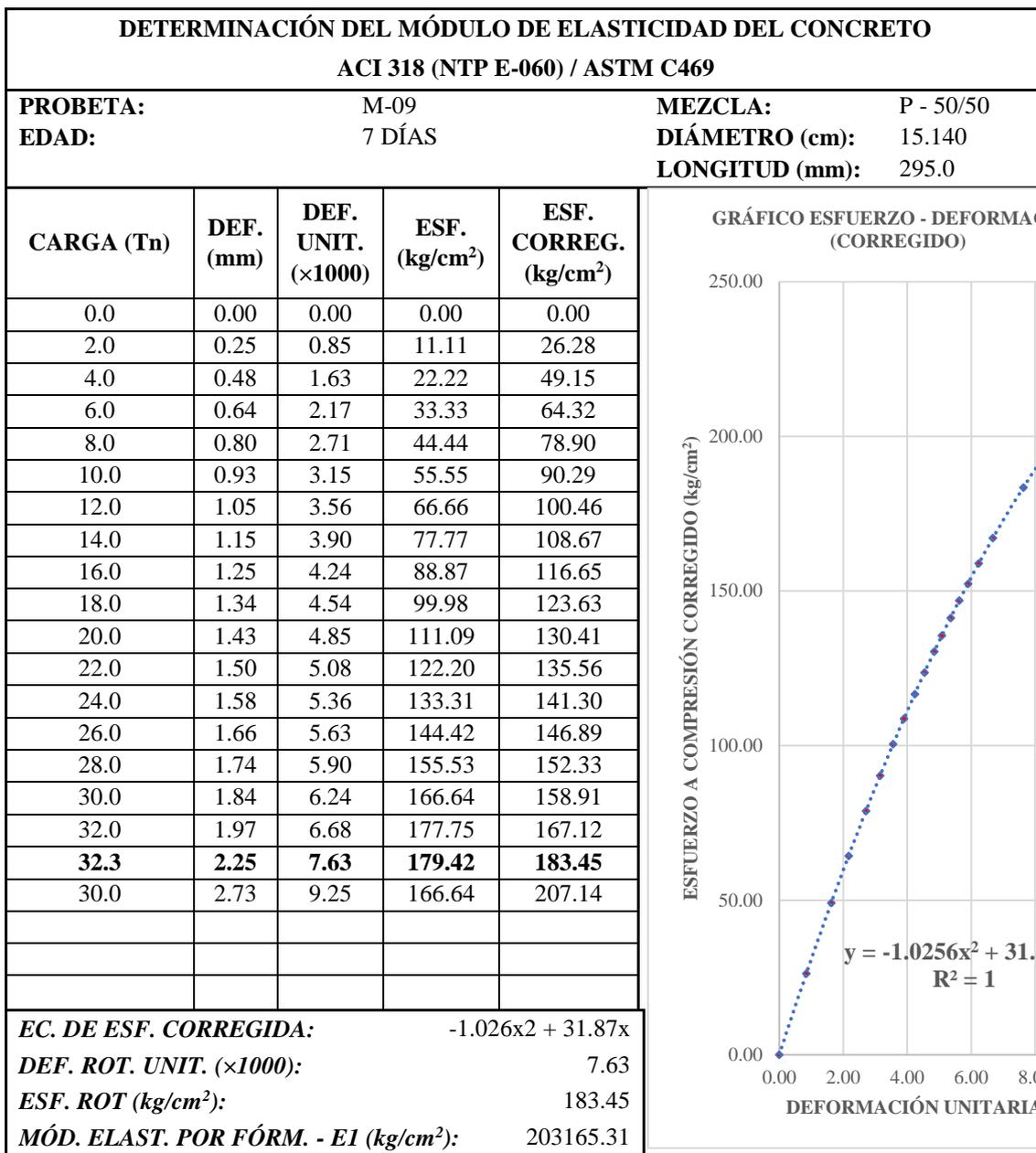


Gráfico N° 11: Módulo de elasticidad y deformación de los especímenes elaborados con agregado combinado – Proporción 60/40, ensayada a los 7 días, Muestra- 01.

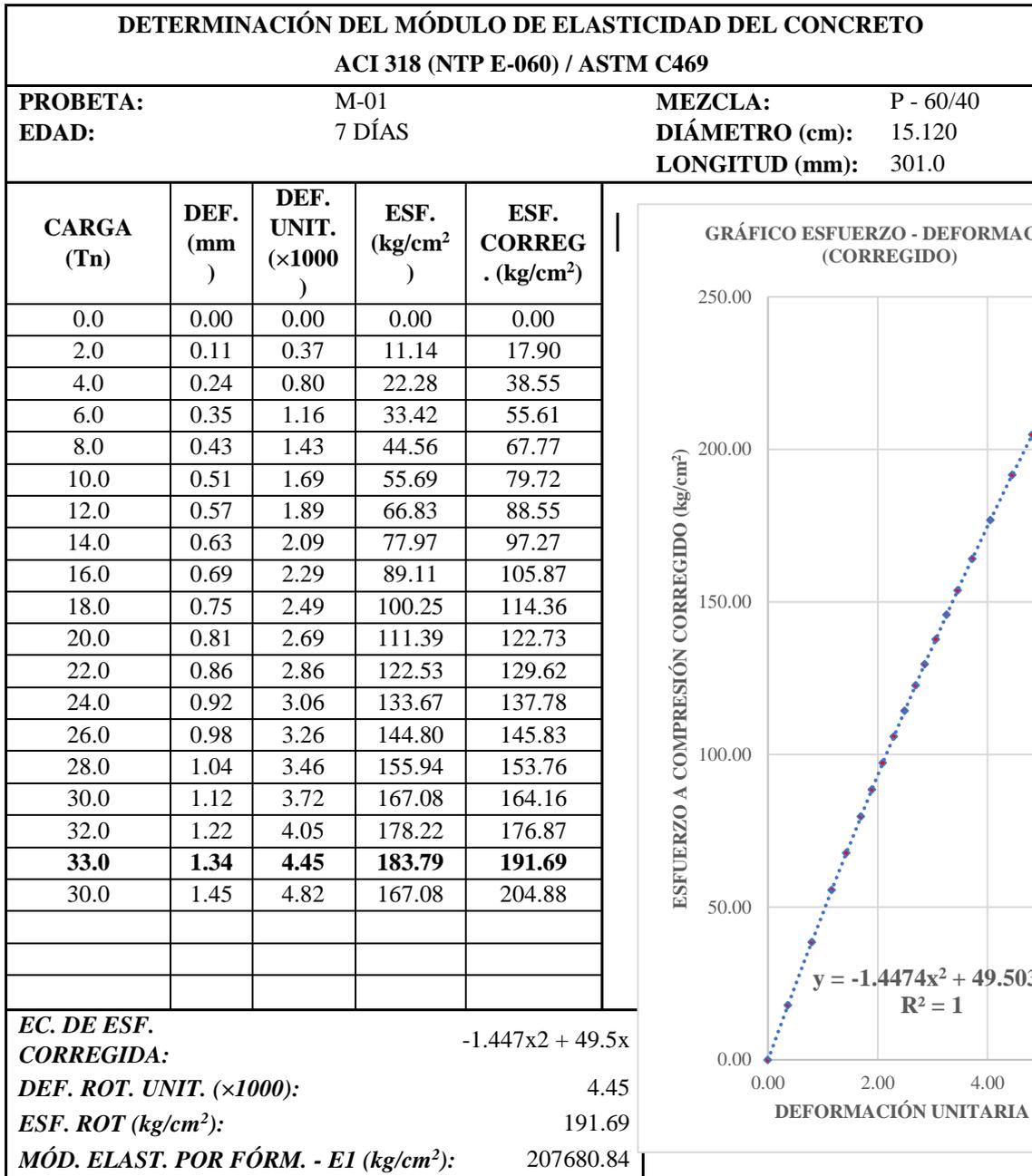


Gráfico N° 12: Módulo de elasticidad y deformación de los especímenes elaborados con agregado combinado – Proporción 60/40, ensayada a los 7 días, Muestra- 10

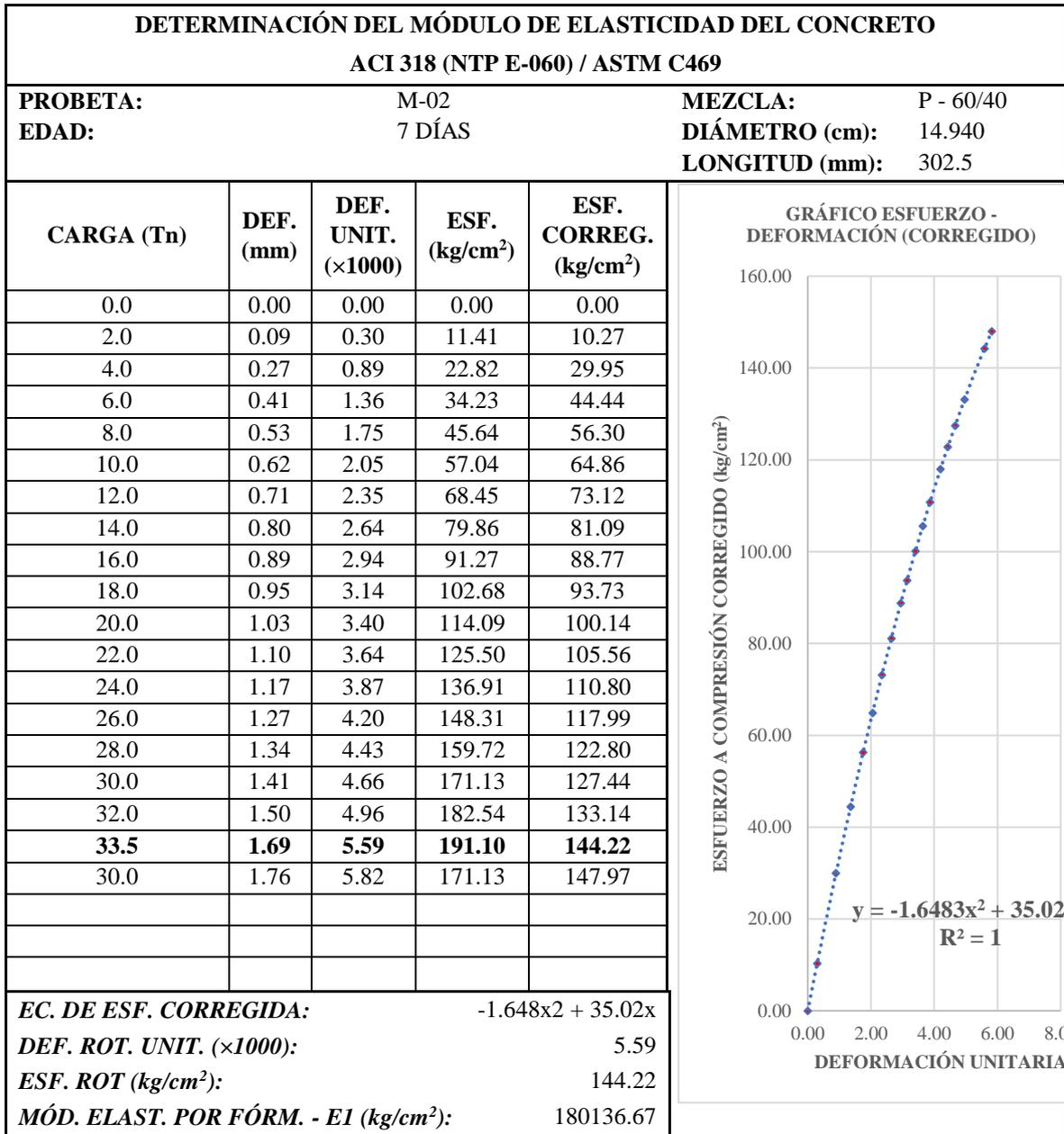
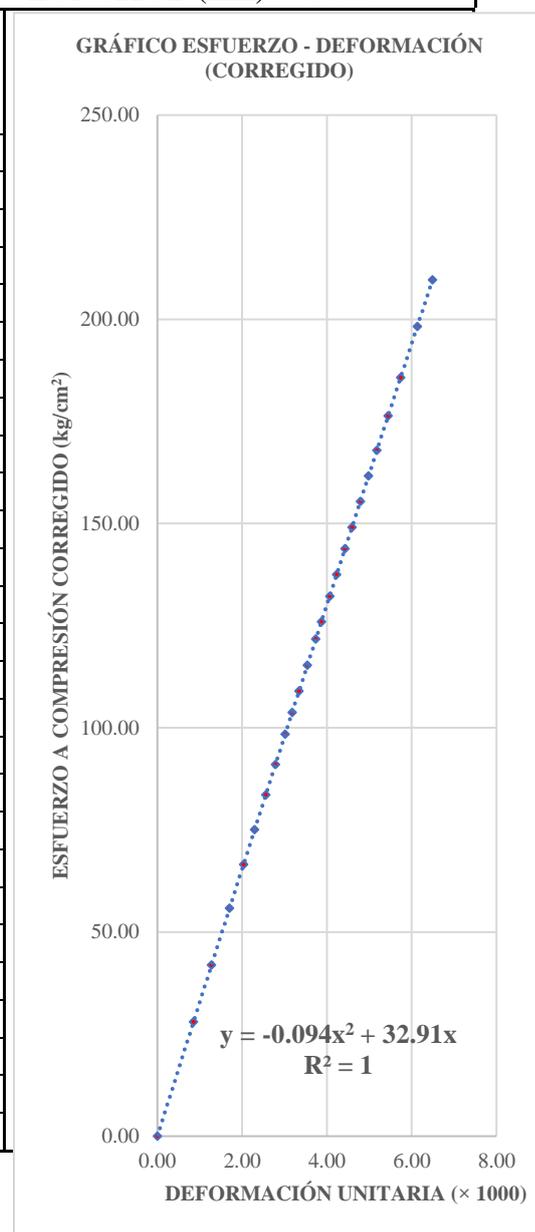


Gráfico N° 13: Módulo de elasticidad y deformación de los especímenes elaborados con agregado combinado – Proporción 40/60, ensayada a los 14 días, Muestra- 01.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO				
ACI 318 (NTP E-060) / ASTM C469				
PROBETA:	M-01	MEZCLA:	P - 40/60	
EDAD:	14 DÍAS	DIÁMETRO (cm):	15.650	
		LONGITUD (mm):	305.0	

CARGA (Tn)	DEF. (mm)	DEF. UNIT. (×1000)	ESF. (kg/cm²)	ESF. CORREG. (kg/cm²)
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
2.0	0.26	0.85	10.40	27.99
4.0	0.39	1.28	20.79	41.93
6.0	0.52	1.70	31.19	55.84
8.0	0.62	2.03	41.59	66.51
10.0	0.70	2.30	51.99	75.04
12.0	0.78	2.56	62.38	83.55
14.0	0.85	2.79	72.78	90.99
16.0	0.92	3.02	83.18	98.41
18.0	0.97	3.18	93.57	103.71
20.0	1.02	3.34	103.97	109.01
22.0	1.08	3.54	114.37	115.36
24.0	1.18	3.87	124.76	125.92
26.0	1.14	3.74	135.16	121.70
28.0	1.24	4.07	145.56	132.25
30.0	1.29	4.23	155.96	137.51
32.0	1.35	4.43	166.35	143.83
34.0	1.40	4.59	176.75	149.08
36.0	1.46	4.79	187.15	155.38
38.0	1.52	4.98	197.54	161.68
40.0	1.58	5.18	207.94	167.96
42.0	1.66	5.44	218.34	176.33
44.0	1.75	5.74	228.74	185.73
44.5	1.87	6.13	231.34	198.24
44.0	1.98	6.49	228.74	209.69



EC. DE ESF. CORREGIDA:	-0.094x ² + 32.91x
DEF. ROT. UNIT. (×1000):	6.13
ESF. ROT (kg/cm²):	198.24
MÓD. ELAST. POR FÓRM. - EI (kg/cm²):	211198.61

Gráfico N° 14: Módulo de elasticidad y deformación de los especímenes elaborados con agregado combinado – Proporción 40/60. ensayada a los 14 días, Muestra- 10.

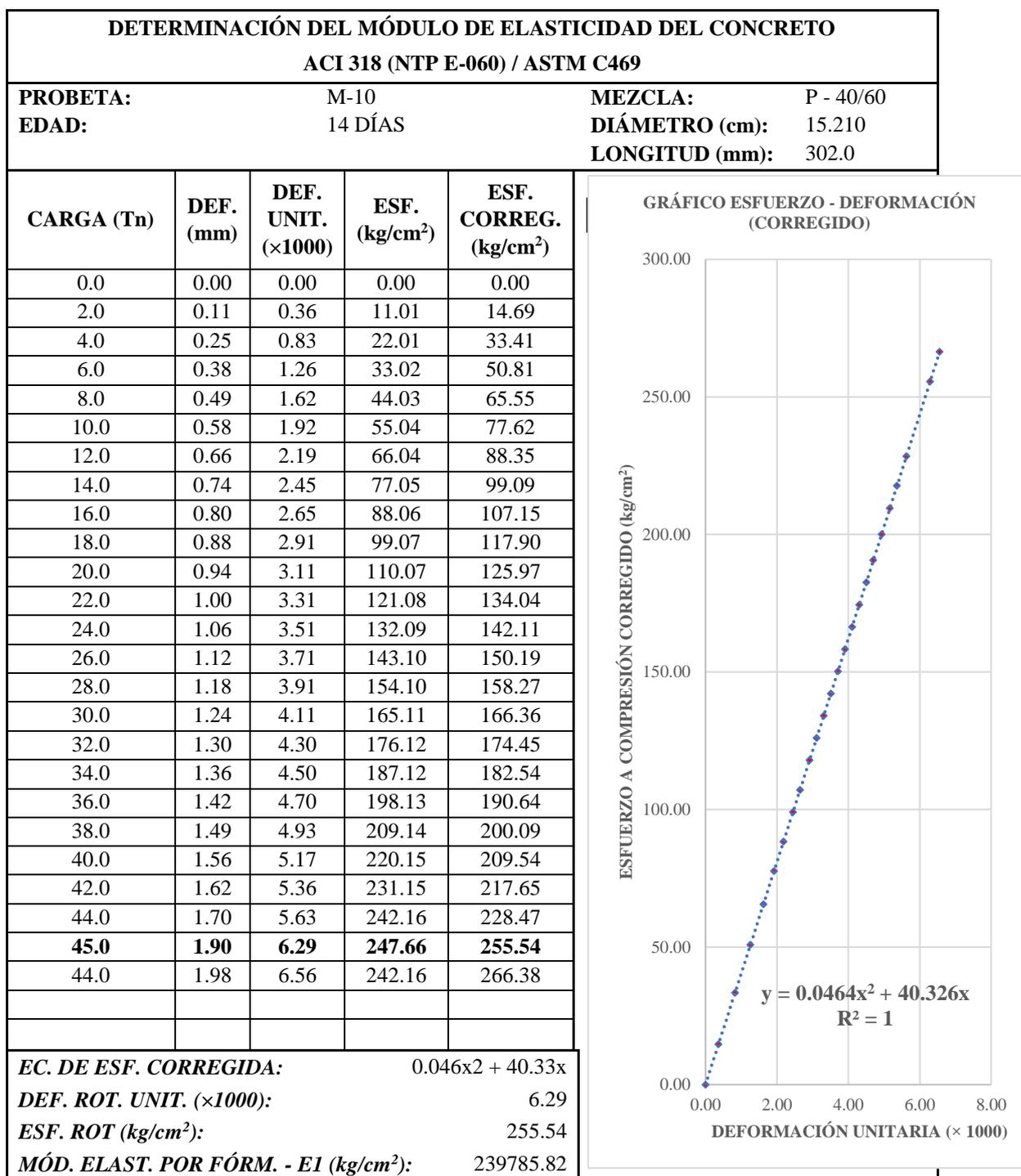


Gráfico N° 15: Módulo de elasticidad y deformación de los especímenes elaborados con agregado combinado – Proporción 50/50, ensayada a los 14 días, Muestra- 1.

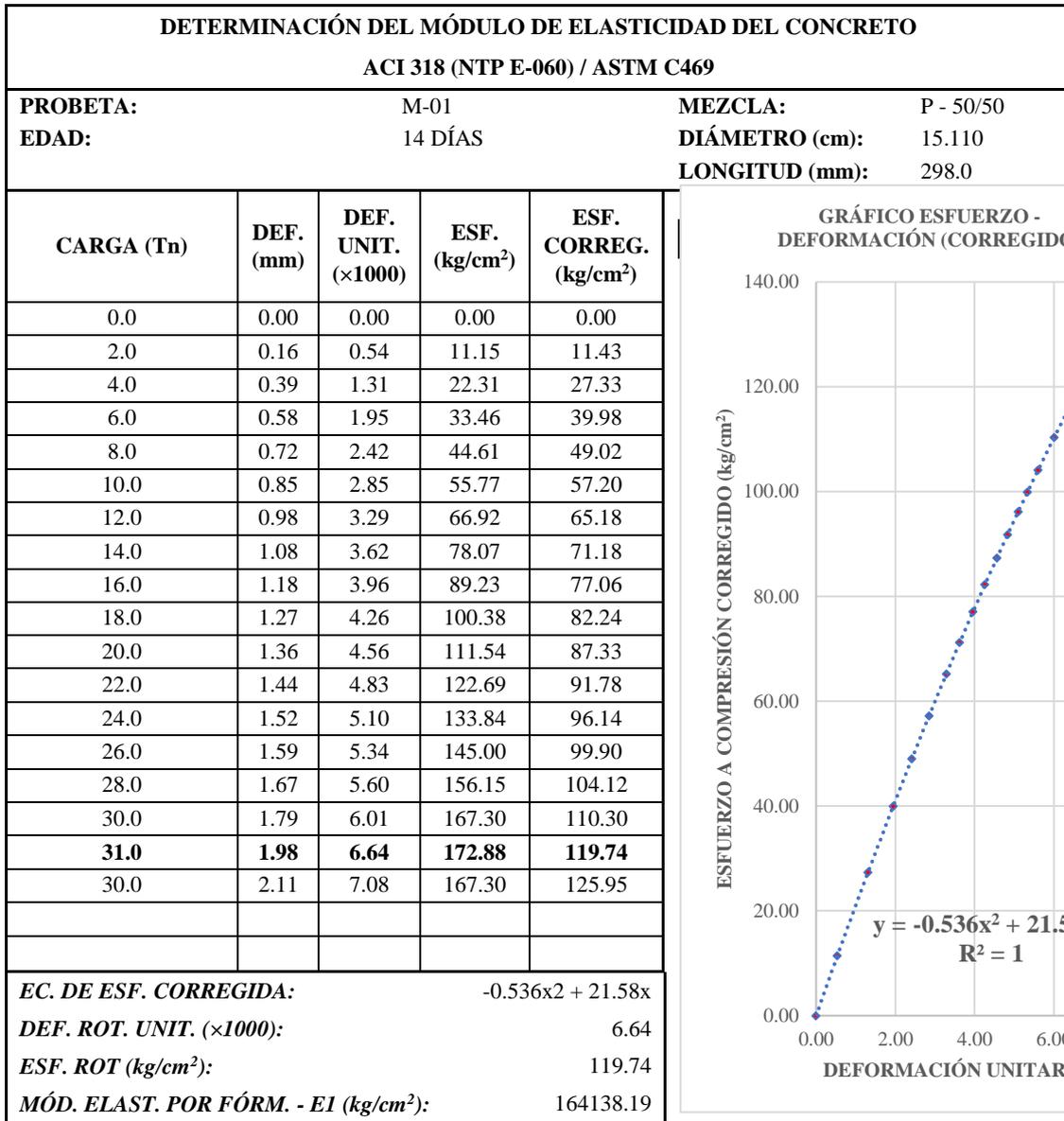


Gráfico N° 16: Módulo de elasticidad y deformación de los especímenes elaborados con agregado combinado – Proporción 60/40, ensayada a los 14 días, Muestra- 01.

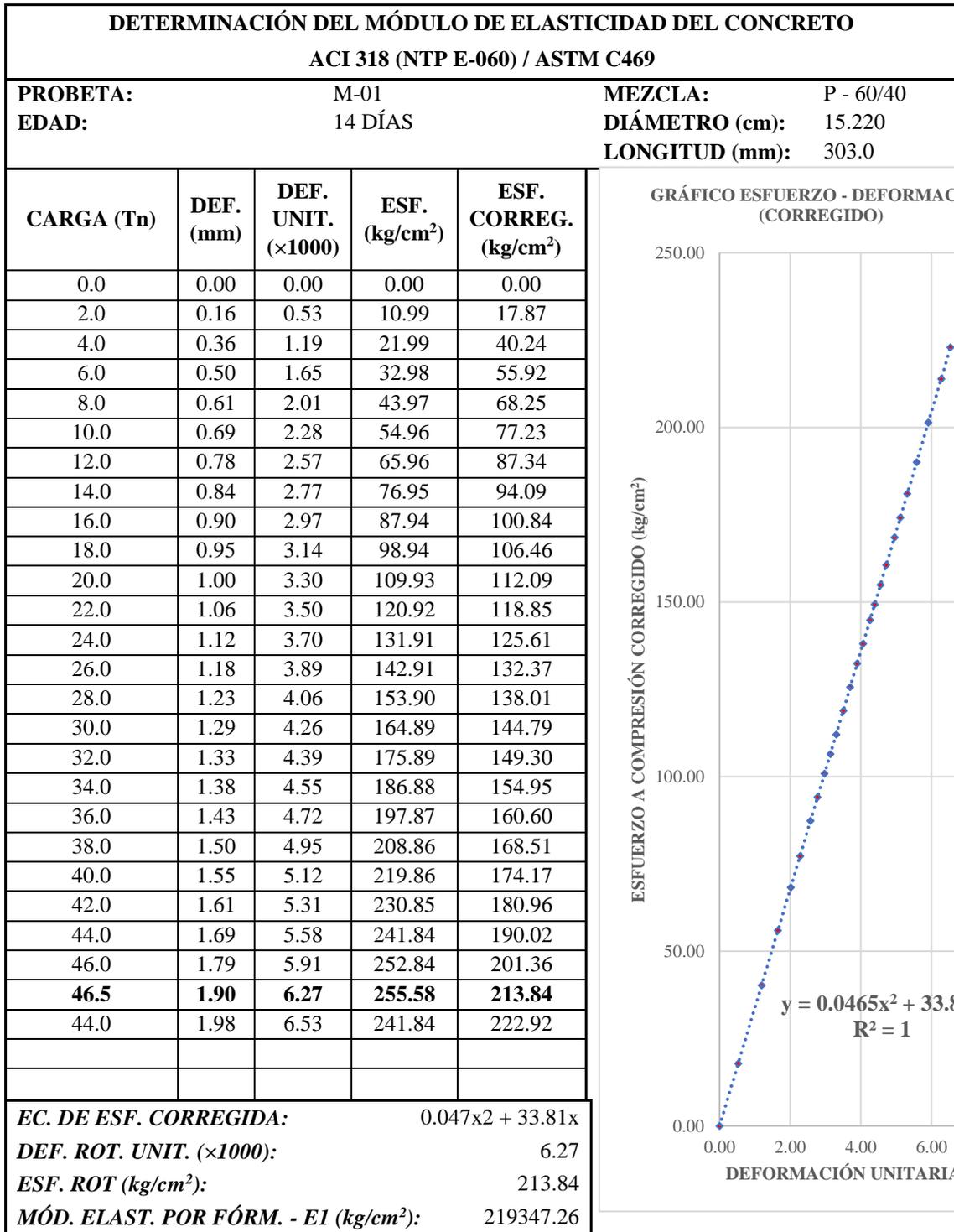


Gráfico N° 17: Módulo de elasticidad y deformación de los especímenes elaborados con agregado combinado – Proporción 60/40, ensayada a los 14 días, Muestra- 03.

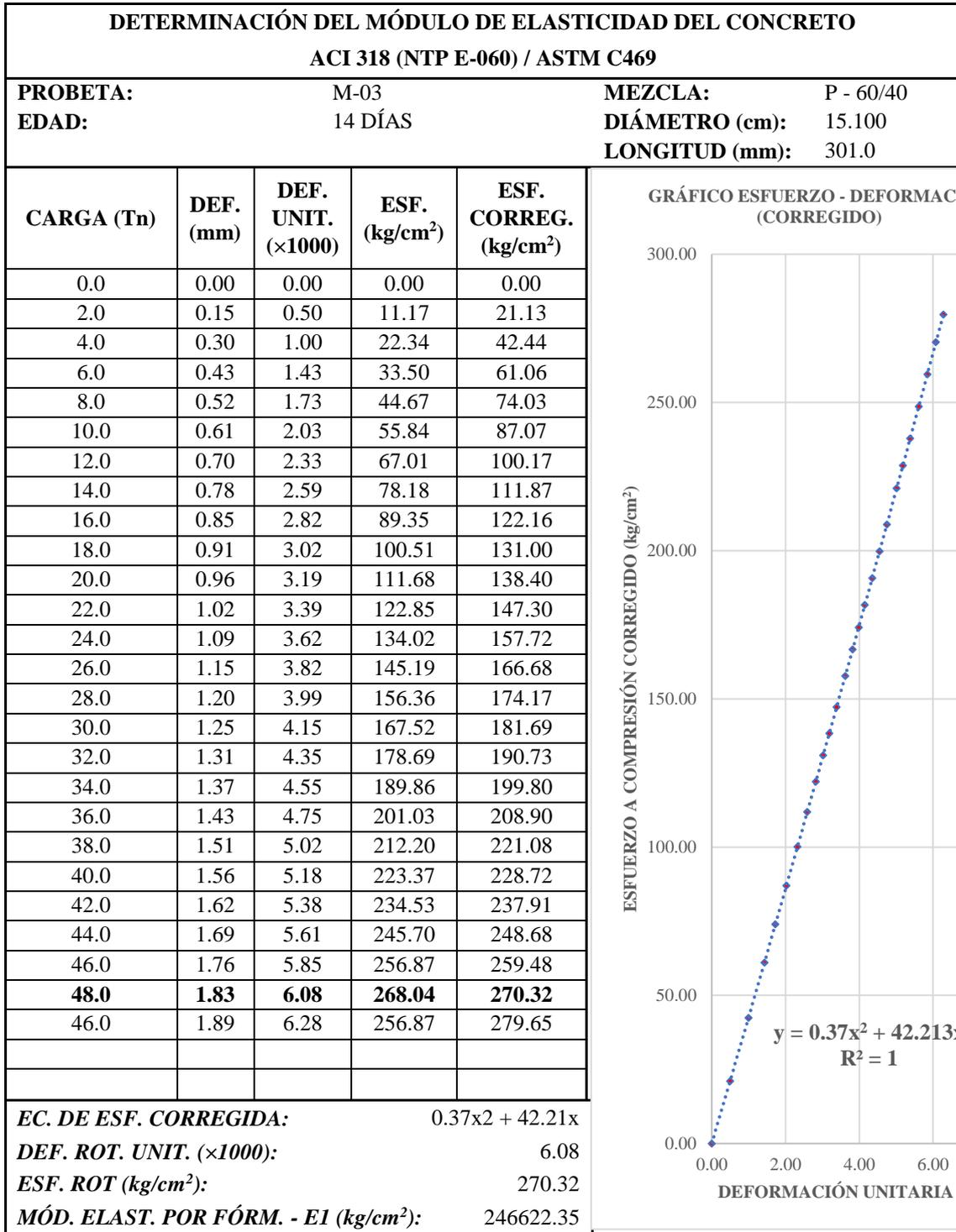


Gráfico N° 18: Módulo de elasticidad y deformación de los especímenes elaborados con agregado combinado – Proporción 40/60. ensayada a los 28 días, Muestra- 03.

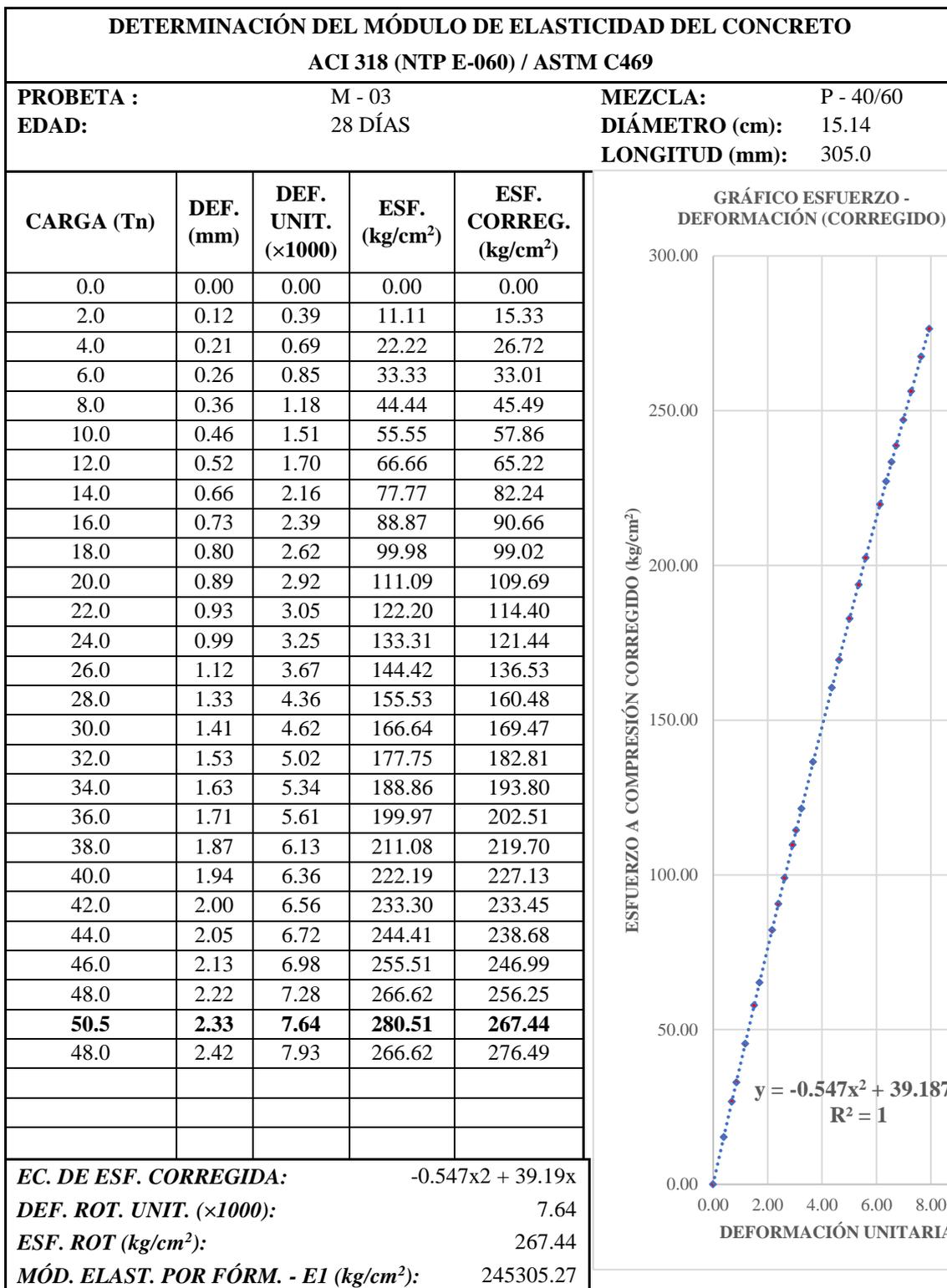


Gráfico N° 19: Módulo de elasticidad y deformación de los especímenes elaborados con agregado combinado – Proporción 40/60, ensayada a los 28 días, Muestra- 08.

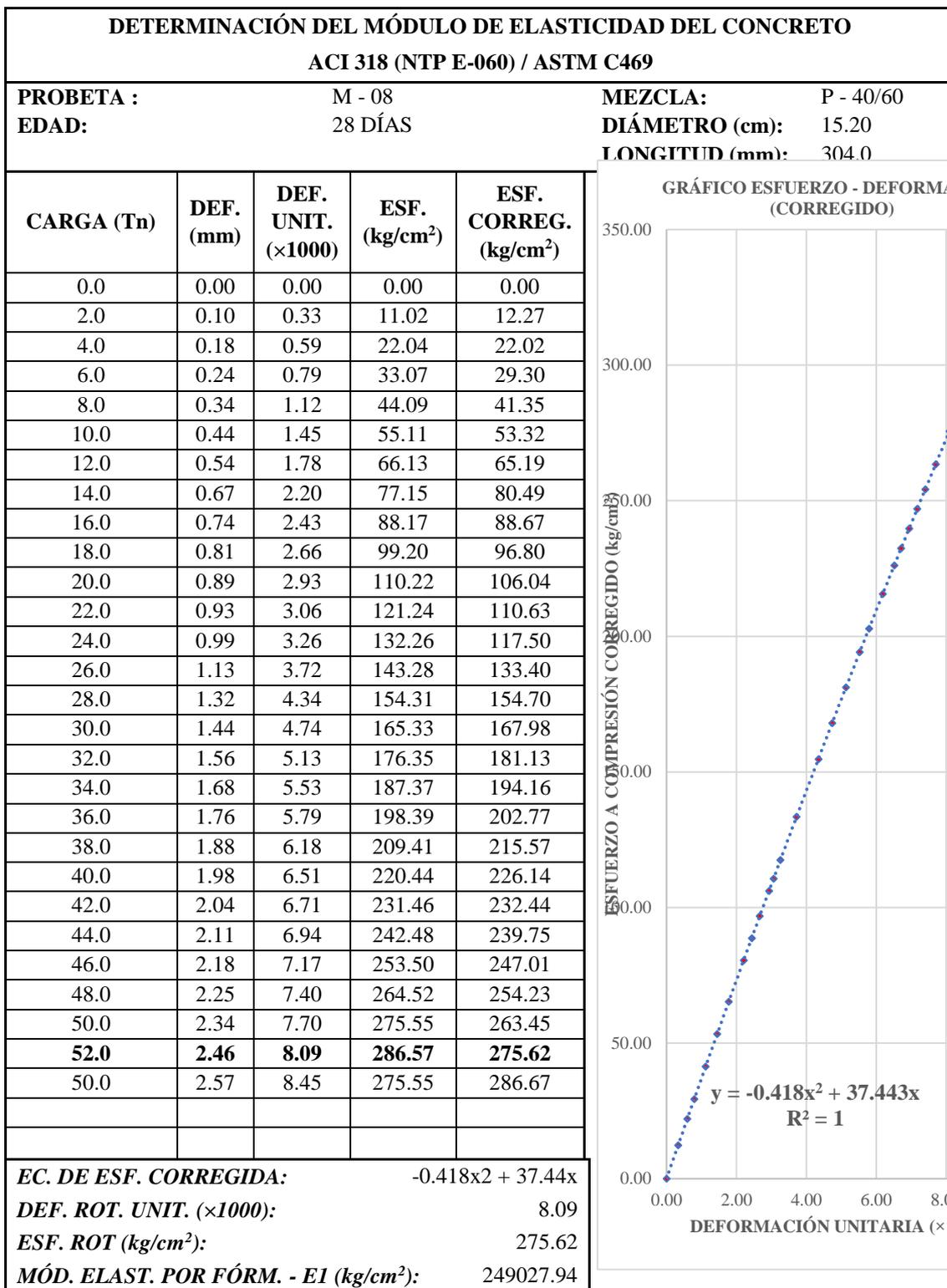


Gráfico N° 20: Módulo de elasticidad y deformación de los especímenes elaborados con agregado combinado – Proporción 50/50, ensayada a los 28 días, Muestra- 01.

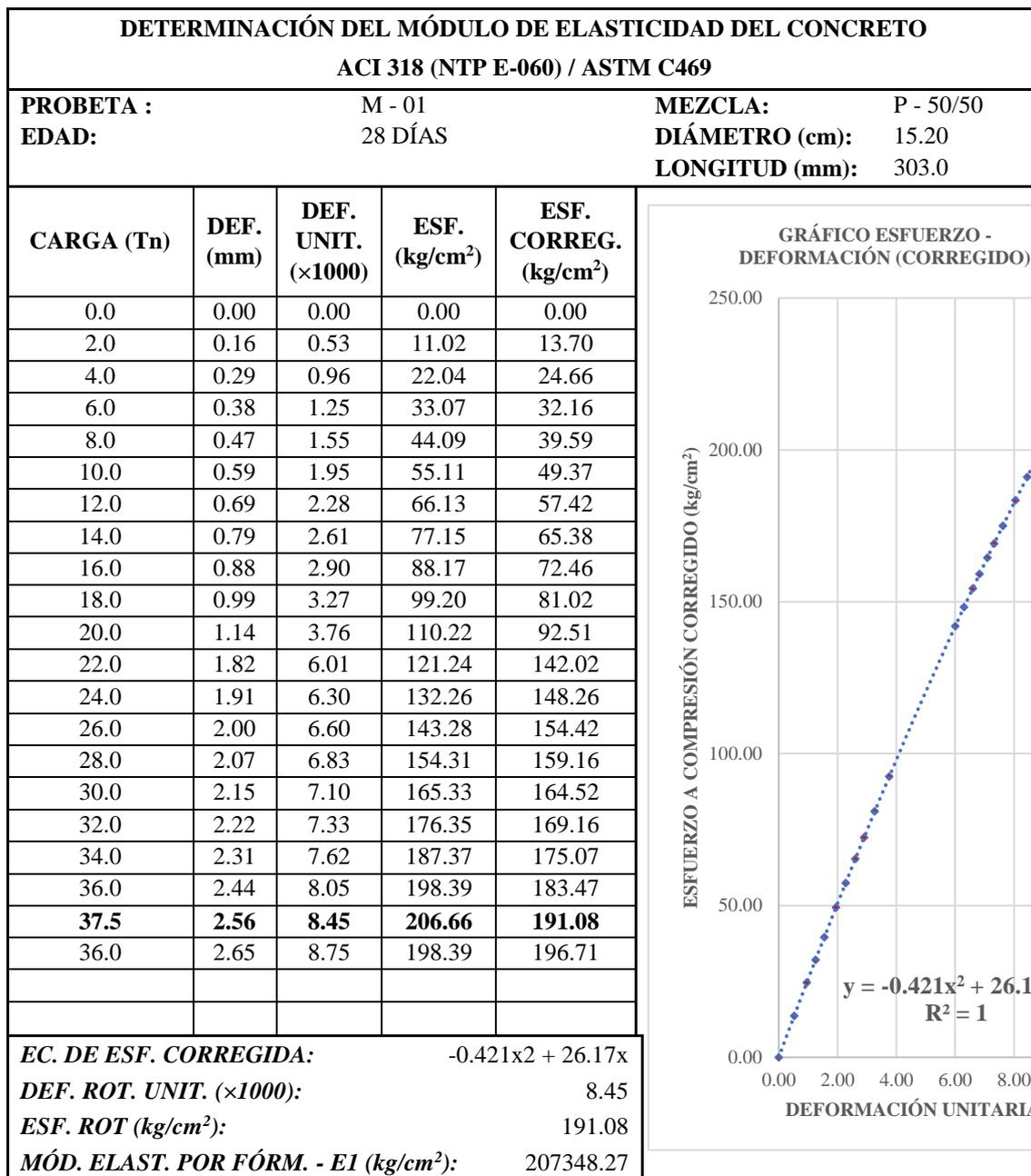


Gráfico N° 21: Módulo de elasticidad y deformación de los especímenes elaborados con agregado combinado – Proporción 50/50, ensayada a los 28 días, Muestra- 02.

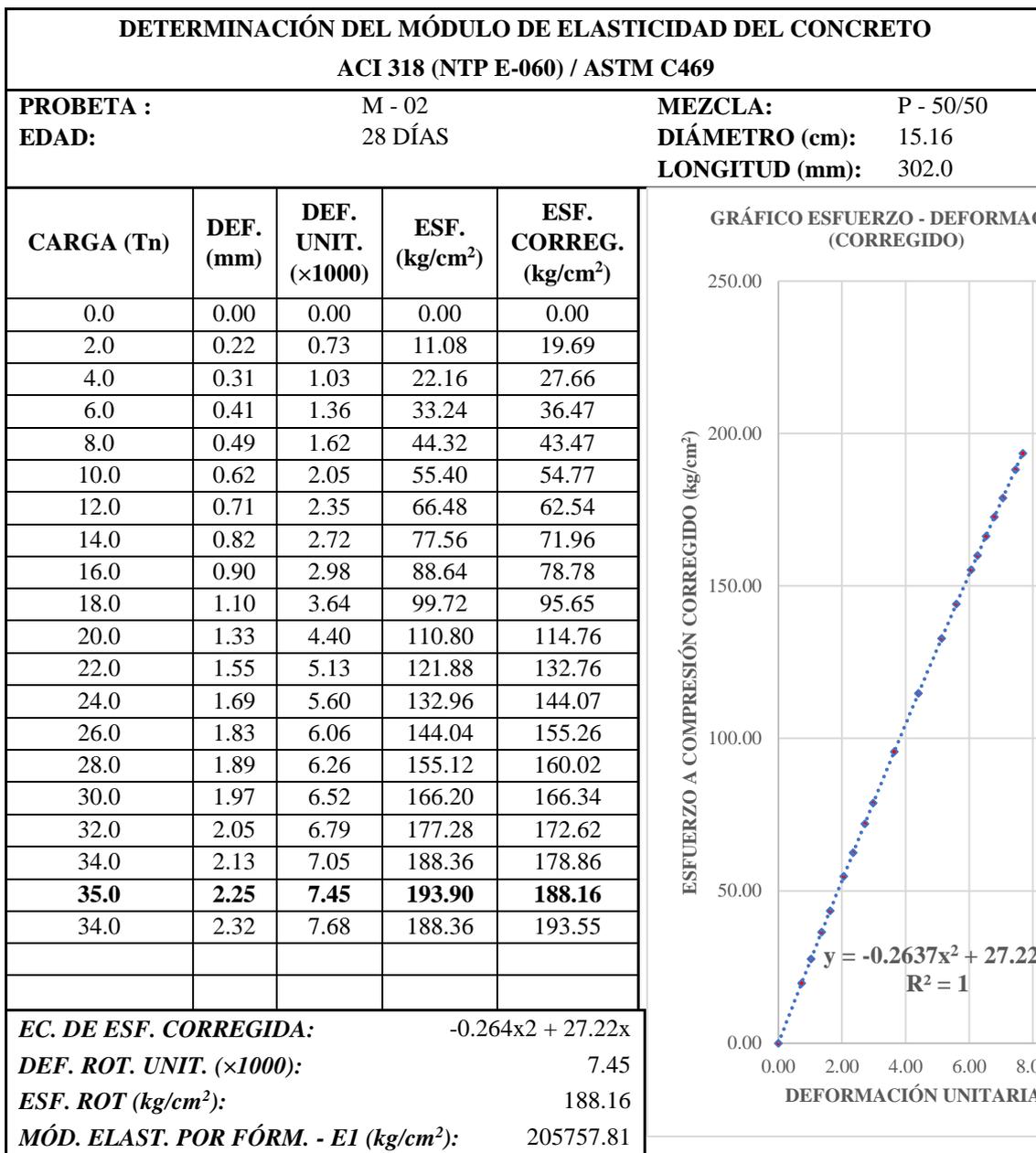


Gráfico N° 22: Módulo de elasticidad y deformación de los especímenes elaborados con agregado combinado – Proporción 60/40, ensayada a los 28 días, Muestra- 08.

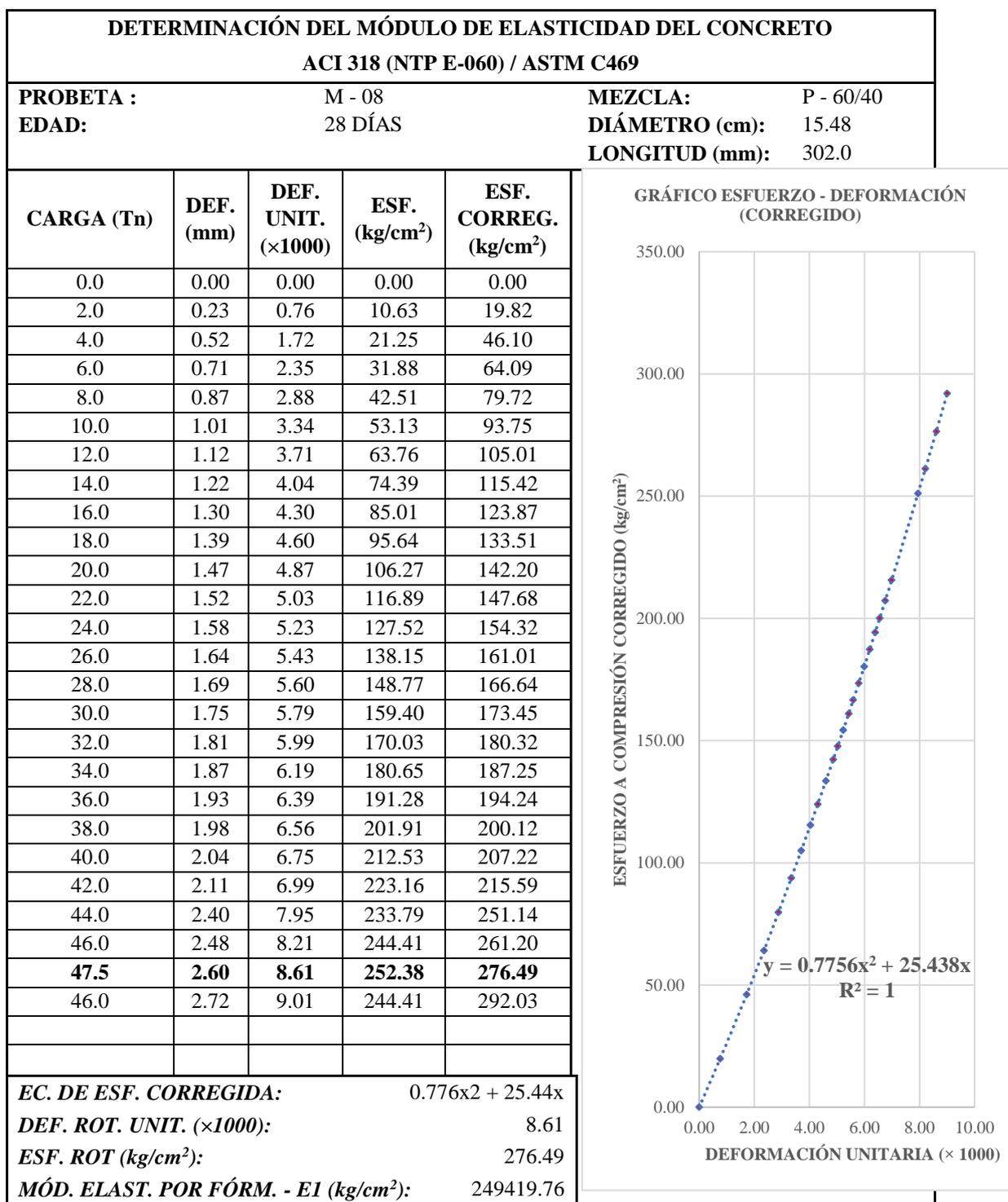
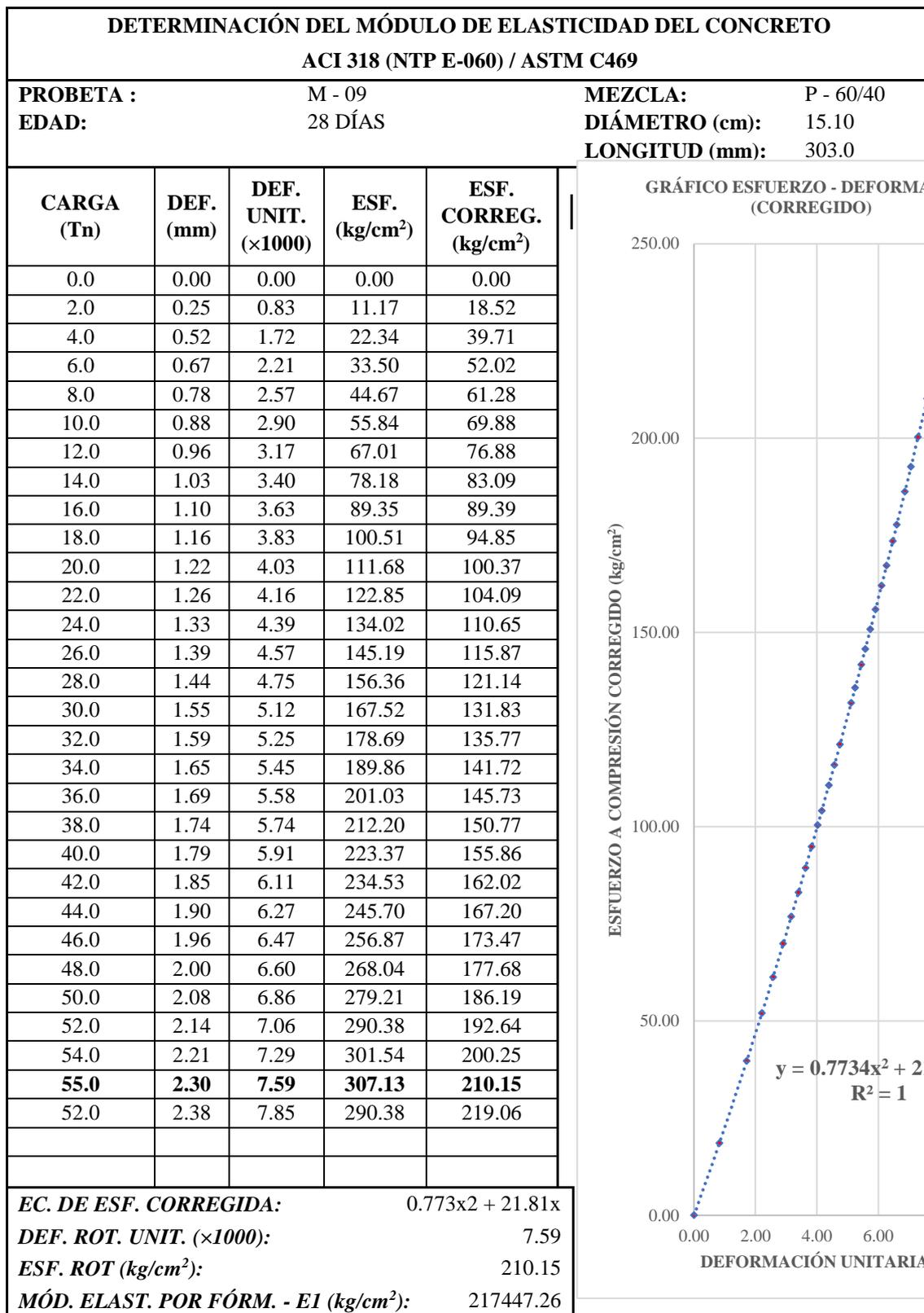


Gráfico N° 23: Módulo de elasticidad y deformación de los especímenes elaborados con agregado combinado – Proporción 60/40, ensayada a los 28 días, Muestra- 09.



ANEXO N° 05: PANEL FOTOGRÁFICO.



Foto N ° 1: Determinación del Peso unitario seco del agregado fino.



Foto 2: Enrase para determinación del Peso unitario seco compactado del agregado grueso.



Foto 3: Realizando el ensayo de granulometría del agregado fino, utilizando los tamices estándar.



Foto 4: Máquina de los Ángeles para realizar el ensayo de Abrasión del agregado grueso.



Foto 5: Realizando el ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.



Foto 6: Tomando nota de las dimensiones de probetas cilíndricas de concreto endurecidas antes de ser ensayadas.



Foto 7: Realizando el ensayo a compresión de probetas cilíndricas en la Máquina Universal.



Foto 8: Sometiendo un espécimen al ensayo de compresión en la Máquina Universal.



Foto 9: Ensayando una probeta de proporción 60/40 a los 28 días.



Foto 10: analizando el tipo de falla de la probeta ensayada.



Foto 11: Probetas de concreto luego de ser ensayadas.

ANEXO N° 06: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I.



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 Portland Tipo I

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150

Pacasmayo, 20 de Setiembre del 2017

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.3	Máximo 6.0
SO ₃	%	2.7	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	3.0	Máximo 3.5
Residuo Insoluble	%	0.92	Máximo 1.5

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	7	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.09	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	3750	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.10	NO ESPECIFICA

Resistencia Compresión:

Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm ²)	26.1 (266)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm ²)	33.9 (346)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (Kg/cm ²)	42.3 (431)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	138	Mínimo 45
Fraguado Final	min	267	Máximo 375

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.

(*) Requisito opcional.

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

Solicitado por :

Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.